A.P. Boer

TECHNISCHE HOGESCHOOL · Afdeling der Weg- en Waterbouwkunde

De Maas

Vier-en-twintigste vakantiecursus in drinkwatervoorziening
6 en 7 januari 1972 te Delft

Overdruk uit H_2O Tijdschrift voor watervoorziening en afvalwaterbehandeling

Woord vooraf

Namens prof. Bouma, die verhinderd is aanwezig te zijn op deze bijeenkomst, heet prof. Van Bendegom de aanwezigen welkom. De afdeling is blij en vereerd, dat ook nu weer zo velen aan de cursus deelnemen, en dankbaar jegens de organisatoren die steeds zoveel belangstelling voor de cursus weten te wekken.

Een bijzonder woord van welkom richt spreker tot de inleiders van de voordrachten, de buitenlandse gasten. Een persoon wil spreker bij name welkom heten, namelijk ir. Biemond die, na vele jaren meegewerkt te hebben aan de organisatie van de cursussen, thans het ogenblik gekomen acht om uit de organisatie te treden.

Elf jaar geleden was de rivier de Rijn onderwerp van behandeling; thans is het de Maas, en men kan zich met enige angst afvragen of de organisatoren de Rijn als drinkwater-leverancier hebben afgeschreven en hun laatste toevlucht hebben gezocht bij de Maas.

Het is voor spreker verleidelijk om bij deze opening wat dieper in te gaan op de vele aspecten van rivieren, hydrologische, morfologische en technische aspecten. Dit is echter niet zijn taak, en hij wil daarom volstaan met te wijzen op de vele functies die rivieren in de samenleving kunnen vervullen; functies die wel eens in botsing kunnen komen met de functie drinkwatervoorziening, maar die ook wel eens gecombineerd kunnen worden tot gezamenlijk profijt.

Indien men aan rivieren menselijke kwaliteiten zou toekennen, dan zou de Maas onder de grote rivieren maar een schriel mannetje zijn. Aan de andere kant kunnen we echter zeggen, dat zijn inborst vrij goed is, nog niet bedorven door de samenleving. Van nature wat wispelturig, is hij in ons land wel sterk in het keurslijf van Nederlands fatsoen gebracht waardoor hij zijn natuurlijk karakter in sterke mate heeft behouden.

Deze Maas is dan het onderwerp van inleidingen en discussies, en spreker wenst de aanwezigen prettige en leerzame dagen, dit mede in het belang van onze samenleving en tot voldoening van de organisatoren.

Prof. Ir. L. van Bendegom

Reeds zijn in onderstaande volgorde in boekvorm verschenen de voordrachten van de volgende cursussen: 1. Filtratie, 2. Vervaardiging van buizen voor transport- en distributieleidingen, 3. Winning van grondwater, 4. Waterzuivering, 5. Hygiënische aspecten van de drinkwatervoorziening, 6. Het transport en de distributie van leidingwater, 7. Keuze, aantasting en bescherming van materialen voor koud- en warmwaterleidingen, 8, 9 en 10. Enige wetenschappelijke grondslagen der waterleidingtechniek I, II en III, 11. Radioactiviteit, 12. Grondwater, 13. De Rijn, 14. Nieuwe ontwikkelingen in de waterleidingtechniek op physisch, chemisch en biologisch gebied, 15. De watervoorziening en de industrie, 16. Gebruik van moderne statistische methoden, 17. Kunstmatige infiltratie, 18. De biologie van de watervoorziening, 19. Snelfiltratie, 20. Physische technologie van de waterzuivering, 21. Van goed naar beter water, 22. Het ontwerpen van waterzuiveringsinstallaties, 23. Kwaliteitsbeheersing bij de openbare drinkwatervoorziening.

O. H. BOOM:

The Meuse

Lecture given at the 24th. Holiday Course in Drinking Water Supply, Delft Technical University

The Meuse has been taken as a subject for this course, because this river is becoming more and more important as a source for water supply. It is estimated that this river will have to cover 20 % of dutch water demands in the year 2000. As a rain river, the Meuse has in periods of low flow a bad quality and not enough water to cover all demands; its management requires therefore considerable care with respect to quantity as well as quality. A study by a ministerial working group concerning the water quality of this river has recently been published.

The principal conclusion of this report was, that the quality of the Meuse requires urgently improvement with a view to its present and future uses.

As a considerable part of its basin is situated in Belgium, with big polluting concentrations of population and industry (Charleroi, Liége), international consultations between Belgium and the Netherlands are being held aimed at regulations concerning protection of the water quality. With regard to water quantity, studies of a ministerial working group on water management in the provinces of North-Brabant and Limburg are not yet finished. There can, however, be no doubt that economizing measures on water quantity will have to be taken, e.g. by repumping water in the shiplocks, reducing agricultural water consumption, reducing quantity of water used for refreshing, use of air cooling in electricity plants and building of storage reservoirs for water supply.

The above mentioned international consultations aim also at regulations concerning the river water distribution, so that each country will get its equitable share.

J. W. VAN DER MADE:

Hydrography of the river Meuse drainage basin

The river Meuse is the second main river in the Netherlands. First a comparison with the most important river, the Rine is given. Consequently the hydrological features of the drainage basin, which forms part of France, Belgium, the Federal Republic of Germany and the Netherlands, are described. Three main reaches, viz. the Lorrain Meuse, the Ardennen Meuse and the Lower Meuse can be distinguished. In the Belgian-Dutch border reach part of the river discharge is used for water supply for navigation canals. A part of this water is kept in the river basin itself, another part is however removed to the river Scheldt basin. This is especially important during droughts. After passing its way through the southern Netherlands the river Meuse finally joins one of the Rhine branches, before flowing into the North Sea via the newly built Haringvliet Sluice.

TH. G. MARTIJN:

The availability and the need for water from the river Meuse

The river Meuse is one of the sources for the supply of water for domestic and industrial purposes, agriculture, navigation and cooling. Besides the river plays an important role in the water supply in Belgium.

The author produces some guidelines in order to compare in a systematic way the availability of water and the need for water.

M. J. SNEL:

Water demands in Belgium, specially in the Meuse Basin

(Lecture given at the 24th. Holiday Course in Drinking Water Supply, Delft University of Technology.)

Within the framework of this Course, devoted to the Meuse Basin, a picture is given of present and future water demands in Belgium, with special attention to the rôle of the river Meuse in their supply. The first part of the lecture analyses the actual situation of water supply in Belgium, whereupon a prognosis of future demands has been based, with specifications of the demands of population and trade. The degree of pollution of surface waters has therein an important part. The total water demands of the country are compared with the availibility of water as shown from a hydrological balance of Belgium. The second part of the lecture considers the Meuse Basin more in detail. Some flow caracteristics of the Meuse in Belgium and its tributaries are mentioned. Artificial changes in natural flow caracteristics are pointed out. Flow shortages of the Meuse at Liège are calculated and possible measures to fill them up are indicated. The construction of impounding lakes, that will therefore be necessary, is now being studied. As an example of this the construction of a dam with pumping station in the Houille is mentioned. The lecture closes with an appeal for Meuse regularization on an international basis.

J. DIRICKX:

Quality of the Meuse water in Belgium

After the introduction, in which the origin of the information data concerning the quality of the Meuse water is enunciated, the following subjects are treated consecutively:

Determination of the parameters and the places for sampletaking. The evolution of the different parameters: A. Physical parameters: suspended matter and turbidity. B. Chemical parameters: organic matter, dissolved oxygen, degree of acidity (pH), nitrates, hardness, chlorides, fluorides, cyanides, sulphates, phosphates and iron. C. Bacteriological: faecal coli.

The auto-epuration with biodegradation, photosynthesis and nitrification. The relation water quantity - pollution. A summarizing review of the evolution. Fish mortality in the Meuse. Quality of the Meuse water in the Albert canal (reach Herentals-Wijnegem). Investigation for micro-polluents. Legal prospects.

Data in figures, mentioned during this lecture, are reproduced on the annexed tables.

J. L. KOOLEN:

The quality of the water from the river Meuse in the Netherlands

The developments of the Dutch water quality investigation system is described. At 12 sampling points alongside the 262 kilometers long Dutch part of the river, the water is collected and analysed with a frequency of a week or a fortnight. Also the most polluted tributary rivers: Ur, Roer, Niers and Dieze are investigated in the same way. The analyses include the oxygen balance, the nitrogen balance, the phosphate balance, salts, pH, phenols, synthetic detergents, oil, heavy metals, and bacteriology.

Systems are showed, by means of which the 10.000 data that come free yearly are produced, with examples for three strategic points (figs. 1-5) and for the whole river (figs. 6-8).

The most important conclusions from these data are given.

Water quality improvement will be dealt with by the government, together with the local authorities for the tributary rivers. These measures must be taken in Belgium, France and Germany (tributary rivers) also, therefore, international agreements must be attained.

P. J. VERKERK:

Storage of Meuse water for drinking water purposes

Storage of Meuse water within the provinces Noord-Brabant and Limburg is discussed and the various solutions are considered. The possibilities for open storage reservoirs, artificial recharge and induced recharge ar limited. In the year 2000 the production capacity of all works together will amount to about 900 million m^3/year, of which the Biesbosch reservoirs already take up 500 milions m^3/year. The geohydrological conditions of the subsoil and the long periods in which no water can be taken from the river Meuse are the main restrictions in constructing works of large capacity. Consequently the costs of preparing drinking water out of Meuse water are relatively high in comparison to the use of ground water. In these circumstances a highly co-ordinated ground water and surface water management is needed to obtain an optimal solution. Waste of ground water that leads to an early use of surface water for drinking water purposes has to be prevented.

However, plans and reservations for the storage of surface water have to be made a long time beforehand, in order to retain the present possibilities.

P. L. KNOPPERT:

The reservoir project „Brabantse Biesbosch"

The water of the river Meuse is for quality reasons more suitable as a source of raw water for the drinking water industry of the South West Netherlands than that of the river Rhine.

During periods of low flow however the needed quantity is not available. To overtide such periods storage reservoirs are projected in the so called „Biesbosch area".

Investigations have shown that the chloride content can be used as a parameter for the safe yield of the reservoirs. This safe yield is calculated. Under certain conditions Rhine river water can be used for mixing. The maximum chloride concentration of the drinking water, that is produced from the reservoir water, will not exceed a predetermined value, taking into account the amount of chloride that is added in the purification process.

IR. O. H. BOOM
Hoofdingenieur-directeur van de
Rijkswaterstaat in de direktie Limburg

24e Vakantiekursus Drinkwatervoorziening

Inleiding

1. Het doel van de kursus

In de afgelopen jaren is steeds duidelijker geworden dat er in ons land onvoldoende grondwater is om te voorzien in de steeds stijgende behoeften van de drinkwatervoorziening, in het onderstaande verder te noemen de openbare watervoorziening, d.i. de voorziening met kwaliteitswater van bevolking en industrie. Hiervoor zijn en worden studies verricht in het kader van de basisplannen voor de toekomstige drink- en industriewatervoorziening van Nederland, die worden opgesteld door het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening. Uit onderstaande tabel, afkomstig van dit instituut, blijkt welke hoeveelheden oppervlaktewater nodig zijn thans (1967) en in de toekomst bij een geschatte grondwaterwinning van maximaal 1900 miljoen m³ per jaar.

Aangezien slechts een verdubbeling van de grondwatervoorziening mogelijk is, is verzesvoudiging van de oppervlaktewaterwinning nodig.

Op basis van geografische, kwantitatieve, kwalitatieve en financieel-ekonomische overwegingen is vanwege het Rijksinstituut een keuze gemaakt welke delen van Nederland in de toekomst voor de openbare watervoorziening zijn aangewezen op respektievelijk de Rijn en de Maas. De op dit ogenblik minder slechte kwaliteit van de Maas vergeleken met die van de Rijn heeft bij de bepaling der keuze ook een rol gespeeld.

Gezien de waterstaatkundige toestand van het land ligt het voor de hand dat de Rijn direkt of indirekt de belangrijkste leverancier van oppervlaktewater voor de openbare watervoorziening zal worden.

Derhalve is reeds 11 jaar geleden een vakantiekursus aan de Rijn gewijd. Van de 2600 m³ oppervlaktewater die in 2000 voor dit doel nodig is zal echter volgens het Rijksinstituut ruim een derde of wel 890 miljoen door de Maas moeten worden geleverd, die dan 20 % van de totale Nederlandse waterbehoefte zal dekken.

Het is daarom een logische gedachte geweest thans een kursus te wijden aan de tweede rivier des lands, de Maas.

Het is de taak van de waterbeheerder na te gaan of deze levering door de Maas mogelijk is en te trachten voor deze belangrijke nieuwkomer naast de bestaande belangen, waarvoor eveneens steeds meer water nodig is, een plaats in te ruimen.

Hierbij valt te bedenken dat bij de Rijn maar enkele procenten van de gemiddelde jaar-afvoer nodig zijn voor de openbare drinkwatervoorziening; bij de Maas echter zou 10 % van de gemiddelde jaar-afvoer te Borgharen (ter hoogte van Maastricht) voor dit doel moeten worden gebruikt.

Zoals verderop uit deze inleiding en uit de andere lezingen zal blijken, dient er op allerlei gebied in technisch, financieel en bestuurlijk opzicht en in binnen- en buitenland nog veel werk te moeten worden verzet om de Maas geschikt te maken voor deze nieuwe taak en om de nodige voorzieningen vanwege de openbare watervoorziening te treffen.

Het lijkt echter bij een goede samenwerking tussen de betrokken partijen mogelijk om een en ander tot een goed einde te brengen, waarbij deze kursus een katalysator kan zijn.

2. Het beheer van de Maas

Aangezien nog wel eens misverstand bestaat over de taak van de Rijkswaterstaat volgt hieronder allereerst artikel 2 van het Organiek Besluit Rijkswaterstaat (KB van 14 januari 1971) waarin staat aangegeven waarmee de Rijkswaterstaat is belast:

a. de uitoefening van het oppertoezicht over de waterstaat;
b. in het algemeen de behandeling van alle waterstaataangelegenheden, waaronder de zorg voor:
   — de beveiliging van het land tegen het water;
   — de waterhuishouding in kwantitatieve en kwalitatieve zin;
   — scheepvaartwegen en havens;
   — landwegen en oeververbindingen;
   — een veilige en vlotte verkeersafwikkeling te water en op de weg;
c. de aanleg, het beheer en het onderhoud van waterkeringen, van werken ten behoeve van de waterhuishouding, van scheepvaartwegen en havens, van landwegen en oeververbindingen, de uitvoering van werken ten behoeve van landaanwinning;
d. het verzamelen van gegevens voor de kennis van de waterstaatkundige toestand van het land, van het verkeer te water en van het wegverkeer;
e. het bevorderen en het doen van onderzoekingen en proefnemingen ten behoeve van waterstaataangelegenheden, met inbegrip van de verkeersveiligheid; het geven van adviezen ter zake;
f. het wetenschappelijke en praktische onderzoek van de hoedanigheid van de oppervlaktewateren en van de wijze waarop deze kunnen worden beschermd tegen verontreiniging; het geven van adviezen betreffende de met het oog op die bescherming te treffen voorzieningen;
g. het voorbereiden van de te stellen regelen verband houdende met de taken genoemd in de voorgaande punten;
h. het voorbereiden van concessies op het gebied van de waterstaat;
i. de zorg voor de uitvoering en naleving van de gestelde regelen ver-

TABEL I

	1967		1980		2000	
Grondstof	x 10^6 m³	%	x 16^6 m³	%	x 16^6 m³	%
Grondwater	924	67	1300	50	1900	42
Oppervlaktewater	451	33	1300	50	2600	58
Totaal = waterbehoefte	1375	100	2600	100	4500	100

band houdende met de taken genoemd in de voorgaande punten; het in verband hiermede verlenen van vergunningen en ontheffingen; de zorg voor de naleving van voorwaarden verbonden aan die vergunningen en ontheffingen, alsmede aan concessies op het gebied van de waterstaat;

j. de zorg voor de nakoming van de verplichtingen op waterstaatsgebied die de Staat der Nederlanden tegenover derden heeft aangegaan.

Het zal gezien het grote belang van de Maas voor Nederland geen nadere toelichting behoeven dat deze rivier niet aan een lagere overheid kan worden toevertrouwd en dat deze als één geheel moet worden verzorgd.
Direktie Limburg van de Rijkswaterstaat is daarom behalve met de normale natte en droge Rijkswaterstaatsaangelegenheden binnen deze provincie als regionale dienst belast met het beheer van en de dagelijkse zorg voor de gehele Maas, niet alleen voorzover vallend in de provincie Limburg, maar voor de gehele lengte van circa 225 km van de Belgische grens tot bij Heusden/Hedel, waar het karakter van de rivier verandert.
Ik geloof dat wij ons in Nederland gelukkig mogen prijzen dat op deze wijze de zorg voor de Maas in één hand is en dat niet zoals voor sommige niet-Rijkswateren in Nederland geschiedt en zoals in het buitenland meer regel dan uitzondering is de diverse aspekten van het waterstaatsbeheer aan verschillende diensten en instanties zijn toevertrouwd.
Dit laatste leidt vaak tot misverstanden en tot moeilijke koördinatie- en kompetentieproblemen, waarbij de besluitvorming altijd moeilijk en soms door het ontbreken van een beslissende instantie vrijwel onmogelijk is.
Nadere bijzonderheden over het beheer van de Maas en in kort bestek over het karakter en het gebruik van de Maas benevens over de waterhuishouding naar kwaliteit en kwantitetit zijn te vinden in een artikel van mijn hand in H_2O nr. 1 van 1972, getiteld de Maas, bevattend een voordracht gehouden op de VWN-vergadering te Valkenburg.

3. Is de Maas nog een natuurlijke rivier?

In het kader van de zorg voor de beveiliging van het land tegen het water en van de zorg voor de scheepvaart is op het eind van de vorige eeuw de rivier op grootscheepse wijze aan banden gelegd, waarbij onderscheid valt te maken tussen het gedeelte beneden Grave, waar de rivier van oost naar west stroomt en het gedeelte tussen de Belgische grens en Grave, waar de rivier van zuid naar noord stroomt.
Een opsomming van hetgeen ter verbetering van de afwatering en de scheepvaart tot de tweede wereldoorlog werd verricht is te vinden in een voorlichtingsbrochure van de Rijkswaterstaat van 1949. Het betreft de volgende werken.

A. *De scheiding van Maas en Waal*

Deze kwam op grond van een wet van 1883 in 1904 gereed en had ten doel een einde te maken aan de opstuwing van de Maas door de Waal, die bij hoge afvoeren hogere waterstanden vertoonde mede door opstuwing van Noordbrabantse riviertjes.
Aan de Maas, die voordien bij slot Loevestein in de Waal uitstroomde, werd een nieuwe mond gegeven door het graven van de Bergse Maas en verbetering van de Amer.
De Heerewaardensche overlaat benedenstrooms van Nijmegen kon nu worden gesloten en de waterstaatkundige toestand van het land tussen Maas en Waal werd aanzienlijk verbeterd.

B. *De Maasverbeteringswerken*

De rivier kon benedenstrooms van Grave door het grillige karakter bij hoge afvoeren het water niet verwerken zodat dan via de Beerse overlaat de Beerse Maas het water moest afvoeren, waarbij een 20 à 25.000 ha land werd overstroomd.
Het afvoerend vermogen van de Maas werd vergroot door 10 scherpe bochten af te snijden (rivierverkorting van 20 km), door de rivier te verbreden en te verdiepen en door afgraving van uiterwaarden een goed winterbed te geven.
Om de bevaarbaarheid te verbeteren werd een stuw met schutsluis te Lith gebouwd waarna de Beerse overlaat in 1942 kon worden gesloten.

C. *De Maaskanalisatie*

Omstreeks 1900 is begonnen met het zoeken naar de meest geschikte oplossing om Zuid-Limburg bereikbaar te maken voor de grote binnenvaart.
Gekozen werd voor de aanleg van het Maas-Waalkanaal (voltooid in 1927) en van het Julianakanaal, benevens voor kanalisatie van de Maas tussen beide kanalen (Grave tot Maasbracht) en bovenstrooms van het Julianakanaal.
De Maaskanalisatie tussen Grave en Maasbracht werd uitgevoerd in 1918-1929, waarbij 5 stuwen met bijbehorende schutsluizen werden gebouwd. Even beneden Maastricht werd de stuw te Borgharen gebouwd.
Na de tweede wereldoorlog bleek al spoedig de kapaciteit van deze Maasroute voor de scheepvaart te gering en werden nieuwe schutsluizen gebouwd, en een lateraalkanaal gegraven ter hoogte van Roermond. Met de bouw van een nieuwe sluis te Grave en de verruiming van het Maas-Waalkanaal inklusief een nieuwe sluis te Weurt is zojuist begonnen.
Verbetering van de scheepvaartweg naar België (opheffing stop Ternaaien) kwam gereed.
Verder is een normalisatie van het zomerbed tussen Roermond en Gennep in uitvoering, bestaande uit een vastlegging van de oevers met grof grind, aangezien het zomerbed zich door de voorafgaande kanalisatie en de scheepvaart teveel verbreedde.

Al deze werken waren van grote allure en hebben enige generaties waterstaats- en aannemerspersoneel bezig gehouden en geboeid.
Ze zijn van grote betekenis geweest voor de beveiliging tegen het water (vooral beneden Grave) en de scheepvaart (van Grave tot de Belgische grens).
Zij hebben de Maas veranderd van een vrijwel natuurlijke rivier in een gestuwde rivier, die slechts enige weken per jaar, wanneer bij hoge afvoeren de stuwen zijn gestreken, niet aan banden is gelegd.
Een en ander drukt sterk zijn stempel op de waterhuishouding van de Maas en beïnvloedt de planning terzake in hoge mate.

4. De waterhuishouding

In de in 1968 verschenen nota van de Rijkswaterstaat „De waterhuishouding van Nederland" wordt waterhuishouding of waterbeleid gedefinieerd als „het geheel van onderzoekingen, technische werken en bestuurlijke maatregelen, dat nodig is om tot een zo doelmatig mogelijke kwantitatieve en kwalitatieve beheersing van het aanwezige water te komen".
Over het landelijk waterbeleid is in H_2O nr. 24 van 1971 opgenomen een artikel „Waterbeleid, een blik vooruit" van de hand van de directeur-generaal van de Rijkswaterstaat, ir. J. van de Kerk, weergevend een voor-

dracht voor de jaarvergadering van de Unie van Waterschappen.
In dit artikel wordt aangegeven dat Nederland kan worden verdeeld in een noordelijk, een zuidelijk en een hoog deel, dit laatste onder meer bestaande uit het stroomgebied van de Maas.
Voorgesteld wordt voor deze hydrologische hoofdgebieden onderling samenhangende waterhuishoudingsplannen te maken: inventarisatie van vraag naar en aanbod van water, aangeven van mogelijke en nodige technische voorzieningen, alsmede het opstellen van een programma.
Op basis van deze plannen kan een beleid op korte en langere termijn worden opgesteld.
Daarnaast zal een beleidsinstrumentarium nodig zijn, dat een basis zal moeten vinden in de wetgeving.
Het is van belang na te gaan hoe het bij de Maas met de beide onderdelen van de waterhuishouding (de kwantiteit en de kwaliteit), met de onderzoekingen, de technische maatregelen, de bestuurlijke maatregelen is gesteld.

a. *De kwantiteit*

In 1969 heeft de minister van Verkeer en Waterstaat een „Contactgroep Waterhishouding Noord-Brabant en Limburg ingesteld, die tot taak heeft:

1. Inventarisatie van de in Limburg en Noord-Brabant beschikbre hoeveelheden water.
2. Inventarisatie van de huidige en toekomstige behoefte aan oppervlaktewater voor de drink- en gebruikswatervoorziening, de landbouw, koeling o.a. van centrales, schutwater en mogelijke andere doeleinden in die gebieden, die voor hun watervoorziening mede of in hoofdzaak op de oppervlaktewateren zijn aangewezen. Het gaat hierbij in de eerste plaats om de Maas en Deltawateren. Deze inventarisatie ware te maken tegen de achtergrond van het beschikbare grondwater en de meest wenselijke verdeling daarvan.
3. Toetsing van de beschikbare hoeveelheden oppervlaktewater aan de waterbehoefte.
4. Aangeven van richtlijnen voor het meest efficiënte gebruik van de beschikbare hoeveelheden oppervlaktewater en het doen van voorstellen voor het treffen van maatregelen, indien de waterbehoefte de beschikbare hoeveelheid water overtreft.

In de contactgroep hebben onder mijn voorzitterschap zitting de vertegenwoordigers van Rijkswaterstaat, van de besturen der beide provincies, van de Cultuurtechnische Dienst en van het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening, die drie werkgroepen hebben geformeerd, en wel voor de inventarisatie van het aanbod, voor de waterbehoefte en voor de maatregelen.
Het onderdeel onderzoekingen en technische werken is op deze wijze voor het stroomgebied van de Maas aangepakt, zij het niet voltooid.
Wel is al reeds gebleken dat bij lage afvoeren het aanbod kleiner is dan de vraag. Ditzelfde blijkt in België het geval, waar eveneens vraag en aanbod met elkaar zijn vergeleken.
In droge tijden zal aan de ene kant het waterverbruik moeten worden beperkt, hetgeen mogelijk is door:

— op schutwater te sparen door terugpompen bij de schutsluizen, deze pompen zijn deels aanwezig;
— landbouwwater te rantsoeneren;
— op het doorspoelwater te bezuinigen en daarmee bijv. een grotere waterverontreiniging voor lief te nemen;
— op koelwater te bezuinigen door op luchtkoeling over te gaan; de nieuwe PLEM-centrale te Maasbracht krijgt koeltorens voor aanvullende of vervangende koeling;
— voor de openbare watervoorziening tot de aanleg van spaarbekkens over te gaan.

Aan de andere kant is het aantrekkelijk de lage afvoeren te verhogen, hetgeen in België gaat geschieden door aanleg van twee stuwmeren in de Ardennen.
Mede omdat het regime van de rivier hierdoor bij lage afvoeren verandert, vindt tussen beide landen sinds enige maanden overleg plaats met tot doel een basis te vinden voor een verdeling van het Maaswater over beide landen bij lage afvoeren.
In het in de aanvang genoemde artikel van ir. J. van de Kerk wordt wat de wetgeving betreft de wenselijkheid naar voren gebracht van een wet op de waterhuishouding, terwijl de aandacht wordt gevestigd op de in voorbereiding zijnde wetten: grondwaterwet, wet op de totstandkoming van basisplannen ten behoeve van de openbare watervoorziening.
Wat de bestuurlijke zijde aangaat, staat aan de aanbodzijde de rijksoverheid. Aan de vraagzijde zou wellicht een plaats zijn voor (op)nieuw gestruktureerde waterschappen.
Alhoewel voor de Maas de studies naar de vraag en het aanbod van water nog niet zijn beëindigd gaat het er wel naar uitzien dat de openbare watervoorziening terecht een beroep op het Maaswater heeft gedaan.

b. *De kwaliteit*

Voor het stroomgebied van de Maas zijn onderzoekingen verricht en technische maatregelen voorgesteld door een in 1969 ingestelde ministeriële Werkgroep sanering Maas met tot taak de bestudering van het vraagstuk van de verontreiniging van de Maas (omvattende de inventarisatie van de bestaande afvalwaterlozingen op deze rivier, het vormen van inzicht omtrent de aard en de omvang van de verontreinigingsbronnen, alsmede van de in de toekomst te verwachten ontwikkeling daarvan) en, rekening houdende met de verkregen gegevens en inzichten, het aangeven van richtlijnen omtrent de meest efficiënte wijze om de rivier de Maas te saneren.
Deze werkgroep heeft onder mijn voorzitterschap een rapport opgesteld, dat op aanvraag bij direktie Limburg is te verkrijgen, en dat twintig aanbevelingen bevat.

Voor het onderdeel onderzoekingen en technische maatregelen zijn op deze wijze de hoofdpunten vastgelegd, alhoewel voortdurend zal moeten worden bijgestuurd.
Hoe de stand van zaken met betrekking tot de technische maatregelen (de twintig aanbevelingen) momenteel in Nederland is, is reeds uiteengezet in mijn artikel in nr. 1 van 1972.
Wat de bestuurlijke kant aangaat zij vermeld dat op grond van de wet verontreiniging oppervlaktewateren het Rijk (de Rijkswaterstaat) niet zelf zuiveringstechnische maatregelen treft, maar deze oplegt aan de vervuilers, die rechtstreeks op rijkswateren lozen. Maatregelen op niet-rijkswateren dienen vanwege de provincies te worden gestimuleerd.
Aangezien de Maas in Nederland een vrij groot eigen stroomgebied heeft, is de bestuurlijke struktuur in dit stroomgebied van belang.

De provincies hebben voor dit doel zuiveringsschappen opgericht of de taak van waterschappen uitgebreid of gaan dit doen. Voor het stroomgebied van de Maas zijn of worden verantwoordelijk 5 schappen:
Limburg: één schap.
Gelderland: schap Rivierenland.

IR. J. W. VAN DER MADE

Hoofdingenieur Rijkswaterstaat,
direktie waterbeweging en waterhuishouding Den Haag

Hydrografie van het Maasbekken

1. De Maas in vergelijking met andere rivieren

Tussen de rivieren op aarde neemt de Maas, met haar stroomgebied van 33.000 km², maar een heel bescheiden plaats in. Onze andere grote rivier, de Rijn, ontwatert een vijfmaal zo groot gebied en wel 160.000 km². Ook dit is echter nog maar beperkt in vergelijking met de afwateringsgebieden van de werkelijk grote rivieren, zoals de Donau (800.000 km²), de Wolga (1.500.000 km²), de Mississippi (3.000.000 km²) of de Amazone (7.000.000 km²). Voor ons land is de Maas echter van grote betekenis, zowel voor de scheepvaart als voor de levering van water voor velerlei doeleinden.

Het karakter van de Maas kan het beste beoordeeld worden door haar te vergelijken met de Rijn. De Maas heeft een lengte van 850 km, gerekend vanaf haar bron tot het punt waar haar water zich met een deel van het Rijnwater verenigt in het Hollands Diep. De Rijn is ongeveer 1.200 km lang. Ze is dus niet veel langer dan de Maas, hoewel haar stroomgebied 5 x zo groot is, zoals in afb. 1 is gedemonstreerd. Het stroomgebied van de Rijn is relatief dan ook veel breder, hetgeen tot uiting komt in de grote lengte van haar zijrivieren zoals de Main en de Moezel.
Het stroomgebied van de Maas is echter smal, vooral het zuidelijke gedeelte. De daar vallende neerslag draagt daarom weinig bij tot de afvoeren in de beneden-Maas. Die worden voornamelijk bepaald door de neerslag in de Ardennen, welk gebied op vrij korte afstand van de Nederlandse grens ligt.

Terwijl voor de Maas het bovenstroomgebied als relatief minder belangrijk dan het middengebied moet worden beschouwd, is voor de Rijn het bovenstroomgebied juist een van de belangrijkste gedeelten. Deze rivier vindt zijn oorsprong in het hooggebergte, waar veel neerslag valt, welke voor een belangrijk deel uit sneeuw bestaat. Deze sneeuw, die zich ook beneden de sneeuwgrens

---

vervolg van pag. 7

Noord-Brabant: schappen de Maaskant, de Aa en de Dommel.
Een bijdrage aan de verontreiniging van de Maas wordt vooral via de Roer en de Niers geleverd door de Bondsrepubliek. De in 1960 ingestelde permanente grenswaterencommissie is het hiervoor geschapen overlegorgaan. Met België is sinds enige maanden in hetzelfde kader als over de verdeling van het Maaswater overleg gaande over de kwaliteit met het doel het opstellen en uitvoeren van een programma van samenwerking betreffende de meting en de beheersing van de kwaliteit van het Maaswater. Reeds is afgesproken dat in 1972 de Belgische metingen (10 meetpunten) en de Nederlandse (28 meetpunten) op elkaar worden geijkt door gezamenlijke monsterneming en analyse aan de grens.

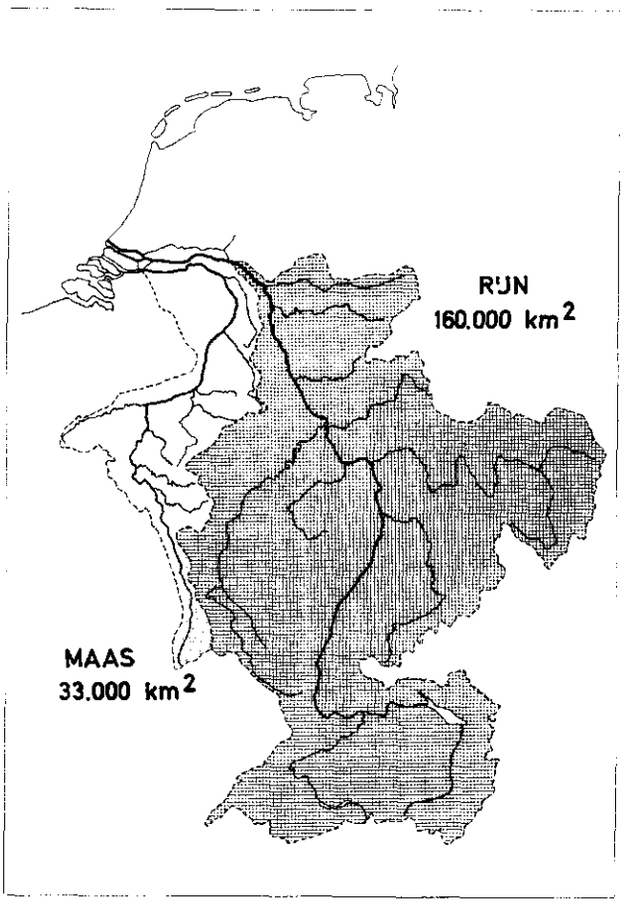
Dit geschiedt niet alleen voor de meer traditionele analyses voor zuurstof, BOD enz., maar ook voor die van belang voor de drinkwaterbereiding, nl. reuk- en smaakstoffen (fenolen en minerale oliën) en vergiften.
Verder zullen in onderling overleg binnenkort normen moeten worden vastgesteld voor de kwaliteit aan de Belgisch-Nederlandse grens.

Wat de wetgeving aangaat wordt het nodige instrumentarium gevonden in de wet verontreiniging oppervlaktewateren van 13 november 1969.
Door de aanwezigheid van deze wet hoeft niet volstaan te worden met het doen van metingen teneinde de graad van verontreiniging te meten en met het schrijven van saneringsrapporten teneinde na te gaan welke maatregelen moeten worden getroffen.

Het is mogelijk geworden deze maatregelen ook tot stand te brengen, waarbij echter bedacht moet worden dat deze aangelegenheid nog in een aanloopperiode verkeert en dat het niet mogelijk is hetgeen in het verleden gedurende zoveel jaren werd misdreven in een enkel jaar recht te zetten; daarvoor moet nog teveel ook voorbereidend werk worden verzet, zowel op het juridische (algemene maatregelen van bestuur), het bestuurlijke (provinciale regelingen) het financiële (heffingen voor niet-rijkswateren) als het meer technische vlak (opstellen saneringsrapporten, indicatieve 5-jarenprogramma's, studie over zuiveringsmethoden en -technieken).
Wat de rijkswateren betreft zijn al een aantal saneringsrapporten verschenen (Maas, Nederrijn en Lek, IJssel) terwijl deze voor andere wateren in voorbereiding zijn.
Ook zijn in 1971 voor de lozingen op rijkswateren voorlopige aanslagen opgelegd aan de circa 10.000 heffingsplichtingen tot een bedrag van circa *f* 10 miljoen, terwijl dit bedrag in 1972 circa *f* 30 miljoen zal bedragen.
Voor de rijkswateren is voor de jaren tot 1974 een eerste urgentieprogramma vastgesteld voor de bouw van een 15 installaties met ca. 2,7 miljoen i.e., waarvoor uit het heffingenfonds uitkeringen worden gedaan tot een totaal van *f* 95 miljoen. Voor de Maas komen hierop voor installaties voor Maastricht, Venlo en de papierfabriek (de KNP) te Maastricht.
Op grond van een en ander heb ik de overtuiging gekregen dat wat het kwaliteitsaspect aangaat de toekomst van de Maas met vertrouwen tegemoet mag worden gezien en deze rivier er bepaald beter voorstaat dan de Rijn omdat:

- de onbalans tussen mens en natuur geringer is dan bij de Rijn doordat de vervuiling minder groot is en minder snel is toegenomen tengevolge van een dunner bevolkt en minder geïndustrialiseerd stroomgebied;
- de Maas door het grotere Nederlandse stroomgebied gevoeliger is voor verbeteringen in Nederland en hiervoor het instrumentarium aanwezig is of komt;
- de overlegorganen met de Bondsrepubliek en België aanwezig zijn.

Het lijkt mij dan ook dat de openbare watervoorziening in dit opzicht terecht zijn blik op de Maas heeft gericht en dat de Maas in kwalitatief opzicht de openbare watervoorziening niet teleur zal hoeven te stellen.



Afb. 1 - Stroomgebieden.

(3.000 m) tot ver in de zomer handhaaft, en na afsmelten voor een belangrijk deel als grondwater geborgen blijft, vormt een enorm waterreservoir, dat nooit uitgeput raakt, zodat er altijd op een zekere afvoer gerekend kan worden. De laagst bekende afvoer van de Rijn kwam voor in november 1947 en bedroeg 620 m^3/s. Voor een nadere behandeling van het hydrologisch regiem van de Rijn zij verwezen naar de bijdrage van Van Bendegom aan de 13e vakantiecursus drinkwatervoorziening in 1961 [1].
Bij de Maas is deze bergingscapaciteit niet aanwezig. Daarom kan de afvoer in droge tijden tot onbetekenende waarden afnemen. Om te voorkomen dat door lage waterstanden de scheepvaart dan gestremd zou worden, is de rivier over bijna haar volle lengte gekanaliseerd, deels door stuwen, deels door parallelkanalen. In Nederland bevinden zich 7 stuwen, in België 19 en in Frankrijk 59!

In droge tijden is de Maas daarom nauwelijks meer rivier te noemen. In feite is ze dan omgevormd tot een reeks bekkens waarin het water, als gevolg van de kleine stroomsnelheid, lange tijd verblijft. Dit kan een gunstige factor zijn voor de waterkwaliteit. De geringe afvoeren echter leggen een sterke beperking op aan het gebruik. Dit is van grote betekenis als men bedenkt dat droogteperioden zich afhankelijk van de weersomstandigheden zeer lang kunnen handhaven, vaak met inbegrip van het winterseizoen. Door het vasthouden van het water in de stuwpanden en door gebruik voor andere doeleinden brengt men de afvoeren over de stuwen vaak terug tot bijna nul.

TABEL I

	Maas		Rijn
	Borgharen	Lith	Lobith
stroomgebied km^2	21.260	28.950	160.000
lengte km	630	815	1.100
ontwerpafvoer m^3/s [1]	3.800	3.300	18.000
grensafvoer m^3/s [2]	1.500	1.500	7.000
gemiddelde afvoer m^3/s	250	350	2.200
lage-30 daagse afvoer [3]	2	30	650
stromingstoestand bij minimum afvoer	stilstaand in stuwpanden		stromend

[1]) Afvoerbedrag met overschrijdingskans van 3 % in een eeuw.
[2]) Afvoerbedrag, dat gemiddeld 1 x per 2 jaar wordt overschreden.
[3]) Afvoerbedrag, dat door het 30-daags gemiddelde 1 x per 50 jaar wordt onderschreden.

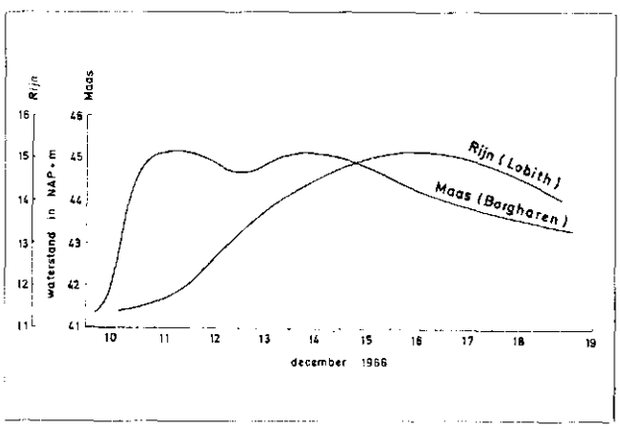
Alles tezamen vertonen de afvoeren van de Maas een veel variabeler karakter dan die van de Rijn. Daarbij komt nog het feit dat bij de grensovergang te Lobith de Rijn nagenoeg zijn gehele stroomgebied heeft doorlopen, terwijl de Maas beneden Eijsden nog een groot deel van haar stroomgebied moet verwerken. Het grondgebied van Nederland dringt vrij ver in het stroomgebied van de Maas door. Daarom „ervaren" wij als Nederlanders de Maas in een vroeger stadium dan de Rijn. We zien dan ook, dat de Maas beneden de stuw Borgharen in enkele uren 3 m of meer kan stijgen. De Rijn bij Lobith heeft daar minstens 5 dagen voor nodig. Iets dergelijks vond plaats in de periode 10 - 16 december 1966 (zie afb. 2).

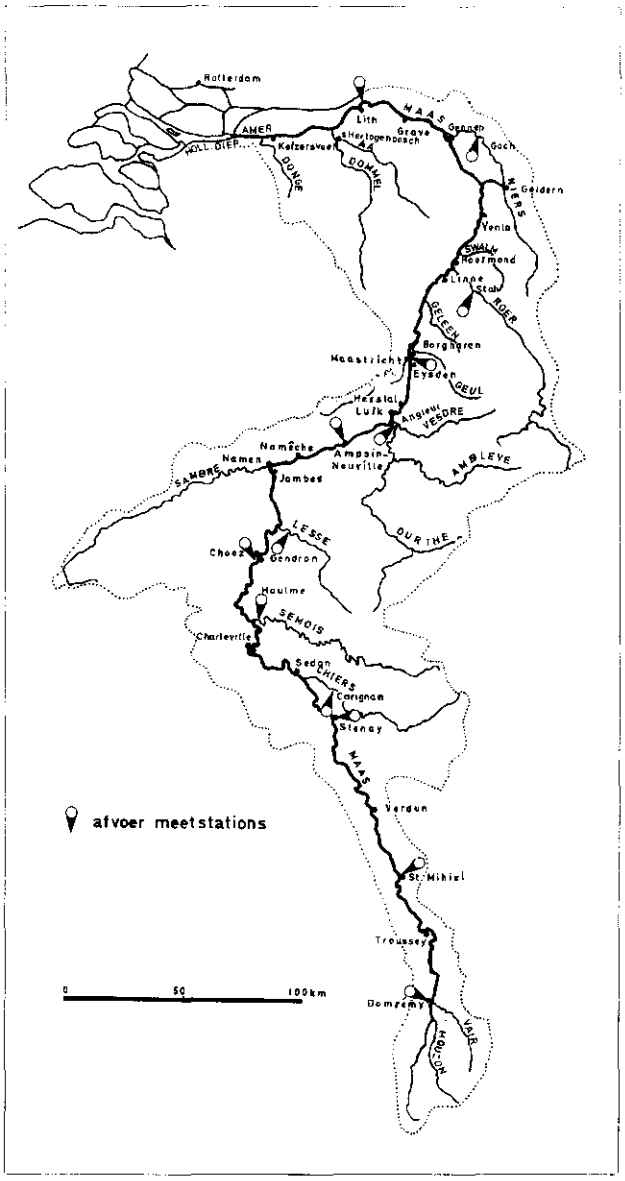
In tabel I zijn enige karakteristieke grootheden van Maas en Rijn gegeven. Voor de Maas zijn zowel het station Borgharen als het station Lith gepresenteerd: Borgharen als kenstation voor de rivier, zoals deze ons land binnenkomt; Lith als kenstation voor de rivier, wanneer deze nagenoeg haar gehele stroomgebied verwerkt heeft. Dit laatste station is voor de Maas als gelijkwaardig te beschouwen met Lobith voor de Rijn.

2. Algemene beschrijving van het stroomgebied

De Maas is een internationale rivier. Van het totale stroomgebied, dat bij de uitstroming van de Amer in het Hollands Diep rond 33.000 km^2 bedraagt, ligt ongeveer 10.000 km^2 in Frankrijk, 13.000 km^2 in België, 6.000 km^2 in Nederland en 4.000 km^2 in de Duitse Bondsrepubliek. In dit laatste land alleen in de vorm van de zijrivieren Roer en Niers.
Het internationale karakter van de rivier heeft aanleiding gegeven tot bilaterale contacten tussen de betrokken lan-

Afb. 2 - Verloop van een hoogwatergolf op Maas en Rijn.





Afb. 3 - Het stroomgebied van de Maas.

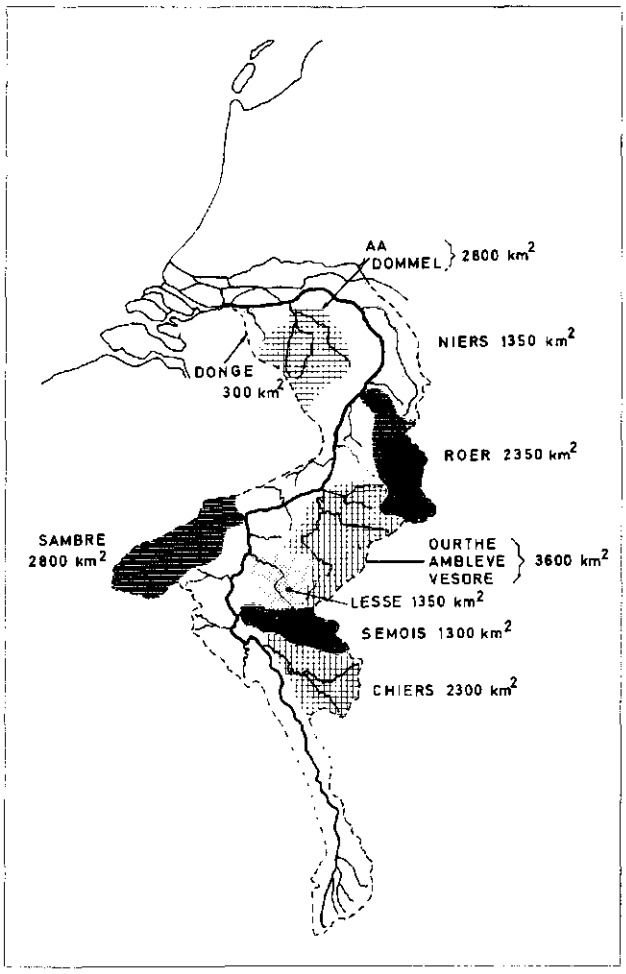
den. Tot een gemeenschappelijke studie van de hydrologie van het gehele stroomgebied, zoals bijvoorbeeld onlangs voor de Rijn is aangepakt door de CHR (Commission Internationale pour l'Hydrologie du Bassin du Rhin) is het voor de Maas nog niet gekomen.

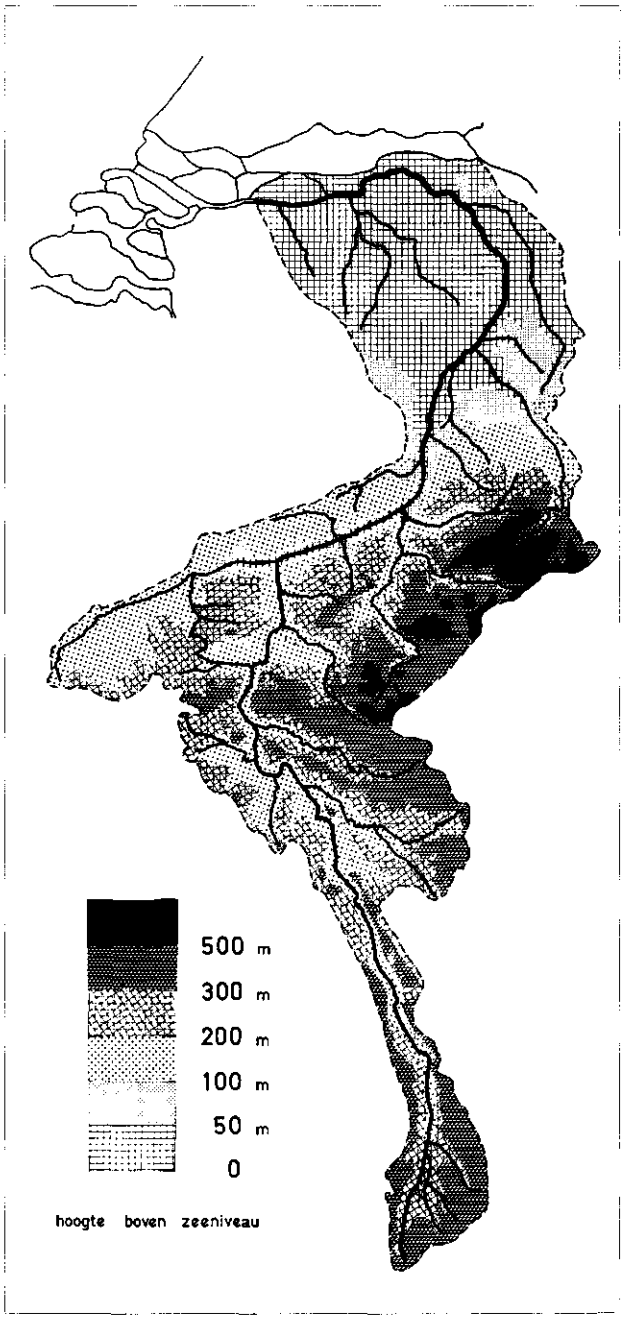
In het stroomgebied van de Maas zijn drie delen te onderscheiden (zie afb. 3):

1. Het vrij smalle bovenstroomse gebied in Frankrijk. De rivier wordt hier aangeduid met de naam Meuse Lorraine. Dit deel strekt zich uit van de oorsprong tot ongeveer bij Charleville. Behalve enige kleine zijrivieren in het zuiden en de Chiers in het noorden monden hier geen belangrijke zijrivieren in de Maas uit.
2. De Ardennen met de noordelijke uitlopers in Nederlands Limburg. Dit gebied omvat de rest van het Franse stroomgebied, bijna het gehele Belgische stroomgebied en het Nederlandse stroomgebied tot Linne. De voornaamste zijrivieren in dit gebied zijn de Semois, de Lesse, de Sambre, de Ourthe met Amblève en Vesdre, de Jeker, de Geul en de Geleen.
3. De rest van het Nederlandse stroomgebied en het Duitse stroomgebied. Hier stromen in de Maas de zijrivieren de Roer, de Niers, de Swalm, de Dieze (Dommel en Aa) en de Donge.

De situatie van de stroomgebieden van de voornaamste zijrivieren is voorgesteld in afb. 4. Een belangrijk deel van deze zijrivieren komt uit de Ardennen. Zoals uit het hoogtekaartje (afb. 5) blijkt, ligt hier het hoogst gelegen deel van het Maasbekken. De hoogste gebieden vormen de oostelijke Ardennen. Deze reiken tot 600 m boven zeeniveau. Dit gebied is tevens het regenrijkste deel van het stroomgebied. De neerslagverdeling is voorgesteld in afb. 6. In het natste gedeelte valt jaarlijks gemiddeld 1.400 mm neerslag.
Karakteristiek voor de Lotharingse Maas zijn een doorlatende grond en een breed dal, factoren, die het optreden van plotselinge wassen tegengaan en een langdurig in stand blijvende grondwaterafvoer bevorderen. In de Ardenner-Maas daarentegen is, afgezien van de kalkgebieden, de grond weinig doorlatend, terwijl het rivierdal betrekkelijk smal is, hetgeen in tijden van veel neerslag weinig berging mogelijk maakt. Hoogwatergolven zullen hier nauwelijks uitvlakken en tevens een korte looptijd hebben. De hoogwatergolven, zolas ze ons land binnenkomen, zijn voornamelijk uit de Ardennen afkomstig. De Lotharingse Maas draagt er nauwelijks toe bij. Anderzijds dragen de Ardennen weinig bij tot de laagwaterafvoeren, omdat de ondergrondse berging in grote

Afb. 4.





Afb. 5 - Hoogtekaart.

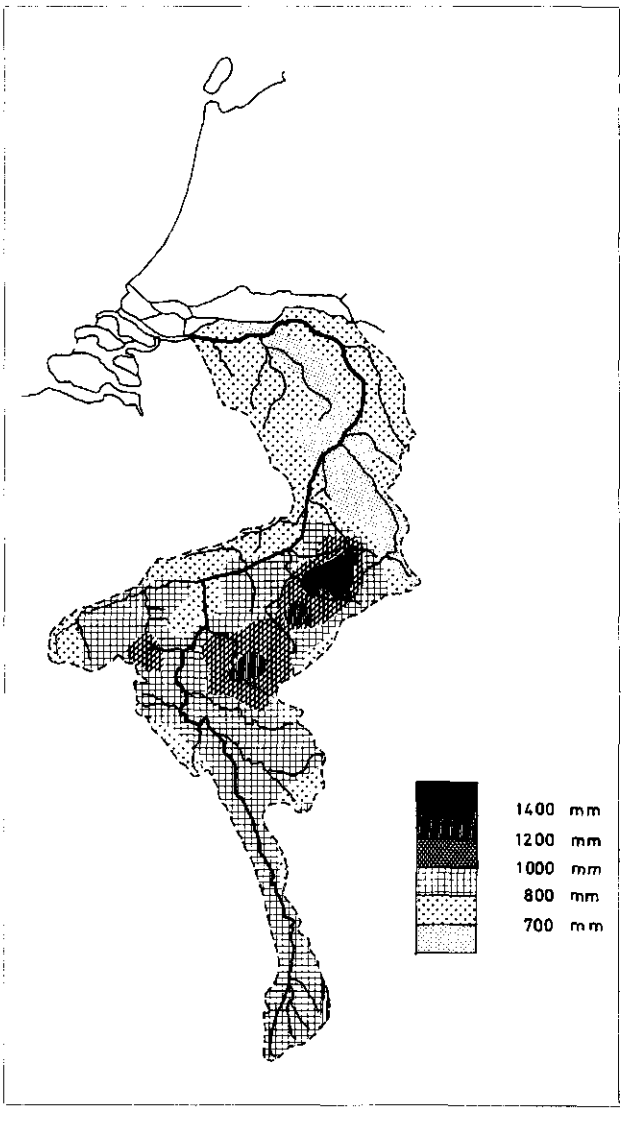
delen spoedig uitgeput raakt. De laagwaterafvoeren komen daarom voornamelijk van de Lotharingse Maas en uit de kalkgebieden gelegen in de Condroz, een 25 km brede zone ten zuiden van het traject Namen-Luik en vanuit het gebied van de Lesse.

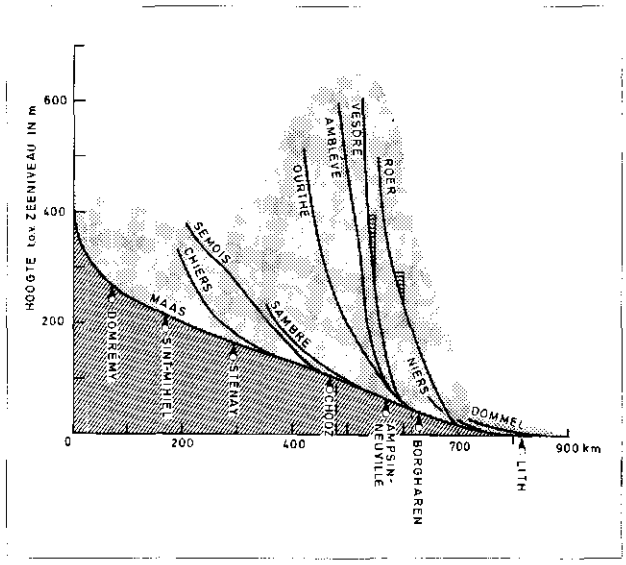
In het lengteprofiel kan men de Lotharingse Maas goed van de Ardenner-Maas onderscheiden (zie afb. 7). De overgang ligt ongeveer op 400 km van de oorsprong. Boven dit punt vertoont de Maas het bekende evenwichtsprofiel van een rivier, zoals onder meer is beschreven door Escher [2]. Zo'n profiel vertoont een stroomafwaarts steeds flauwer wordende verhanglijn. Beneden genoemd punt, waar de Maas de Ardennen binnenstroomt, ziet men het verhang echter vrij plotseling toenemen en wel van 3.10^{-4} tot 6.10^{-4}. Dit is als volgt te verklaren. De Ardennen bevinden zich in een geologische opheffing, waardoor de Maas zich een diep dal groef. Voor deze eroderende werking is veel energie en daarmee een vrij steil verhang nodig. Aan de bovenstroomse zijde van de Ardennen kwam de rivier daardoor relatief hoog te liggen, terwijl het rivierverhang en daarmee de eroderende werking klein bleven.

De hoge ligging van de bedding van de bovenloop van de Maas had tot gevolg dat de lager liggende naburige zijrivieren door terugschrijdende erosie delen van de oorspronkelijke Maas of van haar zijrivieren overnamen. Zo is de huidige bovenloop van de Moezel vroeger de bovenloop van de Maas geweest. Aan de westzijde heeft de Marne haar zijrivier de Aire van de Maas gekaapt. Over het traject beneden Linne heeft de Maas een verhang van gemiddeld slechts 1.10^{-4}. Het winterbed is plaatselijk 20 à 30 x zo breed als het 100 meter brede zomerbed. De hierdoor aanwezige bergingscapaciteit doet hoogwatergolven in sterke mate uitvlakken. Hierdoor zijn de topafvoeren over de stuw te Lith als regel lager dan die over de stuw Borgharen, ondanks de toevoer van enige zijrivieren.

In tijden van droogte worden de afvoeren over dit traject hoofdzakelijk geleverd door de zijrivieren welke beneden Borgharen uitmonden en door toevoer van grondwater. Afvoer van boven Borgharen is dan te verwaarlozen

Afb. 6 - Gemiddelde jaarlijkse neerslag.





Afb. 7 - Lengteprofiel Maas.

omdat het daar nog beschikbare water voor voeding van kanalen wordt gebruikt, zoals in paragraaf 4 wordt beschreven.

3. De Lotharingse Maas (Meuse Lorraine)

De Maas vindt zijn oorsprong op het Plateau de Langres. Het is een terrein met doorlatende gronden. De hier vallende neerslag komt via de bodem in een aantal bronnen aan de oppervlakte. Een verzamelput in het dorpje Pouilly en Bassigne kan als de eigenlijke oorsprong van de Maas worden beschouwd (Van Rossum [3]). Buiten dit dorp mondt het op deze put aangesloten riool uit in een open beek, waarmee de Maas rivier is geworden. Stroomafwaarts komt de Maas in een gebied met ondoorlatende gronden, waardoor ze grote hoeveelheden neerslag snel moet verwerken en daardoor een nogal wild karakter heeft. Door de aanleg van een aantal vaste stuwen heeft men enige bergingscapaciteit geschapen en daardoor de grootste afvoerpieken enigszins verkleind. Stroomafwaarts gaande wordt de bodem meer doorlatend. Ook de zijrivieren Mouzon en Vair komen uit gebieden met doorlatende gronden. Mede door de vrij brede dalen en de daarmee samenhangende grote bergingscapaciteiten hebben ze een afvlakkende werking op het verloop van de Maasafvoeren.
Bij Troussey ligt het punt waar de Maas vroeger onthoofd is door de Moezel. Door het vroegere in oost-west richting lopende rivierdal is het Marne-Rijnkanaal aangelegd. Dit kanaal kruist de Maas door middel van een aquaduct. Het kanaal is met een zijtak op de Maas aangesloten.
Vanaf dit punt tot aan haar uitmonding is de Maas bevaarbaar, zij het op vele plaatsen in de vorm van laterale kanalen. In Nederland vallen het Julianakanaal en het onlangs aangelegde lateraal kanaal bij Linne onder deze categorie.
Waar geen lateraal kanaal is aangelegd, is de Maas door middel van stuwen bevaarbaar gemaakt.
Langs de Lotharingse Maas bevinden zich afvoermeetstations te Domrémy, St. Michiel en Stenay. Deze stations zijn in beheer bij de Electricité de France. De uit de registraties verkregen dagelijkse afvoercijfers worden gepubliceerd in de Franse jaarboeken. Aangezien de stations nog slechts enkele jaren in bedrijf zijn, is het nog niet mogelijk karakteristieke waarden, voortvloeiende uit frequentiebeschouwingen te bepalen. Enige gegevens over het jaar 1970 zijn vermeld in tabel II.
Volgens gegevens over de Nederlandse afvoerstations leverde dat jaar een ongeveer 10 % grotere afvoer dan het langjarig gemiddelde. Beneden Stenay verbreedt het stroomgebied zich, onder meer doordat daar de zijrivier de Chiers in de Maas vloeit. Deze zijrivier levert blijkens tabel II een belangrijke bijdrage tot de Maasafvoer beneden Stenay.

4. De Maas in de Ardennen en haar noordelijke uitlopers

Van Charleville tot Namen snijdt de Maas zich diep door de zich opheffende Ardennen in een richting dwars door de ontstane plooiingen. Het lage tempo van de opheffing maakt het de rivier blijkbaar mogelijk haar stroomrichting te handhaven. Het stroomdal is smal en de grond is vrij ondoorlatend. Ook de hier in de Maas afvloeiende zijrivieren, zoals de Semois en de Lesse, hebben diepe dalen uitgesneden. Deze rivieren volgen enigszins de richting van de plooien (Visscher [4]).
Het afvoerbeeld van dit deel van het stroomgebied kenmerkt zich in natte tijden door plotseling optredende hoogwatergolven, waarvan de topafvoer in enkele uren wordt bereikt. Anderzijds kan in droge tijden de afvoer tot lage waarden afnemen, omdat de bergingscapaciteit in de bodem hier, afgezien van in de kalkstreken, in het algemeen gering is.
Beneden Namen komt de Maas in het één geheel vormende Maas-Sambredal. De Sambre is een geheel gekanaliseerde rivier, die evenals de Maas zelf door stuwen in een groot aantal panden is verdeeld. In droge tijden kan men de afvoeren daardoor tijdelijk praktisch tot nul reduceren teneinde de stuwpanden op peil te houden. Alleen in tijden van hoog water krijgt de Sambre haar natuurlijke afvoerregiem.

TABEL II

station	afstand tot oorsprong km	oppervlakte stroomgebied [1] km²	afvoeren in 1970 gem. m³/s	gem. mm	max. m³/s	min. m³/s
Domrémy	75	1.030	16	490	160	1
St. Michiel	170	2.540	40	495	360	3
Stenay	290	3.900	70	565	530	11
Chooz	470	10.120	185	580	910	34
Ampsin-Neuville	570	16.400	250	480	1.580	40
Borgharen	630	21.260	283 [2]	—	2.165	9 [2]
Lith	815	28.950	385 [2]	—	1.975	45 [2]
zijrivieren						
station	zijrivier					
Carignan	Chiers	1.970	36	580	204	10
Haulme	Semois	1.340	33	780	262	4
Gendron	Lesse	1.310	20	485	167	3
Namen	Sambre	2.800	36	405	380	2 [3]
Angleur	Ourthe	3.600	75	660	750	13
Stah	Roer	2.100	20	300	102 [4]	13
Goch	Niers	1.220	8 [5]	—	27 [5]	4 [5]

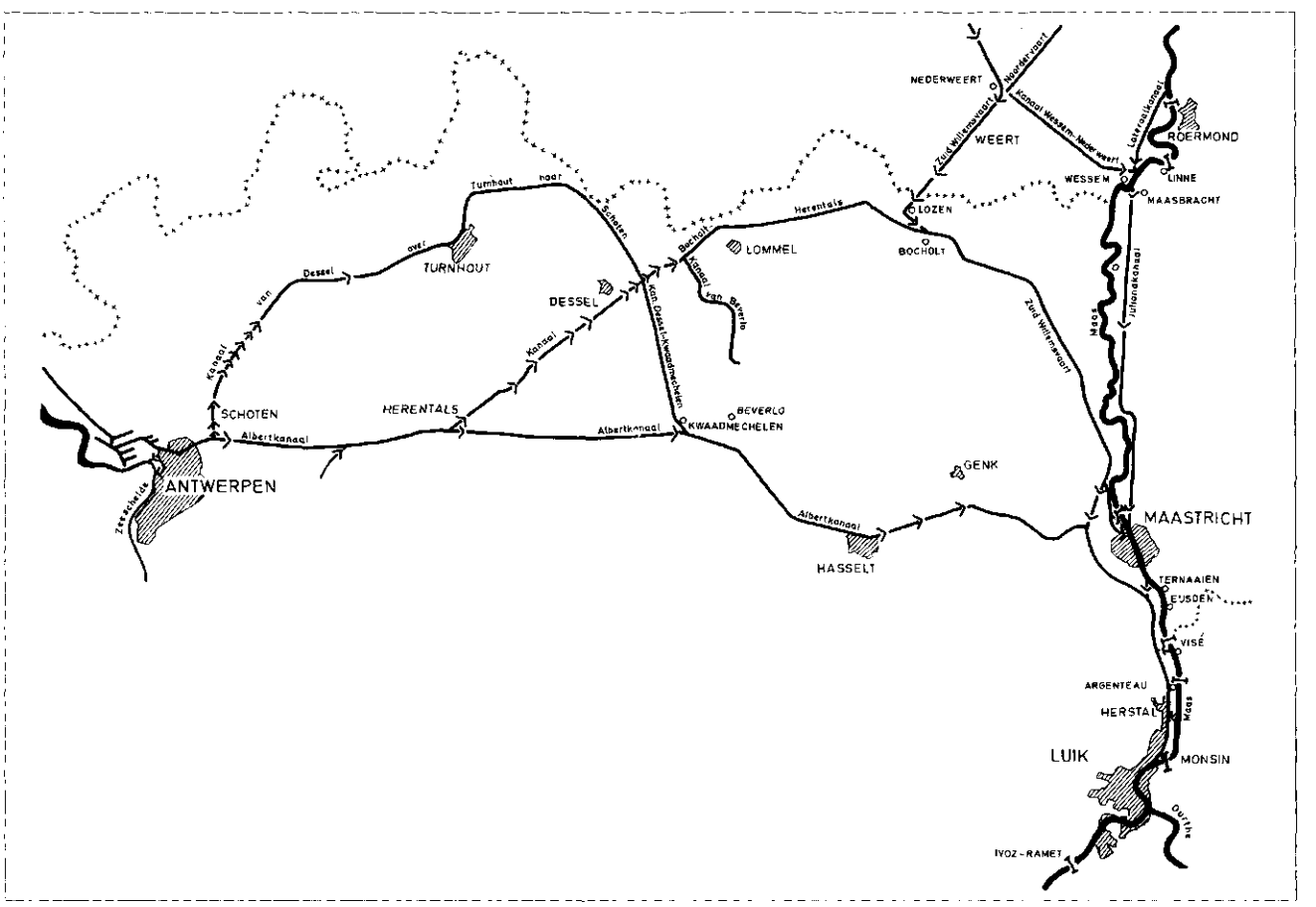
[1] Oppervlakte aan het afvoermeetstation.
[2] Verlaagd door aftappingen voor voeding kanalen.
[3] Verlaagd door peilhandhaving op stuwpanden.
[4] Verlaagd door berging in stuwbekkens (Schwammenauel e.a.).
[5] Afvoer Geldern-Nierskanaal niet inbegrepen.

Het Maas-Sambredal is tot een laag niveau uitgesleten. Als gevolg daarvan heeft de Sambre in haar bovenloop enige zijrivieren van de Schelde onthoofd en daarmee bij het stroomgebied van de Maas gevoegd. Doordat de hoogwatergolven op de Maas vaak sneller tot ontwikkeling komen dan die op de Sambre, komt het wel voor dat bij plotselinge was water van de Maas de Sambre instroomt, hetgeen daar tot inundaties aanleiding kan geven (Vereerstraeten [5]).
De Maas stroomt in oost-noord-oostelijke richting naar Luik, waar zij door de hoog liggende gebieden ten oosten van die stad in noordelijke richting wordt gedwongen. In de omgeving van Luik hebben veel verzakkingen plaatsgevonden tengevolge van de mijnbouw. Daardoor is de kans op overstromingen toegenomen. Plaatselijk is de rivier daar bedijkt. De achterliggende gebieden zijn van bemalingssystemen voorzien.
In dit deel van de Maas zijn een aantal oude stuwen vervangen door drie moderne, te weten die te Ampsin-Neuville, Ivoz Ramet en Monsin. Deze stuwen zijn voorzien van elektrische centrales. Bij afvoeren van de Maas, kleiner dan 300 m^3/s wordt de gehele afvoer van de rivier door de turbines geleid. De stuwen zelf zijn dan geheel gesloten.

Bij Luik wordt de afvoer van de Maas versterkt met die van de Ourthe. Deze is met haar stroomgebied van 3.600 km^2 de belangrijkste zijrivier van de Maas. Tot haar stroomgebied behoren ook de afwateringsgebieden van haar zijrivieren, de Amblève en de Vesdre. De invloed van deze rivieren op het afvoerbeeld is relatief groot. De neerslag in dit deel van het stroomgebied is de hoogste van het gehele Maasbekken. Ze bedraagt in het op 600 m boven de zeespiegel gelegen gebied van de Hautes Fagnes gemiddeld 1.400 mm/jaar, tegen 1.000 mm/jaar in het gehele boven Luik gelegen Maasbekken. Dit hooggelegen gebied vormt de eerste belangrijke barrière die de oceaanwinden op hun weg landinwaarts ondervinden. Bij het passeren hiervan verliezen ze veel van het meegevoerde water.

In dit gebied zijn voor de vorming van watervoorraden enige stuwmeren aangelegd waarvan vooral die in de Vesdre bij Eupen (25 miljoen m^3) en in haar zijrivier de Gileppe (27 miljoen m^3) vermeld moeten worden.
Het stroomgebied van de Ourthe bestaat voor het grootste deel uit slecht doorlatende gronden. Vandaar de plotselinge wassen die hier optreden en die het beeld van de afvoer op de Maas in sterke mate bepalen. De sterke was in december 1966 (afb. 2) was vooral een gevolg van relatief grote hoeveelheden neerslag in het gebied van de Vesdre.
Over het traject tussen Luik en Maastricht vinden enige kunstmatige ingrepen in het regiem van de Maas plaats. Voor de voeding van Belgische en Nederlandse kanalen wordt hier water aan de Maas onttrokken wat vooral in droge tijden van groot belang is. Voor de algemene situatie van deze kanalen zij verwezen naar afb. 8.
Bij Luik vindt men de afsplitsing van het Albertkanaal. Via de sluizen bij Genk wordt het water in westelijke richting afgevoerd. Dit komt tenslotte in de Schelde bij Antwerpen terecht.
Op Nederlands gebied wordt bij Maastricht water onttrokken ten behoeve van de Zuid-Willemsvaart en het

Afb. 8 - Kempische kanalen.



Julianakanaal. De Zuid-Willemsvaart overschrijdt bij Maastricht de Nederlands-Belgische grens, maar komt bij Lozen op Nederlands gebied terug, nadat bij Bocholt een deel van haar water wordt afgevoerd naar de Kempische kanalen. Het naar Nederland teruggevoerde water komt tenslotte nabij 's-Hertogenbosch in de Maas terug. De wateronttrekking ten behoeve van het Julianakanaal is slechts van korte duur. Bij Maasbracht mondt dit kanaal in de Maas uit.
Door de onttrekking ten behoeve van de drie genoemde kanalen is de afvoer die over de stuw bij Borgharen komt niet langer de natuurlijke afvoer. In droge tijden kan deze zelfs nul worden, zodat het dan mogelijk is, te voet de Maas te kruisen.
Van Borgharen tot Maasbracht is de Maas grensrivier. Omdat hier geen stuwen zijn, verkeert de rivier nog in zijn oorspronkelijke waterloopkundige toestand. Over dit traject monden uit de Zuid-Limburgse beken de Geul en de Geleen. In droge tijden zorgen zij tezamen met de grondwaterafvoer voor enig herstel van de afvoer van de Maas beneden Borgharen.

5. De Maas beneden Maasbracht

Beneden Maasbracht verandert de Maas van karakter. In het gebied tussen Maasbracht en Roermond bevindt zich de voet van de puinkegel welke haar top in het Luikse heeft. Hier wordt het verhang aanzienlijk kleiner. Het gaat geleidelijk van $4{,}7.10^{-4}$ over in ongeveer 1.10^{-4}. In dit gebied vinden belangrijke grindexploitaties plaats waardoor in het winterbed de bekende grindgaten zijn ontstaan, welke een ingrijpende invloed op het landschap hebben. Een beschrijving hiervan is gegeven door Janssen [6]. Het streven bestaat deze gaten te hervullen, maar er zullen grote oppervlakten water blijven bestaan, welke onder meer zullen worden gebruikt voor recreatieve doeleinden. Door de ANWB is hieraan een beschouwing gewijd [7].
In hydrologisch opzicht hebben de grindgaten een topvervlakkende en een voorgangsvertragende werking op de middelhoge hoogwatergolven, dat wil zeggen op die met een topafvoer tussen 1000 en 1600 m^3/s (Van der Made [8, 9]).
Beneden Maasbracht begint de reeks stuwen welke in de twintiger jaren zijn gebouwd ten behoeve van de Maaskanalisatie. Deze stuwen bevinden zich achtereenvolgens te Linne, Roermond, Belfeld, Sambeek en Grave.
Op dit traject monden onder meer uit de uit Duitsland komende zijrivieren de Roer en de Niers. Vooral de Roer, die in de regenrijke Eifel ontspringt, levert een belangrijke bijdrage tot de afvoer van de Maas. Haar oorsprong ligt in de nabijheid van die van de Vesdre, aan de oostzijde van de Hautes Fagnes. In het bovenstroomse gebied liggen enige grote stuwmeren, waarvan vooral dat van Schwammenauel (inhoud 200 miljoen m^3) en dat boven de Urfttalsperre (inhoud 45 miljoen m^3) genoemd moeten worden. Het zijn „multi-purpose reservoirs". Ze dienen zowel voor watervoorziening in droge tijden als voor afvlakking van hoogwatergolven. In haar benedenloop kan de Roer echter nog een flinke wateroverlast veroorzaken.
Bij Gennep komt de Niers in de Maas. Een deel van de afvoer wordt echter reeds 6 km stroomopwaarts bij Arcen via het Geldern-Nierskanaal op de Maas gebracht. De Niers stroomt door het industriegebied van München-Gladbach, hetgeen de kwaliteit van het water niet ten goede komt.
Bij Boxmeer komt de Maas in de laagte van midden-Nederland. Vanaf dit punt is de rivier bedijkt. De rivier gaat nu geleidelijk in westelijke richting stromen.
Benedenstrooms van dit punt zijn in de dertiger jaren de verbeteringswerken van de Maas uitgevoerd welke ten doel hadden de rivier van het hoogwaterprobleem te verlossen. Deze bestaan uit een vergroting van de afvoercapaciteit door bochtafsnijdingen en verruiming van het rivierbed. Hierdoor kon de Beerse overlaat worden gedicht, waarover de rivier zich vroeger in tijden van hoogwater ontlastte. Dit water stroomde over land westwaarts, kruiste de Dieze en kwam beneden Waalwijk weer op de Maas terug.
Om ook bij normale en lage afvoeren voldoende vaardiepte te verzekeren is de stuw bij Lith gebouwd. Beneden Lith kwam de Maas vóór 1970 in het getijgebied. Tengevolge van de afsluiting van het Haringvliet is de getijbeweging nu echter grotendeels verdwenen.
Bij 's-Hertogenbosch mondt de Dieze in de Maas uit. Deze voert het water aan van de zijriviertjes de Dommel en de Aa, waarbij ook het water uit de Zuid-Willemsvaart is gevoegd. De Dommel is voorzien van een nooduitlaat, het afwateringskanaal 's-Hertogenbosch-Drongelen. Bij hoge afvoeren wordt hierlangs een deel van het Dommelwater rechtstreeks nabij een punt, 20 km beneden de monding van de Dieze, op de Maas gebracht, die daar inmiddels Bergse Maas heet.
De Bergse Maas werd in het begin van deze eeuw, in het kader van de scheiding van Maas en Waal gegraven als nieuwe bedding van de rivier. Voordien stroomde het water door de Andelse Maas naar Gorinchem, waar het zich met dat van de Waal verenigde. Deze tak werd in 1904 afgesloten door een dam.
De Bergse Maas zet zich westwaarts voort in de Amer, welke aan de zuidzijde de Biesbosch passeert. Hier zal het Maaswater haar laatste dienst bewijzen als vulling van de daar geprojecteerde drinkwaterspaarbekkens.
Het laatste deel van haar weg naar zee legt het Maaswater, tezamen met het Rijnwater uit de nieuwe Merwede, af door het sedert november 1970 afgesloten Haringvlietbekken.
Tenslotte komt het water door de spuisluizen in zee terecht. Daarmee heeft het water de landfase van de hydrologische kringloop doorlopen. Dat het hierbij vele doelen heeft gediend zal duidelijk zijn. Een der belangrijkste is de drinkwatervoorziening. De Maas zal hierin bij een verstandig beleid zeker haar aandeel kunnen leveren.

Literatuur

1. Bendegom, L. van *Hydrografie van het Rijnbekken.* Dertiende vakantiecursus drinkwatervoorziening, 1961.
2. Escher, B. G. *Grondslagen der algemene geologie,* 1951.
3. Rossum, H. van *De Maas van oorsprong tot uitmonding.* Land en Water, 1962, no. 4.
4. Visscher, H. A. *De landschappen van het Beneluxgebied.*
5. Vereerstraeten, J. *Le bassin de la Meuse,* Etude de géographie hydrologique. Dissertation à l'Université Libre de Bruxelles 1969.
6. Janssen, B. C. E. *Ontgrindingen en ontzandingen in de provincie Limburg.* I. De grondwinning in Limburg. De Ingenieur 1965, Bouw- en Waterbouwkunde 20.
7. ANWB. Regionale recreatiebrochure nr. 1, 1971. Grindgaten in Limburg.
8. Made, J. W. van der *Flood prevention by enlargement of flood wave subsidence.* International Association of Scientific Hydrology, Publication no. 71, Symposium of Garda 1966.
9. Made, J. W. van der *Eine dimensionlose Form für Laufzeiten von Hochwasserwellen.* IV. Konferenz der Donauländer für hydrologische Vorhersagen, Bratislava 1967.

IR. TH. G. MARTIJN
Adjunct-directeur KIWA NV

Vergelijking aanbod en behoefte Maaswater

1. Inleiding

In deze voordracht zal een vergelijking worden gemaakt tussen enerzijds het aanbod van Maaswater in Nederland en anderzijds de behoefte aan Maaswater.
Reeds ir. Boom heeft in zijn inleiding gesteld:
„De Maas heeft als regenrivier bij lage afvoeren onvoldoende water om in de huidige waterbehoeften te voorzien terwijl de kwaliteit dan te wensen overlaat; derhalve moet met het water worden gewoekerd en de kwaliteit zorgvuldig worden bewaakt".
Ir. Van der Made heeft dit nog nader uitgewerkt en geconstateerd dat de afvoer van de Maas te Borgharen tot 0 m^3/sec. kan dalen.
Hieruit volgt al wel de rechtvaardiging van deze voordracht. De beschouwingen zullen niet worden beperkt tot de huidige behoefte aan Maaswater maar vooral het oog op de toekomst richten, waarin een sterke toeneming in het gebruik van Maaswater wordt voorzien.
Deze voordracht zal zich wel beperken tot een kwantitatieve analyse. De heren Dirickx en Koolen zullen immers de kwalitatieve aspecten van de Maas nader belichten.
Getracht zal worden aan te geven hoe een systematiek kan worden ontwikkeld om een zeker aanbod X aan Maaswater per tijdseenheid te vergelijken met een behoefte Y aan Maaswater over dezelfde tijdseenheid. Daarbij kan worden gesteld dat zowel het aanbod X als de behoefte Y uit een aantal componenten bestaan.
Het aanbod X zal variëren in de tijd en bestaan uit de natuurlijke toevoer plus de aanvoer afkomstig uit eerder opgezameld water in stuwmeren, of minus de hoeveelheid water die op dat ogenblik wordt achtergehouden in reservoirs.

Bovendien vinden er langs de Maas veel aftappingen plaats, bijvoorbeeld ten behoeve van de voeding van het Albertkanaal, de Zuid-Willemsvaart en het Julianakanaal.
Kortom, afhankelijk van de plaats waar men zich langs de Maas bevindt, zal de afvoer bestaan uit de natuurlijke afvoer vermeerderd of verminderd met de resultante van alle manipulaties in het bovenstrooms van dat punt gelegen gebied.

De volgende componenten bepalen de behoefte Y aan Maaswater:

— de behoefte aan Maaswater in België;
— de behoefte aan Maaswater voor de watervoorziening van bevolking en industrie;
— de behoefte aan Maaswater voor de scheepvaart;
— de behoefte aan Maaswater voor verversingsdoeleinden;
— de behoefte aan Maaswater voor de landbouw;
— de behoefte aan Maaswater voor koeldoeleinden.

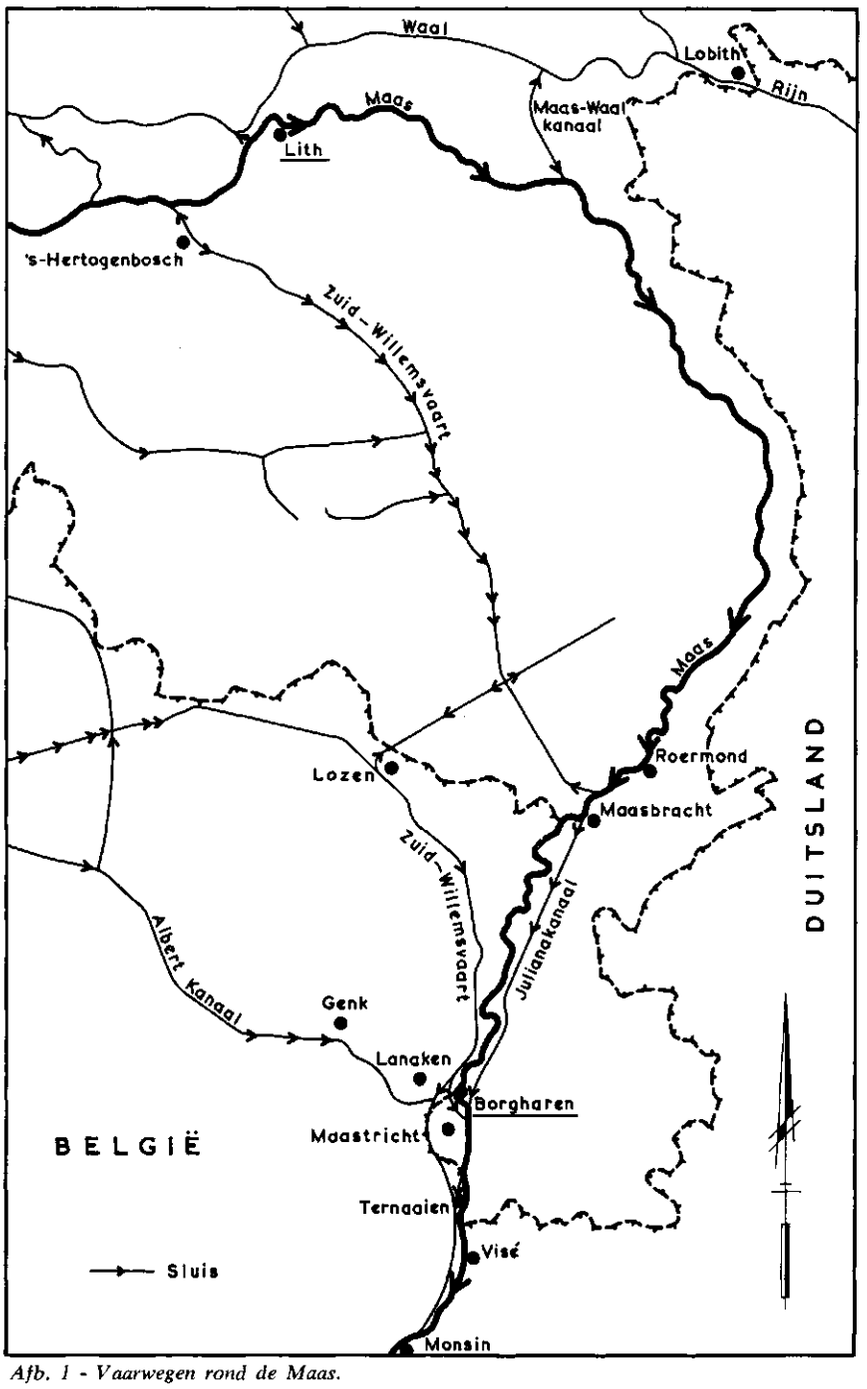
Hierbij geldt dat deze waterbehoeften niet steeds dezelfde zijn maar voor een belangrijk deel seizoensafhankelijk.
Wij worden dus geconfronteerd met een steeds wisselend aanbod van Maaswater en een steeds wisselende behoefte aan Maaswater. De opgave is om hier enige systematiek in aan te brengen.

2. Aanbod van Maaswater

Het doel van een systematische benadering van het aanbod van Maaswater is te komen tot afvoerkarakteristieken van de Maas, die kenmerkend zijn voor het afvoerregime van de Maas onder bepaalde klimatologische omstandigheden.
Deze karakteristieken moeten eenvoudig zijn teneinde op een snelle wijze een eerste indruk te kunnen krijgen van de omvang der vraagstukken waarvoor met name de toekomstige gebruikers van Maaswater in kwantitatief opzicht worden gesteld.
Wij hebben dan het liefst afvoerkarakteristieken die een beeld geven van het natuurlijk afvoerpatroon, dat wil zeggen zonder de aftappingen en aanvullingen die reeds plaats vinden. Immers dan is het mogelijk alle huidige en toekomstige ontwikkelingen op hun juiste waarde te beoordelen. De Maas is daarom behandeld als natuurlijke, onverdeelde rivier.

Voor de opstelling van de afvoerkarakteristieken kan worden beschikt over de dagelijkse afvoeren van de Maas over de jaren 1911 t/m 1970, derhalve een 60-jarige periode met ca. 22.000 waarnemingen. Aangenomen mag worden dat deze reeks van waarnemingen representatief is om in het huidige klimaat de Maas volledig te karakteriseren, waardoor de methoden van de statistiek op die reeks kunnen worden toegepast.
Hoe het mogelijk is langs statistische weg de afvoeren zodanig te bewerken dat men voor een bepaald tijdvak een indruk kan krijgen met welke frequentie de afvoeren in dit tijdvak zullen optreden, is eerder beschreven in de nota „De toekomstige drinkwatervoorziening van Nederland" (Staatsuitgeverij 1967). In die nota is aangegeven hoe het afvoerpatroon van de Maas voor het normale, het droge en het zeer droge jaar kunnen worden geconstrueerd.
Deze constructie heeft geleid tot gefixeerde afvoerpatronen voor de Maas behorende bij een totale jaarafvoer die gemiddeld 1 x per 2 jaar (normaal jaar genoemd), 1 x per 10 jaar (droog jaar genoemd) en 1 x per 50 jaar (zeer droog jaar genoemd) optreden.
Als waarnemingspunten zijn genomen Monsin en Lith. Monsin gelegen in België, even stroomopwaarts van het Albertkanaal, dus juist voor het punt waar belangrijke aftappingen van Maaswater plaatsvinden. Lith is gelegen bij de meest benedenstroomse stuw in de Maas.
Afb. 1 geeft de ligging aan van beide waarnemingspunten, gelegen binnen het systeem van vaarwegen rond de Maas.

Vervolgens geeft afb. 2 een beeld van de opgestelde afvoerkarakteristieken van de Maas te Monsin in een normaal (50 %), een droog (10 %) en een zeer droog jaar (2 %). Afb. 3 geeft deze afvoerkarakteristieken voor de Maas te Lith weer.
In het algemeen worden de maximale afvoeren bereikt omstreeks januari-februari terwijl de minimum afvoeren zich in augustus-september manifesteren. Hierbij kan de afvoer in Monsin dalen tot enige tientallen m^3/sec. en zelfs minder. Bij Lith is duidelijk de invloed van de bijdrage van het op de Nederlandse Maas afwaterende stroomgebied merkbaar.
Met deze afvoerkarakteristieken van Monsin en Lith beschikken wij nu over een instrument om het patroon van de Maasafvoer op eenvoudige wijze weer te geven voor jaren met een bepaalde kans van voorkomen.



Afb. 1 - Vaarwegen rond de Maas.

Daarnaast beschikken wij nog steeds over de genoemde 22.000 waarnemingen over de jaren 1911 t/m 1970.

Met nadruk wordt nog eens gesteld dat het hier gaat om afvoerkarakteristieken die de natuurlijke, onverdeelde Maas karakteriseren. Alle in het verleden opgetreden aftappingen en suppleties zijn teruggerekend tot de natuurlijke afvoeren, dwz alsof geen aftappingen en/of suppleties plaats vonden.

Hiermede is het aanbod van Maaswater toegankelijk gemaakt.

3. **Behoefte aan Maaswater**

Reeds door de vorige inleiders is de betekenis van de Maas voor de watervoorziening in België aangestipt. Het is dan ook op zijn plaats om eerst in het kort in te gaan op de verwachtingen omtrent de toekomstige behoefte aan Maaswater in België. Hierbij is dan vooral van betekenis die onttrekking van Maaswater in België die tenslotte na gebruik buiten het stroomgebied van de Maas wordt geloosd en dus niet meer ten goede komt aan de waterhuishouding in Nederland.

Een goed aanknopingspunt biedt ons hiertoe het uit 1968 daterende rapport van het Koninklijk Commissariaat voor het waterbeleid in België, getiteld: Het Waterbeleid in België. Uit dit rapport kan worden afgeleid dat de onttrekking van Maaswater in België voor het jaar 1980 mag worden gesteld op 35 m^3/sec. Dit water is voor het grootste gedeelte bestemd voor de watervoorziening van de Brusselse agglomeratie, de voeding van het Albertkanaal en de voeding van de Zuid-Willemsvaart en daarbij aansluitende kanalen in de Kempen. Deze hoeveelheid water is in het normale jaar bij Monsin steeds beschikbaar, echter in het droge jaar en het zeer droge jaar is het natuurlijk debiet over lange tijd ontoereikend. De illustratie hiervan geeft afb. 2.

Teneinde in België toch constant 35 m^3/sec. aan de Maas te kunnen onttrekken, worden daar plannen voorbereid om in het droge jaar door de aanleg van stuwmeren in Hoog-België een minimum afvoer van 50 m^3/sec. bij Monsin te garanderen.

In België werd berekend dat hiertoe reservoirs met een gezamenlijke inhoud van ca. 200 miljoen m^3 zullen moeten worden aangelegd. De heer Snel zal hier nader aandacht aan besteden.

De behoefte aan Maaswater in Nederland kan worden onderverdeeld in de volgende sectoren:

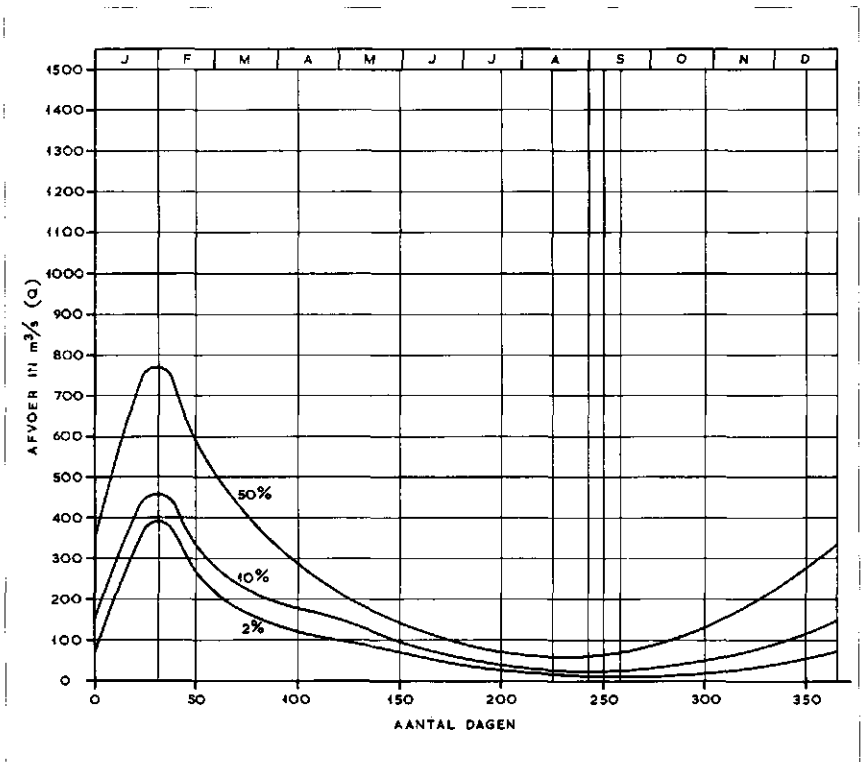
a. waterbehoefte van bevolking en industrie;
b. waterbehoefte van de landbouw;
c. waterbehoefte voor verversing van van de Maas;
d. waterbehoefte van de scheepvaart;
e. waterbehoefte voor koeldoeleinden.

De heert Boom memoreerde reeds het bestaan van de ministeriële „Contactgroep waterhuishouding Noord-Brabant en Limburg". Mede op basis van nog niet door deze Contactgroep gepubliceerde gegevens, zullen de verschillende sectoren kort worden behandeld.

ad a. *Waterbehoefte van bevolking en industrie*

Studies, verricht in het kade van de opstelling van de basisplannen voor de toekomstige drinkwatervoorziening, hebben aangetoond dat de behoefte aan Maaswater voor bevolking en industrie in 1980 13 m^3/sec. en in het jaar 2000 29,5 m^3/sec. zal kunnen zijn. Dit geldt in geval van continue onttrekking aan de Maas.

De volgende tabel vat deze onttrek-



Afb. 2 - Chronologische afvoerfrequentiekrommen van de Maas bij Monsin in een 50 %, een 10 % en een 2 % jaar.

kingen samen (hoeveelheden in m³/sec.).

Gebied	1980	2000
West-Noord-Brabant (Biesbosch)	1	4
Zeeland (Biesbosch)	2	3
Rotterdam e.o. (Biesbosch)	5	9
Duininfiltratie Zuid-Holland (Andelse Maas)	3	4,5
Oost-Noord-Brabant	—	5
Limburg	2	4
Totaal	13	29,5

ad b. *Waterbehoefte van de landbouw*

Het gebied dat vanuit de Maas in Nederland kan worden voorzien omvat de provincie Limburg westelijk van de Maas, de provincie Noord-Brabants oostelijk van Eindhoven en noordelijk van het Wilhelminakanaal, het noordwesten van Brabant en een klein gedeelte van de provincie Gelderland.

Berekeningen hebben aangetoond dat de maximale waterbehoefte van de landbouw in dit gebied ca. 80 m³/sec. bedraagt in de maand juni. Deze, aan de Maas te onttrekken hoeveelheid, ligt aanmerkelijk lager in de maanden april, mei, juli en augustus. Bij de berekening werden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

— alleen die gronden worden voorzien waar het water via de bestaande afwateringsstelsels kan worden aangevoerd, voornamelijk kleigronden en beekdalen;

— de hogere zandgronden worden niet voorzien met oppervlaktewater, zij blijven aangewezen op voorziening uit grondwater;

— de aanvoer is gebaseerd op de droogste decade van een 10 procent droog jaar.

Naast de genoemde 80 m³/sec. uit de Maas bestaat er dan in Limburg voor land- en tuinbouwkundige doeleinden nog een behoefte aan grondwater van 14 m³/sec. In Brabant is deze hoeveelheid op 16 m³/sec. becijferd.

ad c. *Waterbehoefte voor verversing van de Maas*

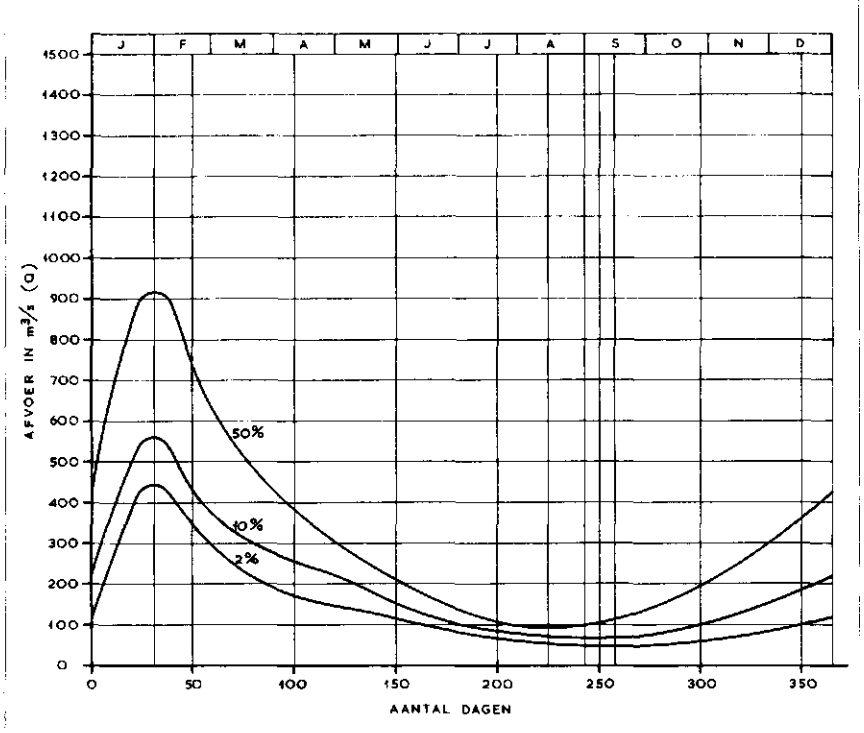
Het doel van de verversing is uiteraard het tegengaan van onaanvaardbare vervuiling.

Een mogelijk criterium voor het bepalen van de minimaal vereiste hoeveelheden doorspoelwater zou kunnen zijn dat er geen slib mag bezinken. Hieruit zou kunnen volgen dat een gemiddelde stroomsnelheid van ca. 0,2 m/sec. vereist is.

Over deze zaak is echter weinig bekend.

Voor de Maas is dan een afvoer nodig van ca. 70 m³/sec. op het traject Roosteren-Bergsche Maas. Een uitzondering kan worden gemaakt voor de Maas stroomafwaarts van Borgharen tot aan Roosteren. De stroomsnelheden zijn hier in perioden van lage afvoer beduidend groter dan op

Afb. 3 - Chronologische afvoerfrequentiekrommen van de Maas bij Lith in een 50 %, een 10 % en een 2 % jaar.



het resterende deel van de rivier; het lijkt niet nodig nadere voorwaarden te stellen. Ten aanzien van het Julianakanaal zou hetzelfde criterium aangelegd kunnen worden. Voor dit kanaal is dan ca. 35 m^3/sec. nodig. Voor de Amer is door de Deltadienst steeds een doorstroomdebiet van 25 m^3/sec. aangehouden.
De scheepvaart zal het bezinken van slib tegenhouden. Over dit effect is weinig bekend. Vanzelfsprekend zal een ver doorgevoerde afvalwaterzuivering de nodige doorspoelhoeveelheid verkleinen.
Totdat meer inzicht is verkregen in deze materie wordt voorlopig een Maasdebiet van 25 m^3/sec. aangehouden.

ad d. *Waterbehoefte van de scheepvaart*

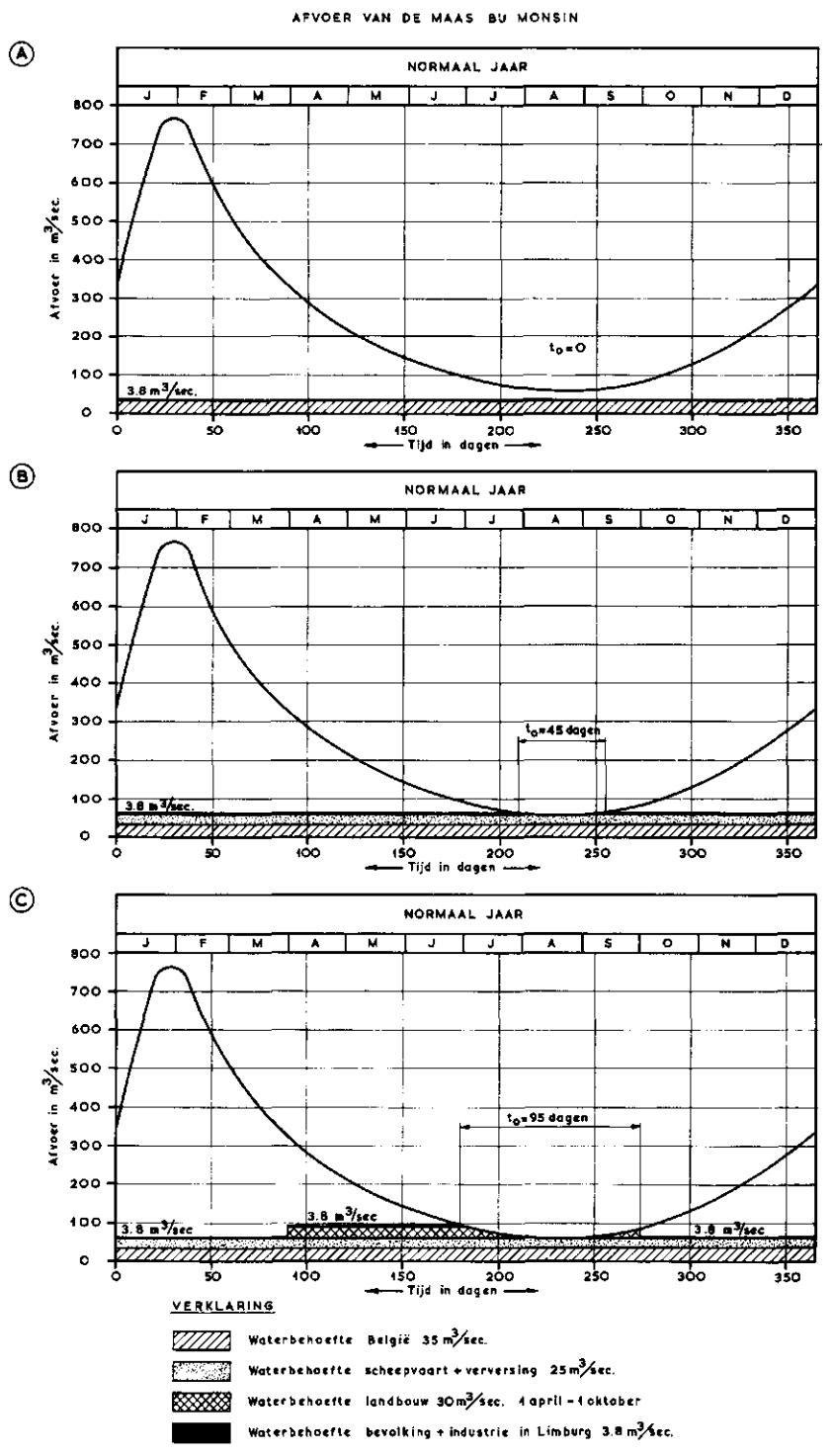
De Maasroute wordt gevormd door de gekanaliseerde Maas tussen Maastricht en Lith, waartoe tevens behoren het Julianakanaal, het lateraal kanaal bij Roermond, het Maas-Waalkanaal en de verbinding tussen Maas en Waal bij St. Andries.
Voor onbeperkt scheepvaartverkeer is het nodige schutwater bepaald op 25 m^3/sec. in 1980 en 32 m^3/sec. in het jaar 2000.
Uiteraard dient het water nodig voor de scheepvaart tevens de verversingsdoeleinden.

ad e. *Waterbehoefte voor koeldoeleinden.*

Indien de beschouwing hier wordt beperkt tot de koelwaterbehoefte van elektriciteitscentrales, dan leiden de huidige inzichten tot de volgende prognoses voor het gebruik van Maaswater als koelwater voor centrales in het jaar 2000.

Centrale Buggenum	26 m^3/sec.
Amer centrale tot	160 m^3/sec.
Maasbracht, nieuw, wellicht meer dan	70 m^3/sec.

Volledigheidshalve zij nog het plan voor een Maas-Waal centrale vermeld.
Het vraagstuk van de koeling met oppervlaktewater is dermate complex dat het in dit kort bestek niet verder kan worden behandeld. Wij zouden hier een aparte cursus aan kunnen wijden.
Overigens geldt hier dat het grootste deel van het koelwater niet tot het werkelijke verbruik behoeft te worden gerekend.
Afgezien van de waterbehoefte voor



Afb. 4 - Constructie van de overbruggingsperiode t_0 in het Normale jaar voor de behoeftepatronen A, B en C.

koeldoeleinden leidt het voorgaande tot een maximale waterbehoefte van ca. 140 m³/sec. in Nederland in het jaar 2000, als volgt onderverdeeld.

a.	bevolking en industrie	ca. 30 m³/sec.
b	landbouw	ca. 80 m³/sec.
c. d.	verversing en scheepvaart	ca. 30 m³/sec.
Totaal		ca. 140 m³/sec.

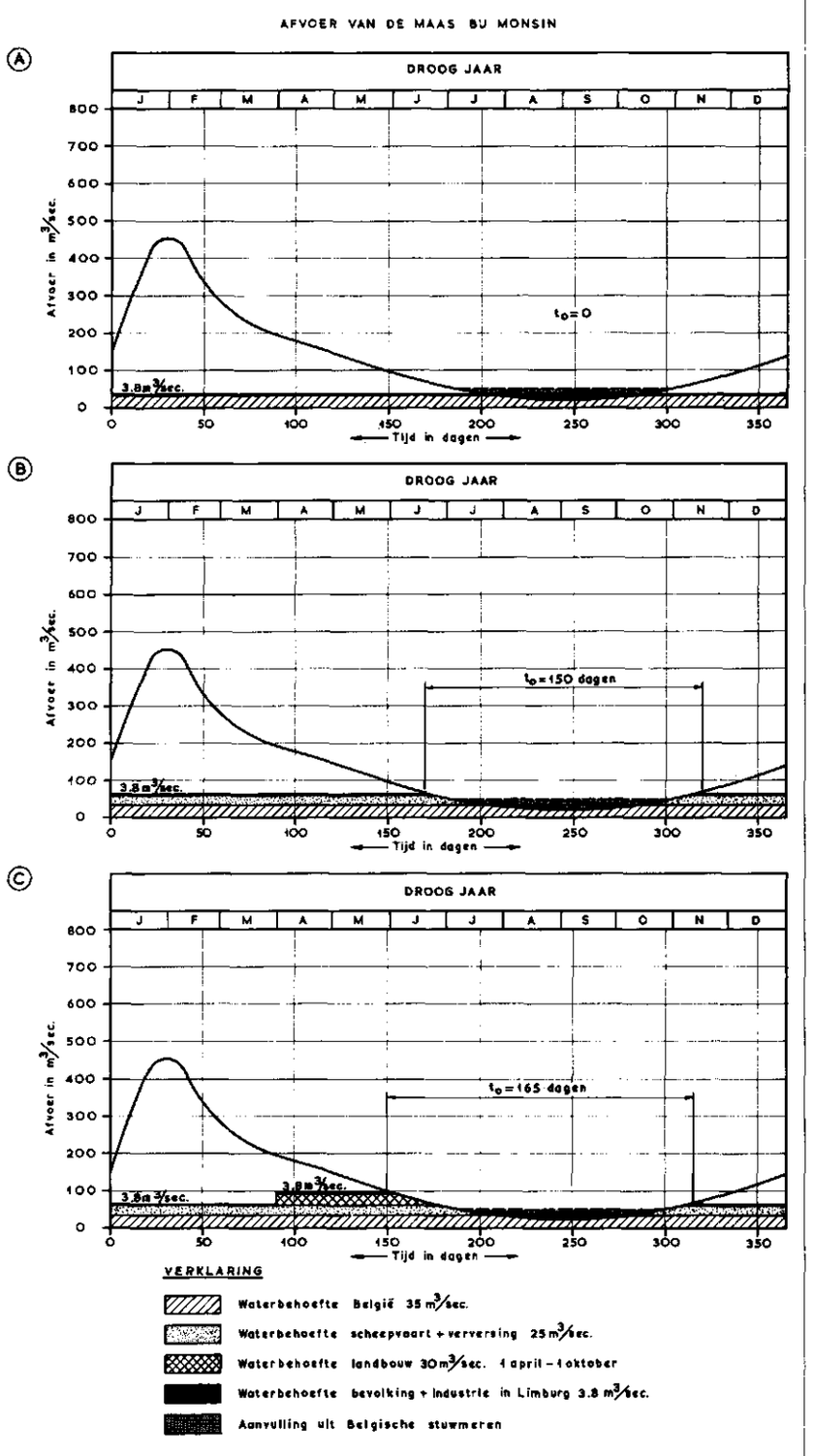
Zo kan het tweede deel van de beschouwing worden afgesloten en worden overgegaan tot de vergelijking van het aanbod en de behoefte van Maaswater.

4. Vergelijking aanbod en behoefte Maaswater

Nu wordt overgegaan tot een vergelijking van aanbod en behoefte Maaswater dient eerst te worden vermeld dat dit zal worden gedaan vanuit het gezichtspunt der openbare drinkwatervoorziening. Reeds constateerden wij dat de totale behoefte aan Maaswater voor de verschillende doeleinden, met namen in droge perioden, vele malen het aanbod van Maaswater overtreft. Een waterleidingbedrijf dat gebruik maakt van Maaswater zal om kwalitatieve redenen altijd overgaan tot voorraadvorming. Een van de belangrijkste redenen hiertoe vormt het altijd aanwezige gevaar van plotseling optredende accidentele verontreiniging van het oppervlaktewater. Daarnaast echter zal de omvang van de voorraad beperkt moeten blijven om financieel-economische en planologische redenen.
Laten we nu eens aan de hand van een voorbeeld aangeven op welke wijze de grootte van de voorraadvorming wordt beïnvloed door verschillende prioriteitenstelling.
Hiervoor is uitgekozen de vraagstelling hoe groot de toekomstige spaarbekkens in Limburg zullen moeten zijn.

Teneinde het voorbeeld eenvoudig te houden is van de volgende veronderstellingen uitgegaan:

a. de afvoerkarakteristieken van de Maas te Monsin mogen worden gehanteerd voor de beschrijving van de Maasafvoer over het traject Monsin-Roermond;
b. de behoefte aan Maaswater in Limburg bedraagt continu 3,8 m³/sec., overeenkomende met een hoeveelheid van 120 miljoen m³ per jaar;
c. de waterbehoefte in België bedraagt niet meer dan 35 m³/sec.;



Afb. 5 - Constructie van de overbruggingsperiode t_0 in het Droge jaar voor de behoeftepatronen A, B en C.

een hoeveelheid die wordt afgevoerd buiten het stroomgebied van de Maas;

d. in België staan reservoirs ter beschikking met een totale inhoud van 200 miljoen m³, waarmede de afvoer te Monsin zo lang mogelijk op 50 m³/sec. wordt gehandhaafd;

e. de waterbehoefte van scheepvaart en verversing bedraagt 25 m³/sec.;

f. de waterbehoefte van de landbouw bedraagt 30 m³/sec. over de periode 1 april - 1 oktober.

De beschikbaarheid van Maaswater voor de watervoorziening van bevolking en industrie zal nu worden aangegeven voor drie gevallen.

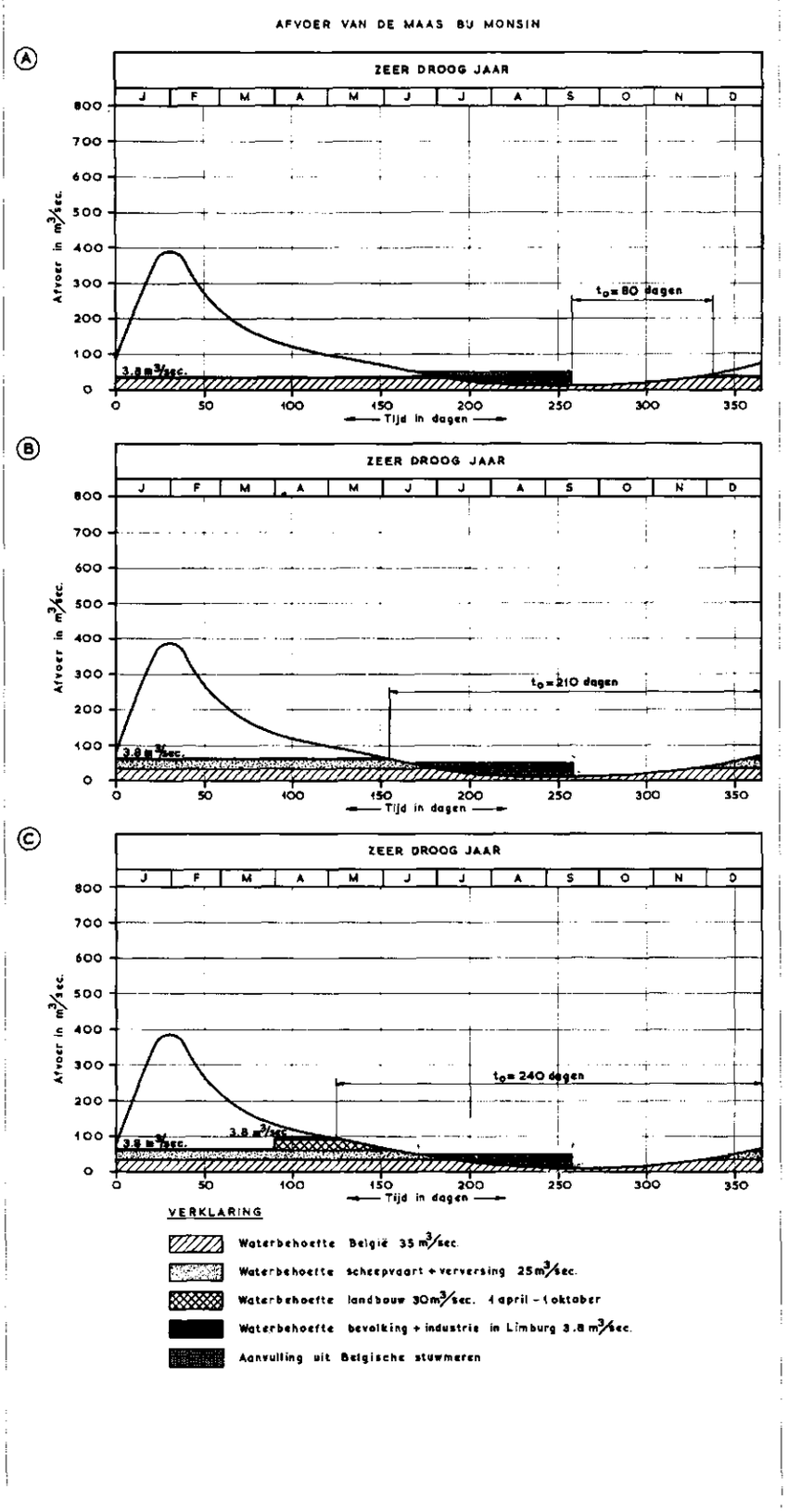
Geval A: Beschikbaarheid van Maaswater voor de watervoorziening van bevolking en industrie benedenstrooms van Monsin na aftrek van de waterbehoefte in België ter grootte van 35 m³/sec.

Geval B: Beschikbaarheid van Maaswater voor de watervoorziening van bevolking en industrie benedenstrooms van Monsin na aftrek van de waterbehoefte in België (35 m³/sec.) en de waterbehoefte voor de scheepvaart, doorspoeling en verversing ter grootte van 25 m³/sec.

Geval C: Beschikbaarheid van Maaswater voor de watervoorziening van bevolking en industrie benedenstrooms van Monsin na aftrek van de waterbehoefte in België (35 m³/sec.), de waterbehoefte van scheepvaart, doorspoeling en verversing (25 m³/sec.) en de waterbehoefte van de landbouw ter grootte van 30 m³/sec. over de periode 1 april tot 1 oktober.

Dit betekent dus dat na aftrek van de waterbehoefte in België, de onttrekking van Maaswater voor de voorziening in de waterbehoefte van bevolking en industrie respectievelijk eerste, tweede en derde prioriteit geniet.

Voor genoemde drie gevallen is de beschikbaarheid van Maaswater geanaliseerd voor het normale, het droge en het zeer droge jaar, in respectievelijk de afbeeldingen 4, 5 en 6. De op deze wijze grafisch verkregen resultaten zijn samengevat in de volgende tabel.



Afb. 6 - Constructie van de overbruggingsperiode t_0 in het Zeer droge jaar voor de behoeftepatronen A, B en C.

Jaartype	Geval	Overbruggingsperiode t_0 in dagen
Normaal	A	0
	B	45
	C	95
Droog	A	0
	B	150
	C	165
Zeer droog	A	80
	B	210
	C	240

Uitgangspunt voor Limburg zal zijn dat de plannen moeten berusten op een in kwantitatief opzicht naar behoren functionerende drinkwatervoorziening, zelfs in het zeer droge jaar. Indien de drinkwatervoorziening binnen het behoeftepatroon eerste prioriteit geniet, dan zal een voorraadvorming van 80 dagen voldoende zijn. Bij een produktie van 120 miljoen m^3 per jaar is dan een totale reserveinhoud van 26 miljoen m^3 vereist.
Indien de aanlegkosten hiervan op *f* 2,50 per m^3 worden gesteld leidt dit tot een investering van 65 miljoen gulden. Worden de lasten op 10 % per jaar gesteld, dan betekent dit dat het reservoir de kostprijs van het water met 5 ct/m^3 zal belasten.

Indien echter de inname van Maaswater voor de drinkwatervoorziening derde prioriteit geniet, zal een voorraadvorming van 240 dagen nodig zijn en de kosten van dit reservoir belasten het water met ca. 15 ct/m^3. In de praktijk zullen deze kosten door bouwrente, aanvankelijke overcapaciteit etc. nog aanmerkelijk hoger liggen. Zij het globaal, toch geeft deze berekening de orde van grootte aan waarover wij spreken.
Hoe de financieel-economische aspecten liggen bij de landbouw en de scheepvaart kan ik niet beoordelen, zij zullen zeker van grote betekenis zijn bij de belangenafweging waarvoor de waterbeheerder komt te staan.
Het behandelde voorbeeld was eenvoudig en slechts bedoeld om een eerste inzicht te verkrijgen van de problemen waarvoor wij ons zien gesteld.
Naarmate wij meer stroomafwaarts komen, worden de vraagstukken ingewikkelder.

Tenslotte moet melding worden gemaakt van het bestaan van een simulatiemodel van de Maas voor de vergelijking van aanbod en behoefte Maaswater. Dit model werd opgesteld om meer wetenschappelijk verantwoorde conclusies mogelijk te maken.
Het model werd opgezet in nauwe samenwerking tussen Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening, Duinwaterleiding Den Haag en Drinkwaterleiding Rotterdam.
Uitgangspunt vormt de vervaardiging van een stroomdiagram waarin een beslissingssysteem is ingebouwd voor alle mogelijke klimatologische omstandigheden, dwz grootten van de afvoer.
Ieder gewenst afnamepatroon kan als uitgangspunt dienen.
Het stroomdiagram is vertaald in een computerprogramma.
De exercities vinden plaats met de historisch voorgekomen Maasafvoeren i.p.v. met de waarden van de afvoerkarakteristieken. Ook hier verschijnen de overbruggingsperioden als resultaat van prioriteitskeuze.

Getracht is in deze voordracht een indruk te verschaffen over de vraagstukken waar wij voor staan indien een rivier moet voorzien in een groot aantal behoeften, waarbij na een vergelijking van aanbod en behoefte, blijkt dat niet steeds aan die totale behoefte kan worden voldaan. Het laatste woord over deze materie is zeker nog niet gesproken. Ik hoop echter dat ik een bijdrage heb mogen leveren tot een verbetering van het inzicht in de vraagstukken waarvoor wij worden gesteld.



DR. M. J. SNEL
Hydroloog - Mijningenieur, Ministerie van Mijnwezen te Brussel

De waterbehoeften in België (I)

Het is logisch de waterbehoeften van België te schatten in het kader van een algemene studie van het Maasbekken. Het water van dat bekken levert immers meer dan ¾ van al het zoete water dat in dat land gebruikt wordt.

Deze proportie zou nog kunnen toenemen indien men er niet in slaagt de kwaliteit van het water van het Scheldebekken te verbeteren en indien de grondwaterlagen in Vlaanderen in de toekomst niet genoeg beschermd kunnen worden. De ontwikkeling van dit probleem kan weliswaar door bepaalde economische factoren beïnvloed worden: door het gebruik van ontzilt water, door de verbetering van de kwalteit van het water van onze waterlopen, door de regeneratie en de kunstmatige voeding van de grondwaterlagen, door al deze procedees — indien ze rendabel gemaakt worden — zal de omvang van de uitvoer van water van het Maasbekken naar het Scheldebekken beperkt kunnen worden.

Eerst zullen we de omvang van de waterbehoeften bestuderen, alvorens ze met de beschikbare bronnen te vergelijken. Maar aangezien de gezamenlijke gegevens waarover wij beschikken geen oog hebben voor de kwaliteit van het water, zou een inventarisatie van de behoeften en van de bronnen naar de bestemming van het water moeten worden opgemaakt en zouden de hoeveelheden water van dezelfde kwaliteit met elkaar vergeleken moeten worden.

Het eerste deel van deze studie handelt niet over de inrichting van het waterbekken van de Maas; deze zal nadien besproken worden.
In dit deel geven wij een tabel over de huidige toestand in België op het gebied van de watervoorziening en zullen wij trachten de toekomstige behoeften bij benadering te schatten.

Plaats van het leidingwater

België is uitgerust met openbare waterleidingnetten die niet uitsluitend voor de watervoorziening van de bevolking gebruikt worden. Hierdoor kan moeilijk uitgemaakt worden welk gedeelte van het geleverde water in het huishouden gebruikt wordt en welk gedeelte in nijverheid, handel enz.
Tabel I heeft betrekking op de toestand in elk van de Belgische provincies in het jaar 1967.

Herkomst van het leidingwater

Het leidingwater komt hoofdzakelijk uit drie bronnen:
— het water van waterlopen (gezuiverd);
— het grondwater (soms behandeld);
— het water van bekkens (behandeld).

Maar door het grote aantal distributiemaatschappijen die zorgen voor de watervoorziening van de gewesten, is het niet mogelijk een inventarisatie van de hoeveel-

TABEL I - *Verdeling van de watervoorziening in 1967 in miljoen m³.*

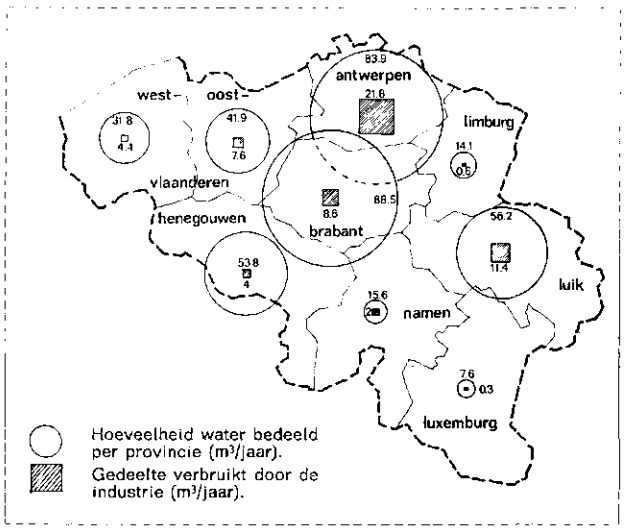
provincies	totaal	in het huishouden gebruikt	%	in de nijverheid gebruikt	%	% nijverheid t.o.v. het totaal
West-Vlaanderen	31,8	27,4	8,25	4,4	7,26	13,83
Oost-Vlaanderen	41,9	34,3	10,31	7,6	12,54	18,13
Antwerpen	83,9	62,1	11,68	21,8	35,97	25,98
Limburg	14,1	13,5	4,06	0,6	0,99	0,42
Brabant	88,5	79,9	24,02	8,6	14,19	9,71
Henegouwen	53,8	49,8	14,97	4,0	6,60	7,43
Namen	15,4	13,5	4,06	1,9	3,14	1,23
Luik	56,2	44,8	13,46	11,4	18,81	20,28
Luxemburg	7,6	7,3	2,19	0,3	0,50	0,39
totaal en gemiddelde	393,2	332,6	100	60,6*)	100	15,41

Bron: Statistiek van het NIS: Gebruik van water in de nijverheid.
*) Alleen de nijverheidstakken waarop de statistiek van het NIS betrekking heeft.

TABEL II - *Beschikbare waterhoeveelheden (leidingwater + opgevangen grondwater) per provincie (1967), in miljoen m³ per jaar.*

provincies	water-behoeften	opgevangen grondwater	overgebracht water	totaal buiten waterlopen	waterbekkens of stuwmeren	totaal beschikbaar	balans — +
West-Vlaanderen	39	9	+ 29	38	1	39	—
Oost-Vlaanderen	57	26	+ 31	57	—	57	—
Antwerpen	129	61	+ 5	66	1	67 [1]	— 62 [1]
Limburg	46	50	+ 1	51	—	51	+ 5
Brabant	118	66	+ 57	123	—	123	+ 5
Henegouwen	78	205	— 44	161	—	161	+ 83
Namen	22	65	— 41	24	—	24	+ 2
Luik	76	117	— 38	79	37	116	+ 40
Luxemburg	8	11	—	11	3	14	+ 6
totaal en gemiddelde	573 [2]	610	—	610	42	652	+ 79

1) Zonder rekening te houden met 72 miljoen m³ gezuiverd water uit het Albertkanaal.
2) Verdeling: 333 miljoen voor huishoudelijke behoeften en 240 miljoen voor handel en nijverheid.



Afb. 1 - Openbare watervoorziening in België (situatie 1967).

heden water van verschillende herkomst op te maken. Tabel II heeft alleen betrekking op de hoeveelheden water van de twee laatste categorieën en op het door middel van leidingen aangevoerde water. Uit deze gegevens, samengevat in afb. 1, blijkt dat het water van het Maasbekken van de provinciën Luik en Namen overgebracht wordt naar het centraal en het westelijk gedeelte van het land in het Scheldebekken, zelfs tot Oostende. Deze leidingen hebben een debiet van 80.000.000 m³ per jaar, dit is 2,7 m³ per sec. Het water komt ook uit de grondwaterlagen van het Scheldebekken: Krijtformatie van Bergen en Carboon van Doornik, die 1,5 m³ water per seconde aan Vlaanderen en aan de streek van Brussel leveren.

Op waterdistributie aangesloten bevolking en verbruik per hoofd

In tabel III is aangeduid welk percentage van de bevolking op waterdistributie is aangesloten en daarnaast het verbruik per hoofd en per dag.

Deze gemiddelden behoren tot de laagste van heel Europa. Om even te vergelijken: in Milaan, Parijs en Moskou komt men tot gemiddelde cijfers van 400 liter per dag per hoofd; maar in die steden worden ook andere dan strikt huishoudelijke behoeften meegerekend. Bij normaal waterverbruik worden deze laatste op 123 liter per dag en per hoofd geschat, voor alle moderne comfort. Men ziet dat het grootste gedeelte van het huishoudelijk waterverbruik aan de modernisering van de woning toe te schrijven is. Dit is de reden waarom de provincies Oost- en West-Vlaanderen en Limburg, die grotendeels nog landbouwgewesten zijn en nog geen volledig waterleidingennet bezitten, amper dat verbruik per dag te zien geven. Antwerpen, Luik, Brabant, Henegouwen, Namen en Luxemburg staan niet ver van het normaal verbruik per dag, of zullen dat cijfer overschrijden wanneer al hun dorpen en steden op een openbare waterleiding aangesloten zullen zijn.

Raming van de waterbehoeften van de bevolking

In 1967 bedroegen de gezamenlijke behoeften van de bevolking 333 miljoen m³, sedertdien is er een toename van 4 % per jaar, dat is meer dan 12 miljoen m³ per jaar. De behoeften van het jaar 1970 worden inderdaad op 380 miljoen m³ geschat. Deze toename is het gevolg van het stijgende waterverbruik per hoofd (modernisering van de woning), de uitbreiding van de waterleidingnetten en de stijging van de bevolking. Door de uitbreiding van het net zullen de behoeften van nu tot 1980 met 10 % toenemen, dat is 40 miljoen m³.

De stijging van de behoeften per hoofd kan niet afzonderlijk geraamd worden, samen met de groei van de bevolking kan ze evenwel op ± 3 % per jaar geschat worden. Ondanks het remmend effect van de onvermijdelijke prijsstijging van het water voor huishoudelijk gebruik, zullen de behoeften aan leidingwater in het jaar 2000 waarschijnlijk tot nagenoeg 1 miljard m³ oplopen, dat is meer dan het dubbele van de huidige behoeften.

Industriële waterbehoeften

Het ramen van de industriële waterbehoeften is een ingewikkelde aangelegenheid. Al het water dat in de nijverheid gebruikt wordt gaat niet helemaal verloren, maar dikwijls wordt het in een verontreinigde vorm opnieuw in de watereconomie opgenomen. Het onderscheid dat tussen de verbruikte, de gebruikte en de afgenomen hoeveelheden water gemaakt wordt, wordt niet zeer duidelijk bepaald door normen die op kwaliteit van het water steunen.

De nijverheid moet over een aanzienlijke hoeveelheid water beschikken, een hoeveelheid die op gebied van de economie vergeleken zou kunnen worden met een kapitaal aan water. Deze hoeveelheid gaat rond, maar vertegenwoordigt geenszins de potentiële waterrijkdom van het land. Ze benadert hem wel, maar op een heel andere manier van het ene land tot het andere. De Europese statistieken waarin de industriële waterbehoeften van de verschillende landen met elkaar worden vergele-

TABEL III - *Op openbare waterleidingnetten aangesloten bevolking en geleverde hoeveelheden per inwoner (1967).*

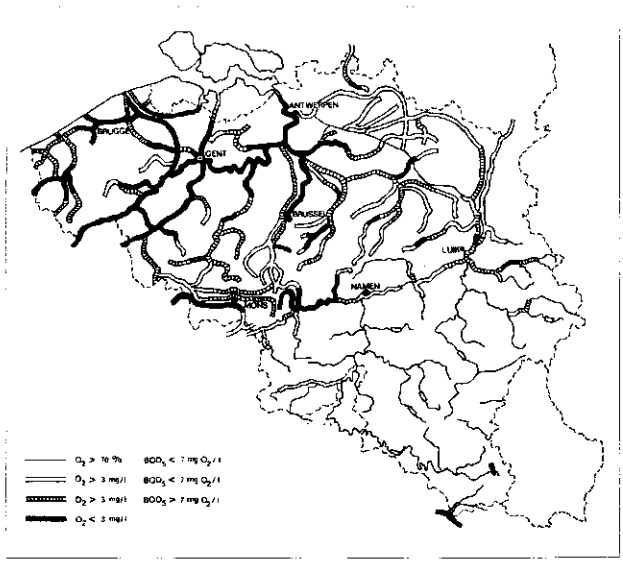
provincies	totale bevolking	aangesloten bevolking	%	% van het totaal	hoeveelheden per inwoner: liter/dag/hoofd
West-Vlaanderen	1.042.586	805.600	81,5	9,7	72,08
Oost-Vlaanderen	1.305.717	1.067.790	82,4	12,3	71,95
Antwerpen	1.518.464	1.270.993	83,7	14,5	112,08
Limburg	638.593	590.774	92,5	6,7	57,83
Brabant	2.148.513	2.082.901	96,9	23,8	101,86
Henegouwen	1.331.677	1.293.141	97,1	14,8	102,41
Namen	381.578	377.661	99,0	4,3	96,84
Luik	1.019.105	1.005.997	98,8	11,5	120,38
Luxemburg	219.368	214.075	97,5	2,4	91,15
totaal en gemiddelde	9.605.601	8.762.932	91,2	100	94,84

Bron: Documentatie van de KC Waterbeleid en NAVEWA (Nationale vereniging der Waterleidingen).

ken, komen tot het besluit dat men dikwijls dingen vergelijkt die niet te vergelijken zijn.
De hoeveelheden water die door de industriële bedrijven van verschillende Belgische provincies, gedurende de jaren 1965-1967 afgenomen zijn, staan aangeduid in tabel IV, maar deze cijfers dienen als niet geheel betrouwbaar beschouwd te worden.
In drie jaar tijd hebben wij een toename van 500 miljoen m^3 vastgesteld, dat is bijna 4,5 % per jaar, een toename die zich vooral in het Scheldebekken voordoet, maar die in feite tot uiting komt in de streken die door het Albertkanaal of door de leidingen komende uit het Maasbekken van water voorzien worden. De grote steden van België geven dus dezelfde lijn te zien als Rotterdam, Hamburg of Londen.
Antwerpen, Gent en hun omstreken vertonen een groei, die soms tot 10 tot 20 % per jaar kan oplopen naarmate de nieuwe complexen van de chemische industrie, de kerncentrales en de staalindustrie in deze gewesten uit de grond rijzen.
Niet alleen de waterbehoeften stijgen, maar ook de hoeveelheden verontreinigd en verloren water nemen voortdurend toe, in één woord, het gedeelte van het water dat voorgoed verloren is, neemt in verhouding snel toe.
De waargenomen toestanden zullen verholpen moeten worden, voordat ze door de grondige verontreiniging van de natuurlijke opvangplaats van deze afvalstoffen: de Noordzee, ondraaglijk zullen worden. Wij kunnen deze ontwikkeling vertragen door onze watervoorraden te vergroten, d.w.z. door ze in de tijd te verdelen (door middel van stuwdammen) en vooral door de kwaliteit van onze waterlopen door zuivering van het afvalwater en de effluenten veilig te stellen.
Voordat wij een inventarisatie van de potentiële watervoorraden van België opmaken, moeten wij dus eerst stilstaan bij de kwestie van de regeneratie van het afvalwater en bij de recuperatie van het residuaire water, die naar mijn mening de eerste stap vormen naar een rationele oplossing.

De verontreiniging van de waterlopen

De wet van 1950 op de bescherming van het water, verplicht al geruime tijd ieder die het water verontreinigt er de verontreinigende stoffen uit te halen, en aldus de kwaliteitsnormen voor het water van waterlopen in acht te nemen.
Het is bekend dat de waterlopen in België in vier klassen worden ingedeeld, alleen de eerste klasse is bestemd voor de drinkwatervoorziening en moet gezond gehouden worden met een zuurstofconcentratie van meer dan 70 %



Afb. 2 - Verontreiniging van de waterlopen in België (augustus 1967).

van het verzadigingspeil. De indeling van de waterlopen in klassen is vanzelf ontstaan, aangezien ze alle aan verontreiniging blootgesteld zijn, want bij gebrek aan doeltreffende beschermingsmaatregelen is de wet van 1950 op dat gebied zonder uitwerking gebleven. In afb. 2 is de toestand weergegeven die in augustus - september 1967, gedurende een periode van gematigde lage waterstand waargenomen werd. Heel het noorden van het land, behalve het Albertkanaal, was sterk verontreinigd, net zoals de provincie Henegouwen. Alleen Namen en Luxemburg waren nog gespaard van de grootste verontreiniging.
Bij wijze van vergelijking hebben wij aan de hand van een aantal ontledingen in de verschillende provincies, de gemiddelde concentratie van BOD_5 en van zwevende stoffen bepaald in de waterlopen (tabel V). Deze uitslagen leveren een indicatie over de verhouding tussen de totale hoeveelheid water die de industrie afgenomen heeft en het gemiddelde waterdebiet per jaar van de waterlopen van iedere provincie.
De drie cijfers beïnvloeden elkaar, maar door het grote aantal factoren die een invloed uitoefenen, kunnen er geen praktische ramingscriteria uit afgeleid worden. Ten hoogste laten ze toe, goed of slecht bedeelde gewesten te onderscheiden. Slecht bedeeld zijn die van het Schelde- en het IJzerbekken, met hoge BOD_5 (be-

TABEL IV - *Door de nijverheidbedrijven afgenomen waterhoeveelheden. Verdeling per provincie (Turbinewater niet meegerekend) in miljoen m^3.*

provincies	1965	1966	1967	verschil 1965-1967	jaargemiddelde	% van het totaal
West-Vlaanderen	149	127	130	— 19	135	2,3
Oost-Vlaanderen	915	1.091	1.174	+ 259	1.060	18,2
Antwerpen	980	1.135	1.285	+ 305	1.133	19,4
Limburg	151	165	160	+ 9	159	2,7
Brabant	626	569	600	— 26	598	10,2
Henegouwen	1.351	1.365	1.231	— 120	1.316	22,6
Namen	153	139	142	— 11	145	2,4
Luik	1.208	1.204	1.313	+ 105	1.241	21,8
Luxemburg	32	29	26	— 6	29	0,4
totaal en gemiddelde	5.565	5.824	6.061	+ 496	5.816	100

Bron: Statistieken van het NIS (hebben alleen betrekking op bedrijven van enige betekenis, meestal meer dan 5 werklieden, in sommige bedrijfstakken meer dan 20 of meer dan 100).

TABEL V - *Hoeveelheid en kwaliteit van het oppervlaktewater ter beschikking van de nijverheid (alleen waterlopen).*

provincies (1)	industriële waterbehoeften (2)	gemiddelde afvloeiing (3)	debiet waterloop (gemidd.) (stroomopw.) (4)	totaal debiet per jaar (5)	industrieel behoeften % van (5) (6)	BOD_5 in aug./sept. 1967 mg/l (7)	zwevende stoffen aug./sept. '67 mg/l (8)	grootste verontreiniging (9)
West-Vlaanderen	135	865	979	1.844	7.3	23,9	33,2	Leie, IJzer kanalen
Oost-Vlaanderen	1.060	935	1.958	2.893	36,6	19.5	50,9	Leie, Schelde kanalen
Antwerpen	1.133	954	5.242*)	6.196*)	18,2	5.7	38,1	Schelde, Rupel, Marcke
Limburg	159	812	347	1.159	13,7	7,3	16,7	Demer, Dommel
Brabant	598	1.114	347	1.461	40.9	13,6	42.8	Zenne, Dijle kanalen
Henegouwen	1.316	1.309	474	1.783	73,8	10,7	34.8	Haine, kanalen Samb.
Namen	145	1.506	6.537	8.043	1,8	5,9	12,0	Samber
Luik	1.241	2.080	9.063	11.143	11,1	12.9	5,6	Vesder, Maas
Luxemburg	29	2.652	—	2.652	1,1	5,6	3,9	Chiers
totaal en gemidd.	5.816	12.227	24.947	37.174	15,6	11.7	26,5	

*) Het door de AWW afgenomen water voor de watervoorziening van Antwerpen, 72 miljoen m^3 in 1967 meegerekend.

halve Antwerpen, flink geholpen door zijn stroom) en zeer hoge cijfers van zwevende stoffen. De waterlopen en de kanalen in Brabant en Henegouwen kunnen hun taak blijkbaar niet aan. Weldra zullen deze provincies op hun beurt een beroep op de Maas gaan doen om de hoeveelheid zuurstof te bekomen die ze voor het verbeteren van de kwaliteit van hun overvloedig afvalwater nodig hebben.

Industriële waterbehoeften in het jaar 2000

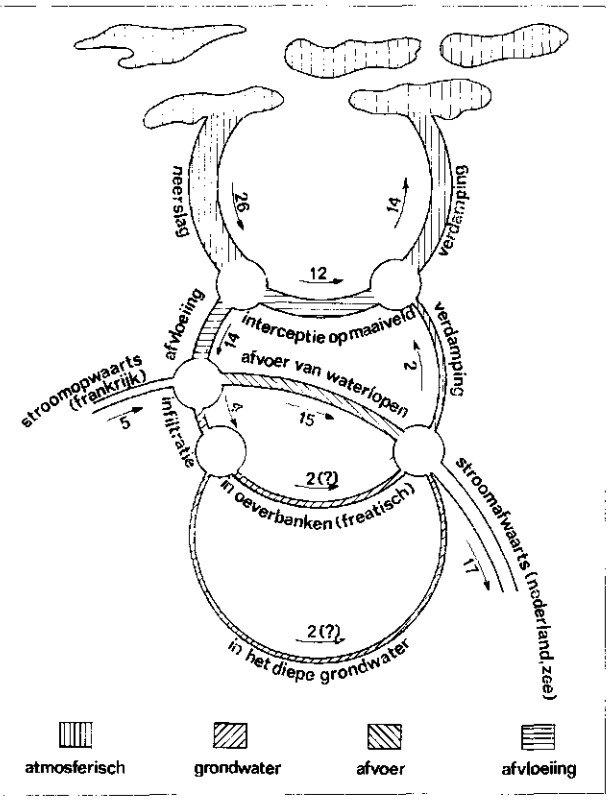
Indien de verontreiniging van het water door industriële effluenten doeltreffend bestreden werd, zouden wij ons kapitaal aan water veilig stellen; het water dat de industrie nodig heeft zou voorts ontnomen kunnen worden aan de waterlopen en de kanalen. Nu al hebben wij tekenen waargenomen die wijzen op ernstige toestanden op dat gebied. Bij gebrek aan meren en natuurlijke vijvers, worden in België trouwens geen niet te keren toestanden aangetroffen.

Als passende maatregelen genomen worden, kan alles nog goed gered worden, vooral als wij op de goede wil van onze Franse buren kunnen rekenen die een gelijkaardig beleid zouden moeten voeren. In dat geval van de Deule, de Spierre en de Leie treuzelen ze helaas om passende maatregelen te nemen voor het verbeteren van de samenstelling van het water dat in het Scheldebekken geloosd wordt.

De Kuststroom, de IJser, ook de Samber en de Maas komen eveneens verontreinigd uit Frankrijk België binnen en er wordt niets of weinig aan gedaan om dat in de komende jaren te veranderen.

Het internationaal aspect van het waterprobleem laat ons dan ook niet toe een prognose van de toekomstige waterbehoeften van onze nijverheid te maken, een prognose die moet uitgaan van de kwaliteit en de hoeveelheid van het water in tijden van lage waterstand.

Afb. 3 - Hydrologische balans van België (in miljard m^3/jaar).



Totale waterbehoeften van het land

Uit de statistieken blijkt dat de nijverheid over nagenoeg 12 miljard m^3 water zou moeten kunnen beschikken in het jaar 2000 en dat de behoeften van de watervoorziening tegen die tijd tot ongeveer een miljard m^3 per jaar zullen oplopen. De behoeften aan irrigatiewater hebben wij terzijde gelaten; sommige zomers zijn die behoeften zeker niet te verwaarlozen, maar nu bedragen ze slechts 0,1 miljard m^3 per jaar gemiddeld. De behoeften aan water voor de scheepvaart stellen een ander soort probiemen, die oplossing vinden buiten dit kader. Nochtans achten we het noodzakelijk voor ieder van deze behoeften 1 miljard m^3 water in opslagplaatsen te voorzien. Nu zien we dat de gezamenlijke behoeften van het land tot 14 miljard m^3 zullen oplopen tegen het jaar 2000. Daar zal slechts aan voldaan kunnen worden als de potentiële watervoorraden over heel het land verdeeld worden. Te dien einde zal een infrastructuur aangelegd moeten worden, waarvoor niet alleen een beroep gedaan zal moeten worden op al het water van de natuurlijke cyclus, maar ook op het kunstmatig gerecirculeerde water dat door het reinigen van afvalwater en gebruikt water en door het ontzilten van zeewater en brakwater verkregen wordt.

Beschikbaar water tegen het jaar 2000

Afb. 3 stelt de hydrologische balans van het water voor. Ze is gebaseerd op een studie van de regenneerslag, die

DR. M. J. SNEL
Hydroloog-Mijningenieur, Ministerie van Mijnwezen te Brussel

De waterbehoeften in België, (II), in het bijzonder van het Maasbekken

In dit tweede deel zullen wij het debiet van de Maas bestuderen, met de bestemming van het water van deze waterloop voor ogen. Het debiet heeft immers wijzigingen ondergaan door werken die tot doel hadden de scheepvaart te vergemakkelijken of waterlopen van water te voorzien.
België beschikt over zeer weinig gegevens; maar het schijnt toch beter ingelicht te zijn als Frankrijk, indien men voort gaat op de hydrometrische reeksen die te Chooz opgenomen zijn.
De meest aanvaardbare reeksen voor wat de lage debieten betreft zijn cijfers van de debieten die in de stations van Ivoz-Ramet en Monsin opgetekend zijn, waar twee hydroëlektrische centrales met lage val gevestigd zijn (tabel I en tabel II).

De hydrometrische gegevens van Chooz (Givet) in Frankrijk en Wezet (Visé) in België bevatten immers veel fouten, zowel instrumentale als operationele. De gemeten debieten worden beïnvloed door de verrichtingen aan de stuwdammen en sluizen die over de ganse lengte van de waterloop en op sommige bijrivieren opgericht zijn.

TABEL I - *Debiet van de Maas aan de centrale van Ivoz - maandgemiddelden (boven 280 m³/sec wordt het debiet niet meer gemeten).*

	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
jan.	82	155	193	183	181	178	171	181	185	95	88	248
febr.	47	205	118	118	126	159	183	153	195	63	158	235
mrt.	122	193	121	223	193	161	175	173	196	185	158	195
april	99	110	123	142	147	161	100	160	193	150	136	251
mei	26	86	78	99	215	125	52	125	175	130	77	227
juni	30	82	97	65	136	59	40	92	89	132	39	145
juli	32	33	38	58	86	35	48	58	65	72	21	107
aug.	112	23	51	81	147	34	85	50	48	54	20	126
sept.	130	16	93	118	83	23	130	42	50	52	22	161
okt.	166	13	135	127	149	15	182	98	30	83	43	113
nov.	168	15	149	142	172	30	205	184	45	128	131	151
dec.	201	98	201	158	150	81	190	185	125	134	189	171

TABEL II - *Debiet van de Maas aan de centrale van Monsin - maandgemiddelden (boven 430 m³/sec wordt het debiet niet meer gemeten).*

	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
jan.	166	342	342	290	333	430	234	360	381	132	103	413
febr.	86	415	175	353	282	209	241	390	419	72	215	315
mrt.	208	290	259	335	350	195	225	232	242	297	199	275
april	173	164	190	195	187	202	113	246	360	173	156	361
mei	49	121	115	124	312	142	58	180	206	145	84	312
juni	54	122	153	75	165	56	39	163	101	149	37	188
juli	83	52	82	69	104	35	54	73	78	78	19	140
aug.	189	43	89	111	195	38	117	63	57	66	21	171
sept.	191	36	158	202	94	26	196	55	66	61	23	216
okt.	280	31	250	186	195	22	244	148	30	108	52	118
nov.	265	38	256	189	254	32	410	243	48	282	180	190
dec.	386	176	330	211	310	106	378	358	217	164	253	367

Kenmerken van het Debiet van de Belgische Maas

De studies van de heren Marchal[1] en Vereerstraeten[2], van het Koninklijk Commissariaat voor het waterbeleid[3] en van het Ministerie van Openbare Werken[4] geven de kenmerken van de Maas op Belgisch grondgebied weer.

Te Charleville in Frankrijk bedraagt het specifiek debiet 0,121 liter/sec per ha, wat neerkomt op een gemiddeld debiet van 95 m³/sec over heel het jaar, met als hoogste neerkomt op een gemiddelde van 26 miljard m³ water van atmosferische oorsprong. De schattingen van de afvoer der rivieren en van de verdamping steunen op berekeningen, gegeven in de studie „La Wallonie et la Flandre devant le problème de l'eau" (Uitgeverij Uitspruyts - Leuven). De wijsheid verplicht ons de waterpolitiek voor de komende 30 jaren vast te leggen op deze gegevens.
Het potentieel van het land aan water bestaat dus uit 12 miljard m³ water dat de rivieren gemiddeld afvoeren, rekening houdend met een hoeveelheid verdampt water van 14 miljard m³. Daarbij voegen we nog 5 miljard m³ water toe, ingevoerd door de rivieren komende uit Frankrijk en grondwaterreserves van minstens 1,5 miljard m³ beschikbaar uit de waterlagen, die niet rechtstreeks met de rivieren verbonden zijn. Het kunstmatig opgeslagen water zou dus zeker 1,5 miljard m³ per jaar moeten belopen, zodanig dat we op een globaal waterpotentieel van ongeveer 20 miljard m³ per jaar zouden kunnen rekenen.
Daar het rivierenwater hoe langer hoe meer van onvoldoende kwaliteit zal worden in de toekomst, dienen we van deze optimistische schattingen af te zien. Het rivierwater wordt langzaam onbruikbaar door het lozen van allerlei effluenten die er maar gedeeltelijk uitgehaald kunnen worden. Mochten wij er volledig in slagen voor 1/3 van de rivieren, dan zouden wij zeker een bevredigende uitslag hebben bereikt. Toch is dit niet voldoende, aangezien men dan over minder dan 9 miljard m³ water zou kunnen beschikken, waarvan 1,5 uit de grondwaterlagen en 1,5 miljard uit kunstmatige opslagplaatsen gewonnen dient te worden. De vergelijking van de behoeften met de potentiële voorraden aan water loopt dus op een deficit van tenminste 5 miljard m³ water.
Hieruit trekken we dus de conclusie dat de behoeften aan water geremd dienen te worden, vooral in tijden van lage waterstand. Deze perioden kunnen tot 120 dagen per jaar oplopen; dan zullen de potentiële waterreserves gebruikt moeten worden voor behoeften die voor 1/3 van het jaar tenminste 4,5 miljard m³ zullen oplopen. Het verschil tussen 4,5 en 3 miljard, dat is 1,5 miljard, zal gewonnen moeten worden door het gebruikte water opnieuw te gebruiken of door ontzouting van het zeewater. Het opslaan van water in spaarbekkens of in stuwmeren is dus geen voldoende oplossing om voor het jaar 2000 het waterprobleem van België op te lossen.

maandcijfer 211 m³/sec in januari en als laagste 30 m³/sec in juli over de dertigjarige periode 1901 - 1930.

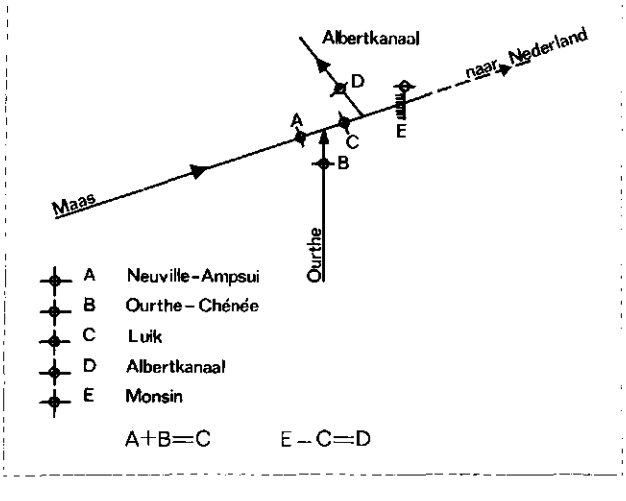
Te Wezet (Visé) aan de Nederlandse grens, heeft men een specifiek debiet van 0,138 liter/sec per ha opgetekend, wat neerkomt op een gemiddeld debiet van 293 m³/sec over heel het jaar, met als hoogste maandcijfer 601 m³/sec in januari en als laagste 126 m³/sec in juli over de periode 1911 - 1948.
Het laagste gemiddeld debiet over een maand loopt dus op van 30 tot 126 m³/sec, dat is een toename van 96 m³/sec of 0,048 liter/sec per ha, dit is een derde van het gemiddeld specifiek debiet van de Maas te Wezet. Het hoogste gemiddeld debiet over een maand loopt op van 211 tot 601 m³/sec, dit is een toename van 490 m³/sec of 0,245 liter/sec per ha, dit is het dubbele van de waarde van het gemiddeld specifiek debiet over een jaar te Wezet.

Men ziet dat de onregelmatigheden van het debiet van de Maas bij het binnenkomen in België fel afnemen op Belgisch grondgebied: de lage waterstanden gaan sterk omhoog en het hoog water verliest veel van zijn betrekkelijke intensiteit per maand.
De verhouding tussen het gemiddelde laagwater debiet bij het binnenkomen en bij het verlaten van België bedraagt 30/211 (< 1/7) en tussen de hoogste debieten per maand 126/601 (< 1/5).

Deze cijfers houden natuurlijk geen rekening met de uiterste laagwaterstanden of met uitzonderlijke hoogwaterstanden, die te Wezet (Visé) schommelen tussen 30 m³/sec bij laag water en bijna 3.000 m³/sec bij hoog water, dit geeft een verhouding van 1/100, terwijl deze verhouding te Givet slechts 25/1500 of 1/60 bedraagt. Deze afwijkende gedragingen zijn evenwel in hoofdzaak toe te schrijven aan de intensiteit van het hoog water, want het laag water wordt sterk beïnvloed door het grondwater dat in het bekken aanwezig is.

De moeilijkheden die bij een regularisatieprogramma voor de Maas komen kijken, houden eerder verband met de ligging tegen hoog water dan met het opvoeren van de laagwaterstand. Het probleem van het opvoeren van de laagwaterstand wordt slechts in het leven geroepen door een zekere manipulatie met het debiet, waardoor

Afb. 1 - Schema voor de berekening van de debieten in de streek van Luik.



TABEL III - *Theoretisch debiet van het Albert-kanaal te Monsin van juli tot september 1964.*

juli		augustus		september	
1. 13	m³/sec	1. 15	m³/sec	1. 10	m³/sec
7		5	(zondag)	17	
10		12		12	
16		9		17	
7	(zondag)	10		20	
21		12		— 6	(zondag)
19		14		15	
26		16		17	
17		27	(zondag)	11	
15		9		15	
17		11		15	
— 6	(zondag)	— 7		11	
8		31		18	(zondag)
9		6		13	
8		16		—14	
13		2	(zondag)	29	
2		18		4	
19		18		11	
— 2	(zondag)	6		17	
23		11		19	(zondag)
8		18		14	
12		13		16	
14		12	(zondag)	12	
9		13		12	
5		22		19	
6	(zondag)	18		12	
8		15		6	(zondag)
15		9		18	
10		16		16	
11		9	(zondag)	30. 14	
31. 8		31. 14			
gemiddeld over de maand					
11,3	m³/sec	13	m³/sec	13	m³/sec

de periodes van lage waterstand verlengd worden in tijden van droogte in de zomer.

Manipulaties met het debiet van de Maas te Luik

Deze kenmerken van het debiet van de Maas zijn slechts geldig in zoverre er geen veranderingen aan de waterloop aangebracht worden. Nu wordt al vele jaren water aan de Maas ontnomen, zonder dat het vervangen wordt door het water dat in stuwmeren opgespaard wordt. Door het water van de Maas voor het voeden van het Albertkanaal te gebruiken, heeft men de hydrometrische kenmerken gewijzigd die sedert 1939 te Wezet opgetekend werden, zonder dat een stelselmatige correctie mogelijk is.

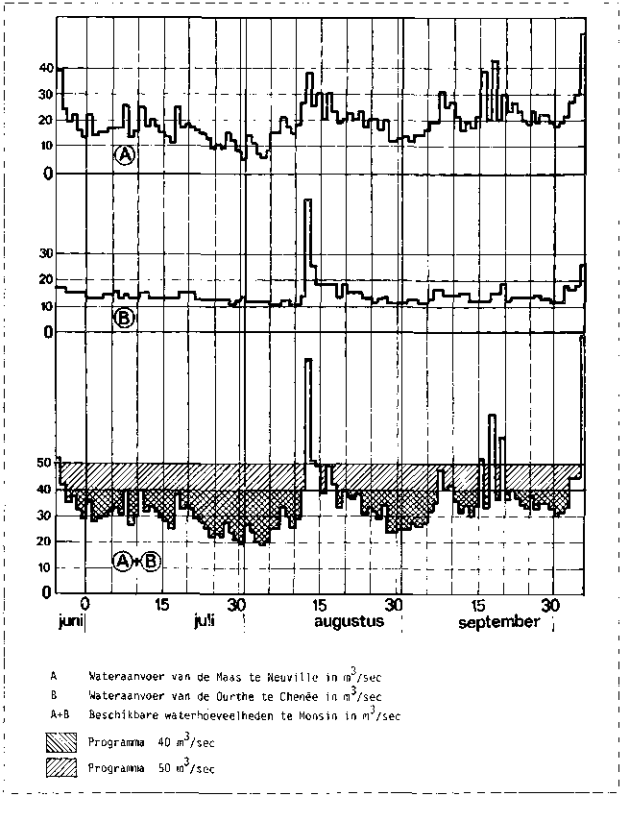
Te Luik vangt het gekanaliseerde deel van de Maas het water op dat door de stuwdam van IVOZ-Ramet stroomt en van stroomopwaarts komt en bovendien het water van de Ourthe, haar voornaamste bijrivier uit het zuiden; het voedt de Maas voorbij Monsin naar Nederland en het Albertkanaal naar Antwerpen (afb. 1).
De debieten van IVOZ-Ramet en Chenée samen, min het debiet van Monsin, stemmen overeen met het debiet van het Albertkanaal (het water dat aan het gekanaliseerde deel ontnomen wordt en het verdampte water buiten beschouwing gelaten).
Uit tabel III van het debiet van het Albertkanaal, voor de laagwaterperiode van juli tot september 1964, volgens deze methode berekend, blijkt dat het debiet van het kanaal, niet ver van Luik geschut, vrij veranderlijk is, naar gelang van de waterbehoeften van de scheepvaart en de eisen die door de watervoorziening van de streek van Antwerpen gesteld worden en waarvoor thans meer

dan 2 m³/sec stroomopwaarts van Antwerpen afgenomen wordt.
De beddingen van het kanaal en van de delen die met al de kanalen van Nederland en van de Kempen in deze streek in verbinding staan, spelen de rol van waterreservoir, waardoor het gemiddelde debiet dat te Monsin aan de Maas ontnomen wordt rond 13 m³/sec geregulariseerd wordt in deze periode.
Het is om deze reden dat er op feestdagen, waarop de binnenvaart stilgelegd wordt, een laag en soms zelfs een negatief debiet waargenomen wordt. Op andere tijdstippen heeft men op de feestdagen water doorgelaten door valse schuttingen (geen boten, maar alleen water) om te voorzien in de waterbehoeften meer stroomafwaarts in de streek van Antwerpen.

Laagwater-debiet van de Maas te Luik

Bij het vaststellen van het laagwaterdebiet moet rekening gehouden worden met het water dat voor het Albertkanaal wordt afgenomen, met de nauwkeurigheid van de limnimetrische gegevens in verband met de debieten van de Maas te IVOZ-Ramet en te Monsin (hydroëlektrische centrale) en met de debieten van de Ourthe nabij Luik. We zouden kunnen afspreken de gezamenlijke hoeveelheid water die door verdamping, door het verbruik en door het voeden van het Albertkanaal verloren gaat op 13 m³/sec te ramen.
Het debiet dat aan de waterval van Monsin in de Maas gemeten wordt, moet derhalve met dat cijfer verhoogd worden om op een aanvaardbare waarde van het laagwaterdebiet te komen. Uitgaande van deze gegevens, hebben wij voor de periode 1954 - 1964 de duur van de

Afb. 2 - Watertekort in de zomermaanden van 1964.
(In de zomer van 1964 waren er 110 dagen met een tekort aan water van 162 miljoen m³ in totaal.)



TABEL IV - *Debiet van de Maas te Luik gedurende de periode 1954 - 1964: tekort om een laagwaterdebiet van 50 m³/sec te Luik te verwezenlijken.*

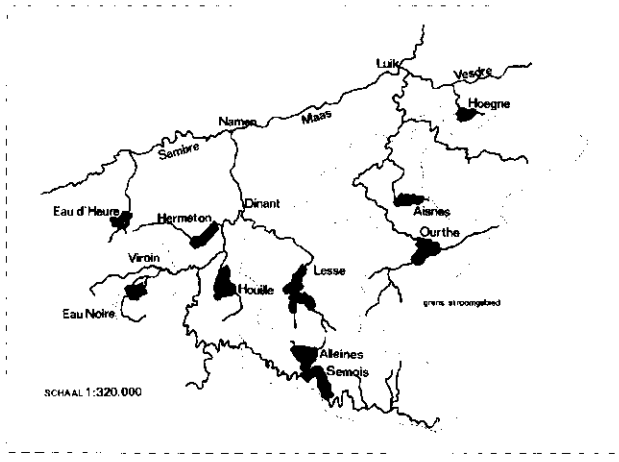
jaar en maand	gemiddeld bijkomend debiet m³/sec	duur van de laagwaterstand waarvoor dat debiet is vereist: langste aanhoudende laagwaterperiode van het jaar	dagen	totale vereiste hoeveelheid in m³: x 10⁶ m³
1955				
augustus	7,7		11	7,3
september	6,75	23	22	12,8
oktober	8,4		26	41,1 — 18,9
november	4,0		6	2,1
1959				
juli	13,3		21	24,1
augustus	13,2		16	18,3
september	20,2		27	48,6
oktober	21,8	43	29	180,5 — 54,8
november	15,7		14	19,0
december	10		18	15,5
1960				
juni	8,9	7	16	12,3
juli	8		4	12,5 — 0,3
1962				
september 1°			4	2,0
september 2°	13,8		5	6,0
oktober	11,4	27	22	36,7 — 21,7
november	11,7		7	7,0
1964				
juni	7,6		16	10,5
juli	20,4		31	54,6
augustus	17	103	29	162,7 — 45,5
september	14,8		27	38,4
oktober	22,6		7	13,7
totaal		358/3650 dagen of 10 %		433,5

Algemeen gemiddelde van het aanvullend debiet/dag = 13,7 m³/sec
Langste laagwaterperiode (in 1964) 103 dagen

laagwaterperiode met een debiet van minder dan 50 m³/sec berekend, evenals de aanvullende hoeveelheid water die nodig is om dat debiet in de Maas te bereiken (afb. 2). Voor iedere periode met een debiet van minder dan 50 m/³sec hebben wij het vereiste aanvullende debiet berekend, in de veronderstelling dat het mogelijk zou zijn dat water in de bedding van de waterloop of in de onmiddellijke omgeving te bewaren.
De tabel IV heeft betrekking op de periode van lage waterstand gedurende 1954 - 1964. Uit de berekening blijkt dat er voor iedere laagwaterdag gemiddeld 13,7 m³/sec water meer nodig is en dat er in totaal 358 laagwaterdagen zijn op een totaal van 3.650 dagen (dit is 10 jaar), d.w.z. 10 % van het aantal dagen.

Nodige waterhoeveelheid

Uit tabel IV kan afgeleid worden, dat het debiet dat in de zomer voor de voeding van het Albertkanaal afgenomen wordt, gelijk is aan het watertekort gedurende de jaren 1954 - 1964. Als men bijgevolg een aanvullend debiet van 13,7 m³/sec door middel van stuwdammen tot stand brengt, komt men alles samen genomen tot een blanco verrichting voor het oorspronkelijk debiet van de waterloop. Welnu, welke hoeveelheid water kan dat aanvullend debiet leveren?



Afb. 3 - Schema van de bestudeerde projekten tot oprichting van stuwmeren in de Ardennen op bijrivieren van de Maas.

Als het te Luik in de stroom zelf bewaard werd zou 13,7 x 86.400 x 35,8 = 42.375.744 m³ per jaar voldoende zijn.

In werkelijkheid is de laagwaterstand geen jaarlijks verschijnsel; de duur en de intensiteit verschillen van jaar tot jaar. Om zekerheid te hebben, moet men de meest ongunstige toestand onder ogen nemen, dat is die van het jaar 1964, met een duur van 103 dagen.
Als men de omvang van het watertekort in aanmerking neemt, komen we voor het jaar 1964 op 18,2 x 86.400 x 103 = 161.965.400 m³.
Voortgaande op de toestand van de jaren 1954 - 1964, die wij goed kennen, stellen wij derhalve vast dat de Maas, om het debiet van 50 m³/sec gedurende die periode te bereiken, een bijrivier van dezelfde grootte als de Ourthe te kort gekomen is gedurende periodes van gemiddeld 35 dagen per jaar, d.w.z. dat men aan de Maas te Luik ieder jaar gedurende 35 dagen een bijkomend debiet van 13,7 m³/sec moet bezorgen.
Een dergelijke hoeveelheid zou waarschijnlijk niet voldoende zijn geweest om de waterschaarste van de jaren 1921, 1934 en 1949 op te lossen. Daarvoor zou soms een bijkomend debiet van tenminste 20 m³/sec nodig zijn geweest gedurende deze periodes, waarvan de duur tot 115 dagen kon oplopen en waarvoor een totale hoeveelheid water van 200 miljoen m³ per jaar noodzakelijk zou zijn geweest.
Hoe kan deze hoeveelheid water aan de Maas bezorgd worden?
Afb. 3 geeft antwoord op deze vraag. Als men in de Boven-Maas water laat stromen, op afstanden die voor de stuwdammen van de Semois en de Lesse tot 100 km kunnen bedragen, ontstaat er een watergolf die zich met een aanzienlijk tijdverschil en met een aanzienlijke inertie stroomafwaarts beweegt. Laten we veronderstellen dat het verschil 4 à 5 dagen bedraagt. Met de debietveranderingen die door de Ourthe veroorzaakt worden, een rivier die bijna 40 % van het laagwater-debiet van de Maas te Luik levert, kan het lossen van water in Hoog-België niet zo goed geregeld worden dat het juist het debiet geeft dat in de Maas tussen IVOZ-Ramet en Monsin verlangd wordt.
De waterinhoud van de stuwmeren die in Hoog-België aangelegd moeten worden, is moeilijk te schatten, maar aan de hand van een formule, waarin rekening gehouden wordt met alle verlies onderweg, kunnen wij bij benadering de grootte bepalen in verhouding tot de hoeveelheid water die te Luik nodig is. Deze inhoud V kan berekend worden met de formule:

$$V = V\,\text{Luik} + \frac{d.i. + 2.500 \cdot D.a. + n.t.j.}{0,80}$$

V Luik = 162.000.000 m³ (1964)

d = stroomopwaarts van Luik afgenomen debiet, in m³/sec;

i = duur van de laagwaterperiode, in seconden;

D = duur van de laagwaterperiode, in dagen;

a = lengte van het parcours tussen de stuwdammen en Luik, in km;

j = de duur van de watergolf tussen de stuwdammen en Luik, in seconden;

n = aantal keren dat water uit de stuwmeren gelaten wordt;

t = debiet van het water komende uit de stuwmeren in m³/sec;

1/0,80 = rendement van het stuwmeer, na aftrek van het verlies door verdamping, infiltratie en van het onbruikbaar water op de bodem van het stuwmeer.

Het resultaat hangt af van de ligging en de kenmerken van de stuwmeren. Voor een kunstwerk nabij Givet op de Houille en een ander op de Semois of op haar bijrivier te Dohan, krijgen we de volgende gegevens:

d = 5 m³/sec
i = 9.504.000 seconden (1964)
D = 100 km (gemiddeld)
a = 110 dagen
j = 5 dagen x 86.400 seconden
n = 4
t = 18 m³/sec

V = 335.155.000 m³

Dit betekent dat de vereiste waterinhoud praktisch het dubbele moet zijn van de behoeften, indien men de werkelijke exploitatie-omstandigheden in aanmerking neemt. Dichter bij Monsin aangelegde stuwmeren zouden een kleiner verliespercentage aan opgeslagen water opleveren, aangezien de meeste verliezen voortkomen uit de grote afstand tussen de reservoirs en de plaats van gebruik. Voor een dichtbijgelegen reservoir op de Eau d'Heure zijn wij tot de slotsom gekomen, dat er een waterinhoud van 52 miljoen m³ nodig was om aan de Samber, 30 km verder, 40 miljoen m³ water meer te bezorgen, d.i. een verlies van 25 % van de watervoorraad in het reservoir.
Wat de Maas betreft, om de toekomst veilig te stellen, zou het redelijk zijn op de Maas en haar bijrivieren, reservoirs aan te leggen met een capaciteit van nagenoeg 400 miljoen m³ in de toekomst (1980 en later).

Middelen om een dergelijke hoeveelheid water te bewaren

De ontwerpen van de stuwdammen die in België bestu-

deerd worden kunnen in vier categorieën ingedeeld worden:

A. *Kunstwerken met een capaciteit van 200 miljoen m³*
   1. De stuwdammen van de Houille te Felenne of Landrichamps (240 en 190 miljoen m³).
   2. De stuwdammen op de Lesse te Halma of te Daverdisse (190 en 200 miljoen m³).
   3. De stuwdammen op de Semois of op de beek van de Alleines te Dohan (260 en 220 miljoen m³).

B. *Kunstwerken met een capaciteit van 50 miljoen m³ of meer*
   1. De stuwdam op de Hermeton (70 miljoen m³).
   2. De stuwdam op de Lesse II te Daverdisse (90 miljoen m³).
   3. De stuwdammen op de Eau d'Heure en een bijrivier (70 miljoen m³).
   4. De stuwdam op de Eau - Noire (70 miljoen m³).

C. *Kunstwerken met zeer uiteenlopende afmetingen*
   1. De grote stuwdam op de Ourthe te Maboge voor 130 miljoen m³.
   2. De grote stuwdam op de Semois te Dohan voor 1 miljard m³.

D. *Andere kleinere kunstwerken*
   1. Een stuwdam op de Hoegne bij Spa.
   2. De stuwdammen op bijrivieren van de Semois (beek van Vresse, Rulles enz.).
   3. De stuwdammen op bijrivieren van de Ourthe (Bronze, enz.).

De localisatie van deze stuwdammen is aangeduid op afb. 3.
Voor ieder kunstwerk heeft men de kostprijs bestudeerd. Het grootste gedeelte van de kosten gaat naar de dam, die gebouwd moet worden. Wij hebben ramingen gemaakt in de eenvoudigste veronderstelling van een gewichtsdam, waarvan de afmetingen aanzienlijk veranderen volgens de hoogte.
Dit is onmiddellijk een groot nadeel voor grote kunstwerken. Het project van de grote stuwdam op de Semois wordt hierdoor opgegeven. Ook het project van een stuwdam op de Ourthe heeft men opgegeven, omdat de huidige stuwdam van Nisramont hierdoor onder water zou komen te staan en het water naar Luik gebracht zou worden op een plaats, stroomafwaarts van de voornaamste aanwendingen van haar loop in België. Wat de andere stuwdammen betreft, om te weten wat er van het huidige debiet van deze waterloop zal overblijven, is het noodzakelijk de hydrometrische kenmerken te kennen.

Kenmerken van de bijrivieren van de Maas

De Semois

De Semois is in het zuiden van België de voornaamste bijrivier van de Maas. De neerslag in het bekken van deze rivier is nauwkeurig bekend. De afvloeiing en de gemiddelde afvoercoëfficiënt kennen wij uitsluitend over korte tijdperken, onder andere van 1930 - 1939 te Member, waar het bekken 1.359 km² groot is. Het gemiddelde debiet bedraagt 27 m³/sec, maar schommelt tussen 2 m³/sec in juli 1934 en 100 m³/sec in december 1935. De afvoercoëfficiënt varieert van 0,31 in de zomer (juni) tot 0,99 in de winter. Gemiddeld is hij 0,67, wat neerkomt op 0,224 liter/sec/ha. Dit is een uiterst laag afvoerdeficit. Van een gemiddelde neerslag van 1.058 mm, ontsnapt er maar 348 mm water aan de rivier.
De Semois heeft tamelijk veel bijrivieren die soms grote hoeveelheden water aanvoeren, zoals de Rulles, de Vierre, de beek van Alleines, de beek van Vresse.
Om dit debiet van de Semois op 95 % te regulariseren, zou de opslagcapaciteit 756 miljoen m³ moeten bedragen. Daarvoor zou dus de reusachtige dam van Dohan moeten worden gebouwd.
Dit project heeft men nadien laten varen, omdat een gedeelte van het debiet van de rivier in de bijrivieren opgespaard zou kunnen worden, zoals de beek van Alleines, waar het bouwen van een dam van 80 m hoogte een capaciteit van 220 miljoen m³ kan bezorgen. Dat is genoeg water om 50 % van de huidige zomerbehoeften van de Maas te dekken boven Dinant.

De Samber

Aan de linkeroever van de Maas, mondt de Samber in de stroom uit te Namen. Te Marcinelle (Charleroi) strekt zijn bekken zich uit over 2.284 km². Het debietgemiddelde voor de jaren 1901 - 1930 bedraagt 15,9 m³/sec. In tegenstelling tot de hoge afvoercoëfficiënt van de Semois, nemen wij voor de Samber een zeer lage afvoercoëfficiënt waar, n.l. niet meer dan 0,26, wat overeenkomt met een specifiek debiet van 0,070 liter/sec/ha, dus viermaal minder dan voor het bekken van de Semois. Voor een neerslag van gemiddeld 846 mm, bedraagt de afvoer 220 mm tegen 710 mm voor de Semois.
Deze kenmerken tonen aan dat deze rivier heel anders is dan de overige waterlopen van het bekken van de Maas; in feite is het een industriekanaal, waarvan het water in ruime mate gemanipuleerd wordt voor talrijke waterbehoeften van bedrijven.
Om het debiet van de Samber op 95 % te regulariseren zou de opslagcapaciteit verscheidene honderden miljoenen m³ moeten bedragen. Dat is niet te doen, omdat de waterreservoirs van dit bekken slechts geringe afmetingen kunnen hebben wegens de zeer grote vlakheid van de valleien. De Fransen hebben een stuw gebouwd op de Helpe Majeure nabij Avesnes, een bijrivier van de Samber, met een beperkte capaciteit van 7 miljoen m³. In België zijn nu reeds 2 tamelijk grote dammen in aanbouw op de Eau d'Heure en de Plate Taille, met een totale capaciteit van ongeveer 70 miljoen m³. Het stuwmeer van de Plate Taille, een bijrivier van de Eau d'Heure, die zelf een bijrivier van de Samber is, zal gevoed worden door het water op te pompen van de Eau d'Heure, 40 m lager gelegen.
Door een waterval van dezelfde hoogte, zal 1/5 van de door de pompen verbruikte energie teruggewonnen kunnen worden.

De Ourthe

Deze rivier heeft een bekken van 3644 km² te Angleur nabij zijn monding in de Maas te Luik.
De kenmerken, in verband met zijn debiet, liggen tussen die van de Samber en de Semois en komen overeen met die van de meeste andere bijrivieren, die in de Maas uitmonden. De afvoercoëfficiënt bedraagt 51 % van de regenneerslag, welke in dit bekken 957 mm bereikt, wat neerkomt op een specifieke afvoer van 0,154 liter/sec/ha.

Het bekken van de Ourthe is beter bekend stroomopwaarts te Engreux, waar het zich over 712 km² uitstrekt. Het specifiek debiet ligt daar wat hoger n.l. 0,158 liter/sec/ha en het gemiddelde debiet wordt geschat op 11,2 m³/sec.
Daarnaast te Maboge is er ooit sprake geweest van het bouwen van een stuw, met een capaciteit van 130 miljoen m³; dat was groot genoeg om het debiet te brengen op ongeveer 9 à 10 m³/sec over het hele jaar. Daardoor blijft dit project gerechtvaardigd, aangezien de Ourthe onmisbaar bijdraagt tot het debiet van de Maas te Luik. Toch is men aan deze dam niet begonnen omdat men verkozen had de regularisatie van de Maas te verwezenlijken door eerst de bovenloop dichtbij de plaats waar ze België binnenstroomt aan te pakken, stroomopwaarts van de industriële verontreiniging van de Samber.

Regularisatie van de Boven-Maas

Onder de eertijds bestudeerde kunstwerken zijn er twee die thans de aandacht gaande houden, ten eerste omdat hun capaciteit van meer dan 200 miljoen m³ ieder, beantwoordt aan de werkelijke behoeften bij lage waterstand gedurende de komende jaren en ten tweede omdat het bouwen van deze kunstwerken geen grote schade toebrengt aan de meest directe belangen van de toeristische nijverheid, die zich altijd verzet heeft tegen het bouwen van stuwdammen in deze streek; het zijn de stuwdammen op de beek Alleines, een achterbijrivier van de Maas en een bijrivier van de Semois te Dohan, en op de Houille, een bijrivier van de Maas te Givet.

Afdamming met pompstation van de Houille

De stuwdam op de Houille zou internationaal zijn, hij zou over de Frans-Belgische grens lopen. Als de dam te Landrichamps gebouwd wordt, zou hij op Frans grondgebied staan, maar het bekken zou grotendeels in België liggen. Het bekken van de rivier is 185 km² groot; voor een gemiddeld specifiek debiet van 0,150 liter/sec/ha komt men dan tot een gemiddeld debiet van 3,2 m³/sec over heel het jaar, wat neerkomt op een beschikbare hoeveelheid water van 94 miljoen m³ per jaar. Aangezien het ontworpen meer groot genoeg is om 240 miljoen m³ water te vergaren, zal men dus water uit een grotere waterloop moeten pompen. En die waterloop is de Maas zelf, die 1 km westwaarts op een hoogte van 110 m te bereiken is, d.w.z. 140 m beneden de hoogste waterstand van het stuwmeer.
Het pompen van het water tussen de Maas en het ontworpen stuwmeer vergt een vermogen van:

$$P = \frac{ps \cdot Q \cdot Hm}{r \cdot 75} \times 0{,}736 \text{ kWh}$$

r = rendement = 0,80
Q = debiet = 40 m³/sec
ps = soortelijk gewicht van het water
Hm = manométrische hoogte = 140 m

$$P = \frac{1000 \times 40 \times 140 \times 0{,}736}{0{,}8 \times 75} = 68.693 \text{ kW.}$$

of jaarlijks

$$Pa = 68.693 \times 8 \times 90 = 49.458.960 \text{ kWh}$$

ofwel, afgerond 50 miljoen kWh om het stuwmeer helemaal te vullen tot de capaciteit van 240 miljoen m³ water, rekening houdend met het beschikbare gedeelte van het debiet van de Houille zelf.

Tegen het nachttarief van 2 cent/kWh, kost het volledig vullen van het bekken 1,1 miljoen gulden. Nu zal de volledige nuttige watervoorraad van 200 miljoen m³ slechts éénmaal per tien jaren benut worden. Meestal zal men slechts een gedeelte van nagenoeg 75 miljoen m³ water nodig hebben, een hoeveelheid die door het gemiddeld debiet van de waterloop kan worden aangevoerd. In de eerst komende jaren, zal er dus slechts bij uitzondering gepompt hoeven te worden. Later zou dit vaker nodig zijn, maar dan zal het water zo'n grote waarde gekregen hebben, dat de kosten van het pompen ruimschoots vergoed zullen worden.
Het bouwen van dammen met capaciteiten die groter zijn dan de waterhoeveelheden die ieder jaar beschikbaar zijn, is een aanvaardbare oplossing met als voorwaarde dat het opgepompte water tegen een voordelige kostprijs aan de voet van de dam gevonden kan worden, hetzij in een ernaast gelegen vallei, zoals in het geval van de Maas t.o.v. de Houille, of in een grotere waterloop waarin de kleinere uitmondt, want de kosten van het pompen lopen spoedig te hoog op. De kostprijs van het water mag niet meer dan 1 tot 2 cent per m³ bedragen. De uiteindelijke kostprijs van het opgespaarde water bedraagt meer dan 30 cent/m³, de eventuele bewerking van het water van het stuwmeer niet meegerekend, indien men het als drinkwater gebruikt, wat voor het water van de stuwmeren van de Vesder te Eupen en de Ourthe te Nisramont het geval is.

Slotwoord

In onze streken is het het probleem van het laagwaterdebiet van onze waterlopen dat van belang is. Het is immers gedurende de periodes van lage waterstand dat het probleem van het tekort aan water het ergste is, en dat de beschikbare waterhoeveelheden zo goed mogelijk benut moeten worden.
Hoewel het beginsel van een compensatie tussen een tekort aan water in de bedding van de waterlopen en de opgespaarde hoeveelheden water, in grote lijnen geldig is, gaat dat in de praktijk dikwijls niet op. In de zomer daalt het debiet van de waterlopen immers omdat er weinig neerslag is en omdat het water in ruime mate verdampt of door de bedding van de waterlopen sijpelt. Dat de rivieren niet droog liggen is te danken aan de grondwaterlagen die dan een gedeelte van het water afgeven, dat zij in tijden van regen en vooral in de winter of in de lente opgeslorpt hebben.
Om de grondwaterlagen enigszins te helpen het laagwaterdebiet van de rivieren te verhogen, moet men over aanzienlijke waterhoeveelheden beschikken. Het water, dat kunstmatig aan een rivier wordt toegevoegd, stroomt dikwijls door de bedding en vult de grondwaterlagen aan of verdampt gedeeltelijk.
Het evenwicht dat tussen het peil van het water in de rivier en het grondwaterpeil tot stand zal komen, zal nooit tevoren bepaald kunnen worden. Anderzijds is de kans groot dat ook water toegevoegd wordt als het niet nodig is, vooral als de spaarbekkens zich ver van de rivier bevinden, waarvan men het debiet wil verhogen. De verspreiding van de grote neerslag in de zomer doet sommige bijrivieren snel wassen en dat is een ander onvoorspelbaar element.

IR. J. DIRICKX
Direkteur-generaal Antwerpse Waterwerken

Waterkwaliteit van de Maas in België

Inleiding

Bescherming van het leefmilieu, strijd tegen de waterverontreiniging, zuiverheid van het water in rivieren, meren en oceanen zijn begrippen geworden die in het centrum van de belangstelling staan in alle geïndustrialiseerde landen ter wereld.

Wanneer tien jaar geleden door degenen die beroepshalve bij het probleem der waterverontreiniging rechtstreeks betrokken waren de moeilijkheden in verband met de waterzuivering naar voren werden gebracht, vonden ze hiervoor nauwelijks gehoor bij de hogere instanties.

Veelal ontbrak een doeltreffende wetgeving en verschool men zich achter een gebrek aan geldmiddelen, wat slechts drogredenen zijn, vermits voor datgene wat men werkelijk belangrijk acht wel geld zal beschikbaar komen en de passende wetgeving zal ontstaan.

Gelukkig is de toestand thans zodanig geëvolueerd, dat een onderwerp „waterkwaliteit in een rivier" dadelijk de interesse wekt van een ruim publiek en ook de overheid gesensibiliseerd is.

De nieuwsmedia, pers, radio en televisie brengen ons met de regelmaat van een klok berichten over min of meer spectaculaire gevallen van verontreiniging van het rivierwater en besteden regelmatig artikelen en uitzendingen aan de algemene toestand van onze waterlopen.

We hopen dat deze kentering bij de interesse van het grote publiek de gezagdragers er toe zal brengen de passende maatregelen te nemen om verdere degradatie tegen te gaan en de bestaande, veelal erbarmelijke toestand, ernstig te verbeteren.

Het is echter in dit opzicht belangrijk de openbare opinie naast de voorlichting omtrent de werkelijke toestand en de noodzakelijke maatregelen tevens ervan te overtuigen dat belangrijke financiële inspanningen van de bevolking zullen moeten gevraagd worden in de komende jaren om deze problemen van verontreiniging een aanvaardbare oplossing te geven.

In deze uiteenzetting over de kwaliteit van het Maaswater in België hebben we getracht een beeld te vormen van de huidige toestand van het Maaswater en tevens na te gaan hoe deze toestand het laatste decennium geëvolueerd is.

Waarom we ons bij het overzicht beperken tot de gegevens sinds 1962 bijeengebracht is gewoon het gevolg van het feit dat we vóór die tijd over geen systematische en betrouwbare gegevens beschikten.

De informatie die we voor deze uiteenzetting hebben bijeengebracht is nl. hoofdzakelijk geput uit de cijfergegevens van verschillende duizenden ontledingen, uitgevoerd door de laboratoria der *Antwerpse Waterwerken* in de periode 1962 - 1970.

Voor enkele aanvullende gegevens hebben we ons kunnen steunen op studies uitgevoerd door BECEWA (Belgisch Centrum voor het Water), maar deze zijn steeds uitgegaan van een relatief beperkt aantal waarnemingen.

De *Antwerpse Waterwerken* die de watervoorziening verzorgt van de Antwerpse agglomeratie met een jaarverbruik in 1970 van bijna 100 miljoen m^3, is vanaf haar stichting in 1881 aangewezen geweest op het verbruik van oppervlaktewater, nl. uit de Neterivier, een bijrivier van de Rupel, via een waterwinning gelegen op een 20 km ten zuiden van de Stad Antwerpen.

Reeds vóór de 2de wereldoorlog werd de kwaliteit van het Netewater beden-

---

In een uitzonderlijk droog jaar kan de neerslag een tekort van nagenoeg 200 tot 300 mm water vertonen.

In het beschouwde gebied van het waterbekken van de Maas, d.i. 20.000 km^2, moet men in de zomer van 100 tot 150 mm water kunstmatig toevoegen. Voor de jaren zoals 1934, 1947 is er een watertekort van nagenoeg 1 miljard m^3 tegenover een normaal jaar. In een buitengewoon droog jaar zoals 1921 (juist na een ander droog jaar 1920) kan dat watertekort voor de Maas te Luik tot 1 à 2 miljard m^3 oplopen. Deze cijfers tonen aan dat de capaciteit van de op te richten stuwdammen, welke niet meer dan enkele honderden miljoenen m^3 kan bedragen, het land nooit tegen een tekort aan water zullen beveiligen in tijden van grote droogte. De verbetering die zij voor het laagwaterdebiet van de Maas kunnen opleveren, kan aan de andere kant niet voorspeld worden. Een verhoging is meer dan waarschijnlijk, maar het is niet mogelijk de juiste omvang ervan te bepalen, die wel eens niet aan onze verwachtingen zou kunnen beantwoorden.

Van de andere kant wordt de afvloeiing van het water soms sterk gewijzigd door veranderingen aan de infrastruktuur. Het bouwen van dammen brengt grote verstoringen met zich mee in uitgestrekte gebieden. Daarbij wordt het ecologisch evenwicht in de streken met stuwmeren grondig gewijzigd. De feiten spreken voor zichzelf. Het waterbeleid moet volgens vaste regels gevoerd worden en in een ruim perspectief dat zelfs het kader van een stroombekken te buiten gaat.

De noodzaak van internationaal overleg wordt hierdoor aan het licht gesteld en dit verschaft mij de gelegenheid een oproep tot samenwerking tussen België, Nederland en Frankrijk te doen, wat het beheer van het water van het Maasbekken betreft. Wij bezitten immers de mogelijkheid een mathematisch model van deze stroom samen te verwezenlijken en daardoor tot doeltreffende oplossingen te komen.

Literatuur

1. Marchal, H., *Etude des débits de la Meuse à Visée et leur corrélation dans le temps.* Ann. Travaux Publics de Belgique. 1947, Brussel.
2. Vereerstraeten, J., *Contribution à l'étude hydrologique du bassin de la Meuse en Belgique.* Bull. Société Belge d'études géologiques 1952, Brussel.
3. *Commissariat Royal au Problème de l'eau.* Rapport du Commissaire Royal pour les années 1967, 1968 et 1969. Services du Premier Ministre, Brussel.
4. Valcke, E., *Le problème de l'eau en Belgique.* Ministère des Travaux Publics 1964, Brussel.

kelijk ingevolge de beïnvloeding bij vloedstroom door het rioolwater van Brussel.
Na de wereldoorlog werd de situatie spoedig zó slecht dat het Netewater niet langer bruikbaar was om er op een redelijke manier drinkwater van te maken.
In 1955 schakelde de *Antwerpse Waterwerken* dan ook over van Netewater naar Maaswater, gebracht in de zuiveringsinstellingen via het Albertkanaal. Deze oplossing was des te meer verantwoord vermits aldus voor de drinkwatervoorziening een degelijk ruw water ter beschikking kwam zonder dat hiervoor enige bijkomende wateronttrekking uit de rivier nodig was, vermits het afgetapte water toch voor de scheepvaart nodig was en zonder deze nieuwe bestemming voor drinkwater gewoon bij het zout water van de Schelde gevoegd werd.
Geleidelijk aan werd om redenen van exploitatie der zuiveringsinstallaties de noodzaak aangevoeld een systematische kontrole uit de voeren op monsters genomen in het Albertkanaal tot in Luik en op de Maas tot voorbij Namen.
Sinds 1962 heeft dit kontrolesysteem ongeveer de huidige omvang gekregen zodat de gegevens van deze periode 1962 - 1970 onderling vergelijkbaar zijn.
We verontschuldigen ons voor deze nogal lange inleiding, maar we hebben het noodzakelijk geacht u dit verhaal te vertellen opdat het u duidelijk zou zijn met welk doel de informatie die we u thans samengevat brengen is ontstaan.
U zult ten andere duidelijk bemerken dat de gegevens die we bespreken sterk het karakter dragen van het doel waarvoor ze werden bepaald, nl. de exploitatie van zuiveringsinstellingen voor drinkwater.

I. Bepaling van de parameters en de plaatsen der monstername

De parameters waarover we verder in dit overzicht handelen, kunnen ingedeeld worden in drie groepen.

a. *de fysische parameters* zoals zwevende stoffen en turbiditeit;
b. *de chemische parameters* zoals organische stoffen, zuurstof, pH, stikstof, geleidbaarheid, hardheid, chloride, sulfaten, fosfaten, enz.
c. *de bacteriologische parameters* zoals coli, coliformen en banale kiemen.

Als monstername-punten werden gekozen:

1. **het punt A te Jambes nabij Namen** op de Maas vóór de samenvloeiing met de Samber die als sterk verontreinigde bijrivier een invloed heeft op de kwaliteit van het water voorbij Namen. Daar de verontreiniging op de Maas tussen de Belgisch-Franse grens en Jambes praktisch onbestaande is, mag het punt A als representatief aangenomen worden voor de kwaliteit van het Maaswater zoals het vanuit Frankrijk in België binnenstroomt.
Het is bij gebrek aan gegevens voor verder stroomopwaarts gelegen punten dat we tot deze benadering verplicht worden.

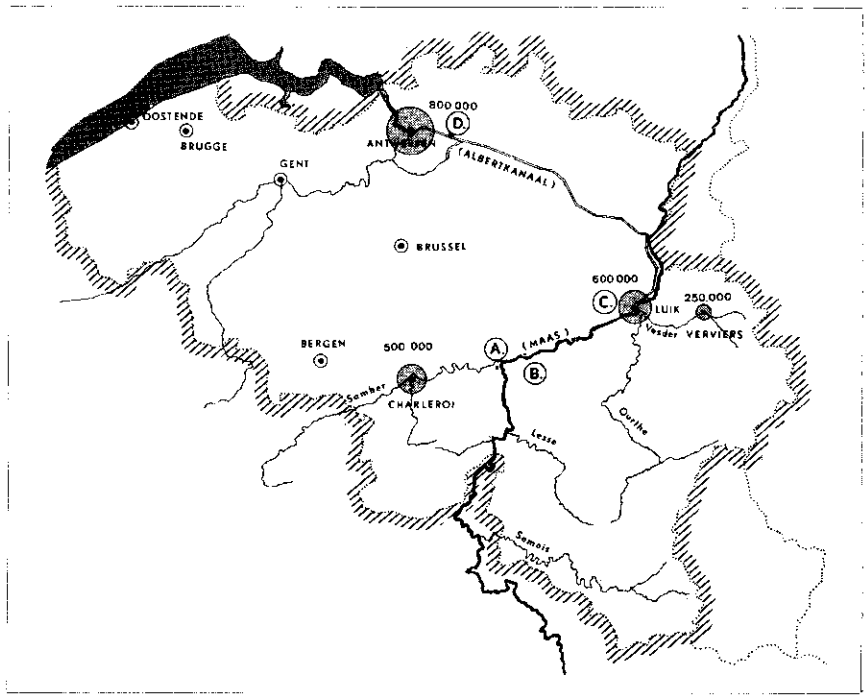
2. **het punt B te Namêche** op de Maas 10 km voorbij de samenvloeiing met de Samber en voorbij de stad Namen. Het Maaswater is op die plaats dus beïnvloed door het industrie- en woongebied van Charleroi (500.000 inw.) langs de Samber en door het woongebied van Namen waar de industriële activiteiten zeer beperkt zijn.

3. **het punt C te Herstal (Luik)** op de Maas juist vóór het voedingspunt van het Albertkanaal te Monsin en voorbij het industrie- en woongebied van Luik (600.000 inw.) met de samenvloeiing van de Ourthe. Helaas is dit punt te dicht bij de monding van de Luikse collectoren gelegen om een perfecte menging te hebben waardoor de cijfers soms wel moeten gerelativeerd worden.

Bij gebrek aan gegevens omtrent het punt waar de Maas het Belgisch grondgebied verlaat, kunnen we dit niet behandelen, maar we menen dat over de kwaliteit bij het grenspunt voldoende informatie in Nederland voorhanden is, wat dan door de volgende spreker zal toegelicht worden.

4. **punt D op het Albertkanaal** in het pand Herentals-Wijnegem met de karakteristieken van het water na een verblijf van 20 à 30 dagen in het kanaal waarop geen lozingen van afvalwaters zijn toegelaten en waarvan de bijkomende verontreiniging alleen het gevolg is van de scheepvaart. Deze bijkomende verontreiniging is, behoudens gevallen van calamiteiten, verwaarloosbaar, zodat de gegevens over de kwaliteit van het water aldaar een beeld kunnen geven van wat kan verwacht worden van het Maaswater (kwaliteit punt C) na een verblijftijd van 25 dagen zonder belangrijke bijkomende verontreiniging.

De resultaten van het punt D zullen we volledig afzonderlijk bespreken met als referentiepunt om de kwaliteit te vergelijken het monsterpunt te Herstal.
De verder aangegeven cijfers zijn gehaald uit 12 ontledingen per jaar voor de punten A, B en C en 250 ontledingen per jaar voor het punt D. De monsters werden steeds ongeveer in het midden van de natte sectie genomen.



Het lijkt ons van belang te onderlijnen dat aan de verschillende cijfers in de tabellen geen absolute waarde mag verbonden worden. Te veel faktoren hebben wellicht deze cijfers in het verleden beïnvloed zonder dat ze telkens werden geacteerd en thans in het overzicht tot uiting komen.
Daarenboven is één watermonster per maand slechts als een momentopname te beschouwen en uit recente onderzoeken is gebleken dat bepaalde belangrijke afwijkingen volledig aan de kontrole ontsnappen met deze frequentie.
Het is in die geest dat dit ganse overzicht moet begrepen worden als een poging om een algemene trend te vinden in de ons ter beschikking zijnde gegevens met de onvolkomenheden hen eigen.

II. Evolutie van de verschillende parameters

A. Fysische parameters

Zwevende stoffen (tabel I)

(as zwevende stof)

Het gehalte aan minerale zwevende stoffen neemt praktisch steeds sterk toe na de monding van de Samber. Na het Luikse industrie- en woongebied treden zeer grote schommelingen op waarbij tot 1042 mg/liter werd vastgesteld nabij de collector te Wandre op de linker-oever.
Deze zwevende stoffen bezinken over het algemeen vrij snel zodat ongeveer 500 m voorbij het lozingspunt van voormelde collector de invloed ervan niet meer is waar te nemen.
In de periode 1962-1970 wordt een globale toename van de minerale zwevende stoffen vastgesteld die echter het meest uitgesproken is te Herstal waar de gemiddelde waarde van 14 mg/l in 1962 naar 38 mg/l in 1970 is gestegen.
Volgens een in 1967 uitgevoerde prospektie bleek de hoeveelheid zwevende stof van organische aard ongeveer constant te blijven van Namen tot Wezet, nl. 20 mg/l.

AS ZWEVENDE STOF (mg/l)		62	63	64	65	66	67	68	69	70	62-70
JAMBES	max.	126	132	26	35	60	86	36	24	43	132
	gem.	18	17	14	14	18	24	19	11	23	17
	min.	5	3	6	7	3	9	7	4	8	3
NAMÊCHE	max.	224	228	32	80	114	60	78	81	78	228
	gem.	29	28	13	23	26	24	26	24	36	25
	min.	6	5	7	6	4	8	6	8	9	4
HERSTAL	max.	62	183	20	100	120	28	60	37	91	183
	gem.	14	24	13	61	28	17	29	21	38	27
	min.	5	6	6	10	3	5	7	10	12	3

TABEL I - *Bepaling door filtratie op asvrije membraamfilter en calcinatie bij 600 °C.*

TURBIDITEIT (am.°)		62	63	64	65	66	67	68	69	70	62-70
JAMBES	max.	47	50	35	19	19	20	20	17	25	50
	gem.	12	12	13,5	7	10	10,2	12	7,4	10	10,4
	min.	3	1,6	0,6	1	1	2,2	7,5	4	4	0,6
NAMÊCHE	max.	95	40	45	20	24	27	31	18	30	95
	gem.	18	9,5	14,5	12	13	16,2	13,3	11,3	10	13
	min.	4	4	2,5	1,3	3	2,2	8	4	4	1,3
HERSTAL	max.	31,5	29	32	27	23	17	25	33	100	100
	gem.	12	8	14,5	14	15	9,7	15	13,9	15	13
	min.	7	3	3,1	4,5	6	2	8	4	4	2

TABEL II - *Bepaling door vergelijking van de absorptie bij twee verschillende standen t.o.v. fotometer.*

ORGAN. STOF KÜBEL (mg/l)		62	63	64	65	66	67	68	69	70	62-70
JAMBES	max.	176	162	150	98	73	82	91	114	176	176
	gem.	64	72	69	60	52	56	59	57	72	62
	min.	31	33	30	27	31	28	35	33	43	27
NAMÊCHE	max.	680	212	490	110	102	91	93	102	91	680
	gem.	111	84	96	63	66	60	65	62	56	75
	min.	38	38	37	31	33	40	38	20	41	20
HERSTAL	max.	115	162	117	110	99	74	98	82	109	162
	gem.	71	80	68	71	57	52	43	64	64	63
	min.	44	58	43	44	37	35	28	87	38	28

TABEL III - *Bepaling door $KMnO_4$ verbruik met koken gedurende 5 minuten.*

Turbiditeit (tabel II)

(Amerikaanse graden)

De zeer hoge maximale waarden in 1962 - 1964 zijn het gevolg van atmosferische omstandigheden.
Verder stellen we op de gemiddelde cijfers weinig toename vast ingevolge het Luikse gebied.
Ook hier lijkt de stijgende tendens het sterkst te zijn te Herstal, waar de gemiddelde waarde van de turbiditeit van 12° in 1962 naar 15° in 1970 is gestegen.

B. Chemische parameters

Organische stoffen

a. $KMnO_4$-verbruik (tabel III)

Het gehalte aan organische stoffen bepaald volgens de methode Kübel, uitgedrukt in mg/l, is reeds vrij hoog te Jambes, nl. gemiddeld 62 mg/l over de periode 62 - 70 en stijgt nog merkelijk na de toevloeiing van het sterk vervuilde Samberwater tot 75 mg/l te Namêche. Ook de lozingen van de Naamse riolen hebben hier natuurlijk een invloed op deze stijging. Voorbij Luik is het gehalte organische stoffen opnieuw gedaald tot 63 mg/l, dit is ongeveer het gehalte van de Maas vóór Namen. Deze verbetering is klaarblijkelijk het gevolg van het zelfzuiverend vermogen van de rivier vermits met zekerheid kan gezegd

worden dat nabij de lozingspunten van het Luikse toch hogere gehalten aan organische stof moeten gevonden worden.
Uitzonderlijk hoge waarden worden vastgesteld in 1962 te Namêche waar 680 mg/l werd gemeten. We bemerken dat er een daling voorkomt vanaf de jaren 1964-1965 tot in 1968 en sindsdien weer een bestendige stijging.
Het gemiddele cijfer van 1970 is te Herstal niet alleen lager dan te Namêche en te Jambes, maar eveneens lager dan het gemiddelde cijfer van 1962.
Op het punt van de organische belasting van het Maaswater mogen we dus onderlijnen dat de toestand sinds 1962 niet slechter is geworden maar zelfs licht verbeterde en dat bijna de totaliteit van de organische belasting reeds in het Maaswater aanwezig is voor Namen, dus waarschijnlijk vanuit de Franse Maas afkomstig.
Speciaal voor deze organische belasting bepaald door de $KMnO_4$-methode moet men de cijfers sterk relativeren. De toepassing van de TOC-methode die thans burgerrecht verkrijgt, schijnt hier voor de toekomst verbetering in te brengen.

ZUURSTOF % VERZADIGING		62	63	64	65	66	67	68	69	70	62-70
JAMBES	max.	111	124	115	107	131	137	123	176	148	176
	gem.	91	91	95	97	106	111	108	121	117	104
	min.	79	67	87	89	73	100	99	100	98	67
NAMÈCHE	max.	96	128	108	105	120	139	119	128	179	179
	gem.	85	88	88	98	107	115	108	105	119	101
	min.	72	65	70	91	92	102	100	80	97	65
HERSTAL	max.	95	92	92	97	115	107	116	116	126	126
	gem.	75	69	63	80	94	90	95	86	107	84
	min.	53	34	36	69	59	44	47	43	71	34

TABEL IV - *Bepaling met thiosulfaat en fixatie bij staalname volgens Winkler.*

PH		62	63	64	65	66	67	68	69	70	62-70
JAMBES	max.	8,3	8,2	8,2	8,15	8,3	8,4	8,45	8,6	8,6	8,6
	gem.	8,0	8,0	7,95	7,9	7,9	8,1	8,2	8,2	8,25	8,05
	min.	7,8	7,75	7,5	7,8	7,6	7,6	8,05	7,75	7,95	7,5
NAMÈCHE	max.	8,35	8,2	8,2	8,2	8,3	8,4	8,2	8,4	8,5	8,5
	gem.	8,0	7,9	7,9	7,9	7,8	8,1	8,0	8,1	8,2	8,0
	min.	7,8	7,8	7,5	7,6	7,5	7,6	7,75	7,7	8,05	7,5
HERSTAL	max.	8,05	8,0	7,9	8,05	7,8	8,3	8,0	8,0	8,4	8,4
	gem.	7,7	7,6	7,95	7,75	7,6	7,8	7,7	7,8	7,8	7,7
	min.	7,6	7,35	7,2	7,45	7,3	7,45	7,4	7,45	7,5	7,2

TABEL V - *Bepaling met glaselectrode door vergelijking met referentie calomelelectrode.*

b. Koolwaterstoffen

Er bestaan geen systematische waarnemingen sinds 1962 voor wat betreft de koolwaterstoffen.
Uit een onderzoek in 1964 is gebleken dat de niet-vluchtige geëmulsioneerde koolwaterstoffen sterk toenemen van Namen tot aan de ingang van het Luikse gebied om nadien terug te verminderen zodat aan de ingang van het Albertkanaal te Monsin 2,8 mg/l gevonden werd, nl. hetzelfde cijfer als te Ivoz-Ramet.
Bij een recent gaschromatografisch onderzoek werden lineaire verzadigde koolwaterstoffen teruggevonden en aromatische koolwaterstoffen als tolueen, xyleen, enz. geïdentificeerd in het Maaswater.

c. Anionische detergenten

Uit onderzoekingen in de jaren 1963 en 1964 is gebleken dat het gehalte aan anionische detergenten weinig varieert tussen Ivoz-Ramet met 205 μg/l en Monsin met 240 μg/l.
In de tijd lijkt er wel een toename te zijn vermits het gemiddelde cijfer van 350 μg/l in 1964 gestegen is tot 450 μg/l in 1967.

d. Fenolen

Het gehalte aan fenolen volgt een zeer wisselvallig patroon. Naast maximale waarden van 1000 μg/l te Seraing worden soms cijfers van 10 μg/l gevonden te Luik.
Ook de Ourthe blijkt op bepaalde ogenblikken fenolen aan te voeren. Zo werd in 1959 in de Ourthe een gehalte aan fenolen vastgesteld van 345 μg/l, dit is meer dan in de Samber en in de Maas te Luik.
In ieder geval kan men uit de gegevens betreffende de fenolen afleiden dat er drie contaminatiekernen zijn: nl. de Samber, het Luikse industriegebied en de Ourthe.

Opvallend is echter de grote biodegradeerbaarheid van de fenolen waardoor het gehalte in het Albertkanaal spoedig beneden zeer kleine hoeveelheden daalt, althans tijdens de zomerperiode waarop deze gegevens betrekking hebben.

Opgeloste zuurstof (% verzadiging) (tabel IV)

Behoudens de jaren 1962-1963-1964 wijzigt de toevoer van de Samber het O_2-profiel van het Maaswater niet. De cijfers van de jaren 1962-1963-1964 zijn veroorzaakt door uitzonderlijke atmosferische omstandigheden, nl. plotse hevige regenval na periode van droogte waardoor een spoelingsverschijnsel van de riolen of de bedding optrad.
Het % zuurstof neemt steeds af tussen Namêche en Herstal, nl. 101 tot 84 voor het gemiddelde over de periode 1962-1970. Voor de evolutie in de tijd stellen we te Herstal sinds het minimum van 1964, nl. 63 %, een vermeerdering vast met maximaal 107 % in 1970.
De oververzadiging aan O_2, die we vaststellen tijdens de laatste jaren, zal waarschijnlijk wel een gevolg zijn van overmatige algenontwikkeling waarbij de toename van het fosfaatgehalte dan weer moet betrokken worden. Bij gebrek aan kwalitatieve gegevens over de biologie van de Maas moeten we het echter bij vermoedens laten.
Wanneer we weten dat de Maas is ondergebracht in klasse 2 volgens de wet van 1950 en dat de voorwaarde voor klasse 2 is niet minder dan 70 % verzadiging gedurende 1 maand, dan moeten we uit de minimale gemeten waarden die voor de periode 1962-

1970 bijna steeds lager liggen dan 70 % wel afleiden dat de wettelijke voorschriften niet werden gevolgd. In 1963 en 1964 waren zelfs de gemiddelde jaarcijfers beneden het wettelijke minimum. Met de debietsverdeling over het jaar zoals deze thans bestaat op de Maas kan de huidige belasting aan verontreiniging tijdens bepaalde perioden van laag debiet door de Maas niet opgenomen worden en zijn maatregelen dringend noodzakelijk, hetzij door verhoging van het minimum debiet, hetzij door verlaging van de lozingsbelasting.

Zuurtegraad (pH) (tabel V).

Tussen Jambes en Namêche wordt een lichte afname vastgesteld (nl. van 8,05 naar 8,0) die dan meer uitgesproken wordt naar Herstal toe (nl. van 8,00 naar 7,7).

Deze afname kan o.a. veroorzaakt worden door de autoëpuratie, nl. de biodegradatie van organische stoffen waardoor CO_2 ontstaat als eindprodukt. Dit kan een gevoelige daling van de pH teweegbrengen daar bij de pH van het Maaswater geen buffereffect optreedt.

De hoge maximumwaarden, b.v. 8,4 te Herstal, kwamen voor tijdens zonnige perioden waarbij de CO_2 toename door biodegradatie gekompenseerd wordt door een afname als gevolg van de fotosynthese bij geringe turbiditeit.

Tijdens de periode 1962-1970 is de pH-waarde weinig geëvolueerd behoudens een plotse stijging van 0,2 punten tussen 1966 en 1967.

Stikstof

(*NH_4-ion* µg/l (tabel VI))

(*Nitraten* mg/l (tabel VIa))

Alhoewel de bepaling van gebonden NH_3 en van de nitrieten opgenomen is in de periodische analyse der kontrolemonsters van de Maas, weerhouden we hier slechts het NH_4-ion en de nitraten.

Voor het ammonium (NH_4-ion) is het gehalte te Herstal bijna 8 maal hoger dan te Jambes en meer dan 7 maal te Namêche. Het is hier duidelijk de aanvoer van het vuile Samberwater die als oorzaak voor deze ongunstige evolutie verantwoordelijk is. De evolutie van het gemiddelde jaarcijfer, evenals van de maxima, is bijzonder ongunstig in de jaren 1969 en 1970.

Gelet op de onvolledige menging van het Maaswater op de voedingsplaats van het Albertkanaal, is het mogelijk dat het gemiddelde cijfer in de Maas zelf de opgegeven waarden nog overtreft.

Voor de nitraten stellen we vast dat het gemiddeld gehalte in de Maas te Jambes reeds vrij hoog is en 6,7 mg/l bereikt. De stijging te Namêche tot 8,1 mg/l onder invloed van Samber en te Herstal tot 10,3 mg/l als gevolg van de Luikse lozingen liggen in de lijn der verwachtingen.

Ongunstig is de evolutie tijdens de periode 1962-1970, vermits voor al de referentiepunten praktisch zonder onderbreking een stijging wordt genoteerd met voor 1970 een verdubbeling of meer van de cijfers van 1962.

De hardheid (Duitse graden) (tabel VII)

De hardheid van het Maaswater te Jambes bedraagt gemiddeld 10°6. De invloed van de Samber doet de hardheid stijgen tot gemiddeld 11°6 en verder blijft deze waarde ongeveer behouden. Dus komt de enige verontreiniging met calcium en magnesiumzouten van de Samber.

NH_4 ion (µg/l)		62	63	64	65	66	67	68	69	70	62-70
JAMBES	max.	40	120	80	60	40	160	240	125	200	240
	gem.	10	25	35	30	14	32	23	20	98	32
	min.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NAMÊCHE	max.	480	210	960	80	520	760	1900	1250	2000	2000
	gem.	105	70	195	30	161	324	263	442	388	220
	min.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HERSTAL	max.	1600	250	1600	120	480	600	2400	2000	2600	2600
	gem.	455	60	320	50	123	216	233	492	545	242
	min.	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0

TABEL VI - *Bepaling via destillatie met neslerreagens.*

NITRAAT (mg/l)		62	63	64	65	66	67	68	69	70	62-70
JAMBES	max.	11,2	10,4	9,0	12,4	10,4	11,0	12,0	14,0	12,0	14,0
	gem.	4,3	6,0	5,5	7,2	7,5	6,6	7,9	7,8	7,7	6,7
	min.	1,2	3.2	3,2	5,6	4,8	4,0	3,4	4,0	4,8	1,2
NAMÊCHE	max.	12,8	10,8	9,4	10,4	13,2	12,5	20,0	16,0	14,0	20,0
	gem.	5,2	7,6	7,05	8,6	8,9	8,3	8,0	9,7	9,5	8,1
	min.	1,8	4,8	3,9	5,8	5,8	5,4	4,2	6,0	6,0	1,8
HERSTAL	max.	13,8	11,6	13,8	12,4	16,4	22,0	16,4	18,0	20,0	22,0
	gem.	5,6	9,1	9,2	9,6	11,1	12,2	11,2	11,3	13,4	10,3
	min.	2,0	7,0	5,4	7,8	6,8	8,0	5,8	5,0	10,0	2,0

TABEL VIa - *Bepaling met Na-salicylaat.*

TOTALE HARDHEID DG°		62	63	64	65	66	67	68	69	70	62-70
JAMBES	max.	12,9	13,2	12,9	12,3	14,6	11,8	14,0	14,6	16,2	16,2
	gem.	10,6	9,8	10,4	10,1	10,1	10,4	11,2	11,2	11,8	10,6
	min.	7,8	7,3	9,0	8,4	6,7	8,4	10,1	9,8	7,3	6,7
NAMÊCHE	max.	14,6	16,0	14,0	13,4	12,3	16,8	14,0	14,0	15,7	16,8
	gem.	11,8	11,4	12,2	10,1	10,6	12,3	11,8	12,3	12,0	11,6
	min.	7,8	8,4	10,4	8,0	7,6	8,7	10,1	10,1	9,0	7,8
HERSTAL	max.	15,4	12,9	17,4	14,0	14,0	15,7	15,1	14,6	14,0	17,4
	gem.	11,8	11,2	12,9	11,2	10,6	13,4	12,3	11,8	12,9	12,0
	min.	8,4	9,0	10,6	9,5	7,3	10,1	10,1	10,1	9,0	7,3

TABEL VII - *Bepaling met alkoholische zeepoplossing volgens Boutron en Boudet.*

De tijdelijke hardheid is voor alle referentiepunten en voor de ganse periode 1962-1970 nagenoeg constant, wat op een natuurlijke belasting wijst.

De chloriden (mg/l) (tabel VIII)
Het chloridegehalte in de Maas neemt ook bruusk toe na de aanvoer van het Samberwater. Gemiddeld 18 mg/l vóór de Samber en 39 mg/l na de Samber.
De hoeveelheden chloriden die via de Samber in de Maas terecht komen, zijn ekwivalent aan het lozen van 112 ton NaCl per dag. Het Luikse industriegebied voegt hier nog ongeveer 48 ton per dag aan toe.
Van deze laatste lozingen wordt schier niets gemerkt in het monsterpunt te Herstal, daar het chloride-arme Ourthewater voor de nodige verdunning zorgt.
Voor de evolutie over de periode 1962-1970 stellen we wel schommelingen vast in functie van de debieten, maar is in globo de toestand 1970 gelijk aan deze in 1962.

Fluoride (mg/l)
De gegevens over de fluoriden in de Belgische Maas zijn ons slechts bekend vanaf 1970, omdat voordien geen systematische kontrole op het fluoride-gehalte werd doorgevoerd.
Uit de beschikbare gegevens vernemen we dat te Jambes en te Namêche het fluoridegehalte bestendig zeer laag, nl. beneden 0,5 mg/l ligt.
Te Herstal daarentegen werden op bepaalde ogenblikken in 1970 tot 2,85 mg/l en in 1971 tot meer dan 3 mg/l gevonden. Deze cijfers zijn duidelijk veroorzaakt door het lozen van industrieel afvalwater in het Luikse industriegebied.
De indruk uit de weliswaar te korte waarnemingsperiode is dat de verontreiniging door fluoride in stijgende lijn gaat. Bij lage debieten in de Maas worden nu reeds de toelaatbare grenzen, nl. 1,5 mg/l ruim overschreden.

Cyanide (μg/l)
De aanwezigheid van cyanide wordt slechts gesignaleerd vanaf Andenne, dit is voorbij Namêche.
Door hydrolyse en biodegradatie daalt het gehalte snel tot het oorspronkelijk niveau nl. < 10 μg/l om tussen Seraing en Ougrée (Luikse industriegebied) plots weer te stijgen tot nieuwe maxima nl. 140 μg/l in 1958, wat overeenkwam met een lozing van 2,5 ton per dag.
Nadien gaat het gehalte weer dalen naar hoeveelheden beneden 10 μg/l.

CHLORIDE (mg/l)		62	63	64	65	66	67	68	69	70	62-70
JAMBES	max.	21	25	29	21	21	29	35	35	22	35
	gem.	15	18	20	16	15	21	20	17	18	18
	min.	10,6	14	14	10	10	16	14	10	10	10
NAMÈCHE	max.	96	106	71	196	39	82	57	60	78	196
	gem.	38	45,5	46	42	26	48	33	38	37	39
	min.	17	29	25	10	10	18	16	21	21	10
HERSTAL	max.	74	50	71	46	64	82	67	64	53	82
	gem.	41	32	44	28	30	41	37	35	33	36
	min.	17	21	25	10	14	12	21	21	21	10

TABEL VIII - *Bepaling door titrimetrie volgens Mohr met zilvernitraat en kaliumchromaat.*

SULFAAT (mg/l)		62	63	64	65	66	67	68	69	70	62-70
JAMBES	max.	50	65	37	19	25	145	88	72	115	145
	gem.	31	25	19	13	20	38	52	53	56	34
	min.	24	7	6	6	11	9	22	27	27	6
NAMÈCHE	max.	65	84	47	54	37	66	147	81	125	147
	gem.	44	34	29	23	26	34	58	59	66	41
	min.	27	15	15	13	10	16	16	37	27	10
HERSTAL	max.	116	90	146	86	72	95	115	112	150	150
	gem.	65	52	65	40	45	57	78	74	86	62
	min.	35	35	29	21	17	34	24	46	44	17

TABEL IX - *Bepaling met bariumchloride.*

FOSFAAT (µg/l)		62	63	64	65	66	67	68	69	70	62-70
JAMBES	max.	120	60	225	280	220	310	410	340	308	410
	gem.	50	40	80	125	123	210	235	178	121	129
	min.	10	5	25	50	0	160	100	60	10	0
NAMÈCHE	max.	125	50	60	250	240	165	280	340	378	378
	gem.	50	33	40	110	108	111	151	209	157	108
	min.	15	5	10	40	40	25	40	30	20	5
HERSTAL	max.	325	300	300	430	360	320	362	340	1090	1090
	gem.	140	180	235	215	157	200	145	168	345	198
	min.	50	50	150	80	15	100	60	0	10	0

TABEL X - *Bepaling met ammoniummolybdaat.*

IJZER (mg/l)		62	63	64	65	66	67	68	69	70	62-70
JAMBES	max.	1,19	1,23	1,70	0,7	2,5	2,23	1,2	0,48	1,82	2,5
	gem.	0,23	0,27	0,32	0,24	0,74	0,94	0,67	0,36	0,64	0,49
	min.	0,05	0,06	0,01	0,07	0,12	0,19	0,27	0,15	0,22	0,01
NAMÈCHE	max.	2,1	2,6	7,7	1,05	4,4	2,7	2,32	1,99	1,2	7,7
	gem.	0,35	0,5	0,85	0,38	1,15	1,15	0,96	0,74	0,72	0,75
	min.	0,1	0,1	0,08	0,05	0,05	0,31	0,35	0,10	0,23	0,05
HERSTAL	max.	1,24	2,0	1,6	1,2	5,3	2,24	1,96	1,45	2,2	5,3
	gem.	0,37	0,71	0,65	0,73	1,23	1,17	0,96	0,87	0,99	0,85
	min.	0,05	0,15	0,27	0,09	0,01	0,36	0,10	0,21	0,30	0,01

TABEL XI - *Bepaling door colorimetrie met thiocyanaat.*

FAECALE COLI'S / 100ml		62	63	64	65	66	67	68	69	70	62-70
JAMBES	gem.	1250	3470	450	1770	2011	2080	10685	3237	4500	3273
NAMÈCHE	gem.	2100	7010	625	291	2120	2330	9740	2875	5040	3570
HERSTAL	gem.	3700	12120	2690	2370	2960	3410	10170	3940	5750	5234

TABEL XII - *Bepaling met membraamfilter 0,45 μ met tergitol Agar op 44 °C gedurende 24 uur.*

Voor zover de interpretatie van een klein aantal waarnemingen enige besluitvorming toelaat, kunnen we aannemen dat deze verontreiniging tussen 1959 en 1967 quasi stationair is gebleven.

Sulfaten (mg/l) (tabel IX)

Het sulfaatgehalte van de Maas is reeds belangrijk te Jambes, gemiddeld 34 mg/l, met maximale waarde van 145 mg/l.
De Samber doet het sulfaatgehalte met ongeveer 20 % toenemen tot gemiddeld 41 mg/l.
Te Herstal blijkt andermaal een toename van 50 % t.o.v. de waarde te Namêche genoteerd te worden en is het gemiddelde cijfer tot 62 mg/l gestegen.
Daarenboven wordt sinds 1968 een aanzienlijke toename vastgesteld met gemiddelde jaarcijfers van 78 tot 86 mg/l t.o.v. 40 en 45 in 1965 en 1966.

Fosfaten (μg/l) (tabel X)
(ortho-fosfaten op ongefilterd monster)

Wanneer we de gemiddelde waarde van de periode 1962/1970 beschouwen, bemerken we een daling van ± 15 %, nl. van 129 μg/l naar 108 μg/l tussen Jambes en Namêche en vervolgens een stijging van 80 %, nl. tot 198 μg/l te Herstal.
Wanneer we echter de gemiddelde waarde per jaar vergelijken, is de gevolgtrekking niet zo eenvormig. Soms is de stijging naar Herstal zeer aanzienlijk, zie 1970, soms minder belangrijk en soms is er zelfs een daling vast te stellen zoals in 1968 en 1969.

De evolutie van 1962 naar 1970 is echter vrij verontrustend gezien de stijgende lijn die algemeen wordt waargenomen, nl. overal bijna een faktor 3 op het gemiddelde jaarcijfer.

IJzer (mg/l) (tabel XI)

Men noteert een belangrijke aanvoer van ijzer uit de Samber met een gemiddelde verhoging van 50 %, nl. van 0,49 mg/l naar 0,75 mg/l. De stijging tussen Namêche en Herstal is eerder gering, nl. tot 0,85 mg/l.

Nabij de metallurgische bedrijven in het Luikse worden echter zeer hoge waarden gevonden en wel 3,75 mg/l in 1958 wat overeenkomt met een lozing van 432 ton ijzer per dag.

De variaties van het ijzergehalte in de periode 1962-1970 vertonen geen vaste trend, na een vrij constante periode tot 1965 komt er een stijging tot 1967, vervolgens een daling tot 1969 en opnieuw een stijging in 1970 voor.

C. Bacteriologische parameter (tabel XII)

We beperken ons tot het overzicht van het onderzoek naar faecale coli (100 ml) daar deze parameter ons de meest representatieve lijkt voor de besmettingsconcentratie en evolutie.
Als algemene tendens mogen we aanstippen dat het coligetal toeneemt van Jambes naar Herstal, wat een gevolg is van de toenemende bevolkingsconcentratie in de richting van Zuid naar Noord.

In de tijd zijn de variaties zeer wisselvallig. Zo bemerken we te Herstal zeer hoge getallen in 1963 en 1968 en relatief lage getallen in 1964, 1965 en 1966, alhoewel deze cijfers niet erg verontrustend zijn omdat de autoëpuratie hierin de passende verlaging teweegbrengt nog vóór een afstand van 50 km in het Albertkanaal is afgelegd, terwijl er meer dan 100 km kanaal tot aan de waterwinning dient doorstroomd te worden.
Deze cijfers geven echter wel een beeld van de intensiteit der waterverontreiniging door de afvalwaters voortkomend van de bevolking in het stroomgebied van de Maas.

III. **Auto-epuratie**

Terwijl voor de anorganische belasting van de rivier een vermindering optreedt ingevolge bezinking of verdunning, is men voor de organische belasting in hoofdzaak aangewezen op afbraakprocessen waarvan de bijzonderste stadia zijn biodegradatie, fotosynthese en nitrificatie.

a. *Biodegradatie:*

$$\text{organische stof} \xrightarrow{O_2} CO_2.$$

De snelheid waarmede de reaktie doorgaat is functie van de aard der af te breken stof en de microbiologische parameters als temperatuur, beschikbare voedingsstoffen, metabolische eigenschappen van de bacteriën, enz.
Voor de cyaniden en fenolen die na de verontreiniging te Seraing praktisch volledig verdwenen zijn te Luik, is de verdwijning het duidelijkst aan te tonen.
De verschijnselen die het zuurstofgehalte beïnvloeden zijn zeer complex en reageren door elkaar. Vereenvoudigd tot het uiterste waarbij alleen de invloed van de vers geloosde organische produkten weerhouden wordt, kan men stellen dat de afbraak steunt op variaties in het O_2 gehalte.
Op het ogenblik t_m na introduktie van een organische belasting L_o is het totaal O_2 deficiet maximaal (D_c).
De vergelijking van Streeter en Phelps geeft

$$D_c = \frac{k_1}{k_2} L_o \, 10^{-k1\,tm}$$

waarbij

k_1: de snelheidskonstante van de biodegradatie

k_2: de reoxygenatiekonstante

Voor de Maas heeft men k_1 *) = 0,142 d^{-1} wat een hoog autoëpurerend vermogen aanduidt en k_2 *) = 0,068 d^{-1} wat een lage reoxygenatie betekent, dit waarschijnlijk ten gevolge van de aanwezigheid van koolwaterstoffen aan de oppervlakte.
Deze biodegradatie gaat gepaard met een daling van de organische stof, een toename van de bacteriën en een stijging van het CO_2 gehalte waaruit een

*) Nota: de aangegeven waarden werden ontleend aan het artikel „Etude des eaux de la Meuse en 1963" van S. Herry in Tribune du CEBEDEAU nr. 245 van 1964.

daling van de pH voortkomt. Uiteraard is er eveneens een daling van het O_2 gehalte.

b. *Fotosynthese:*

$$CO_2 \xrightarrow{\text{licht}} \text{organische stof} + O_2.$$

Het CO_2, vrijgemaakt bij de biodegradatie, wordt gedeeltelijk verbruikt door groen- en kiezelwieren, waarbij dan O_2 geproduceerd wordt.
Te Monsin werden de dagschommelingen gemeten met een maximum om 18.00 uur en een minimum om 6.00 uur.
De fotosynthese die onder invloed van het zonlicht plaatsvindt geeft aanleiding tot een O_2 kurve die bepaald wordt door volgende componenten:
1 de insolatiekurve; 2 de totale O_2 produktie; 3 het eigen O_2 verbruik.

Voedingsstoffen zijn er in de Maas rijkelijk voorhanden; voor 18-8-1966 werd aan de Belgisch-Nederlandse grens een afvoer berekend van 25 ton N en 8,3 ton P per dag, wat overeenkomt met een bevolking van ongeveer 2,5 miljoen inwoners in het stroomgebied.
Daar de activiteit van de foto-synthese zich beperkt tot de zomerperiode, noteert men een verloop van het NO_3 getal dat het omgekeerde is van het temperatuursverloop. Daarenboven is het zomerminimum van het NO_3 getal voor de verontreiniging van het Maaswater, nl. te Jambes veel meer uitgesproken dan te Herstal, na doorstroming van de verschillende pollutiezones.

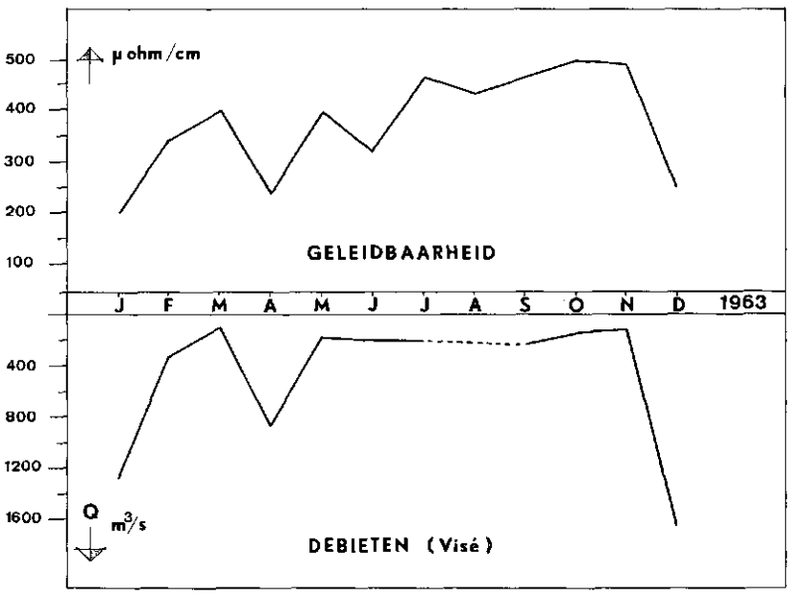
c. *Nitrifikatie:*

$$\text{organische stof} \rightarrow NH_4^+ \xrightarrow{O_2} NO_2^- \xrightarrow{O_2} NO_3^-$$

Vermits de nitrifikatie begint na een eerste afbraak van organische stikstof tot ammonium, is de begintijd van de nitrifikatie een index van de ouderdom van de pollutie.
De Samber kunnen we rangschikken als aanbrenger van een oude pollutie in de Maas. Het Luikse gebied is gekenmerkt enerzijds door een industriële pollutie rond Seraing en verder een verse pollutie van de Luikse riolen.

IV. **Relatie debiet-verontreiniging**

Algemeen gezien betekent een verhoging van het debiet een daling van het gehalte aan kunstmatige verontreiniging, terwijl het natuurlijk gehalte ongewijzigd blijft.



Grafiek 1.

TABEL XIII - *Vergelijking Herstal - Jambes (1970) en 1970 - 1962 (Herstal).*

PARAMETER	eenheid	1970			HERSTAL		
		JAMBES	HERSTAL	△	1962	1970	△
AS ZWEVENDE STOF	mg/l	23	38	+ + +	14	38	+ + + +
TURBIDITEIT	am°	10	15	+ +	12	15	+ +
ORGANISCHE STOF	mg/l	72	64	−	71	64	−
OPGELOSTE O_2	% verzad.	117	107	−	75	107	+ +
ZUURTEGRAAD	pH	8,2	7,8	−	7,7	7,8	0
GEBONDEN NH_3	µg/l	277	250	−	140	250	+ + +
VRIJE NH_3	µg/l	98	545	+ + + +	455	545	+
NITRIET	µg/l	60	130	+ + + +	50	130	+ + + +
NITRAAT	mg/l	7,7	13,4	+ + +	5,6	13,4	+ + + +
GELEIDBAARHEID	µmho/cm	363	431	+	424	431	0
HARDHEID	D°	11,8	12,9	+	11,8	12,9	+
BICARBONAAT	mg/l	183	189	0	183	189	0
CHLORIDE	mg/l	18	33	+ + +	41	33	−
SULFAAT	mg/l	56	86	+ + +	65	86	+ +
FOSFAAT	µg/l	121	345	+ + + +	140	345	+ + + +
IJZER	µg/l	640	990	+ + +	370	990	+ + + +
FAECALE COLI'S	aant./100ml	4500	5750	+ +	3700	5750	+ + +

△ −(−2→−5) 0(−4→+4) +(5→20) ++(21→50) +++(51→100) ++++(>100)
% TOENAME - AFNAME

In wiskundige taal betekent dit:

$$C = C_n + \frac{A}{Q}$$

C : totale concentratie
C_n : natuurlijke concentratie
A : kunstmatig gehalte
Q : debiet

Vermits de lozing (A) constant wordt verondersteld, betekent dit een hoge C voor een lage Q waarde.
Voor het jaar 1963 hebben we even de geleidbaarheid als algemene index van de verontreiniging in diagramma gebracht, tegenover de debieten op het ogenblik der staalname.
Voor de debieten werd de schaal stijgend van boven naar onder gekozen, dit om de correlatie van het beeld duidelijker te maken (grafiek 1). Uit deze grafieken blijkt dat een vrij goede correlatie bestaat tussen geleidbaarheid en debiet, zodat men misschien mag besluiten dat de storende faktoren zoals de biologische processen slechts van gering belang zijn.
Voor de biologische processen is de aanvoer van opgeloste zuurstof van kapitaal belang. Grote debieten hebben derhalve steeds een gunstige invloed op de autoëpuratie.
Extreme toestanden brengen echter steeds speciale situaties teweeg.

a. *Bij plotse zeer hoge afvoer*

Bij plotse zeer hoge afvoer ontstaat een spoelingseffect in de rioolnetten waardoor grote hoeveelheden organische stoffen in de rivier gespuid worden en soms een plaatselijk zuurstoftekort ontstaat. Dit geschiedt vooral tijdens de wassen van december en februari. Ook in bepaalde gedeelten van de stroom, bijv. in de Dérivation te Luik treedt een soortgelijk verschijnsel op daar meestal de snelheid zeer laag is met als gevolg veel bezinking en bij plotse stijging van de snelheid opwoeling van de bezonken stoffen.

b. *Bij zeer lage afvoer*

Bij zeer lage afvoer komt men in een andere extreme situatie waarbij meervorming optreedt. Ieder pand gedraagt zich inderdaad alsdan ongeveer als een meer waardoor de toestand vooral in het pand Ivoz-Monsin zeer kritisch kan worden, vermits daar alle lozingen van het Luikse bekken in de rivier terecht komen zonder enige verdunning op die tijdstippen. In 1962 is op een bepaald ogenblik de toestand zodanig geweest dat in feite de fabrieken hun eigen afvalwater terug uit de rivier pompten. Het O_2 gehalte was dan ook gedaald tot 18 %.

Ook in 1959 en 1964 hebben zich soortgelijke toestanden voorgedaan toen gedurende resp. 149 en 166 dagen de afvoer beneden 50 m^3/sec. bleef.

V. **Samenvattend overzicht** (tabel XIII)

Samenvattend geven we een vergelijking tussen het waarnemingspunt te Jambes en dit te Herstal en tevens de evolutie van het waarnemingspunt te Herstal in de periode 1962-1970.
We stellen vast:

1. te Jambes is de Maas reeds vrij zwaar belast met zwevende stoffen, begin- en eindprodukten van de stikstofcyclus, sulfaten en bacteriën;
2. tussen Jambes en Herstal noteert men
   — een zeer belangrijke stijging van gebonden NH_3, nitrieten, fosfaten, kiemen op 22 °C, ijzer;
   — een belangrijke stijging van nitraten, chloriden, sulfaten, zwevende stoffen.

   Bij het overschouwen van deze stoffen stellen we dus vast dat de verontreiniging zowel voortkomt van de industrie als van de bevolking.
3. Tijdens de periode 1962-1970 noteren we een zeer sterke stijging voor zwevende stoffen, nitrieten, nitraten, fosfaten, ijzer, kiemen op 22 °C.
   Globaal kunnen we hieruit afleiden dat er een stijgende capaciteit om organische verontreiniging op te vangen blijkt te bestaan. De anorganische verontreiniging wordt door de autoëpuratie niet beïnvloed en deze gaat dan ook in stijgende lijn, wat wel verontrustend is.

VI. **Vissterfte in de Maas sinds 1955**

De vissterfte op een rivier is dikwijls de aanduiding voor het overschrijden van het alarmpeil van de verontreiniging.
De vissterfte kan veroorzaakt worden door:

a. de aanwezigheid van toxische stoffen in het water (het meest gevaarlijke geval);
b. verstikking door zuurstofgebrek of door mechanische belemmering van de ademhaling;
c. ziekte.

De oorzaken der vijftien gevallen van vissterfte, vastgesteld op de Belgische Maas tussen 1955 en 1969 kunnen onderverdeeld worden als volgt:

11 gevallen wegens zuurstoftekort;
2 gevallen wegens ziekte bij de vissen (steeds een bepaalde soort);
1 geval wegens intoxicatie;
1 geval wegens onbekende oorzaak.

Bij de gevallen van zuurstoftekort komen natuurlijke oorzaken (zeer lage debieten of plotse hoge debieten) en kunstmatige verontreinigingen voor.
In één enkel geval heeft men met zekerheid de intoxicatie en wel met naftaleen kunnen vaststellen.
Belangrijke verontreinigingen van het Maaswater ingevolge scheepvaartongevallen werden tot nog toe niet vastgesteld.

VII. **Kwaliteit van het Maaswater in het Albertkanaal** (tabel XIV)

Na een verblijf van 25 dagen in het Albertkanaal zonder belangrijke bijkomende lozingen, vergelijken we de samenstelling van het water in het pand Herentals-Wijnegem met de zoeven besproken karakteristieke parameters te Herstal.
We stellen vast dat de bacteriologische kwaliteit van het water aanzienlijk verbetert vermits de E coli voor 97 % verdwijnt. Tevens worden de fosfaten tot minder dan de helft herleid en stijgt de zuurstofverzadiging tot 100%.
De toename van de zwevende stoffen, de turbiditeit en het ijzergehalte is het gevolg van de intense scheepvaart (opwoelen van bodemspecie) en van de verbredingswerken welke sinds verschillende jaren in de verschillende panden van het kanaal worden uitgevoerd.
Het $KMnO_4$ verbruik, de pH waarde, nitraten, chloriden, sulfaten en de hardheid ondergaan in het Albertkanaal geen belangrijke wijziging.

VIIa. **Onderzoek naar micropolluenten**

Tijdens het laatste jaar werd een grondig onderzoek naar micropolluenten in het Maaswater ingezet door de laboratoria van de AWW in samenwerking met het laboratorium van het Provinciaal Instituut voor Hygiëne van de provincie Antwerpen. De bedoeling van dit onderzoek was in de eerste plaats gericht op een zo ruim mogelijk inzicht van de bestaande toestad waaruit dan het passend kontrolemechanisme zal moeten afgeleid

PARAMETER	eenheid	HERSTAL	A-KANAAL	EVOLUTIE
ZWEVENDE STOF	mg/l	27	36,5	+ +
TURBIDITEIT	am°	13	29	+ +
K Mn O_4 verbruik	mg/l	63	69	+
O_2 verzadiging	%	84	101	+ +
ZUURTEGRAAD	pH	7,7	7,9	+
NITRATEN	mg/l	10,3	10,2	0
HARDHEID	D°	12,0	11,2	−
CHLORIDEN	mg/l	36	49	+ +
SULFATEN	mg/l	62	67	+
FOSFATEN	µg/l	198	84	− −
IJZER	mg/l	0,85	1,51	+ +
E COLI	aant./100 ml	5234	192	− −

+ + belangrijke toename — — belangrijke daling
+ toename — daling
0 ongewijzigd

TABEL XIV - *Maas-Albertkanaal - Vergelijkingstabel gemiddelde waarde 1962 - 1970.*

worden in functie van de potentiële gevaren.
Het rapport van deze eerste onderzoekingen is nog niet openbaar gemaakt op dit ogenblik, maar toch kunnen we enkele gegevens hieruit mededelen.
Het onderzoek omvatte volgende bepalingen: Cd, Co, Cr, Mn, Ni, Pb via de atoomabsorptiespectrofotometer Perkin-Elmer.
De Hg bepaling geschiedde met de Coleman Mercury Analyser.
De fluoriden werden bepaald met de specifieke ionometer Orion.
De organische bestanddelen werden bepaald via dunlaagchromatografie of gaschromatografie.
Verder werden een aantal visproeven uitgevoerd met Lebistes reticulatus om de toxiciteit van een aantal watermonsters te testen.
Voor de metalen werd gevonden in de Maas te Herstal:

Cd 35 µg/l
Co < 5 µg/l
Cr < 9 µg/l
Mn 95 µg/l
Ni < 30 µg/l
Hg 0,2 µg/l

Voor de fluoriden (die sinds 1970 systematisch onderzocht worden) werden maximale concentraties van 9 mg/l gevonden in de Maas te Herstal.
Voor de organische bestrijdingsmiddelen werd te Herstal in de Maas in de vorm van gechloreerde KWS en gefosforileerde verbindingen telkens < 1 ppb gevonden.
Als opgeloste olie werd te Herstal 10 ppb teruggevonden.
Op de typische toxiciteit door visproeven werden 7 lozingspunten en 3 rivierpunten onderzocht.
Eén van de lozingspunten was positief wat de toxiciteit betreft zelfs na verdunning tot 10 % met zuiver water. Al de andere gaven negatieve resultaten, zelfs zonder verdunning, en kunnen dus als niet toxisch aangezien worden.

Samen met het onderzoek van de watermonsters van de Maas en het Albertkanaal werd ook het leidingwater van de AWW aan al deze proeven onderworpen.

Hieruit is gebleken:

1. dat geen der toxische metalen Cd, Cr, Pb, Hg in hogere concentraties dan toegelaten in het AWW leidingwater voorkomen;
2. dat het gevaar de maximale grens in het drinkwater te overschrijden afhankelijk is van de geloosde hoeveelheden en dus een strenge kontrole noodzakelijk is op deze lozingen;
3. dat uit berekeningen met de vastgestelde concentraties te Herstal (35 ppb) en te Oelegem (1,5 ppb) en het jaardebiet van de Maas de hoeveelheid Cd die jaarlijks geloosd wordt op 25 ton kan geschat worden.
   Een grondig onderzoek naar de herkomst en het juist gedrag van Cd is dus noodzakelijk, gezien het gevaar van dit spoorelement;
4. dat alhoewel de gevonden concentratie Hg nl. 0,2 ppb in het leidingwater zeer laag is tegenover de 2 ppb toegelaten in de USA, toch aan de Hg pollutie aandacht moet besteed worden gezien het gevaar dat kan ontstaan van in water oplosbare erg toxische organische metaalverbindingen uit het slib;
5. dat de hoeveelheden bestrijdingsmiddelen die in het AWW-leidingwater voorkomen verwaarloosbaar zijn in vergelijking met wat aanwezig is in ons totaal voedselpakket;
6. dat in het leidingwater geen organische polluenten voorkomen in aantoonbare hoeveelheden

zodat een algemeen besluit mag getrokken worden uit deze eerste vaststellingen, nl. dat het Maaswater in België een aanvaardbare kwaliteit bezit als bron voor drinkwatervoorziening maar dat een bestendige kontrole-organisatie noodzakelijk is omwille van de potentiële gevaren die bestaan in het Luikse woon- en industriegebied en de streek van Charleroi.

VIII. **Wettelijke perspectieven**

Hoewel het autoëpurerend vermogen van de Maas globaal schijnt toe te nemen, moet men toch ernstig rekening houden met de voortschrijdende verontreiniging ingevolge stedelijke en industriële expansie. Daarenboven

kunnen uitzonderlijke omstandigheden zoals lage debieten het autoëpurerend vermogen sterk aantasten en zal men ingevolge de toename van de verontreiniging sneller in een kritische toestand terecht komen.
Door de wet van 11 maart 1950 beschikte België over een zeer vooruitstrevende wetgeving in de strijd tegen de waterverontreiniging.
In toepassing van deze wetgeving werden de waterlopen in 3 kategorieën gerangschikt:

klasse 1 bestemd voor drinkwatervoorziening;

klasse 2 alle gebruik behalve industrieel;

klasse 3 industrieel gebruik.

De Belgische Maas werd ondergebracht in klasse 2 en het Albertkanaal in klasse 1.

Deze situatie doet speciale problemen ontstaan waarvoor in de wet niets voorzien is. Het kan nl. voorkomen dat aan het water van de Maas te Luik zekere eisen zouden dienen gesteld te worden die verder gaan dan wat overeenkomt met klasse 2 omdat anders aan de voorwaarden van klasse 1 in het Albertkanaal onmogelijk kunnen voldaan worden.
Er wordt thans getracht te bekomen dat als eisen voor de Maas zouden aanvaard worden op het voedingspunt van het Albertkanaal te voldoen aan klasse 1.
De opzet van de wetgever die tot 80 % staatstussenkomst voorzag bij de bouw van zuiveringsstations voor afvalwater werd niet bereikt omdat de initiatieven niet of onvoldoende gebundeld waren.
In 1966 werd ingevolge deze vaststelling door de Minister van Volksgezondheid een wetsontwerp ingediend om de bestaande wet van 1950 te vervangen.
Deze wet werd op 26 maart 1971 van kracht en voorziet in de oprichting van waterzuiveringsmaatschappijen per stroomgebied, nl.:

1 voor stroomgebied van de Maas en de Rijn;

1 voor stroomgebied van de Schelde;

1 voor stroomgebied van de IJzer en de Kust.

In ieder van deze maatschappijen participeren alle belangengroepen, nl. de bevolking via de provincie, de nijverheid en de watervoorzieningsbedrijven. Deze maatschappijen zullen verantwoordelijk zijn voor de lozingsvergunningen en dus de lozingsvoorwaarden maar ook voor de kontrole op de toepassing en ten slotte voor de zuivering van de afvalwaters. Zij zullen dus zelf zuiveringsstations bouwen en exploiteren en de bestaande instellingen van de gemeentebesturen overnemen.

Deze wet geeft dus werkelijk aan deze drie waterzuiveringsmaatschappijen de nodige bevoegdheid om de strijd tegen de waterverontreiniging op een doelmatige wijze te voeren.
We wachten thans met ongeduld op de uitvoeringsbesluiten van deze wet en hopen dat zeer spoedig zal kunnen gestart worden met de uitbouw van deze maatschappijen.
Indien onze verwachtingen niet beschaamd worden, mogen we voorzien dat tegen 1982, d.i. binnen 10 jaar de strijd tegen de waterverontreiniging zal gestreden zijn.
Tijdens deze periode van 10 jaar zal een zware inspanning moeten geleverd worden. Een uitgave van 25 miljard F werd geciteerd tijdens de parlementaire besprekingen. Het feit dat een groot gedeelte van België op de Maas is aangewezen voor de drinkwatervoorziening in de eerstvolgende decennia doet ons hopen dat de Maas een prioritaire behandeling zal krijgen bij de realisatie van deze, voor onze toekomst, zo belangrijke verwezenlijkingen.

N.B.
We danken onze medewerker dr. Van Craenenbroeck die uit een zeer groot aantal ontledingsresultaten de passende synthese maakte en de informatie verzamelde.



De Maas bij Urmond.

IR. J. L. KOOLEN
Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater, Voorburg

De kwaliteit van het Maaswater in Nederland

1. De ontwikkeling van het oppervlaktewateronderzoek door het RIZA

Het RIZA heeft onder meer tot taak, adviezen te geven aan allerlei instanties en personen, zowel waterbeheerders, watergebruikers als wateronderzoekers, over de toelaatbaarheid van lozingen, problemen betreffende de kwaliteit van oppervlaktewateren, maatregelen om deze te verbeteren, enz. Daartoe is het noodzakelijk dat het Instituut zo goed mogelijk op de hoogte is van de kwaliteit van de oppervlaktewateren waar het om gaat. Dit vereist wateronderzoek ter plaatse.
Vroeger, dat wil zeggen ongeveer 20 jaar geleden, werd zo'n onderzoek veelal ad hoc uitgevoerd, doelgericht op een bepaald probleem waarover om advies werd gevraagd. In de loop van de vijftiger jaren groeide het besef, dat dit niet voldoende was, vooral niet bij de grotere wateren zoals de grote rivieren. Deze stonden onder invloed van zoveel lozingen, zowel binnen als buiten Nederland, dat er behoefte aan een meer continue informatie betreffende de waterkwaliteit ontstond.
Zodoende werd in het begin van de vijftiger jaren aangevangen met het eerste min of meer routinematige onderzoek. Het is opvallend dat dit juist in de Maas plaatsvond, de rivier die het onderwerp van deze 24e Vakantiecursus Drinkwatervoorziening vormt. Enkele jaren later werd er ook een routinematig onderzoek opgezet voor de Rijn, in het kader van het werk van de Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn tegen Verontreiniging. In het begin van de zestiger jaren werd eveneens begonnen met een routinematig onderzoek van de Waterweg.
In 1965 werd het onderzoek van de grote rivieren: de Maas en de Rijntakken, tot één geheel gecoördineerd. In 1966 werd dit programma uitgebreid met de Westerschelde, en in 1971 met het Hollandsch Diep-Haringvliet (na de afsluiting), de Noord- en Zuidhollandse Noordzeekust, de Waddenzee en de Eems-Dollard. Het programma groeit nog verder uit tot het alle belangrijkste Rijkswateren omvat.
Hierbij moet worden gesteld, dat vele onderzoekingen in samenwerking met andere onderdelen van Rijkswaterstaat, en met diverse instituten buiten het lichaam, worden uitgevoerd. Dit vereist uiteraard een straffe organisatie.

Zo'n onderzoek als dat van de Maas is in de loop van de tijd ook sterk geëvolueerd. De monsters worden per auto verzameld, en genomen vanaf bruggen, veerponten, stuweilanden e.d., dus op plaatsen waar de invloed van de oever met eventuele lozingen zo gering mogelijk is.
Het Maasonderzoek begon in 1950 met de plaatsen Heusden, Keizersveer, Drimmelen en Moerdijkbrug, alle dus gelegen in het Noordwesten van Noord-Brabant, in verband met de bereikbaarheid vanuit het RIZA te Voorburg. De frequentie van onderzoek was eens per maand, en de analyses bestonden uit de temperatuur, de gehalten aan zuurstof, BOD_5, ammoniumion, chlorideion, en de pH.
In 1953 kwamen Grave, Lith en Hedel erbij, nu werd dus het gehele Noord-Brabantse gedeelte van de Maas bestreken. De frequentie werd opgevoerd tot twee bemonsteringen per maand, en de analyses werden op sommige plaatsen uitgebreid met de gehalten aan nitraat-ion en fenolen.
In 1960 werd ook het Zuid-Limburgse gedeelte van de Maas in het onderzoek betrokken, in samenwerking met de Directie Limburg van de Rijkswaterstaat (de beheerder van de rivier). De bemonsteringsplaatsen waren Eijsden, Borgharen, Berg, Linne, Roermond, Grubbenvorst en de zijbeek de Ur. De analyses werden op sommige plaatsen uitgebreid met de gehalten aan nitraat, fenolen, detergenten en orthofosfaat. De frequentie van bemonstering te Eijsden werd opgevoerd tot eenmaal per week.
In 1965 werd het net van bemonsteringsplaatsen voltooid met Belfeld en Sambeek (wat betekende dat nu alle zeven stuwen in het programma waren opgenomen), benevens de zijbeken Roer, Niers en Dieze. De analyses voor de verschillende bemonsteringsplaatsen werden in onderlinge overeenstemming gebracht, en uitgebreid met de gehalten aan totaal stikstof, hydrolyseerbaar fosfaat, sulfaat-ion en de geleidendheid.
In 1968 werd te Keizersveer aangevangen met een regelmatige bepaling van het oliegehalte, in 1969 werd voor een groot aantal bemonsteringsplaatsen de bepaling van het gehalte aan totaal-fosfaat ingevoerd, terwijl de bemonsteringsplaats Berg werd vervangen door Maaseik, en in 1970 werd te Grave begonnen met het bepalen van de gehalten aan zware metalen.

Aan verdere uitbreiding van het analysepatroon wordt juist in deze jaren hard gewerkt. De realisering daarvan is afhankelijk van de capaciteiten van de betrokken laboratoria. De ontwikkeling gaat ook in de richting van veel frequentere metingen. Deze zijn alleen mogelijk bij onderzoek ter plaatse, in bijvoorbeeld daartoe te installeren onderzoekstations.
Plannen hiervoor zijn al in vergevorderde staat van ontwikkeling. Vooralsnog wordt gedacht aan het plaatsen van een tweetal van laboratoria voorziene pontons: één in de Maas te Eijsden, en één in de Rijn te Lobith. Op deze pontons zullen de daartoe geschikte parameters continu (of zeer frequent) worden gemeten. Daarnaast zullen er monsters kunnen worden verzameld, zowel van water als van het daarin meegevoerde slib. Er zal extractie kunnen plaatsvinden op organische stoffen, waaronder pesticiden. Ook zullen doorstroom-aquaria worden geïnstalleerd met vissen en andere waterdieren, ter accumulatie van allerlei stoffen, die in daartoe gespecialiseerde laboratoria kunnen worden onderzocht. Dit alles wijst er wel op dat een heel aantal instellingen bij dit project samenwerkt, o.a. RIZA, RIV, RID, terwijl ook sommige universiteitslaboratoria belangstelling hebben.
De ervaringen met de meetpontons zullen moeten uitwijzen, in hoeverre zij op meer plaatsen kunnen worden opgesteld, om zo de informatiestroom op te voeren. Doch voorlopig zal het vooral gaan om de technische kant van de kwaliteitsmetingen, de uitvoerbaarheid en betrouwbaarheid daarvan. Het spreekt vanzelf, dat de

ervaringen die tot nu toe bij het Duitse meetstation voor de Rijn te Bimmen (op de grens met Nederland) zijn bereikt, hierbij een grote rol spelen.

2. Samenwerking bij het oppervlaktewater-onderzoek

In het bovenstaande is daarvan al verscheidene malen gewag gemaakt. Tot voor enige jaren is er altijd al min of meer een scheiding geweest tussen „oppervlaktewaterbeheerders" (door velen slechts gezien als zijnde „afvalwaterontvangers"), en „drinkwaterbereiders". Deze scheiding is niet zo vreemd als zij lijkt. De twee genoemde groepen bekijken het intermedium, het oppervlaktewater, vanuit diametraal tegenover elkaar staande gezichtspunten. De oppervlaktewater-beheerders beschouwen het water, noodgedwongen, van de kant van de zich opdringende lozingen: hoeveel kan er nog bij, wat moet er af, welke parameters zijn hierbij van belang, welke andere belangen spelen een rol. De drinkwaterbereiders beschouwen het water, uiteraard, van de kant van de onttrekking: wat zit erin, wat zijn de aan drinkwater te stellen eisen, wat en hoe moet er worden gezuiverd, welke parameters zijn hierbij van belang.
Het gevolg is duidelijk geweest, dat de twee genoemde groepen instanties verschillende parameters en normeringen zijn gaan hanteren. Zij hebben zich, dienaangaande, in enigszins uiteenlopende richtingen gespecialiseerd.
Het is evenzeer duidelijk dat zij naar elkaar toe moeten groeien. Het onderzoek en de beoordeling van de waterkwaliteit dient immers beide groepen. Gelukkig is er de laatste tijd steeds meer sprake van een integratie van het kwaliteitsonderzoek. Vooral bij de Maas, doch ook bij andere rijkswateren, is de beheerder druk bezig de verschillende onderzoekingen bijeen te brengen, en vindt de nodige coördinatie plaats.
Daarbij kristalliseert zich langzamerhand een werkverdeling uit, die in grote lijnen hierop neerkomt:

— algemene traditionele parameters, en in toenemende mate zware metalen: hoofdzakelijk het RIZA;
— pesticiden en andere gifstoffen, zware metalen: hoofdzakelijk het RIV;
— smaak- en geurbedervende stoffen en aanverwanten: hoofdzakelijk het RID, in samenwerking met het KIWA.

3. De verwerking van de gegevens

Het huidige onderzoekprogramma van de Maas levert per jaar ongeveer 10.000 gegevens op. Deze worden momenteel nog met de hand bewerkt, dat wil zeggen getabellariseerd en in grafiekvorm overgebracht.
Deze gegevens staan voor iedereen ter beschikking. Velen hebben er tot nu toe om gevraagd en hebben ze ontvangen. Dat is uiteraard een onbevredigend systeem. Om deze reden is jarenlang gewerkt aan openbare rapportering. Deze zal plaatsvinden in de vorm van een „Jaarboek der waterkwaliteit van de Rijkswateren", dit in navolging van het bekende „Jaarboek der waterstanden" van de Rijkswaterstaat. Deze jaarboeken zullen worden uitgegeven in de serie „Mededelingen van het RIZA". De eerste jaargangen, die over 1965 en 1966, zijn inmiddels verschenen. De navolgende jaargangen, 1967 - 1971, zijn vrijwel persklaar. Nadat de achterstand is ingelopen, zal elk jaar een dergelijk „jaarboek" verschijnen.

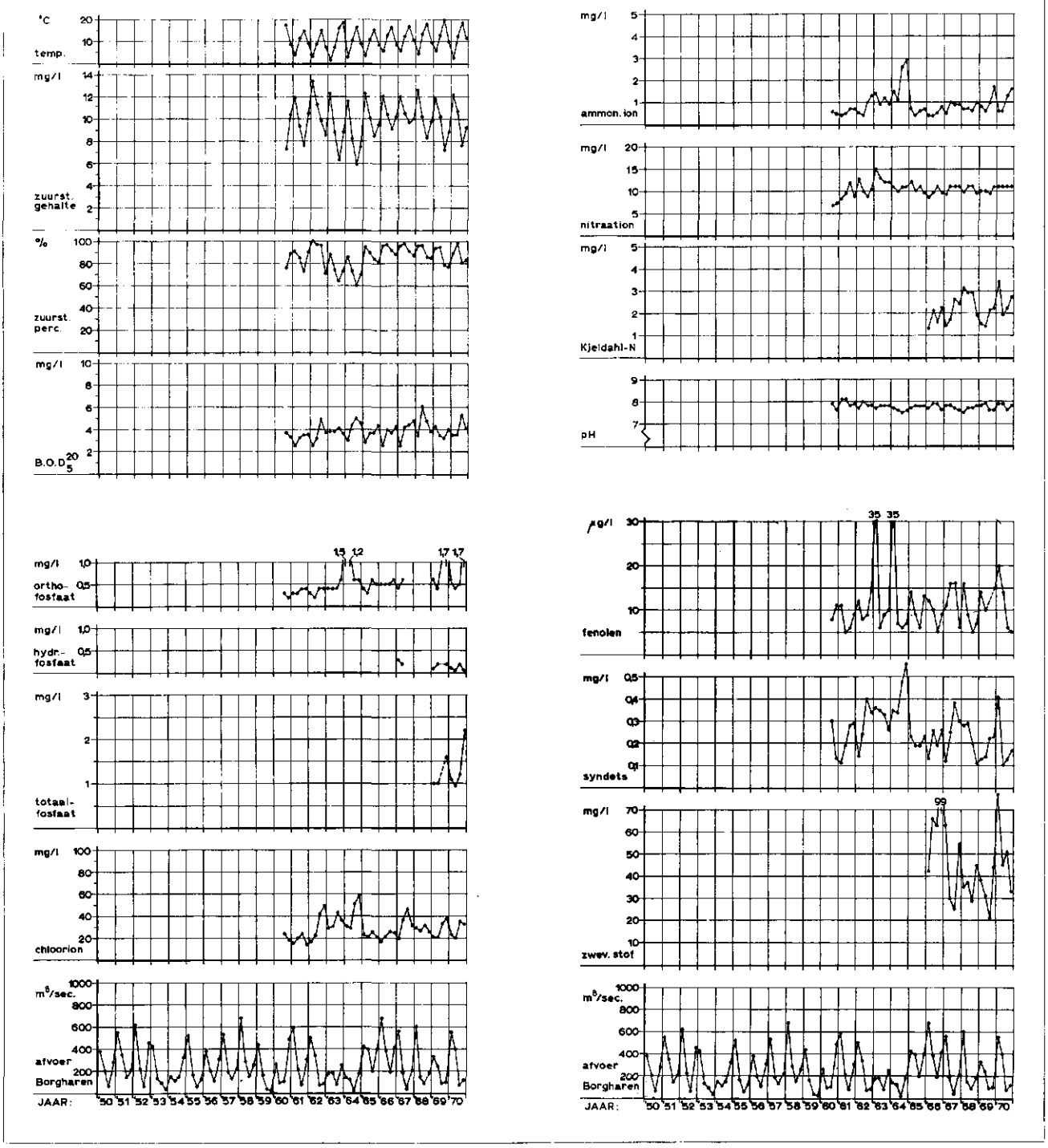
Voor de rapportering is gekozen voor een weergave van de meetresultaten in de vorm van grafieken. Deze bestaan uit twee typen:

— per bemonsteringsplaats: op de horizontale as het verloop van het jaar (data der bemonsteringen), op de verticale as de voor de diverse parameters gevonden waarden; in deze grafieken worden dus alle waarnemingsresultaten weergegeven;

— per rivier(-gedeelte) en per seizoen: op de horizontale as het verloop van de rivier (bemonsteringsplaatsen), op de verticale as de voor de diverse parameters gevonden waarden, gemiddeld over het betreffende seizoen (winter, voorjaar, zomer, najaar); de in deze grafieken weergegeven waarden hebben elk dus 5 à 6 of nog meer waarnemingsresultaten als basis.

De hier geschetste „primaire" verwerking zal worden gevolgd door „secundaire" verwerking in aparte rapporten. Deze secundaire verwerking betreft trendmatige verschijnselen (vergelijking van reeksen achtereenvolgende jaren), afgevoerde hoeveelheden in kg/s, e.d. Het is duidelijk dat dit type rapporten niet zo vaak kan uitkomen: er moet genoeg materiaal voor beschikbaar zijn om vergelijkingen te kunnen maken. Om deze reden wordt aan een frequentie van eens in de 5 jaar gedacht. Uiteraard zullen hierbij ook de gegevens van vóór 1965 worden verwerkt.
Een nog diepergaande verwerking, mogelijk „tertiair" te noemen, kan bestaan uit het toepassen van statistische methoden (kansen van voorkomen), het zoeken naar correlaties tussen verschillende parameters (zuurstofgehalte en temperatuur of BOD_5, ammonium-ion en nitraat-ion bij voorbeeld), e.d. De ervaring heeft geleerd, dat voor dergelijke bewerkingen zeer veel cijfermateriaal nodig is, zodat nog weinig gezegd kan worden over de frequentie van het verschijnen van dergelijke rapporten. Doch het RIZA is en komt in bezit van uitzonderlijk veel gegevens, en heeft derhalve de wetenschappelijke plicht hieruit zoveel te halen als maar mogelijk is.

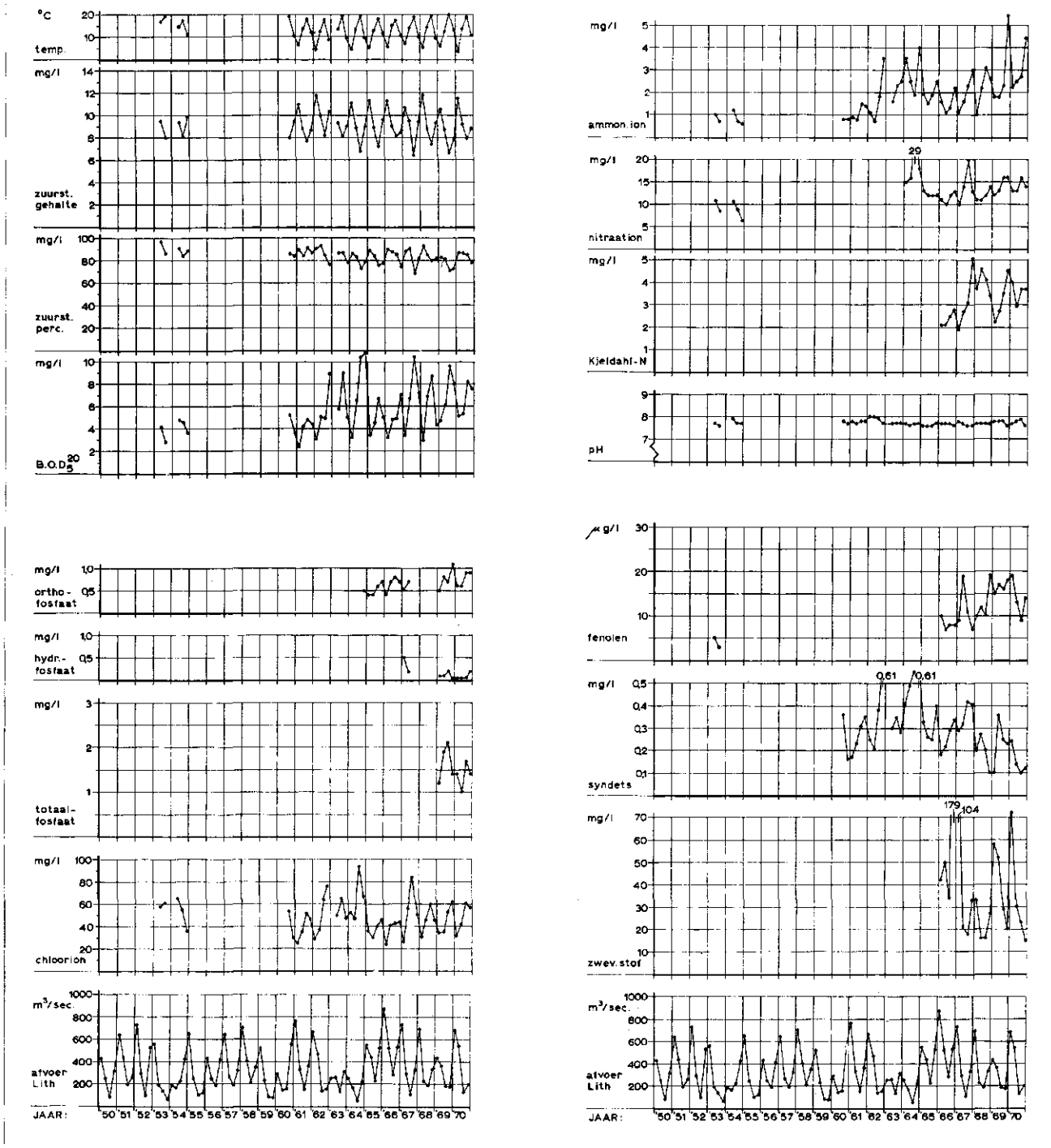
Er wordt reeds gewerkt aan een methode tot snellere verspreiding van gewenste en daartoe geschikte parameters onder degenen die daarin geïnteresseerd zijn, zoals de waterbeheerders. Het is dan echter wel noodzakelijk, dat deze parameters snel bekend zijn. Dit leidt tot het gebruik van geavanceerde mechanische/elektronische analysetechnieken, gekoppeld aan elektronische overbrenging. Alleen dergelijke systemen werken snel genoeg om een bron van inlichtingen te kunnen vormen, op basis waarvan operationeel waterbeheer mogelijk is. Onder deze laatste uitdrukking dienen te worden verstaan de maatregelen, die de waterbeheerder moet nemen om het oppervlaktewater in een zo goed mogelijk conditie te houden. Een duidelijk voorbeeld hiervan vormt de bestrijding van de verzilting: door middel van een waarnemingsnet van geleidendheidsmeters, gekoppeld aan een centrale meldingspost, kan de waterbeheerder zeer snel zien, waar doorspoelingsmaatregelen genomen moeten worden. Een dergelijk systeem werkt al min of meer in het benedenrivierengebied, waarbij de ontwikkeling ervan op naam van de Deltadienst kan worden geschreven.
Hoe de waterbeheerder operationeel moet handelen, als



Afb. 1 - Fysisch-chemische parameters van het Maaswater te Eijsden (seizoengemiddelden).

het over andere parameters dan zout in de buurt van de zee gaat, is minder duidelijk. Zo zijn in een rivier de gehalten aan zuurstof, ammonium, fosfaat, enz., over zeer lange trajecten niet significant verschillend. Wanneer bij voorbeeld in een stuwpand van de Maas algenbloei optreedt, en de beheerder zou deze willen bestrijden door doorspoeling, teneinde het gehalte aan nutriënten te verminderen, dan is het zeer wel mogelijk dat dit niet veel helpt, doordat het aanstromende Maaswater ongeveer evenveel nutriënten bevat als het reeds ter plaatse aanwezige water. Hetzelfde geldt voor andere wateren, die met Rijn- en/of Maaswater worden gevoed. Er lijkt meer muziek te zitten in het streven van de beheerder om, in tijden van slechte waterkwaliteit (en daarvoor snel gewaarschuwd) de lozing van afvalstoffen te beperken, door waarschuwingen te geven aan fabrieken, hun afvalwater gedurende die perioden op te slaan.

Al met al verdient het begrip „operationeel beheer" van het oppervlaktewater, en de uitvoering daarvan, nog veel studie. Doch het is buiten kijf, dat een snelle rapportage van de waterkwaliteitsgegevens essentieel is voor alle betrokkenen. Dat de bestudering en de effectuëring hiervan veel nut zal kunnen hebben van de eerdergenoemde meetpontons, waar immers frequent en



Afb. 2 - Fysisch-chemische parameters van het Maaswater te Grave (seizoengemiddelden).

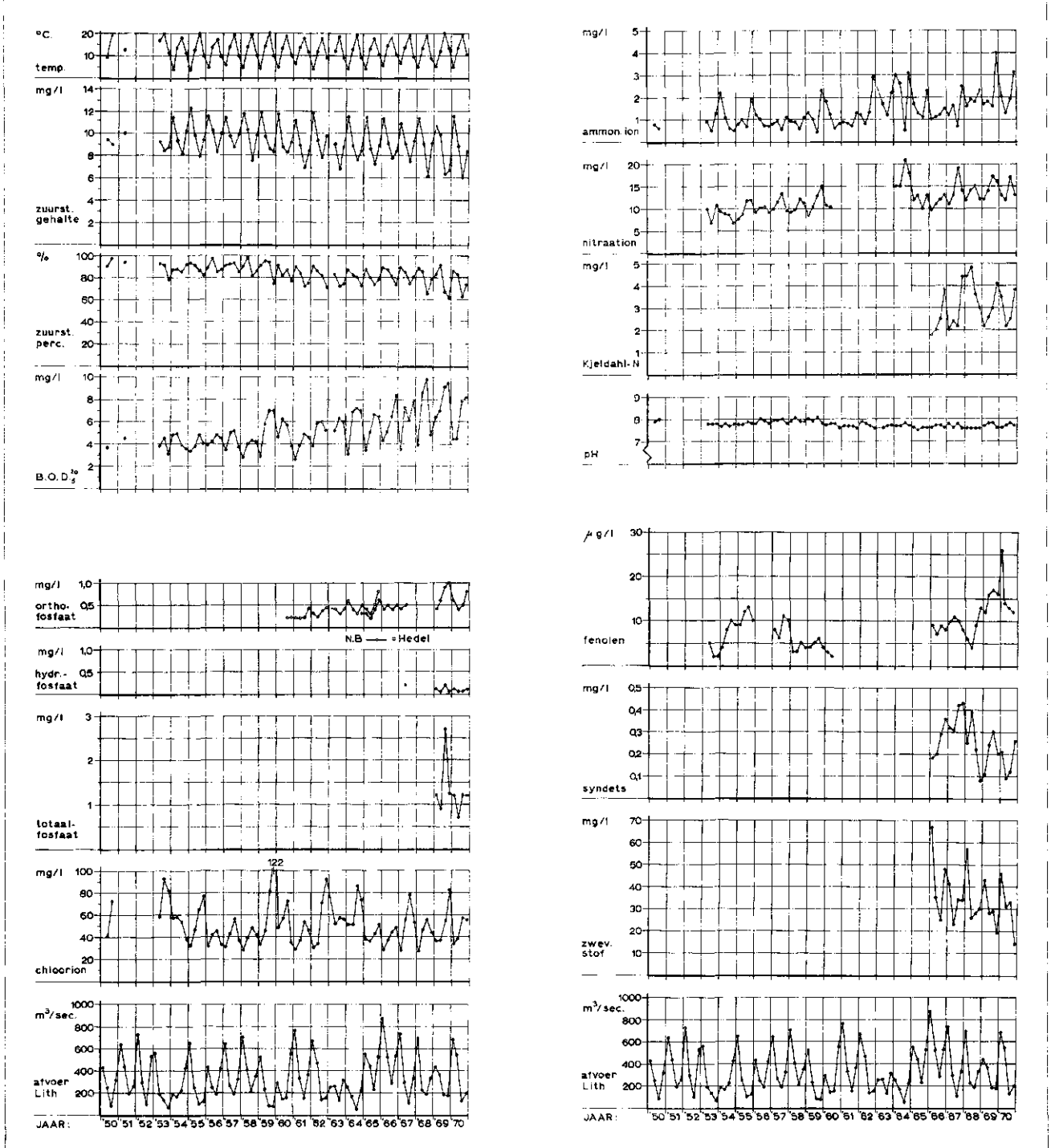
snel werkende meetapparatuur zal worden geïnstalleerd, behoeft geen betoog.

Alles bijeen is de situatie van 25 jaar geleden, toen voor een bemonstering een groepje mensen meermalen op pad ging, de analyses stuk voor stuk met de hand werden gedaan, en een academicus zich opsloot om er een rapport over te schrijven, al sterk veranderd, en we staan wat dat betreft nog maar bij het begin.

4. De gegevens over de kwaliteit van het Maaswater

Er zal worden getracht een illustratie te geven van wat er in de Maas gemeten is. Zoals uit het bovenstaande blijkt, zijn sommige plaatsen 20 jaar lang onderzocht, andere 10 jaar of 5 jaar lang. Ook hebben de analyses voortdurend uitbreidingen ondergaan. Bij 10.000 gegevens per jaar moest een sterke beperking worden gevonden, daarom is gekozen voor het volgende systeem.

Voor drie plaatsen, die al langdurig worden onderzocht, worden alle gegevens vermeld. Deze plaatsen zijn Eijsden (van belang in verband met het uit België aankomende water), Grave (alle lozingen en zijbeken in Limburg zijn stroomopwaarts van deze plaats gelegen) en Keizersveer



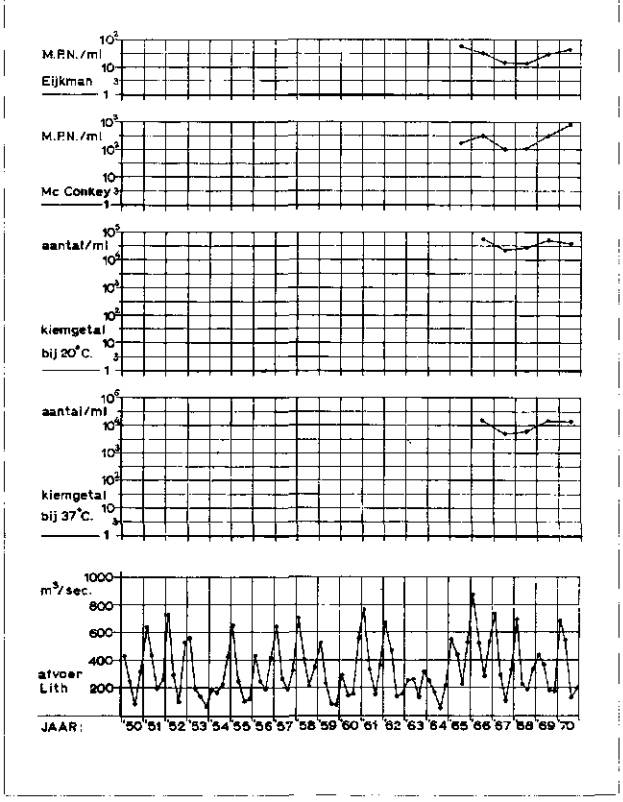
Afb. 3 - Fysisch-chemische parameters van het Maaswater te Keizersveer (seizoengemiddelden).

(van belang in verband met het Biesboschproject voor de winning van drinkwater).

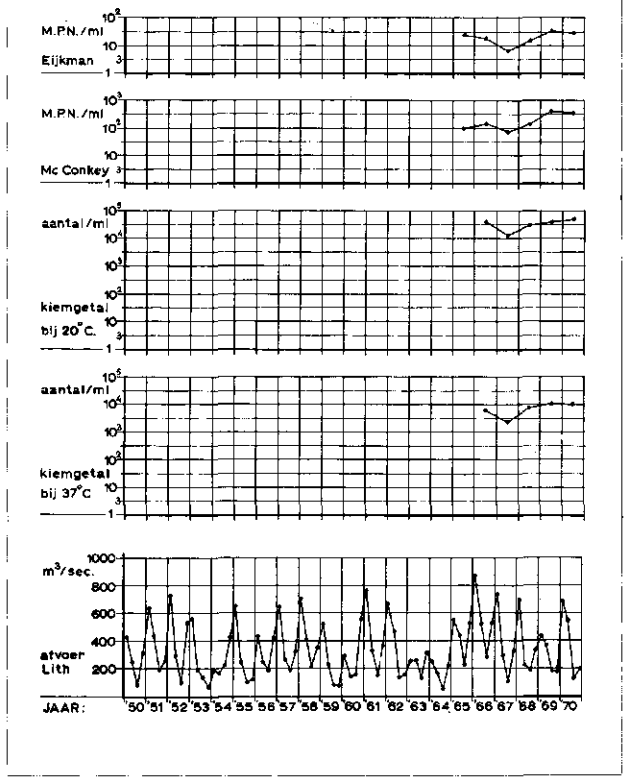
De gegevens zijn weergegeven in de vorm van grafieken, met op de horizontale as het verloop van de tijd in jaren (1950 t/m 1970) en op de verticale as de voor de diverse parameters gevonden waarden. Per jaar zijn vier waarden vermeld, namelijk de gemiddelden over de vier seizoenen: winter, voorjaar, zomer en najaar.

Alleen voor de bacteriologische parameters zijn de gemiddelden over de respectievelijke jaren gebruikt, in verband met het relatief geringe aantal waarnemingen (eenmaal per maand, in plaats van eenmaal per 14 dagen of per week zoals bij de chemisch-fysische parameters). Te Eijsden is geen bacteriologisch onderzoek uitgevoerd, dit was, gezien de manier van bemonstering aldaar, niet mogelijk.

De bedoelde grafieken, weergegeven in de figuren 1 t/m 5, laten zien hoe het trendmatige verloop van de diverse kwaliteitsparameters met de tijd is geweest. Er moet duidelijk op worden gewezen, dat het hier niet gaat om extreme waarden: elk punt vormt een gemiddelde van 6 tot 12 waarnemingen. Alle afbeeldingen zijn voorzien van de Maasafvoeren op de dichtstbijzijnde plaats waarvan deze bekend zijn (Borgharen en Lith). Deze afvoeren zijn



Afb. 4 - Bacteriologische parameters van het Maaswater te Grave (jaargemiddelden; de rivierafvoer is per seizoengemiddelde gegeven).



Afb. 5 - Bacteriologische parameters van het Maaswater te Keizersveer (jaargemiddelden; de rivierafvoer is per seizoengemiddelde gegeven).

eveneens als gemiddelden over de seizoenen weergegeven, zodat correlaties direct kunnen worden herkend.
Teneinde te tonen, hoe het gesteld is met de Maas als geheel, zijn in de afb. 6 t/m 8 dezelfde parameters ook nog op de volgende manier weergegeven: op de horizontale as van de grafieken het verloop van de rivier van Eijsden tot Moerdijkbrug-Zuid, op de verticale as de voor de diverse parameters gevonden waarden. Hiervoor is een recent, zo gemiddeld mogelijk jaar gekozen: dit bleek 1969 te zijn. Het gaat daarbij voor de fysisch-chemische parameters alleen om de gemiddelden over het winter- en het zomerseizoen (beiden tamelijk stabiel, dit in tegenstelling tot de gemiddelden over het voorjaar en het najaar). Voor de bacteriologische parameters is weer gebruik gemaakt van de gemiddelden over het gehele jaar in plaats van over de seizoenen.

5. Bespreking van de in de figuren 1 t/m 8 vermelde gegevens

Het is uiteraard ondoenlijk, de in deze figuren weergegeven grafieken volledig te bespreken. Bestudering ervan wordt aan de lezer zelf overgelaten. Wel zullen een aantal in het oog springende bijzonderheden en conclusies worden vermeld.

Afb. 1 t/m 5 - De drie plaatsen Eijsden, Grave en Keizersveer, van 1950 - 1970.

Zuurstofgehalte en -percentage:

— Te Eijsden komt geen duidelijke trend voor. Er is een grote invloed van droge en natte jaren waarneembaar.

— Te Grave komt een dalende trend voor: van 90 naar 80 % verzadiging. Er is slechts een geringe invloed van droge en natte jaren waarneembaar.

— Te Keizersveer komt een duidelijk dalende trend voor: van 95 naar 75 % verzadiging. Opvallend is dat deze daling noch voor het eerste, noch voor het tweede decennium erg opvalt, doch wel voor de twee decennia te zamen.

Gehalte aan zuurstofonttrekkende stof (BOD_5):

— Te Eijsden is een langzame toename te zien.

— Te Grave is een duidelijke toename te zien, vooral na 1962 is de BOD_5 veel wisselvalliger geworden.

— Te Keizersveer is hetzelfde waarneembaar als te Grave.

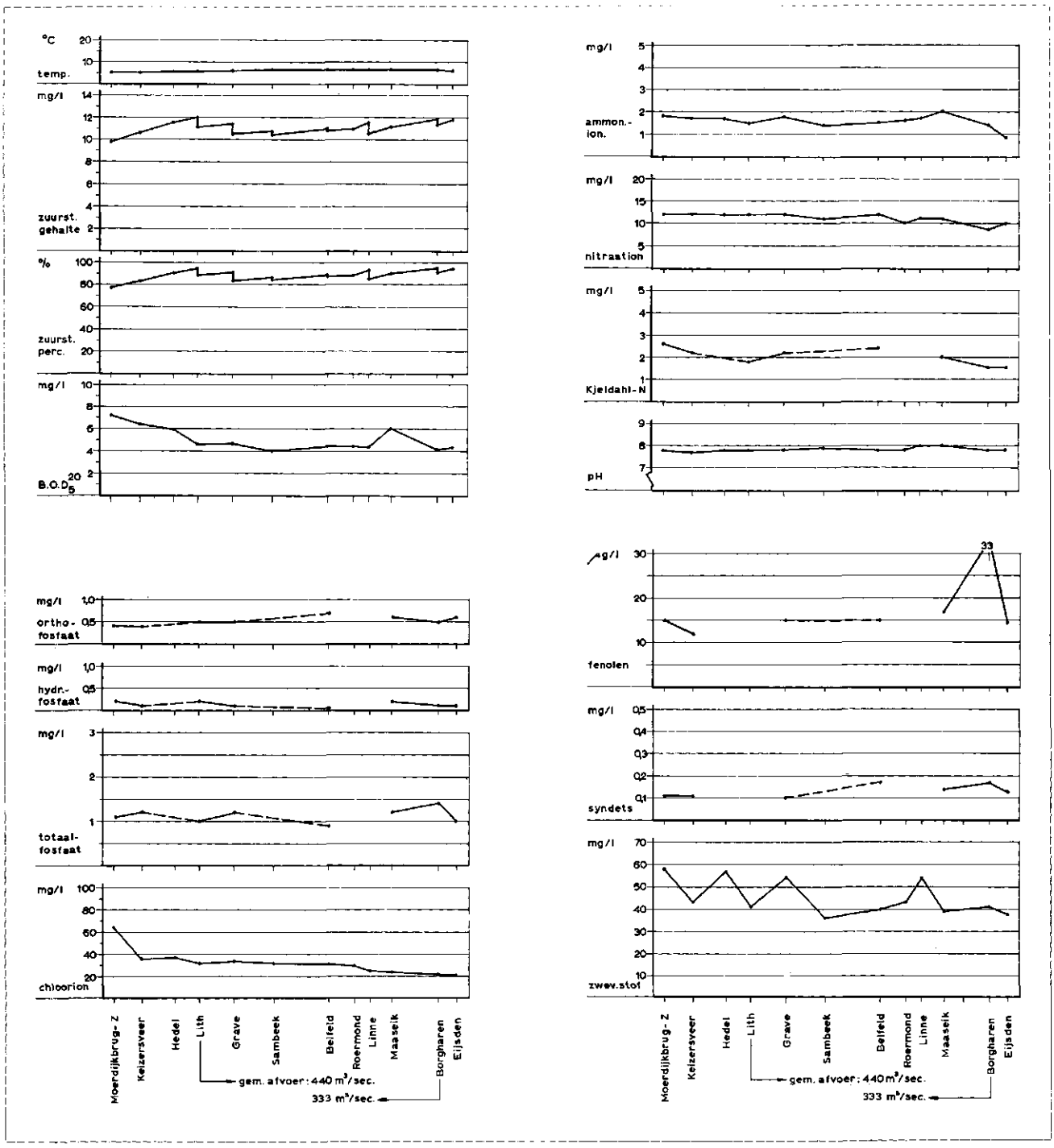
Gehalten aan ammonium-ion en nitraat-ion (NH_4^+ en NO_3^-):

— Te Eijsden is een langzame toename te zien, alleen van het NH_4^+-gehalte.

— Te Grave zijn de gehalten aan NH_4^+ en NO_3^- sterk gestegen, en vooral na 1962 veel wisselvalliger geworden.

— Te Keizersveer is hetzelfde waarneembaar als te Grave.

— Voor alle drie genoemde plaatsen is een duidelijke invloed van de droge periode 1962 - 1964 waarneembaar.



Afb. 6 - Fysisch-chemische parameters langs de gehele Maas (gemiddelden over het winterseizoen van 1969).

Gehalten aan fosfaten ($PO_4\equiv$):

— Op alle drie beschouwde plaatsen is een langzame doch gestage toename waarneembaar.

Gehalte aan chloride-ion (Cl^-):

— Te Eijsden is een langzame toename te zien. Deze is niet waarneembaar te Grave en Keizersveer.

Gehalte aan fenolen:

— Op alle drie beschouwde plaatsen is geen duidelijke trend te onderscheiden.

Gehalte aan detergenten:

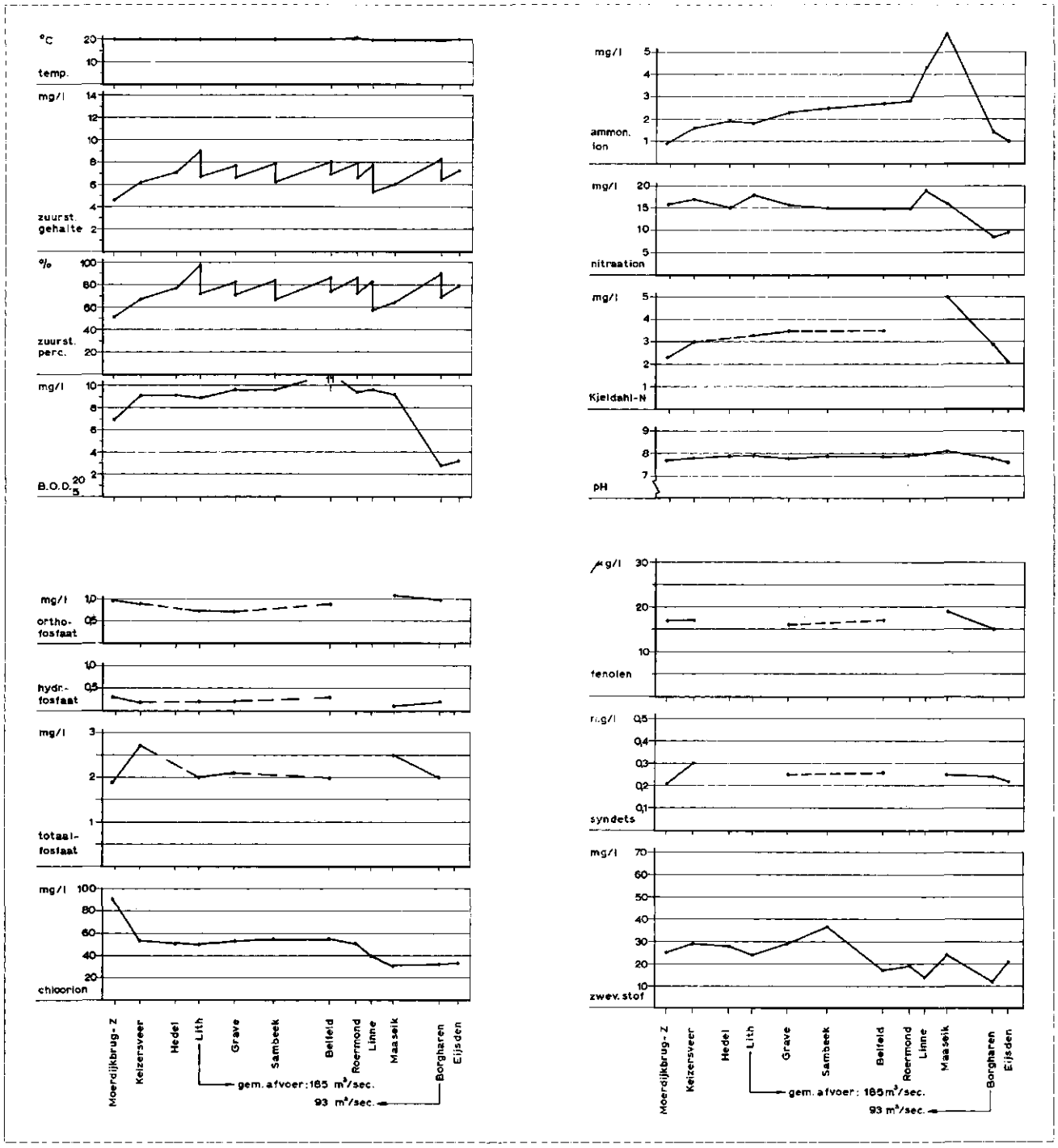
— Te Eijsden is een eventuele trend sterk gestoord door droge jaren.

— Te Grave is het gehalte de laatste jaren merkbaar afgenomen.

— Te Keizersveer zijn niet voldoende gegevens voorhanden om een conclusie te kunnen trekken.

Bacteriologische parameters:

— Op beide beschouwde plaatsen Grave en Keizersveer is het gehalte aan thermotolerante coliforme bacteriën



Afb. 7 - Fysisch-chemische parameters langs de gehele Maas (gemiddelden over het zomerseizoen van 1969).

(Eijkmanproef bij 45 °C) ver boven de voor open zwemwater gehanteerde TNO-norm van 1 per ml.

Afb. 6 t/m 8 - De gehele Maas tussen Eijsden en Moerdijkbrug-Zuid, in de winter en zomer van 1969.

Zuurstofgehalte en -percentage:

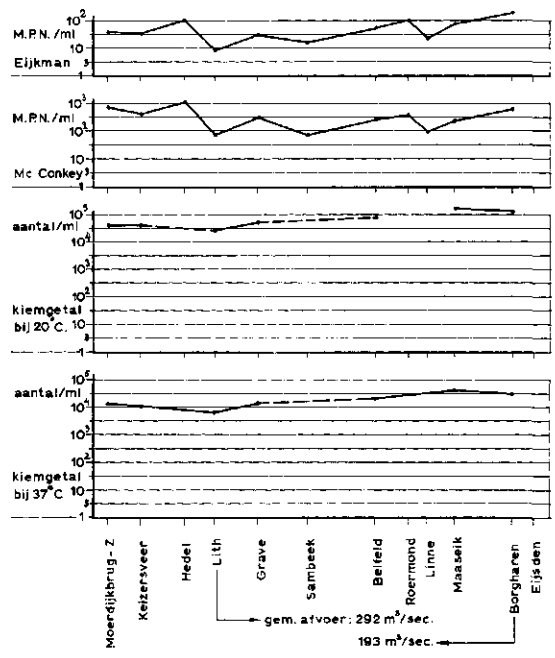
De verticale streepjes stellen de toenamen bij de stuwen voor. In de winter is overal een zwak dalende tendens waarneembaar, met geringe toenamen per stuw (het water is dan welhaast verzadigd). In de zomer is overal een sterk dalende tendens te zien, met flinke stijgingen per stuw (het water is dan sterk onderverzadigd).

Gehalte aan zuurstofonttrekkende stof (BOD_5):

In de winter en in de zomer is tussen Borgharen en Maaseik een toename te zien. In de winter neemt het gehalte stroomafwaarts van Maaseik weer af, in de zomer blijft op alle plaatsen stroomafwaarts van Maaseik een hoog BOD_5-niveau bestaan.

Gehalte aan ammonium-ion (NH_4^+):

In de winter treedt te Borgharen en te Maaseik een toename op, gevolgd door een afname. In de zomer treedt te Maaseik een zeer sterke toename op, de daaropvolgende afname strekt zich tot bij Roermond uit.



met rivieras

Afb. 8 - Bacteriologische parameters langs de gehele Maas (jaargemiddelden over 1969).

Gehalte aan nitraat-ion (NO_3^-):

In de zomer treedt na Borgharen een zeer sterke stijging op, waarvan het hoogtepunt zich ongeveer te Linne bevindt. Daarna vindt weer enige daling plaats.

Gehalten aan fosfaten ($PO_4\equiv$):

Op Nederlands grondgebied vinden in de fosfaatconcentraties geen toenamen van betekenis plaats:

Gehalte aan chloride-ion (Cl^-):

In Zuid-Limburg, tussen Maaseik en Roermond, treedt vooral in de zomer een aanmerkelijke stijging op. Deze is toe te schrijven aan drainagewater uit de mijnstreek. Met name de Roer levert, vanuit Duitsland, een grote bijdrage op.

Gehalten aan fenolen en aan detergenten:

Zowel in de zomer als in de winter zijn deze stoffen op een vrij stabiel niveau aanwezig.

Bacteriologische parameters:

De Eijkmanproef valt voor Borgharen duidelijk het hoogste uit. Dat is geen wonder, vlak na een grote stad als Maastricht. Met wat schommelingen daalt het gehalte tot Lith met een factor 10, doch stroomafwaarts van deze plaats vindt weer een toename van dezelfde orde van grootte plaats, als gevolg van de lozingen van sterk verontreinigde zijwateren waaraan grote plaatsen zijn gelegen (Dieze, Donge).

6. Conclusies betreffende de in de figuren 1 t/m 8 vermelde gegevens

Zuurstofhuishouding (O_2 en BOD_5):

De grootste verslechtering treedt op Nederlands grondgebied op, in de tijd gezien. De stuwen leveren een aanmerkelijke bijdrage aan zuurstof op, met name in de zomer, als het water onderverzadigd is.

Stikstofhuishouding (NH_4^+ en NO_3^-):

Stroomafwaarts van Borgharen treedt een grote verslechtering op, dat wil zeggen een grote toename van het NH_4^+-gehalte, gekoppeld met een grote toename van het NO_3^--gehalte. Stroomafwaarts gezien neemt het NH_4^+-gehalte weer af, en het NO_3^--gehalte nog verder toe, dit laatste met name in de zomer.
In combinatie met de zuurstofhuishouding wijzen alle gegevens op een schoolvoorbeeld van een uitbundige nitrificatie-reactie, veroorzaakt door een zeer grote lozing van ammonium tussen Borgharen en Maaseik (Ur met DSM-Chemie). Het hierdoor veroorzaakte zuurstofverbruik is goed merkbaar.
Het is zeer waarschijnlijk, dat de toename in de BOD_5, juist doordat deze zo wisselvallig is geworden, voor een groot deel op het hoge NH_4^+-gehalte is terug te voeren (nitrificatie in het BOD-flesje).

Fosfaathuishouding ($PO_4\equiv$):

De in de Maas voorkomende gehalten, zoals ca. 1 mg/l in de winter en 2 mg/l in de zomer aan totaal fosfaat, zijn ruim voldoende om in perioden van lage rivierafvoer (stilstaand water, bezinking van slib) overmatige ontwikkeling van algen te geven. Deze komt dan ook veelvuldig voor, met name in de zomer, met als gevolg labiliteit in het zuurstofgehalte en ontwrichting van het aquatische leven, waarbij vissterfte mogelijk is.
Deze kwam het eerst voor in 1964, en sindsdien haast elk jaar bij lage rivierafvoer, in één of meer stuwpanden. In sommige gevallen kon de vissterfte worden teruggevoerd op zuurstofgebrek (labiliteit), in andere gevallen op een te hoog gehalte aan vrije ammoniak, als gevolg van een te hoge pH, veroorzaakt door het verbruik van het in het wateraanwezige koolzuur door de overmatige algenontwikkeling.

Zoutgehalten:

Deze zijn nog nergens in de Maas alarmerend hoog, ondanks de toevoer uit het Nederlandse en Duitse mijngebied. Daarbij moet wel worden gesteld, dat de sluiting van de (Nederlandse) mijnen ongetwijfeld een verbetering heeft teweeggebracht, alhoewel deze niet duidelijk is aan te wijzen.

Gehalten aan fenolen:

De gehalten aan fenolen zijn 's zomers en 's winters ongeveer gelijk. Dit is een groot verschil met de situatie in de Rijn: daar komen 's winters veel hogere gehalten voor dan 's zomers, wat tot nog toe wordt toegeschreven aan de bacteriële afbraak, die 's zomers veel sterker zou zijn dan 's winters. De aandacht wordt gevestigd op het feit, dat de niveaus van het fenolgehalte in de Maas en in de Rijn 's zomers praktisch gelijk zijn. Dit zou dus wijzen op een gelijke mate van smaakbederf van deze twee wateren. De praktijk wijst echter uit, dat het smaakgetal van het Rijnwater desondanks nog vele malen

groter is dan dat van het Maaswater. De conclusie moet dus zijn, dat het smaakgetal bij lange na niet alleen door het gehalte aan fenolen wordt beïnvloed, doch ook door de gehalten aan vele andere verbindingen, die wel hoofdzakelijk uit de (petro-) chemische industrie afkomstig moeten zijn. Onderzoekingen van de laatste jaren aan de TH te Delft, door het KIWA en door het RID hebben dit overigens al bewezen.

Gehalten aan detergenten:

De gehalten aan detergenten zijn nagenoeg constant. Sinds in 1967 is overgegaan op het gebruik van zachte (biologisch afbreekbare) detergenten, komen berichten over schuimbergen stroomafwaarts van stuwen vrijwel niet meer voor. Vroeger waren deze schuimbergen een normaal, zeer lastig en onesthetisch verschijnsel.

Bacteriologische parameters:

Vrijwel de gehele Maas is bacteriologisch tamelijk tot sterk verontreinigd. Dat is uiteraard geen wonder voor een rivier, die als ontvangend water voor al of niet gezuiverd afvalwater moet dienen.

7. De invloed van rivierafvoer en temperatuur op de waterkwaliteit

In afb. 9 is het gedetailleerde verloop weergegeven van een aantal kwaliteitsparameters (zuurstofgehalte, BOD_5, NH_4^+ en NO_3^-) van het Maaswater bovenstrooms van de stuw te Linne over de jaren 1960 t/m 1970. Deze grafiek is als het ware een „vergroting" van de grafieken uit de afbeeldingen 1 t/m 3: nu zijn alle waarnemingen vermeld, in plaats van alleen de seizoensgemiddelden. Er is een zeer duidelijke correlatie te maken tussen deze kwaliteitsparameters, de rivierafvoer en de temperatuur.

Deze correlatie is als volgt:

afvoer	:	laag	hoog
temperatuur	:	hoog	laag
zuurstofgehalte	:	laag	hoog
BOD_5	:	hoog	laag
ammoniumgehalte	:	hoog	laag
nitraatgehalte	:	hoog	laag

Het is moeilijk uit te maken, waardoor de slechte waterkwaliteit nu precies wordt veroorzaakt: de lage afvoer of de hoge temperatuur. Het is daarbij logisch, dat ze beide invloed uitoefenen. Alleen diepgaande statistische verwerking (hoe is het gesteld bij lage afvoer èn lage temperatuur, of bij hoge afvoer èn hoge temperatuur) kan hier klaarheid in brengen.

Het is overigens evident, dat in perioden met minimale rivierafvoer en hoge temperatuur met name de gehalten aan BOD_5 en NH_4^+ zeer hoog kunnen oplopen. Dit wordt gedemonstreerd door de zomers van 1963, 1964, 1967, 1968, 1969 en 1970.

8. Enkele bijzondere analyses

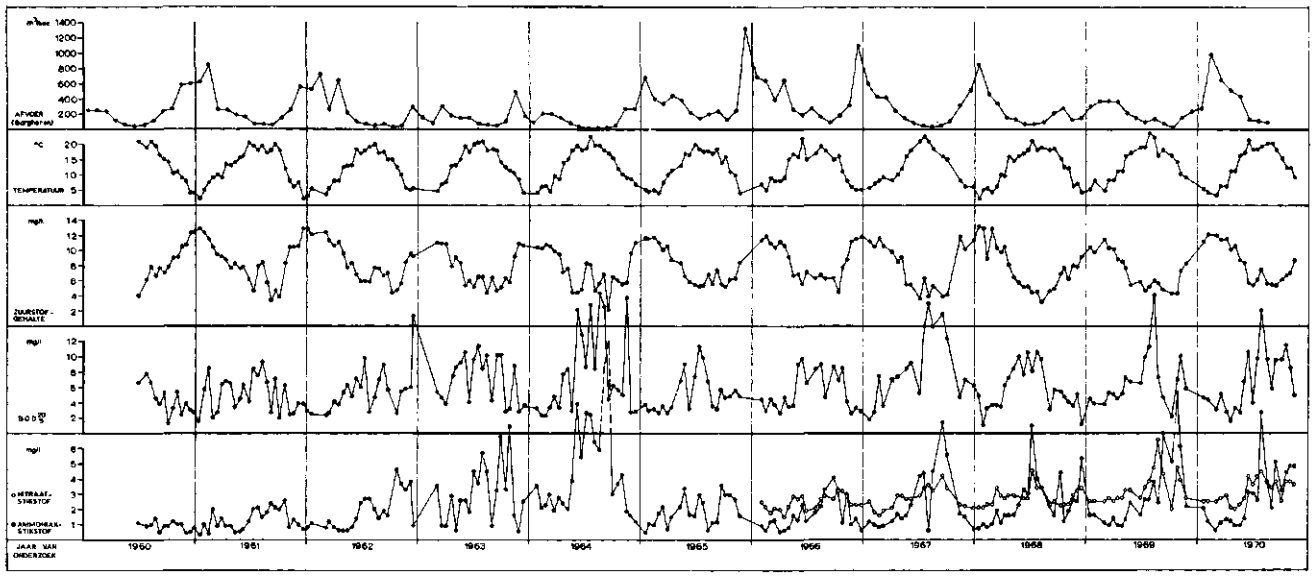
Sinds 1968 wordt te Keizersveer het oliegehalte van het Maaswater bepaald, ter oriëntering, en ter vergelijking met overeenkomstige bepalingen in het Rijnwater. De resultaten zijn in afb. 10 weergegeven. De correlatie: lage rivierafvoer — hoog oliegehalte is duidelijk. Soms komen hoge pieken voor, bijvoorbeeld eind mei 1969. Doch het gemiddelde oliegehalte (0,65 mg/l met inbegrip van de hoge piek, 0,56 mg/l zonder de hoge piek) is duidelijk lager dan dat van het Rijnwater (ca. 1 mg/l).

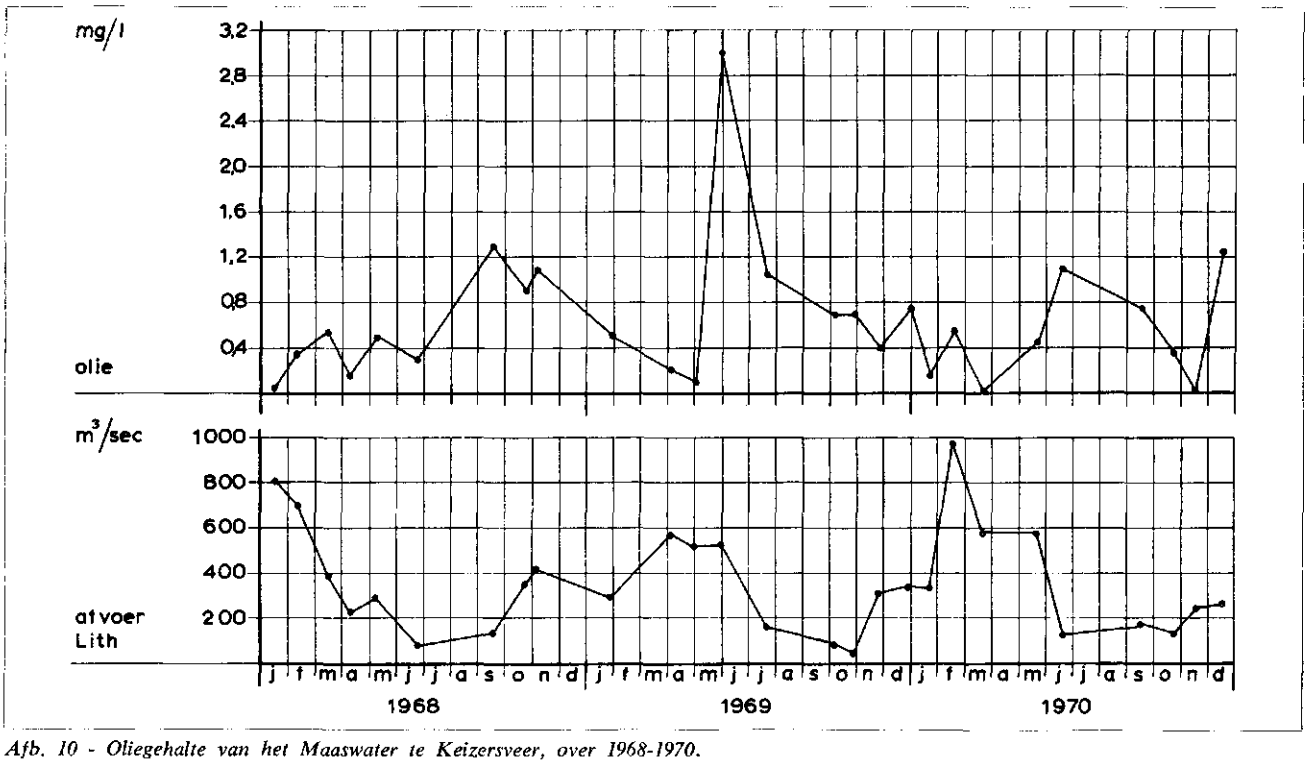
Sinds 1970 worden te Grave de gehalten aan een aantal zware metalen bepaald, net als bij de oliebepaling: ter oriëntering, en ter vergelijking met overeenkomstige bepalingen in het Rijnwater. Het aantal plaatsen dat op deze stoffen wordt onderzocht, is sindsdien uitgebreid en omvat nu ook Eijsden en Keizersveer. Dit was mogelijk door de medewerking van het RIV.

De resultaten voor Grave, over 1970 en 1971, zijn weergegeven in tabel I. De Maas is dus bepaald niet vrij van zware metalen, met name het zinkgehalte is hoog. Het zink is al te Eijsden aanwezig, en behoudt langs de gehele Maas een hoge concentratie. De herkomst ervan kan voor een groot deel worden toegeschreven aan industrieën, vooral in België.

Overigens moet worden gesteld, dat de gehalten aan zware metalen van het Maaswater aanmerkelijk lager zijn dan die van het Rijnwater (een factor 2 of meer). Het is verder opvallend, dat de meeste metalen hoofdzakelijk in de slibfase aanwezig zijn (hydroxyden, carbonaten), behalve nikkel, dat hoofdzakelijk in de waterfase te vinden is.

Afb. 9 - Gedetailleerd verloop van enkele parameters van het Maaswater bovenstrooms van de stuw te Linne, over 1960-1970.





Afb. 10 - Oliegehalte van het Maaswater te Keizersveer, over 1968-1970.

9. Vergelijking van de kwaliteit van het Maaswater in België met die in Nederland

In het artikel van ir. Dirickx zijn vele gegevens vermeld over de kwaliteit van het Maaswater te België. Getracht is, overeenkomende kwaliteitsparameters voor België en Nederland met elkaar te vergelijken, zodat een beeld zou worden verkregen van het kwaliteitsverloop van de rivier de Maas als geheel. Voor een beperkt aantal parameters bleek dit mogelijk, en wel voor de gemiddelden over het jaar 1970. De resultaten zijn vermeld in tabel II, voor de plaatsen Jambes (België), Herstal (België), Eijsden (Nederland), Grave (Nederland) en Keizersveer (Nederland). Ter vergelijking zijn de overeenkomende parameters voor de Rijn te Gorinchem (Nederland) eveneens in de tabel geplaatst.

De waarden voor Kjeldahl-stikstof en (ortho-) fosfaat voor de plaatsen Herstal (België, Luik) en Eijsden (Nederland, grens) blijken sterk uiteen te lopen. Dit kan worden toegeschreven aan verschillen in de analysetechniek, doch ook is het mogelijk dat het Maaswater dat te Herstal wordt bemonsterd, nog niet alle verontreinigingen uit het Luikse gebied bevat. Uit het artikel van ir. Dirickx is reeds gebleken, dat in die omgeving door bevolking en industrie zeer veel afvalwater in de Maas wordt geloosd.

Het blijkt wel, dat de Maas zowel in Nederland als in België een behoorlijke verslechtering ondergaat, in vrijwel elk opzicht.

Voor wat betreft de gehalten aan Kjeldahl-stikstof, nitraat, fosfaat, en de bacteriologische parameters, wordt het Maaswater even slecht als het Rijnwater; voor wat betreft de gehalten aan zuurstof en fenolen wordt de Rijnwaterkwaliteit benaderd.

10. Maatregelen ter verbetering van de kwaliteit van het Maaswater

Uit het bovenstaande is duidelijk geworden, dat het Maaswater er, voor wat betreft de gehalten aan BOD_5, stikstofverbindingen en fosfaten, slecht aan toe is. Het zuurstofgehalte wordt nog geflatteerd door de stuwen, doch vissterften wijzen erop, dat niet meer te allen tijde op voldoende zuurstof gerekend kan worden. In bacteriologisch opzicht is het Maaswater onbetrouwbaar.

TABEL I - *Gehalten aan zware metalen van het Maaswater te Grave, in microgram/l.*

datum	afvoer m³/sec.	zink b.	zink s.	zink tot.	koper b.	koper s.	koper tot.	lood b.	lood s.	lood tot.	chroom b.	chroom s.	chroom tot.	nikkel b.	nikkel s.	nikkel tot.	kwik b.	kwik s.	kwik tot.	cadmium b.	cadmium s.	cadmium tot.
21- 1-1970	335	60	65	125	10	10	20	10	—	—	—	—	—	6	1	7	—	—	—	—	—	—
4- 3-1970	1300	20	30	50	4	3	7	12	—	—	—	—	—	5	4	9	—	—	—	—	—	—
20- 5-1970	585	15	90	105	4	7	11	<5	—	—	—	—	—	2	3	5	—	—	—	—	—	—
16- 7-1970	145	15	25	40	4	2	6	<5	—	—	—	—	—	5	1	6	—	—	—	—	—	—
16- 9-1970	173	—	20	—	—	2	—	<5	—	—	—	—	—	8	1	9	—	—	—	—	—	—
16-11-1970	244	40	55	95	5	6	11	—	—	—	—	—	—	13	1	14	—	—	—	—	—	—
15- 2-1971	324	45	75	120	5	8	13	5	—	—	<5	20	<25	6	2	8	—	—	1,3	<1	2	<3
20- 4-1971	231	30	30	60	4	3	7	5	—	—	<5	<5	<10	7	1	8	—	—	0,4	<1	1	<2
24- 6-1971	214	30	41	71	2	4	6	3	—	—	<5	7	<12	7	1	8	—	—	0,5	<1	1	<2
16- 8-1971	91	87	28	115	<2	3	<5	5	—	—	<2	18	<20	8	1	9	—	—	0,7	<1	1	<2
13-10-1971	54	28	26	54	<2	5	<7	10	—	—	<2	4	< 6	9	<1	<10	—	—	0,3	2	<1	<3
8-12-1971	72	60	37	97	3	—	—	5	—	—	<2	—	—	13	1	14	—	—	0,4	1	—	—

b. = bepaling in bovenstaand water na 24 uur bezinken ; s. = bepaling in het bezonken slib ; tot. = b. + s.

TABEL II - *Kwaliteitsverloop van het Maaswater in 1970 (jaargemiddelden) tussen Jambes (België) en Keizersveer (Nederland), vergeleken met de kwaliteit van het Rijnwater te Gorinchem (Nederland)*

parameter	eenheid	Jambes	Herstal	Eijsden	Grave	Keizersveer	Gorinchem
Opgeloste O_2	% verzadiging	117	107	89	v.s. 84 ; n.s. 90	76	59
Kjeldahl-N	mg/l	0,375	0,795	2,3	3,3	2,9	3.0
Nitraat	mg/l	7,7	13.4	11	14	14	12
Fosfaat	mg/l	0,121	0,345	0,8	0,7	0,7	0,6
Chloride	mg/l	18	33	28	48	46	133
Sulfaat	mg/l	56	86	50	—	61	68
Zuurgraad	pH	8,2	7.8	7,8	7,8	7,7	7,5
Fenol	µg/l	—	>10 ; <345	12	14	16	22
Eijkman coli's	MPN/ml	45.00	57,50	—	43	29	25
Kiemgetal bij 20 °C	aant./ml	9.800	21.700	—	39.000	51.000	27.000
Afvoer	m³/sec.	Borgharen: 287			Lith: 389		Lobith: 3087

Grave: v.s. = vóór de stuw ; n.s. = ná de stuw

TABEL III - *Herkomst van de stikstofverbindingen en de fosfaten in het Maaswater*

bron	bijdrage aan N-belasting in % van het totaal	bijdrage aan PO_4-belasting in % van het totaal
Maas te Eijsden	39	35
Ur met DSM Chemie	22	7
Roer	11	18,5
Niers	6	6
Dieze	9	9.5
andere beken samen	9	12,5
Maastricht + Roermond + Venlo	1	3
andere plaatsen samen	3	8,5

TABEL IV - *Vergelijking van de bijdragen door Nederland en het buitenland aan de belasting van het Maaswater en van het Rijnwater met stikstofverbindingen en fosfaten*

rivier	bijdrage aan N-belasting in % van het totaal		bijdrage aan PO_4-belasting in % van het totaal	
	Nederland	buitenland	Nederland	buitenland
Maas	50	50	40	60
Rijn	8	92	22	78

Andere waterkwaliteitsparameters lijken (nog) niet verontrustend te zijn.

De maatregelen om de waterkwaliteit van de Maas weer op peil te brengen, lijken technisch gezien dus zeer eenvoudig: zuivering van bestaande lozingen, en een stringent vergunningenbeleid ten aanzien van giftige, smaakbedervende en moeilijk zuiverbare afvalstoffen.

Het is helaas minder eenvoudig dan het zo lijkt, om verschillende redenen.

Allereerst geven de grote hoeveelheden geloosde stikstofverbindingen en fosfaten veel moeilijkheden in de vaak stilstaande gestuwde rivier, door het optreden van overmatige algenontwikkeling, waardoor het effect van kostbare zuiveringsinstallaties weer vrijwel teniet kan worden gedaan.

Daarbij komt nog het feit, dat deze stikstofverbindingen en fosfaten niet alleen uit Nederland afkomstig zijn, doch voor een aanmerkelijk deel ook uit België (via de Maas zelf, en via zijbeken) en uit Duitsland (via zijbeken). Dit blijkt uit tabel III, waarin een benadering is gegeven van de grootten van de bronnen van herkomst van deze eutrofiërende stoffen.

Uit tabel IV blijkt echter, dat Nederland aan deze herkomst bij de Maas toch een aanzienlijk groter deel bijdraagt dan bij de Rijn het geval is. Dit wijst erop, dat binnen Nederland genomen maatregelen tot terughouding van deze stoffen relatief zeer belangrijk zijn, en bepaald zoden aan de dijk zullen zetten, doch dat daarnaast overleg met het buitenland, teneinde daar overeenkomstige maatregelen te doen treffen, even belangrijk is. Overigens is het zelfs binnen Nederland nog niet eens zo eenvoudig, de tertiaire zuivering (bij voorbeeld fosfaatverwijdering) overal doorgevoerd te krijgen, aangezien het stroomgebied van de op de Maas afwaterende beken zeer groot is, en vele kleine woonplaatsen omvat.

Er kan nog worden gesteld, dat op dit moment zowel in België als in Nederland veel aandacht wordt besteed aan de industrieën waarvan de zware metalen afkomstig zijn. Het ziet er naar uit dat de resultaten niet negatief zullen zijn.

Voor wat betreft de bacteriologische verontreiniging moet er (noodgedwongen, doch ook om praktische redenen) van worden uitgegaan, dat recreatie, waarbij het water betrokken is, alléén langs en in afgedamde zijarmen, grindgaten e.d. dient te worden bevorderd, en niet aan de rivier zelf. Het spreekt vanzelf, dat er voor genoemde gebieden naar moet worden gestreefd, dat zij niet verontreinigd raken, noch door directe lozingen, noch door een te grote invloed van het water uit de rivier de Maas.

De algemene beleidslijnen en de details van de te nemen maatregelen zijn uitvoerig omschreven in het rapport: „De verontreiniging van de Maas, aanbevelingen tot sanering". Dit rapport is er één in de serie, die over de grotere rijkswateren aan het verschijnen is. Deze saneringsrapporten worden samengevoegd tot een landelijke urgentielijst voor de sanering van de rijkswateren, in het kader van de Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren. Aan de hand van deze urgentielijst zullen de maatregelen die moeten worden genomen, worden gesubsidieerd uit het geld, dat door de heffing op alle lozingen op deze wateren wordt bijeengebracht.

Gezien het belang van de Maas als drinkwaterrivier, èn gezien het feit dat Nederland bij deze rivier zelf heel veel kan doen aan de waterkwaliteitsverbetering, dit in tegenstelling tot bij de Rijn, ziet het er naar uit dat de Maas op de urgentielijst niet achteraan komt. Het is te hopen dat de maatregelen, die van Rijkswege zullen worden getroffen, niet alleen blijven staan, doch dat ze worden aangevuld met de maatregelen die door de beheerders van de op de Maas afvloeiende beken, en door België en Duitsland, moeten worden genomen.

De verwachting wordt uitgesproken, dat de „oppervlaktewaterbeheerders" (en hun adviseurs) door de hierboven omschreven activiteiten voortaan door de „drinkwaterbereiders" minder argwanend zullen worden bekeken dan in het verleden wel het geval is geweest.

IR. P. J. VERKERK
Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening, 's-Gravenhage

Opslag van Maaswater

1. Inleiding

In de voorgaande voordrachten is uitgebreid aandacht besteed aan de kwantitatieve en kwalitatieve aspecten van de Maas en de behoeften die er aan Maaswater bestaan. De drinkwatervoorziening heeft zich hierbij als belangrijke gegadigde voor Maaswater aangemeld. Uit voorgaande voordrachten is gebleken dat een continue onttrekking van Maaswater niet altijd mogelijk zal zijn en dat met een overbruggingsperiode van enkele maanden in droge tot zeer droge jaren (jaren met zeer lage Maasafvoeren) rekening dient te worden gehouden. Opslag van Maaswater is derhalve noodzakelijk (ook al uit calamiteitsoverwegingen).
Hoe deze opslag of voorraadvorming van Maaswater in de praktijk is te verwezenlijken, vormt het onderwerp van deze voordracht. Meer in detail zal worden ingegaan op het nog te noemen spaarbekken Itteren-Borgharen in Zuid-Limburg, waarna tenslotte een analyse wordt gegeven van de factoren die de grootte van de voorraadvorming bepalen en de rol die de grond- en oppervlaktewaterbeheerder hierbij speelt.
Alvorens hiermede aan te vangen is het echter zinvol vooraf na te gaan, welke methoden van voorraadvorming in het algemeen kunnen worden onderscheiden en welke eisen hieraan worden gesteld.

2. Methoden van voorraadvorming

In dit verband zijn te noemen:

— spaarbekkens (open voorraadvorming);
— kunstmatige infiltratie (gesloten voorraadvorming).

Als derde mogelijkheid is de winning van „oevergrondwater" te beschouwen, hoewel hierbij in feite van een opslag van water als zodanig geen sprake is.

Spaarbekkens

Bij spaarbekkens wordt de „nuttige voorraad" bepaald door de grootte van de toelaatbare peilvariatie van de waterspiegel in het bekken en de oppervlakte van het bekken. In tijden dat voldoende water aan de rivier kan worden onttrokken fungeert het spaarbekken als doorstroombekken en is een kwaliteitsverbetering van het water te verwachten.
Welke faktoren bepalen nu in hoofdzaak de keuze van de plaats van het spaarbekken?

Dat zijn:

De situering van de waterbron (in dit geval de Maas)

De vulcapaciteit van het bekken is doorgaans een veelvoud van de normale continue onttrekking, waarmede bij de dimensionering van de aanvoerleidingen rekening moet worden gehouden. Ligging van het bekken in de nabijheid van de rivier verdient dan ook sterke voorkeur.

De ligging van het voorzieningsgebied

Korte transportafstanden zijn te prefereren, aangezien de transportkosten vaak een belangrijk deel van de totaalkosten uitmaken.

De planologische inpasbaarheid

Rekening moet worden gehouden met belangen van stadsontwikkeling, landbouw, recreatie, natuurbescherming en inpassing van het bekken in het landschap. Zaken die het in ons dichtbevolkte land steeds moeilijker maken een geschikt gebied voor de aanleg van spaarbekkens te vinden.

De geohydrologische gesteldheid van de ondergrond

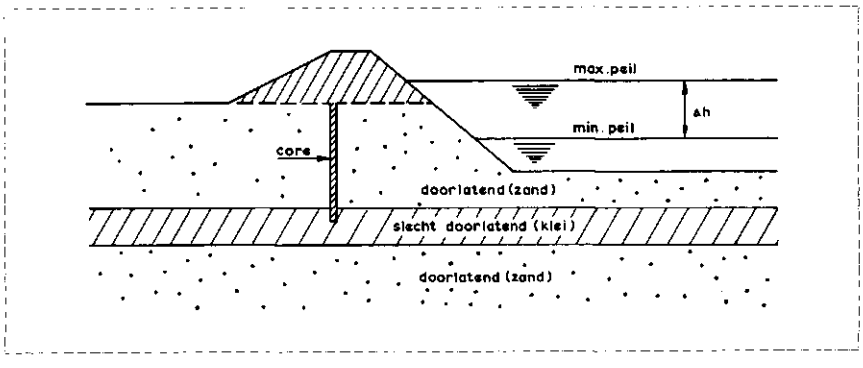
Hoewel het in technisch-constructief opzicht overal mogelijk zal zijn spaarbekkens te bouwen, bestaat er wel degelijk voorkeur voor bepaalde oplossingen.
Eén van de betere oplossingen is het geval waarbij afsluitende lagen in de ondergrond kunnen dienen als bodemafdichting en peilvariatie beneden de omringende grondwaterstand kan plaatsvinden. In afb. 1 is deze oplossing schematisch aangegeven.
Bijzondere aandacht verdient de zijdelingse afdichting, die op kunstmatige wijze tot stand moet worden gebracht. Hierbij is bijvoorbeeld te denken aan een „core", bestaande uit een kleicementwand, een plastic vlies of mogelijk een bronbemaling rondom het bekken.

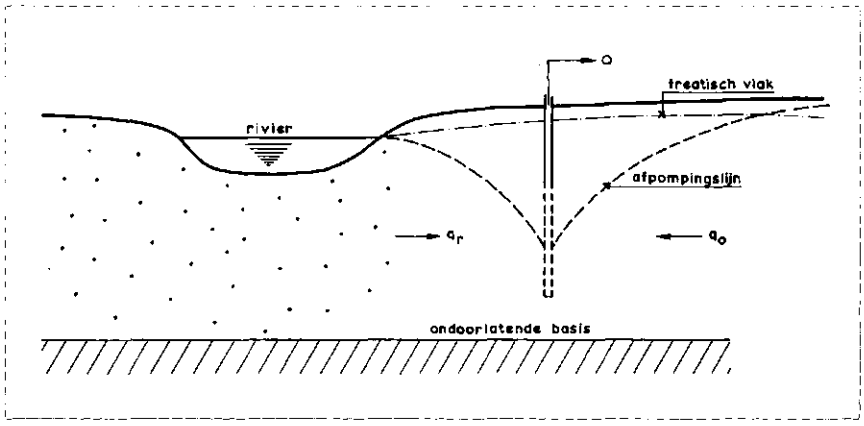
Voor de bepaling van de meest geschikte methode van afdichting is nog veel studie vereist.
Ontbreekt de afsluitende laag dan zal bij een peilverlaging beneden de omringende grondwaterstand kwel uit de omgeving optreden, terwijl omgekeerd bij een bekkenwaterstand hoger dan de grondwaterstand grote waterverliezen zullen optreden. Kunstmatige afdichting, bijv. door plastic, is alleen zinvol bij een spaarbekken in ophoging. Dit i.v.m. opwaartse drukken die de afdichting zouden kunnen oplichten. In vergelijking met de vorige oplossing is minder berging per m^2 bekkenoppervlak aanwezig (vanwege de geringere peilvariatie) en is een dure bodemafdichting nodig. Ten aanzien van de veiligheid van de constructie is opslag van water beneden het maaiveld te verkiezen.

Kunstmatige infiltratie

Hierbij wordt oppervlaktewater ge-

Afb. 1 - Schematische doorsnede over spaarbekken met afsluitende (klei)laag in de ondergrond.





Afb. 2 - Schema winning oevergrondwater.

infiltreerd in de ondergrond en op enige afstand wederom als grondwater onttrokken. In perioden dat geen oppervlaktewater kan worden onttrokken aan de rivier heeft intering van de grondwatervoorraad plaats. Naderhand dient door een verhoogde infiltratie de geslonken grondwatervoorraad weer te worden aangevuld.
Hoewel ook hier ligging van het infiltratiegebied nabij de aanvoerweg „de Maas" en het voorzieningsgebied gewenst is, zijn voornamelijk van belang:

— een gunstige geohydrologische gesteldheid van de ondergrond met het oog op een ongehinderde infiltratie;
— de mogelijkheid het infiltratieterrein te beschermen tegen verontreiniging.

Speciaal de gebieden waar voldoende „vrije ruimte" tussen maaiveld en oorspronkelijke grondwaterstand aanwezig is, bieden perspectief, omdat de wisselende grondwaterstanden als gevolg van de intermitterende infiltratie hier de minste schade aan derden zullen toebrengen.

Oevergrondwater

Hierbij wordt grondwater op korte afstand van de rivier gewonnen, waarbij enerzijds het onder normale omstandigheden naar de rivier afstromende grondwater wordt opgevangen en anderzijds rivierwater via de ondergrond wordt aangetrokken. Het principe van winning is aangegeven in afb. 2.
Ten opzichte van spaarbekkens en kunstmatige infiltratie heeft oevergrondwater het nadeel dat in geval van een sterk verontreinigde rivier de toestroming van dit oppervlaktewater niet kan worden voorkomen. Immers het grondwaterverhang tussen rivier- en winningsmiddelen is omgekeerd, waardoor infiltratie van rivierwater onvermijdelijk is.

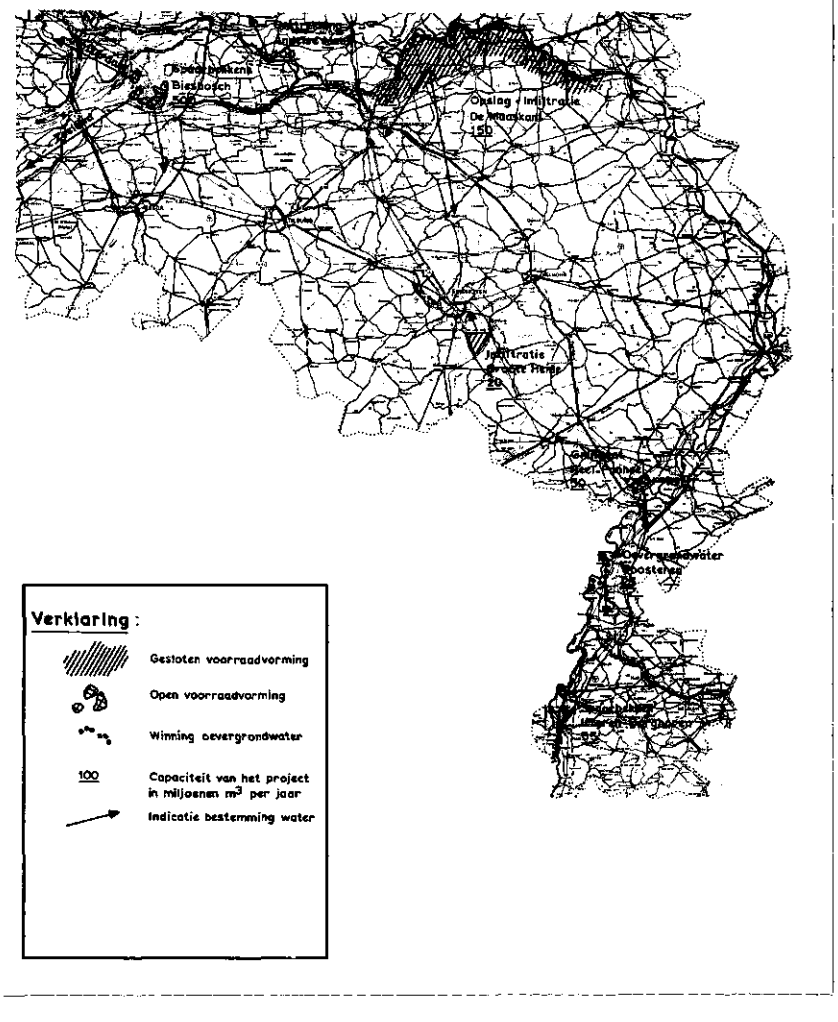
Hier tegenover staat dat door verschillen in verblijftijd van het rivierwater in de ondergrond (afhankelijk plaatsing winningsmiddelen) en de bijmenging met het normale afstromende grondwater dit nadeel wellicht nagenoeg geheel wordt opgeheven.
Het grote voordeel van oevergrondwaterwinning t.o.v. spaarbekkens en kunstmatige infiltratie is de geringere investeringskosten.
Een flexibele aanpassing van de produktie aan de waterbehoefte is mogelijk.

Een echte methode van voorraadvorming kan de winning van oevergrondwater niet worden genoemd, aangezien sprake is van een continue onttrekking aan de rivier; al geschiedt dat dan indirect.

3. Opslag van Maaswater

Met deze filosofie over methoden van voorraadvorming voor ogen is en wordt door de regionale werkgroepen basisplannen nagegaan, hoe binnen de door hun beschouwde gebieden de opslag van Maaswater is te realiseren. De resultaten zijn in afb. 3 weergegeven.
Bij het maken van de plannen spelen

Afb. 3 - Overzicht werken van basisplannen in Noord-Brabant en Limburg.



het tijdstip waarop de behoefte aan Maaswater ontstaat, de grootte en de plaats van de behoefte mede een rol. In Zeeland en westelijk Noord-Brabant bleken de mogelijkheden voor opslag van water (met het oog op gereedkomen Deltawerken) zeer beperkt en is gekozen voor aansluiting aan het spaarbekkenprojekt de Biesbosch.
Voor de Biesbosch, in eerste instantie ontworpen om de drinkwatervoorziening van Rotterdam e.o. veilig te stellen, is in het kader van de basisplannen een ruimere opzet gekozen, waardoor het projekt van boven-regionale betekenis is geworden. In de eindfase zal de capaciteit van de werken een produktie van 500 miljoen m^3/jaar mogelijk maken.

Aan de opzet van dit projekt, met zijn unieke ligging ter plaatse van de samenvloeiing van Rijn en Maas, zal in een volgende voordracht aandacht worden besteed, zodat wordt volstaan met op te merken dat naar verwacht in 1973 een eerste fase gereed zal zijn en water uit de Biesbosch zal worden betrokken.
Een tweede belangrijke onttrekking van Maaswater gaat plaatsvinden aan de Andelse Maas. Hiertoe zijn plannen ontworpen en deels reeds in uitvoering door de Duinwaterleiding van 's-Gravenhage om de duinen in Zuid-Holland te infiltreren met Maaswater. De relatief goede kwaliteit zal het mogelijk maken de capaciteit van het Haagse duingebied verder op te voeren. De plaats en wijze van voorraadvorming zijn u voldoende bekend, zodat ik daar niet nader op in zal gaan. Gedacht wordt de werken omstreeks 1975 in bedrijf te nemen. De waterbehoefte van de Haagse agglomeratie wordt in het jaar 2000 geraamd op ca. 100 miljoen m^3/jaar.
De overige behoeften aan Maaswater, betreffen de watervoorziening van oostelijk Noord-Brabant en Limburg. Beide zijn door hun geografische ligging direct aangewezen op de Maas als leverancier van drinkwater. Oostelijk Noord-Brabant verkeert hierbij in de gelukkige omstandigheid dat beschikt wordt over aanzienlijke grondwatervoorraden, waardoor pas omstreeks 1980 behoeften aan Maaswater ontstaan. Nauw hiermee samen hangt de wijze van grondwaterbeheer. Het feit dat momenteel ca. 65 % van de in Noord-Brabant door de industrie onttrokken hoeveelheid grondwater, ofwel ca. 60.10^6 m^3/jaar, wordt gebruikt als koelwater, vormt hiervan een illustratie.

Voor de opslag van Maaswater in oostelijk Noord-Brabant gaat de belangstelling uit naar 2 gebieden. Te weten het rivierkleigebied De Maaskant en een gebied van ca. 1000 ha ten zuiden van Eindhoven. In beide gevallen wordt gedacht aan infiltratie in combinatie met opslag in bekkens.

Infiltratie De Maaskant

In dit rivierkleigebied ten noorden van Oss komt aan de oppervlakte een beschermende kleilaag voor van wisselende dikte (1 - 6 m) met daaronder een goed doorlatend zandpakket. Overwogen wordt voorbehandeld Maaswater d.m.v. infiltratiegeulen (sloten) in de watervoerende laag te doen wegzijgen. In perioden dat géén Maaswater kan worden onttrokken zou de aanwezige grondwatervoorraad moeten worden aangesproken. De hieruit voortvloeiende grondwaterstandsdalingen zullen door de aanwezigheid van de afsluitende kleilaag aan het maaiveld weinig bezwaar voor de omgeving opleveren, terwijl kunstmatig op peil te houden randkanalen deze bezwaren nog verder zullen doen verminderen.

Daarnaast bestaat er de mogelijkheid spaarbekkens aan te leggen. waarbij de van nature aanwezige kleilaag tegelijk als bodemafdichting zou kunnen dienen. Een combinatie van spaarbekkens en infiltratie heeft het voordeel dat de duur van de overbruggingsperiode op kunstmatige wijze wordt verkort en de produktie kan worden opgevoerd.
In verband met het voorkomen van dikke kleilagen (ca. 4 - 6 m) komt vooral het gebied ten noordwesten van Oss nabij Maren en Lith in aanmerking. Een bijkomend voordeel is de ligging nabij de Waal, zodat een aanvullende of vervangende infiltratie en opslag van Waalwater tot de mogelijkheden behoort.
Zeer dikke kleilagen (> 7 m) komen plaatselijk voor in het Land van Maas en Waal aan de overzijde van de Maas in de provincie Gelderland. In het bijzonder de gebieden ten oosten van Dreumel, ten zuiden van Leeuwen en ten noorden van Batenburg bieden goede perspectieven. Het verdient aanbeveling ook deze gebieden in de beschouwingen over infiltratie en opslag van Maaswater te betrekken.
Eveneens is beschouwd de winning van oevergrondwater. Het resultaat van voorlopige onderzoekingen en berekeningen heeft uitgewezen dat in het gebied tussen Maashees en Maren een achttal locaties met een gezamenlijke lengte van ca. 28 km hiervoor in aanmerking komt. De totaalcapaciteit zou gemiddeld 70 miljoen m^3/jaar kunnen bedragen, waarvan een belangrijk percentage naar de Maas afstromend grondwater is. Op de voor- en nadelen van oevergrondwaterwinning t.o.v. andere winningsmethoden wordt thans niet nader ingegaan. Nogmaals wordt er echter op gewezen dat van een feitelijke opslag van Maaswater geen sprake is en continu op een indirecte manier water aan de Maas wordt onttrokken.

Gesteld kan worden dat in het rivierkleigebied van de Maas zeker mogelijkheden voor opslag en infiltratie van Maaswater aanwezig zijn. Ook uit planologisch oogpunt lijkt dit gebied niet ongeschikt.
De gedachten gaan hierbij uit naar een produktie-eenheid van ca. 150 miljoen m^3/jaar.
De huidige plannen zullen de komende jaren meer in detail worden uitgewerkt teneinde tot een definitieve keuze van de te realiseren werken te komen. Met name de Waterleidingmaatschappij Oost-Brabant denkt hierbij aan infiltratie en opslag van Maaswater in het eerdergenoemde poldergebied ten zuiden van Maren en Lith.

Infiltratie Groote Heide

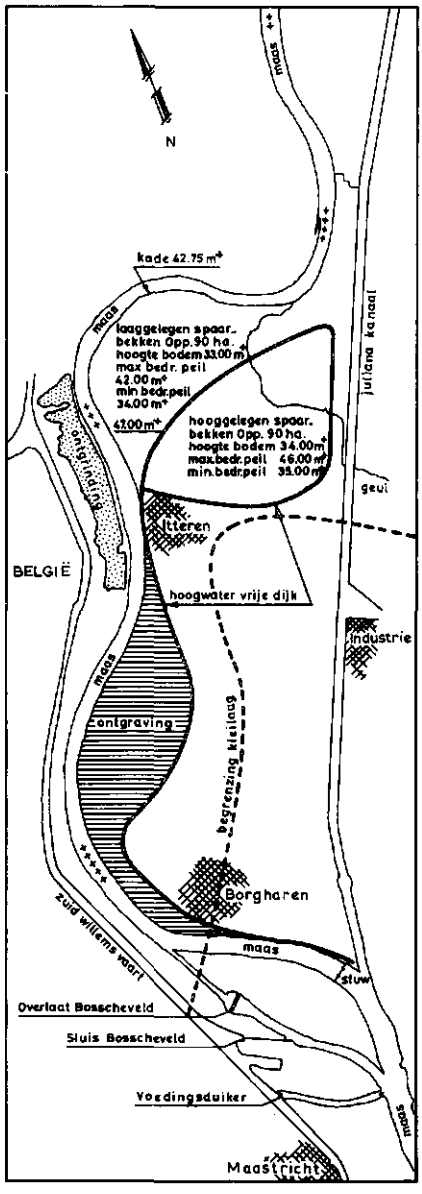
De gemeente Eindhoven onderzoekt de mogelijkheid om de Groote Heide, een gebied van 1000 ha ten zuiden van Eindhoven, dienstbaar te maken aan doeleinden van recreatie en waterwinning. Het plan beoogt enerzijds de winning van grondwater uit de diepe waterafvoerende lagen (150 à 250 m minus maaiveld) en anderzijds suppletie van oppervlaktewater met tussenschakeling van voorraadbekkens al of niet met een open bodem waardoor water in de dieper gelegen bodemlagen kan infiltreren. Het voor dit project nodige oppervlaktewater zal worden ontleend aan de Tongelreep, een riviertje dat uit België komend op 2 à 3 km afstand langs de Groote Heide stroomt. De produktiecapaciteit ligt in de orde van 20.10^6 m^3/jaar. Het ligt in het voornemen het project reeds vóór 1980 te realiseren.
Tot zover de drinkwateraanspraken van oostelijk Noord-Brabant op de Maas.
Uitwerking van de plannen heeft goede voortgang.

Tenslotte Limburg, dat nog meer dan

Noord-Brabant is aangewezen op de Maas als potentiële drinkwaterleverancier. Hoewel ook Limburg over niet onaanzienlijke grondwatervoorraden beschikt, zullen met name in Midden- en Zuid-Limburg vóór 1980 watertekorten optreden. Belangrijk in dit opzicht is de industriële ontwikkeling. In Zuid-Limburg blijft het werkelijk waterverbruik achter bij de prognose als gevolg van een stagnerende industrialisatie.

De industrieën die voor een vervangende werkgelegenheid moeten zorgen als straks de mijnen zullen sluiten, zijn nog niet aanwezig. Dit heeft het wrange voordeel tot gevolg dat eerst in een later stadium watertekorten zullen ontstaan dan was verwacht. Wanneer dit stadium van tekorten zal worden bereikt is moeilijk te voorspellen.

Afb. 4 - Situatie spaarbekken Itteren, onderverdeeld in een laag- en hooggelegen deel.



Bij sterk toenemende industrialisatie wellicht reeds vóór 1975. In dit licht bezien is het, naast een verder onderzoek naar de mogelijke winbare hoeveelheden grondwater, van het grootste belang onderzoek te verrichten, plannen te ontwerpen en maatregelen te treffen om toekomstige moeilijkheden het hoofd te kunnen bieden.
De regionale werkgroep basisplannen Limburg heeft hiertoe de richting aangegeven. Alternatieve oplossingen zijn vergeleken, waarna gekozen is een combinatie van een drietal werken (zie afb. 3), te weten:

— oevergrondwater Roosteren, capaciteit ca. 25 miljoen m^3/jaar;
— spaarbekken Itteren-Borgharen, capaciteit ca. 55 miljoen m^3/jaar;
— grindgat Heel-Panheel, capaciteit ca. 50 miljoen m^3/jaar.

Oevergrondwater Roosteren

Uit een onderzoek dat door het RID is ingesteld naar de mogelijkheid van de winning van oevergrondwater in Midden- en Zuid-Limburg kwam het langs de Maas gelegen gebied tussen Grevenbicht en Roosteren als één van de meest gunstige lokaties naar voren. Het betreft een totale ontwikkelde lengte van 7,5 km met een geraamde produktiemogelijkheid van 25 miljoen m^3/jaar. Een in opdracht van de Waterleidingmij voor Midden- en Noord-Limburg uitgevoerde pompproef wijst op k-waarden van 400 m/dag. De Maas is ter plaatse van Grevenbicht ongestuwd en komt nabij Roosteren onder invloed van de stuw te Linne. Gedurende perioden van lage Maasafvoeren zal minder Maaswater via de ondergrond naar de winningsmiddelen (putten) toestromen en zal de grondwatervoorraad te plaatse worden aangesproken.

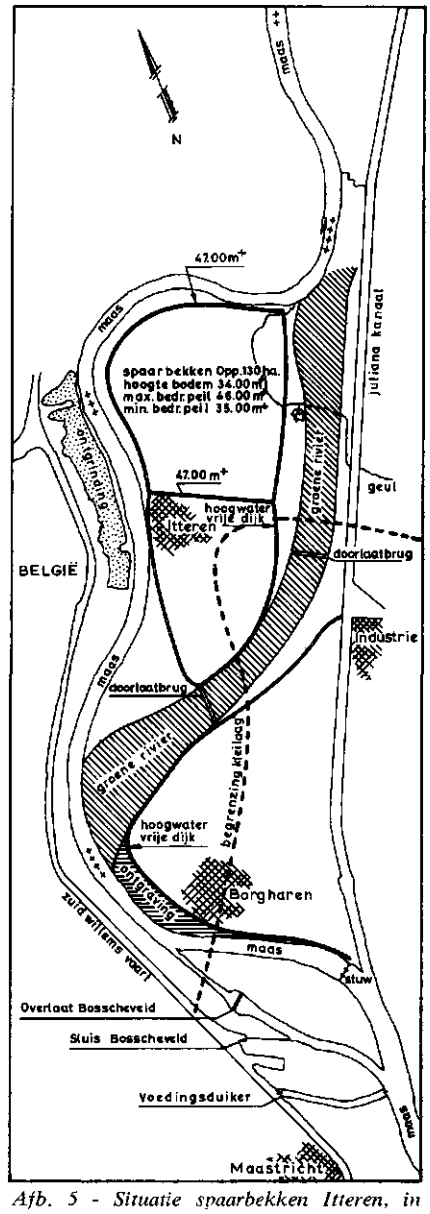
Berekeningen en geohydrologische onderzoekingen zullen met kracht moeten worden voortgezet alvorens een definitief ontwerp te kunnen maken. De realisering van de werken zelf vergt in vergelijking met de andere werken weinig tijd.

Spaarbekken Itteren-Borgharen

Hierop zal nog uitvoerig worden teruggekomen. De mogelijke situaties van het bekken zijn aangegeven in de afb. 4 en 5.

Grindgat Heel-Panheel

In de omgeving van Heel en Panheel zal een grote ontgrinding plaatsvinden, waar na afloop een waterplas zal



Afb. 5 - Situatie spaarbekken Itteren, in combinatie met groene rivier (alternatieve oplossing).

resteren van ca. 150 ha op een afstand van 2,5 km van de Maas. Berekeningen hebben aangetoond dat inrichting van deze waterplas als opslagbekken voor de drinkwatervoorziening een produktie-eenheid van 50 miljoen m^3/jaar kan opleveren. Hierbij wordt uitgegaan van een waterreservoir in vrij contact met het omringende grondwater. In het geval dat de aanvoer van Maaswater naar het grindgat moet worden onderbroken, zal bij voortgaande onttrekking van water aan het grindgat de waterstand hierin dalen. Tevens zal grondwater uit de omgeving toestromen en wordt in feite een mengsel van grond- en oppervlaktewater onttrokken. In hoeverre de optredende grondwaterstandsdalingen acceptabel zijn en bij de exploitatie

van de ontgrinding met de aanleg van een drinkwaterbekken rekening kan worden gehouden zijn zaken die vroegtijdig dienen te worden beslist. Het bekken zou dan omstreeks 1990 in bedrijf kunnen worden genomen. Andere in beschouwing genomen werken (alternatieven) zijn:

Grindgaten Linne en Herten

Deze direct langs de Maas gelegen grindgaten laten een exploitatie, zoals die van het grindgat Heel-Paneel niet toe. De voorraadvorming komt hier tot stand door het peil in het bekken op te zetten tot boven het stuwpeil van de Maas ter plaatse. De afdichting van bodem en wanden kan geschieden door het terugstorten van de bij de ontgrinding vooraf verwijderde leemlaag of door het aanbrengen van een kunstmatige bodemafdichting (b.v. plastic of bitumen).
Bij een oppervlakte van 110 ha (Linne) en 140 ha (Herten) en een peilvariatie van 5 m zou op deze wijze een nuttige voorraad van resp. 5,5 en 7,0 miljoen m^3 ter beschikking staan.

Kunstmatige infiltratie Vlodrop en Koningsbosch

Het betreft hier zandgebieden waar de grondwaterstand 10 à 30 m beneden het maaiveld voorkomt. Berekeningen wijzen uit dat uitgaande van een overbruggingsperiode van 100 dagen de capaciteit van de afzonderlijke werken ca. 25 miljoen m^3/jaar zou kunnen bedragen. De in beschouwing genomen oppervlakten zijn 400 ha (Vlodrop) en 700 ha (Koningsbosch).

Spaarbekken Schinveld

Ten oosten van Schinveld strekt zich een gebied uit waar afsluitende lagen in de ondergrond op niet al te grote diepte voorkomen (10 à 20 m). Mogelijkheden voor de aanleg van een spaarbekken zijn zeker aanwezig. Een nadeel t.o.v. andere werken is de grote afstand tot de Maas, waardoor een relatief dure transportleiding nodig is. Bovendien spelen in dit gebied vele andere belangen dan de drinkwatervoorziening een rol.

Mergelgroeven

Het is niet ondenkbaar dat bij toekomstige mergelexploitaties groeven resteren, die ingericht kunnen worden als spaarbekken voor de drinkwatervoorziening. Hierover is thans nog weinig te zeggen; op korte termijn bieden zij géén oplossing. Wellicht kan het een alternatief voor het grindgat Heel-Panheel vormen.

4. **Spaarbekken Itteren-Borgharen**

Het gebied Itteren-Borgharen is één van de weinige gebieden in Limburg waar een kleilaag van enige omvang op geringe diepte (ca. 10 m) beneden het maaiveld voorkomt; een kleilaag die als bodemafdichting van het spaarbekken kan fungeren. Dit is de conclusie van een onderzoek dat door de Rijksgeologische Dienst in het kader van de basisplannen is ingesteld. Een ander geschikt gebied betreft het reeds eerder vermelde spaarbekken Schinveld.
Een complicatie van Itteren-Borgharen vormt de ligging in het winterbed van de Maas. Dit heeft ertoe geleid dat het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening en de Studiedienst Maas van de Rijkswaterstaat Directie Limburg gezamenlijk studie hebben verricht naar de mogelijkheid de aanleg van een spaarbekken te combineren met een zodanige aanpassing van het winterbed, dat de dorpen Itteren en Borgharen bij hoge Maasafvoeren niet langer met wateroverlast te kampen hebben (dual-purpose project).
De geologie van de ondergrond bestaat gerekend vanaf het maaiveld uit 1 à 3 m leem, 8 m grind en zand, 7 m klei en vervolgens kalksteen. Deze kleilaag is in het noorden het dikst en neemt naar het zuiden toe tot nul af. De begrenzing van de kleilaag is in de afbeeldingen 4 en 5 aangegeven. Het principe van het spaarbekken berust erop dat de kleilaag voor een natuurlijke bodemafdichting zorgt, terwijl de zijdelingse afdichting wordt verkregen door het aanbrengen van een zgn. „core" (klei-cementwand, damwand, plastic scherm e.d.), die tot in de kleilaag reikt.

De hoogte van de omringende dijken wordt bepaald door planologische faktoren; voorlopig is bij het ontwerp dezelfde hoogte aangehouden als voor de dijken van het Julianakanaal, nl. 47,00 m + NAP. Uitgaande van 1 meter waking is het maximum bedrijfspeil in het spaarbekken 46,00 m + NAP. De ingraving en het minimale bedrijfspeil worden bepaald door geohydrologische faktoren. Bij de laagste waterstand in het bekken mag geen gevaar ontstaan voor opdrukken van de kleilaag als gevolg van potentiaalverschillen in de watervoerende pakketten boven en beneden de kleilaag. De maximale ontgravingsdiepte is berekend uit het verloop van de te verwachten grond-, korrel- en waterspanningen voor de ongunstigste situatie (nl. hoge grondwaterpotentiaal in het kalksteen en laagste waterstand in het bekken). Berekeningen tonen aan dat een peilvariatie van 11 m mogelijk moet zijn, uitgaande van een maximum bedrijfspeil 46,00 m + NAP, minimum bedrijfspeil 35,00 m + NAP en hoogte bodem 34,00 m + NAP.
De kleilaag is zandig ontwikkeld, zodat afhankelijk van de waterstand in het bekken, kwelstroming van en naar het spaarbekken zal optreden. Een gecombineerde grond- en oppervlaktewaterwinning behoort tot de mogelijkheden.
Voor de aanpassing van het winterbed zijn twee oplossingen beschouwd. In de eerste plaats de combinatie van een laag- en hooggelegen spaarbekken en in de tweede plaats een spaarbekken tezamen met een zgn. „groene" rivier. Beide oplossingen zijn respectievelijk weergegeven in de afb. 4 en 5.
De aanleg van een spaarbekken en het hoogwater-vrijmaken van Itteren en Borgharen noodzaken tot het uitvoeren van compenserende werken. Deze compensaties zijn:

- behoud van een ontgrinding op Belgisch gebied tegenover Itteren;
- aanpassing van de overlaat in het Bosscheveld;
- gedeeltelijke ontgraving op de rechter Maasoever tussen Borgharen en Itteren;
- compensaties op de linker Maasoever stroomafwaarts van de stuw op Nederlands gebied.

De ligging van de hoogwatervrije dijken is door middel van computerberekeningen vastgesteld.
Het laaggelegen bekken met een kade op 42,75 m + NAP is in wezen ook een compensatie. Bij hoge Maasafvoeren (gem. 1 x per jaar) maakt het bekken deel uit van het winterbed van de Maas.
De groene rivier bij de tweede oplossing is ca. 4 km lang met een breedte die varieert van 250 - 500 m; de verlaging van het maaiveld is ca. 2 m. Nadelen van deze oplossing zijn de isolering van Itteren, de bouw van bruggen en de omvangrijke compenserende werken.

De nuttige inhoud van het spaarbekken gevormd door de waterschijf tussen het maximum en minimum bedrijfspeil bedraagt voor de oplossing van afb. 4 voor het laaggelegen spaarbekken ca. 7.10^6 m^3 en voor het hoog-

gelegen spaarbekken ca. 10.10^6 m³, tezamen 17.10^6 m³; de oplossing volgens afb. 5 heeft een nuttige watervoorraad van ca. 14.10^6 m³. Is de overbruggingsperiode bekend, waarin geen water aan de rivier kan worden onttrokken, dan is de capaciteit in m³/jaar te berekenen. Een produktie van 50 à 100 miljoen m³/jaar is te verwachten.

Belangrijke aspekten bij de aanleg van een spaarbekken in het gebied Itteren-Borgharen zijn:

— de dikte, verbreiding, diepte en doorlatendheid van de kleilaag; een detailonderzoek is nodig;
— de afzetmogelijkheid van het bij de ontgraving vrijkomende zand en grind (ca. 20.10^6 ton);
— de methode van ontgrinding; de Grensmaas is nl. ter plaatse ongestuwd;
— de aanslibbing in het laaggelegen bekken tengevolge van periodieke overstromingen;
— de planologische inpassing in het landschap (landbouwhoeve Haartelstein);
— de verlegging van de mond van de Geul.

De compensatiewerken, de zijdelingse afdichting (core), de kwaliteit en de kwantiteit van het Maaswater zijn reeds genoemd.
Ten aanzien van de stand van zaken (januari 1972) kan worden medegedeeld dat om planologische redenen de voorkeur uitgaat naar de oplossing met het lage en hoge bekken ten noorden van Itteren (afb. 4) en dat de terreinen hiervoor in planologisch opzicht worden gereserveerd.
Een nader geohydrologisch onderzoek dient zo spoedig mogelijk plaats te vinden.

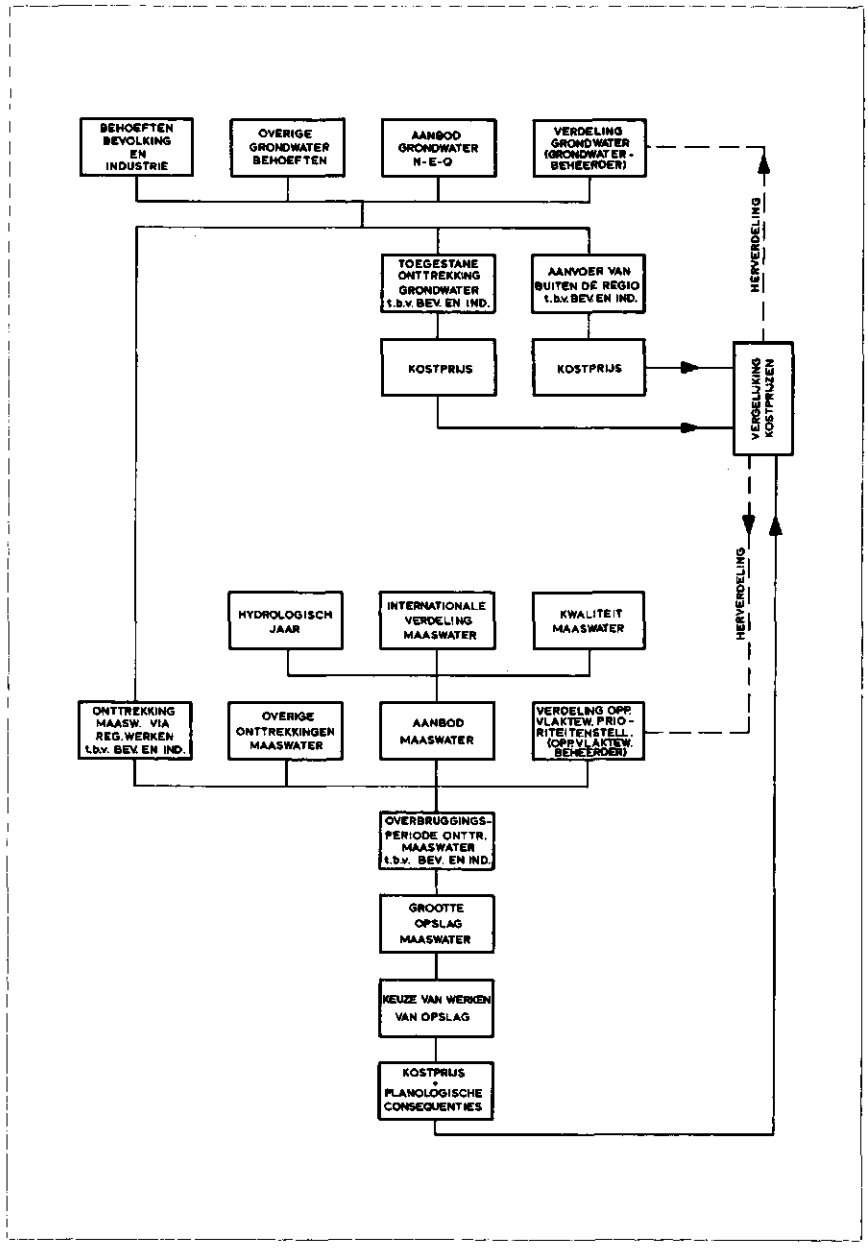
5. Kostenaspekten
(relatie met grond- en oppervlaktewaterbeheer)

In deze voordracht die de bedoeling heeft aan te geven waar in technisch opzicht voorraadvoming plaats kan vinden, is het kostenaspekt nog niet aan de orde geweest. Afhankelijk van het stadium waarin de plannen verkeren zijn meer of minder nauwkeurige kostprijsberekeningen mogelijk. Faktoren zoals de afzetmogelijkheden van bij ontgraving vrijkomend zand en grind en de maatgevende overbruggingsperiode bepalen in belangrijke mate de kostprijs (halvering van de overbruggingsperiode geeft bij een zelfde inhoud van het spaarbekken een verdubbeling van de jaarproduktie). Een algemeen bezwaar van spaarbekkens is dat men in de beginperiode met een overcapaciteit heeft te maken. Een flexibele aanpassing van produktie-eenheid aan waterbehoefte, zoals bij de winning van grondwater mogelijk is, ontbreekt.

Dit alles in overweging nemende is het moeilijk om in dit stadium voor alle hiervoor besproken basisplanwerken een vaste kostprijs voor drinkwater bereid uit Maaswater op te geven. Om de gedachten te bepalen kan ruwweg worden gesteld dat ten opzichte van grondwater de kostprijs af zuiveringsstation 1,5 à 2 x zoveel bedraagt. Dit verschil in kosten maakt het zinvol de uitgangspunten na te gaan die aan de bepaling van de grootte van de opslag ten grondslag liggen. Deze analyse is in de vorm van een relatieschema in afb. 6 uitgevoerd.

Uitgaande van een gegeven behoefte van bevolking en industrie wordt nagegaan welk deel hiervan uit het grondwater kan worden voorzien. De grondwaterbeheerder verdeelt het beschikbare grondwater naar beste weten over de verschillende belanghebbenden, waarbij doorgaans niet aan de gehele behoefte van bevolking en industrie zal kunnen worden voldaan. Het deel grondwater toegewezen aan

Afb. 6 - Kostprijs water voor bevolking en industrie in relatie tot grond- en oppervlaktewaterbeheer.



bevolking en industrie, daarvan is de kostprijs te berekenen. De resterende waterbehoefte van bevolking en industrie zal moeten worden voorzien vanuit het oppervlaktewater of door aanvoer van buiten de regio (levering door boven-regionale werken).
De onttrekking aan het oppervlaktewater, in dit geval de Maas, is niet zonder problemen, immers naast de behoefte van bevolking en industrie zijn er nog andere behoeften, zoals landbouw, doorspoeling, scheepvaart en koelwater voor centrales. Thans is het aan de oppervlaktewaterbeheerder om het beschikbare Maaswater te verdelen over alle belanghebbenden. Het aanbod van Maaswater (zie afb. 6) wordt hierbij bepaald door de beschouwde hydrologische periode (duur van lage afvoeren), de mate waarin water bovenstrooms in Frankrijk en België wordt onttrokken en door de kwaliteit van het Maaswater. De prioriteiten die door de oppervlaktewaterbeheerder worden gesteld in de gevallen dat onvoldoende water voor iedereen beschikbaar is, zijn bepalend voor de overbruggingsperiode, waarin geen water ten behoeve van bevolking en industrie kan worden onttrokken.
De duur van deze periode leidt tot een bepaalde grootte van opslag, keuze van werken en uiteindelijk tot een zekere kostprijs. Nu zijn bekend de kostprijs van het deel van de waterbehoefte van bevolking en industrie dat wordt voorzien vanuit het grondwater en de kostprijs van het deel afkomstig van het oppervlaktewater. Daarnaast is te berekenen hoeveel de kostprijs van het water zou bedragen indien water van buiten de regio wordt aangevoerd (hierop wordt thans niet nader ingegaan). In feite gaat het om drie oplossingen ieder met een eigen kostprijs.

Bij onderlinge vergelijking van deze kostprijzen kan het zijn dat grote verschillen worden geconstateerd en dat de grond- en oppervlaktewaterbeheerders er goed aan doen om in overleg met de belanghebbenden de verdeling van het grond- en oppervlaktewater te herzien, teneinde tot een optimale belangenafweging van het geheel (grond- en oppervlaktewaterbeheer tezamen) te komen. Dit kan b.v. betekenen dat meer grondwater door de waterleidingbedrijven kan worden onttrokken, eventueel zelfs met vergoeding van mogelijk aangebrachte schade aan derden, of dat drinkwater bij onttrekking van oppervlaktewater de eerste prioriteit wordt toegewezen. Behalve met de kostprijs zal uiteraard ook met andere faktoren rekening moeten worden gehouden, zoals planologie, recreatie en bescherming van de waterwinning.
De bedoeling van het relatieschema in afb. 6 is aan te geven dat de grond- en oppervlaktewaterbeheerders tezamen voor een optimale oplossing kunnen zorgdragen. Dat hieraan in de praktijk nog wel het een en ander schort, zal niet onbekend zijn.
Uit het bovenstaande relaas mag niet worden geconcludeerd dat géén oppervlaktewater mag worden verwerkt, alvorens de laatste druppel grondwater uit de grond is gehaald.
In bepaalde gevallen zal het economischer zijn in een eerder stadium tot het gebruik van oppervlaktewater te besluiten. Plotselinge industrievestigingen zouden de vraag naar water zo sterk kunnen doen toenemen dat aanvullende bronnen nodig zijn. Om dan alsnog oppervlaktewaterbronnen in te schakelen zal niet lukken. Hiervoor is op zijn minst een periode van 5 à 10 jaren nodig.

Plannen voor de aanleg van oppervlaktewaterwerken dienen derhalve in een zo vroeg mogelijk stadium te worden ontwikkeld, hetgeen ondermeer inhoudt:

— een gedegen geohydrologisch onderzoek;
— ontwerp van werken voor winning, opslag, zuivering en transport;
— reservering van terreinen in planologisch opzicht;
— aanvraag vergunning voor onttrekking van oppervlaktewater.

6. Samenvatting

Ik ben hiermede gekomen aan het einde van mijn voordracht en zou de kern van mijn betoog als volgt willen samenvatten.

— Opslag van Maaswater binnen de provincies Noord-Brabant en Limburg is mogelijk, zij het doorgaans in kleine eenheden (m.u.v. de Biesbosch-spaarbekkens). Bij grote overbruggingsperioden zal het de vraag zijn of binnen de provincies zelf nog voldoende opslagruimte kan worden gevonden tegen een redelijke prijs.

— Uitwerking van de huidige plannen dient met kracht te worden voortgezet. Een integrale aanpak door de bedrijven is nodig. De uitvoering van de werken dient tijdig een aanvang te nemen.

— Met de inschakeling van oppervlaktewater als bron voor de drinkwatervoorziening dient niet te worden gewacht totdat het hele grondwaterpotentieel is benut.

— De grootte van de aan te leggen voorraden dient te resulteren uit een op elkaar afgestemd grond- en oppervlaktewaterbeheer.

Literatuur

1. Concept-nota basisplannen toekomstige drinkwatervoorziening voor Nederland. Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening, 1971.
2. Regionale rapport basisplannen Oostelijk-Noord-Brabant. Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening, 1970.
3. Regionale rapport basisplannen Limburg. Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening, 1969.
4. Spaarbekkens in Zuid-Limburg. Rijksgeologische Dienst, Geologisch Bureau voor het Mijngebied, 1969.
5. Verkerk, ir. P. J. en Barreveld, ir. J. C. *Onderzoek naar de mogelijkheid van de aanleg van spaarbekkens in het gebied Itteren-Borgharen.* Nota van Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening en Studiedienst Maas van de Rijkswaterstaat, Directie Limburg, 1970.
6. Kunstmatige infiltratie, 17e Vakantiecursus in drinkwatervoorziening, 1965.
7. Huisman, prof. ir. L. en Martijn, ir. Th. G. *Kwaliteitsverbetering in doorstroombekkens, grondslagen basisplannen 3.* H_2O (1) 1968 no's 3 en 4.
8. Martijn, ir. Th. G. *Kwaliteitsverbetering in spaarbekkens, grondslagen basisplannen 5;* H_2O (1) 1968 no's 21 en 25.
9. Huisman, prof. ir. L. en Martijn, ir. Th. G. *Kwaliteitsverbetering bij kunstmatige infiltratie, grondslagen basisplannen 6;* H_2O (2) 1969, no. 16.



De Maas, onze hoop voor de toekomst.

IR. P. L. KNOPPERT
directeur NV Waterwinningbedrijf Brabantse Biesbosch

Het spaarbekkenproject „Brabantse Biesbosch"

I. Verantwoording

In het kader van deze vakantiecursus over de Maas moet onderstaande verhandeling worden gezien als een case study. Het geeft verslag van de algemene opzet, de uitgangspunten, de grondslagen voor de capaciteitsberekeningen, de verwerking hiervan en de uitkomsten van het momenteel in uitvoering zijnde spaarbekkenproject in de Brabantse Biesbosch.
De bekkens zullen voornamelijk worden gevoed met water uit de Maas en zullen in hoofdzaak dienen voor de drink- en industriewatervoorziening van Zuid-West-Nederland, te weten Rotterdam en omgeving, Noord-West Brabant en Zeeland. Het project is in teamverband opgezet door ingenieurs en chemici van de gemeente drinkwaterleiding van Rotterdam. Een belangrijk aandeel in het werk heeft het Waterloopkundig Laboratorium te Delft gehad, terwijl op een bepaald onderdeel, de diffusie van Rijnwater stroomopwaarts in het Amerbekken, de Deltadienst van de Rijkswaterstaat heeft geadviseerd.
Voorts heeft veel overleg plaats gevonden met het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening. Ten aanzien van de planologie heeft een zich nog steeds continuerend overleg plaats gevonden met diverse instanties en personen. Hiervan zal in dit artikel echter slechts terloops gewag worden gemaakt. Ook de ontwerp- en uitvoeringstechnische zijden van het project zullen hier niet worden behandeld.

II. Inleiding

Het plan is in eerste instantie opgezet ten behoeve van de drink- en industriewatervoorziening van Rotterdam en omgeving. Deze is, bij gebrek aan zoet grondwater en duingebieden vanaf de aanvang in 1874 tot op heden gebaseerd op het gebruik van oppervlaktewater, in casu aangevoerd door de Rijn. In het begin van de vijftiger jaren werd duidelijk, dat het bestaande zuiveringsbedrijf, gelegen aan de Nieuwe Maas, direkt bovenstrooms van Rotterdam, eerlang zijn maximale leveringsvermogen zou bereiken. Ook was duidelijk dat de vervuiling van de Rijn dermate was, dat perioden van lage afvoer moesten kunnen worden overbrugd. Dit kon binnen het in aanmerking komende gebied slechts plaats vinden door middel van spaarbekkens.
Zo verscheen in 1955 het rapport Brielse Meer waarin werd aanbevolen om, met handhaving van het bestaande zuiveringsbedrijf, een nieuw te bouwen aan het Brielse Meer, dit zodanig aanpassend, dat hierop een peilvariatie mogelijk werd waardoor de gewenste overbrugging kon worden verkregen.
Kort nadien ontstond het zeer snel tot uitvoering gekomen plan tot aanleg van het haven- en industriegebied Europoort. Als gevolg hiervan kon het Brielse Meer niet meer dienstbaar gemaakt worden aan de drinkwatervoorziening en moest naar een andere oplossing worden gezocht.
In 1958 kon een aanvullend rapport worden uitgebracht, waarin werd geadviseerd om op het eiland Berenplaat een nieuw zuiveringsbedrijf te bouwen met aangrenzend spaarbekken, waardoor een periode van lage rivierafvoer ter lengte van circa een maand zou kunnen worden overbrugd.
Bij de beschouwingen was reeds korte aandacht geschonken om in de toekomst, bij eventueel verdergaande verslechtering van de kwaliteit van het Rijnwater, over te gaan tot aanleg van spaarbekkens in Biesbosch of Zeeuwse Meer. Dat deze verdergaande verslechtering daadwerkelijk heeft plaats gevonden is genoegzaam bekend.

In de jaren 1961 tot 1966 werd het Berenplaatbedrijf gebouwd. Inmiddels vond in januari 1963 de beruchte zoutinvasie plaats, waarbij gedurende enkele dagen brak water uit de kraan kwam. Dit heeft ertoe geleid, dat in dat jaar de breed samengestelde Commissie Drinkwatervoorziening Rotterdam werd ingesteld, die tot taak kreeg te bestuderen op welke wijze in de periode tot aan het jaar 2000 de drinkwatervoorziening van dit gebied zou kunnen worden veilig gesteld, zodat enerzijds situaties als tijdens de zoutinvasie niet meer voor zouden komen en anderzijds de steeds weer terugkerende perioden van slechte smaak — vooral voorkomend bij lage rivierafvoer — zouden kunnen worden overbrugd.
Het in 1965 verschenen eindrapport bevatte een aantal conclusies en aanbevelingen, waarvan in de eerste plaats die inzake de drinkwaterbehoefte van het Rotterdamse gebied omstreeks het jaar 2000 kon worden genoemd. Deze werd globaal geraamd op 220 miljoen m^3. Een andere conclusie was, dat het water van de Maas van betere kwailteit is dan dat van de Rijn, doch dat de Maas als echte regenrivier gedurende lange perioden in de zomer een onvoldoende afvoer heeft. De perioden van zeer slechte bruikbaarheid van het Rijnwater bij lage afvoer en de perioden van lage afvoer van de Maas bedragen beide circa 5 maanden.
Hieruit volgde de conclusie dat, daar de watervoorziening bij voortduring op het oppervlaktewater zou moeten worden gebaseerd, de problemen alleen door voorraadvorming konden worden opgelost.
Uit diverse onderzochte mogelijkheden kwam die tot het aanleggen van adequate spaarbekkens in de Brabantse Biesbosch duidelijk als beste naar voren. Deze worden in principe vanuit de Maas gevuld maar — en dit is één van de belangrijke punten van het Biesbosch gebied — ook vanuit de Rijn is dit mogelijk; het Maaswater via Bergse Maas en Amer, het Rijnwater via de Nieuwe Merwede. Bij de beoordeling van het plan door de Rijksoverheid bleek dit dermate aantrekkelijk, dat het verklaard werd tot een bovenregionaal project in het kader van de basisplannen voor de drinkwatervoorziening voor Nederland tot aan het jaar 2000. Dit hield in, dat het plan werd goedgekeurd onder de voorwaarde, dat het zo groot mogelijk moest worden opgezet teneinde hiervan naast het Rotterdamse voorzieningsgebied ook nog andere gebieden te kunnen laten profiteren. Met name Noord-West Brabant, Zeeland en het zuidwestelijk gedeelte van Zuid-Holland.

Verder moest bij de uitwerking van het plan rekening gehouden worden met de landschappelijke en recreatieve aspecten van het gebied. De landbouw is in het zuidelijk deel van de Biesbosch niet zo aantrekkelijk, doordat

ten gevolge van de geïsoleerde ligging de exploitatie economisch bijzonder moeilijk is. In dit gebied zou dus de landbouw kunnen worden opgeofferd. In het noordelijk deel zou met de landbouw echter wel rekening moeten worden gehouden. In dit gebied was ook al begonnen met ruilverkavelingswerken. Er is toen met deze voorwaarden als uitgangspunt een verdere diepgaande studie opgezet, waarbij gezocht moest worden naar de grootste bekkeninhoud, de meest optimale wijze van exploitatie en daardoor naar het grootste produktievermogen. Hierbij ontwikkelde zich het plan tot zijn huidige vorm, waaruit een leveringsvermogen resulteerde van 500 miljoen m^3 per jaar. Hiervan is in principe 250 miljoen m^3 per jaar gereserveerd voor Rotterdam en omgeving en de resterende 250 miljoen m^3 per jaar voor de overige gebieden, hoofdzakelijk Noord-West-Brabant en Zeeland. In de zomer van 1969 werd de uiteindelijke goedkeuring door de Rijks Planologische Commissie verleend en in de eerste maanden van 1970 kon met de aanleg van de eerste bekkens en de bedrijfsterreinen worden begonnen. In het voorjaar van 1973 zal het project zover zijn gevorderd, dat met de waterlevering een aanvang kan worden gemaakt; in eerste instantie alleen aan Rotterdam, over enige jaren, afhankelijk van de behoefte, aan Noord-West-Brabant en Zeeland. De levering vindt plaats als ruw water dat door de afnemende waterleidingbedrijven in hun eigen zuiveringsbedrijven verder wordt behandeld tot drinkwater danwel als industriewater zal worden doorgeleverd.

Als beheersvorm voor het spaarbekkenbedrijf is de naamloze vennootschap gekozen. In deze vennootschap, de „NV Waterwinningbedrijf Brabantse Biesbosch", participeren de provincie Noord-Brabant en de gemeente Rotterdam elk voor 40 %. Met Zeeland worden onderhandelingen over deelname gevoerd.

III. Bedrijfsbeschrijving

In afb. 1 is een overzicht gegeven van het bedrijf. Het bestaat in hoofdzaak uit de volgende onderdelen:

1. Vier spaarbekkens, genaamd Zuiderklip, De Gijster, Honderd en Dertig en Petrusplaat — inheemse namen uit het gebied.

Afb. 1.



2. Zes pompstations, nl. de pompstations Spijkerboor, Kerksloot, Nieuwe Merwede, Honderd en Dertig, het lagedrukpompstation Petrusplaat en het transportpompstation.
3. Het bedrijfsterrein, gelegen bij het bekken Petrusplaat.

De bekkens

De vorm van de bekkens is bepaald door het landschap en de eerder genoemde planologische voorschriften. Deze bepaalden ook de maximaal aanvaardbare hoogte van de ringdijken, die voor alle bekkens NAP + 8,50 m bedraagt. De hoogste waterstand in de bekkens is NAP + 6,50 m.

De bekkens zijn zó diep uitgebaggerd, dat de stabiliteit van de aanwezige ondoorlatende bodemlaag (bekend als de formatie van Kedichem), van bijzondere waarde ter verhindering van kwel uit de bekkens, niet in gevaar komt.

De functie van de bekkens Zuiderklip en De Gijster is die van voorraadbekkens. In tijden van normale rivierafvoeren worden ze derhalve steeds maximaal gevuld gehouden via het pompstation Spijkerboor. In een droge periode, wanneer op een bepaald moment geen Maaswater meer kan worden ingepompt, wordt de aanwezige watervoorraad in de bekkens aangesproken totdat weer opnieuw water uit de rivier kan worden ingepompt. Het laagste niveau waartoe het bekken Zuiderklip kan zakken is NAP — 14,00 m. Voor de Gijster is dit NAP — 8,00 m. De oppervlakten bedragen respectievelijk 400 ha en 320 ha. De bijbehorende nuttige inhouden zijn 67,6 x 10^6 m^3 en 40,7 x 10^6 m^3. Deze twee bekkens worden gebruikt en zijn ingericht als zgn. mengbekkens, waarbij dus het ingepompte water zich in zo kort mogelijke tijd mengt met het aanwezige water. Hierdoor wordt een zo gelijkmatig mogelijke kwaliteit en langzame kwaliteitsvariatie gewaarborgd.

De bekkens Honderd en Dertig en Petrusplaat krijgen een geheel andere functie. Deze is voortgekomen uit de gunstige ervaringen, die sedert 1965 in het Berenplaatbekken zijn opgedaan ten aanzien van de physische zelfreiniging bij een opslag van 3 à 4 weken en voldoende circulatie. De verbeteringen liggen vooral op het punt van vermindering van het gehalte aan zwevende stof, zuurstofverrijking, stijging van de zuurgraad, oxydatie van ammoniak, vermindering van het gehalte aan organische stof en verbetering van de smaak. Het werd waardevol geacht zelfreiniging ook in het Biesboschproject onder alle omstandigheden te effectueren. In de meest kritische perioden zullen echter de bekkens Zuiderklip en De Gijster vaak een laag niveau hebben en de gewenste verblijftijd niet kunnen bieden. Hiervoor speciaal zijn derhalve de bekkens Honderd en Dertig en Petrusplaat ingericht. Deze zijn respectievelijk 220 en 100 ha groot en hebben een bodemdiepte, die in de Honderd en Dertig varieert van NAP — 6 m tot — 20 m en in de Petrusplaat NAP — 9 m bedraagt. De inhouden bedragen achtereenvolgens ca. 32 x 10^6 m^3 en 13 x 10^6 m^3. Het zijn dus geen voorraadbekkens maar zgn. zuiveringsbekkens. Zij zullen in principe steeds geheel gevuld zijn. (Het is nog mogelijk het niveau van de maximum stand van NAP + 6,50 m terug te brengen tot NAP + 1,00 m, doch hiervan zal slechts onder exceptionele omstandigheden gebruik worden gemaakt.) Bij de eerder genoemde waterlevering van 500 x 10^6 m^3 per jaar zullen ze gezamenlijk onder alle omstandigheden aan het water de gewenste verblijftijd van circa 4 weken geven.

Waar deze bekkens de zelfreiniging als hoofddoel hebben is overwogen ze uit te voeren als verdringingsbekken, zoals het Berenplaatbekken. Om het daarmee gepaard gaande verlies aan inhoud als een gevolg van de te bouwen geleidedammen en de zeer aanzienlijke kosten van de aanleg daarvan te kunnen afwegen tegen de procestechnische voordelen, is het noodzakelijk deze nader te bestuderen. Hiertoe moet men het verloop van de zuiveringsprocessen als functie van de tijd kennen. Sommige processen kunnen worden gekenmerkt als zgn. processen van de eerste orde. Dat betekent, dat de verandering (afname) van de concentratie met de tijd afhankelijk is van de eerste macht der concentratie ofwel

$$-\frac{dc}{dt} = k.c \qquad (1)$$

c = concentratie; k = konstante

Een bekend voorbeeld van een dergelijk verloop is het afsterven van pathogene bacteriën.

Andere processen zijn van de nulde orde. Dat wil zeggen, dat de verandering met de tijd onafhankelijk van de concentratie is:

$$-\frac{dc}{dt} = k \qquad (2)$$

Ammoniakafbraak verloopt hoofdzakelijk langs deze weg. Hierbij is k afhankelijk van de temperatuur. De meeste zelfreinigingsprocessen zijn nog onbekend. We beperken ons echter tot nulde en eerste orde processen en vergelijken de werking van een verdringingsbekken met die van een mengbekken, ervan uitgaande dat beide dezelfde verblijftijd hebben. Noemen we aanvangsconcentratie c_o, de concentratie van een tijd T c_T en de reinigingswerking $R = \frac{c_o}{c_T}$, dan kan worden afgeleid uit de vergelijking 1:

voor een verdringingsbekken $R = e^{kT}$;

voor een mengbekken $R' = 1 + k \,.\, T$.

Een verdringingsbekken blijkt voor eerste orde processen sterk in het voordeel te zijn.

In de praktijk is een zuiver verdringingsbekken echter moeilijk te effectueren. Een goed effect kan echter al worden verkregen door de totaalinhoud van het bekken te verdelen over een aantal achter elkaar geschakelde kleinere eenheden, die elk voor zichzelf zuivere mengbekkens zijn. Is R'' het zuiveringseffect van het totale systeem en η het aantal eenheden dan geldt

$$R'' = \left(1 + k \,.\, \frac{T}{\eta}\right)^{\eta}$$

Uitgaande van dezelfde T kan bij bekende k voor verschillende η het zuiveringseffect worden berekend. Bij $\eta = \infty$ wordt R'' uiteraard gelijk aan R.

Indien omgekeerd bijvoorbeeld 99 % reinigingseffect wordt gewenst, kan berekend worden hoe de totale verblijftijd van η achter elkaar geschakelde mengbekkens zich verhoudt tot die van een absoluut verdringingsbekken.

η =	1	2	3	4	6	10	∞
T van η achter elkaar geschakelde mengbekkens / T van 1 absoluut verdringingsbekken =	21	4	2,5	2	1,6	1,3	1

Het blijkt dus dat bij eerste orde processen voor een zuiveringseffect van 99 % een mengbekken 21 x zo groot moet zijn als een absoluut verdringingsbekken. Bij verdeling in twee eenheden is dit nog maar 4 x. Dit effect is dus al zeer belangrijk. Bij verdere verdeling in eenheden wordt de verbetering steeds geringer.
Op parallel verlopende wijze kan worden uitgerekend dat er voor processen van de nulde orde geen verschil bestaat in reinigingseffect tussen een verdringingsbekken en een mengbekken.
Waar nu de zelfreiniging, zoals gezegd, in hoofdzaak bestaat uit zowel processen van de eerste als van de nulde orde en bovendien het totale zuiveringsbekken reeds uit twee eenheden bestaat, de bekkens Honderd en Dertig en Petrusplaat, kon worden besloten geen verdere verdeling toe te passen.

De pompstations

Het hoofd-inlaatpompstation is gelegen aan het Spijkerboor.
Het heeft een maximum capaciteit van 42 m³ per seconde en onttrekt het water via Spijkerboor aan Bergsche Maas om het te verdelen over de voorraadbekkens Zuiderklip en De Gijster.
Menginstallaties, uitgevoerd als luchtbellenschermen zullen, tesamen met circulatiestromingen onder invloed van de wind, voor een goede doormenging zorgen.
Het pompstation Kerksloot met een maximum capaciteit van 16,5 m³ per seconde zal het water doorpompen uit „De Gijster" naar Honderd en Dertig. Wanneer doorspoeling van de voorraadbekkens nodig is zal dit pompstation ook water uit De Gijster naar de Amer kunnen afvoeren. Tevens is het mogelijk hier water uit de Amer binnen te pompen in de bekkens Honderd en Dertig en De Gijster. Hiervan zal gebruik worden gemaakt in de periode, dat het inlaatpompstation Spijkerboor nog niet gereed is.
Een derde inlaatpompstation, capaciteit 16,5 m³ per seconde is gelegen aan de Nieuwe Merwede. Dit maakt het mogelijk Rijnwater via leidingen aan de zuidzijde in het procesbekken Honderd en Dertig te pompen waar het zich kan mengen met het Maaswater, dat uit de voorraadbekkens komt. Ook zal dit pompstation bij een calamiteit of verstoring van ernstige aard het Rijnwater direkt naar het zuiveringsbedrijf kunnen sturen.
Voorts is er het pompstation Honderd en Dertig, dat het water via twee 1200 m lange leidingen met een inwendige diameter van 2000 mm naar het bekken Petrusplaat voert, eveneens met een leveringsvermogen van 16,5 m³ per seconde.
Dezelfde capaciteit heeft het pompstation, dat het water uit het bekken Petrusplaat door de installaties op het bedrijfsterrein voert naar het transportpompstation.
Dit laatste heeft een leveringsvermogen van 20 m³ per seconde met verschillende opvoerhoogten. Afhankelijk van de plaats waarheen het water wordt getransporteerd liggen deze tussen 30 m en 100 m.

Bedrijfsterrein Petrusplaat (zie afb. 2)

Naast de reeds genoemde pompstations bevinden zich hier de installaties, die nodig zijn om het water geschikt voor transport te maken alsmede de controle, hulp- en algemene diensten.

Dit zijn:

1. de chloordosering. Alvorens het water wordt getransporteerd vindt een breekpuntchloring plaats.
2. de loogdosering dienende ter correctie van de hardheid.
3. de schakelwacht van waaruit bediening en controle in hoofdzaak plaatsvindt. Het bedrijf is in belangrijke mate geautomatiseerd, o.a. met behulp van een drietal bedrijfscomputers.

Het ligt in de bedoeling, om gedurende de nachten en de weekeinden onbemand te werken.
Voorts een dienstgebouw, waarin o.a. zijn ondergebracht de reparatiewerkplaatsen, magazijn, de noodstroominstallatie, de hoog- en laagspanningsinstallaties en de garage. Een hoofdgebouw met laboratorium, kantoren, kantine en vergaderruimte. En tenslotte een waterslagbuffervijver, die tevens als siervijver dienst doet.
Op het bedrijfsterrein is ruimte vrijgelaten voor het bouwen van filterinstallaties indien dit tegen de verwachtingen in mogelijk mocht blijken. Ook een viertal dienstwoningen hebben hier hun plaats gevonden.
Tenslotte is er nog een reserve-terrein van ca. 9 ha. Indien er ooit behoefte aan komt, kan hierop een drinkwaterzuiveringsbedrijf worden gebouwd.

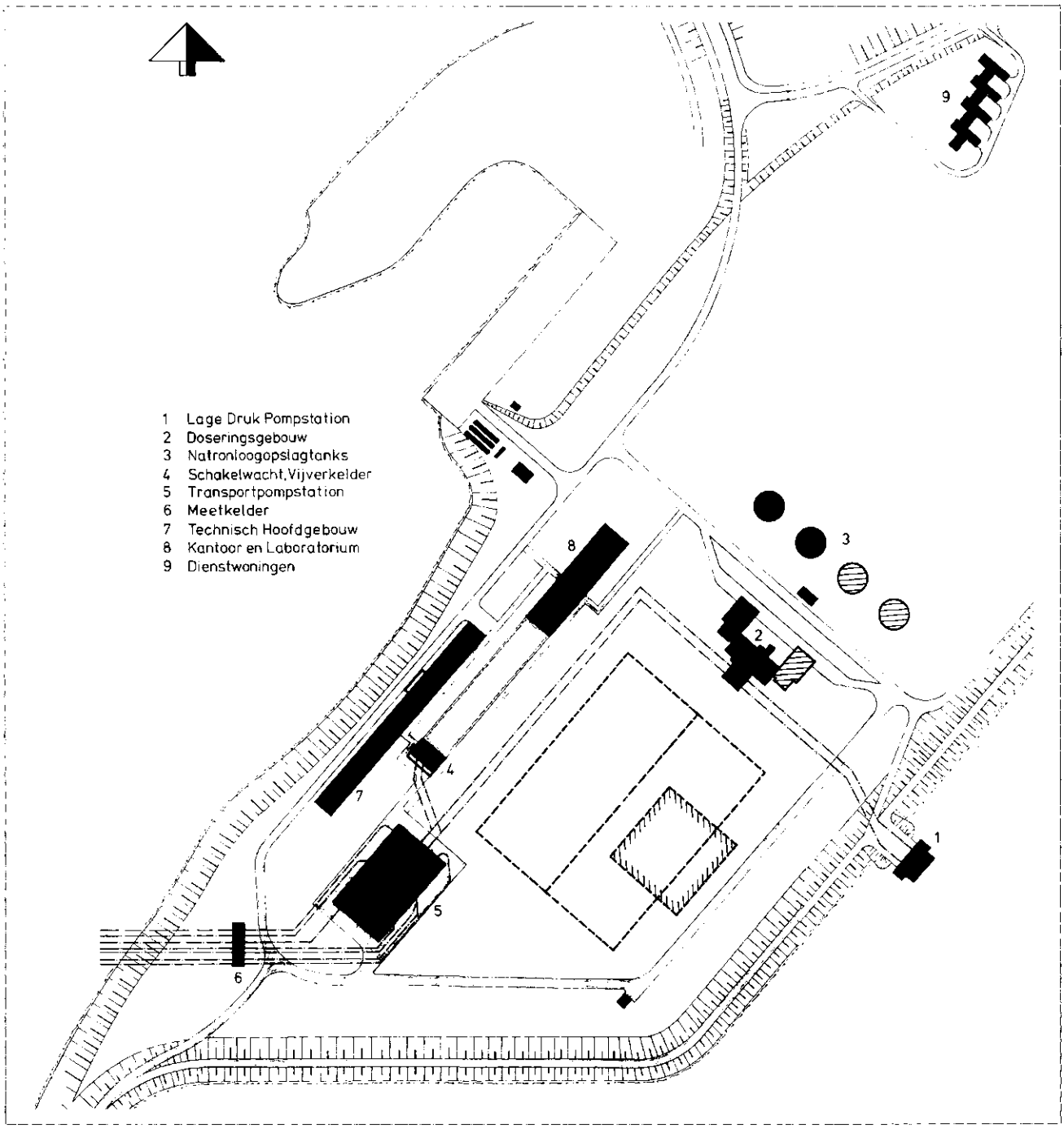
IV. Parameters en randvoorwaarden ter bepaling van het leveringsvermogen

Kwantitatief

In de voorafgaande voordrachten is reeds gebleken, dat het leveringsvermogen van de Maas voor de drinkwatervoorziening niet onder alle omstandigheden onbeperkt is. Als zuivere regenrivier kent de Maas perioden van zeer lage afvoer, die tot praktisch nul kan teruglopen. Dit in tegenstelling tot de Rijn.
Voorts is het door het eutrophe karakter van het Maaswater wenselijk dat op het Amer-bekken de afvoer, wanneer deze een bepaalde waarde heeft bereikt niet extra wordt verlaagd door onttrekkingen. Door de Rijkswaterstaat is deze grenswaarde op 25 m³ per seconde gesteld. Dat wil zeggen, dat in de perioden dat de Maasafvoer ter plaatse lager is dan 25 m³ per seconde er in het geheel geen onttrekking mag plaatsvinden. Wanneer de afvoer boven 25 m³ per seconde ligt moet de onttrekking zodanig zijn, dat de restafvoer 25 m³ per seconde niet overschrijdt.
Uit kwantitatieve overwegingen zijn er aan de onttrekking van Maaswater voor de drinkwatervoorziening beperkingen opgelegd waardoor overbrugging (spaarbekkens) noodzakelijk is.

Kwalitatief

Hoewel niet in die mate als de Rijn is ook de Maas een rivier, die verontreinigd is door huishoudelijke en industriële afvalstoffen, terwijl ook vanuit de agrarische sector verontreiniging optreedt. Nagegaan moet worden



Afb. 2 - Bedrijfsterrein Petrusplaat.

in hoeverre de verontreiniging in één of meer bestanddelen zodanig is, dat hierdoor overbrugging vereist wordt en in hoeverre hierdoor het leveringsvermogen van een spaarbekkencomplex wordt bepaald, repectievelijk bruikbare parameters ter berekening hiervan worden opgeleverd.

Men dient zich hierbij te realiseren, dat een spaarbekken geen hygiënisch betrouwbaar aangenaam smakend water behoeft af te leveren. Dat is de taak van het drinkwaterzuiveringsbedrijf. Dit bedrijf dient hiervoor echter een goed uitgangsprodukt van het spaarbekken te ontvangen.

a. Zuurstofgehalte

Dit levert weinig problemen op. In het droge jaar 1971 was de gemiddelde verzadiging ruim 73 % en de minimale verzadiging was ruim 44 %. Voorts heeft de ervaring met het Berenplaat spaarbekken geleerd dat een bekken, mits goed beheerd, praktisch steeds tot een hoog zuurstofverzadigingspercentage leidt.

b. Organisch stof gehalte, uitgedrukt als BOD, COD, $KMnO_4$ of TOC

Dit kan in de Maas soms hoog zijn. Het vertoont echter weinig debietsafhankelijkheid. In zoverre, dat tijdens een periode van snelle was na een lange tijd van lage afvoer, het organisch stofgehalte zeer hoog kan zijn. Afgezien van de kwantitatieve mogelijkheden zal in zo'n periode geen rivierwater worden ingenomen. Door physische zelfreiniging in de bekkens treedt volgens de ervaring een verlaging van het $KMnO_4$ getal op van 20 tot 30 %.

Op het overige deel zal het drinkwaterzuiveringsbedrijf zich moeten richten. Het organisch stofgehalte levert geen parameter voor capaciteitsberekening. Als randvoorwaarde geldt, dat na langdurige lage afvoer tijdens de eerste was geen water wordt ingenomen.

c. Silicumdioxyde

Op grond van de samenstelling van het Maaswater kan verwacht worden, dat diatomeeën een dominerende rol zullen spelen in de fytoplanktongroei in de bekkens. Een essentiële voedingsstof voor de diatomeeën is SiO_2. Het verband tussen SiO_2-gehalte en afvoer is duidelijk niet reciproque. De laagste gehalten (kleiner dan 6 mg/l) komen voor in de zomermaanden, terwijl hoge gehalten (groter dan 10 mg/l) in de natte wintermaanden worden gevonden.
Een bruikbare parameter kan niet worden afgeleid.

d. Fosfaatgehalte

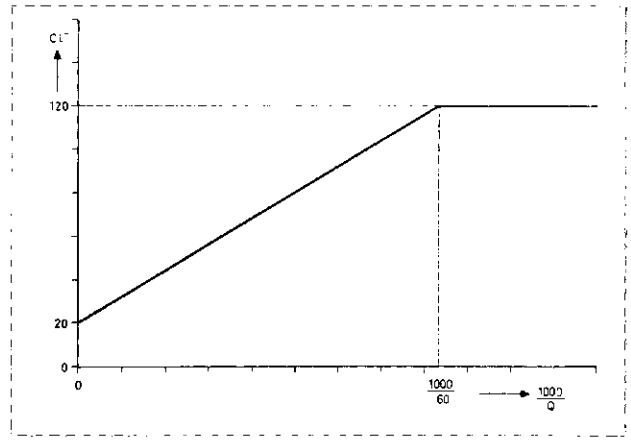
Fosfor vormt een zeer belangrijke voedingsstof voor algen. Een verband tussen de afvoer en het ortho-fosfaatgehalte kan niet worden gelegd. Als selektie parameter voor het innemen van water komt dit bestanddeel niet in aanmerking. De bekkens zullen zodanig moeten worden ingericht en beheerd, dat de algengroei (o.a. mogelijk door de aanwezigheid van fosfor) niet ongecontroleerd zal kunnen plaatsvinden tot een onaanvaardbaar niveau.

e. Smaakgetal

Hoewel de laatste jaren nogal gestegen ligt het gemiddeld op de helft en maximaal op één derde van dat van het Rijnwater. Gebleken is, dat de smaakstoffen in het Maaswater gemakkelijker verwijderbaar zijn dan die in het Rijnwater. Ook dit levert geen bruikbare selektie parameter.

f. Totaal stikstof.

Dit zou een bruikbare parameter voor het verband tussen kwantiteit en kwaliteit kunnen vormen. Getracht is een zgn. „Mazure verband" te vinden.
Het stikstofgehalte van de Maas kan zeer hoge waarden aannemen, voornamelijk ten gevolge van lozingen op Nederlands grondgebied.
De maximaal te Keizersveer gevonden waarde bedraagt 10,6 mg/l. Als nitraat zou dit 47 mg/l zijn. De WHO-grens is 45 mg/l, het Nederlandse Waterleidingbesluit noemt 100 mg/l als grenswaarde.)
Het gehalte vertoont enige reciprociteit met de afvoer. Deze wordt echter verstoord door de denitrificatie.
Hierbij wordt door bacteriën de zuurstof aan het nitraat onttrokken, waardoor de stikstof in gasvorm ontwijkt. De denitrificatie verloopt 's zomers beduidend beter dan 's winters. Het verschijnsel vindt ook in de bekkens plaats. Aan de hand van meetgegevens van het Berenplaatbekken is berekend, dat de stikstofafname bij een verblijftijd van 1 maand varieert van 5 tot 50 %, afhankelijk van de temperatuur. Dit klopt bijzonder goed met door de Metropolitan Water Board te Londen verrichte onderzoekingen.
Afgezien van deze afname zullen in de bekkens de extreme pieken in het stikstofgehalte verdwijnen als gevolg van de optredende menging. Het afgeleverde water zal hierdoor steeds nog onder de WHO-norm blijven.
Als voedingsstof voor de algen heeft de in het water voorkomende stikstof een 5-voudige overmaat ten opzichte van de fosfor.



Afb. 3 - Verband tussen Cl^- gehalte en afvoer.

Afname van het totaal stikstofgehalte blijft ten zeerste noodzakelijk. Het levert echter geen bruikbare parameter.

g. Chloridegehalte

Zoals voor de Rijn, blijkt er ook voor het Maaswater een verband te bestaan tussen chloridegehalte en afvoer. Onderscheid te maken tussen natuurlijke en kunstmatige chloridebelasting blijkt eveneens zinvol. Verwerking van de beschikbare gegevens geeft voor de situatie te Keizersveer een natuurlijk chloridegehalte van 20 mg/l (zoals van het Rijnwater) en een kunstmatige belasting van 6 kg/sec.
Het verband verloopt echter niet geheel rechtlijnig. Bij lage afvoeren is het Cl^- gehalte van het Maaswater zo goed als onafhankelijk van de afvoer. Dit maximale gehalte kan met een behoorlijke veiligheid aangenomen worden op 120 mg/l. Een en ander leidt dan tot het in afb. 3 aangegeven verband.
Hieruit blijkt o.a. dat bij $Q \leq 60$ m³/ sec. het Cl^- gehalte onveranderlijk 120 mg/l bedraagt.
Voor het in de bekkens te pompen Rijnwater (pompstation Nieuwe Merwede) is eveneens een natuurlijk Cl^- gehalte aangehouden van 20 mg/l doch een kunstmatige Cl^- belasting van 275 kg/sec.

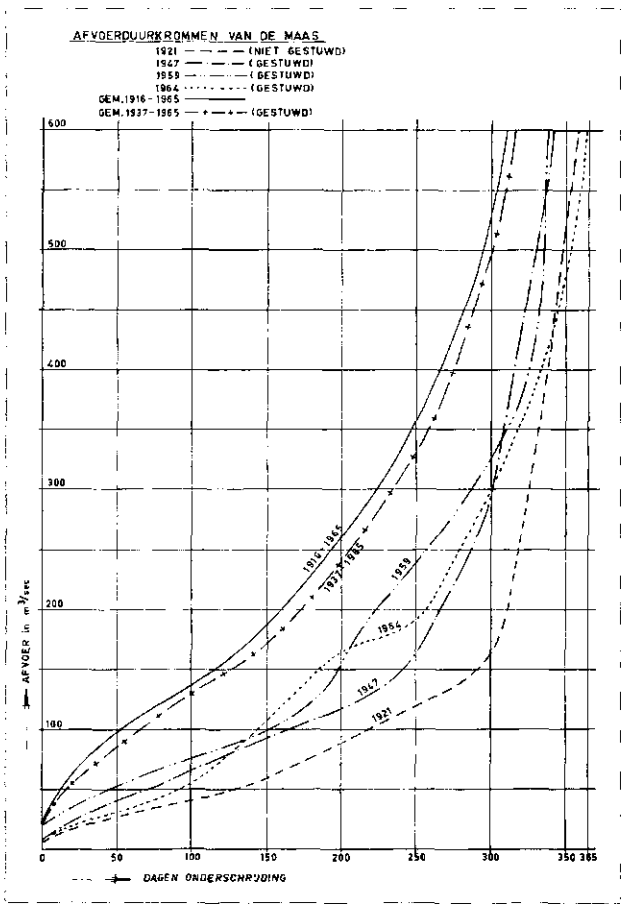
Uit bovenstaande beschouwingen blijkt dat het chloride gehalte als enig bruikbare parameter overblijft voor het leggen van een verband tussen rivierafvoer en waterkwaliteit.

De berekening van het leveringsvermogen van het spaarbekken-complex is gebaseerd op de norm, dat in een droog jaar het chloridegehalte van het afgeleverde drinkwater 150 mg/l niet mag overschrijden.

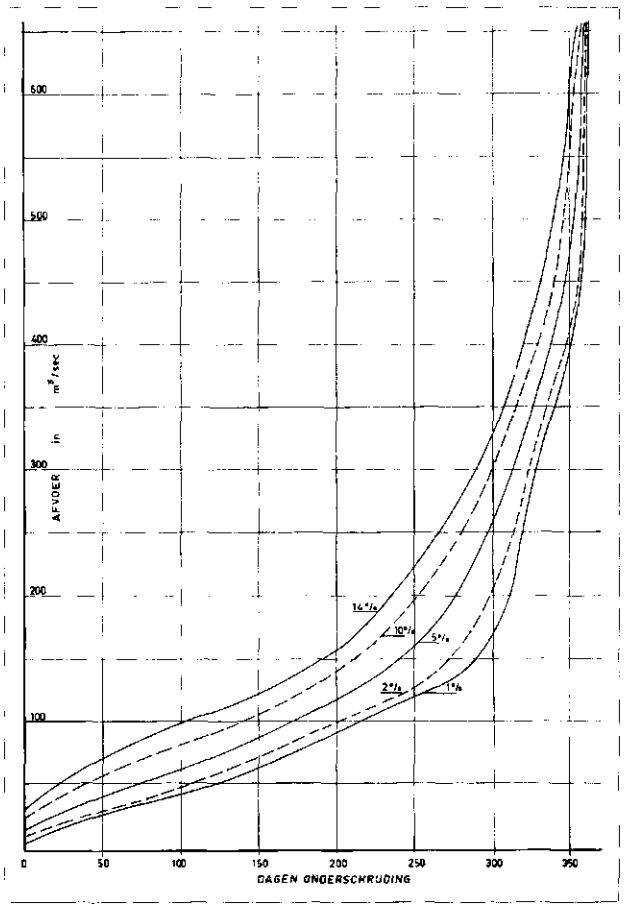
Deze norm is in overeenstemming met de aanbevelingen van de VEWIN bij de Waterleidingwet van 1957 en van de Chemische Werkgroep Basisplannen.

Een bijkomende norm is, dat het Cl^- gehalte van het afgeleverde drinkwater in een zeer droog jaar, met een voorkomenskans van 2 % niet hoger mag oplopen dan tot 200 mg/l.

Tenslotte is aangehouden, dat *tijdens sterke was na een droge periode eerst dan water wordt ingenomen indien het Cl^- gehalte lager is dan 115 mg/l.* Dit in verband met het eerder genoemde gehalte aan organisch materiaal.



Afb. 4 - Afvoerkrommen van de Maas.



Afb. 6 - Afvoerkrommen van de Maas met verschillende waarschijnlijkheid van gemiddelde onderschrijding.

V. Bepaling van het droge norm jaar

Voor de bepaling van het verloop van het droge jaar waarin het water in de spaarbekkens nog net voldoet aan de gestelde normen zou gebruik gemaakt kunnen worden van de studie van ir. Th. G. Martijn „Afvoerkarakteristieken van de Maas in verband met voorraadvorming" (Water 51, 1967). Deze heeft hoofdzakelijk langs statistische weg een gestyleerde afvoerkromme geconstrueerd van de Maas in een droog jaar met een voorkomenskans van 10 %. Met de gegeven maximale inhoud van de bekkens kan van hieruit dan het leveringsvermogen worden bepaald. Voor een eerste benadering is dit zeker voldoende.
Maar voor een concrete projectberekening dient uitgegaan te worden van afvoerkrommen zoals die werkelijk voorkomen. Dit leidt ook tot hogere uitkomsten omdat in een historisch jaar gedurende een periode van lage afvoer altijd nog wel korte perioden voorkomen dat de afvoer boven de grenswaarde ligt waarbij water mag worden onttrokken, terwijl deze korte perioden in een gestyleerd jaar wegvallen.
Bij de berekening van het Biesboschproject hebben een aantal uitgangspunten gegolden.

a. Ten aanzien van de afvoeren is gebruik gemaakt van de dagelijkse metingen te Ravestein respektievelijk te Lith in de periode 1916 t/m 1965.

b. Geen rekening is gehouden met de Beerse overlaat. Deze heeft alleen gewerkt bij zeer hoge afvoeren tot 1942.

c. In de Maas komen wel stuwen voor. Het manipuleren hiermee verstoort de afvoer. In het algemeen verhoogt het de hoge afvoeren en verlaagt het de lage afvoeren. Om dit effect te nivelleren is gewerkt met 3-daagse gemiddelde afvoeren.

d. Het is niet nodig van alle jaren in de beschouwde periode de voorkomenskans na te gaan. Voldoende is het als dit gedaan wordt voor de bekende droge jaren. Behandeld zijn de jaren 1921, 1947, 1959 en 1964.

e. De berekeningen zijn per jaar uitgevoerd voor vier gevallen:

   1e. een periode vanaf 1 januari t/m 31 december .

   2e. een periode van een ½ jaar: 1 juni t/m 30 nov.

   3e. de droogste aaneengesloten 180 dagen.

   4e. de droogste aaneengesloten 150 dagen.

Voor geval 1 zullen onderstaand de verschillende fasen van de berekeningen worden nagegaan. Ten eerste zijn voor de onder d. genoemde jaren de aantallen onderschrijdingsdagen geteld van bepaalde gekozen afvoeren. Deze zijn respectievelijk 50, 100, 150, 200, 300, 400 en 500 m³/sec. Hieruit zijn de afvoerduurkrommen bepaald. Zij zijn weergegeven in afb. 4. In deze figuur zijn ook de gemiddelde afvoerduurkrommen van de perioden 1916-1965 en 1937-1965 aangegeven. Vervolgens is de frequentie van onderschrijdingen van afvoeren van de Maas berekend vanuit de gegevens over de periode 1916 t/m 1965.

De resultaten zijn uitgezet volgens de zgn. schaalverdeling van Goodrich in afb. 5. Hieruit kunnen nu de afvoerkrommen worden geconstrueerd met verschillende waarschijnlijkheid van gemiddelde onderschrijding (zie afb. 6). Tenslotte zijn de gevonden duurlijnen van de droge jaren (afb. 4) vergeleken met de waarschijnlijkheidsduurlijnen (afb. 6).
Hieruit kan voor de verschillende droge jaren de meest overeenkomende kans van voorkomen worden aangegeven.
Het resultaat is, dat 1921 een voorkomenskans heeft van ca. 2 %, 1947 van ca. 10 %, 1959 van ca. 14 % en 1964 van ca. 10 %.
Deze jaren blijken voor wat de afvoeren van de Rijn betreft een identieke voorkomenskans te hebben.

Uit een oogpunt van spaarbekkensbeheer is het opzetten van beschouwingen over een periode van een vol jaar echter minder juist. Zeker indien de bekkens gevuld worden vanuit de Maas en het chloridegehalte als parameter wordt gekozen. Immers aangenomen is dat het Cl^- gehalte niet verder afneemt als de afvoer boven 60 m^3/sec. uitkomt. Of deze afvoer dan nog veel verder toeneemt maakt voor het leveringsvermogen van de bekkens niets meer uit, maar het beïnvloedt wel het totaal beeld van het jaar. Belangrijker is het daarom het bovenstaande beschouwingsschema op te zetten voor de gevallen 2, 3 en 4.

De resultaten van de gevallen 1 t/m 4 zijn weergegeven (in %) in tabel I.

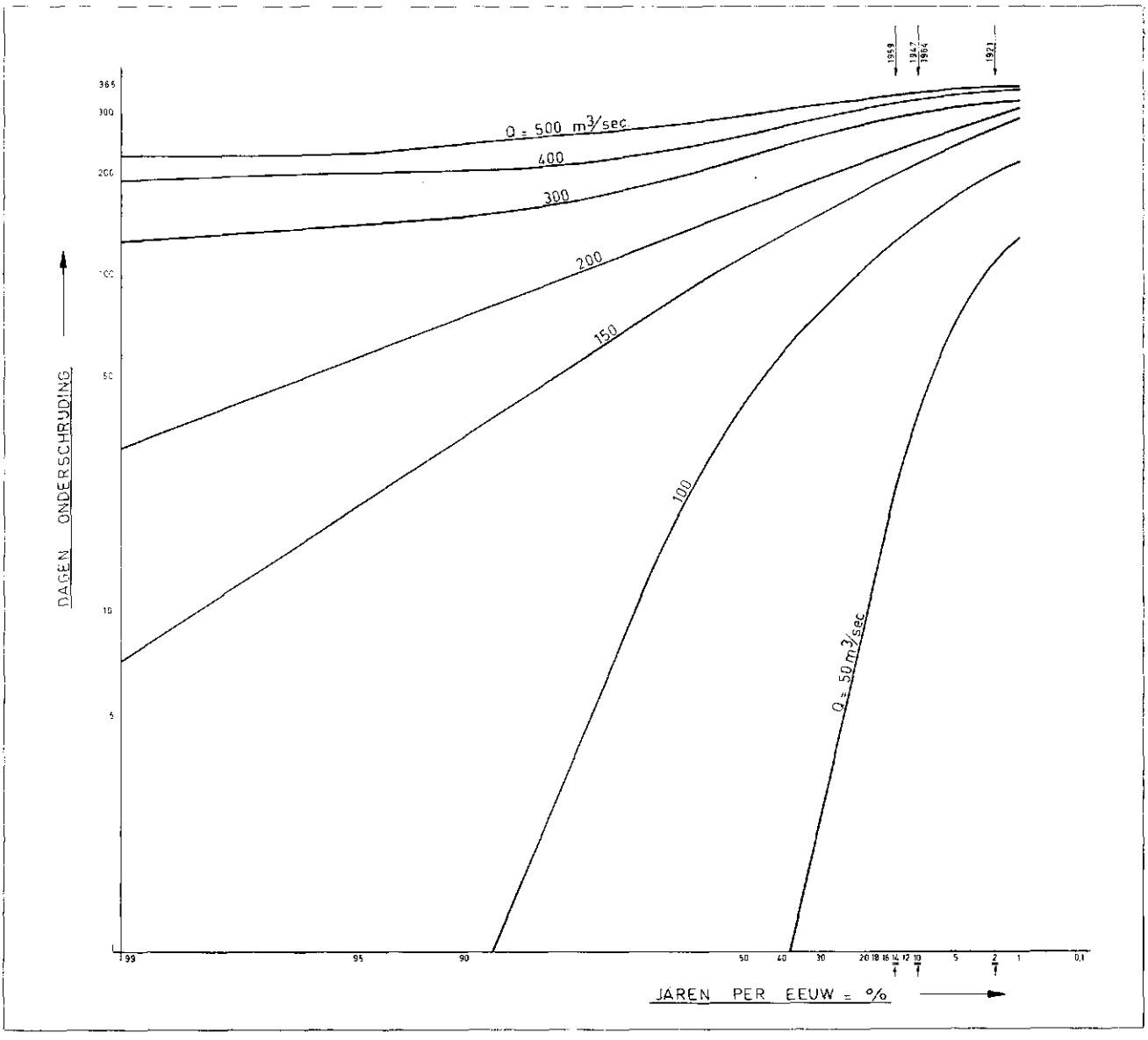
TABEL I - *Voorkomenskans van historische jaren, resp. perioden daaruit, met lage afvoer van de Maas.*

periode	1921	1947	1959	1964
gehele jaar	ca. 2	ca. 10	ca. 14	ca. 10
1 juni—1 dec.	ca. 3	5 à 6	ca. 8	ca. 7
droogste 180 dagen aaneen	ca. 2	5 à 6	ca. 7	ca. 5
droogste 150 dagen aaneen	ca. 3	5 à 6	ca. 8	ca. 5

Conclusie

Als afvoerpatroon in een jaar waarin het chloridegehalte van het uit de spaarbekkens afgeleverde drinkwater de

Afb. 5 - Frequentie van onderschrijding van afvoeren van de Maas (berekend over de periode 1916 t/m 1965).



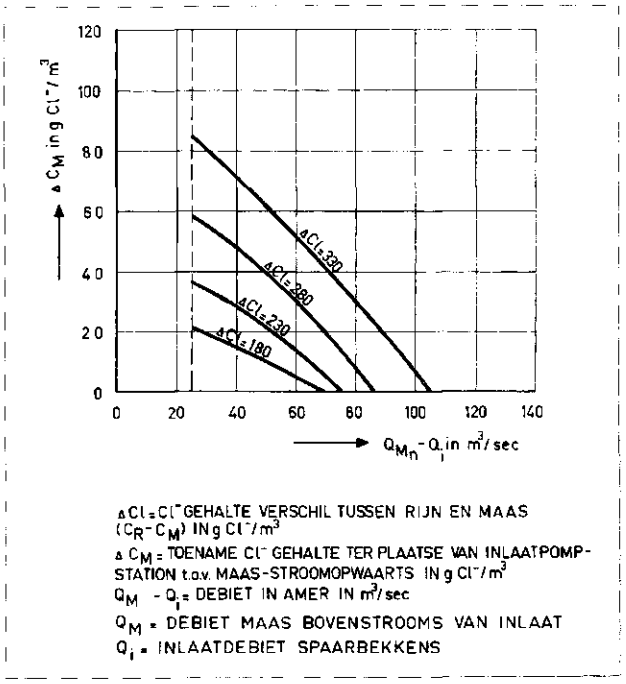
150 mg/l niet mag overschrijden is het afvoerpatroon van het jaar 1947 gekozen, dat wat betreft de maatgevende droge periode een voorkomenskans heeft van 5 % à 6 %.

VI. Bewerking van het afvoerpatroon van 1947

De afvoeren zoals die in 1947 zijn voorgekomen zijn voor verdere berekeningen van het (toekomstige) leveringsvermogen van de spaarbekkens niet zonder meer bruikbaar. Immers er zullen in de naaste toekomst in het stroomgebied van de Maas stuwmeren en spaarbekkens worden gebouwd en er zullen nieuwe bovenstroomse wateronttrekkingen plaatsvinden. Dit alles zal het benedenstroomse afvoerpatroon beïnvloeden.
Vanuit het historische patroon is dan ook dit nieuwe patroon berekend. Hierbij is uitgegaan van de natuurlijke onverdeelde rivier. Dat wil zeggen, dat bij de in 1947 gemeten dagelijkse afvoeren alle bovenstroomse onttrekkingen zijn opgeteld.
Vervolgens zijn alle zaken nagegaan, die de afvoer beïnvloeden. Dit zijn:

a. Het ligt in de bedoeling in België stuwmeren te bouwen met een inhoud van 210 x 10^6 m^3. Deze zullen worden gevuld in de periode december t/m maart met een hoeveelheid van 20 m^3/sec. In een droge periode zal de inhoud van deze meren in de Maas worden afgevoerd. En wel zodanig, dat gedurende de gehele droge periode de afvoer in Monsin constant is.
b. De waterbehoefte van België vanuit de Maas is aangehouden op 35 m^3 per seconde; constant gedurende het gehele jaar.
c. In Brabant en Limburg is in de maanden april t/m september een onttrekking voor de landbouw aangehouden van 30 m^3 per seconde.
d. De uit de Maas te voorziene waterbehoefte van bevolking en industrie in Limburg en Oost-Brabant is geschat op 9 m^3/sec. Hiervoor dienen reservoirs te worden aangelegd, die gevuld worden in januari t/m maart met 36 m^3/sec.
e. Aan de Andelse Maas vindt in perioden van toelaatbare afvoer een wateronttrekking plaats t.b.v. de watervoorziening van Den Haag.

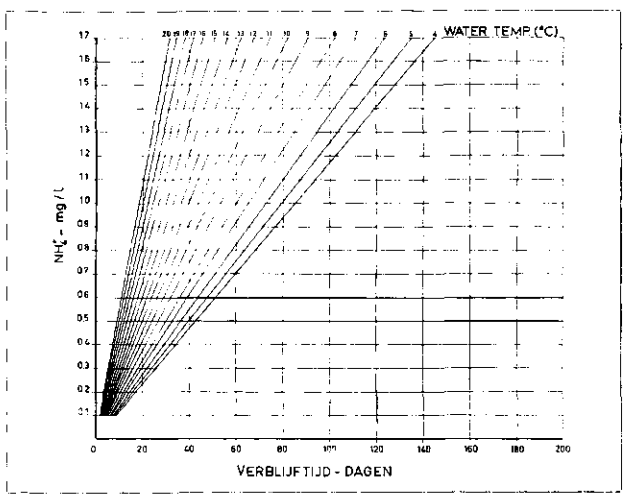
Met de onttrekkingen a t/m e zijn de onverdeelde afvoeren gecorrigeerd. Zo is het afvoerpatroon van de Maas verkregen, zoals dat in de toekomst zal zijn onder klimatologische omstandigheden als in 1947 waarin de droge periode een voorkomenskans heeft van 5 à 6 %. Van de op deze wijze verkregen dagelijkse afvoeren wordt nu het chloridegehalte bepaald met behulp van de in afb. 3 genoemde randvoorwaarden. Dit wil echter nog niet zeggen, dat hiermee ook het chloridegehalte van het in te laten water bekend is.
Immers aan de westzijde van het Amerbekken stroomt vanuit de Nieuwe Merwede het veel zoutere Rijnwater. Dit dringt via diffusie oostwaarts het Amerbekken op en kan speciaal tijdens lagere afvoeren tot bij het inlaatpompstation merkbaar zijn. De invloed hiervan op het in te nemen water is bepaald in samenwerking met de Waterhuishoudkundige afdeling van de Rijkswaterstaat. Deze heeft het verband opgesteld tussen de afvoer op de Amer en de toename van het Cl^- gehalte ter plaatse van het inlaatpompstation t.o.v. dat van de Maas-stroomopwaarts.



Afb. 7.

Het verschil in Cl^- gehalte tussen volledig Rijnwater en volledig Maaswater dient hierbij als parameter.
In afb. 7 is dit verband aangegeven.
Het dagelijks Cl^- gehalte van de Rijn is eveneens bepaald met het bekende „Mazure verband" (zie IVg). De dagelijkse invloed van het Rijnwater op het Cl^- gehalte van het ingelaten water kan nu berekend worden. Een complicerende factor is, dat het inlaatdebiet niet bekend is — doel is immers het berekenen van het leveringsvermogen — terwijl bovendien het inlaatpompstation een veelvoud van het leveringsvermogen kan inpompen. Deze factor is in eerste instantie begrensd op 4. In een later stadium is de invloed van deze factor op het leveringsvermogen nagegaan door de factor te variëren. Hiermee kan het inlaatpompstation worden geoptimaliseerd.
Er kan nu zo lang water worden ingenomen als $Q_{MAAS} - Q_{INLAAT} \leqq 25$ m^3/sec. en het Cl^- gehalte in de bekkens

Afb. 8 - Oxydatiesnelheid van ammoniak bij verschillende temperaturen.



de toelaatbare grens niet overschrijdt, aannemende dat het ingenomen water zich direct en volledig mengt met het aanwezige water.

VII. Het toelaatbare chloridegehalte in de bekkens Zuiderklip en De Gijster

De eerder aangenomen norm is, dat door de spaarbekkens zulk water moet worden afgeleverd, dat in het gekozen normjaar het Cl^- gehalte van het drinkwater niet boven 150 mg per liter komt. Dit wil zeggen, dat in de spaarbekkens het Cl^- gehalte lager moet blijven omdat door het chloorgebruik bij de zuivering het chloridegehalte nog toeneemt. In de eerste plaats wordt chloor gebruikt voor de ammoniakoxydatie (de zgn. breekpuntchloring) en wel zodanig, dat voor elke mg NH_4 6,5 mg Cl_2 nodig is en derhalve 6,5 mg Cl^- resteert. Zoals uiteengezet in hoofdstuk IV f is het mogelijk het ammoniakgehalte van het rivierwater gemiddeld per maand te benaderen. In het bekken treedt menging op benevens oxydatie. Deze laatste is afhankelijk van temperatuur en verblijftijd. Bij het Berenplaat-spaarbekken is dit nagegaan.

Het in afb. 8 aangegeven verband kon worden afgeleid. Noemt men de uit afb. 8 af te lezen oxydatiesnelheid A (uitgedrukt in g/m^3 per tijdseenheid) dan kan met de volgende formule de ammoniakconcentratie van het uit het bekken afgeleverde water worden berekend.

$$\frac{c_i - c - \frac{V.A}{Q}}{c_i - c_o - \frac{V.A}{Q}} = e^{-\frac{t.Q}{V}}$$

(zie ir. Tj. Hofker 21e vacantiecursus H_2O, 1970, nr. 13)

c_i = NH^4 concentratie ingelaten water.
c_o = aanvangsconcentratie.
c = concentratie na verloop van tijd t.
V = bekkenvolume.
Q = inlaatdebiet = uitlaatdebiet.

Indien het inlaatdebiet Q_i ongelijk is aan het uitlaatdebiet Q_u wordt de formule aanzienlijk gecompliceerder:

$$c = c_o + (c_i - c_o) - \frac{A.V}{2Q_i - Q_u}\left[1 - \left\{1 + \frac{(Q_i - Q_u)\,t}{V}\right\}^{-\frac{Q_i}{Q_i - Q_u}}\right] - \frac{A\,(Q_i - Q_u)\,t}{2Q_i - Q_u}$$

De eindconcentratie vermenigvuldigd met 6,5 geeft de in de zuivering toegevoegde mg/l Cl^- als gevolg van de ammoniakoxydatie.
Ten tweede is er het organisch chloorgebruik. Voor de oxydatie van organisch materiaal in het Maaswater is een verhouding tussen $KMnO_4$-getal en Cl_2-gebruik gevonden van 4 à 5. Het $KMnO_4$ getal van de Bergse Maas ligt tussen de 15 en 30 mg/l. In de bekkens treedt een reduktie op van ca. 30 %, zodat aan het eind van de bekkens het $KMnO_4$ getal 10 à 20 mg/l zal zijn. Dit vraagt 2,5 à 5 mg/l Cl_2. Aangehouden is een verhoging van het Cl^- gehalte van 5 mg/l.
Ten derde vraagt de oxydatie van $FeSO_4$ met Cl_2 t.b.v. de coagulatie een hoeveelheid Cl_2. Voor de coagulatie is gemiddeld 8 mg/l Fe-ion nodig. Dit vraagt 5 mg/l Cl_2, zodat hierdoor het Cl^- gehalte met 5 mg/l verhoogt. Thans is het grenschlorideverloop in de bekkens te bepalen bij een aangenomen doorstroomdebiet (= leveringsvermogen).

VIII. Bepaling van het leveringsvermogen van het bekkencomplex

Vanuit het onder VI berekende afvoerpatroon met bijbehorend Cl^- gehalte en het in VII berekende grenschloridegehalte kan nu het maximale leveringsvermogen van het bekkencomplex worden berekend. Hierbij is aangenomen dat het ingepompte water in de bekkens Zuiderklip en De Gijster zich direct en volledig met het aanwezige water mengt.
Voor $Q_i = Q_u$ kan de mengformule worden opgesteld: (zie ir. Tj. Hofker 21 vacantiecursus H_2O, 1970, nr. 13)

$$\frac{c_i - c}{c_i - c_o} = e^{-\frac{t.Q}{V}}$$

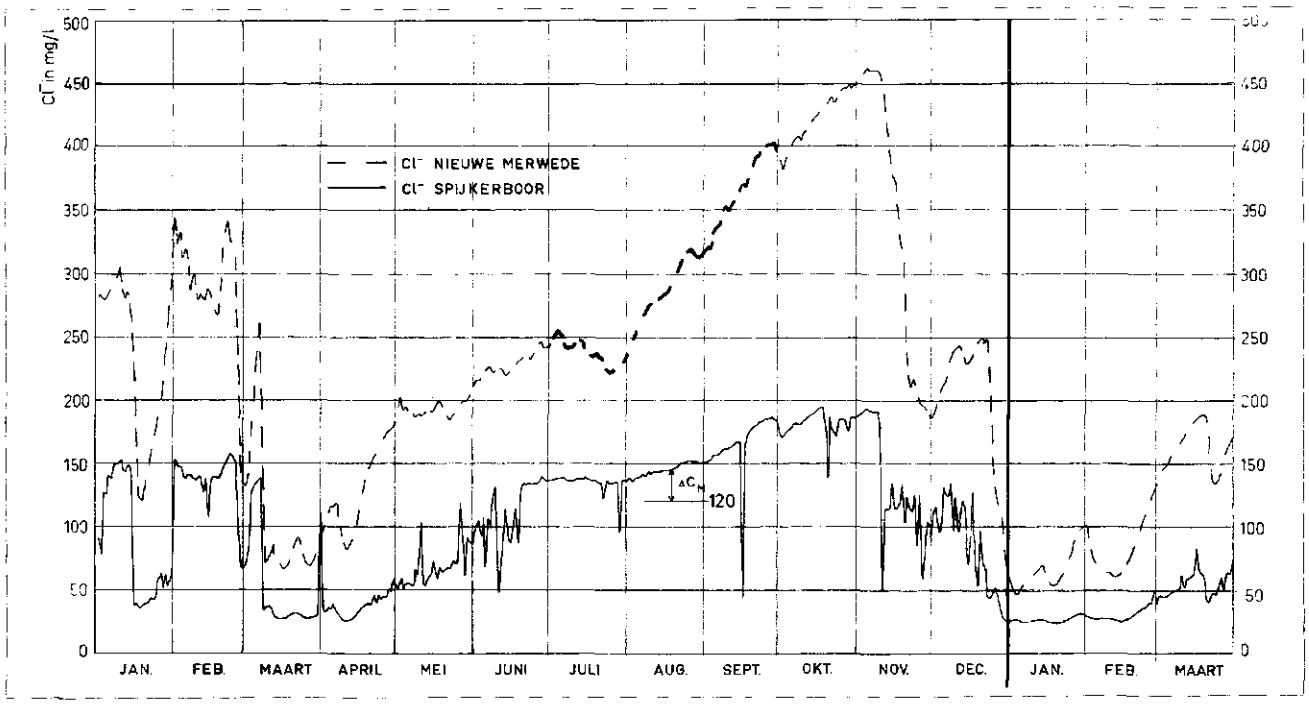
voor Q_i is ongelijk Q_u geldt de formule

$$c = c_o + (c_i - c_o)\left[1 - \left\{1 + \frac{Q_i - Q_u}{V}.t\right\}^{-\frac{Q_i}{Q_i - Q_u}}\right]$$

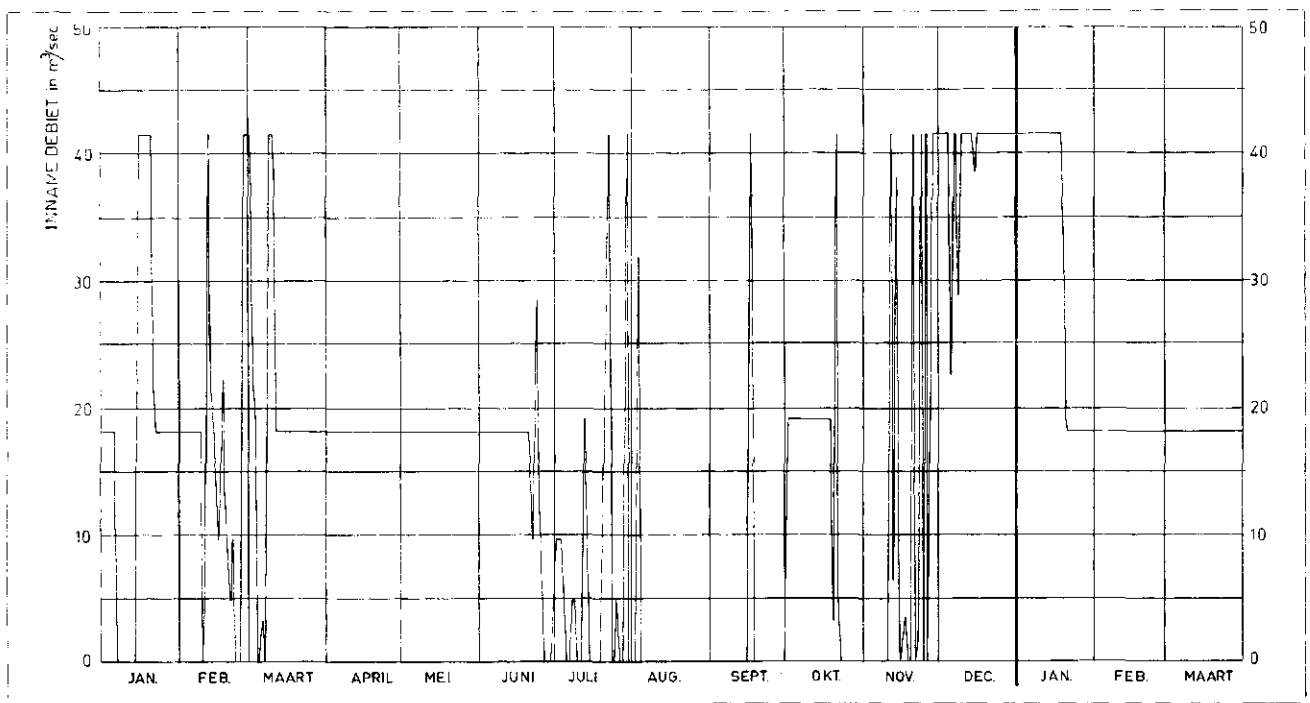
Met behulp hiervan kan nu worden bepaald hoelang water kan worden ingelaten totdat de Cl^- grens is bereikt. Het blijkt nu echter dat deze grens niet bereikt wordt. Reeds eerder is $Q_{MAAS} \leqq 25\ m^3/sec$.

Op dat moment moet om kwantiteitsredenen het innemen met het pompstation Spijkerboor worden gestopt. Alle bekkens zijn nog volledig gevuld met water dat beneden de Cl^- norm ligt. Nu kan het Rijnwater pompstation

Nieuwe Merwede in dienst worden genomen, dat Rijnwater pompt in het bekken Honderd en Dertig. Het gaat hiermee zolang door tot het grenschloridegehalte in dit bekken is bereikt.
Daarna pompt het in sterk verminderde mate door, waarbij bijmenging vanuit de bekkens De Gijster en Zuiderklip plaats vindt daardoor het Cl^- gehalte in het bekken Honderd en Dertig niet boven het grenschloridegehalte



Afb. 9 - Chloridegehalte t.p.v. inlaat pompstations.

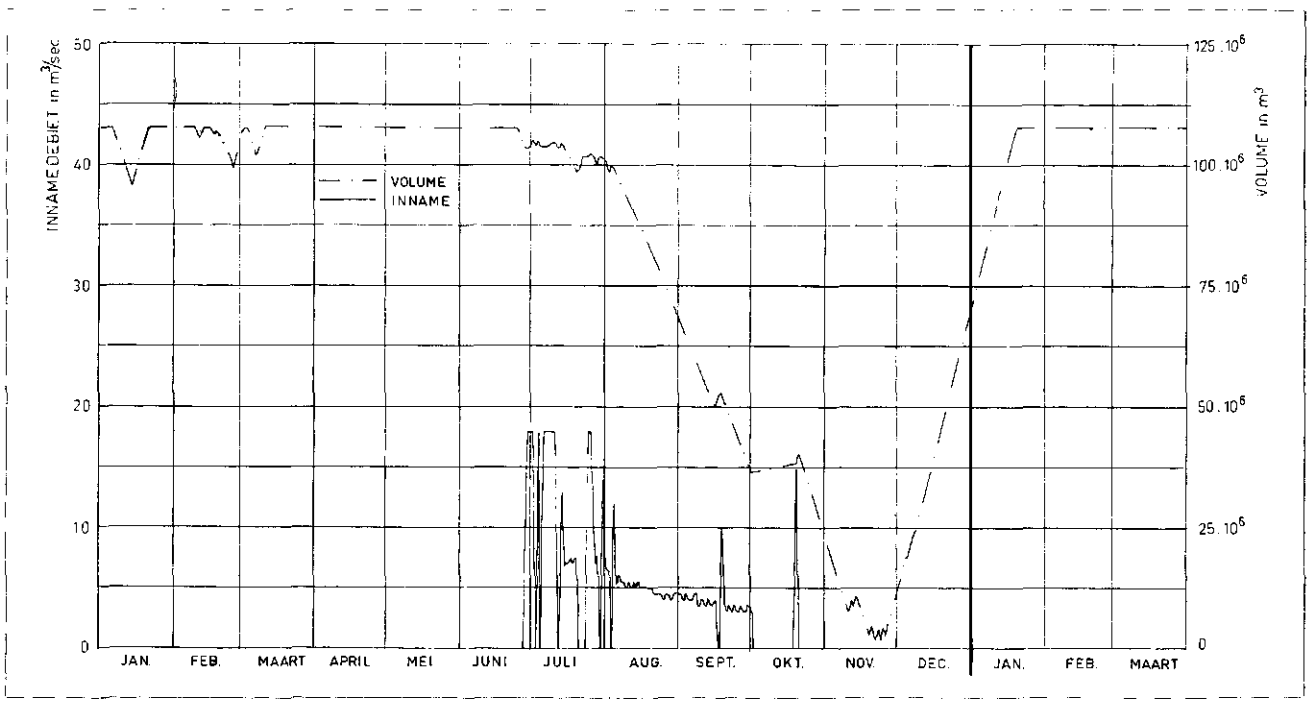


Afb. 10 - Innamedebiet pompstation Spijkerboor.

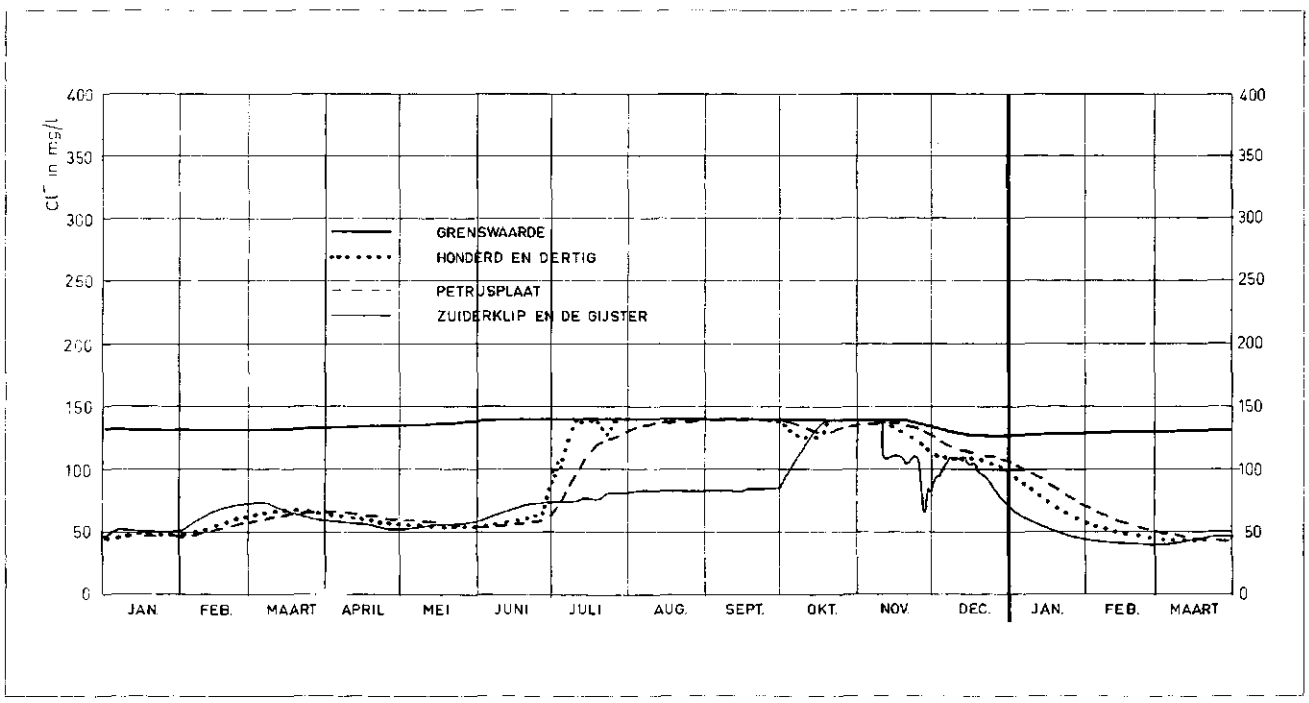
uitkomt ondanks het feit, dat het Rijnwater ver boven deze norm ligt.
Het afleveringsdebiet moet nu zo gekozen worden, dat aan het eind van de droge periode de bekkens Zuiderklip en De Gijster juist op hun minimum stand staan. Het zal duidelijk zijn, dat de berekeningen, die door proberen moeten plaatsvinden slechts met behulp van de computer kunnen plaatsvinden. Het computerprogramma is bovendien zeer uitgebreid.
Er is gewerkt met stappen van 1 dag. De capaciteit van het pompstation Spijkerboor is gevarieerd. Begonnen is met een capaciteit van 4 Q. In kleine stappen is dit teruggevoerd. Bij 2,6 Q bleek het leveringsvermogen van het bekken-complex duidelijk terug te gaan lopen. De definitieve capaciteit is dan ook aangehouden op 2,6 Q m^3/sec.
Het leveringsvermogen van het pompstation Nieuwe Merwede bedraagt uit de aard der zaak Q m^3/sec.
De volgende uitkomsten werden tenslotte verkregen.

a. *Worden de bekkens Honderd en Dertig en Petrusplaat als verdringingsbekkens beschouwd, dan bedraagt het leveringsvermogen van het gehele bekkenproject 16,5 m^3 per seconde.*

b. *Worden genoemde bekkens ook als mengbekkens behandeld dan is het leveringsvermogen 18,4 m^3/ sec.*



Afb. 11 - Innamedebiet Pompstation Nieuwe Merwede en volume voorraadbekkens Zuiderklip en De Gijster.



Afb. 12 - Chloridegehalte van het spaarbekkenwater.

In de afb. 9, 10, 11 en 12 zijn de resultaten over het gehele jaar weergegeven.

Het definitieve leveringsvermogen is tenslotte vastgesteld op 16 m³/sec of 500 miljoen m³/jaar.

IX. Aanvullende berekeningen en reserves

Nagegaan is nog hoe het verloop van het chloride- en ammoniakgehalte zal zijn in een gemiddeld jaar en in een 2 % jaar. Hiervoor zijn de gestyleerde jaartypen, zoals opgesteld door ir. Martijn (Water 51, 1967) gebruikt. De uitkomsten zijn weergegeven in afb. 13. Het blijkt dat in een normaal jaar het Cl^- gehalte nauwelijks boven 100 mg/l zal komen en in een 2 % droog jaar nog beneden de 200 mg/l blijft.

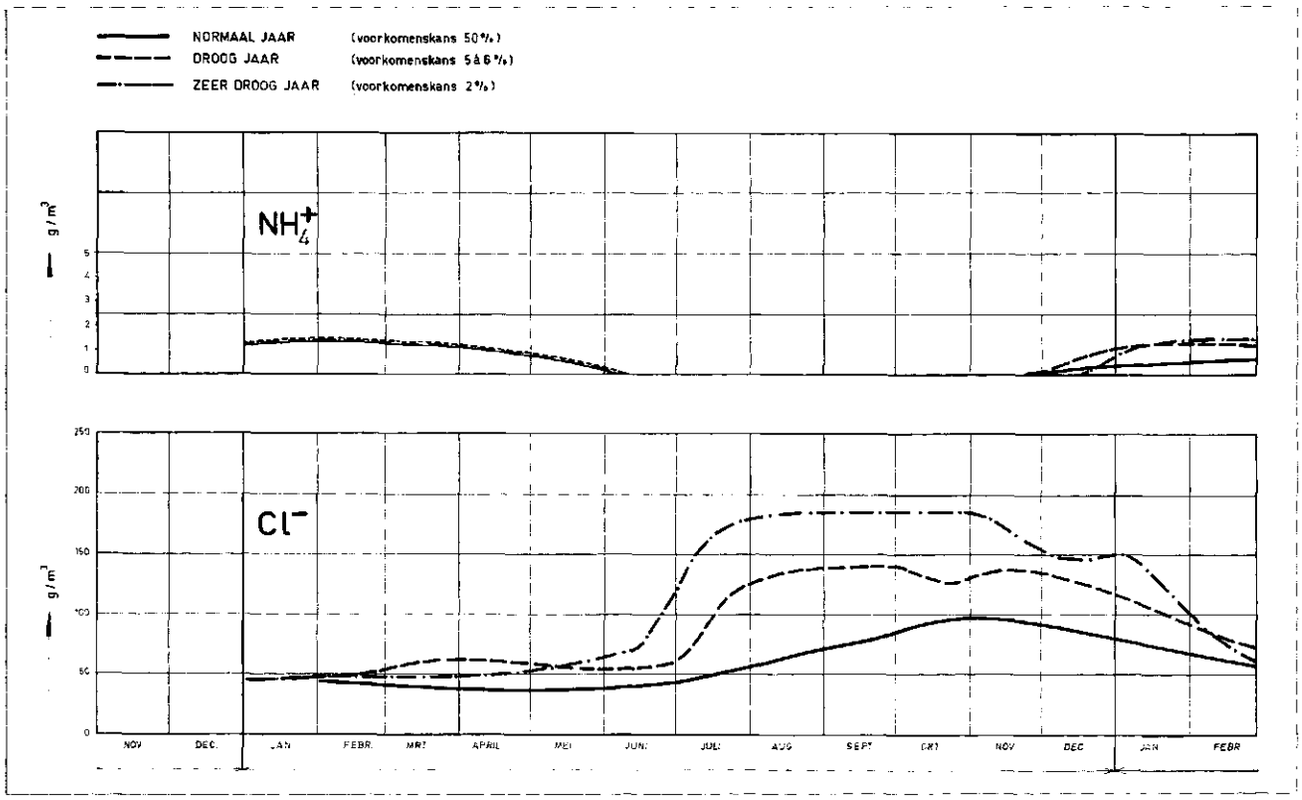
Voorts zijn er extra berekeningen gemaakt voor het leveringsvermogen in de verschillende bouwfasen.

Tenslotte is alles nog eens doorgerekend met verhoogde Belgische afname (raming voor het jaar 2000) en verhoogde stuwmeercapaciteit.

Dit leverde een iets hoger leveringsvermogen op.

Uit de berekeningen volgen voorts enige eenvoudige beheersregels voor de exploitatie van het spaarbekkenbedrijf.

1. Met het pompstation Spijkerboor moeten de bekkens



Afb. 13 - Verloop van het chloride- en ammoniakgehalte in een normaal, een droog en een zeer droog jaar.

zolang op peil gehouden worden als de afvoer van de Maas toelaat.

2. Vertoont het jaar een zodanig beeld, dat op langdurige lage afvoer moet worden gerekend, dan moet na het stoppen van de inlaat vanuit de Maas de inlaat vanuit de Rijn worden ingeschakeld, waarbij de hoogte van het Cl^- gehalte in het bekken Honderd en Dertig maatgevend is t.a.v. het inlaatdebiet vanuit de Rijn.

In het project zitten tenslotte nog een aantal reserves die hieronder kort genoemd zullen worden.

a. Tussen de berekeningsuitkomsten en het aangenomen bedrijfsleveringsvermogen zit nog een reserve van 2,4 m^3/sec.
b. De bovenste waterschijf ter dikte van 6 m van de procesbekkens Honderd en Dertig en Petrusplaat kan nog worden gebruikt. Dit is ca. 18 miljoen m^3. Hierbij komt nog 8 miljoen m^3 die voorradig is in het Berenplaatbekken.
c. Onder exceptionele omstandigheden kan nog een beroep gedaan worden op de restafvoer van de Maas in het Amerbekken.
d. Er zijn nog andere exploitatie-vormen mogelijk, die hoger leveringsvermogen hebben, maar grotere kwaliteitsvariatie geven. Bijvoorbeeld het beste water tijdens hoge afvoeren in de winter opslaan in de voorraadbekkens. Voorts werken met de bekkens Honderd en Dertig en Petrusplaat en het inlaatpompstation Kerksloot. Bij het bereiken van de grenswaarde van het Cl^- gehalte in deze laatste bekkens gaan bijmengen met water uit de voorraadbekkens. Als variant hierop kan ook het bekken Zuiderklip alléén als „standing reservoir" dienst doen.
e. Bij lage waterstanden in de bekkens Zuiderklip en De Gijster moet een bronbemaling in de dijken worden geëffectueerd uit stabiliteitsoverwegingen. Indien dit water van goede kwaliteit is, hetgeen nadere onderzoekingen nog zullen moeten uitwijzen, kan het worden gebruikt ter aanvulling van de bekkenvoorraad.



Het spaarbekken de Petrusplaat met de bouwwerken van de NV Waterwinningbedrijf Brabantse Biesbosch.

Inhoud

Woord vooraf -- prof. ir. L. van Bendegom 3

24e Vakantiekursus Drinkwatervoorziening — ir. O. H. Boom . . . 5

Hydrografie van het Maasbekken — ir. J. W. van der Made . . . 8

Vergelijking aanbod en behoefte Maaswater — ir. Th. G. Martijn . . 15

De waterbehoeften in België (I) — dr. M. J. Snel 23

De waterbehoeften in België (II), in het bijzonder van het Maasbekken dr. M. J. Snel 27

Waterkwaliteit van de Maas in België — ir. J. Dirickx 33

De kwaliteit van het Maaswater in Nederland — ir. J. L. Koolen . . 45

Opslag van het Maaswater — ir. P. J. Verkerk 57

Het spaarbekkenproject „Brabantse Biesbosch" — ir. P. L. Knoppert 65