

Variatie in het waterverbruik per dag, per week en per jaar gekoppeld aan het bergingsvraagstuk

„Uren, dagen, weken, jaren
Vlieden door een kelder heen”

Mijn oprechte dank wil ik uitspreken voor de zeer waardevolle gegevens en suggesties, welke ik van vele bedrijven mocht ontvangen. Twee van mijn oud-medewerkers, de heren Hendriks en Blij, dank ik voor het vele reken-, teken- en denkwerk dat zij voor mij hebben verricht.

1. Inleiding

Het meten en bestuderen van de variatie van het waterverbruik in de tijd is één van de boeiendste onderwerpen, waaraan een waterleiding-technicus zich kan wijden. Niet alleen is het onderwerp boeiend, doch in feite het fundament voor het ontwerpen van waterwinnings-, waterzuiverings- en watertransportinstallaties.

In de waterketen van bron tot kraan voert elke capaciteitsbepaling allereerst tot de bepaling van het verbruikspatroon van het voorzieningsgebied. Het wisselende waterverbruik van uur tot dag, van dag tot week, van week tot jaar en door de jaren heen, heeft ons alles te vertellen over de huishoudelijke- en industriële activiteiten van de mens in dat voorzieningsgebied. Het vertelt ons hoe vroeg hij opstaat, hoe laat hij naar bed gaat en welk televisieprogramma hem interesseert.

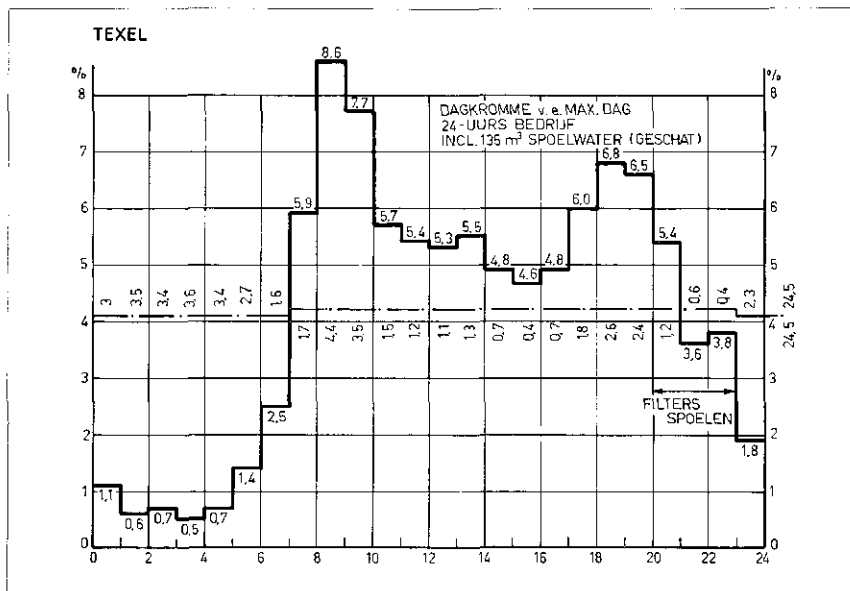
Duidelijk is ook het karakter van het voorzieningsgebied te herkennen, zoals een intercommunaal-, stedelijk- of recreatief gebied ons toont. De variatie in het weekverbruik geeft naast seizoensinvloeden duidelijk een beeld van de vakantieactiviteiten, terwijl de jaarvariaties ons iets vertellen over droge- of natte jaren, over economi-

sche opbloei of teruggang en over oorlog of vrede.

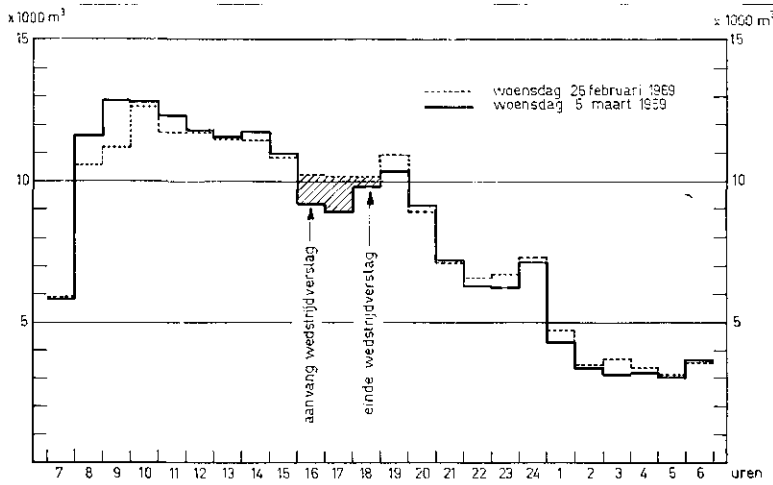
Ter illustratie van het bovenstaande geeft afb. 1 een max. dagkromme van Texel in het PWN-voorzieningsgebied met twee duidelijk van elkaar gescheiden pieken, welke blijkbaar samenhangen met strandbezoek.

Afb. 2 geeft een dagkromme van

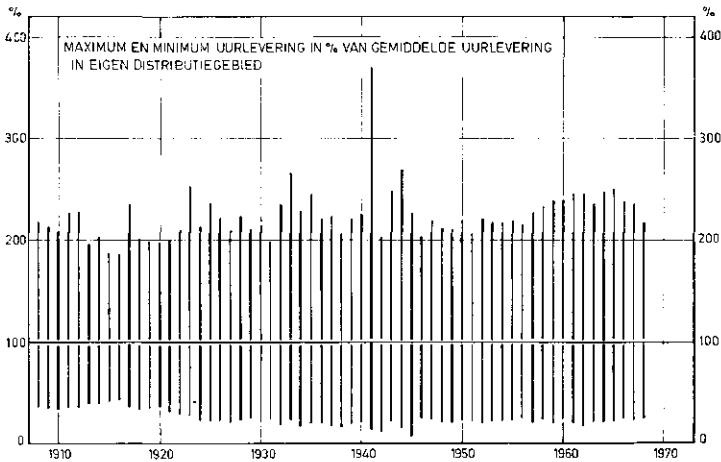
Afb. 1



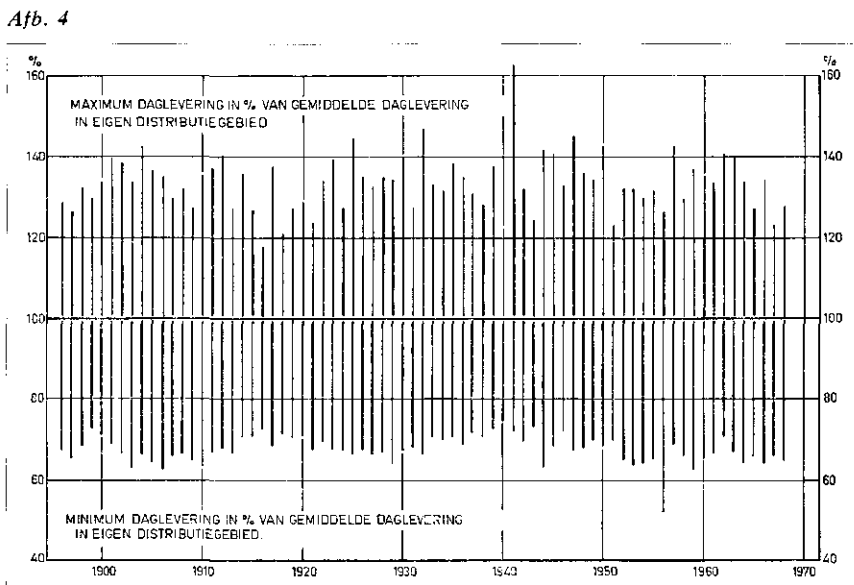
Amsterdam op 5 maart 1969, de dag waarop de wedstrijd Ajax-Benfica werd gespeeld. De duur van de wedstrijd komt duidelijk tot uiting door vergelijking met de dagkromme van één week tevoren. In afb. 3 zijn voor de jaren 1908 t/m 1968 de max. en min. uurleveringen in het eigen distributiegebied van Amsterdam procentueel vergeleken met de gemiddelde uurleveringen, terwijl afb. 4 hetzelfde weergeeft voor de max. en min. daglevering in procenten t.o.v. de gem. daglevering voor de jaren 1896 t/m 1968. Tenslotte geeft afb. 5 voor Amsterdam in absolute waarden de max., gem. en min. daglevering in de jaren 1896 t/m 1968. De invloed van de



Afb. 2 - Verloop van de uurlevering op 5 maart 1969, AJAX—BENFICA (Radioverslag), vergeleken met 26 februari 1969.



Afb. 3



Afb. 4

oorlogen 1914-1918 en 1940-1945 is daarin duidelijk te herkennen.

Speelt de variatie in het jaarverbruik meer een rol bij de raming van de toekomstige waterbehoeften, waarover ir. van der Veen heeft gesproken, de dagelijkse- en wekelijkse fluctuaties binnen het jaar zijn een spel van waterproductie en waterdistributie, waarbij de berging een belangrijke rol vervult nl. het afvlakken van het productieproces. Daarnaast kan de reinwaterberging, welke bij voorkeur dicht bij het voorzieningsgebied moet zijn gelegen, een belangrijke rol vervullen indien zich calamiteuze omstandigheden voordoen, zoals brandbestrijding, breuk van een transportaanvoerleiding of het uitvallen van de energievoorziening.

Voor het afvlakken van de dagelijkse variaties in het waterverbruik kan daarbij gebruik worden gemaakt van reservoirs, welke op dagfluctuatie zijn ingesteld, terwijl het ook mogelijk is om deze variaties over een langere periode, bv. een week op te vangen in een grotere reservoirinhoud gebaseerd op weekfluctuatie.

De keuze dagfluctuatie of weekfluctuatie in reinwaterreservoirs hangt van vele factoren af, doch zal met name een kostenvraagstuk zijn. Interessant is in dit verband te vermelden, dat de watervoorziening van Kopenhagen in 1965 een gemiddeld dagverbruik had van 260.000 m³/etm. terwijl de beschikbare reservoirinhoud toen 230.000 m³ bedroeg, hetgeen overeenkomt met bijna 90% van het gem. dagverbruik.

Contrastrerend met dit beeld in de watervoorziening van Jerusalem, waar men in 1964 de beschikking had over een dienst-reservoirinhoud van 128.750 m³ (waarvan 100.000 m³ als open reservoir uitgevoerd) en een privé-reservoirinhoud van 250.000 m³. Bij een jaarverbruik van 12,5 milj. m³ komt deze reservoirinhoud van 378.750 m³ overeen met een voorraad van circa 11 etm., welke in nauwe relatie staat tot klimatologische omstandigheden.

Tot slot van deze algemene inleiding nog een enkel woord over het meten van het waterverbruik als zodanig. Aangezien het verbruikspatroon maatgevend is voor de dimensionering van dure kunstwerken, heeft het nauwelijks betoog dat de metingen zo uitgebreid mogelijk en zo nauwkeurig mogelijk dienen te geschieden.

Veelal nog onbekende factoren in het waterverbruik, zoals bv. lekverliezen

bij onbemeterde voorzieningsgebieden, vragen om een grondig onderzoek. Voorts dient het meten te geschieden met meetinstrumenten, welke een zo klein mogelijke procentuele fout bezitten.

2. Literatuur

Hoewel over het onderwerp „variatie in het waterverbruik en het begingsvraagstuk” door mij geen uitgebreid literatuuronderzoek is verricht, zijn een aantal belangrijke studies in dit verband te noemen.

Op het IWSA-congres 1955 te Londen heeft de Zweed Hilding Bjorkland in zijn generaal rapport, getiteld „Design and construction of service reservoirs and towers”, o.a. mededeling gedaan over de watervoorziening van Stockholm. Daarin heeft hij een grafiek getoond, zoals aangegeven in afb. 6. In deze grafiek is op de verticale as uitgezet de verhouding topdag/topcapaciteit in procenten en op de horizontale as de verhouding reservoircap./topcapaciteit, eveneens in procenten. Met topcapaciteit bedoeld hij het maximale vermogen van de produktiewerken per etm.

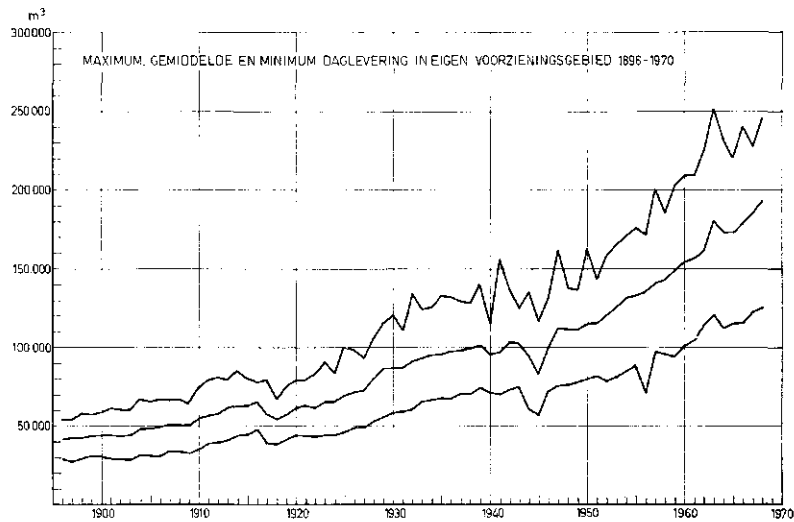
Vervolgens toont hij een grafiek, zoals aangegeven in afb. 7, waarin t.o.v. dezelfde procentuele verdeling als op de horizontale as van afb. 6, op de verticale as staat weergegeven de verhouding $\Delta W/\Delta R$, waarin ΔW de capaciteitsuitbreiding in $m^3/etm.$ van de werken voorstelt en ΔR de capaciteitsuitbreiding van de reservoirs in m^3 . Daarbij zijn de eenheidsprijzen resp. gesteld op a. Kronen per $m^3/etm.$ aan werken en b. Kronen per m^3 aan reservoirinhoud (a. = 250 en b. = 100).

De minimum totaalkosten worden dan blijkbaar bereikt indien a. $\Delta W = b. \Delta R$ dus $\Delta W/\Delta R = 0,4$ Tabellarisch geeft Bjorkland de resp. kosten van werken en reservoirs alsook de totaalkosten weer, zoals deze

TABEL I

Leverings cap. $m^3/etm.$	Percentage res. cap. %	Werken		Reservoirs		Totale kosten in kr.
		cap. $m^3/etm.$	kosten in kr.	cap. m^3	kosten in kr.	
100.000	0	153.840	38.460.000	0	0	38.460.000
100.000	10	122.450	30.612.500	12.245	1.224.500	31.837.000
100.000	20	103.730	25.932.500	20.746	2.074.600	28.007.100
100.000	22	100.000	25.000.000	22.000	2.200.000	27.200.000
100.000	30	96.890	24.222.500	29.057	2.906.700	27.129.200
100.000	40	93.280	23.320.000	37.312	3.731.200	27.051.200
100.000	50	90.090	22.522.500	45.045	4.504.500	27.027.000*
100.000	60	87.710	21.927.500	52.626	5.262.600	27.190.100
100.000	70	85.910	21.477.500	60.137	6.013.700	27.491.200
100.000	100	81.960	20.490.000	81.960	8.196.000	28.686.000

* minimum totale kosten



Afb. 5

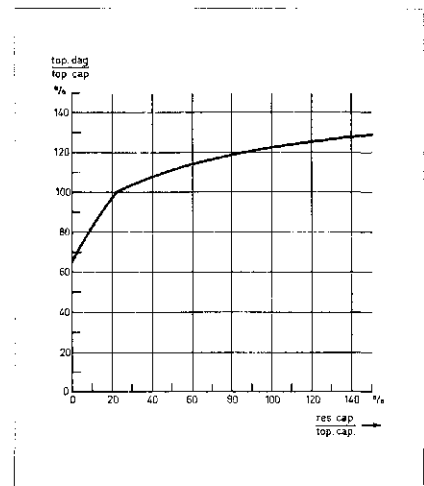
staan in tabel I. Door een rekenfout zijnerzijds worden de werkelijke minimum totaalkosten niet gevonden bij 40 % reservoircap. doch bij 50 % reservoircap., hetgeen in het gegeven voorbeeld neerkomt op 45 % reservoirinhoud t.o.v. de max. daglevering en dus een vrij hoge waarde is.

Toch zijn er tegen de gevolgde methode wel bedenkingen aan te voeren. Dat blijkt nl. duidelijk uit de onderste grafiek van afb. 7.

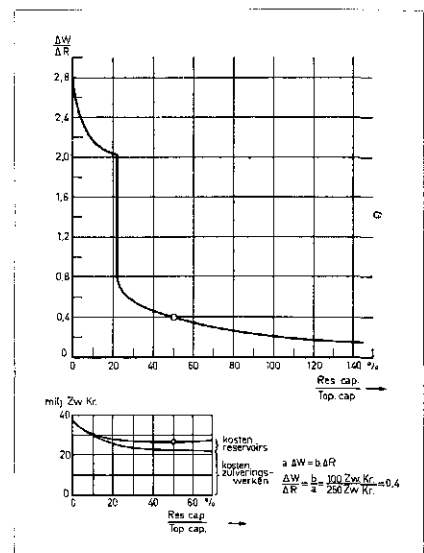
Worden er betrekkelijk goedkope reservoirs gebouwd, waarvan mogelijk de onderhoudskosten hoog zijn, dan zal het minimum aan totaalkosten meer naar rechts schuiven. Worden er d.e.t. betrekkelijk dure reservoirs gebouwd, waarvan mogelijk de onderhoudskosten laag zijn, dan zal het minimum aan totaalkosten meer naar links schuiven.

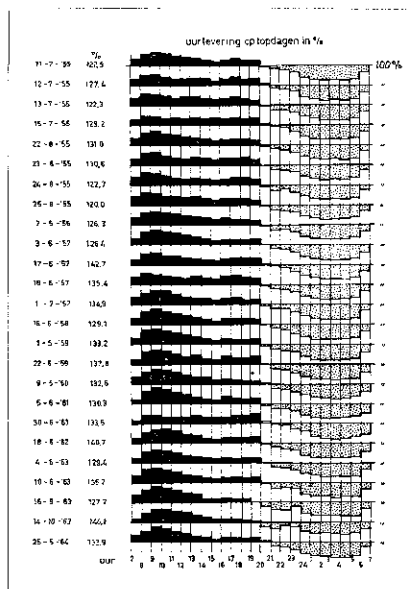
De naar mijn mening enig juiste methode is om de investeringen aan werken en reservoirs, gesplitst naar levensduur, door middel van de methode van rente en afschrijving uit te druk-

Afb. 6 - (3e IWSA Congres-Londen 1955, blz. 200).



Afb. 7 - 3e IWSA Congres-Londen 1955).





Afb. 8

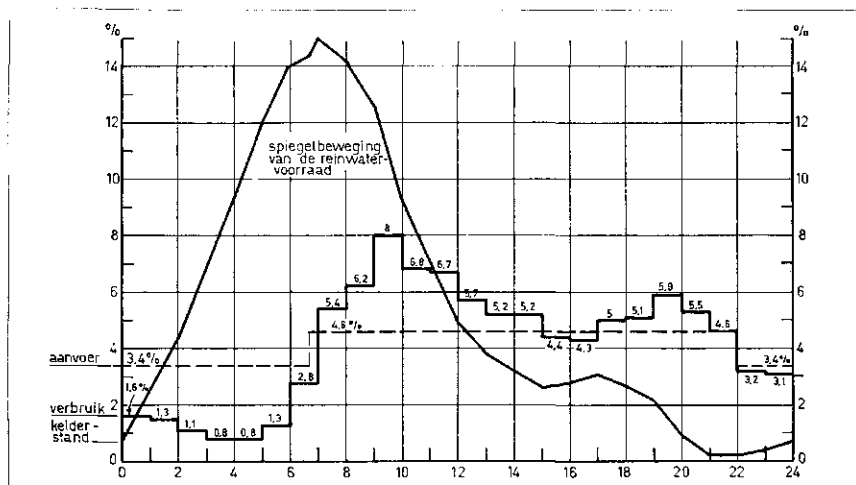
ken in ct./m³ en daar dan bij op te tellen de kosten in ct./m³ aan energie, onderhoud, bediening enz. Ik kom daar in het verloop van de les nog nader op terug.

Interessant is ook een artikel van Eberhard Müller in „Gas und Wasser-fach“ van 4 maart 1960, over de „Neue Reinwasserbehälter der Hamburger Wasserwerke“. Daarin beschrijft hij de weekfluctuaties in de reservoirs van het bedrijf Burs-Berg, welke een inhoud hebben van 7% van het weekverbruik. Bovendien is op het laagste reservoirpeil, dat op zaterdagmiddag valt, altijd nog een reserve-voorraad voor storingen aanwezig van circa 19.000 m³ water.

In de 17e Vakantiecurcus in Drinkwatervoorziening van januari 1965 geeft ir. Biemond, in zijn les „Enkele speciale vraagstukken van ondergrondse voorraadvorming“, een vergelijkende becijfering tussen een transportsysteem met reservoirs gebaseerd op resp. dagfluctuatie en weekfluctuatie. Indien de transportafstand tussen wingebed en voorzieningsgebied voldoende groot is, blijkt een reservoirinhoud op basis van weekfluctuatie kostenbesparend te zijn.

3. Studie bij Gemeentewaterleidingen Amsterdam

In de afgelopen 5 jaar is bij Gemeentewaterleidingen Amsterdam veel studie verricht ter analysering van het verbruikspatroon en bestudering van het bergingsvraagstuk. Aanleiding daartoe was in eerste instantie het afvlakken van het productieproces. Met name was het streven erop gericht te



Afb. 9 - Verbruiksmodulatie, aanvoer en voorraad. De aanvoercapaciteiten zij zo gekozen dat met een reinwaterberging van 15% van het etmaalverbruik kan worden volstaan.

komen tot een constant nafilteerdrijf, dat daarmee ten zeerste is ge-dierend.

Bij nadere bestudering bleek het vraagstuk echter niet alleen filtertechnische kwaliteiten te hebben, doch ging het accent meer en meer in de richting van financieel-economische aspecten. Hoewel de studie nog niet geheel is afgerond, zijn de thans beschikbare gegevens bepaald hoopgevend voor de toekomst.

In de nu volgende paragrafen zal deze studie nader worden besproken.

3. Het topdagenonderzoek

Als eerste studie betreffende het bergingsvraagstuk is voor het eigen voorzieningsgebied van Amsterdam over de jaren 1955 t/m 1964 een onderzoek verricht naar het verbruikspatroon van 25 topdagen (zie afb. 8).

Daaruit zijn een aantal interessante gegevens naar voren gekomen nl.:

1. de verhouding topverbruik/gem. dagverbruik varieerde van 120,0% tot 142,7% met een gemiddelde waar-

	ma	di	wo	do	vr	za	zo	
1961	115,5	106,3	103,4	103,6	106,5	87,5	77,3	%
1964	115,1	107,0	104,0	105,2	107,3	85,3	76,3	%

de van 131%;

2. het theoretisch benodigde bergingspercentage varieerde van 18,0% tot 23,7% met een gemiddelde waarde van 21,1%, alles t.o.v. de gemiddelde daglevering.

Indien dit bergingspercentage grafisch wordt uitgezet tegen het topdagpercentage, dan blijkt de spreiding rondom een met de methode van de kleinste vierkantjes geconstrueerde rechte lijn bijzonder gering te zijn.

Rekening houdende met het hoogste

bergingspercentage van 23,7%, behorende bij een 133,2% topdag, is het meest veilige theoretische bergingspercentage voor een 150% topdag te stellen op 23,3% (zie Stockholm).

Het veel gehanteerde praktische bergingspercentage ad 25% van de max. daglevering lijkt volgens deze becijfering wel erg krap, aangezien de onwetendheid over de te verwachten topdag groter is dan 1,7%.

Om deze onwetendheid te kunnen benaderen zijn de jaren 1961 en 1964 statistisch bewerkt door bestudering van de procentuele verdeling van de dagen in de week — lopende van maandag t/m zondag — waarbij het gemiddelde dagverbruik in de week op 100% is gesteld. Daarnaast zijn de weksommen procentueel vergeleken met het gemiddelde weekverbruik per jaar.

Daaruit zijn de volgende gegevens ontstaan:

3. in de jaren 1961 en 1964 waren de percentage voor maandag t/m zondag a.v.

4. frequentieverdelingen van deze percentages geven aan, dat de relatieve fout circa 7,5% bedraagt, welke boven de theoretische berging een extra berging vraagt.

5. het maximum weekverbruik ligt globaal 15% hoger dan het gemiddeld weekverbruik.

Om deze redenen lijkt een praktische berging van 1/3 deel van het max. dagverbruik ad 150%, overeenkomende met het in voorraad hebben van een halve gemiddelde dag, noodzake-

TABEL II - Totaal Leiduin + Weesperkarspel + Hilversum

jaar	% dag	% dag 1 dag later	datum	welke dag
1946	130,6	118,3	4 juli	donderdag
1947	145,0	126,3	3 juni	dinsdag
1948	136,3	105,4	30 juli	vrijdag
1949	135,6	118,1	5 sept.	maandag
1950	140,5	136,7	5 juni	maandag
1951	122,9	119,3	18 juni	maandag
1952	134,5	127,7	7 juli	maandag
1953	133,8	132,4	29 juni	maandag
1954	129,4	126,7	10 mei	maandag
1955	135,0	131,0	22 aug.	maandag
1956	127,8	115,8	7 mei	maandag
1957	143,7	140,7	17 juni	maandag
1958	133,8	114,0	16 juni	maandag
1959	142,1	114,1	9 juli	donderdag
1960	136,1	126,5	9 mei	maandag
1961	135,1	123,7	5 juni	maandag
1962	139,8	114,0	18 juni	maandag
1963	137,1	117,7	10 juni	maandag
1964	133,3	119,5	25 mei	maandag
1965	126,3	110,8	21 juni	maandag
1966	132,9	104,0	10 juni	vrijdag
1967	124,9	103,4	6 okt.	vrijdag
1968	128,6	117,2	26 aug.	maandag
totaal	3085,1			
gemiddeld	134,1 %			

(of was het vanwege de vrijdag hier mogelijk een „tobbe-dag“?).

- in 1968 viel het merendeel van de topdagen op maandag en hadden een 8-tal bedrijven langs de oostgrens van Nederland eenzelfde topdagdatum op 22 april.
- Haarlem en het PWN „bespreken” hun topdag blijkbaar van tevoren, hoewel ook Maastricht mogelijk in het „gesprek” deelt.
- de topdagpercentages varieerden in genoemde jaren van 119 % tot 227 %.
- de bergingspercentages varieerden van 21 % tot 156 %.

Overigens blijft hier van toepassing hetgeen Hilding Bjorkland op het IWSA-congres van 1955 in dit verband aanhaalde als een uitspraak van C. A. Risbridger op het Parijse congres van 1952:

„it is rather surprising to find such wilde variations in practice not only throughout the whole of the territory covered by the contributors to this subject, but also within some individual countries. It is certainly interesting to record that no undertaking has volunteered the information that its present capacity has proved to be inadequate”.

Hoewel het topdagenonderzoek ons veel informatie kan verschaffen over de mogelijke datum en de procentuele grootte t.o.v. het gemiddeld dagverbruik, de theoretisch mogelijke waarde en de kans van overschrijding daarvan kan worden gevonden door het tekenen van een frequentieverdeling van het waterverbruik op waarschijnlijkheidspapier.

Zo heeft ir. van Nes in het jaarverslag

lijk ter verkrijging van een constante aanvoer per uur.

Uiteraard is dit cijfer sterk afhankelijk van de grote plaatselijke verschillen in het verbruikspatroon en aanvoerpatroon. Voor het district Hoofddorp van het PWN is bij een niet constante aanvoer per uur een bergingscapaciteit van 15 % van het etmaalverbruik voldoende, zoals blijkt uit afb. 9. Zou de aanvoer in dit geval constant zijn geweest, dan zou de benodigde berging 21,6 % moeten bedragen, welk cijfer dan goed overeenkomt met het theoretische bergingscijfer van Amsterdam.

Hoe sterk een topdag in het door Amsterdam bediende gebied aan de maandag is gebonden, moge blijken uit tabel II.

Met een enkele onderbreking in 1959 zijn van 1949 tot 1966 de topdagen steeds op maandag gevallen.

Daarin komt de laatste jaren echter enige verandering, zoals blijkt uit de jaren 1966 en 1967. Mogelijk is het toenemend gebruik van was- en afwasmachines daaraan niet vreemd.

Het is ook om die reden dat door mij een enquête is gehouden, waarin een 25-tal betrekkelijk willekeurig gekozen bedrijven van Nederland zijn vertegenwoordigd. De uitkomsten van deze enquête zijn in tabel III weergegeven. Voor de jaren 1966, 1967 en 1968 zijn daarin vermeld de data van de topdagen, de betreffende dag in de week alsmede het topdagpercentage en

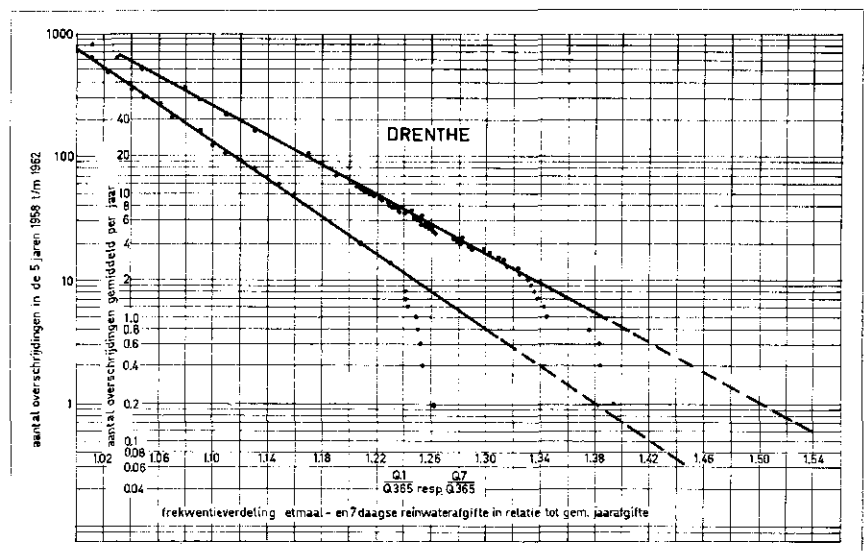
het bergingspercentage t.o.v. de gemiddelde dag.

Uitdrukkelijk zij hier gesteld dat deze enquête slechts een globaal beeld kan geven van de onderzochte bedrijven. Een en ander hangt nl. nauw samen met het te voeren produktieregime en het verbruikspatroon van het voorzieningsgebied, waarin plaatselijk sterke verschillen kunnen bestaan. Ook zijn sommige verschillen te verklaren uit de aanwezigheid van meegetelde eigen berging bij grote industrieën.

Uit deze enquête zijn enige opmerkelijke punten te noemen:

- in 1966 hadden zeer veel bedrijven omstreeks 10 juni een topdag

Afb. 10



TABEL III - Enquête 25 waterleidingbedrijven

% t.o.v. gem. dag in het jaar

Bedrijf	1966										1967										1968										Opmerkingen
	dag		top dag		kelder inhoud		top dag		kelder inhoud		top dag		kelder inhoud		top dag		kelder inhoud		top dag		kelder inhoud										
	datum	verbruik %	datum	verbruik %	dag	inhoud %	datum	verbruik %	dag	inhoud %	datum	verbruik %	dag	inhoud %	datum	verbruik %	dag	inhoud %	datum	verbruik %	dag	inhoud %									
NV Interc. Waterl. G. Leeuwarden	ma	2/5	140,5	21,4	ma	24/4	135,7	51,3	do	18/4	130,5	63,6												Noordbergum							
	ma	2/5	167,7	37,9	ma	13/11	178,3	34,3	di	16/4	154,3	28,0												Spannenburg							
Gem. Waterbedrijf Groningen	ma	2/5	139,8	49,3	ma	19/6	132,6	48,0	ma	17/6	136,7	46,3																			
NV Waterl. mij voor de prov. Groningen	za	11/6	158,8	27,5	di	1/8	134,1	25,1	ma	22/4	143,1	29,6																			
NV Waterleiding Mij „Drenthe“	za	11/6	153,6	26,8	ma	19/6	131,0	24,7	ma	22/4	135,6	24,2												Excl. berging pompstations							
Gem. Gas- en Drinkwaterbedrijf Enschede	vr	10/6	162,5	67,4	vr	28/7	130,3	156,2	ma	22/4	142,5	149,6																			
Waterleiding Maatschappij „Overijssel“	vr	10/6	164,9	39,2	ma	31/7	139,3	39,1	ma	22/4	152,2	42,9																			
Arnhem	do	16/6	167,2	25,3	za	22/7	156,6	23,8	ma	22/4	139,4	22,2												kelderinhoud wordt verdubbeld							
NV Waterl. Mij. Gelderland	vr	10/6	162,6	45,3	do	13/7	154,4	52,8	ma	22/4	138,6	50,3																			
NV Waterl. Mij. Oostelijk Gelderland	vr	10/6	155,6	48,2	do	27/7	145,8	42,6	ma	22/4	148,5	44,1																			
Waterleiding Bedrijf Midden Nederland	do	9/6	149,7	22,9	do	13/7	142,9	21,1	vr	14/6	128,7	29,7																			
Gemeentewaterleidingen Amsterdam	do	16/6	134,5	39,2	ma	28/8	123,1	37,8	ma	26/8	127,5	36,3																			
Gemeentelijk Waterb. Haarlem	vr	10/6	151,2	68,9	ma	17/7	128,1	67,1	ma	1/7	128,6	67,4																			
Prov. Waterl. Bedrijf Noord-Holland	vr	10/6	152,7	45,9	ma	17/7	132,5	48,2	ma	1/7	129,9	51,9													— alleen ten noorden van Noord-						
PWN Texel	wo	20/7	186,5	49,7	za	8/7	226,6	46,8	di	16/7	208,5	46,0													zeekanaal en zonder Texel						
Gem. Energiebedrijf Dordrecht	vr	10/6	132,9	31,8	ma	23/10	127,8	30,8	ma	12/8	132,8	27,5													nieuwe kelder in aanbouw						
Duinwaterleiding Mij. 's-Gravenhage	do	9/6	136,4	36,6	do	13/7	134,0	34,7	vr	14/6	135,6	34,8													incl. reserv. afnemers						
Leidsche Duinwatermij. NV	vr	10/6	133,6	48,3	vr	7/7	128,7	43,4	di	2/7	130,4	40,1													Zeeuws-Vlaanderen						
Waterbedrijf der Gem. Noordwijk	vr	12/8	151,3	34,3	do	13/7	152,7	31,9	ma	17/6	148,3	30,5													Walcheren						
Drinkwaterleiding der Gemeente Rotterdam	ma	2/5	125,5	38,1	zo	30/7	118,8	48,6	ma	26/8	119,1	45,8																			
NV Waterleiding Mij Zeeland	ma	7/11	125,6	63,3	ma	31/7	119,4	52,3	ma	1/7	120,6	40,9																			
Gemeentelijk Waterl. bedrijf Eindhoven	vr	10/6	158,0	71,0	vr	14/7	160,7	65,7	vr	2/8	170,0	117,3																			
NV Waterl. Mij. Noord-West-Brabant	do	9/6	165,3	38,4	do	22/6	149,5	35,9	ma	22/4	152,8	47,0																			
NV Waterl. Mij. Noord-West-Brabant	vr	19/8	130,9	29,8	do	13/7	140,2	27,3	vr	14/6	134,5	26,7																			
NV Tilburgsche Waterleiding Maatschappij	do	9/6	154,8	29,1	wo	12/7	151,0	30,1	ma	1/7	147,5	28,7													incl. reserv. afnemers						
Gemeentebedrijven Maastricht	vr	10/6	135,9	38,6	di	18/7	132,0	36,5	ma	1/7	137,0	34,9																			
NV Waterl. Mij. v. Midden- en Noord-Limburg	do	9/6	180,3	30,8	do	13/7	144,8	26,1	za	27/4	174,5	23,6													alleen eigen productie						
NV Waterl. Mij. v. Zuid-Limburg	vr	10/6	146,5	30,7	di	18/7	144,9	29,0	di	2/7	153,3	27,6																			

1963 van de NV Waterleidingmaatschappij „Drenthe” een dergelijke frequentieverdeling laten opnemen, welke staat weergegeven in afb. 10.

De gemiddelde overschrijdingskans per jaar over de periode 1958 t/m 1962 staat daarin uitgezet tegen het waterverbruik per etmaal en per 7-daagse som in relatie tot het voortschrijdend gemiddeld jaarverbruik.

Een 1-malige overschrijding per jaar leidt aldus tot een topdagpercentage van 139 % en een topweekpercentage van 129 %. Bij een 1-malige overschrijding per 10 jaar zouden deze percentages resp. bedragen 155 % en 142 %. Hieruit blijkt duidelijk dat de keuze van overschrijdingskans een aanmerkelijke invloed heeft op de te investeren bedragen aan winnings-, zuiverings- en transportmiddelen.

Evenzeer blijkt er het verschil uit tussen topdagpercentage en topweekpercentage, waarop in de volgende paragrafen nader zal worden teruggekomen.

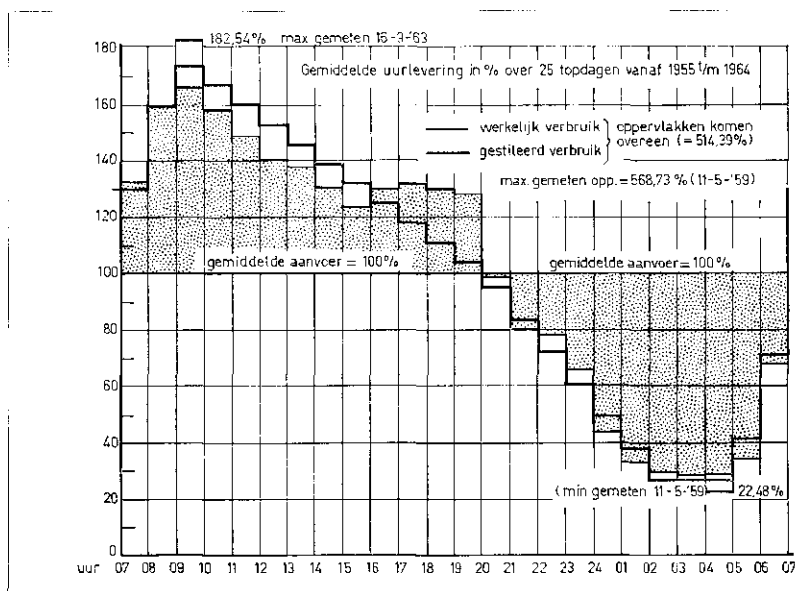
3.2 Constante uuraanvoer in de dag en de berging

Uit de in 3.1 behandelde verbruikspatronen, zoals die in afb. 8 zijn getekend, is een gemiddeld verbruikspatroon samengesteld waarvan afb. 11 een beeld geeft. Er blijkt uit dat van 7-20 uur het verbruik boven het gemiddeld uurverbruik in de dag ligt en van 20-7 uur daar beneden. Met dit verbruikspatroon, behorende bij een berekend topdagpercentage van 131 %, is het linker gedeelte van tabel IV samengesteld, waarbij de constante uuraanvoer op 100 % is gesteld. Uit de tabel blijkt dat deze constante uuraanvoer slechts mogelijk is, indien om 7 uur een theoretische berging van 514,39 % van de uuraanvoer aanwezig was. Na 20 uur moet deze verbruikte berging weer worden opgevuld.

Aangezien voor de beschouwde periode 1955-1964 het max. topdagpercentage op 150 % is gesteld, is de theoretisch benodigde berging bij een 150 % topdag te stellen op $150/131 \cdot 514,39 = 589 \%$ (op 11 mei 1959 is een gemeten waarde bereikt van 569 %).

Ter bepaling van de praktisch benodigde berging is aangenomen, dat een mogelijke afwijking van 10 % van het geschatte dagverbruik kan optreden, waardoor de praktische (veilige) berging overeenkomt met $589 + 240 = 829 \%$ van de constante uuraanvoer.

Met enige afronding komt deze berging overeen met de praktische for-



Afb. 11

mule voor berging bij constante uuraanvoer in de dag:

$$\text{berging} = \frac{\text{jaarverbruik} \cdot 1,5}{\text{jaarverbruik}} \cdot 800 \% = \frac{365 \cdot 24}{730} \cdot 800 \%$$

welke waarde neerkomt op een halve gemiddelde dag aan voorraad, hetgeen ook onder 3.1 werd gevonden. Is het topdagpercentage lager dan 150 %, dan is ook het benodigde bergingspercentage evenredig lager.

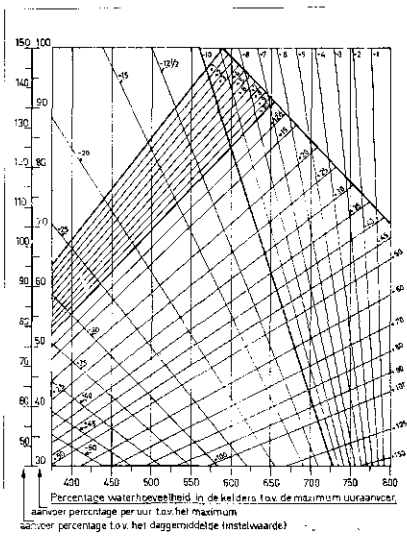
Ter illustratie van wat voor de praktijk mogelijk is geeft afb. 12 een beeld van de bepaling van de toelaatbare marge van het waterverbruik, behorende bij een bepaald geschat dagper-

centage als instelwaarde en een bepaalde kelderinhoud. Daarbij kan tevens rekening worden gehouden met een eventuele correctie van de vorige dag. Er blijkt bv. uit, dat bij een instelwaarde van 125 % nog een aanvoerafwijking van + of - 10 % mogelijk is bij een keldervulling van 600 % van de max. mogelijke uuraanvoer.

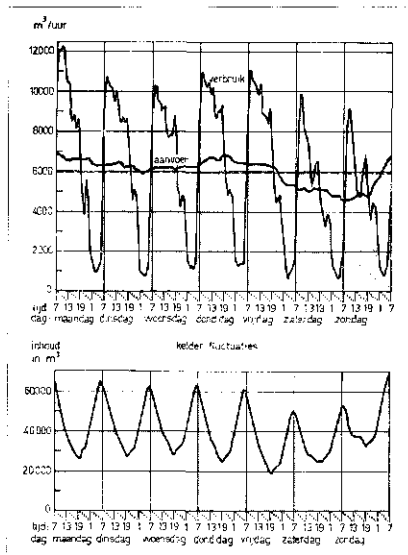
3.3 Constante dagaanvoer in de week en de berging

In hoofdstuk 3.2 is er van uitgegaan, dat de reservoirs zijn ingesteld op dagfluctuaties d.w.z. elke dag een peilvariatie ondergaan tussen max. en min. peil. Het is echter ook mogelijk de toevoer van water naar de reser-

Afb. 12 - Maximum toelaatbaar hoger (+) of lager (-) verbruik per etmaal in % t.o.v. de aanvoer.



Afb. 13 - Waterlevering en waterverbruik Leiduin-Amsterdam via kelders van Hallstraat en Amstelveenseweg (gemiddeld waarden van 4 weken in maart 1969).



voirs zo te doen plaatsvinden, dat de aanvoer over de gehele week constant is en alleen van week tot week wijzigt. Uiteraard vraagt dit een grotere reservoirinhoud, welke in dit hoofdstuk zal worden gedimensioneerd. Dat deze aanvoer in de praktijk allerm minst constant is bij reservoirs ingesteld op dagfluctuatie blijkt duidelijk uit afb. 13, waarin als gemiddelde waarden van 4 weken in maart 1969 de verbruiksfluctuaties, de aanvoer-

fluctuaties en de reservoirfluctuaties zijn weergegeven voor de toevoer van duinwater naar de distributiepompstations aan de van Hallstraat en de Amstelveenseweg.

De getekende gemiddelde aanvoer van afb. 13 is in afb. 14 nog eens opnieuw weergegeven, om de uiterste waarden binnen de genoemde 4 weken tot uitdrukking te brengen.

Belangrijk bij de bepaling van de benodigde reservoirinhoud gebaseerd

gebaseerd op weekfluctuatie is het verbruikspatroon van de dag in de week.

Voor ons rekenschema is aangehouden de procentuele dagverdeling van het jaar 1961, zoals deze in hoofdstuk 3.1 is vermeld.

In dit verband moet er wel op worden gewezen, dat een dergelijke procentuele verdeling aan wijziging onderhevig kan zijn en regelmatig dient te worden bestudeerd. Zo geeft afb. 15

TABEL IV - Berekening minimum berging in % van de constante uuraanvoer per dag en per week

tijd	constante aanvoer	verbruik (gem. v. 25 topdagen in 10 jaar)	benodigde berging bij constante aanvoer per dag						
			benodigde berging	verbruik gestieerd	benodigde berging	verbruik maandag 115,52 %	benodigde berging	verbruik dinsdag 106,30 %	benodigde berging
07 - 08	100	132,39	— 0,00	129,55	— 0,00	149,66	— 0,00	137,71	— 372,48
			— 32,39		— 29,55		— 49,66		— 410,19
08 - 09	100	159,38	— 59,38	159,11	— 59,11	183,80	— 83,80	169,13	— 69,12
			— 91,77		— 88,66		— 133,46		— 479,32
09 - 10	100	165,84	— 65,84	173,89	— 73,89	200,87	— 100,87	184,85	— 84,85
			— 157,61		— 162,55		— 234,33		— 564,17
10 - 11	100	157,84	— 57,84	166,85	— 66,85	192,74	— 92,74	177,36	— 77,36
			— 215,45		— 229,40		— 327,07		— 641,52
11 - 12	100	148,75	— 48,75	159,81	— 59,81	184,62	— 84,62	169,88	— 69,88
			— 264,20		— 289,21		— 411,69		— 711,41
12 - 13	100	140,14	— 40,14	152,78	— 52,78	176,49	— 76,49	162,41	— 62,41
			— 304,34		— 341,99		— 488,18		— 773,82
13 - 14	100	138,45	— 38,45	145,74	— 45,74	168,36	— 68,36	154,92	— 54,92
			— 342,79		— 387,73		— 556,54		— 828,74
14 - 15	100	130,09	— 30,09	138,70	— 38,70	160,23	— 60,23	147,44	— 47,44
			— 372,88		— 426,43		— 616,77		— 876,18
15 - 16	100	123,34	— 23,34	131,66	— 31,66	152,10	— 52,10	139,95	— 39,95
			— 396,22		— 458,09		— 668,87		— 916,13
16 - 17	100	129,83	— 29,83	124,63	— 24,63	143,97	— 43,97	132,48	— 32,48
			— 426,05		— 482,72		— 712,84		— 948,61
17 - 18	100	131,37	— 31,37	117,59	— 17,59	135,84	— 35,84	125,00	— 25,00
			— 457,42		— 500,31		— 748,68		— 973,61
18 - 19	100	129,23	— 29,23	110,56	— 10,56	127,71	— 27,71	117,53	— 17,53
			— 486,65		— 510,87		— 776,39		— 991,14
19 - 20	100	127,74	— 27,74	103,52	— 3,52	119,58	— 19,58	110,04	— 10,04
			— 514,39		— 514,39		— 795,97		— 1001,18
20 - 21	100	98,12	+ 1,88	94,32	+ 5,68	108,96	— 8,96	100,26	— 0,26
			— 512,51		— 508,71		— 804,93		— 1001,44
21 - 22	100	79,79	+ 20,21	82,97	+ 17,03	95,84	+ 4,16	88,20	+ 11,80
			— 492,30		— 491,68		— 800,77		— 989,64
22 - 23	100	77,81	+ 22,19	71,61	+ 28,39	82,73	+ 17,27	76,12	+ 23,88
			— 470,11		— 463,29		— 783,50		— 965,76
23 - 24	100	65,50	+ 34,50	60,26	+ 39,74	69,61	+ 30,39	64,05	+ 35,95
			— 435,61		— 423,55		— 753,11		— 929,81
24 - 01	100	43,45	+ 56,55	48,90	+ 51,10	56,49	+ 43,51	51,98	+ 48,02
			— 379,06		— 372,45		— 709,60		— 881,79
01 - 02	100	33,09	+ 66,91	37,55	+ 62,45	43,37	+ 56,63	39,92	+ 60,08
			— 312,15		— 310,00		— 652,97		— 821,71
02 - 03	100	29,52	+ 70,48	26,19	+ 73,81	30,26	+ 69,74	27,84	+ 72,16
			— 241,67		— 236,19		— 583,23		— 749,55
03 - 04	100	28,42	+ 71,58	26,19	+ 73,81	30,26	+ 69,74	27,84	+ 72,16
			— 170,09		— 162,38		— 513,49		— 677,39
04 - 05	100	28,67	+ 71,33	26,19	+ 73,81	30,26	+ 69,74	27,84	+ 72,16
			— 98,76		— 88,57		— 443,75		— 605,23
05 - 06	100	33,96	+ 66,04	40,95	+ 59,05	47,31	+ 52,69	43,53	+ 56,47
			— 32,72		— 29,52		— 391,06		— 548,76
06 - 07	100	67,28	+ 32,72	70,48	+ 29,52	81,42	+ 18,58	74,92	+ 25,08
	2400	2400,00	0,00	2400,00	0,00	2772,48	— 372,48	2551,20	— 523,68

duidelijk aan, dat de stad Amsterdam aan het „vervlakken” is. De 5-daagse werkweek heeft een tendens tot het gaan naar eenzelfde percentage, terwijl hetzelfde met de weekend-dagen het geval is.

Evenzeer is het belangrijk de weekvariatie in het jaar te bestuderen, om daaruit het max. weekverbruik vast te kunnen stellen (zie ook 3.1).

In ons rekenschema is aangehouden een max. weekpercentage van 120 %

(in de week van 26-6 t/m 2-7 van 1961 is een waarde van 116,2 voorgekomen). De weekvariaties zijn bovendien nog eens weergegeven in afb. 16 voor 1967 en in afb. 17 voor 1968 en tonen aan, dat de variaties zich zelfs beperken tot 10 %.

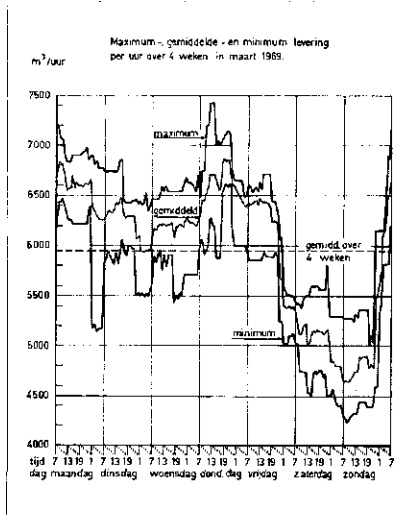
Met de bovengenoemde gegevens is het rechter gedeelte van tabel IV samengesteld en is de theoretisch benodigde berging te becijferen op 1322,19 % van de constante uuraan-

voer, behorende bij een berekend weekgemiddeld percentage van 112,7 %. Voor een 120 % week is de theoretische berging dus 120/112,7. 1322,19 % = 1407,8 % van de constante uuraanvoer. Met elk % hoger of lager weekverbruik is een hoeveelheid gemoeid van 168 % van de constante uuraanvoer.

Daar de berging t.g.v. de verbruiksvariatie op vrijdag minimaal is, kan echter worden volstaan met een hoe-

benodigde berging bij constante aanvoer per week

verbruik woensdag 103,37 %	benodigde berging	verbruik donderdag 103,56 %	benodigde berging	verbruik vrijdag 106,47 %	benodigde berging	verbruik zaterdag 87,49 %	benodigde berging	verbruik zondag 77,29 %	benodigde berging
133,92	— 523,68	134,16	— 604,56	137,93	— 690,00	113,34	— 845,28	100,13	— 545,04
	— 33,92		— 34,16		— 37,93		— 13,34		— 0,13
164,47	— 557,60	164,77	— 638,72	169,40	— 727,93	139,21	— 858,62	122,98	— 545,17
	— 64,47		— 64,77		— 69,40		— 39,21		— 22,98
179,75	— 622,07	180,08	— 703,49	185,14	— 797,33	152,14	— 897,83	134,40	— 568,15
	— 79,75		— 80,08		— 85,14		— 52,14		— 34,40
172,47	— 701,82	172,79	— 783,57	177,65	— 882,47	145,98	— 949,97	128,96	— 602,55
	— 72,47		— 72,79		— 77,65		— 45,98		— 28,96
165,20	— 774,29	165,50	— 856,36	170,15	— 960,12	139,82	— 995,95	123,52	— 531,51
	— 65,20		— 65,50		— 70,15		— 39,82		— 23,52
157,93	— 839,49	158,22	— 921,86	162,66	— 1030,27	133,67	— 1035,77	118,08	— 655,03
	— 57,93		— 58,22		— 62,66		— 33,67		— 18,08
150,65	— 897,42	150,93	— 980,08	155,17	— 1092,93	127,51	— 1069,44	112,64	— 673,11
	— 50,65		— 50,93		— 55,17		— 27,51		— 12,64
143,37	— 948,07	143,64	— 1031,01	147,67	— 1148,10	121,35	— 1096,95	107,20	— 685,75
	— 43,37		— 43,64		— 47,67		— 21,35		— 7,20
136,10	— 991,44	136,35	— 1074,65	140,18	— 1195,77	115,19	— 1118,30	101,76	— 692,95
	— 36,10		— 36,35		— 40,18		— 15,19		— 1,76
128,83	— 1027,54	129,07	— 1111,00	132,69	— 1235,95	109,04	— 1133,49	96,33	— 694,71
	— 28,83		— 29,07		— 32,69		— 9,04		+ 3,67
121,55	— 1056,37	121,78	— 1140,07	125,20	— 1268,64	102,88	— 1142,53	90,89	— 691,04
	— 21,55		— 21,78		— 25,20		— 2,88		+ 9,11
114,29	— 1077,92	114,50	— 1161,85	117,71	— 1293,84	96,73	— 1145,41	85,45	— 681,93
	— 14,29		— 14,50		— 17,71		+ 3,27		+ 14,55
107,01	— 1092,21	107,20	— 1176,35	110,22	— 1311,55	90,57	— 1142,14	80,01	— 667,38
	— 7,01		— 7,20		— 10,22		+ 9,43		+ 19,99
97,50	— 1099,22	97,68	— 1183,55	100,42	— 1321,77	82,52	— 1132,71	72,90	— 647,39
	+ 2,50		+ 2,32		— 0,42		+ 17,48		+ 27,10
85,77	— 1096,72	85,92	— 1181,23	88,34	— 1322,19	72,59	— 1115,23	64,13	— 620,29
	+ 14,23		+ 14,08		+ 11,66		+ 27,41		+ 35,87
74,02	— 1082,49	74,16	— 1167,15	76,24	— 1310,53	62,65	— 1087,82	55,35	— 584,42
	+ 25,98		+ 25,84		+ 23,76		+ 37,35		+ 44,65
62,29	— 1056,51	62,40	— 1141,31	64,16	— 1286,77	52,72	— 1050,47	46,57	— 539,77
	+ 37,71		+ 37,60		+ 35,84		+ 47,28		+ 53,43
50,55	— 1018,80	50,64	— 1103,71	52,06	— 1250,93	42,78	— 1003,19	37,79	— 486,34
	+ 49,45		+ 49,36		+ 47,94		+ 57,22		+ 62,21
38,82	— 969,35	38,89	— 1054,35	39,98	— 1202,99	32,85	— 945,97	29,02	— 424,13
	+ 61,18		+ 61,11		+ 60,02		+ 67,15		+ 70,98
27,07	— 908,17	27,12	— 993,24	27,89	— 1142,97	22,91	— 878,82	20,24	— 353,15
	+ 72,93		+ 72,88		+ 72,11		+ 77,09		+ 79,76
27,07	— 835,24	27,12	— 920,36	27,89	— 1070,86	22,91	— 801,73	20,24	— 273,39
	+ 72,93		+ 72,88		+ 72,11		+ 77,09		+ 79,76
27,07	— 762,31	27,12	— 847,48	27,89	— 998,75	22,91	— 724,64	20,24	— 193,63
	+ 72,93		+ 72,88		+ 72,11		+ 77,09		+ 79,76
42,33	— 689,38	42,41	— 774,60	43,60	— 926,64	35,83	— 647,55	31,65	— 113,87
	+ 57,67		+ 57,59		+ 56,40		+ 64,17		+ 68,35
72,85	— 631,71	72,95	— 717,01	75,04	— 870,24	61,66	— 583,38	54,48	— 45,52
	+ 27,15		+ 27,01		+ 24,96		+ 38,34		+ 45,52
2480,88	— 604,56	2485,44	— 690,00	2555,28	— 845,28	2099,76	— 545,04	1854,96	0,00



Afb. 14 - Waterverbruik Leidsin-Amsterdam in kelders van Hallstraat en Amstel-veenseweg.

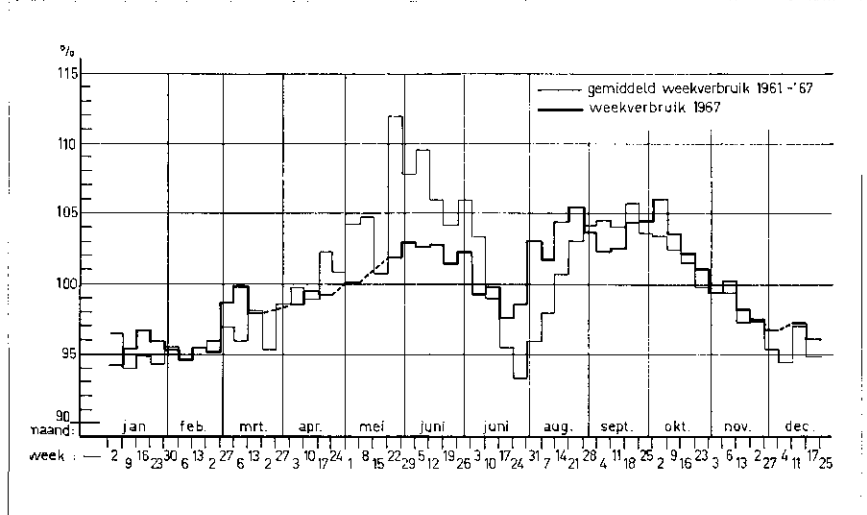
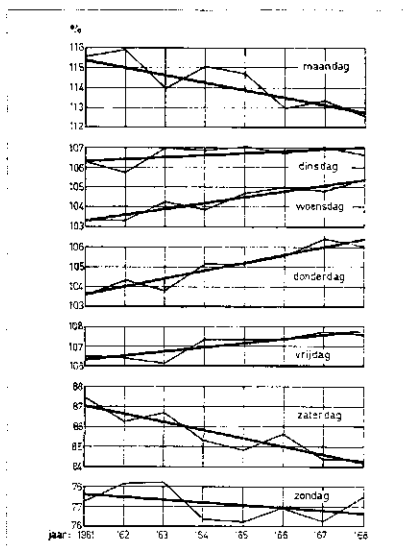
veelheid van $5/7 \cdot 168\% = 120\%$ van de constante uuraanvoer. Bij een aangenomen afwijking van 5% is dus een extra berging noodzakelijk van 600%, waardoor het praktische bergingspercentage op rond 2000% van de constante uuraanvoer komt.

Dit bergingspercentage komt overeen met de formule voor berging bij constante dagaanvoer in de week:

$$\text{berging} = \frac{\text{jaarverbruik} \cdot 1,2}{365 \cdot 24} \cdot 2000\% = \frac{\text{jaarverbruik}}{365}$$

welke waarde neerkomt op een gemiddelde dag aan voorraad. Is het weekpercentage lager dan

Afb. 15 - Waterverbruik in eigen distributiegebied van elke dag in de week in % t.o.v. het daggemiddelde in het jaar (= 100%). Periode 1961 t/m 1968.



Afb. 16 - Tijlijn van het waterverbruik per week in eigen distributiegebied in % t.o.v. het weekgemiddelde in het jaar 1967.

120%, dan is ook het benodigd bergingspercentage evenredig lager. Een constante aanvoer per week vraagt dus in ons voorbeeld van Amsterdam een verdubbeling van kelderinhoud t.o.v. een constante aanvoer per dag. Daar staat tegenover dat het leveringsvermogen van zuiverings- en transportmiddelen is vergroot met een factor $150/120 = 1,25$, terwijl de constantheid invloed heeft op de jaarlijkse kosten.

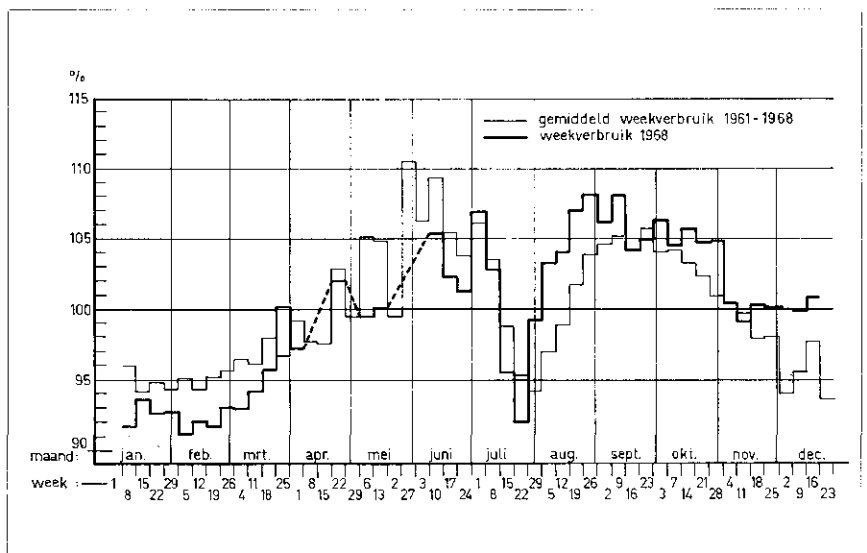
Een vergroting van 25% van de capaciteit kan dus worden gerealiseerd door uitbreiding van de winmiddelen in de prise d'eau en van de berging in het voorzieningsgebied.

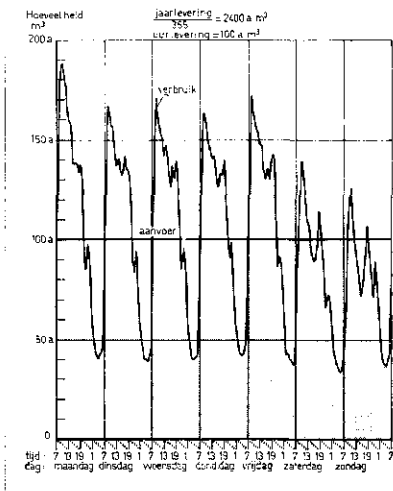
Een enkel woord over het type reservoirs is hier wel op zijn plaats. In afb. 18 is weergegeven het verbruiks-

patroon in het voorzieningsgebied van Amsterdam van het gemiddelde van 19-boven de reservoirfluctuatie bepaald met een beginvulling, welke 75% bedraagt van de totale reservoirinhoud. Deze beginvulling kan niet 100% zijn om de mogelijkheid open te houden een 3% lager verbruik dan was geraamd nog aan het einde van de week te kunnen bergen.

Uitgaande van een constante aanvoer per week en een reservoirinhoud gebaseerd op weekfluctuatie is in afb. 19-boven de reservoirfluctuatie bepaald met een beginvulling, welke 75% bedraagt van de totale reservoirinhoud. Deze beginvulling kan niet 100% zijn om de mogelijkheid open te houden een 3% lager verbruik dan was geraamd nog aan het einde van de week te kunnen bergen. Ook mag deze vulling niet geringer zijn om een 3% hoger verbruik dan was geraamd nog te kunnen leveren op vrijdag. De genoemde ruimtereservering bij meer of minder afname

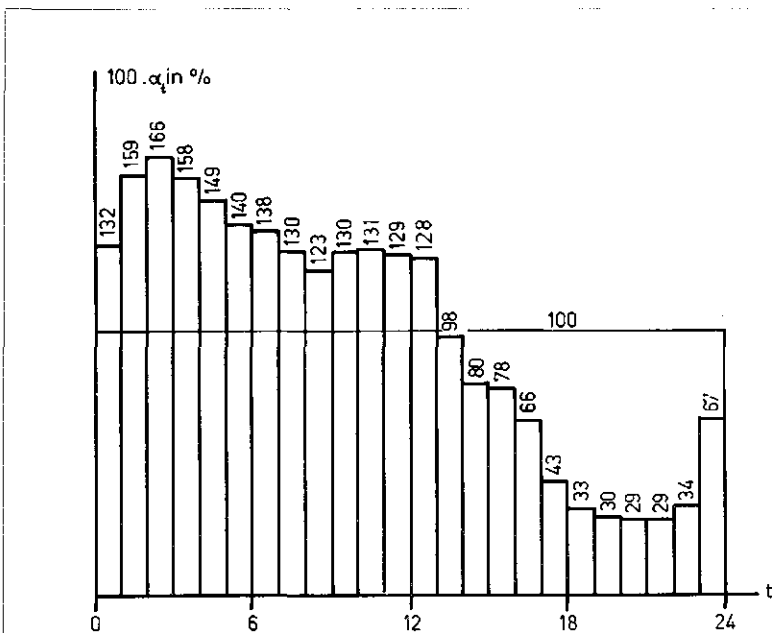
Afb. 17 - Tijlijn van het waterverbruik per week in eigen distributiegebied in % t.o.v. het weekgemiddelde in het jaar 1968.





Afb. 18 - Doorstroomreservoirs — Verbruikspatroon.

Afb. 20 - Energieverbruik bij variant- en constant transport.



- v_t = stroomsnelheid
- q_t = kwantum per tijdseenheid
- q_0 = constant kwantum per tijdseenheid binnen 1 etmaal
- E_t = energieverbruik op tijdstip t
- h_t = energiehoogte
- F = transportoppervlak
- A = constante

$$h_t = A \cdot v_t^2$$

$$q_t = v_t \cdot F \text{ dus } E_t = q_t \cdot h_t = \frac{A}{F^2} \cdot q_t^3$$

$$\text{Stel } q_t = \alpha_t \cdot q_0 \text{ dus } E_t = \frac{A \cdot q_0^3}{F^2} \cdot \alpha_t^3$$

$$\text{dus } \frac{\sum_0^{24} E_t}{0} = \frac{A \cdot q_0^3}{F^2} \cdot \frac{\sum_0^{24} \alpha_t^3}{0} \text{ dus } \frac{(\sum_0^{24} E_t)_{\text{variant}}}{(\sum_0^{24} E_t)_{\text{constant}}} = \frac{(\sum_0^{24} \alpha_t^3)_{\text{variant}}}{(\sum_0^{24} \alpha_t^3)_{\text{constant}}} = \frac{40}{24} = 1,67$$

moet dus in beginsel aanwezig zijn om weekfluctuatie mogelijk te maken. Een schattingsfout in het weekverbruik van 3% blijkt dan haalbaar. In afb. 19-onder zijn de bijbehorende verblijftijden in de reservoirs berekend en wordt een waarde van 24 uur niet overschreden.

Hoewel deze max. verblijftijd voor de meeste bedrijven geen probleem zal opleveren, zal een bedrijf dat oppervlaktewater produceert er goed aan doen de reservoirs als doorstroomreservoirs uit te voeren, waarmee de kans op „dood” water en/of nagroei wordt vermeden.

4. Energie- en kostenvraagstuk

Zoals in hoofdstuk 2 al is uiteengezet bij de bespreking van het Stockholm-

voorbeeld, speelt het kostenvraagstuk een belangrijke rol bij de bepaling van de meest gewenste reservoirinhoud. Als onderdeel van dit kostenvraagstuk is het energieverbruik van belang en zal daarover in de volgende paragraaf een korte uiteenzetting worden gegeven.

4.1 Energieverbruik en berging

Dat bij enige transportafstand tussen het zuiveringsbedrijf en het voorzieningsgebied er een nauw verband bestaat tussen berging en energieverbruik behoeft geen betoog.

In deze paragraaf is uitgerekend in welke verhouding het energieverbruik bij een berging nul staat t.o.v. het energieverbruik bij een berging, welke op een constante uuraanvoer in de dag is afgestemd.

Dit energieverbruik per tijdseenheid is in afb. 20 afgeleid en geeft de algemene formule:

$$E_t = \frac{A \cdot q_0^3}{F^2} \cdot \alpha_t^3$$

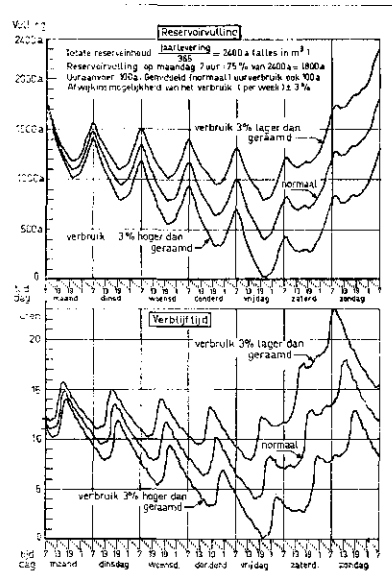
Over het etmaal is het energieverbruik dan

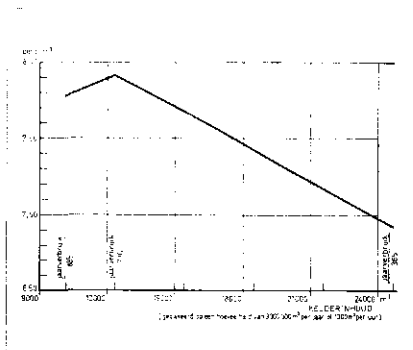
$$\sum_0^{24} E_t = \frac{A \cdot q_0^3}{F^2} \cdot \sum_0^{24} \alpha_t^3$$

In afb. 20 is bovendien een willekeurig verbruikspatroon van Amsterdam getekend en is van uur tot uur het verbruik in procenten uitgerekend. Indien er bij het voorzieningsgebied geen berging aanwezig is, zal het watertransport door de leidingen het waterverbruik in de stad op de voet moeten volgen.

Met de genoemde formule is dan uit

Afb. 19 - Doorstroomreservoirs. Reservoirvulling en verblijftijd.





Afb. 21 - Beïnvloeding waterprijs per m³ bij gelijkblijvend filterbedrijf c.a. en toenemende kelderinhoud t.g.v. rente en afschrijving (6%-50 jaar) (exploitatiekosten zijn buiten beschouwing gelaten).

te rekenen dat

$$\sum_0^{24} E_t = \frac{A \cdot q_0^3}{F^2} \cdot 40$$

Wordt daarentegen nabij het voorzieningsgebied zoveel reservoirinhoud gebouwd dat de uuraanvoer de gehele dag constant is, dan is het energieverbruik

$$\sum_0^{24} E_t = \frac{A \cdot q_0^3}{F^2} \cdot 24$$

Uit deze becijfering blijkt dat een uuraanvoer in de dag 67% minder energieverbruik vraagt dan een aanvoer, welke zonder berging fungeert. Bergingsvergroting is dan ook altijd energiebesparend.

De voorgaande beschouwing kan interessante aspecten bieden bij de levering van water aan grootverbruikers via een reservoir, ook al is het waterverbruik van deze grootverbruiker constant in het etmaal.

Vindt de voeding van het reservoir van de grootverbruiker nl. uitsluitend plaats gedurende de nachturen (energiekosten dan laag), dan zal daarvoor in principe het verbruikspatroon van de stad ten gunste worden beïnvloed en zal energiebesparing het gevolg zijn.

Een bijkomstig groot voordeel is de onderbroken levering aan de grootverbruiker via een reservoir.

4.2 Het kostenvraagstuk en de berging

Het is na bestudering van de voorgaande hoofdstukken wel duidelijk, dat het bergingsvraagstuk nauw verbonden is met de kostprijs.

Deze kostprijs is opgebouwd uit:

a. rente en afschrijving van de geïnvesteerde bedragen;

- b. energieverbruik bij winning, zuivering, transport en distributie;
- c. bedieningskosten van de installaties;
- d. onderhoud van terreinen, gebouwen, installaties, leidingen enz.;
- e. exploitatiekosten; zoals filterschoonmaak, filtermateriaal, chemicaliën.

Het is niet mijn bedoeling al deze bouwstenen van de kostprijs hier uitputtend te behandelen. Ir. Knoppert zal daarover in zijn les stellig uitvoeriger zijn.

Voor de afronding van mijn betoog is een begroting van de kostprijs als functie van de berging echter onontbeerlijk.

In het voorbeeld van afb. 21 heb ik mij evenwel beperkt tot de beïnvloeding van de waterprijs per m³ door alleen rente en afschrijving.

Uitgaande van een bedrijf met een jaarcapaciteit van 9 milj. m³ (1000 m³/uur) bestaande uit

- 1 ruwwaterpompstation;
- 1 vóórfilter;
- 1 nafilter
- 1 reinwaterpompstation;
- 1 transportleiding van ca. 30 km.

is voor een rentevoet van 6% en een afschrijvingstermijn van 50 jaar een globale becijfering gemaakt van de kostprijs bij een berging aan het einde van de transportleiding van resp.

$$\frac{J}{885}, \frac{J}{730} \text{ en } \frac{J}{365} \quad (J = \text{jaarcapaciteit})$$

Uit de afb. blijkt, dat een vergroting van de berging van $\frac{J}{885}$ naar $\frac{J}{730}$ kostenverhogend werkt, om daarna flink te dalen bij een berging gebaseerd op weekfluctuatie.

Het kostprijsverschil tussen het begin- en eindpunt van de grafiek bedraagt in het gegeven voorbeeld 0,86 cent/m³.

Tenslotte nog een enkel woord over de andere kostenfactoren:

- ad. b zoals in 4.1 is uiteengezet zal het energieverbruik afnemen bij toenemende berging en dus kostenbesparend zijn;
- ad. c de installaties vóór de berging zullen minder fluctueren bij vergroting van de reservoirinhoud en dus een besparing aan bedieningskosten geven;
- ad. d het onderhoud aan gebouwen en installaties zal bij de win-

- ning en zuivering mogelijk een afname, doch bij de berging een toename van kosten kunnen geven;
- ad. e een constanter bedrijf zal o.m. minder nafiltschoonmaak vragen en als zodanig kostenbesparend zijn in de exploitatie.

Ongetwijfeld zullen de genoemde factoren meer of minder gewicht in de schaal leggen en van geval tot geval moeten worden bekeken.

Het is echter naar mijn stellige overtuiging van grote waarde een onderzoek in te stellen naar de mogelijke kostenbesparing, welke door vergroting van de reinwaterberging bij of binnen het voorzieningsgebied is te bereiken.

Een totale kostprijsbesparing van mogelijk 1 cent/m³ op een bedrijf met een jaarcapaciteit van 100 milj. m³ levert per slot een jaarlijkse besparing van 1 milj. gulden op, welke de moeite van het overdenken waard is.

5. Conclusies

Met de volgende conclusies is de inhoud van deze les over het verbruikspatroon en de waterberging samen te vatten:

1. Onder het motto „meten doet weten” is een zo uitgebreid mogelijk meetprogramma van bron tot kraan noodzakelijk voor een zo gedifferentieerd mogelijk onderzoek naar het waterverbruik. Daarbij moet aan de meettechniek de hoogste graad van nauwkeurigheid worden toegekend.
2. De bestudering van het waterverbruik dient regelmatig te geschieden om wijzigingen in het patroon vast te stellen en „koerscorrecties” aan te brengen. De koppeling aan het bergingsvraagstuk is daarbij fundamenteel.
3. De meest economische waterberging dient te worden vastgesteld aan de hand van de totale kostprijs per m³, waarin rente, afschrijving, energie, bediening, onderhoud en exploitatie zijn verdisconteerd. Berging op basis van weekfluctuatie is een nadere bestudering alleszins waard.
4. Daar de kostprijs parameter is voor de bepaling van de meest economische waterberging, is een goede narekening van eminent belang voor het verkrijgen van betrouwbare eenheidsprijzen. Deze eenheidsprijzen dienen te worden samengesteld in een nauwe samenwerking tussen financiële-, bouwtechnische- en bedrijfs-technische krachten.