

# Ontwerp van de bedrijfsgrootte van het drinkwaterproductiebedrijf 'Kralingen'

## Inleiding

In dit artikel worden de overwegingen aangegeven die een rol hebben gespeeld bij de vaststelling van de capaciteit van een nieuw te bouwen drinkwaterproductiebedrijf ten behoeve van de Rotterdamse drinkwatervoorziening.

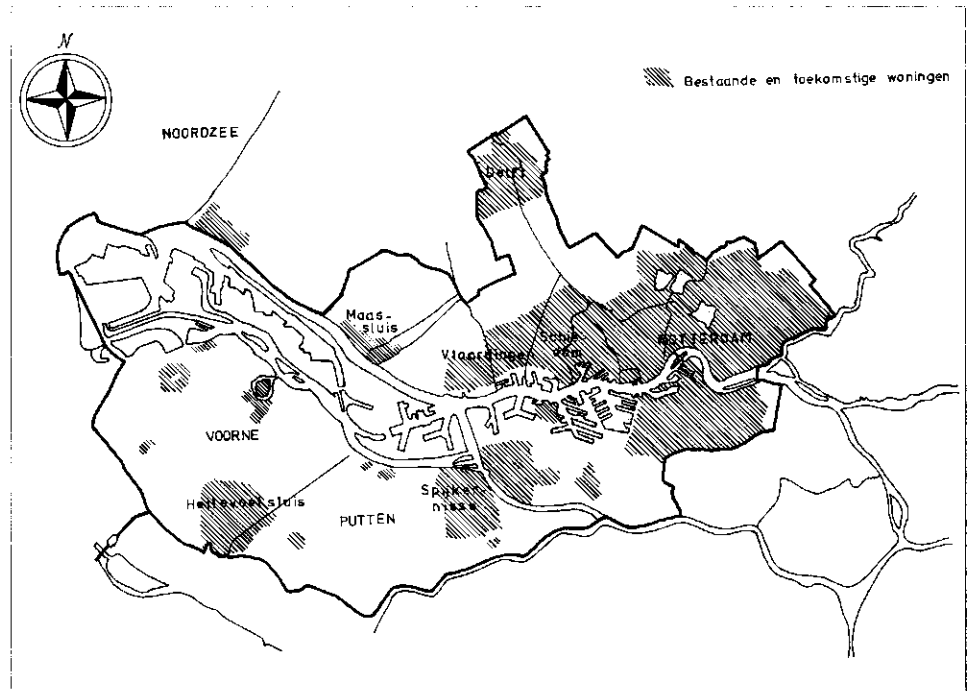
Hoewel de beschouwingen zijn toegespitst op een concrete bedrijfssituatie, monden zij veelal uit in conclusies van meer algemene aard.

## Huidige situatie

De Gemeente-Drinkwaterleiding heeft een verzorgingsgebied dat niet alleen de



IR. J. HAIJKENS  
Gemeente-Drinkwaterleiding  
Rotterdam



Afb. 1 - Voorzieningsgebied van de Rotterdamse Drinkwaterleiding.

gemeente Rotterdam (inclusief Hoek van Holland en de haven- en industrieterreinen direct ten zuiden van de Nieuwe Waterweg) omvat, maar daarnaast ook geheel Voorne-Putten en Rozenburg, Poortugaal, Rhoon en Capelle a/d IJssel. Daarnaast wordt water engros aan enkele gemeenten buiten dit gebied geleverd, met name aan Schiedam, Vlaardingen, Maassluis en Delft. Het drinkwater voor Hoek van Holland wordt betrokken van de Westlandsche Drinkwaterleiding Maatschappij, de rest van de benodigde hoeveelheid water komt door zuivering van oppervlaktewater op de drinkwaterproductiebedrijven Honingerdijk en Berenplaat beschikbaar, terwijl sinds kort gedestilleerd water in een flashverdampert wordt geproduceerd dat aan de industrie wordt geleverd. Een overzicht van het voorzieningsgebied is gegeven in afb. 1, terwijl in tabel I de voornaamste afzetgegevens zijn verzameld, welke betrekking hebben op het jaar 1972.

TABEL I - Waterverdeling in 1972

productie of inkoop water	waterlevering aan	hoeveelheid in 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> (incl. lekverlies)	totaal in 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Honingerdijk	R'dam Rechter Maasoever	26,3	36,4
	Capelle a/d IJssel	1,4	
	Delft	8,7	
Berenplaat	R'dam Linker Maasoever (stad)	16,9	85,6
	R'dam Industriegebied Botlek en Europoort	49,0	
	Rhoon en Poortugaal	1,3	
	Voorne-Putten-Rozenburg	3,9	
	Schiedam	6,4	
	Vlaardingen	6,4	
	Maassluis	1,7	
Westlandsche Drinkwaterleiding Maatschappij	Hoek van Holland	0,7	0,7
Flash-verdamper	sinds april 1973 aan industrie in Botlek	p.m.	p.m.

Om het Rotterdamse voorzieningsgebied ook in de toekomst van voldoende drinkwater van goede smaak en betrouwbare kwaliteit te blijven voorzien zal de Berenplaat aan de modernste zuiveringstechnieken moeten worden aangepast (bijv. toepassing van ozon en actieve koolfiltratie in het zuiveringsproces). Het bijna honderd jaar oude productiebedrijf aan de Honingerdijk verkeert, ondanks enkele uitbreidingen en renovaties die het in de loop der jaren heeft ondergaan, in een zodanig technische conditie dat een volledige aanpassing en restauratie met onevenredig hoge kosten gepaard zou gaan, terwijl inpassing van nieuwe zuiveringstechnieken veel problemen wat betreft situering met zich zou brengen. Daarom is besloten dit productiebedrijf te vervangen door een nieuw bedrijf 'Kralingen', dat naast het oude zal worden opgebouwd.

## Toekomstige waterbehoefte

Nadat de drinkwaterlevering gedurende een groot aantal jaren een exponentieel stijgend verloop te zien had gegeven trad er in de loop van 1970 een stagnatie in de afname in. Als belangrijkste oorzaak hiervan kan worden genoemd de rond die tijd zeer geringe industriële expansie wegens het ongunstige economische klimaat en de aankondiging en doorvoering van het heffen van belasting over op openbaar water geloosd afvalwater.

Daar kwam in de Rotterdamse situatie nog bij dat, ondanks belangrijke prijsverhogingen gedurende het afgelopen decennium, met ingang van 1973 de tarieven van het drinkwater een forse stijging ondergingen als gevolg van de in dit jaar van start gaande levering van ruw water uit de Biesbosch. Vooral in de belasting van het afvalwater en in de sterk stijgende tarieven zagen vele industriële ondernemingen aanleiding hun eigen wijze van watergebruik aan economische beschouwingen te onderwerpen om waar wenselijk tot een verhoogde mate van recirculatie te komen of tot bezuiniging op het waterverbruik. Wordt met de genoemde waterverbruikverlagende factoren geen rekening gehouden dan is het aannemelijk dat in een begrensd gebied waar eerst een steeds toenemend waterverbruik wordt geconstateerd op een zeker moment een verzadigingseffect optreedt, hetgeen zich zal manifesteren door een voortdurend afnemende stijging van het waterverbruik. Het maximum waterverbruik voor een dergelijk gebied zal worden benaderd wanneer de beschikbare

industrieterreinen volgebouwd zijn en ook voor woningbouw geen uitbreidingsmogelijkheden meer aanwezig zijn, terwijl daarnaast een verzadiging van de behoefte van elke waterverbruikende eenheid dient te zijn bereikt.

Een dergelijke benadering wordt in de logistische extrapolatie teruggevonden. Zo kan voor de toekomst een waterbehoeftepatroon in het Rotterdamse voorzieningsgebied (exclusief koelwater) worden ontworpen, dat is ontwikkeld uit de situatie van voor 1970. Als uitgangspunten kunnen de jaarlijkse waterverbruiken dienen tussen bijv. 1945 en 1970. Daarnaast kan, uitgaande van het zoals hierboven bedoelde volledig ingerichte voorzieningsgebied, het maximum toekomstig verbruik worden geschat.

In afb. 2 is een dergelijk behoeftepatroon weergegeven, waarbij de curve voldoet aan de vergelijking:

$$V_t = \frac{\overset{\wedge}{V}}{1 + 10^{p-qt}}$$

Hierin is:

- $\overset{\wedge}{V}$  : de verzadigingswaarde voor de waterbehoefte
- t : het aantal jaren voor of na het basisjaar (bijv. 1970)
- $V_t$  : de waterbehoefte in het jaar t
- p en q: te bepalen constanten

Deze vergelijking kan worden omgewerkt tot

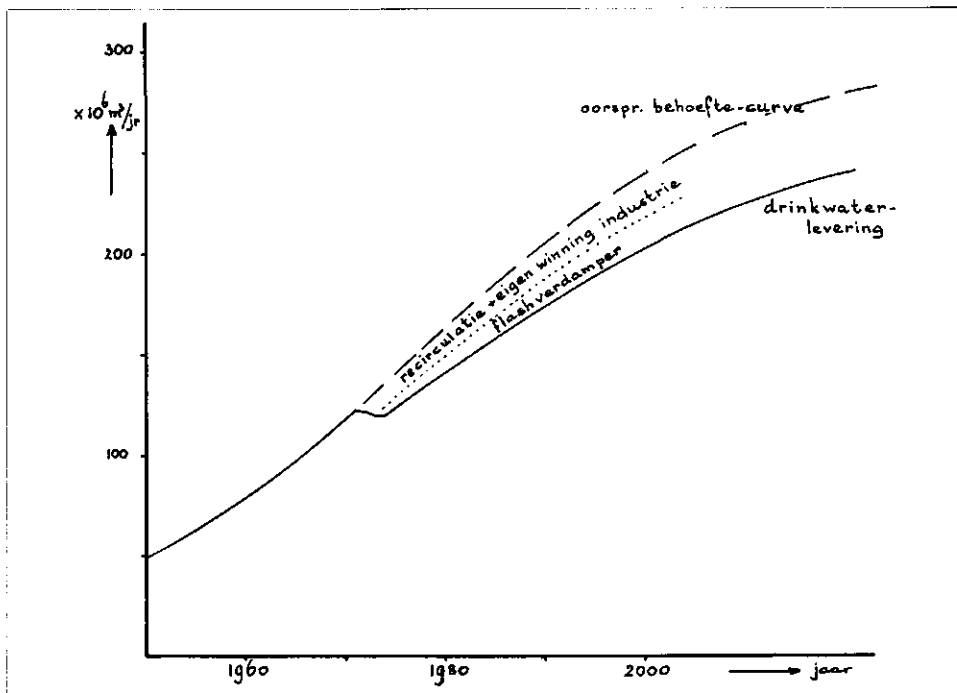
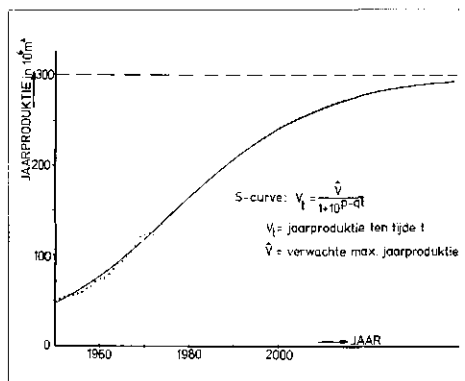
$$10^{p-qt} = \frac{\overset{\wedge}{V}}{V_t} - 1$$

waarna door het nemen van de logaritme van beide leden volgt:

$$p - q t = \log \frac{\overset{\wedge}{V} - V_t}{V_t}$$

Voor elk van de jaren tussen 1945 en 1970 kan nu het jaarnummer t en het water-

Afb. 2 - S-curve voor de extrapolatie van de waterbehoefte in de toekomst.



Afb. 3 - Prognose drinkwaterlevering in het Rotterdamse voorzieningsgebied.

verbruik  $V_t$  worden gesubsitueerd, terwijl ook  $\overset{\wedge}{V}$  bekend wordt verondersteld.

Er ontstaan nu vergelijkingen van de vorm  $p = A q + B$

waarin de variabelen p en q via de 'methode van de kleinste kwadraten' kunnen worden vastgesteld.

De aldus verkregen S-curve geeft de behoefte weer met een bekende situatie als uitgangspunt. Om tot een prognose van het toekomstig verbruik te komen, dienen te verwachten mutaties op de oorspronkelijke uitgangssituaties met de waterbehoeftecurve te worden verrekend.

Dit betekent bijvoorbeeld dat na 1970 door reeds vermelde gewijzigde omstandigheden een toename van recirculatie, een zuiniger beheer en andere produktiemethoden bij de industrie zullen ontstaan, hetgeen door een verlaging van het verbruik ten opzichte van de oorspronkelijke behoefte in rekening kan worden gebracht. Ook het in gebruik nemen van een meertrapsontspanningsverdampers in het 'Botlek' industriegebied in april 1973, waar gedestilleerd water ten behoeve van de industrie wordt vervaardigd, betekent een verlaging van de behoefte aan drinkwater, waaruit voorheen gedemineraliseerd water werd bereid. Wanneer al dergelijke factoren in rekening worden gebracht, ontstaat een drinkwaterverbruikprognose (incl. lekverlies), zoals deze is aangegeven in afb. 3.

De hier aangehaalde methode van prognostiseren is slechts één van de in gebruik zijnde

methodieken. Toetsing van de op deze wijze verkregen prognose met de resultaten die worden verkregen door gebruik van andere voorspellingstechnieken verdient aanbeveling.

Het is nog een open vraag of het voorkeur verdient aan een aantal grote industriële afnemers vanuit het Berenplaat-spaarbekken vrijwel ongezuiverd, maar wel gedeeltelijk onthard Biesbosch-water te leveren. Voor het transport van dit water naar de verbruikers zal een afzonderlijk leidingstelsel moeten worden aangelegd, terwijl de drinkwaterzuiveringsbedrijven in geval van realisatie van een dergelijke industriewatervoorziening zullen worden ontlast. Om extra onderbezettingsverliezen in deze produktiebedrijven te voorkomen, verdient het dus aanbeveling een afzonderlijke industriewatervoorziening te realiseren op het moment dat de aanwezige drinkwaterproduktiecapaciteit volledig wordt benut.

**Aanpassing van technische werken aan de vraag naar water**

Reeds is gesproken over de noodzaak tot vervanging van het oude produktiebedrijf Honingerdijk. Wanneer eenmaal tot de bouw van een nieuw bedrijf is besloten, zal een van de eerste problemen die naar voren komen de vraag zijn welke omvang het nieuwe bedrijf zal dienen te krijgen. In het algemeen zal deze keuze worden gebaseerd op de uit economisch oogpunt meest gunstige situatie met inachtnaam van een aantal technische en kwalitatieve restricties. Nu zal niet voor ieder bedrijf

hetzelfde kunnen worden verstaan onder de meest gunstige economische situatie. Voor het ene bedrijf zal het gunstig zijn de investeringen op korte termijn zo laag mogelijk te houden, voor het andere bedrijf zal het belangrijkste zijn dat de kostprijs over lange termijn zo laag mogelijk is. De werkelijkheid is meestal een combinatie van beide uitgangspunten, waarbij aan één ervan meer gewicht wordt toegekend afhankelijk van de bestaande situatie. Voor het nieuw te bouwen bedrijf 'Kralingen' werd besloten, gezien de hoge kapitaalsuitgaven ten behoeve van andere bedrijfsonderdelen in het huidige tijdsbestek en mede vanwege de onzekerheid over de ontwikkeling van het waterverbruik en de kwaliteitsdifferentiatie op langere termijn, een kleine eerste fase van dit bedrijf te realiseren, waardoor de nadruk kwam te liggen op een lage investering op korte termijn.

De produktiecapaciteit zou voldoende moeten zijn om de toename van het waterverbruik gedurende tenminste 6 jaar vanaf het in gebruik nemen (1977) te kunnen opvangen. Deze periode van 6 jaar werd vooral gebaseerd op de benodigde tijd om na gereedkomen van de eerste bouw fase een tweede fase van het bedrijf te kunnen voorbereiden en realiseren.

Hoewel de bestaande en geplande ruwwateraanvoercapaciteit en de inrichting van het drinkwatertransportleidingnet niet los kunnen worden gekoppeld van de gewenste produktiecapaciteit van de zuiveringsbedrijven, is dit voor een eerste benadering van het probleem toch gedaan.

In eerste instantie is dus getracht de minimaal benodigde produktiecapaciteit voor de eerste fase van het bedrijf 'Kralingen' vast te stellen gebaseerd op de geprognoseerde vraag naar drinkwater in het voorzieningsgebied van 1976 tot en met 1982 en de produktiecapaciteit van het bedrijf 'Berenplaat'. Daarnaast is het leveringsvermogen afhankelijk van de in het voorzieningsgebied voorkomende afnamepatronen, van het opereren met een gescheiden of gezamenlijk voorzieningsgebied van de bedrijven 'Berenplaat' en 'Kralingen' en van de opslagcapaciteit voor reinwater. Deze facetten zullen hierna achtereenvolgens worden belicht.

### Piekfactoren

De jaarlijks waargenomen piekfactor van het dagverbruik in een bepaald voorzieningsgebied — d.w.z. het verhoudingsgetal max. dagverbruik

— is een aan toevalsgem. dagverbruik factoren gebonden grootheid.

Daarom is getracht met behulp van waarschijnlijkheidsrekening deze piek-

factor uit het dagelijkse verbruikspatroom in een jaar vast te stellen.

Oorspronkelijk werd de gedachte uitgewerkt dat de dagverbruiken in een jaar als normaal verdeeld mochten worden beschouwd. Toetsing van deze aanname gaf aan dat deze opvatting onjuist was. De reden hiervan is dat de dagverbruiken onderling niet onafhankelijk zijn, aangezien er sprake is van een regelmatig terugkerend weekpatroom.

Vervolgens werd gecontroleerd of de verbruiken op overeenkomstige dagen van de week een normaal verdeeld patroon opleverden. Dit bleek inderdaad binnen zeer redelijke grenzen het geval te zijn. Als uitgangspunten voor de berekeningen zijn de dagverbruiken in de gescheiden voorzieningsgebieden van de Honingerdijk en de Berenplaat afzonderlijk en in het totale voorzieningsgebied van beide bedrijven samen genomen. Beschouwd werden de jaren 1967 t/m 1971, terwijl voorts werd verondersteld dat het verbruikspatroom in de volgende 10 jaar niet drastisch zal wijzigen, waardoor de uitkomsten direct voor de berekening van de eerste fase van het bedrijf 'Kralingen' toepasbaar zijn.

De verbruiken op feestdagen, welke niet op zondagen vielen, zijn niet in de berekeningen betrokken, aangezien op deze dagen verbruiken worden gemeten die niet behoren tot het verbruikspatroom van de specifieke werkdagen (sterke afwijkingen naar minimale verbruiken).

Voor de statistische bewerking van de cijfers werd gebruik gemaakt van een elektronische computer. Als resultaat werd voor elke weekdag een normale verdeling verkregen, gekarakteriseerd door het gemiddelde en de standaardafwijking. Ter controle werd eveneens de scheefheid (een getal dat de mate van symmetrie van de verdeling weergeeft) van de uit meetgegevens opgebouwde verdeling bepaald.

Op deze wijze konden de dagverbruiken in een jaar worden weergegeven door 7 normale verdelingen.

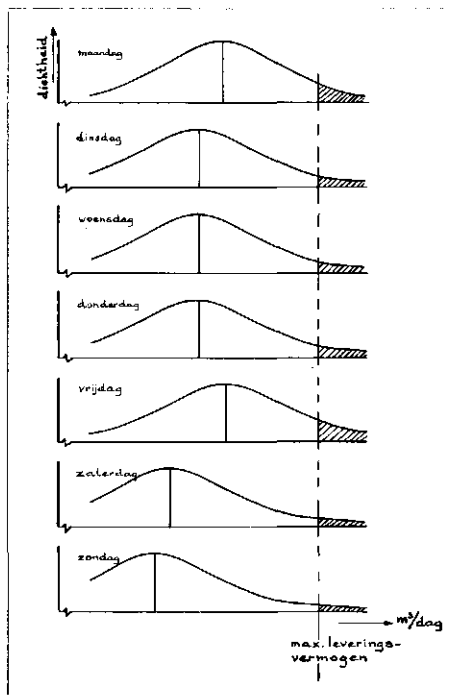
Hiervan uitgaande was het mogelijk de kans aan te geven dat het dagverbruik in een bepaald jaar een zekere waarde overschrijdt. Door de zo verkregen overschrijdingskansen te waarderen kan men dat maximale dagverbruik vaststellen waar aan men met de aanwezige produktiecapaciteit nog net zou willen voldoen. In de Rotterdamse situatie is voor de berekening van het bedrijf 'Kralingen' als toelaatbare overschrijdingskans een kans van gemiddeld één keer per jaar gekozen, d.w.z. het verbruik met een overschrijdingskans van  $1/365$  of 0,27%. Dit lijkt een niet erg veilig uitgangspunt

want het betekent dat gemiddeld 1 maal per jaar niet meer aan de vraag kan worden voldaan. Er zijn echter een aantal argumenten aan te voeren die deze keuze alleszins aanvaardbaar maken, zoals:

- Door de stijging van het waterverbruik in de toekomst is de aangehouden overschrijdingskans slechts één jaar van toepassing en wel in het jaar waarin de bedrijven volbelast zijn. Wanneer wordt onderzocht welke overschrijdingskans dan van toepassing is in het jaar dat vooraf gaat aan het jaar van volbelasting, dan blijkt dit een kans van 1 x per 25 jaar te zijn. Weer een jaar eerder ligt deze overschrijdingskans op kleiner dan 1 x per 1000 jaar, alles gebaseerd op de gehanteerde prognoselij (tussen 1980 en 1985).
- Wanneer de ontwikkeling van het waterverbruik in de toekomst een snellere stijging te zien geeft dan de huidige prognoselij aangeeft, kan besloten worden tot versnelde uitvoering van de bouw van de 2e fase van 'Kralingen'.
- Geen rekening is gehouden met de tendens tot een regelmatig afnamepatroom in de loop der jaren, hetgeen een voortgezette nivellerende invloed op de piekfactor zal hebben.
- Door een tijdelijke geringe overbelasting van de produktiebedrijven (boven de netto ontwerp capaciteit) kan een kortdurend zeer hoog verbruik worden opgevangen. Hierbij wordt dus een gedeelte van de marge tussen het maximum produktievermogen en het zgn. uiterste produktievermogen aangesproken.

Uitgaande van de gekozen te accepteren overschrijdingskans van  $1/365$  kan het bijbehorende vereiste maximum dagleveringsvermogen als volgt worden vastgesteld. In afb. 4 staan de 7 normale verdelingen voor elke dag van de week schematisch weergegeven. Het totale oppervlak onder iedere verdelingscurve is gelijk aan 1. De gestippelde verticale lijn geeft het dagverbruik weer met een overschrijdingskans van 1 keer per jaar, hetgeen betekent dat de som van de gearceerde oppervlakken rechts van deze lijn  $7/365$  moet bedragen. Het dagverbruik dat aan de genoemde voorwaarde voor de som van de 7 oppervlakken voldoet kan slechts op iteratieve wijze worden gevonden.

De statistisch bepaalde piekfactor wordt dan verkregen door het gevonden 'maximum' dagverbruik te delen door het gemiddelde dagverbruik in een jaar. Een identieke werkwijze is gevolgd voor het vaststellen van de piekfactoren voor meerdaagse perioden. In een jaar zijn per



Afb. 4 - Normale verdeling van de vraag naar water per weekdag.

dag voortschrijdende totalen van de beschouwde periode berekend. Wanneer in een periode een feestdag op een werkdag viel, is ook hier de gehele periode uit de beschouwing geëlimineerd.

Op deze wijze worden ook nu maximaal 53 waarnemingen voor één verdeling verkregen, terwijl 1 jaar weer opgebouwd kan worden uit 7 normale verdelingen, elk beginnend met een andere weekdag. Zo zijn de piekfactoren berekend voor 2- tot 6-daagse perioden. Bij een 7-daagse periode behoeft geen onderverdeling meer te worden gemaakt aangezien elke dag van de week éénmaal in iedere periode voorkomt. Hierbij kan dus direct het maximum verbruik in de 7-daagse periode uit één normale verdeling voor het gehele jaar worden bepaald.

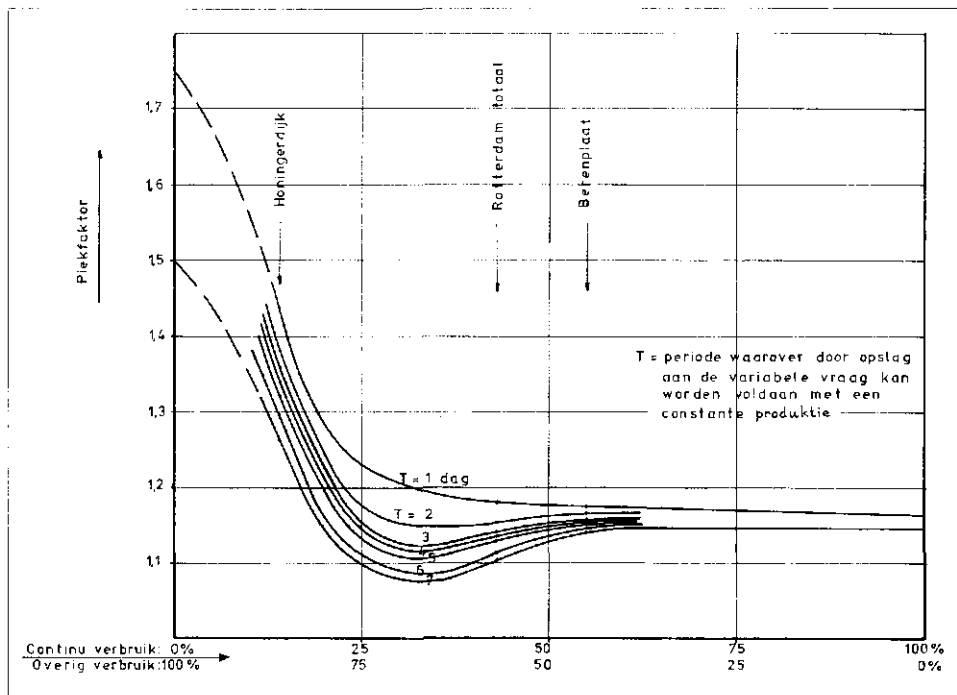
Voor elke situatie kan uit de beschouwde jaren een gemiddelde piekfactor worden berekend, hetgeen de onderstaande tabel II oplevert:

TABEL II.

n-daagse periode	Piekfactor voorzieningsgebied		
	Honingerdijk	Berenplaat	totaal
n = 1	1,428	1,173	1,177
2	1,376	1,162	1,153
3	1,354	1,155	1,138
4	1,339	1,150	1,132
5	1,323	1,146	1,127
6	1,281	1,141	1,112
7	1,260	1,138	1,103

**Afhankelijkheid van de samenstelling van het voorzieningsgebied en de piekfactor**

Het waterverbruik in het voorzieningsgebied



Afb. 5 - Afhankelijkheid van de samenstelling van een voorzieningsgebied en de piekfactor (huishoudelijk verbruik is onbeterd).

is opgebouwd uit afnamen volgens een van dag tot dag weinig fluctuerend patroon en uit afnamen die aan sterke variaties onderhevig zijn.

Het eerstgenoemde type van afname is kenmerkend voor continu werkende industrieën en bijv. ziekenhuizen, terwijl ook lekverlies hieronder kan worden geclassificeerd. De sterkere variaties in de afname van dag tot dag zijn typerend voor het huishoudelijke gebruik en vooral ook voor het watergebruik van neringdoenden en van industrieën die in bijv. de week-einden stil liggen.

Waterverbruiken behorende tot de eerstgenoemde categorie zullen in het vervolg 'continu verbruiken' worden genoemd, terwijl de onregelmatiger afname zal worden omschreven als 'overig verbruik'. De piekfactor geldig voor het 'continu verbruik' en die voor het 'overig verbruik' zullen in het algemeen sterk van elkaar afwijken, terwijl ook het tijdstip waarop het maximum verbruik in het jaar over een één- of meerdaagse periode optreedt voor beide categorieën ver uiteen zal vallen.

Voor 'continu verbruiken' treedt dit maximum in het algemeen in de winter op (meer ketelvoedingwater voor verwarmingsdoeleinden), voor de 'overige verbruiken' zal het maximum echter meestal op warme zomerse dagen vallen. Daarom zal een gunstige verhouding van het 'continu' en 'overig verbruik' in een voorzieningsgebied een nivellerende invloed op de piekfactor van dit gebied kunnen hebben ten

opzichte van de piekfactoren van beide categorieën verbruikers afzonderlijk. Deze invloed is duidelijk te onderkennen in afb. 5, waarin de statistisch bepaalde piekfactoren voor 1 t/m 7-daagse perioden zijn weergegeven afhankelijk van de verhouding van het 'continu'- en 'overig verbruik', gemeten in het voorzieningsgebied van de Honingerdijk, van de Berenplaat en van het totale Rotterdamse voorzieningsgebied. In de categorie 'continu verbruik' is tevens het lekverlies tijdens transport opgenomen. Met behulp van afb. 5 kunnen voor een toekomstig voorzieningsgebied direct nieuwe piekfactoren voor één- of meerdaagse perioden worden afgelezen afhankelijk van de op dat tijdstip verwachte samenstelling van het gebied.

Opvallend is het verloop van de lijnen die piekfactoren voor meerdaagse perioden beschrijven. In elk van deze lijnen komt een minimum voor bij een bepaalde verhouding van continu en overig verbruik. Als oorzaak hiervan kan worden genoemd dat in de periode van een maximum 'overig verbruik' een relatief gering 'continu verbruik' optreedt (zomer) en andersom, dat in een periode van een maximum 'continu verbruik' een relatief gering 'overig verbruik' optreedt (winter). Wanneer de periode waarin het maximum optreedt langer wordt, groeit tevens de waarschijnlijkheid van samenvallen van een maximum en een laag verbruikstype (de kortdurende hoge piekverbruiken worden afgevlakt). Wanneer de verhouding van beide verbruikstypen in een voorzieningsgebied

zodanig is dat het extra lage verbruik het extra hoge verbruik zoveel mogelijk opheft, dan zal bij die verhouding het minimum in de grafiek gevonden worden.

Overigens moet er met nadruk op worden gewezen dat de hier afgebeelde lijnen slechts een globale indruk geven van het werkelijke verloop. Voor het verkrijgen van nauwkeuriger grafieken dienen veel meer vergelijkbare voorzieningsgebieden in deze verwerking te worden opgenomen.

**Reinwaterberging**

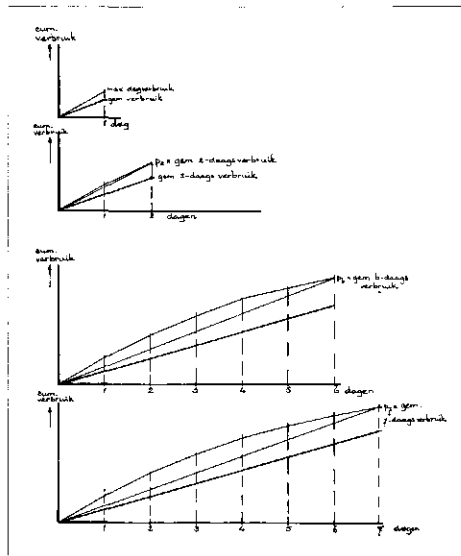
Wil men gebruik maken van de lagere piekfactoren voor het verbruik in meerdaagse perioden dan zal de reinwaterberging hierop moeten worden afgestemd. Om een indruk te krijgen van de benodigde ééndagsreservoirs voor de voorzieningsgebieden van Honingerdijk, Berenplaat en het voorzieningsgebied als geheel zijn deze bepaald voor de jaren 1967 t/m 1971. Het bleek dat de maatgevende dag voor de benodigde inhoud in het algemeen samen viel met de dag, waarop het maximum uurverbruik van het jaar optrad.

De gevonden reservoirinhouden kunnen worden uitgedrukt als percentage van het gemiddelde of maximum dagverbruik in het betreffende jaar. Evenals dit bij de piekfactoren is gebeurd zou ook hier een statistische beschouwing mogelijk zijn. Het zou betekenen dat alle dagpatronen uur voor uur in de beschouwing betrokken dienen te worden. Vanwege het tijdrovende karakter van deze methode is een dergelijke benadering achterwege gebleven. Als rekenwaarde is het hoogste percentage van de beschouwde 5 jaar genomen. Een en ander is in tabel III samengevat.

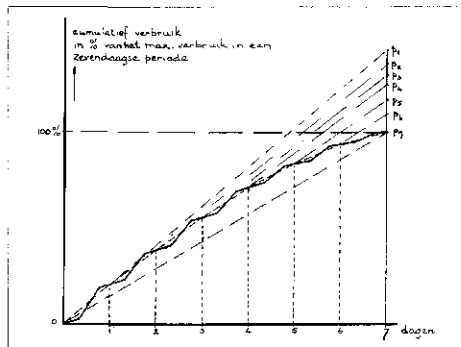
Daarnaast zijn voor de drie beschouwde voorzieningsgebieden drie standaardpatronen opgesteld, die het cumulatieve uurverbruik weergeven behorende bij de maximum benodigde reservoirinhoud voor overbrugging van één dag en gebaseerd op de eerder gevonden rekenwaarden voor de benodigde inhoud.

De benodigde opslagcapaciteit voor meerdaags-reservoirs is grafisch bepaald, waarbij is uitgegaan van de statistisch berekende piekfactoren voor n-daagse perioden en de standaardpatronen voor de maatgevende cumulatieve verbruiken op een dag.

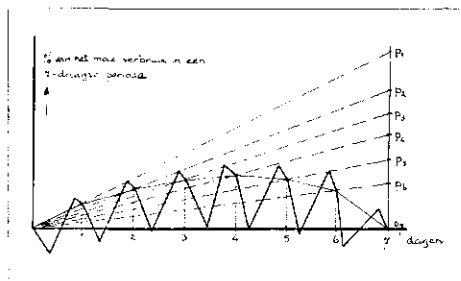
Allereerst kan een cumulatieve verbruikslijn voor dagtotalen worden opgesteld, geba-



Afb. 6 - Cumulatief dagverbruik in een maximum n-daagse periode.



Afb. 7 - Cumulatief verbruik in procenten van het maximum verbruik in een 7-daagse periode.



Afb. 8 - Gewijzigde weergave van afb. 7 t.b.v. een betere afleesbaarheid.

seerd op maximum verbruiken (afb. 6). In één dag wordt maximaal  $p_1 \times$  gem. dagverbruik afgezet, in twee dagen  $p_2 \times$  gem. tweedaags verbruik etc., waarin  $p_1$  en  $p_2$  de piekfactoren voor één- respectievelijk tweedaagse perioden zijn. Alle weergegeven cumulatieve verbruikskrommen zijn

gebaseerd op de 'veilige' aanname dat in een maximale n-daagse periode tevens de maximale (n - 1) daagse, (n - 2) daagse . . . n - (n - 1) daagse perioden vallen.

Wanneer dit in werkelijkheid niet het geval zou zijn zal in het algemeen een kleinere reservoirinhoud nodig zijn.

In de onderste grafiek van afb. 6 is het cumulatieve verbruik, uitgaande van dagtotalen voor een 7-daagse periode, weergegeven. In deze grafiek zijn in feite alle bovenstaande grafieken opgenomen waarbij de één- en meerdaagstotalen zijn uitgedrukt als percentage van het maximum 7-daags verbruik. In deze grafiek zijn echter de uurvariaties in het verbruik nog niet weergegeven. In afb. 7 is dit wel het geval doordat de eerder genoemde standaardpatronen voor het cumulatief uurverbruik op elke dag zijn uitgezet.

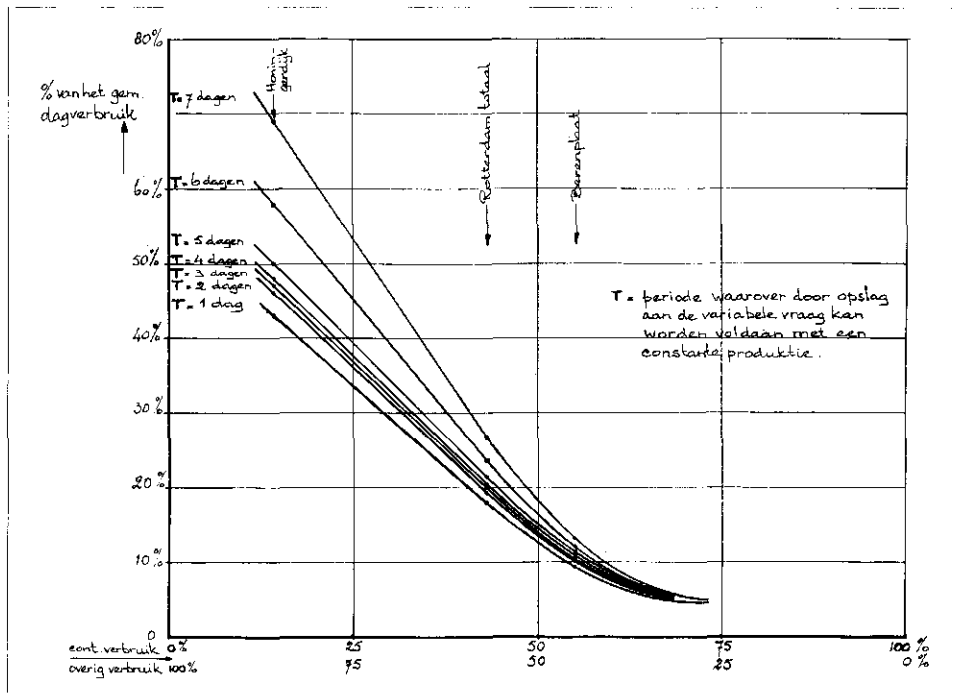
Uit de op deze wijze verkregen afbeelding kan nu direct de benodigde reservoirinhoud voor 1 t/m 7-daags reservoirs worden bepaald als percentage van het maximum 7-daags verbruik. Hiertoe wordt de lijn die het gemiddelde cumulatieve verbruik in een bepaalde periode weergeeft evenwijdig aan zichzelf verschoven totdat deze lijn de cumulatieve verbruikslijn nog slechts in 1 punt raakt. Er zijn 2 van dergelijke lijnen te vinden, een minimum- en een maximumlijn. De verticaal gemeten afstand tussen deze beide lijnen geeft de benodigde reservoirinhoud voor de beschouwde periode aan, in dit geval uitgedrukt in procenten van het maximum 7-daags verbruik.

De afleesbaarheid van de afbeelding wordt sterk bevorderd, indien de rechte die het punt van maximum 7-daags verbruik met de oorsprong verbindt, als ordinaat wordt gekozen. De verticale schaal van de afbeelding kan dan worden vergroot en er ontstaat een grafiek zoals in afb. 8 is afgebeeld. Door de gevonden waarden voor de benodigde reservoirinhoud te vermenigvuldigen met een factor  $p_7 \times 7$ , waarin  $p_7 =$  piekfactor van een zevendaagse periode, wordt de benodigde reservoirinhoud voor 1 t/m 7-daagse reservoirs uitgedrukt als percentage van het gemiddelde dagverbruik. Voor het voorzieningsgebied van de Honingerdijk, van de Berenplaat en voor het totale voorzieningsgebied leverde dit de waarden opgenomen in tabel IV op.

De gevonden reservoirinhouden zijn in afb. 9 uitgezet tegen de verhoudingen van 'continu verbruik' en 'overig verbruik' van de 3 voorzieningsgebieden. Met behulp van deze afbeelding kan voor een toekomstig voorzieningsgebied direct de benodigde reservoirinhoud worden afgelezen. Hierbij is dan nog steeds verondersteld dat de

TABEL III.

	Honingerdijk	Berenplaat	Totale voorz. gebied
% van gem. dagverbruik in het jaar (afgerond)	40	9	17
statistische piekfactor	1,43	1,17	1,18



Afb. 9 - Afhankelijkheid van de samenstelling van een voorzieningsgebied en de benodigde reinwaterberging (huishoudelijk verbruik is onbemeerd).

TABEL IV.

periode	% van het gemiddelde dagverbruik		
	Honger-dijk	Beren-plaat	totale voorzi-ningsgebied
1 dag	43	9,4	17,8
2 dagen	46	10,0	19,3
3 dagen	47	10,4	19,8
4 dagen	48	10,6	20,3
5 dagen	50	11,2	21,3
6 dagen	58	12,3	23,6
7 dagen	69	13,2	26,7

specifieke dagpatronen in de toekomst niet of slechts weinig veranderen.

**Uitwerking van gevonden afhankelijkheden**

Wanneer de prognoselijn van afb. 3 als uitgangspunt wordt genomen dan is in 1982 een leveringsvermogen van 148 miljoen m<sup>3</sup> per jaar nodig voor het gehele voorzieningsgebied.

Voor de samenstelling van de onderscheidene voorzieningsgebieden in 1982 werden de volgende verhoudingen geschat:

TABEL V.

Voorzi-nings-gebied	'Continu verbruik'	'Overig verbruik'
Berenplaat	41 %	59 %
Kralingen	13 %	87 %
Totaal	33 %	67 %

Met deze verhoudingen als uitgangspunt kunnen de bijbehorende piekfactoren voor één- of meerdaagse perioden in afb. 5 worden opgezocht voor elk van de genoemde voorzieningsgebieden.

De gevonden piekfactoren voor het gebied van de Berenplaat en van Kralingen zijn direct van toepassing op het voor het betreffende zuiveringsbedrijf geldende produktiepatroon. De piekfactor voor het gehele voorzieningsgebied kan echter niet direct van toepassing worden verklaard voor de produktiebedrijven. Wanneer naar het voorzieningsgebied als

TABEL VI.

peri-ode in dagen	piekf. in voorz. gebied	Bedrijfsvoering						
		gescheiden			gezamenlijk			
		piekf. Ber.	piekf. Kral.	piekf. Ber.	piekf. Kral.	gem. jaarlevering Berenplaat (max. 14.500 m <sup>3</sup> /h)	gem. jaarlevering Kralingen	max. uur- produktie Kralingen (netto)
1	1,198	1,182	1,470	1,182	1,395	107,5 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	40,5 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	6450 m <sup>3</sup> /h
2	1,147	1,150	1,410	1,150	1,330	110,5 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	37,5 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	5700 m <sup>3</sup> /h
3	1,125	1,135	1,390	1,135	1,305	112 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	36 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	5360 m <sup>3</sup> /h
4	1,115	1,130	1,370	1,130	1,285	112,5 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	35,5 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	5210 m <sup>3</sup> /h
5	1,105	1,125	1,355	1,125	1,270	113 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	35 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	5070 m <sup>3</sup> /h
6	1,085	1,105	1,310	1,105	1,220	115 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	33 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	4600 m <sup>3</sup> /h
7	1,075	1,095	1,290	1,095	1,200	116 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	32 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	4390 m <sup>3</sup> /h

TABEL VII.

periode in dagen	1		2		3		4		5	
	reservoirinhoud als % van gem. daglevering	reservoirinhoud	reservoirinhoud als % van gem. daglevering	reservoirinhoud	reservoirinhoud als % van gem. daglevering	reservoirinhoud	1-dagsreservoir bij Kralingen (minimaal benodigd)	nieuw te bouw reservoirinhoud (af: 82.000 m <sup>3</sup> van kolom 3; minimaal kolom 4)		
1	26,5 %	108.000 m <sup>3</sup>	26,5 %	108.000 m <sup>3</sup>	26,5 %	108.000 m <sup>3</sup>	49.000 m <sup>3</sup>	49.000 m <sup>3</sup>		
2	28,5 %	116.000 m <sup>3</sup>	28,5 %	116.000 m <sup>3</sup>	28,5 %	116.000 m <sup>3</sup>	45.000 m <sup>3</sup>	45.000 m <sup>3</sup>		
3	29,3 %	119.000 m <sup>3</sup>	29,3 %	119.000 m <sup>3</sup>	29,3 %	119.000 m <sup>3</sup>	43.500 m <sup>3</sup>	43.500 m <sup>3</sup>		
4	30,0 %	122.000 m <sup>3</sup>	30,0 %	122.000 m <sup>3</sup>	30,0 %	122.000 m <sup>3</sup>	43.000 m <sup>3</sup>	43.000 m <sup>3</sup>		
5	31,0 %	126.000 m <sup>3</sup>	31,0 %	126.000 m <sup>3</sup>	31,0 %	126.000 m <sup>3</sup>	42.000 m <sup>3</sup>	44.000 m <sup>3</sup>		
6	35,5 %	144.000 m <sup>3</sup>	35,5 %	144.000 m <sup>3</sup>	35,5 %	144.000 m <sup>3</sup>	40.000 m <sup>3</sup>	62.000 m <sup>3</sup>		
7	41,0 %	166.000 m <sup>3</sup>	41,0 %	166.000 m <sup>3</sup>	41,0 %	166.000 m <sup>3</sup>	38.500 m <sup>3</sup>	84.000 m <sup>3</sup>		

geheel wordt gekeken dient de scheiding in het leidingnet tussen de voorzieningsgebieden van beide bedrijven afzonderlijk te worden opgeheven. De bedrijfsvoering van de produktiebedrijven zal in dat geval direct op elkaar moeten worden afgestemd. Voor een dergelijke gezamenlijke bedrijfsvoering is het van belang dat de piekfactoren van de bedrijven afzonderlijk elk aan een andere kant van het minimum in lijnen uit afb. 5 liggen, aangezien ze alleen in dat geval in staat zijn elkaar bij topverbruiken bij te staan. Wanneer in het oorspronkelijke voorzieningsgebied van de 'Berenplaat' een maximum verbruik optreedt, zal dit in het gebied van 'Kralingen' niet het geval zijn (overwegend woongebied). Een gedeelte van het maximum produktievermogen van 'Kralingen' kan dan worden benut om een gedeelte van de piek in het Berenplaatgebied op te vangen, waarmee de piekfactor van de Berenplaat wordt verlaagd. Omgekeerd kan de Berenplaat ook in het Kralingse voorzieningsgebied bijspringen.

Mede rekening houdend met de transportmogelijkheden van het bestaande leidingnet zijn de in tabel VI opgenomen piekfactoren voor beide bedrijven berekend voor de situatie in 1982. Eveneens is in deze tabel het bijbehorende leveringsvermogen van de 'Berenplaat' (max. produktievermogen 14.500 m<sup>3</sup>/h) en 'Kralingen' per jaar gegeven en het benodigde maximum uurproduktievermogen van 'Kralingen' om aan de geprognostiseerde vraag van 148

miljoen  $m^3$  per jaar in het gehele voorzieningsgebied te kunnen voldoen.

Met behulp van afb. 9 kan eenzelfde indeling worden gemaakt voor de benodigde reinwaterreservoirinhoud. Duidelijk was reeds dat een gezamenlijke bedrijfsvoering belangrijke voordelen met zich mee zou brengen, zodat in de verdere berekeningen alleen met dit geval rekening is gehouden. Van de totaal benodigde inhoud kan de reeds aanwezige nuttige inhoud worden afgetrokken, waarna het nieuw te bouwen deel overblijft. Op de Berenplaat is nu reeds  $60.000 m^3$  nuttige inhoud aanwezig, bij Vlaardingen  $4 \times 25.000 m^3$  en voor Delft is  $2 \times 3.000 m^3$  in gebruik genomen en zal in een later stadium nog  $2 \times 3.000 m^3$  aan reservoirinhoud worden gerealiseerd.

De nieuw te bouwen reservoirinhoud kan dus worden gevonden door van de totaal benodigde inhoud  $82.000 m^3$  af te trekken. Daarnaast dient er echter nog rekening mee te worden gehouden dat ten behoeve van het bedrijf Kralingen tenminste een ééndagsreservoir dient te worden gebouwd om de nachtelijke produktie te kunnen opslaan. In tabel VII is een en ander weergegeven.

Om de keuze te kunnen doen uit de in de berekening betrokken opslagperioden is als criterium voor het bepalen van een optimum kostenminimalisatie gebruikt. Belangrijke randvoorwaarden worden aan het optimalisatiemodel toegevoegd door de bestaande watertransportmogelijkheden. Zo ontstaan in de beginfase grote problemen in het transportleidingnet, wanneer een zeer kleine produktiecapaciteit voor 'Kralingen' zou worden gekozen. Deze problemen vinden hun oorsprong in de historische ontwikkeling van de drinkwatervoorziening in en rond Rotterdam, aangezien tot 1965 al het drinkwater voor deze streek vanuit het huidige produktiebedrijf 'Honingerdijk', dat direct naast het nieuw te bouwen bedrijf 'Kralingen' is gelegen, het transportleidingnet werd ingepompt.

Gebaseerd op de kosten van produktie, opslag en aanpassing van het transportleidingnet werd aldus de uiteindelijke keuze voor de capaciteit van de eerste fase van het bedrijf 'Kralingen' bepaald.

