

# De waterhuishouding met infiltratie langs de binnenrand van de duinen tussen Wassenaarse Slag en Katwijk

## I. Historie en hydrologische aspecten

door dr. ir. P. C. Lindenbergh, Directeur N.V. Leidsche Duinwater Mij.

*Summary: History and hydrological aspects of the Leyden dune water catchment.*

Leveling of sand dunes on the land side by private owners caused sinking of the water table in the Leyden dune water catchment area as well as shortage of water in adjacent bulb grounds which used to receive a constant flow of drain water out of the dunes which now were dug off.

Investigations, calculations and a model test showed that the disturbance of the water management in the catchment area and the bulb grounds could be corrected by intermittent infiltration of the dunes and additional irrigation of the bulb grounds with water from nearby polders.

A description is given of the installation set up for this purpose jointly for the account of bulb growers and water works.

Some observations are made regarding the rate of infiltration and duration of vertical and horizontal passage of infiltration water through dune sand.

Natural regeneration prevents clogging of dune surfaces, and their falling dry intermittently. The rate of infiltration is slowed down by air in the soil. Slow infiltration is advantageous for the improvement of water quality.

### Grondwaterstandsverlagingen in duinen en teellanden bij Rijksdorp Wassenaar

In het midden van de dertiger jaren ontstonden ernstige grondwaterstandsverlagingen aan de Oostzijde van de duinwaterwinplaats der Leidsche Duinwater Maatschappij (L.D.M.) ten Noorden van Rijksdorp onder de gemeente Wassenaar. Het gevolg daarvan was dat enerzijds de toevvoer van grondwater naar de waterwinningsmiddelen der L.D.M. sterk afnam en anderzijds dat ook de aan de voet der duinen gelegen teellanden in de zomer aanmerkelijk minder zakwater dan voorheen uit de duinen ontvingen. Daardoor daalde in die landerijen het grondwater tot beneden het voor de cultures (in hoofdzaak bloembollen) noodzakelijke peil.

### Oorzaak der grondwaterstandsverlagingen

De eigenaren der teellanden weten de verdroging van hun gronden aan de waterwinning door de L.D.M. en eisten vergoeding van de geleden schade. De L.D.M., die terzake beter was gedocumenteerd, wees echter de op grote schaal plaatsvindende afzanding van het tussen de waterleidingduinen en de teellanden gelegen binnenduin als oorzaak van de grondwaterstandsverlagingen aan (fig. 1).

Door deze afzanding, die tot onder de oorspronkelijke grondwaterspiegel ging, kwamen vooral in het voorjaar grote hoeveelheden water vrij, die voorheen door het afgevoerde duinzand werden vastgehouden, en daarna geleidelijk afvloeiden, doch nu onbelemmerd door grepels en sloten naar Rijnlands boezem konden afstromen. In fig. 2 is de verlagende invloed van de afzanding op de grondwaterstand duidelijk te zien.

Het spreekt vanzelf dat door het wegvallen van deze geleidelijke watertoevoer niet alleen de telers schade leden, doch ook de L.D.M. Volgens de jurisprudentie van het proces Jochems, Loudon contra de Gemeentelijke waterleiding van Den Haag kon de waterwinning door de L.D.M. hier niet als onrechtmatige daad worden aangemerkt. De L.D.M. eiste terugpompomping van het nutteloos uit de duinen afvloeiende water.

### Totstandkoming bevoelingsovereenkomst ter oplossing van de gerezen moeilijkheden

Na moeilijke en langdurige onderhandelingen kwam een concept-overeenkomst tot stand, die voor de L.D.M. aanvaardbaar was. Het in het voorjaar afvloeiende water zou in de duinen worden teruggepompt. De L.D.M. zou daar tegen een bepaalde vergoeding zelf voor zorgen. De eigenaar van de afgezande terreinen, met wie deze overeenkomst zou worden gesloten, wilde echter tegelijk ook de afgezande terreinen bevoeligen en tevens de teelgronden ten oosten daarvan weer voldoende water ondergronds doen toekomen, ten einde op die wijze de moeilijkheden met de telers op te vangen. De afzanding moest nl. op

1967975

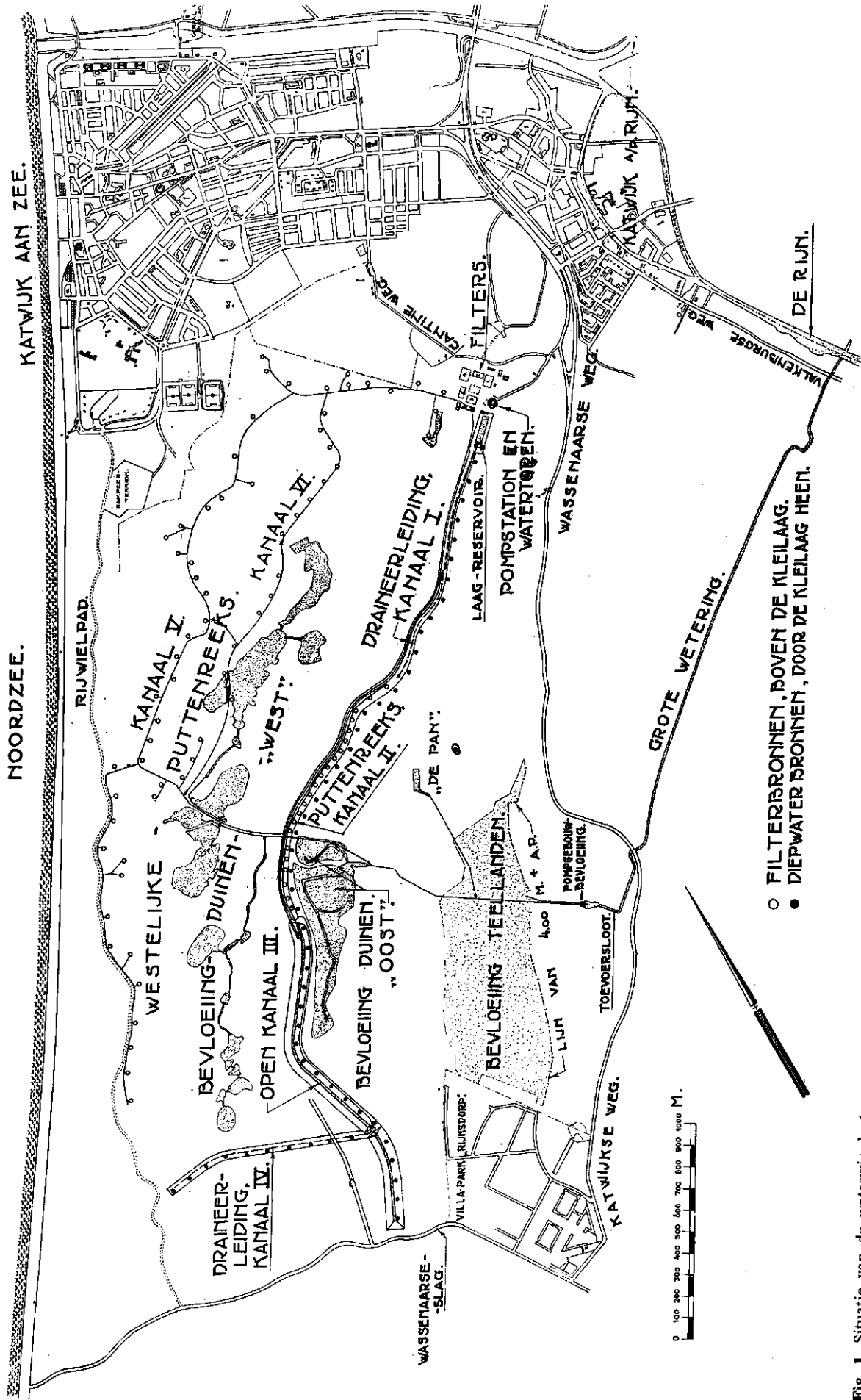


Fig. 1. Situatie van de waterwinplaats der Leidsche Duinwater Maatschappij.

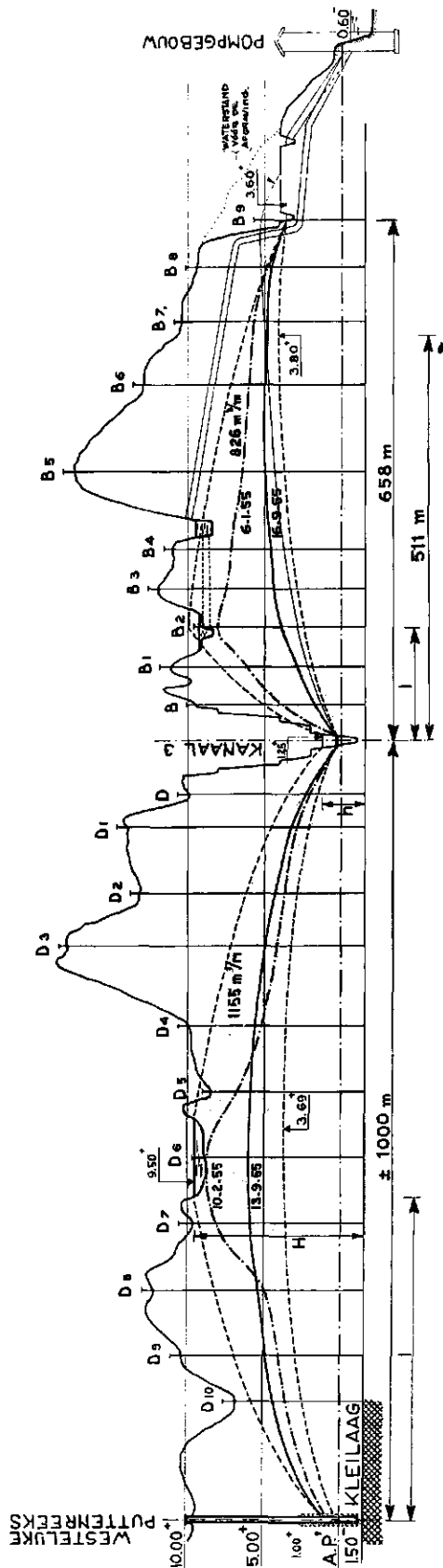


Fig. 2. Dwaarsdoorsnede over de duinen, weergegevend de accumulatie van grondwater door bevoeiing en het waterverlies door afzanding.

Formule voor de tijd:  $t = \frac{4}{3} \cdot k \cdot \frac{H^2 - h^2}{H^2 - h^2}$

Poriegehalte  $p = 1/3$   
 $k = 11,6 \text{ m/etmaal}$

Formule voor de afvloeiing:  
 $q = \frac{1}{2} \cdot W \cdot \left( \frac{1}{2} + k \cdot (H^2 - h^2) \right)$

Nuttige neerslag  $W = 0,001 \text{ m/etmaal}$

Hiermede berekende verblijftijden en afvloeiingen:	
Bevoeiing West	Bevoeiing Oost
$l_{\text{gem.}} = 250 \text{ m}$	$l_{\text{min.}} = 140 \text{ m}$
$H = 11,00 \text{ m}, h = 2,50 \text{ m}, t = 957 \text{ etm.}$	$H = 11,50 \text{ m}, h = 2,75 \text{ m}, t = 73 \text{ etm.}$
$q = 2,80 \text{ m}^3/\text{m. etm.}, q_2 = 1,30 \text{ m}^3/\text{m. etm.}$	$q = 5,24 \text{ m}^3/\text{m. etm.}, q_2 = 1,47 \text{ m}^3/\text{m. etm.}$
Zonder bevoeiing:	
$H = 8,00 \text{ m}, h = 1,50 \text{ m}, t = 362 \text{ etm.}$	$H = 510 \text{ m}, h = 1,80 \text{ m}, t = 658 \text{ m}$
$q = 1,48 \text{ m}^3/\text{m. etm.}, q_2 = 0,86 \text{ m}^3/\text{m. etm.}$	$q = 0,56 \text{ m}^3/\text{m. etm.}, q_2 = 0,16 \text{ m}^3/\text{m. etm.}$

4 m + A.P. worden gestopt en deze afgezande, hoog liggende terreinen waren, indien geen speciale voorzieningen werden getroffen, te droog om als teelgrond te kunnen worden gebruikt. De voordien reeds bestaande teelgronden lagen op een helling van 4 m + A.P. tot ongeveer A.P.

Uit een door de L.D.M. ingesteld onderzoek naar de hoedanigheden van het boezemwater daar ter plaatse bleek dat juist gedurende de groeitijd der gewassen – dus in het voorjaar en de zomer, wanneer op de teellanden veel bevoeiingswater zou nodig zijn – het boezemwater veelal te zout was. Het cl-gehalte steeg dan meestal tot boven de 300 mg per liter, overeenkomend met 500 mg zout per l. Soms steeg het zelfs wel tot 1.500 mg cl of rond 2.500 mg zout per liter (fig. 3). Deze cijfers zouden bij pompen ter plaatse nog hoger worden, omdat dan water uit de Rijn moest worden aangetrokken. Dit was voor de bevoeiing van de teellanden onaanvaardbaar.

### Theoretische benadering van het vraagstuk

De L.D.M. heeft daarom berekend of het mogelijk was om gedurende de winter, wanneer het boezemwater van goede kwaliteit was, dit water in de duinen te pompen met de bedoeling dat een gedeelte ervan vertraagd weer zou terugvloeien in de richting van de teellanden. Het was met name van belang na te gaan welke hoeveelheden water per etmaal naar de afgezande terreinen en de teellanden zouden afvloeien en hoeveel tijd zou verstrijken voordat het bevoeiingswater, nadat het in de duinen was gepompt, die gronden zou bereiken. Aan de hand van die berekeningen moesten de bevoeiingsvelden in de duinen dan zó worden gesitueerd, dat de hoogte ten opzichte van en de afstand tot de teellanden en de waterwinningsmiddelen der L.D.M. juist voldoende waren om gedurende het voorjaar en de zomer gemiddeld voldoende water, dat dus gedurende de winter was opgepompt, naar de teellanden te doen afvloeien.

In bepaalde perioden, waarbij de grondwaterstanden bekend zijn, kunnen voor korte tijd de afvloeiing en de tijd met formules voor de stationaire toestand worden berekend. Fig. 2 geeft enkele van die formules, die speciaal voor dit terrein zijn aangepast. Voor een langere periode gaat dat niet op. Dan dient de berekening met behulp van formules voor de niet-stationaire beweging te geschieden. Dit laatste is dan ook gedaan voor de hoeveelheids- en tijdsberekening van de afvloeiing naar de teellanden.

### Controle van de berekeningen door een modelproef

Alvorens er een beslissing werd genomen over de plaats van de bevoeiingsvelden, resp. het bevoeiingskanaal in de duinen, werd tevens een modelproef uitgevoerd om de ingewikkelde berekeningen van de niet-stationaire waterbeweging te controleren. Tegelijk met de berekeningen werden destijds de resultaten van die modelproef gepubliceerd. Het stemt tot voldoening te kunnen mededelen dat de berekende en door de modelproef gecontroleerde uitkomsten in de praktijk juist zijn gebleken.

### Extra pomp voor rechtstreekse bevoeiing der teellanden in tijden van droogte

Uit de berekeningen en de modelproef bleek dat het tòch noodzakelijk zou zijn een extra pomp te installeren, waarmee – onafhankelijk van de afvloeiing uit de duinen – water rechtstreeks uit de boezem naar de teellanden kon worden gepompt om gedurende droogteperioden de waterstand in de bevoeiingssloten op peil te kunnen houden.

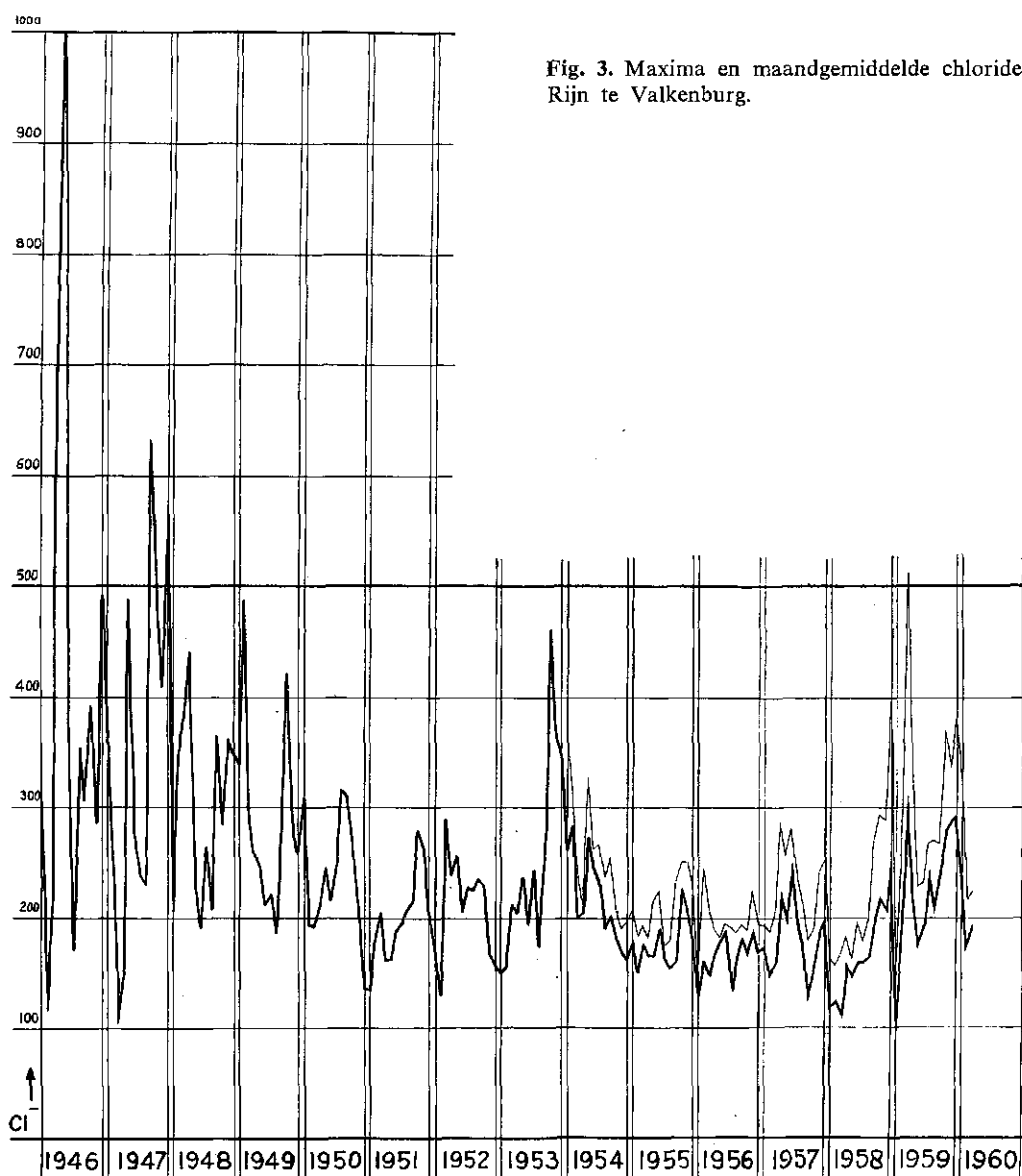


Fig. 3. Maxima en maandgemiddelde chloride in mg/l in de Rijn te Valkenburg.

De gemiddeld uit de duinen afvloeiende hoeveelheid water zou daarvoor nl. dan niet voldoende zijn. Berekend werd dat voor deze rechtstreekse inpomping in de boezem ter plaatse, wanneer nodig, in beperkte mate water van aanvaardbare kwaliteit aanwezig zou zijn, omdat een vrij groot gedeelte van het in de duinen gepompte bevoeiingswater 's zomers ondergronds naar de boezem zou afvloeien.

#### Totstandkoming inrichting voor bevoeiing duinen en teellanden

Nadat de mogelijkheden om de door de grondwaterstandsverlagingen veroorzaakte moeilijkheden, door bevoeiing tot een oplossing te brengen aldus waren onderzocht, werd tussen de eigenaren der teellanden, verenigd in de Stichting Inmaling Rijksdorp, de eigenaar der afgezande terreinen en de L.D.M. een definitieve bevoeiingsovereenkomst gesloten en werd een inrichting tot stand gebracht, die het volgende omvat:

##### 1. De aanvoer van het boezemwater

Ten oosten van en ongeveer evenwijdig met de duinereeks loopt een brede sloot (de Grote Wetering genaamd) van de Rijn tot in de teellanden (fig. 1). Deze sloot diende

en dient voor ontwatering van de achter de duinen liggende lage zandgronden. In de Grote Wetering verzamelde zich het overtollige water, dat vervolgens naar de Rijn afstroomde. Uitgebreide onderzoeken naar hoeveelheid en kwaliteit van het water in de Grote Wetering en de Rijn zijn aan het projecteren van de werken voor de bevoeiing voorafgegaan (fig. 3).

Ten aanzien van de hoeveelheid kon als resultaat van deze onderzoeken worden aangenomen dat gemiddeld  $1 \times 10^6$  m<sup>3</sup> water per jaar, in hoofdzaak gedurende de winter, naar de Rijn afstroomde.

Dit water was van aanvaardbare kwaliteit (minder dan 100 mg cl/l) voor de bevoeiing der duinen, welke in hoofdzaak bedoeld is voor de drinkwatervoorziening. Het natte profiel van de Grote Wetering (11 m<sup>2</sup> als minimum) is voldoende om ca. 1.000 m<sup>3</sup>/h zonder bezwaar door te laten.

Voorts bleek uit de onderzoeken, dat het chloorgehalte een aanwijzing geeft voor de kwaliteit van het water in de Grote Wetering. Het water van de Grote Wetering wordt daarom dagelijks op 3 plaatsen bemonsterd en onmiddellijk onderzocht. Als de kwaliteit aanvaardbaar is - hetgeen dus kan worden afgeleid uit het chloorgehalte - wordt de bevoeiingspomp, die het water

rechtstreeks uit de Grote Wetering opvoert – in werking gesteld.

### *2. Pompinstallatie en automatische bediening*

Aanvankelijk werd de pompcapaciteit lager dan 1.000 m<sup>3</sup>/h gekozen, omdat zij begrensd werd zowel door de bevoeiingsmogelijkheden in het voor dit doel te reserveren duingebied als door de gemiddeld per tijdseenheid beschikbare hoeveelheid water.

De capaciteit van de bevoeiingspomp voor de duinen werd bepaald op 300 m<sup>3</sup>/h (statische opvoerhoogte 11 m) en van de pomp voor de incidenteel noodzakelijke rechtstreekse bevoeiing van de teellanden op 700 m<sup>3</sup>/h (statische opvoerhoogte 4,50 m).

De capaciteit van de vrij lange elektriciteitskabels was maatgevend voor het maximale motorvermogen. De beide pompen zijn daarom zó berekend, dat elk met een motor van gelijke grootte (max. aanvoercapaciteit van elektriciteit) werd gekoppeld. De pompen kunnen niet gelijktijdig werken. De gehele inrichting werd zodanig ontworpen dat de bediening vanuit de watertoren (op 5 km afstand) kan geschieden; een en ander met voldoende veiligheden. Tot heden heeft deze installatie altijd uitstekend gewerkt.

### *3. Slotensysteem voor verdeling bevoeiingswater over teellanden*

Voor het beheersen van de optimale waterstand in de teellanden is langs de voet der duinen een sloot gegraven, die een groot deel van het uit de duinen afvloeiende water ontvangt en via een in de praktijk doelmatig gebleken slotensysteem over het op 4 m +N.A.P. liggende afgezande en nu als teelland in gebruik zijnde terrein verdeelt.

Op korte afstand van het begin van de helling, waarop de reeds eerder aanwezige teellanden liggen, en evenwijdig daaraan, is een met het bovengenoemde slotensysteem in verbinding staande sloot gegraven. Vanuit deze laatste sloot zakt het bevoeiingswater als het ware vanaf het vóór de afzanding aanwezige waterpeil ondergronds door de teellanden in de richting van de polder. Het verschil is echter dat nu de watervoorziening van de hellende teellanden geheel onafhankelijk is geworden van droge perioden alsook van bijzonder natte perioden. Er kan nu een praktisch constant peil worden onderhouden, hetgeen voor de grootte en de kwaliteit van de oogst zeer belangrijk is.

### *4. Transportleiding*

Er werd een transportleiding gelegd van de pompinstallatie naar de bevoeiing in de oostelijke duinen (fig. 1) met daarnaast een afzonderlijke transportleiding van hetzelfde pompstation naar de bevoeiing der teellanden. Deze laatste leiding doet ook dienst om overtollig water uit de teellanden direct via een overloop op de boezem te brengen.

Het materiaal van de transportleiding is asbestcement. De diameter is 500 mm. De leiding wordt periodiek schoongemaakt door er een speciaal voor dit doel geconstrueerde borstel doorheen te pompen.

### *5. Bevoeiingsvijver en bevoeiingskanalen in de duinen*

Vooral de inrichting der duinbevoeiing moest tastenderwijs geschieden, omdat hiervan geen ervaring bekend was. Om ervaring op te doen werd het bevoeiingswater in een vijver gepompt, waaruit het in twee kanalen-systemen kan overvloeien (fig. 1). De bedoeling van deze vijver was na te gaan of en, zo ja, in hoeverre verstopping

van de bodem zou optreden. Ik kom hierop later nog terug.

### **Latere uitbreiding der duinbevoeiing**

Toen in 1953 bleek dat met het oog op de sterke stijging van het waterverbruik in het voorzieningsgebied der L.D.M. uitbreiding van de duinbevoeiing noodzakelijk was, is de transportleiding verlengd en de mogelijkheid geschapen om op vier verschillende plaatsen water in de duinen te brengen (fig. 1). Tevens werden grote bevoeiingsvelden, meer in het midden van de duinen en aan alle zijden omringd door waterwinningsmiddelen, ingericht. Terzelfder tijd werd het pompgebouwtje vergroot en is een bevoeiingspomp met een uur-capaciteit van 700-1.000 m<sup>3</sup> – afhankelijk van het toerental – opgesteld. Deze pomp wordt aangedreven door een Dieselmotor, welke eveneens vanuit de watertoren kan worden bediend.

Door deze uitbreidingen kon de capaciteit van de waterwinplaats der L.D.M. belangrijk worden opgevoerd.

Een en ander houdt evenwel in, dat nu, behalve het miljoen m<sup>3</sup> zakwater uit de duinen, ook water uit de Rijn moet worden aangetrokken. In de Grote Wetering mengt dat water zich met het zakwater uit de duinen. Door deze menging en door zelfreiniging verbetert de kwaliteit van het aangetrokken Rijnwater aanmerkelijk.

Na 1953 is belangrijk meer bevoeiingswater in de duinen gepompt dan met het oog op de afname van het voorzieningsgebied der L.D.M. strikt noodzakelijk was. Er werden dus voorraden duingrondwater gevormd. Dit heeft gedurende het droge jaar 1959 zijn nut bewezen. Toen was de kwaliteit van het boezemwater gedurende lange tijd ongeschikt om als bevoeiingswater te worden gebruikt, terwijl anderzijds de gemiddelde waterafname aanzienlijk werd overschreden. De gevormde waterreserves hebben een ononderbroken waterlevering mogelijk gemaakt, terwijl ook aan de teellanden voldoende water kon worden toegevoerd.

### **Bezwaren van bevoeiing der teellanden via de duinen**

De tussenschakeling van de duinen bij de bevoeiing der teellanden, die zoals hiervoor werd betoogd, plaatsvindt met het oog op de kwaliteit van het water, dat aan de teellanden wordt toegevoerd, heeft het bezwaar dat ca. 100 ha duingebied voor de drinkwatervoorziening nagenoeg niets opleveren. Behalve ca. 20 % van het opgepompte bevoeiingswater, stroomt nl. ook bijna de gehele regenval op dat gebied naar de landzijde af. Dit laatste wordt nog sterk in de hand gewerkt, doordat, zodra er regen valt, de overloop van het bevoeiingssysteem der teellanden in werking wordt gesteld om de grondwaterstand in de teellanden gedurende de regenperiode niet te doen stijgen. Al het regenwater, dat op de teellanden valt + een schijf water uit de sloten van ca. 20 cm + het water dat in die tijd uit de duinen vloeit, gaan dan verloren. Als regel wordt tenminste het dubbele van de regenval direct afgevoerd. Het komt dikwijls voor dat er, korte tijd nadat er met de extra pompinstallatie rechtstreeks in de teellanden is gepompt, regen valt en de overloop in werking wordt gesteld. Daardoor gaat dan veel water verloren en tevens een vrij grote hoeveelheid energie.

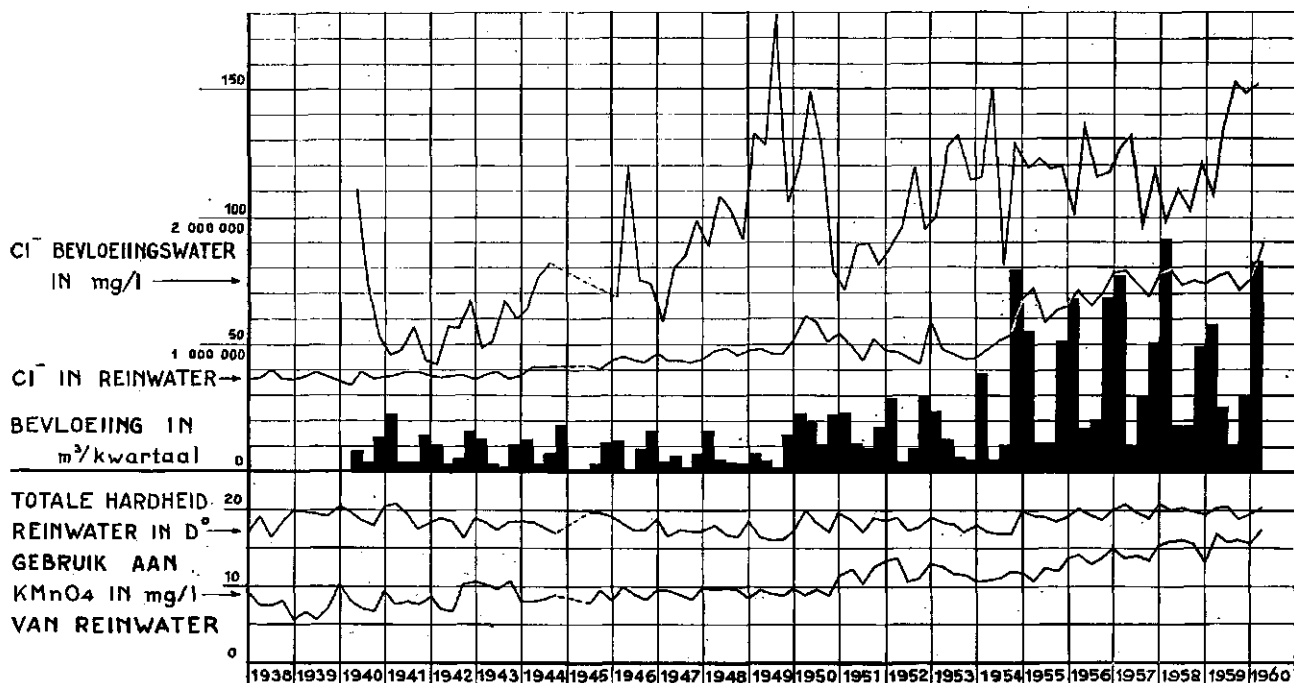


Fig. 4. Verloop van de kwaliteit van het water.

#### Tussenschakeling duinen voor bevloeiing teellanden in toekomst misschien niet meer nodig

Intussen is enkele jaren geleden te Katwijk een nieuw gemaal van Rijnland in werking gesteld, waardoor de kwaliteit van het Rijnwater beter in de hand kan worden gehouden. Daarom zou nu kunnen worden overwogen of het wellicht mogelijk is in de toekomst al het voor de bevloeiing der teellanden nodige water des zomers rechtstreeks uit Rijnlands boezem te pompen. De installatie is daar geschikt voor. De vraag is alleen, hoe is de kwaliteit van het te verwachten bevoeiingswater in de zomer. Aangenomen moet worden dat het na enkele jaren gelijk zal zijn aan het water in de Rijn bij Valkenburg. De afgelopen zomer was het daar ruim boven de 350 mg cl/l, of 580 mg zout per liter (fig. 4).

Gaarne wil ik thans nog stilstaan bij enkele aspecten van de duinbevloeiing ten dienste van de drinkwatervoorziening.

#### Keuze van de grootte der infiltratiesnelheid

De wisselende kwaliteit van het water in de Grote Wetering sluit een constante bevloeiing der duinen voor drinkwaterdoeleinden te enen male uit. Zij noopt derhalve tot een intermitterende bevloeiing. Bij de opzet van de berekeningen van de gehele inrichting der bevloeiing moest daarmee rekening worden gehouden. Bij de berekening van de grootte van het infiltratie-oppervlak moest worden gelet op de maximaal in te pompen hoeveelheid water. Bovendien staat het vast, dat de bevoeiingskanalen gedurende geruime tijd droog komen te staan, wat het voordeel geeft, dat er ruimschoots gelegenheid is om te regenereren. Bij de bepaling van de oppervlakte van de bevoeiingskanalen en de vijver was het van groot belang om over betrouwbare gegevens te beschikken ten aanzien

van de infiltratiesnelheid. Een zeer kleine infiltratiesnelheid maakt een groot nat oppervlak noodzakelijk, hetgeen in een duingebied aanleiding geeft tot een zeer groot grondverzet. Wanneer de infiltratiesnelheid daarentegen te groot wordt aangenomen, kan het water op een bepaald ogenblik niet meer worden verwerkt en zou er een ongewenste onderbreking van de bevloeiing moeten volgen.

Op grond van ervaringen met het infiltreren van het spoelwater van de voorfilters, met de werking van langzame zandfilters en met andere infiltratie-inrichtingen, werd als infiltratiesnelheid in de bevloeiing 'Oost' 0,4 m per etmaal aangenomen voor het geval dat al het water door de bodem en de taluds van de bevoeiingskanalen zou moeten infiltreren. Daarnaast is een grote reserve aanwezig door de mogelijkheid van het onder water zetten van de iets hoger gelegen duinpannen, waar het bevoeiingskanaal doorheen loopt. Deze duinpannen hebben een gezamenlijk oppervlak van rond 10 ha. Zij liggen op  $\pm 8,75$  m + A.P.

In de praktijk bleek inderdaad dat tegen het einde van een bevoeiingsperiode deze duinpannen onder water stonden. Zo nodig, kan het bevoeiingspeil tot 10 m + A.P. worden opgevoerd. Dit peil is echter tot nu toe nimmer bereikt. Het hoogste peil was 9,25 m + A.P.

Zodra bij de dagelijkse onderzoeken geconstateerd wordt dat de kwaliteit van het bevoeiingswater in de Grote Wetering niet meer aanvaardbaar is, wordt het inpompen gestaakt. Na korte tijd, bijv. 1 tot 2 weken, zijn de kanalen weer droog. De op de bodem gevormde sliblaag, die op den duur infiltratie-weerstand zou kunnen veroorzaken, droogt dan uit en verandert van structuur. Het is gebleken, dat daarna bij hervatting van de bevloeiing de infiltratie-weerstand weer geheel gelijk is aan die in het begin.

## Afbraak organische stoffen als gevolg van intermitterende bevoeiing

De intermitterende bevoeiing heeft echter nog meer voordelen. Als de inpomping van bevoeiingswater gedurende lange tijd stilstaat, gaat het hoog opgezette grondwater in de duinen dalen. Het water zakt uit de poriënruimten van het zand en deze ruimten vullen zich weer voor een groot deel met lucht. Het is de zuurstof van deze lucht, die de eventueel met het water in de bodem gebrachte organische stoffen doet oxyderen, terwijl tijdens het inbrengen van nieuw bevoeiingswater de rest van de zuurstof aan dat water ten goede kan komen.

Onderzoekingen van de bodem op plaatsen waar ruim 16 jaar was bevoeid, hebben aangetoond, dat zich in de poriën van het grondmateriaal geen hinderlijke stoffen hadden opgehoopt. Schoonmaken van het bodemoppervlak der kanalen is nu, na 20 jaar bevoeien, nog niet nodig geweest. In de eerder genoemde verzamelvijver in de duinen heeft zich tot nu toe een laag bezinksel gevormd van 15 à 20 cm dik. Ook daar is nog geen verandering van infiltratiesnelheid geconstateerd. Wel is daar vorig jaar een gedeelte van het gemineraliseerde slib weggehaald om elders in de duinen de plantengroei wat te helpen.

Als voorbeeld van een niet-intermitterende bevoeiing kan ik U de vijver in 'de Pan' noemen (fig. 1). Deze kleine vijver wordt tijdens de bevoeiingsperioden door de L.D.M. op een hoog peil gehouden met het oog op het behoud van het Panbos. De bodem van die vijver ligt echter in de zomer nog onder het grondwater. Hier kan derhalve – althans voor het gedeelte dat permanent onder water staat – geen sprake zijn van regeneratie van de gevormde filterhuid, omdat die niet kan uitdrogen en omzetten. Het blijkt dan ook elk jaar weer opnieuw dat de bodem van deze vijver weinig water doorlaat en dat het praktisch alleen de intermitterend onder water staande taluds zijn, die het ingebrachte water doorlaten.

## Kwaliteitsverbetering van het water als gevolg van langzame infiltratie

Voor de kwaliteitsverbetering is de langzame infiltratie m.i. een groot voordeel. Het is blijkens onze ervaring vooral gedurende de verticale bewegingen van het water, dus vóór het bereiken van het freatisch vlak, dat de kwaliteitsverbetering onder invloed van de daar in de poriën aanwezige lucht plaatsvindt. Het spreekt intussen vanzelf dat ook tijdens de horizontale beweging van het water kwaliteitsveranderingen plaatsvinden. Hier speelt vooral de lange tijd een rol. De verticale beweging zal bijv. bij 3 m dieper liggend freatisch vlak ten hoogste 18 dagen duren, terwijl in horizontale richting de tijd bij een afstand van 500 m bijna 3 jaar is.

De aanwezigheid van lucht in de poriën van het zand is één van de redenen waarom per oppervlakte-eenheid belangrijk minder water in de duinen in de grond zakt dan aanvankelijk werd verwacht. De ervaringen met langzame zandfilters leren dat aanmerkelijk grotere hoeveelheden water ( $30 \times$  zoveel) per oppervlakte-eenheid en per tijdseenheid kunnen passeren. Ook daar kan echter lucht in het filterbed, indien deze niet op de juiste wijze wordt verwijderd, de weerstand sterk verhogen.

De intermitterende bevoeiing is niet alleen van belang omdat de oppervlakte van de geïnundeerde bevoeiings-terreinen telkens gelegenheid krijgt te regenereren, doch ook omdat het mogelijk is telkens, als er goed bevoeiingswater beschikbaar is, dit binnen een betrekkelijk kort tijdsbestek in grote hoeveelheden in te pompen. Men kan m.a.w. veel meer water inpompen dan er in dezelfde tijd kan infiltreren. De duinpannen worden dan gevuld.

Dit water kan na infiltratie lange tijd in het duinzand bewaard blijven. Een en ander is sterk afhankelijk van de plaatselijke geologische omstandigheden. Het bevoeiings-terrein West van de L.D.M. kan momenteel voldoende water bergen om daarop voor de drinkwatervoorziening gedurende twee of drie jaar in droge perioden, wanneer er weinig bevoeiingswater beschikbaar is, te kunnen teren.