

keurings
instituut
voor
waterleiding
artikelen
kiwa n.v.

PLAATS EN
CAPACITEIT
VAN REINWATERKELDERS

Mededeling nr. 36 van het KIWA

Rapport van de
werkgroep Plaats en
capaciteit van reinwaterkelders

Rijswijk (Z.H.), augustus 1975

INHOUDSOPGAVE

	Blz.
Lijst van bijlagen	3
1. Samenvatting	5
2. Summary	8
3. Inleiding	11
4. Functie van voorraadvorming	12
5. Onderverdeling van reservoirs naar plaats	13
6. Klantenreservoirs	14
7. Berekening van de totale inhoud van produktie- en distributiereservoirs	16
8. Benodigde reservoirinhoud boven de berekende inhoud	20
9. Het ontwerpen van reservoirs	22
10. Keuze tussen produktie- en distributiereservoirs	25
11. Typen distributiereservoirs	30
12. Invloeden van de kwaliteit van het reine water	32

BIJLAGEN

- 1 Globale relatie tussen inhoud en specifieke investeringen van reservoirs (prijspeil 1973)
- 2 Verband tussen piekfaktor waterverbruik en aantal woningen
- 3 Frekwentieverdeling van verbruiken gedurende n-daagse perioden, $n = 1$
- 4 Frekwentieverdeling van verbruiken gedurende n-daagse perioden, $n = 2$
- 5 Frekwentieverdeling van verbruiken gedurende n-daagse perioden, $n = 3$
- 6 Frekwentieverdeling van verbruiken gedurende n-daagse perioden, $n = 4$
- 7 Frekwentieverdeling van verbruiken gedurende n-daagse perioden, $n = 5$
- 8 Frekwentieverdeling van verbruiken gedurende n-daagse perioden, $n = 6$
- 9 Frekwentieverdeling van verbruiken gedurende n-daagse perioden, $n = 7$
- 10 Maatgevende verbruiken voor 1 t/m 7-daagse perioden bij overschrijdingskansen van 1 x per a jaren

- 11 Voorbeeld van een bepaling van het maatgevende etmaal-verbruikspatroon
- 12 Etmaal-verbruikspatroon, gebruikt bij de inhoudsberekeningen in paragraaf 7
- 13 Verband tussen zuiveringscapaciteit C_z , benodigde reservoirinhoud I en aanwezige vulcapaciteit V
- 14 Berekening van de benodigde reservoirinhoud bij 1 t/m 7-daagse accumulatie
- 15 Mogelijke combinaties van zuiveringscapaciteit en reservoirinhoud en bepaling van de goedkoopste combinatie
- 16 Ontwerpen van reservoirs op basis van etmaal-accumulatie
- 17 Ontwerpen van reservoirs op basis van week-accumulatie
- 18 Schakelen van reservoirs
- 19 Typen distributiereservoirs

1. Samenvatting.

De belangrijkste functies van voorraadvorming van reinwater zijn de technisch-economische functie van het afvlakken van verbruikspieken en de zekerheidsfunctie m.b.t. bedrijfsstoringen.

Voor wat betreft de plaats van voorraadvorming wordt uitgegaan van een onderscheid tussen produktie-, distributie- en klantenreservoirs.

De laatstgenoemde categorie biedt ogenschijnlijk in technisch-economisch opzicht de meest voor de hand liggende oplossing, omdat hierbij de voorraden worden gevormd op de plaats waar de verbruikspieken ontstaan, nl. bij de klant. Konsekwente toepassing van klantenreservoirs betekent echter een maximale versnippering van opslagcapaciteit, hetgeen gepaard gaat met relatief zeer hoge kosten van berging en extra kosten van binneninstallaties. In vergelijking met bijvoorbeeld distributiereservoirs leveren vele kleine klantenreservoirs hoge extra kosten op, waartegenover slechts geringe besparingen op de kosten van distributie- en dienstleidingen staan.

Gekonkludeerd wordt dat klantenreservoirs alleen onder bepaalde bijzondere omstandigheden voor toepassing in aanmerking komen. De verdere beschouwingen zijn geheel gewijd aan de produktie- en distributiereservoirs.

Er wordt, aan de hand van een voorbeeld, een berekeningsmethode beschreven voor de inhoud van de produktie- en distributiereservoirs, waarbij als variabele grootte de accumulatieperiode is ingevoerd.

Met behulp van cijfers voor de kostenverhoudingen kan uit een dergelijke berekening een eerste indicatie worden verkegen van de te kiezen accumulatieperiode.

Vervolgens wordt ingegaan op de verdeling van de totale berekende berging (inkl. eventuele extra inhoud) over produktie- en distributiereservoirs. Hierbij komen de volgende punten aan de orde.

a. de kostenverhoudingen.

De kostenvergelijkingen t.b.v. de keuze moeten omvatten de kosten van zuiveringscapaciteit, van transportcapaciteiten en van de produktie- en/of distributiereservoirs;

b. de plaatsingsmogelijkheden van distributiereservoirs.

Deze mogelijkheden zijn in de eerste plaats beperkt door de structuur van het transportleidingnet.

Een distributiereservoir moet (uit een oogpunt van kosten) aan of nabij een transportleiding-tracé liggen. Daarnaast zijn er beperkingen i.v.m. de energievoorziening (vnl. streekbedrijven) en planologische beperkingen (vnl. steden);

c. het funktioneren van distributiereservoirs.

De theoretische berekeningen van reservoirinhouden impliceren een ideale wijze van inschakeling van de berging.

Met name bij distributiereservoirs moet worden gezien in hoeverre dit ideaal kan worden benaderd en welke konsekwenties een en ander heeft t.a.v. de inhoud;

d. de bedrijfszekerheid.

Gesteld wordt dat de bedrijfszekerheid afhankelijk is van het aantal produktiepunten en van de structuur van het transportleidingnet. Een distributiereservoir is te beschouwen als een reserve-produktiepunt en kan als zodanig onder bepaalde omstandigheden de bedrijfszekerheid sterk vergroten.

In zo'n geval kan de voorkeur worden gegeven aan een distributiereservoir, ook al is dit niet de goedkoopste oplossing.

Er worden drie types distributiereservoirs besproken, die op verschillende wijze zijn aangesloten op het transportleidingnet

en die daardoor o.m. verschillen op het punt van doorstroming.

Type 1 werkt als een watertoren: in de piekuren wordt het verbruik, voorzover dit de transportcapaciteit te boven gaat, geleverd uit het reservoir.

Type 2 ligt als een by-pass parallel aan de transportleiding. In de topuren wordt al het water voor het achtergelegen gebied via het reservoir geleverd.

Type 3 werkt als sub-produktiepunt: het gehele verbruik in het achtergelegen gebied wordt via het reservoir geleverd.

Onder bepaalde voorwaarden kan de druk in de transportleiding bij de invoer in het reservoir tot nul naderen, waarmee de transportleiding maximaal kan worden benut.

Ten aanzien van de kwaliteitsverandering van het water in reservoirs wordt gewezen op de wenselijkheid van een goede doorstroming bij uit oppervlaktewater bereid drinkwater. Deze doorstroming kan op verschillende wijzen worden bereikt.

2. Summary.

The most important functions of storage of clean water are the technical-economic functions of reducing the peak demand and the reliability function with respect to failures.

As for the place of storage a distinction is drawn between treatment plant reservoirs, service reservoirs and consumers reservoirs.

At a superficial glance the consumers' reservoirs offer the most natural solution in a technical and economic sense for here the water is stored as close as possible to where the peak demands begin i.e. near the consumer.

A consequent use of the consumers' reservoirs, however, means a maximum dispersion of storage capacity at which the very high cost of filling and the extra cost of service pipes must be taken into account.

It can be concluded that the consumers' reservoirs ought to be used only in exceptional cases. Further considerations have been devoted entirely to the treatment and service reservoirs.

By means of an example a calculation method is described for the contents of both the treatment reservoirs and the service reservoirs at which the accumulation period has been introduced as a variable magnitude.

From a similar calculation a first indication of the accumulation period to be chosen can be obtained by means of the figures for the cost ratio.

Moreover, the division of the calculated total storage including any possible additional contents over the treatment reservoirs and the service reservoirs has been considered.

In this connection the following points come up for discussion.

a. Cost ratio

The cost comparison in behalf of the choice must include the costs of both purification capacity, transport capacities, treatment and/or service reservoirs.

b. The place of service reservoirs

The possibilities are in the first place restricted by the structure of the distribution network.

From the financial point of view the service reservoir must be situated at or near a distribution network. Besides there are restrictions in view of the energy supply (principally regional works) and planological restrictions (mainly in cities).

c. Function of service reservoirs

The theoretical calculations of the reservoir capacity imply an ideal way of introducing the reservoir storage.

Particularly for service reservoirs it must be considered in how far this ideal can be approached and what consequences there are with regard to the contents.

d. Industrial reliability

It is stated that the industrial reliability depends on both the number of production points and the structure of the distribution network. A service reservoir can be considered a reserve production point and as such it can, under certain conditions, increase the industrial liability considerably.

In such a case preference can be given to a service reservoir even when this is not the cheapest solution.

Three types of service reservoirs are discussed that are connected to the distribution network in different ways by which they differ amongst others from through-flow.

Type 1: operates like a water tower: during peak hours the demand in as far as it exceeds the transport capacity is

supplied from the reservoir.

Type 2: lies like a by-pass parallel to the distribution main. During peak hours all water for the remote area is supplied via the reservoir.

Type 3: operates like a sub-production point: the total demand of the remote area is supplied via the reservoir. Under certain conditions at the intake of the reservoir the pressure in the transport main can be towards nil by which the transport main can be utilized to the full.

With respect to the change in water quality in reservoirs it is desirable to have a good through-flow of drinking water prepared from surface water. This through-flow can be obtained in various ways.

3. Inleiding.

Door de Commissie Distributie van het KIWA is ingesteld de werkgroep Plaats en capaciteit van reinwaterkelders, welke als volgt was samengesteld:

ir. W.G. Beeftink	N.V. Waterleidingmaatschappij "Drenthe" (voorzitter)
ir. J. Bruyn	N.V. Waterleiding Maatschappij Oostelijk Gelderland
ir. L.J. Huizenga	Gemeentewaterleidingen Amsterdam
ir. J. Jager	N.V. Waterleidingmaatschappij voor de provincie Groningen
drs. R. Zuidema	Duinwaterleiding van 's-Gravenhage

Op grond van de bevindingen en konklusies van de werkgroep is een diskussienota samengesteld, die is gepresenteerd op de KIWA/WRC-conferentie over "Technieken van Drinkwaterdistributie", gehouden van 10 - 12 juni 1974 te Noordwijkerhout.

In dit rapport aan de Commissie Distributie is deze diskussienota bijna in zijn geheel overgenomen. Omtrent een aantal details zijn aanvullende opmerkingen gemaakt, waarbij aansluiting is gezocht bij de diskussie-punten, die tijdens bovengenoemde conferentie aan de orde zijn gekomen.

Uit het geheel van de beschouwingen zal blijken, dat het besproken vraagstuk geen zuiver distributieprobleem is, maar dat de opslag van rein water zeer sterke technisch-economische relaties heeft met de produktie.

4. Functie van voorraadvorming.

De twee belangrijkste functies van voorraadvorming van rein-water zijn alom bekend:

1. de technisch-economische functie, die bestaat in het afvlakken van het effect dat verbruikspieken zouden hebben op de vereiste capaciteiten van produktie- en transportmiddelen;
2. de bedrijfszekerheids-functie, nl. het voorzien in een reserve van zekere omvang om bij het uitvallen van produktie- of transportcapaciteit de waterlevering enige tijd op een zeker niveau te kunnen voortzetten.

Deze beide functies zijn achtereenvolgens in dit rapport besproken. Daarbij dient reeds thans te worden opgemerkt, dat de onder 2. genoemde functie zich slecht leent voor een technische, getalmatige beschrijving.

Aan deze functie kan in verschillende situaties een zeer uiteenlopend gewicht worden toegekend.

5. Onderverdeling van reservoirs naar plaats.

De werkgroep heeft - ten behoeve van de overzichtelijkheid van zijn beschouwingen - allereerst een onderscheid gemaakt tussen 3 categorieën reservoirs, t.w.:

- a. "produktiereservoirs", d.w.z. reservoirs voor reinwater, geplaatst tussen de zuivering en de hoge-druk pompen;
- b. "distributiereservoirs", d.w.z. reservoirs, geplaatst in het distributiegebied, veelal aan of nabij het einde van transportleidingen;
- c. "klantenreservoirs", d.w.z. reservoirs die deel uitmaken van een binneninstallatie van een afnemer.

De klantenreservoirs vormen een in technisch-economisch opzicht aparte categorie, waaraan in paragraaf 6 een aparte beschouwing is gewijd. In paragraaf 7 is de berekening van de gezamenlijke inhoud van produktie- en distributiereservoirs besproken, waarna in paragraaf 10 de keuze tussen deze beide typen reservoirs is behandeld.

Deze onderverdeling naar plaats van de reservoirs betekent een gedeeltelijke behandeling van het plaatskeuze-probleem. De plaatskeuze van distributiereservoirs is, in combinatie met het functioneren van deze reservoirs, besproken in paragraaf 11.

6. Klantenreservoirs.

Men kan stellen dat de afvlakkings-functie en het daaruit voortvloeiende economische voordeel het beste tot hun recht komen, als de berging wordt aangebracht zo dicht mogelijk bij de plaats waar de verbruiksfluctuaties ontstaan. In uiterste konsekventie zou dit leiden tot het plaatsen van klantenreservoirs.

De werkgroep is van mening dat het plaatsen van klantenreservoirs in het algemeen toch geen aanbeveling verdient en wel om de volgende redenen.

1. De afweging van de economische merites van grote aantallen kleine klantenreservoirs mag niet beperkt blijven tot de kosten van het waterleidingbedrijf. De totale kosten moeten in de beschouwing worden betrokken.
Dit betekent dat moet worden gerekend met kosten van reservoirberging die - als gevolg van een maximale versnippering van de bouw - verhoudingsgewijs zeer hoog zijn. (Zie bijlage 1.)
2. In de aanlegkosten van kleine leidingen (diameters t/m 60 mm), in het algemeen dus de dienstleidingen, spelen de kosten die door de capaciteit worden bepaald - in hoofdzaak de materiaal-kosten - een zeer geringe rol. De besparing, die hierop met klantenreservoirs kunnen worden bereikt, zijn derhalve van weinig betekenis.
3. In distributieleidingen, waarop een groter aantal dienstleidingen is aangesloten, treedt een afvlakking van de verbruikspieken op als gevolg van de grote ongelijktijdigheid in de individuele verbruiken. De grafiek op bijlage 2 geeft een beeld van de hier bedoelde afvlakking.
4. De capaciteit van distributieleidingen (ϕ 75 mm t/m ϕ 125 mm) zou door consequente toepassing van klantenreservoirs in de

praktijk niet veel verminderen, omdat voor dergelijke leidingen minimale diameters worden toegepast, onder meer met het oog op de brandblussing.

5. Door het ontbreken van een centrale planning en exploitatie bij de klantenreservoirs zullen deze niet op de meest doelmatige wijze functioneren. Omdat het onmogelijk is al deze kleine reservoirs ook maar bij benadering optimaal in te schakelen zal de totale inhoud ervan aanzienlijk groter moeten zijn dan noodzakelijk is voor wel centraal bediende produktie- en distributiereservoirs. Doordat de extra inhoud in verband met de bedrijfszekerheid bij klantenreservoirs per afnemer zal worden vastgesteld, wordt de totale reservoirinhoud nog weer sterk vergroot.

Uit het voorgaande konkludeert de werkgroep dat toepassing van klantenreservoirs alleen overweging verdient in uitzonderlijke gevallen, zoals bijvoorbeeld:

- a. bij zeer grote afnemers, die het verbruikspatroon in een gebied sterk bepalen;
- b. bij afname met extreme pieken van grotere omvang, zoals grotere individuele bluswatervoorzieningen;
- c. bij in hygiënisch opzicht gevaarlijke afnemers, waar een gesloten verbinding tussen dienstleiding en binnenleidingen ongewenst is;
- d. bij afnemers die ten allen tijde een ongestoorde waterlevering nodig hebben, zoals ziekenhuizen;
- e. bij geïsoleerd gesitueerde afnemers.

7. Berekening van de totale inhoud van produktie- en distributiereservoirs.

De in deze paragraaf gegeven rekenschema's hebben alleen betrekking op de produktie- en distributiereservoirs, d.w.z. op de door het waterleidingbedrijf beheerde reservoirs. Dit betekent dat wordt uitgegaan van verbruiksgegevens, waarin de invloed van klantenreservoirs is verwerkt. De berekeningen hebben tevens uitsluitend betrekking op de in paragraaf 4 ad 1 genoemde afvlakkende werking op de fluktuaties in het waterverbruik gedurende een geheel aantal etmalen (n).

Voor dit aantal zijn genomen de waarden $n = 1$ (etmaalaccumulatie) t/m $n = 7$ (weekaccumulatie).

Voor het dimensioneren van capaciteiten en inhouden zal men een maatgevend verbruik (gedurende n etmalen) moeten kiezen. Deze keuze impliceert dat er een zekere kans is dat er een periode zal voorkomen met een verbruik groter dan dit maatgevende verbruik. Door verbruiksgegevens te verzamelen en te verwerken tot frequentieverdelingen kan men deze kans nader beschrijven en een uitgangswaarde vaststellen voor de berekeningen.

De bijlagen 3 t/m 9 geven voorbeelden van dergelijke frequentieverdelingen van verbruiken gedurende 1- t/m 7-daagse perioden, uitgedrukt in de gemiddelde verbruiken voor die perioden. Deze verdelingen zijn gestyleerd tot rechte lijnen, die normale verdelingen voorstellen.

Deze gegevens, welke zijn verkregen van de Gemeentewaterleidingen Amsterdam, zijn voor de navolgende berekeningen gebruikt.

Bij wijze van voorbeeld is de overschrijdingskans voor het maatgevend verbruik gesteld op één maal per 100 jaar. In de bijlagen is deze kans aangegeven en de resultaten hiervan zijn in onderstaan-

de tabel I samengevat.

Tabel I. Maatgevend verbruik voor 1 t/m 7 etmalen bij een overschrijdingskans van 1 x per 100 jaar.

duur van de periode in etmalen	maatgevend verbruik in de periode	
	in % van het gemiddelde etmaalverbruik	in % van het gemiddelde verbruik in de periode
1	142	142
2	277	138,5
3	396	132
4	516	129
5	635	127
6	740	123
7	856	122

Deze waarden zijn op bijlage 10 grafisch uitgebeeld, tesamen met de waarden behorend bij enkele andere overschrijdingskansen.

Voor de berekeningen is het voorts nodig een maatgevend etmaalpatroon van uurverbruiken vast te stellen. Hiertoe moeten de etmaalpatronen van een aantal dagen met zeer hoge verbruiken geanalyseerd worden.

Als maatgevend patroon kan men het gemiddelde van de gevonden patronen kiezen:

Men kan ook binnen het gebied waarin deze patronen liggen een fictief, meest ongunstige, patroon kiezen. Bijlage 11 geeft van deze laatste mogelijkheid een willekeurig gekozen voorbeeld.

Voor het rekenvoorbeeld in deze paragraaf is aangenomen dat het maatgevende patroon overeenkomt met de in de tabel op bijlage 12 aangegeven verdeling van uurverbruiken, als gemiddeld patroon berekend door de Gemeentewaterleidingen Amsterdam.

Uit dit verbruikspatroon is vervolgens afgeleid het verband tussen de zuiveringscapaciteit C_z (in % van het etmaalverbruik) en

- a. de totale behoefte aan bijlevering uit de reservoirs, I, eveneens in % van het etmaalverbruik,
- b. de totale hoeveelheid die overblijft voor het bijvullen van de reservoirs, V, ook in % uitgedrukt.

Op bijlage 13 zijn I en V grafisch weergegeven. Tevens zijn - met het oog op vereenvoudiging van de berekening - voor het beschouwde gebied in deze grafiek de krommes benaderd door:

$$I = 76,5 - 14 \cdot C_z$$

$$V = 10 \cdot C_z - 23,5$$

Uit de in tabel I vermelde maatgevende verbruiken kunnen de in tabel II aangegeven combinaties van etmaalverbruiken voor de 1- t/m 7-daagse perioden worden afgeleid, die voor de berekening van de reservoirinhoud het meest ongunstig zijn.

Tabel II. Ongunstigste combinaties van etmaalverbruiken in de maatgevende periode.

duur van de periode in etmalen	opeenvolgende etmaalverbruiken in % van het gemiddelde etmaalverbruik							totaal %
	1	2	3	4	5	6	7	
1	142							142
2	142	135						277
3	142	135	120					397
4	142	135	120	119				516
5	142	135	120	119	119			635
6	142	135	120	119	119	110		745
7	142	135	120	119	119	110	110	855

Deelt men de totaal-percentages uit de laatste kolom door het aantal etmalen van de periode x 24, dan worden de minimaal benodigde waarden voor C_z gevonden. Met deze waarden en de op bijlage 13 gegeven functies voor I en V kan voor elke periode de benodigde reservoirinhoud worden berekend. In bijlage 14 is dit in tabelvorm gedaan.

De resultaten hiervan zijn samengevat in tabel III.

Tabel III. Berekende reservoirinhoud.

duur van de periode etmalen	C_z in % van het gemiddelde etmaalverbruik	reservoirinhoud in % van het gemiddelde etmaalverbruik
< 1	9,20	0,0
	8,50	1,3
	8,00	3,0
	7,50	6,6
	7,00	11,9
	6,50	18,4
1	5,92	25,8
2	5,77	27,8
3	5,51	35,8
4	5,38	41,0
5	5,29	44,2
6	5,17	48,7
7	5,09	53,3

Op grond van de verhouding tussen de kosten van produktie en transport en de kosten van berging kan uit deze tabel worden afgeleid of reservoirbouw economisch aantrekkelijk is en zo ja, op welke verbruiksperiode de inhoud van deze reservoirs het best kan worden afgestemd.

8. Benodigde reservoirinhoud boven de berekende inhoud.

1. Bij de berekeningen is ervan uitgegaan dat de zuiveringscapaciteit C_z gedurende 24 uren van een etmaal en 168 uren van de week volop in bedrijf kan zijn. In werkelijkheid is dit niet het geval, bijvoorbeeld als gevolg van de noodzaak om filters te spoelen. Bij dit filterspoelen is niet alleen een deel van de resterende capaciteit nodig voor de spoelwater-productie. Men kan een spoelwater-voorraad toevoegen aan het productie-reservoir. Daarnaast zal de uurcapaciteit van de zuivering iets groter moeten zijn, om in n etmalen het maatgevende verbruik voor die periode te kunnen produceren.
2. Naast de drinkwaterlevering, waarop de berekening volgens paragraaf 7 is gebaseerd, speelt de levering van brandbluswater nog een rol.
Per geval zal beoordeeld moeten worden of aan een distributiereservoir een bepaalde extra reserve voor brandblussing moet worden toegevoegd. Hierbij gelden de volgende overwegingen:
 - a. het gebruiken van brandkranen voor bluswateronttrekking veroorzaakt een extra drukdaling in het distributienet, die de transportcapaciteit daarvan vergroot terwijl tegelijkertijd het drinkwaterverbruik ter plaatse zal dalen;
 - b. een reservoir wordt gebouwd voor een toekomstige situatie, bijvoorbeeld voor over 20 jaar. Dit impliceert dat men gedurende 19 van de 20 jaar overcapaciteit heeft, en dat men in feite te maken heeft met de kans dat er brand optreedt in het 20e jaar en dan tevens in de periode van maximale verbruiken.
3. De reservoirinhoud is in paragraaf 7 ook berekend op basis van een ideale schakeling en bediening. In werkelijkheid kan deze

ideale schakeling van capaciteitswerken slechts worden benaderd. Er zullen derhalve extra capaciteiten ingebouwd moeten worden i.v.m. schakelverliezen. Het is denkbaar dat men uit een oogpunt van bedrijfszekerheid deze extra capaciteit liever maakt in de vorm van produktiecapaciteit dan in de vorm van reservoirberging.

9. Het ontwerpen van reservoirs.

De beschouwingen in de voorgaande paragrafen hebben betrekking op een statische situatie. Het is van belang tevens aandacht te schenken aan het ontwerpen van reservoirs in een situatie van voortgaande groei in de waterverbruiken.

De eerste keuze die moet worden gemaakt voor het ontwerpen van reservoirs is die tussen etmaalaccumulatie en meerdaagse accumulatie als uitgangspunt voor het ontwerp. Deze keuze kan worden gemaakt aan de hand van een grafiek als op bijlage 15 is afgebeeld. In deze grafiek is het verband tussen de zuiveringscapaciteit C_z en de reservoirinhoud I_b , overeenkomstig de gegevens van de bijlagen 13 en 14, uitgezet.

Neemt men een willekeurig punt op de kromme in deze grafiek, d.w.z. een willekeurige mogelijke combinatie van C_z en I_b , dan kunnen de jaarkosten hiervan bij benadering worden berekend als:

$$K_{\text{tot}} = C_z \cdot K_z + I_b \cdot K_b,$$

waarin K_z (kosten zuiveringscapaciteit per m^3/h per jaar) en K_b (kosten berging per m^3 inhoud per jaar) eenvoudigheidshalve onafhankelijk zijn aangenomen van de grootte van C_z en I_b .

Een verschuiving van het gekozen punt naar links betekent dat C_z afneemt met ΔC_z en dat I_b toeneemt met ΔI_b . Dit brengt met zich mee dat de kosten verminderen met $\Delta C_z \cdot K_z$ en vermeerderen met $\Delta I_b \cdot K_b$.

Deze verschuiving leidt tot goedkopere combinaties, zolang

$$\Delta C_z \cdot K_z > \Delta I_b \cdot K_b, \text{ d.w.z. zolang } \frac{\Delta I_b}{\Delta C_z} < \frac{K_z}{K_b}.$$

$\frac{\Delta I_b}{\Delta C_z}$ is een maat voor de helling van de kromme van bijlage 15.

De kostenverhouding $\frac{K_z}{K_b}$ is bekend, zodat met behulp van een dergelijke kromme op eenvoudige wijze kan worden vastgesteld, welke combinatie van C_z en I_b de goedkoopste oplossing biedt.

Op bijlage 15 zijn een aantal berekende waarden van $\frac{\Delta I_b}{\Delta C_z}$ bijgeschreven.

Hieruit blijkt dat bij een waarde van $\frac{K_z}{K_b} = 14$ een ontwerp op basis van 1- of 2-daagse accumulatie tot minimale totale kosten leidt. Komt de kostenverhouding in de buurt van 50, dan levert een ontwerp op grond van bijv. 7-daagse accumulatie minimale totale kosten op.

Bij kostenverhoudingen tussen 30 en 40 zullen de kosten voor etmaalaccumulatie en 7-daagse accumulatie - bij het gekozen voorbeeld - elkaar weinig ontlopen.

Bijlage 16 geeft een beeld van het ontwerpen op basis van etmaalaccumulatie, terwijl op bijlage 17 eenzelfde beeld is geschetst uitgaande van 7-daagse accumulatie.

De gevolgde methode kan aan de hand van bijlage 16 als volgt worden toegelicht.

Uit de prognose voor het gemiddelde etmaalverbruik Q is afgeleid de lijn voor het maatgevende etmaalverbruik Q_{nl} . Aan de hand hiervan zijn de minimale waarden voor de zuiveringscapaciteit C_{z1} bepaald. Laatstgenoemde lijn voor C_{z1} moet worden gevolgd door een "trapjeslijn" voor de zuiveringscapaciteit (C_z), die wordt bepaald door de "ontwerpperiode" voor deze capaciteit.

Dergelijke ontwerpperioden zullen moeten worden vastgesteld op grond van economische beschouwingen betreffende de fasering in de bouw van capaciteitswerken.

Met behulp van bijlage 15 kunnen alle bij C_z en Q behorende waarden voor de benodigde reservoirinhoud I_b worden bepaald (stippelij).

Deze "zaagtandlijn" moet tenslotte worden gevolgd door een trapjeslijn voor de werkelijke reservoirinhoud I .

In de bijlagen 16 en 17 is te zien dat gemiddeld genomen er een grote overcapaciteit in de reservoirs aanwezig is. Voor het voorbeeld van bijlage 16 is, gemiddeld over de jaren, slechts 45% van de inhoud effectief.

10. Keuze tussen produktie- en distributiereservoirs.

Wil men de door berekening en eventuele aanvullende beleidsoverwegingen vastgestelde reservoirinhoud verdelen over produktie- en distributiereservoirs, dan moeten daarbij de volgende aspecten aan de orde komen.

1. de kostenverhoudingen;
2. keuzemogelijkheden voor de plaats van distributiereservoirs;
3. het funktionieren van de distributiereservoirs;
4. de bedrijfszekerheid.

Deze aspecten kunnen niet afzonderlijk worden gewogen, aangezien zij in de praktijk onderling sterk verweven zijn.

Dit zal ook blijken uit de navolgende afzonderlijke behandeling van deze aspecten.

ad 1. Kostenverhoudingen.

In de vorige paragraaf zijn, terwille van de eenvoud, slechts de kosten van de zuiveringscapaciteit (C_z) en de kosten van de totale berging (I_p) beschouwd.

De toepassing van distributiereservoirs levert niet alleen besparingen op in de kosten van zuivering maar tevens in de kosten van transport naar de gebieden, waarin dergelijke reservoirs zijn geplaatst.

Betreft het transportafstanden van betekenis, dan zullen de kostenbesparingen voor het transport al gauw zo groot zijn dat distributiereservoirs de voorkeur verdienen boven produktiereservoirs.

Er moet echter, met name bij minder grote transportafstanden, rekening mee worden gehouden dat distributiereservoirs aanzienlijk hogere kosten met zich mee kunnen brengen dan produktiereservoirs.

Als extra kosten van distributiereservoirs kunnen worden genoemd:

a. kosten van terreinen.

Voor produktiereservoirs is veelal voldoende terrein beschikbaar bij de pompstations, voor distributiereservoirs moeten veelal aparte terreinen worden gekocht tegen hogere grondprijzen.

b. extra kosten, voortvloeiend uit versnipperde bouw.

Zowel voor de bouw en de exploitatie van de reservoirinhoud als voor die van de installaties betekent de keuze van distributiereservoirs een zekere versnippering, die eveneens extra kosten veroorzaakt. In dit verband moet worden opgemerkt, dat bij pompstations in elk geval een berging moet worden gemaakt, t.b.v. de schakeling van de zuiveringsinstallaties, de behoefte aan een spoelwatervoorraad e.d.

c. Eventuele extra kosten van een elektriciteitsaansluiting t.b.v. de pompinstallaties bij distributiereservoirs.

Deze kosten kunnen - bij een minder gelukkige plaatskeuze - bijzonder hoog worden.

Zijn de te bereiken besparingen op de transportcapaciteit groter dan de extra kosten van de distributiereservoirs, dan zal de voorkeur naar deze reservoirs uitgaan.

d. Bediening en energie.

Distributiereservoirs vormen zelfstandige bedrijfsonderdelen, die daardoor extra kosten aan bediening en onderhoud vergen. De extra energiekosten van distributiereservoirs als gevolg van het opnieuw onder druk brengen van het water, spelen bij de huidige energieprijzen nog een ondergeschikte rol.

ad 2. Keuzemogelijkheden voor de plaats van distributiereservoirs.

In het algemeen zal men een distributiereservoir moeten plaatsen langs of aan het einde van een transport-tracé. Doet men dit niet, dan zullen extra transportleidingen gelegd moeten worden, om het reservoir te doen functioneren, hetgeen hoge extra kosten met zich mee kan brengen. Ook zal - zoals ad 1 onder d reeds is gesteld - de beschikbaarheid van energie een belangrijke rol spelen bij de plaatskeuze.

In dit verband moet verschil worden gemaakt tussen "stedelijke bedrijven" en "streekbedrijven".

Bij stedelijke bedrijven heeft men veelal te maken met een zodanige structuur van leidingnet en van energievoorziening, dat de aansluiting hierop weinig problemen zal opleveren. De planologische mogelijkheden zullen echter beperkt zijn, vooral als het gaat om grote reservoirs.

Bij streekbedrijven treft men meestal de omgekeerde situatie aan.

ad 3. Het functioneren van distributiereservoirs.

De beschouwingen omtrent de relatie tussen waterverbruikspatronen en reservoirinhoud zijn niet alleen van betekenis voor het berekenen van deze inhoud, maar hebben tevens een grote waarde voor het vaststellen van de wijze, waarop de reservoirs moeten functioneren.

Voor produktie- en distributiereservoirs gaat het hierbij om de besturing en schakeling van de reinwaterpompen.

Een beschouwing van de werking van reservoirs gebaseerd op etmaalaccumulatie levert het volgende op.

Bijlage 18 geeft een verbruikspatroon over een maatgevend etmaal (uitgedrukt in procenten, volgens de getrokken lijn,

aangeduid met "Q").

De lijn "t" stelt voor een volkomen gelijkmatige produktie van reinwater, d.w.z. 100% in 24 uren of 4,17% per uur.

Uit de genoemde lijnen "Q" en "t" volgen de noodzakelijke bewegingen in de reinwatervoorraden, aangegeven door de gestippelde lijn "r_t". Een neergaande lijn betekent hierin bijvulling van de voorraad, een opgaande lijn bijlevering uit de voorraad. In de figuur van bijlage 18 is het reservoir om 7 uur 's morgens vol. De benodigde inhoud blijkt 20,5% (van het maatgevende etmaalverbruik) te bedragen.

Men kan nu een vergelijking maken met de ongelijkmatige produktie, bijv. volgens de lijn "p", met een etmaalproduktie van 103%, d.i. boven het verbruik nog 3% spoelwater. De uurcapaciteit is hierbij op 4,68 aangenomen.

Berekening van de bijbehorende reservoirinhoud levert hierbij op:

ten behoeve van de verbruiksfluctuaties	17,5%
spoelwatervoorraad	<u>3,0%</u>
totaal	20,5%

Er zijn dus twee tegengestelde invloeden in het spel, die elkaar in het voorbeeld toevallig opheffen.

Neemt men nu aan dat de lijn "t" voorstelt een volkomen gelijkmatig transport naar een voorzieningsgebied, waarin een distributiereservoir ligt, dan bepaalt de lijn "r_t" de inhoud van dit reservoir weer op 20,5%.

Is de lijn "p" weer de produktie, dan blijkt er extra reservoirinhoud nodig te zijn, om de ongelijkmatigheid tussen produktie en transport te overbruggen. In het voorbeeld bedraagt deze extra inhoud 2,6%. Daarnaast moet in een produktiereservoir nog 3% spoelwatervoorraad worden opgeslagen.

ad 4. De bedrijfszekerheid.

In het algemeen mag worden gesteld dat de bedrijfszekerheid afhankelijk is van het aantal produktiepunten dat men op het leidingnet heeft aangesloten. Is er slechts één produktiepunt, bijv. een lange transportleiding, die in een stadsnet uitmondt, dan is de bedrijfszekerheid minimaal. Hoe langer de aanvoerweg, hoe kleiner de bedrijfszekerheid. In zo'n geval kan men tegenover elkaar stellen de merites (w.o. de kosten) van een tweede (reserve-) leiding enerzijds en van een groot reservoir met pompinstallatie anderzijds.

Het is zeer goed denkbaar dat men in zo'n geval (ev. ondanks hogere kosten) kiest voor een reservoir als vervanger voor een tweede produktiepunt.

Uit deze beschouwing komt reeds naar voren, dat bij meerdere produktiepunten de capaciteiten van de doorverbindingen tussen deze punten een belangrijke invloed hebben op de bedrijfszekerheid.

De werkgroep meent met de voorgaande beschouwingen te hebben voldaan aan de opdracht tot het opstellen van richtlijnen en het aangeven van een bruikbare methode voor het ontwerpen van reinwaterreservoirs, voorzover het betreft de capaciteit en de plaats.

In een tweetal aanvullende paragrafen is nog nader aandacht gegeven aan de technische opstelling van distributiereservoirs en aan de invloed van de waterkwaliteit op de berging.

11. Typen distributiereservoirs.

Op bijlage 19 is een overzicht gegeven van de 3 wijzen, waarop distributiereservoirs kunnen functioneren. Op de linkerhelft van de bijlage zijn 3 plattegronden getekend, waaruit de aansluiting op het transport blijkt. In de bijbehorende verbruiksdiagrammetjes (1 etmaal) aan de rechterzijde is aangegeven, welk deel van het etmaalverbruik door de reservoirpompen uit of via het reservoir moeten worden geleverd.

Type I lijkt nog het meest op de watertoren, die als "standpijp" is uitgevoerd; het reservoir levert alleen bij gedurende de uren waarin het verbruik groter is dan de aanvoercapaciteit. Een beperkt deel van het verbruik wordt via het reservoir geleverd.

Type II levert in de rechts op bijlage 19 aangegeven perioden van het etmaal het gehele verbruik in het gebied dat - vanaf het pompstation gerekend - achter het reservoir ligt. De terugslagklep verhindert teruglevering in de richting van het pompstation. Bijvullen van het reservoir bij draaiende reservoirpompen is dus mogelijk. In vergelijking met type I wordt een belangrijk groter deel van het verbruik via het reservoir geleverd.

Type III geeft volledige doorstroming, d.w.z. dat het gehele verbruik via het reservoir wordt geleverd. De reservoirpompen werken in feite als sub-pompstation. Bij dit type is het onder bepaalde voorwaarden mogelijk de aanvoerleiding met een druk = 0 in het reservoir te laten uitkomen, waarmee de capaciteit van deze leiding voor 100% kan worden benut.

Type I verdient nog nadere bespreking. In de praktijk zal blijken, dat een dergelijk reservoir wordt aangesloten op een leidingnet van zodanige capaciteit dat de reservoirpompen in beginsel veel

meer water kunnen afgeven dan theoretisch volgens de karakteristiek van bijlage 19 nodig is. Is de pompdruk bijv. iets te hoog gekozen, dan zal deze hoge afgifte ook optreden, waardoor het reservoir te vroeg leeg kan komen.

Een serie centrifugaalpompen zal, omdat zij de theoretische produktiekromme met een trapjeslijn aan de bovenzijde zal kunnen volgen, 15 à 20% meer water kunnen verpompen, dan waarop met de inhoud is gerekend.

Tenslotte moet ook worden gesteld, dat de aanvoer vanaf het pompstation niet konstant zal kunnen zijn, omdat de druk ter plaatse van het reservoir bij geopende vulklep aanzienlijk lager zal kunnen zijn dan bij draaiende reservoirpompen. Als men dit in de berekening meetelt, komt men al gauw tot een extra inhoud van 20% boven de theoretische inhoud.

De konklusie is, dat men reservoirs van het type I een extra inhoud moet geven en dat een zorgvuldige afstelling van het pompbedrijf nodig is.

Bij de typen II en III, die geplaatst moeten worden vóór hun "voorzieningsgebied" is er een sterke relatie tussen de plaats en de capaciteit. Mogelijke verrassingen, als bij type I, kunnen niet optreden. Veel extra inhoud zal niet nodig zijn, omdat het pompbedrijf minder afhankelijk is van allerlei onbekende randvoorwaarden.

Bij deze beide laatste typen kan het vóórkomen dat de plaats eerst wordt vastgesteld en dat op grond daarvan de capaciteiten moeten worden bepaald.

12. Invloeden op de kwaliteit van het reine water.

De werkgroep had m.b.t. de invloed van het verblijf van het water in de reservoirs op de waterkwaliteit weinig konkrete gegevens ter beschikking.

Gesteld kan worden dat bij kwaliteitsveranderingen, met name in de vorm van bakteriologische verontreinigingen, gelet moet worden op:

- a. de samenstelling van het reine water (voedingsstoffen)
- b. de temperaturen van de lucht boven het wateroppervlak (bebroeding)
- c. de kwaliteit van de lucht boven het water (stof)
- d. condensvorming, met name tegen het dak van het reservoir.

Voor wat betreft het ad a. genoemde is er tijdens de conferentie in Noordwijkerhout meermalen op gewezen, dat men bij drinkwater bereid uit oppervlaktewater geen lange verblijftijden kan toelaten.

Dit houdt in, dat het gewenst kan zijn niet meer water in de reservoirs op te slaan dan nodig is met het oog op de te verwachten waterverbruiken.

Men kan deze regel volgen door bijvoorbeeld het maximum waterpeil in een reservoir af te stellen op de in een bepaald jaar bij een aanwezige zuiverings- of transportcapaciteit behorende nuttige inhoud. Ook kan men dit peil in de winter lager kiezen dan in de zomer.

Bovendien kan men de gemiddelde verblijftijd van het water in een reservoir verkorten door een type te kiezen, waarbij een goede doorstroming optreedt.

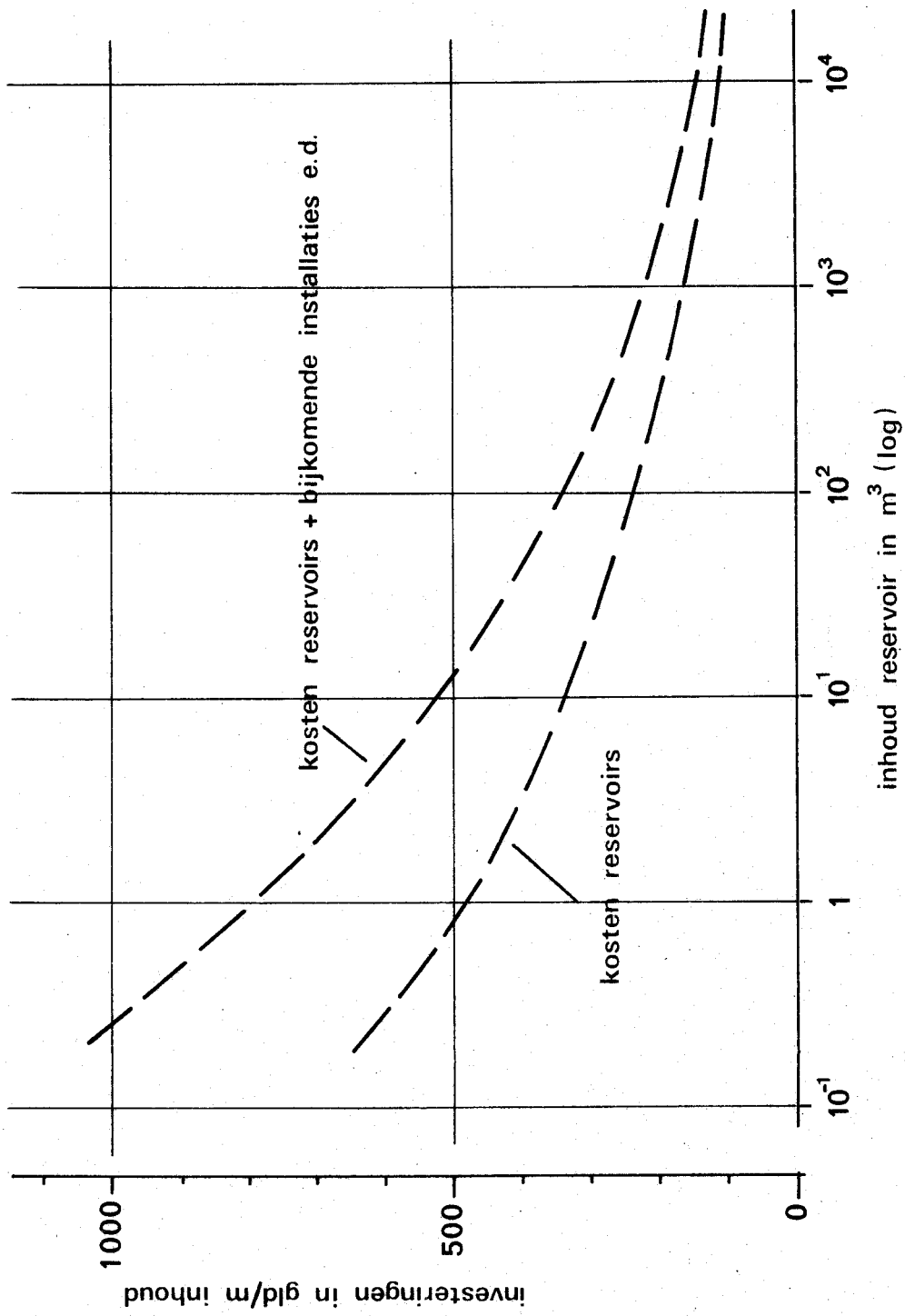
Deze maatregelen t.b.v. verkorting van de verblijftijd van het water in de reservoirs gaan ten koste van de bedrijfszekerheid.

Door bouwkundige voorzieningen kan men bewerkstelligen dat de

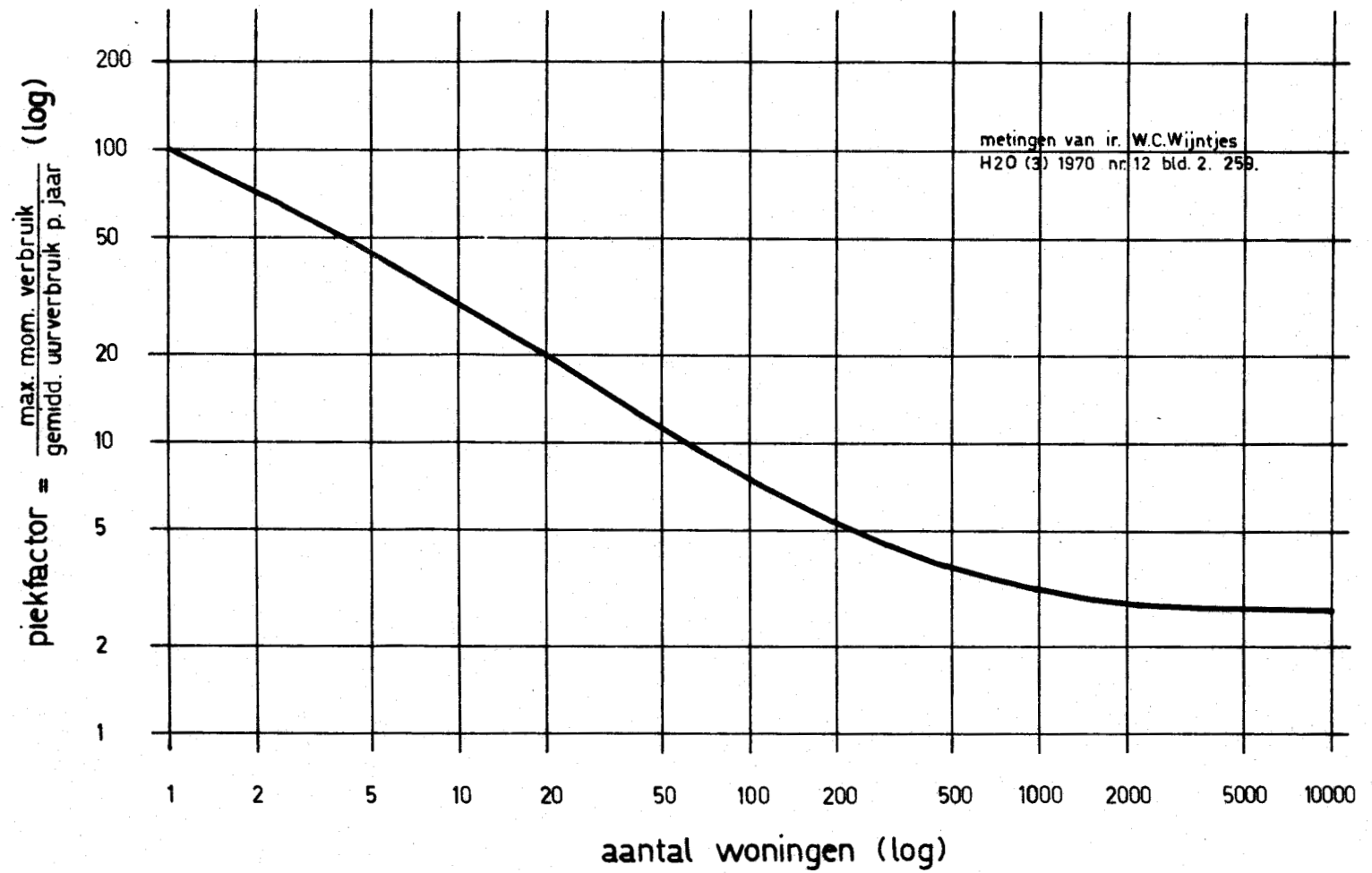
doorstroming in het reservoir optimaal is, d.w.z. dat er geen plaatsen zijn, waarin het water onvoldoende deelneemt aan de doorstroming.

Ook de ad b. t/m d. genoemde factoren zijn door bouwkundige maatregelen te beïnvloeden.

Wellicht ten overvloede zij opgemerkt dat een kwetsbare waterkwaliteit niet zonder meer zal leiden tot het afwijzen van weekaccumulatie en het kiezen voor etmaalaccumulatie. Ook bij weekaccumulatie kunnen de verblijftijden - zoals kan worden afgeleid uit de cijfers van tabel II, blz. 18 - binnen aanvaardbare grenzen worden gehouden.

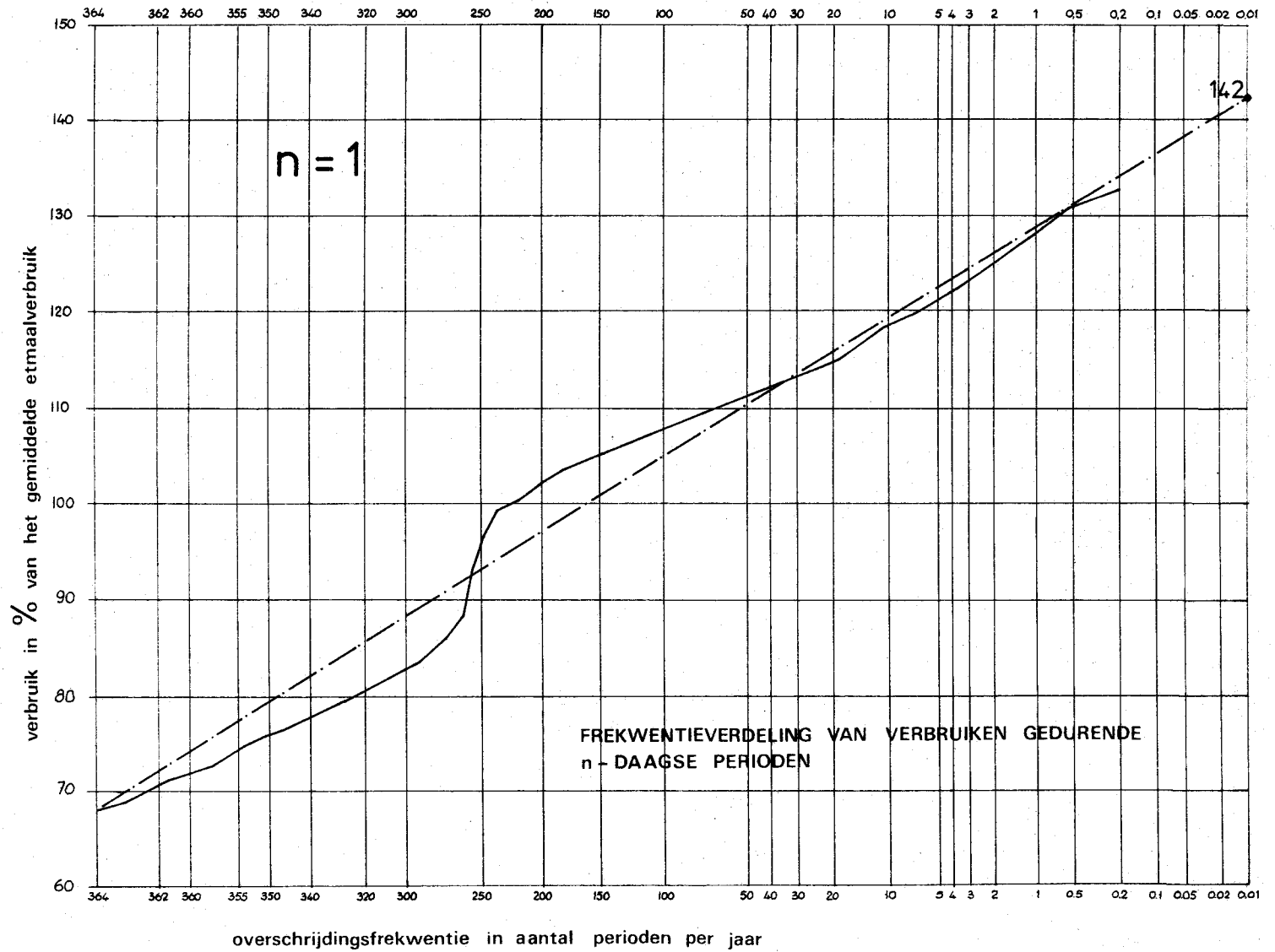


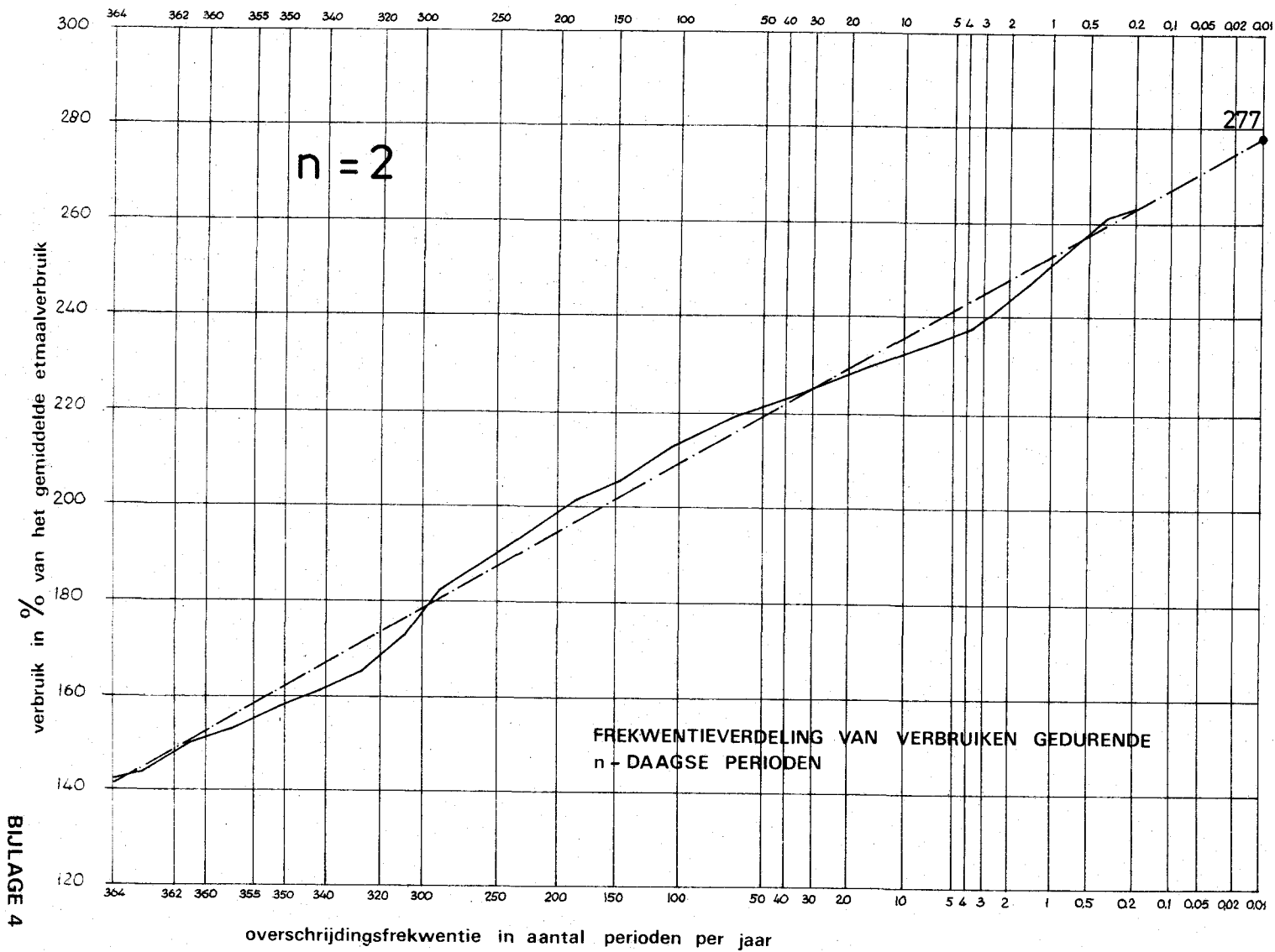
Globale relatie tussen inhoud en specifieke investeringen van reservoirs (prijspeil 1973)

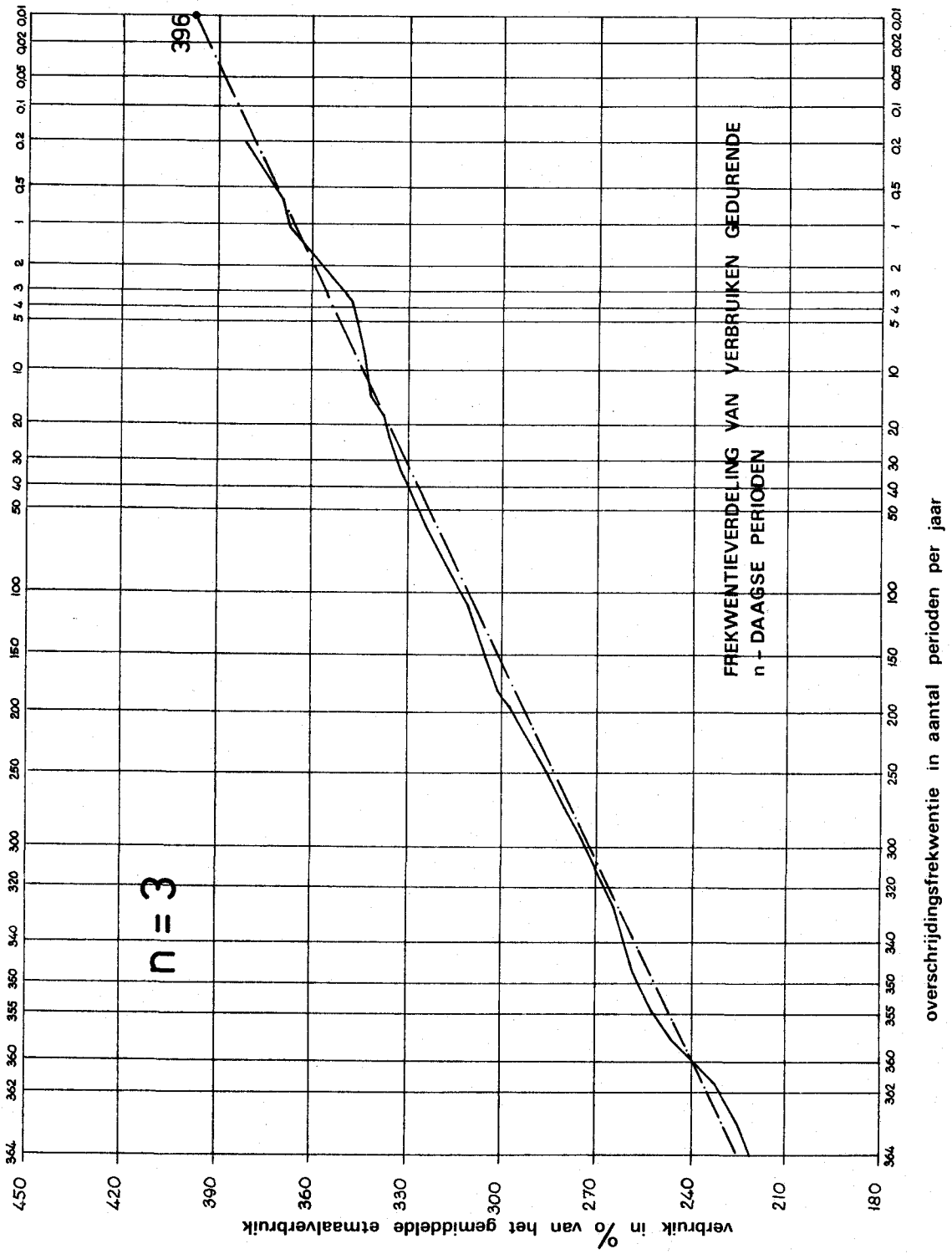


VERBAND TUSSEN PIEKFAKTOR WATERVERBRUIK EN AANTAL WONINGEN

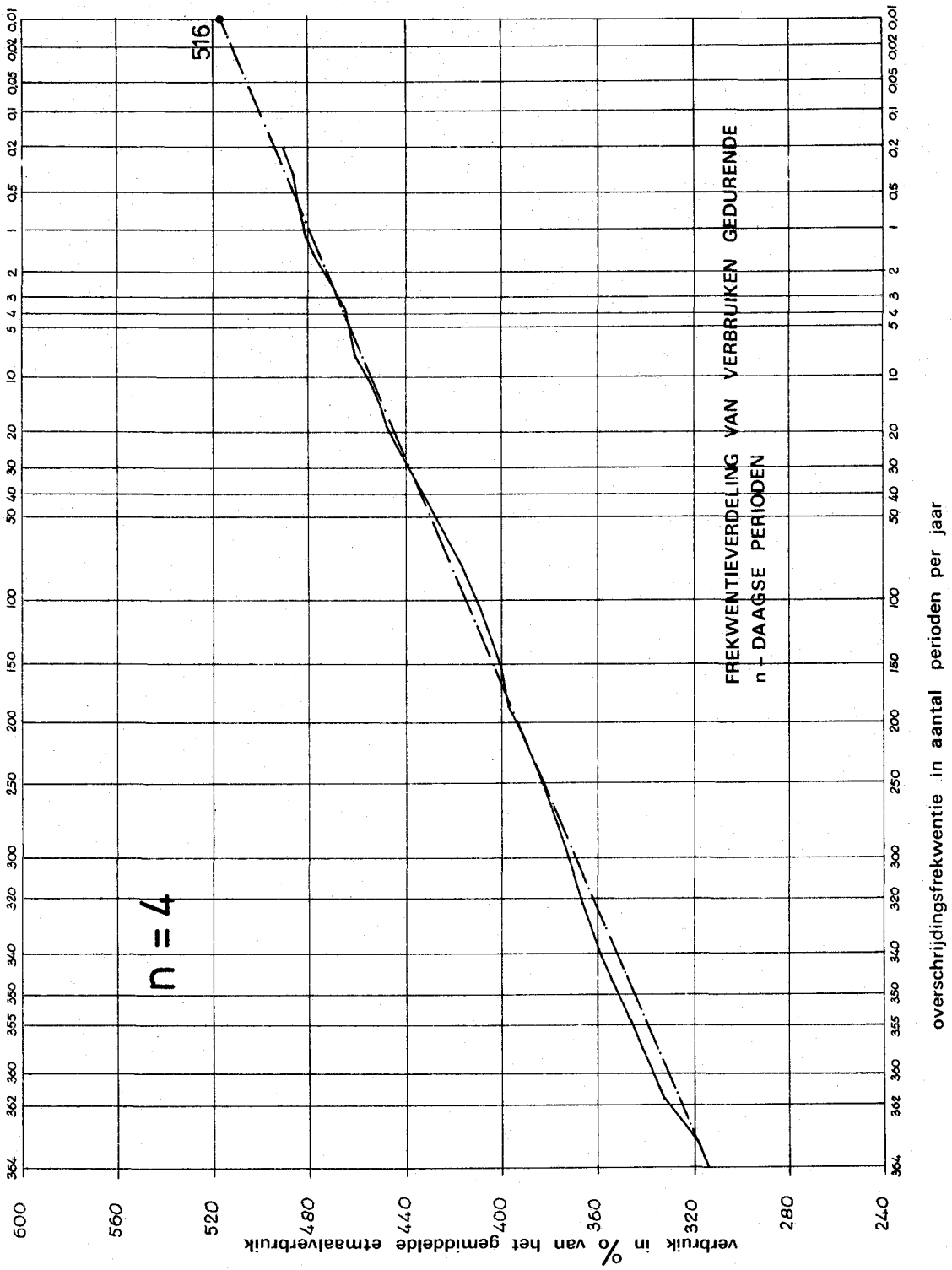
BILAGE 3



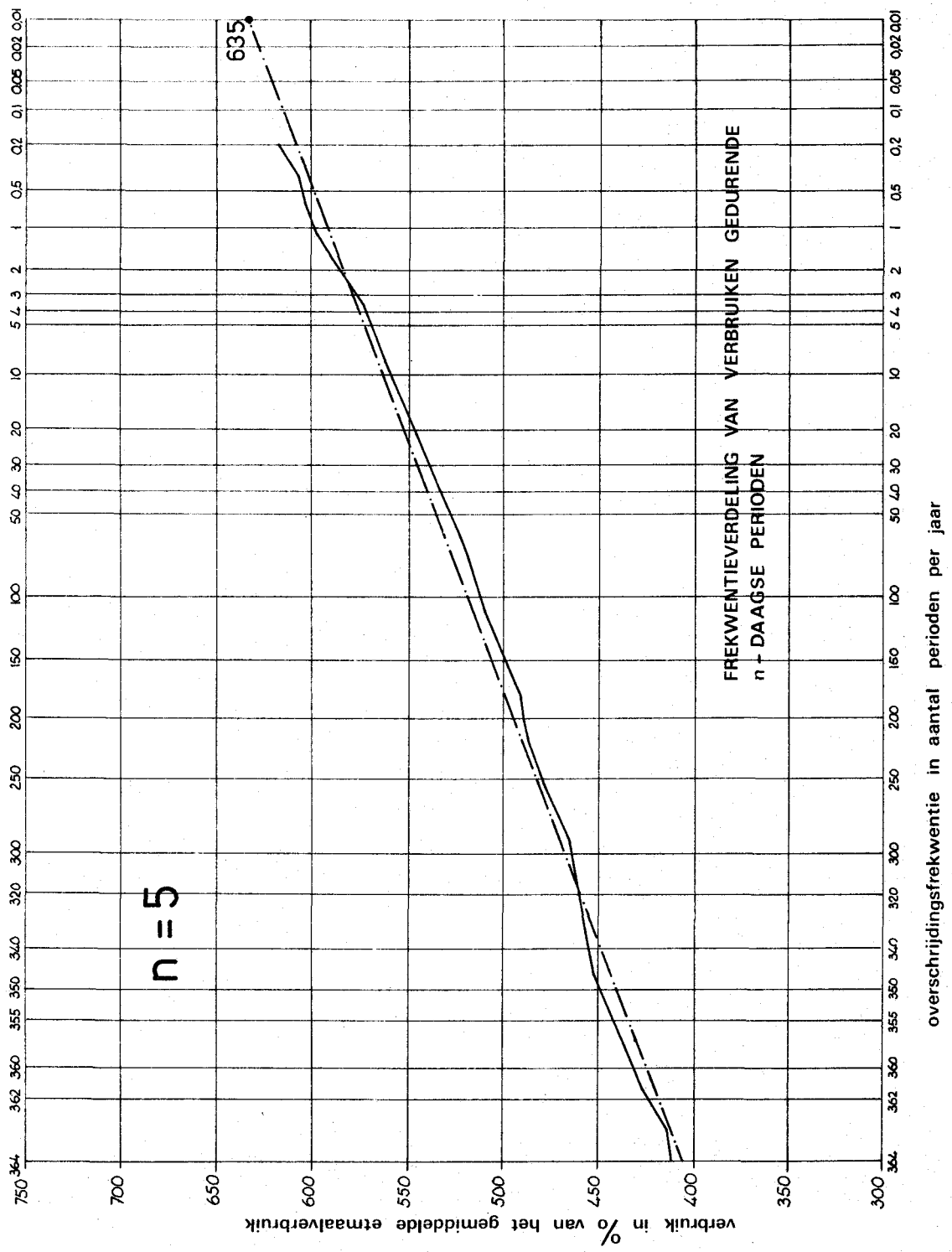




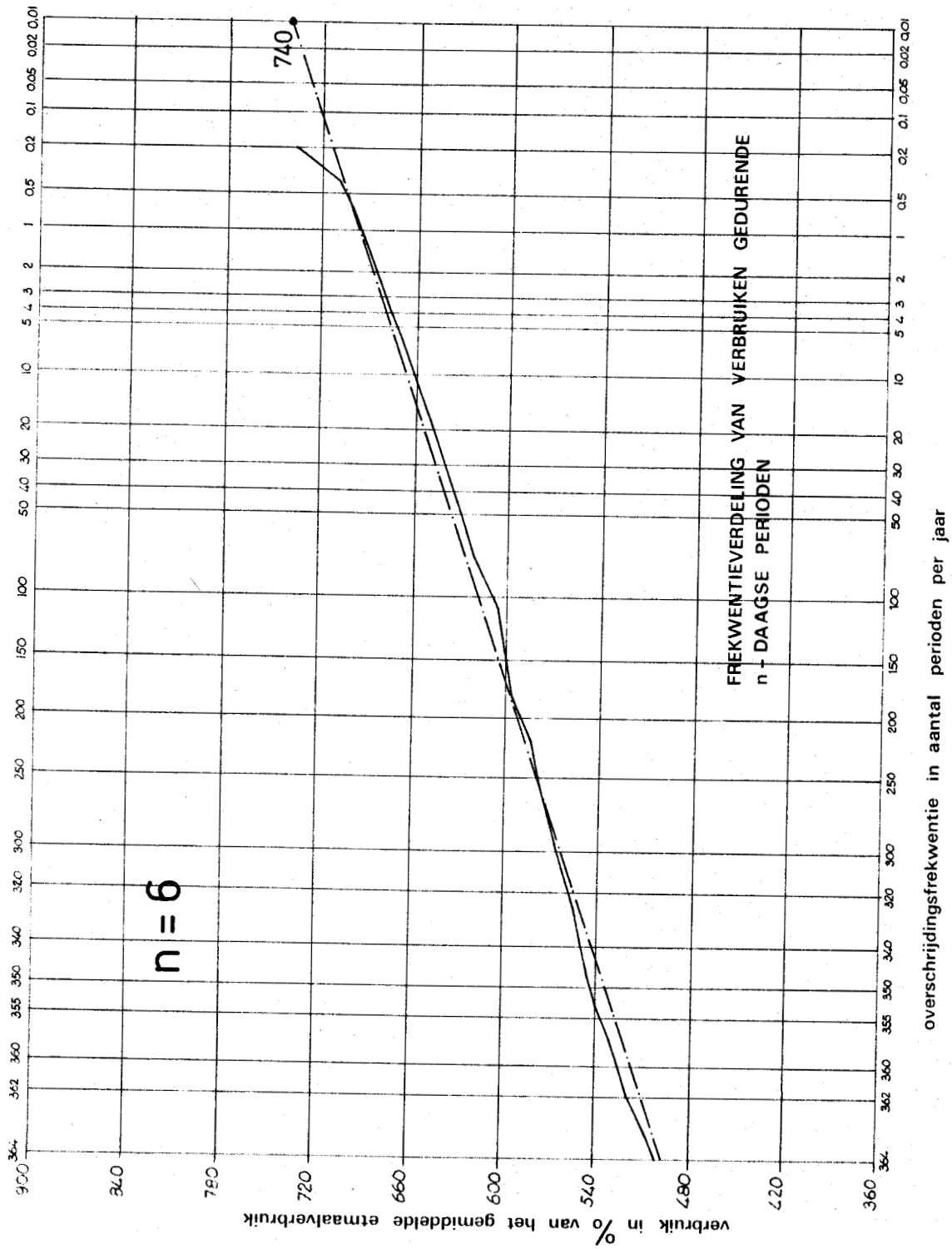
BIJLAGE 5



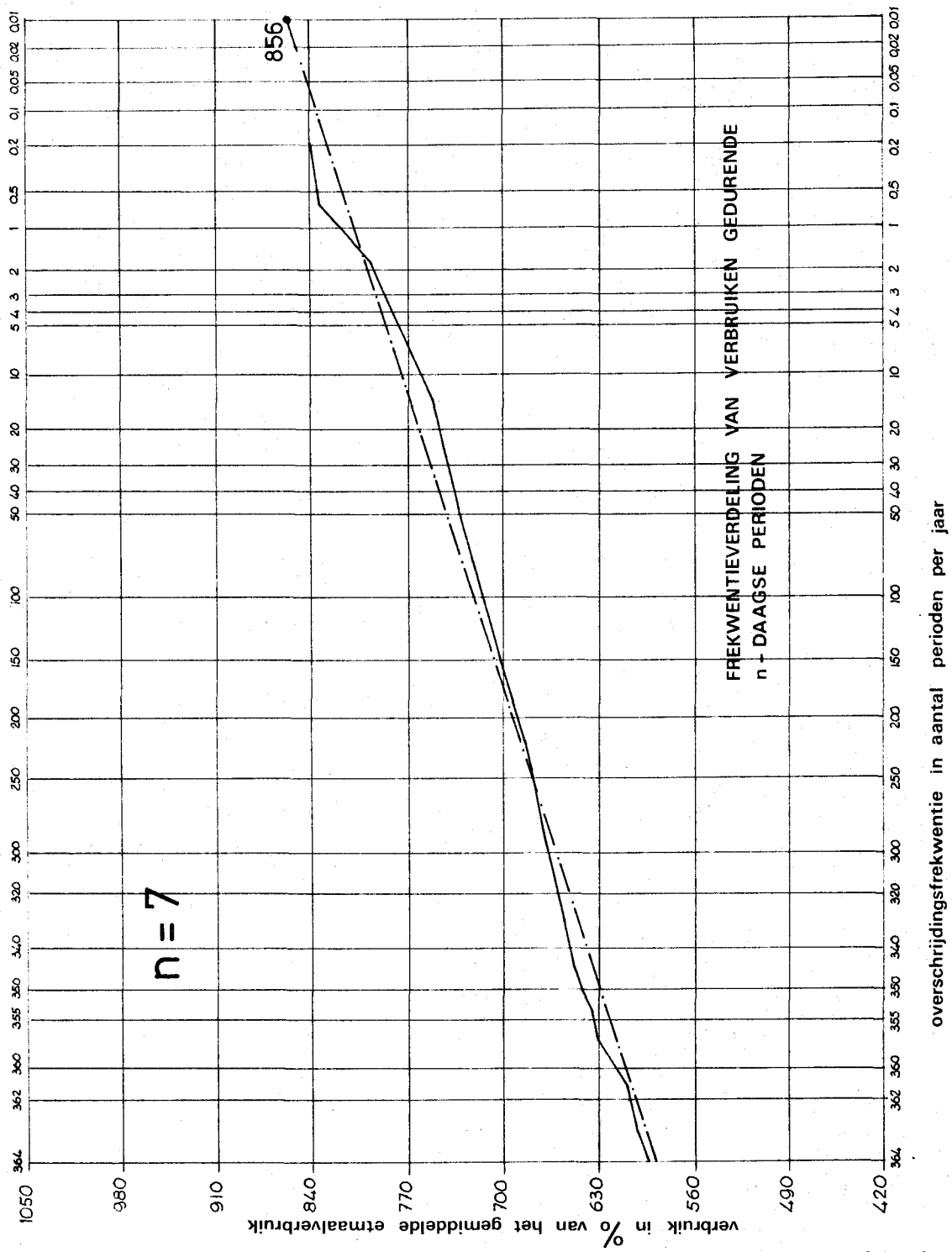
BIJLAGE 6



BIJLAGE 7

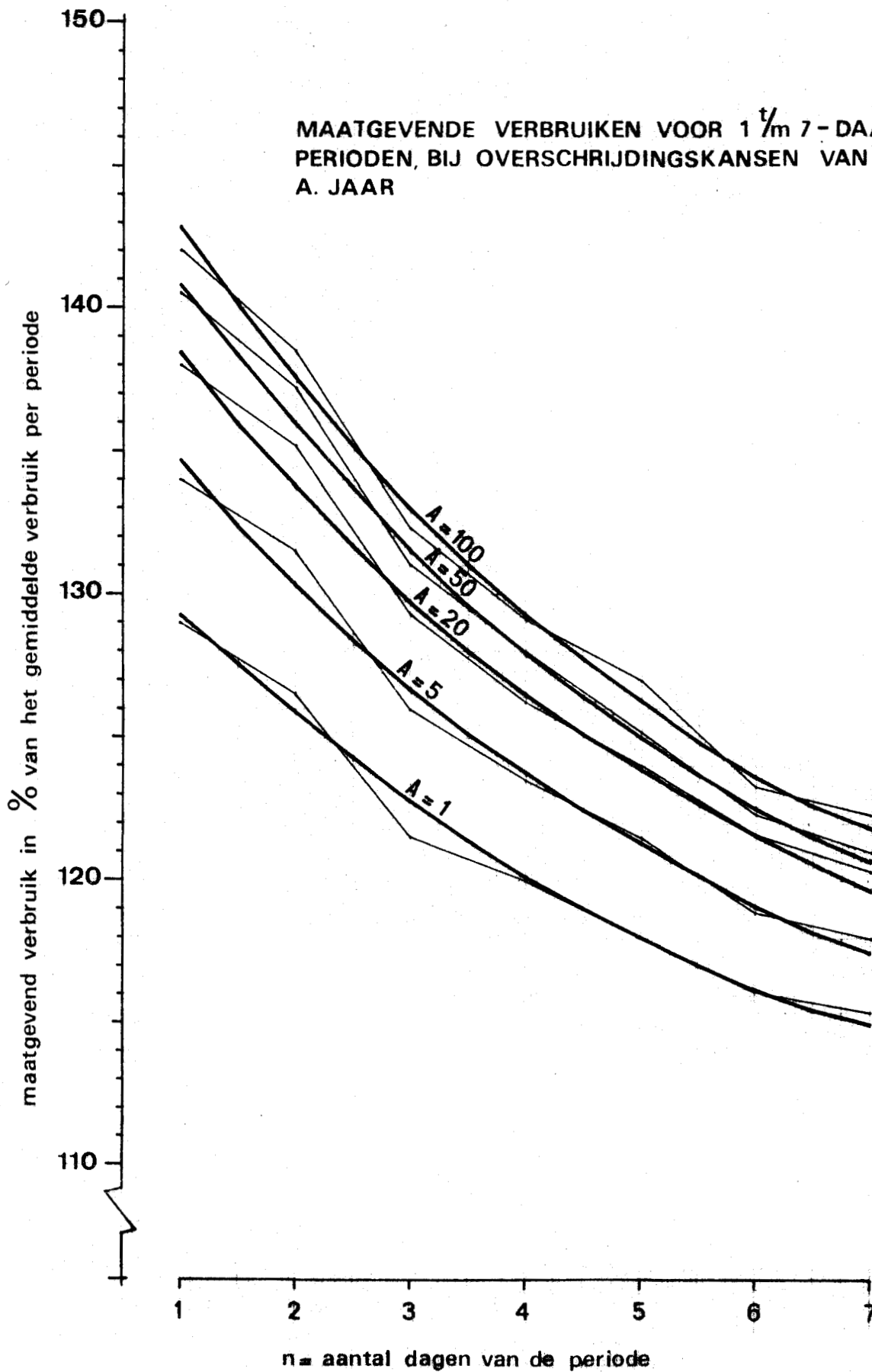


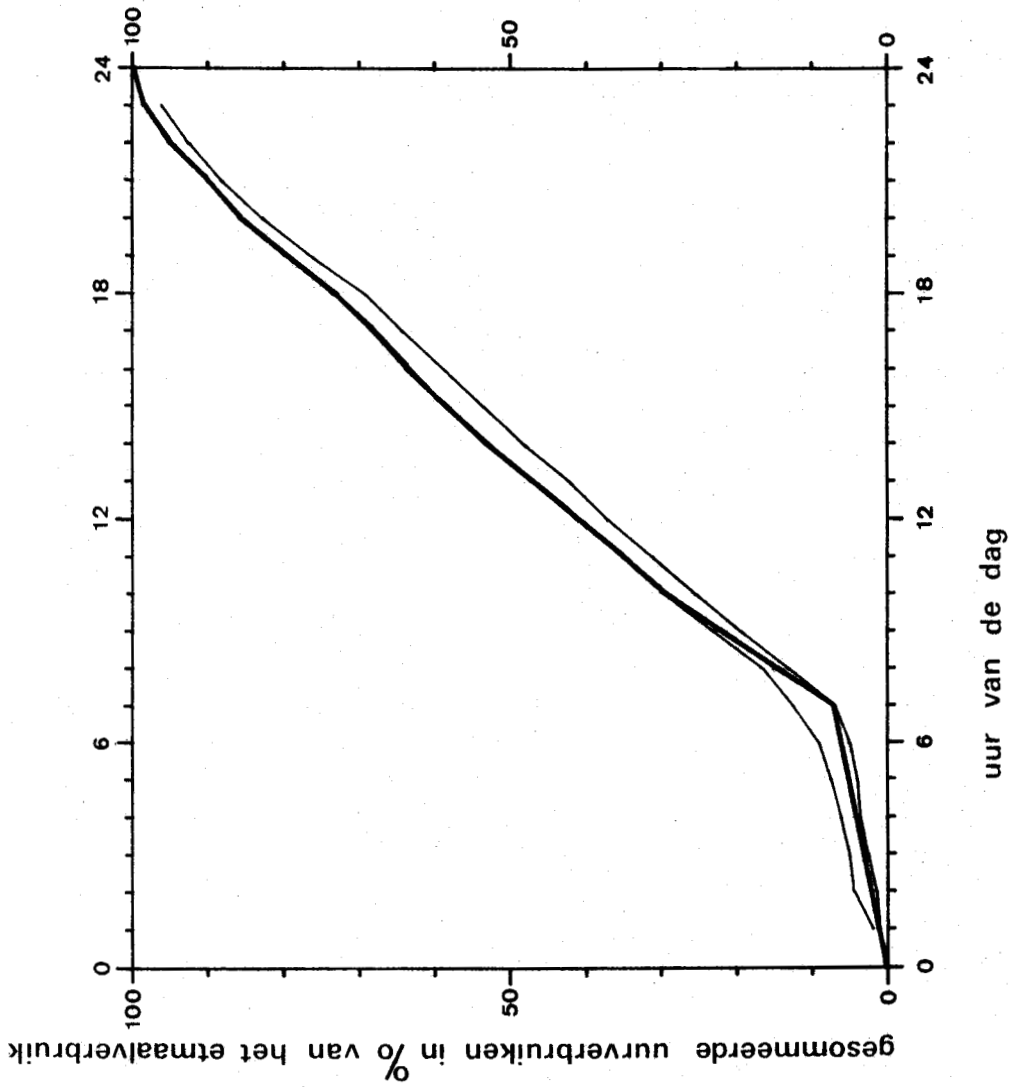
BIJLAGE 8



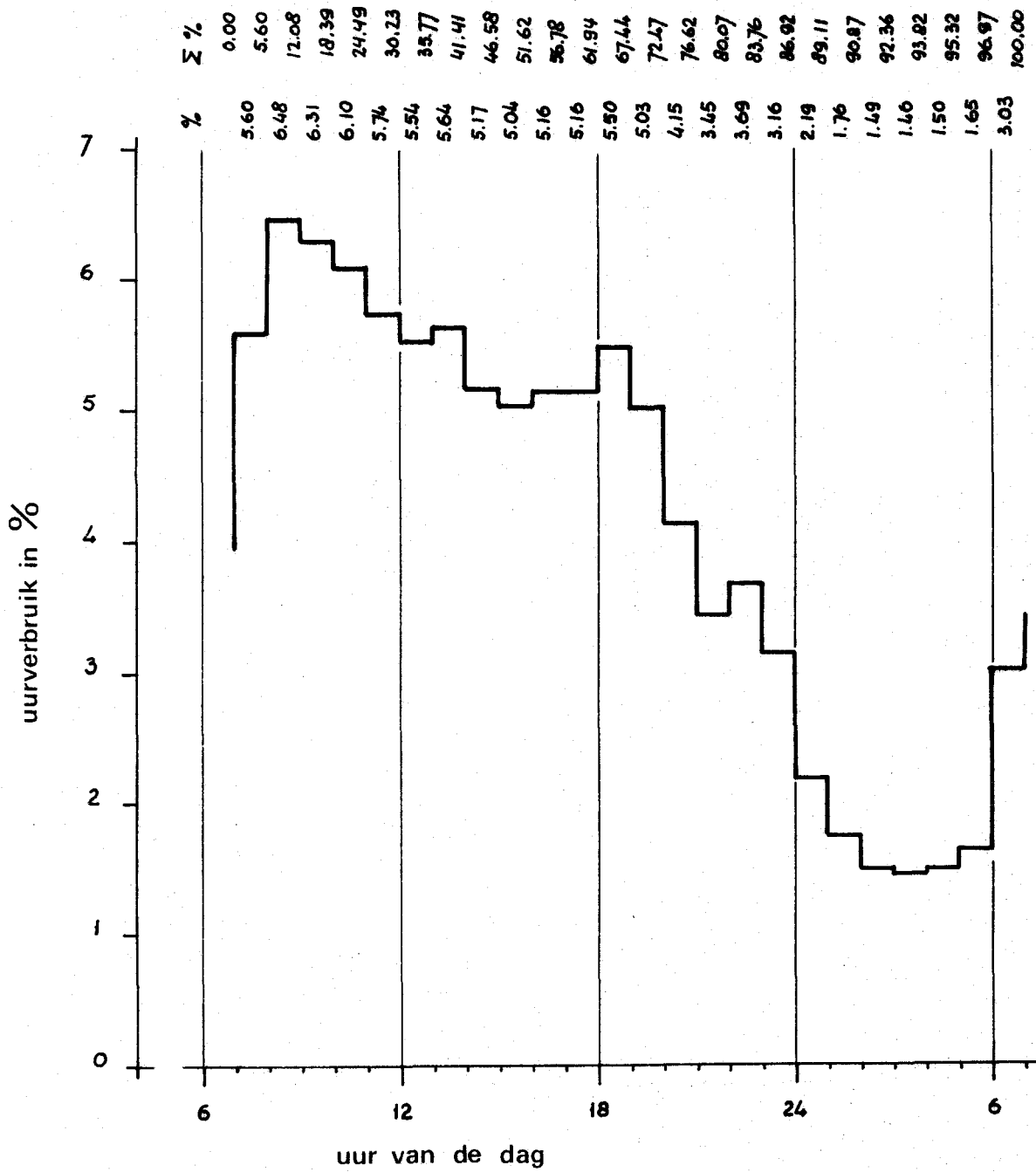
BIJLAGE 9

MAATGEVENDE VERBRUIKEN VOOR $1 \frac{1}{m}$ 7-DAAGSE PERIODEN, BIJ OverschrijdingsKANSen VAN 1x PER A. JAAR

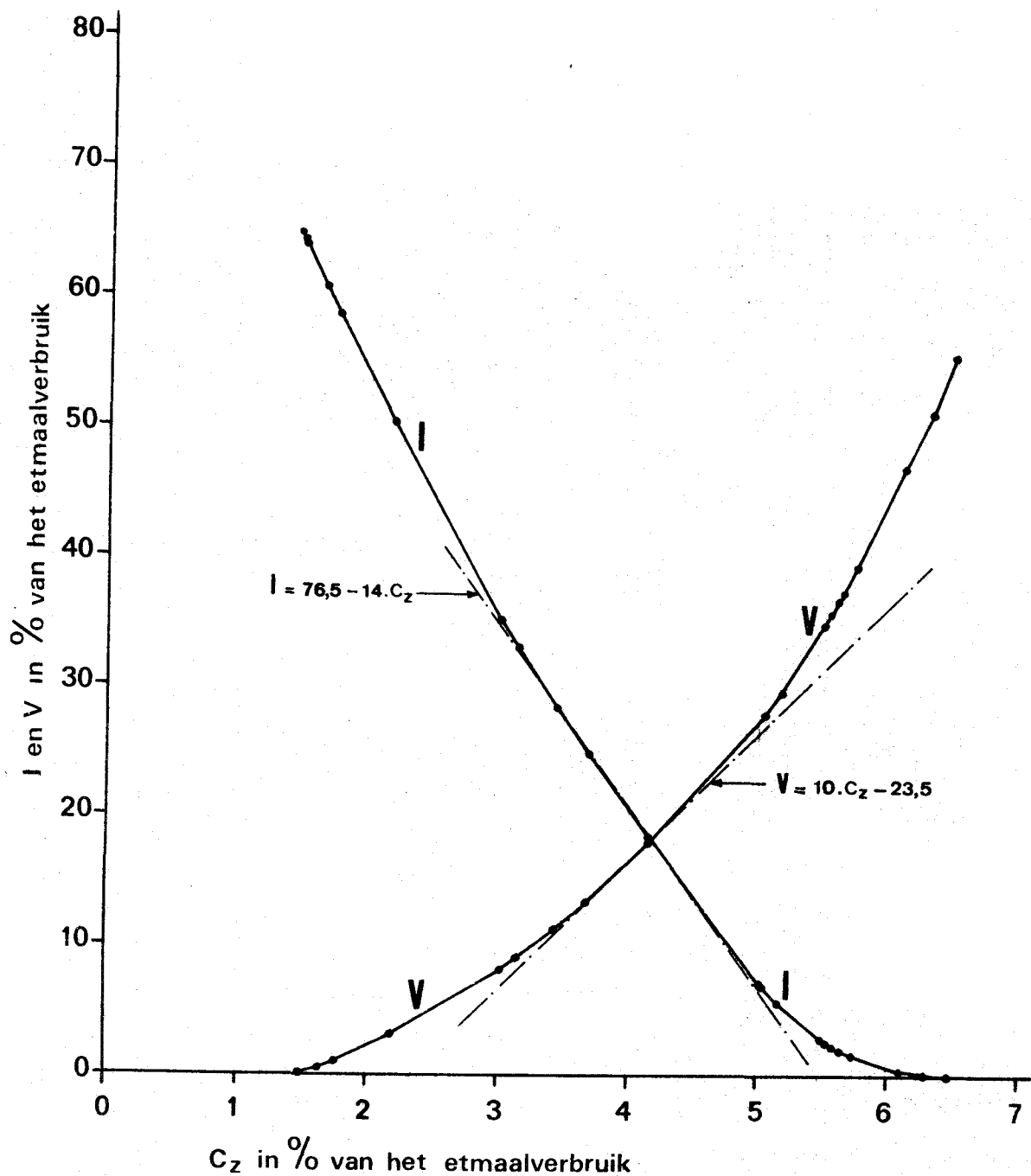




BIJLAGE 11 VOORBEELD VAN EEN BEPALING VAN HET MAATGEVENDE ETMAALVERBRUIKSPATROON



ETMAALVERBRUIKSPATROON, GEBRUIKT BIJ DE INHOUDSBEREKENINGEN
IN PARAGRAAF V



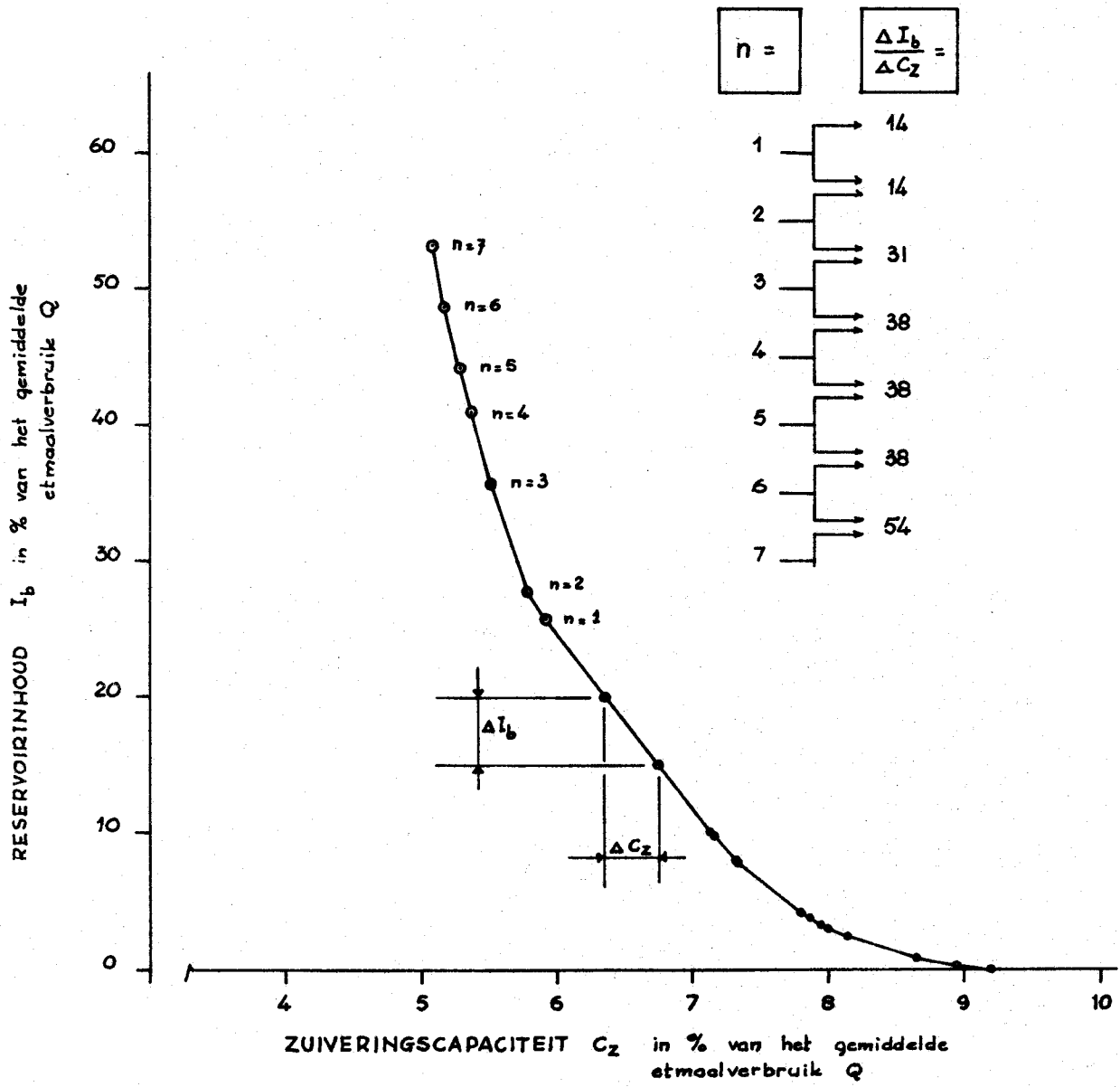
VERBAND TUSSEN ZUIVERINGSCAPACITEIT C_z , BENODIGDE RESERVOIR-INHOUD I EN AANWEZIGE VULCAPACITEIT V

n	Q _i %Q	C _z		I/V %Q _i		I/V %Q		Reservoirs %Q			
		%Q	%Q _i	I	V	I	V	A	A-I	A-I+V	I _b
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
1	142 = $\frac{142}{24}$	5.917	4.167	10.17	18.17	25.80	25.80	0.00	-25.80	0.00	25.80
2	142 135 = $\frac{277}{48}$	5.771	4.064 4.275	19.60 16.65	17.14 19.25	27.83 22.48	24.34 25.99	0.00 -3.49	-27.83 -25.99	-3.49 0.00	27.83
3	142 135 = $\frac{347}{27}$ 120	5.514	3.883 4.084 4.595	22.14 19.32 12.17	15.33 17.34 22.45	31.44 26.08 14.61	21.77 23.41 26.94	0.00 -9.67 -12.34	-31.44 -35.75 -26.94	-9.67 -12.34 0.00	35.75
4	142 135 = $\frac{516}{96}$ 120 119	5.375	3.785 3.982 4.479 4.510	23.51 20.76 13.79 13.26	14.35 16.31 21.29 21.67	33.38 28.03 16.55 15.79	20.38 22.03 25.55 25.79	0.00 -13.00 -19.00 -10.00	-33.38 -41.03 -35.55 -25.79	-13.00 -19.00 -10.00 0.00	41.03
5	142 135 = $\frac{635}{120}$ 120 119 119	5.292	3.273 3.920 4.410 4.447 4.447	24.33 21.64 14.76 14.25 14.25	13.77 15.70 20.60 20.97 20.97	34.55 29.19 17.72 16.95 16.95	19.55 21.19 24.72 24.95 24.95	-0.00 -15.00 -23.00 -16.00 -8.00	-34.55 -44.19 -40.72 -32.95 -24.95	-15.00 -23.00 -16.00 -8.00 0.00	44.19
6	142 135 = $\frac{745}{144}$ 120 119 119 110	5.174	3.643 3.832 4.311 4.348 4.348 4.703	25.49 22.85 16.14 15.63 15.63 10.65	12.93 14.82 19.61 19.98 19.98 23.53	36.20 30.84 19.37 18.60 18.60 11.72	18.37 20.01 23.54 23.77 23.77 25.89	0.00 -17.83 -28.66 -24.49 -19.32 -14.15	-36.20 -48.67 -48.03 -43.09 -37.92 -25.87	-17.83 -28.66 -24.49 -19.32 -14.15 0.00	48.67
7	142 135 = $\frac{855}{168}$ 120 119 119 110 110	5.089	3.584 3.770 4.241 4.277 4.277 4.627 4.627	26.32 23.72 17.12 16.63 16.63 11.73 11.73	12.43 14.20 18.91 19.27 19.78 22.77 22.77	37.38 32.03 20.55 19.78 19.78 12.90 12.90	17.52 19.17 22.69 22.93 22.93 25.04 25.04	0.00 -19.86 -32.72 -30.58 -27.43 -24.28 -12.14	-37.38 -51.89 -53.27 -50.36 -47.21 -37.18 -25.04	-19.86 -32.72 -30.58 -27.43 -24.28 -12.14 0.00	53.27

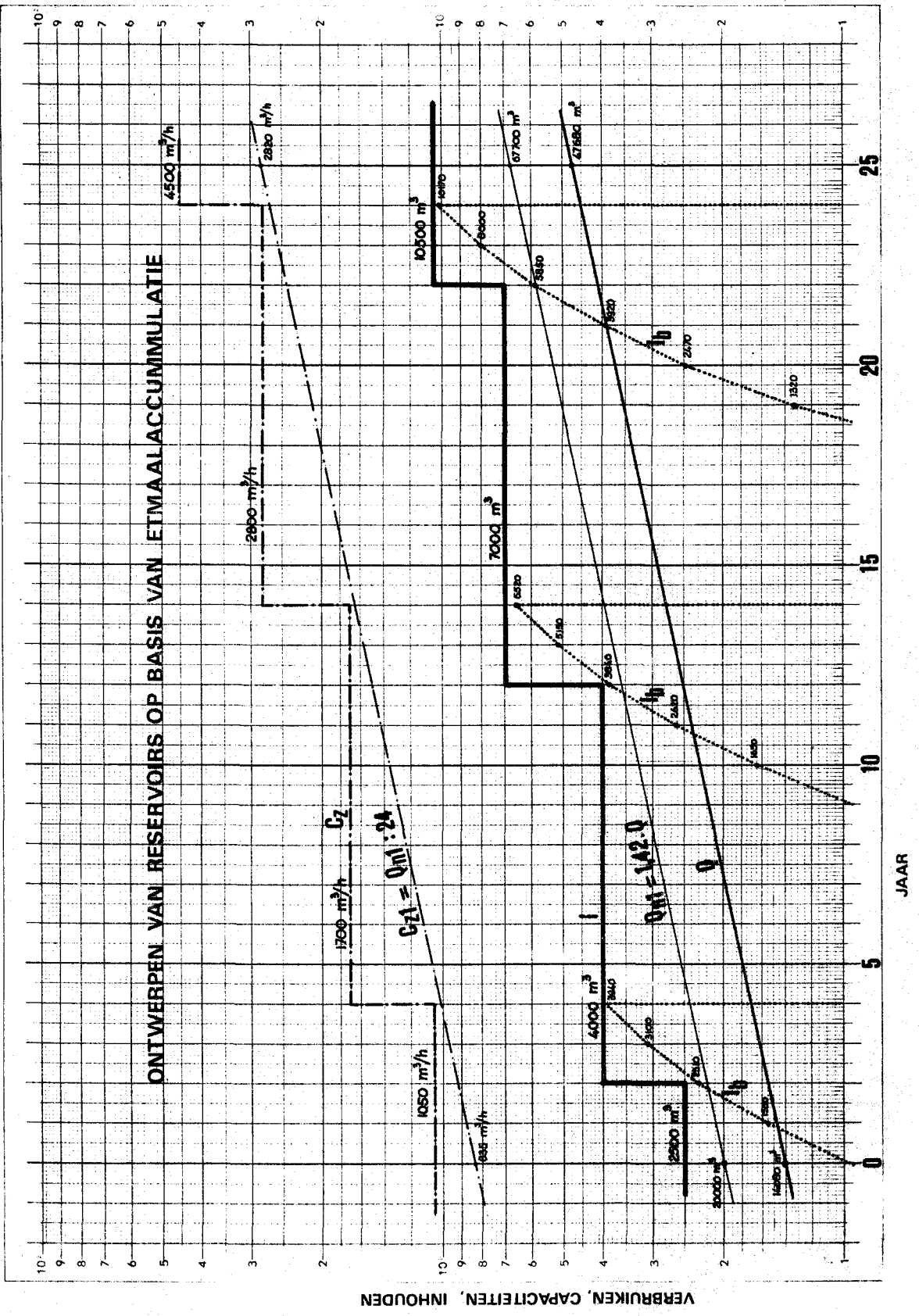
Verklaring: n = aantal dagen van de beschouwde accumulatie-periode
Q_i = maatgevend etmaalverbruik in % van het gemiddelde etmaalverbruik Q (zie tabel 2)
C_z = zuiveringscapaciteit
Q = gemiddeld etmaalverbruik
I = benodigde reservoirinhoud per etmaal
V = aanwezige vulcapaciteit per etmaal
I_b = benodigde reservoirinhoud per periode, uitgedrukt in % van het gemiddelde etmaalverbruik Q

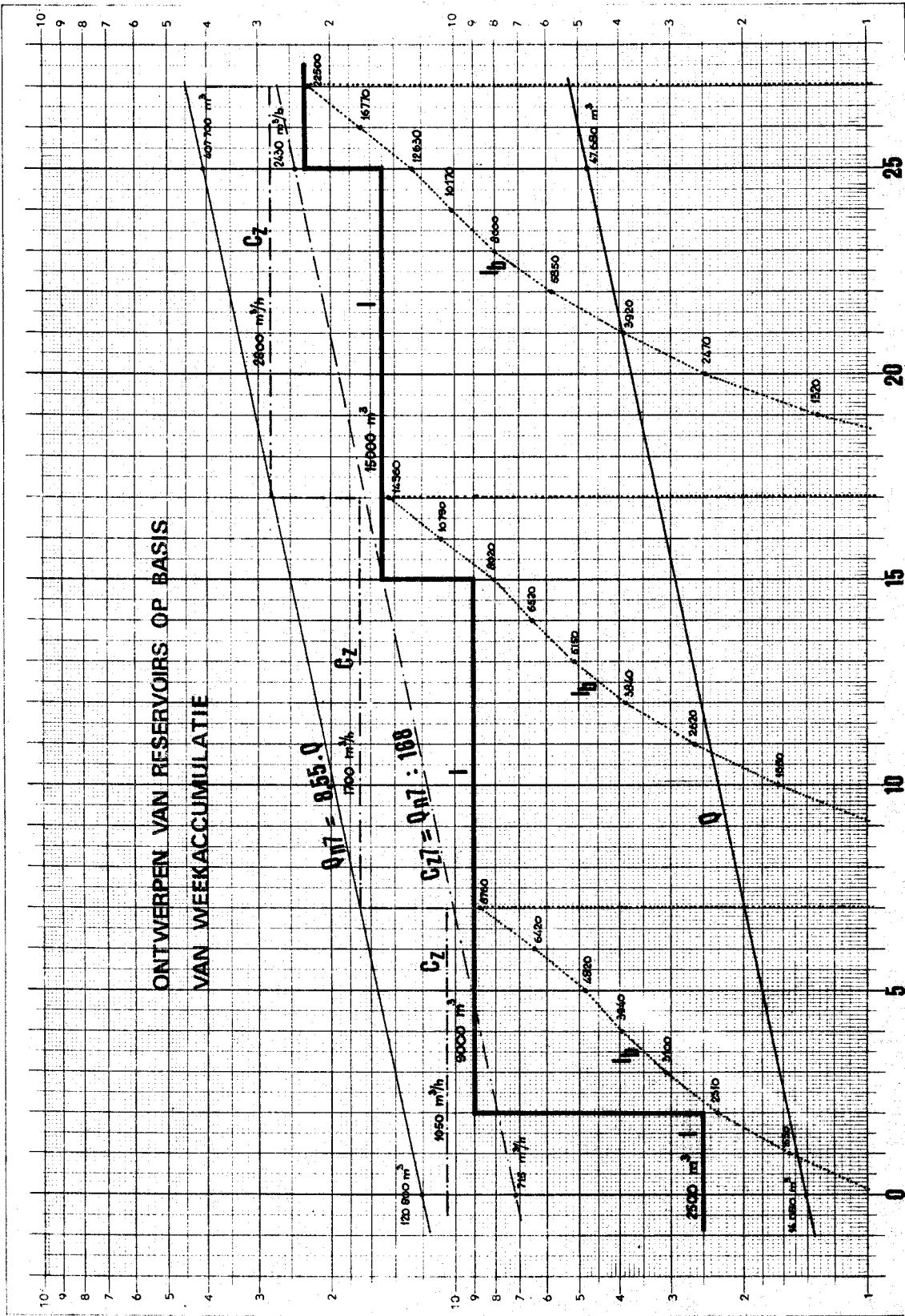
- BEREKENING VAN DE BENODIGDE RESERVOIRINHOUD BIJ 1 t/m 7-DAAGSE ACCUMULATIE

BIJLAGE 14

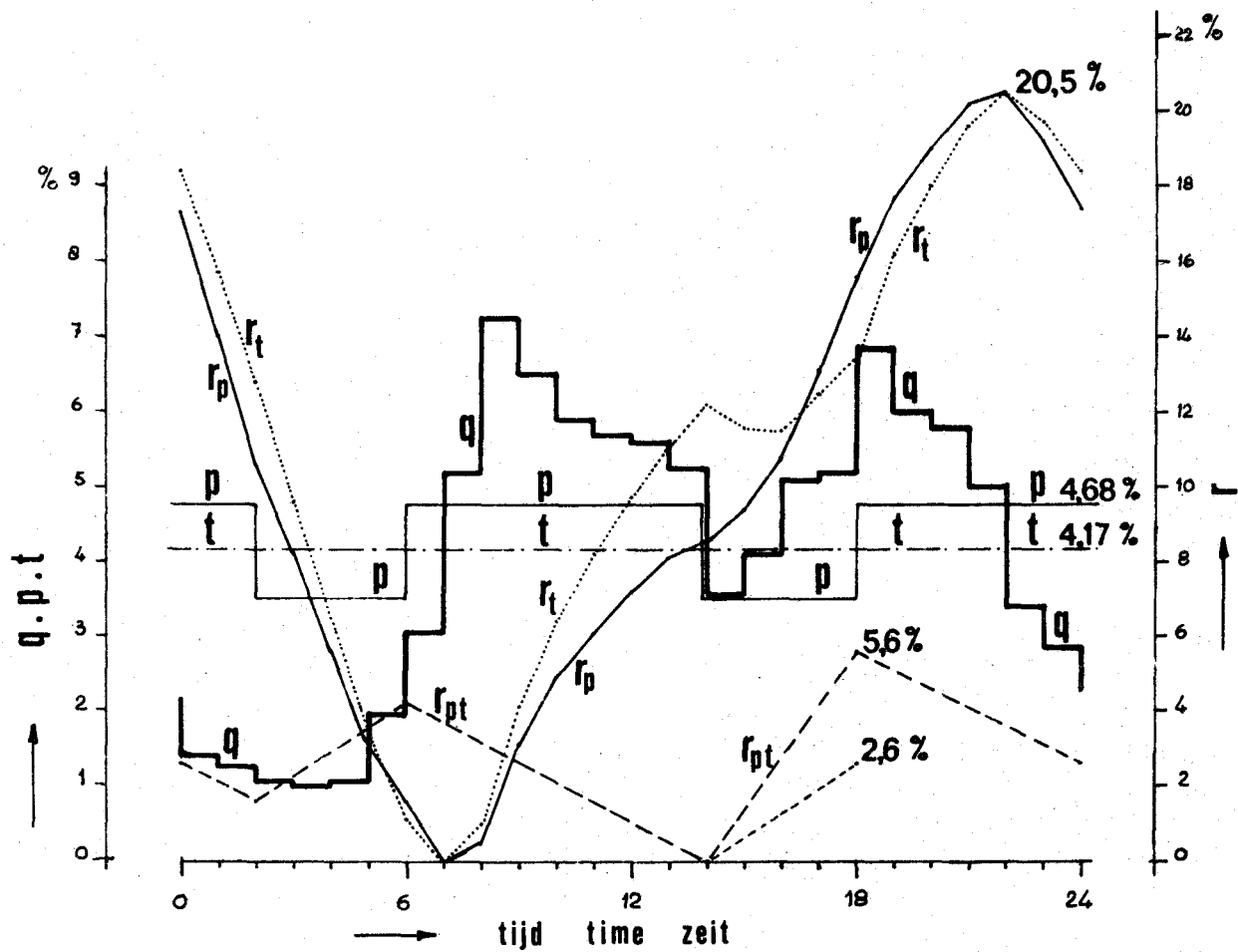


MOGELIJKE COMBINATIES VAN ZUIVERINGSCAPACITEIT EN RESERVOIRINHOUD. BEPALING VAN DE GOEDKOOPSTE COMBINATIE.

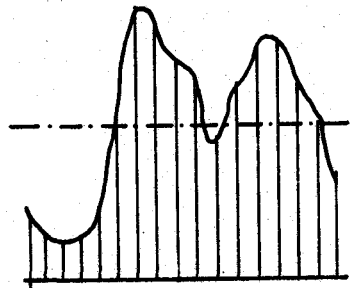
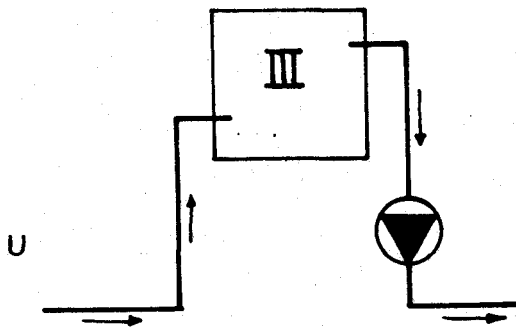
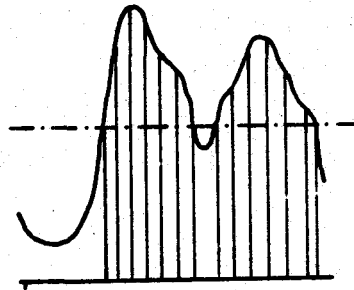
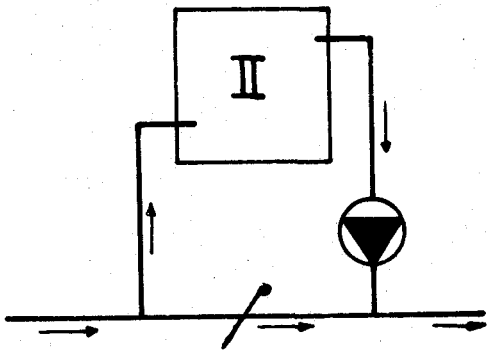
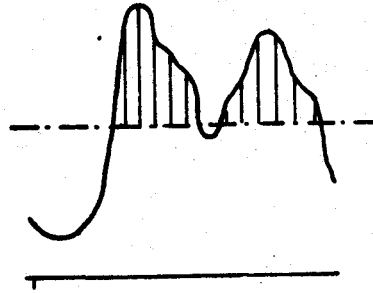
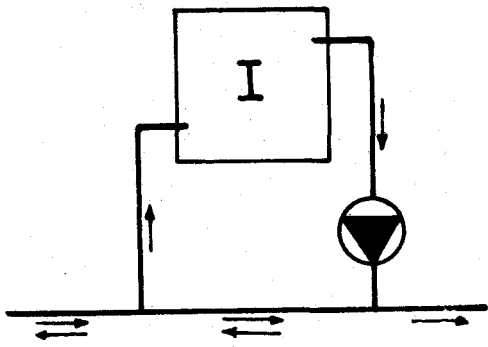




JAAR



SCHAKELN VAN RESERVOIRS



TYPEN DISTRIBUTIERESERVOIRS