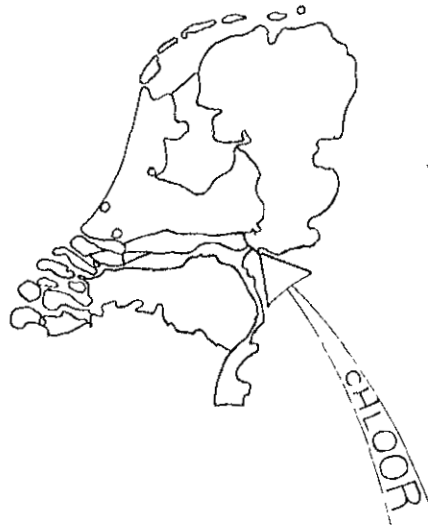


*Chloorgehalte  
in Rijnwater*

*J. P. Santema Juni 1952*

HET CHLOORGEHALTE  
VAN HET  
RIJNWATER

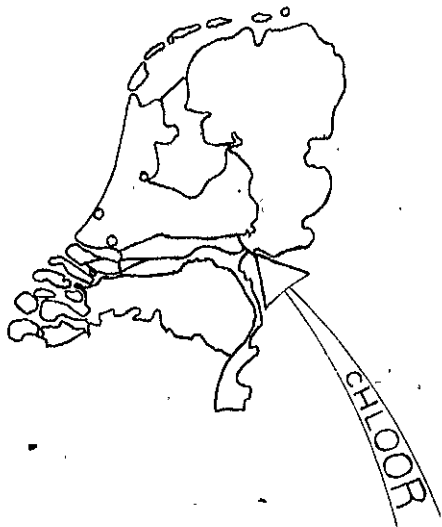
Ir. P. SANTEMA  
RUKSWATERSTAAT  
DIRECTIE BENEDEN RIVIEREN  
STUDIEDIENST  
RAPPORT N<sup>o</sup> 6. 1952



DDWT-BEN-1952-06

HET CHLOORGEHALTE  
VAN HET  
RIJNWATER

Ir. P. SANTEMA  
RUKSWATERSTAAT  
DIRECTIE BENEDEN RIVIEREN  
STUDIEDIENST  
RAPPORT N<sup>o</sup> 6. 1952



Chloorgehalte  
van het Rijnwater

Jr. P. Santema

~~1904~~

Van het Rijnwater  
is bekend dat het  
aan de Rijnwater

1000 liter  
van het Rijnwater

1000 liter van het Rijnwater  
is bekend dat het  
aan de Rijnwater

1000 liter van het Rijnwater

1000 liter van het Rijnwater

1000 liter van het Rijnwater

LIJST van BIJLAGEN.

B 2 - 52.198	Bijlage 1	Afvoer-verdeling van de Bovenrijn. 1900 - 1951.
A 2 - 52.200	" 2	Chloorgehalte van de Nederrijn. 1947.
A 2 - 52.201	" 3	Chloorgehalte van de Nederrijn. 1948.
A 2 - 52.202	" 4	Chloorgehalte van de Nederrijn. 1949.
A 2 - 52.203	" 5	Chloorgehalte van de Nederrijn. 1950.
A 2 - 52.204	" 6	Chloorgehalte van de Nederrijn. 1951.
A 2 - 52.199	" 7	Kunstmatige chloorafvoer van Bovenrijn en Nederrijn.

oooooooooooooooooooooooo

**No.**

AFSCHRIJF

VR.No.

19

VL.No.

19

DIRECTIE BENEDENRIVIEREN

Aantal  
Brief | Bijlage

'S-GRAVENHAGE,

No.

Geadresseerde  
MinuutBrief  
Kantschrift van

Aan den Heer  
 Hoofdingenieur Arrondt. Dordrecht  
 Hoofdingenieur Rottérd. Waterweg  
 Hoofdingenieur Afd. Dijkverhoogingen  
 Hoofdingenieur Studiedienst  
 Hoofdingenieur  
 Ingenieur  
 Techn.-Hfd.-Ambtr.  
 Opzichter

Betreffende

Afschrift ter kennisneming.

Bijlagen: terug  
                  nieuw

Voor den Hoofdingr.-Directeur,  
 De Adm. Hoofdambtr.,

Aan den Heer

Directeur-Generaal van den Rijkswaterstaat

Concept van:

Getypt:

Gecoll.:

dd.

dd.

dd.

's-Gravenhage, 8 Juli 1952.

Onderwerp:

Inzending nota ir. Santema  
betr. chloorgehalte Rijnwater. (niet intern)

1. Daar de kwaliteit van het Rijnwater voor de Benedenrivieren van zeer groot belang is, o.a. doordat het mede bepalend is voor het effect dat met de thans door ons voorbereid wordende waterstaatswerken kan worden bereikt, wordt de studie van het chloorgehalte van het Rijnwater dezerzijds nauwlettend gevolgd.
2. De hierbij gevoegde nota van ir. Santema is te beschouwen als een aanvulling op de studies die door ir. L. Huisman van de Amsterdamse Drinkwaterleidingen werden verricht. (zie o.a. De Ingenieur no. 18 van 1952)
3. De grote toeneming van de hoeveelheid chloor, die op de Rijn wordt gebracht, ongeveer 60 kg / sec in medio 1945 en ongeveer 175 kg / sec in 1951, geeft reden te veronderstellen, dat men in de toekomst steeds grotere zoutgehalten van het Rijnwater moet verwachten. Het gemiddeld cijfer voor November 1951 was reeds 210 kg / sec. Het is daarom te verwachten dat het z.g. grensgehalte van 300 mg / l in de naaste toekomst zal worden overschreden. De frequentie van die overschrijding wordt hier nagegaan.
4. Een exemplaar van deze nota zond ik aan ir. Schijf, Hoofdingenieur van de Centrale Studiedienst, en aan ir. van Til, Hoofdingenieur van de Studiedienst der Bovenrivieren.
5. Ik geef U in overweging bijgaand exemplaar te doen opbergen in de Centrale Bibliotheek.

De Hoofdingenieur A  
belast met de Afd. Studiedienst,

*J van Veen*

Aan de Hoofdingenieur-Directeur  
in de  
Directie Benedehrivieren.

I N H O U D S O P G A V E .

Inleiding.

- Hoofdstuk I. De waterafvoer van de Bovenrijn.  
" II. De chloorafvoer van de Nederrijn en de Bovenrijn.  
" III. Chloorgehalte van de Bovenrijn gedurende perioden van lage afvoer.

Literatuuroverzicht.

Lijst van bijlagen.

oooooooooooooooooooooooo

## Het Chloorgehalte van het Rijnwater .

### Inleiding.

Het laat zich aanzien dat de watervoorziening van Nederland in de toekomst in steeds sterkere mate afhankelijk zal worden van het Rijnwater.

De bruikbaarheid van water voor verschillende doeleinden is o.m. afhankelijk van de mate, waarin dit water is verontreinigd door organische en anorganische afvalstoffen. Verontreiniging met anorganische afvalstoffen beperkt de bruikbaarheid het sterkste, omdat deze stoffen zeer lastig op grote schaal uit het water zijn te verwijderen en meestal weinig gevoelig zijn voor de zelfreinigingsactiviteit van het water. Een indicatie voor het gehalte aan anorganische afvalstoffen van het Rijnwater is het chloorgehalte (lit. 1).

Behalve voor de watervoorziening zal het Rijnwater ook moeten dienen voor de waterversing, o.a. ter bestrijding van de verzilting. Op grond van uitvoerige studie's (lit. 2, 3, 6) heeft men vastgesteld, dat het wenselijk is dat het chloorgehalte van het water, hetwelk een functie vervult bij de watervoorziening in algemene zin, hoogstens 300 mg Cl'/liter bedraagt. Wil het Rijnwater geschikt blijven als verseringswater dan zal men er naar moeten streven dat het chloorgehalte van dit water lager blijft dan de genoemde grens van 300 mg/l. Het lijkt redelijk te eisen dat het chloorgehalte van het Rijnwater normaal niet hoger stijgt dan 200 à 250 mg per liter, teneinde dit water èn geschikt te doen zijn als verseringswater èn bruikbaar voor de watervoorziening.

In deze nota zal worden nagegaan in hoeverre dit laatste inderdaad het geval kan zijn.

### HOOFDSTUK I. De waterafvoer van de Bovenrijn.

Zoals in de inleiding reeds is gezegd zal het Rijnwater in steeds sterkere mate worden dienstbaar gemaakt aan de watervoorziening van ons land. De Rijn is bij deze watervoorziening de hoofdtoevoerleiding, die het water voor een deel direct naar zee afvoert en van een ander deel ófwel de waterverbruikers direct bedient, ófwel dit zal doen via grote reservoirs. Als zodanige reservoirs kunnen b.v. worden beschouwd: de zoetwaterzak onder de duinen b.v. voor de drinkwatervoorziening, andere grondwatervoerende-lagen voor bevloeiing, infiltratie en beregening van landbouwgronden, verder boezemwateren en bestaande en nog te maken meren als b.v. het IJsselmeer en de Brielse Maas boezem.

De buffer-capaciteit van deze reservoirs is meestal wel zo groot, dat het voorkomen van een onvoldoende watertoevoer, ofwel afvoer van water van onvoldoende kwaliteit, gedurende enkele dagen geen nadelige gevolgen heeft voor de watervoorziening in het algemeen. Evenwel zullen grote bezwaren ontstaan voor het verzorgingsgebied van het Rijnwater in ons land als geheel, wanneer de onvoldoende afvoer of de afvoer van water van onvoldoende kwaliteit gedurende een lange periode zou voorkomen en vooral wanneer zodanige perioden elkaar met korte tussenpozen zouden opvolgen.

Nu blijkt het chloorgehalte van het Rijnwater te stijgen, dus de kwaliteit te dalen, wanneer de afvoer van de Rijn kleiner wordt. Een overzicht van de kansen op het voorkomen van perioden van lage afvoeren van de Rijn moet dus in dit verband van groot belang worden geacht. Met betrekking tot het bovenstaande zijn de afvoer-gegevens van een lange reeks van jaren, waarvoor voldoende nauwkeurige gegevens ter beschikking staan, geanalyseerd. Als een zodanige periode is gekozen het tijdvak 1900 - 1951, gerekend in stroomjaren (November t/m October).

Met behulp van de door de afdeling Studiedienst van de Directie Bovenrivieren verstrekte afvoergrafieken zijn de dagelijks waargenomen 8 h-standen te Lobit omgerekend tot de bijbehorende waterafvoeren. Deze waterafvoeren zijn als maatgevend voor de betreffende dagen beschouwd. Voor bepaalde waterafvoeren is bepaald gedurende hoeveel groepen van een bepaald aantal



dagen deze afvoeren werden onderschreden. De hoogste afvoer, waarvan de onderschrijding kon worden nagegaan, werd, teneinde „randstoringen” te vermijden, gegeven door de laagste van de beide afvoertoppen aan het begin en het einde van de onderzochte periode, die daarom loopt van 12 December 1900 - 16 Januari 1952. Zie fig. 1.

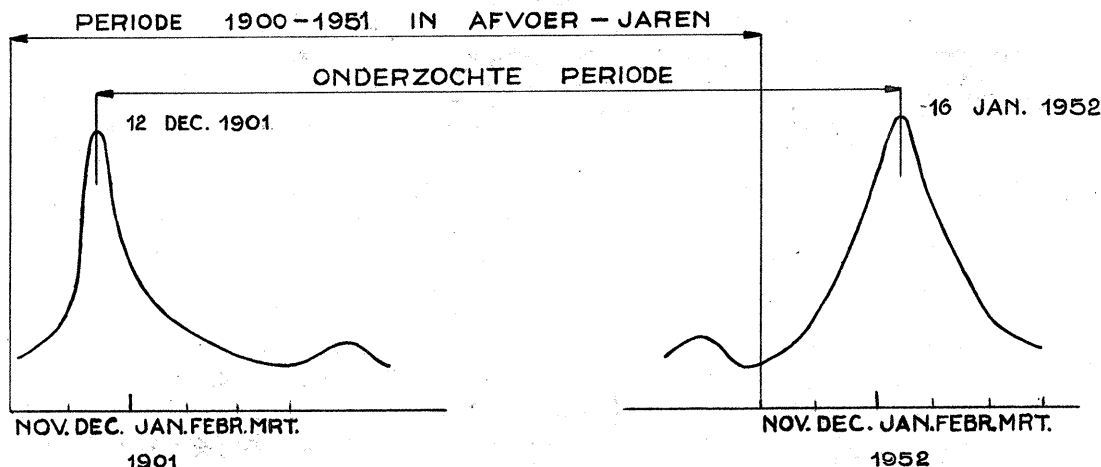


FIG. 1

Met behulp van deze gegevens zijn grafieken samengesteld, die telkens voor een bepaalde afvoer  $y$  het verband aangeven tussen het aantal groepen langer dan  $x$  dagen, dat de afvoer  $y$  werd onderschreden en de duur  $x$  van elke groep. Uit deze grafieken werd tenslotte de bijlage I samengesteld, die voor een groepsduur  $x$  van 0, 1, 2, 3, 7, 14, 30, 90, 180 en 360 dagen het verband weergeeft tussen het aantal groepen langer dan  $x$  dagen dat de afvoer  $y$  werd onderschreden en de afvoer  $y$ . Het blijkt dat wanneer men de afvoer op logaritmische schaal uitzet figuren worden verkregen, die nagenoeg symmetrisch zijn t.o.v. de ordinaat door hun top.

## HOOFDSTUK II. De chloorafvoer van de Nederrijn en de Bovenrijn.

Door de Gemeentewaterleidingen van Amsterdam wordt sedert 1 September 1927 het chloorgehalte van de Nederrijn en Lek bepaald, aanvankelijk te Rhenen, later te Vreeswijk.

Het blijkt dat dit chloorgehalte wordt beheerst door de formule:

$$x = c + \frac{a}{Q} \quad (\text{zie lit. 1, 4, 7, alsmede de bijlagen II t/m VI}).$$

waarin:

- $x$  = chloorgehalte in mg/l,
- $c$  = „natuurlijk” chloorgehalte van het rivierwater, stammend uit het de rivier boven- en ondergronds toestromende water;  $c$  mag over lange perioden als constant worden beschouwd.
- $a$  = hoeveelheid chloor van afvalzouten, afkomstig van menselijke en industriële verontreiniging, in g/sec.
- $Q$  = afvoer van de rivier in  $m^3/\text{sec}$ .

Het waarnemingsmateriaal is voor de tijdvakken 1927 t/m 1930, 1931 t/m 1935, 1936 t/m 1940, 1941 t/m 1945, 1946 t/m 1950 en 1951 zodanig bewerkt, dat voor elk tijdvak een constante waarde van  $c$  is bepaald, terwijl daarna voor de hoeveelheid chloor van afvalzouten, de zgn. „kunstmatige” chloorafvoer, gemiddelde maand- en jaarcijfers zijn bepaald.

Het verloop van de gemiddelde jaarlijkse cijfers voor het totale chloorgehalte, het natuurlijke chloorgehalte en de kunstmatige chloorafvoer staat vermeld in tabel I.

De waarde van het natuurlijk chloorgehalte blijkt in het tijdvak 1927-1951 weinig veranderd te zijn; ze varieert tussen 16 en 18 mg/l.

In het verloop van de kunstmatige chloorafvoer weerspiegelt zich het gehele conjunctuurverloop in het stroomgebied van de Rijn. De lage a-waarden voor 1931 en 1932 kunnen geweten worden aan de gevolgen van de grote economische crisis. De stijging in 1933 en 1934 is geheel te verklaren uit de lozing van afvalzout van de kalimijnen in de Elzas, die begin 1933 begon. In 1937 zet zich een nieuwe krachtige stijging in, die met enkele onderbrekingen voortduurt tot 1944. In 1940 werd de lozing van de kalimijnen gestaakt, hetgeen een daling ten gevolge had. De hervatte lozing van afvalzouten van de kalimijnen en vooral het krachtige economische herstel van Duitsland hebben, sinds het dieptepunt van 1945, een ongekende toename van de kunstmatige chloorafvoer tengevolge gehad en deze ontwikkeling duurt voort.

Blijkens onderzoeken van recente datum (lit. 7) kan het gemiddelde chloorgehalte van het water van de Bovenrijn nagenoeg gelijk gesteld worden aan dat van het water van de Nederrijn. Met behulp van dit gegeven is het verloop van de kunstmatige chloorafvoer van de Bovenrijn in de laatste jaren bepaald. Het resultaat staat vermeld op bijlage VII.

Tabel I. Chloorgehalte en chloorafvoer van de Nederrijn.

Jaar	Gemiddeld chloorgehalte in mg/l	Natuurlijk chloorgehalte in mg/l	Kunstmatige chloorafvoer in kg/sec	Opmerkingen
1927	50,4	16	15,2	Gegevens bewerkt door de Gemeente-waterleidingen van Amsterdam. (lit. 4)
1928	64,8	16	17,1	
1929	76,4	16	15,9	
1930	58,4	16	16,5	
1931	47,1	16	14,9	
1932	59,2	16	14,8	
1933	72,0	16	15,9	
1934	86,5	16	16,7	
1935	58,2	16	16,8	
1936	54,0	18	16,7	
1937	69,9	18	20,0	
1938	83,5	18	20,4	
1939	64,4	18	22,8	
1940	56,3	18	20,7	
1941	68,6	18	23,8	
1942	88,6	18	22,1	
1943	114,5	18	24,3	
1944	90,8	18	24,9	
1945	63,5	18	12,9	
1946		16	15,8	Gegevens bewerkt door de afdeling Studiedienst v/d Dir. Benedenrijen van de Rijkswaterstaat.
1947		16	19,5	
1948		16	22,0	
1949		16	23,9	
1950		16	27,6	
1951		16	31,3	

HOOFDSTUK III. Chloorgehalte van de Bovenrijn gedurende perioden van lage afvoer.

Het beeld van de afvoer-verdeling van de Bovenrijn (zie bijlage I) is verkregen met behulp van waarnemingen uit een <sup>ca</sup>50-jarige periode. Voor de meeste waterbouwkundige werken ter beheersing van de waterhuishouding kan de afschrijvingstermijn op 50 jaar of langer worden gesteld. Ook voor de belangrijkste waterbouwkundige werken van waterleidingbedrijven bedraagt de afschrijvingstermijn 50 jaar. Tevens lijkt het niet onredelijk om te veronderstellen dat de schade, die gemiddeld per 50-jarige periode aan de landbouw wordt toegebracht ten gevolge van een onvoldoende watervoorziening, maatgevend is bij het beoordelen of een bepaalde chloorafvoer nog toelaatbaar kan worden geacht. Het gemiddelde beeld van de afvoer-verdeling van de Bovenrijn over een 50-jarige periode kan dus inderdaad als maatgevend worden aangenomen.

De beoordeling van het al of niet toelaatbaar zijn van een bepaalde chloorafvoer zou men kunnen gronden op een economische beschouwing. Aan de ene kant zou de schade, die ontstaat t.g.v. het overschrijden van een bepaald chloorgehalte gedurende een bepaalde periode, en aan de andere kant zouden de kosten van maatregelen ter beperking van de chloorafvoer, hierbij een rol spelen.

Hierbij valt echter te bedenken, dat men niet zal mogen afwijken van het algemene beginsel bij de bestrijding van verontreinigingen, nl. dat een gezonde samenleving een gezond levensmilieu, en dus gezond water, nodig heeft. Hierbij komt nog dat men met betrekking tot de verontreinigingsgraad van water altijd een ruime veiligheidsmarge in acht moet nemen met het oog op onverwachte ontwikkelingen (b.v. ten gevolge van een catastrofe).

De toelaatbare chloorafvoer zal dus arbitrair moeten worden vastgesteld. In verband met de capaciteit van de in hoofdstuk I genoemde reservoirs lijkt het een niet te zware eis dat de afvoer, die in een 50-jarige periode 25 maal gedurende een periode van langer dan 30 dagen wordt overschreden, als basis aan te nemen bij het bepalen van een zodanige grens. Deze afvoer bedraagt volgens bijlage I 1330 m<sup>3</sup>/sec. De onderschrijding van deze afvoer is in een 50-jarige periode :

	77	maal	gedurende	een	periode	langer	dan	7	dagen,
50	„	„	„	„	„	„	„	14	„
25	„	„	„	„	„	„	„	30	„
5	„	„	„	„	„	„	„	90	„
ca. 0	„	„	„	„	„	„	„	180	„

Op basis van een waterafvoer van 1330 m<sup>3</sup>/sec, een toelaatbaar chloorgehalte van 200, respectievelijk 250 mg Cl<sup>1</sup>/liter, een natuurlijk chloorgehalte van 16 mg Cl<sup>1</sup>/liter, bedraagt de toelaatbare kunstmatige chloorafvoer van de Bovenrijn 245, respectievelijk 311 kg/sec. Bij een zodanige chloorafvoer bedraagt de overschrijding van diverse chloorgehalten :

Tabel II.

kunstmatige chloorafvoer 245 kg/sec.						
Chloorgehalte y mg/l	Aantal groepen langer dan x dagen dat het chloorgehalte van y mg/l gedurende 50 jaar wordt overschreden.					
	Afvoer m <sup>3</sup> /sec	x = 7 dagen	x = 14 dagen	x = 30 dagen	x = 90 dagen	x = 180 dagen
200	1330	77	50	25	5	0
250	1050	35	22	11	1,5	0
300	864	7	5	2	0	0

kunstmatige chloorafvoer 311 kg/sec						
Chloor- gehalte y mg/l	Aantal groepen langer dan x dagen dat het chloorgehalte van y mg/l gedurende 50 jaar wordt overschreden.					
	Afvoer m <sup>3</sup> /sec	x = 7 dagen	x = 14 dagen	x = 30 dagen	x = 90 dagen	x = 180 dagen
250	1330	77	50	25	5	0
300	1095	36	23	12	2	0
400	810	4	2,5	1	0	0

Uit bijlage VII blijkt wel dat, wanneer de stijging in de kunstmatige chloorafvoer van de Bovenrijn zich in dezelfde mate voortzet als in de afgelopen jaren, de grens van 245 kg Cl'/sec binnen enkele jaren zal zijn bereikt. In November 1951 bedroeg de waargenomen kunstmatige chloorafvoer reeds 210 kg/sec.

Geheel juist is het hier gegeven beeld niet. De waterbehoefte, ten behoeve van de wateraanvulling en de waterversing, is het grootste in de maanden Mei t/m Augustus. In deze periode wordt dus het grootste beroep gedaan op de reservoirs en aanvulling van deze reservoirs onmiddellijk na deze periode is, b.v. in het geval van de watervoorziening ten behoeve van de landbouw, niet zo urgent. Iets anders ligt dit weer in het geval van de drinkwatervoorziening; hier zal een tamelijk regelmatige aanvulling der reservoirs gewenst zijn.

Nu valt de periode van de laagste Rijnafoeren niet samen met het tijdvak Mei t/m Augustus, maar naarmate de droge perioden langer worden valt hiervan een groter deel in het genoemde tijdvak. Hierbij komt nog het volgende. Eén van de middelen om het bezwaar van een te hoog chloorgehalte van het Rijnwater op te heffen zal zijn: het chloor uit afvalzouten meer in evenredigheid met de waterafvoer te doen lozen. Naarmate dit middel meer zal worden toegepast (geheel door te voeren is dit nooit) wordt het phase-verschil tussen de perioden van de grootste water-consumptie en de laagste Rijn-afvoeren in dit verband van minder belang. Om deze reden wordt aangenomen dat het boven geschetste beeld van de afvoer-verdeling bij lage afvoeren van de Bovenrijn maatgevend is bij de beoordeling of een bepaalde chloorafvoer toelaatbaar is al dan niet.

Uit het bovenstaande moege duidelijk zijn dat het kritieke moment, waarop de chloorgehalten van het Rijnwater de toelaatbare grens zullen overschrijden, met rasse schreden nadert.

De vraag doet zich voor op welke wijze dit gevaar kan worden bezworen. Het chloorbezwaar van de Rijn stamt bijna geheel van buiten onze landsgrenzen. Een oplossing zal dus moeten worden verkregen langs de weg van internationaal overleg, waarbij het in dit geval ongetwijfeld moeilijk zal zijn om resultaten te bereiken.

Zoals reeds is gezegd kan het chloorgehalte van het Rijnwater in perioden van lage afvoer aanzienlijk worden verlaagd, wanneer het chloor uit afvalzouten meer in evenredigheid met de waterafvoer ter plaatse zou worden geloosd. In enkele gevallen kan dit ongetwijfeld worden bereikt met weinig kosten, in vele andere gevallen betekent dit het bouwen van buffer-reservoirs voor afvalwater. In de tweede plaats kan de hoeveelheid afvalzouten, die op de Rijn wordt geloosd, wellicht in aanzienlijke mate worden beperkt. Hierbij wordt o.a. gedacht aan een beperking van de hoeveelheid zout mijnwater (gemiddeld 3 m<sup>3</sup> water per ton gedolven kool), vooral uit oude mijngangen. Bij de industrie (vooral bij de chemische industrie) zouden meer ingrijpende maatregelen op het gebied van afvalreiniging, met betrekking tot de anorganische verontreinigingen, moeten worden genomen.

's-Gravenhage, Juni 1952.

*P. Santema*

adjunct-ingenieur.

## L i t e r a t u u r .

1. Ir J.P. Mazure,  
„De water- en zoutbalans van het IJsselmeer”.  
bijlage IX bij het rapport van de Commissie Drinkwatervoorziening  
Westen des Lands, 's-Gravenhage, 1936.
2. Commissie inzake het zoutgehalte der boezem- en polderwateren van  
Noord-Holland, ingesteld bij besluit van de Minister van Waterstaat  
van 24 April 1939.  
„Ontziltling van Noord-Holland”.
3. Ir P. de Gruyter, Dr E.L. Molt,  
„Rijnlands Boezem”, deel III, De hoedanigheid van het boezemwater,  
1943.
4. Gemeentewaterleidingen Amsterdam,  
„Aanvullende mededelingen bij rapport 1940”, 1943-1948.
5. Ir L. Huisman en Ir K. van Til,  
„Het optreden van perioden van lage afvoer in Nederrijn en Lek”,  
De Ingenieur No.42, 1949.
6. Ir J.M. Riemens,  
„Verzouting en verdroging in het Westen van Nederland, meer in  
het bijzonder in het Westland”, lezing gehouden op de voor-  
lichtingsdag over verzouting en verdroging van tuinbouwgronden  
op 22 November 1950 in de Stadsdoelen te Delft.
7. Ir L. Huisman,  
„De chloorafvoer van Lek en Bovenrijn”, De Ingenieur No.18, 1952.



