

Mededeling nr. 60 van het KIWA

DRUKZONES IN LANDELIJKE GEBIEDEN

Rapport van de Werkgroep Drukzones van de
Commissie Distributie van het KIWA

Rijswijk, april 1980

INHOUD

Blz.

1	SUMMARY	7
2	SAMENVATTING	17
3	INLEIDING	19
3.1	Werkgroep	19
3.2	Algemeen	20
3.3	Uitgangspunten	21
3.4	Begripsomschrijving	21
4	VOORZIENINGSGEBIED	23
5	METHODEN VAN VOORZIENING	25
6	KOSTENASPECTEN	29
6.1	Algemeen	29
6.2	Kosten van transportleidingen	30
6.2.1	Aanlegkosten transportleidingen	30
6.2.2	Drukverlies in transportleidingen	31
6.2.3	Jaarlasten transportleidingen	32
6.3	Kosten van berging	33
6.3.1	Bouwkosten reservoirs	33
6.3.2	Kosten van grond	33
6.3.3	Jaarlasten berging	34
6.4	Kosten pompinstallaties	35
6.4.1	Bouwkosten pompinstallaties	35
6.4.2	Jaarlasten pompinstallaties	36
6.5	Jaarlasten bediening	36
7	ONTWERPCRITERIA	39
7.1	Algemeen	39
7.2	Maximum dagverbruik, berging en maximum uurverbruik	39
7.3	Drukken en drukverlies	40
8	VERGELIJKING VAN KOSTENNIVEAU'S	43
8.1	Benodigde voorzieningen	43

<u>INHOUD</u> (vervolg)	Blz.
8.2 Jaarlasten van de investeringen	43
8.3 Voorbeelden	46
9 SLOTOPMERKINGEN	51
9.1 Invloed prijsfactoren	51
9.2 Invloed logische eenheden	52
9.3 Invloed energiekosten	53
10 CONCLUSIES	55

<u>BIJLAGEN</u>	
1. Voorzieningsgebied	57
2. Voorzieningsmogelijkheden	59
3. Aanlegkosten van transportleidingen	61
4. Drukverlies in transportleidingen	63
5. Bouwkosten reservoirs	65
6. Kosten van installaties	67
7. Bepaling maximaal etmaalverbruik en benodigde berging	69
8. Capaciteiten van de voorzieningen bij 2 deelgebieden	71
9. Capaciteiten van de voorzieningen bij 3 deelgebieden	73
10. Vergelijking jaarlasten bij 2 deel- gebieden	75
11. Vergelijking jaarlasten bij 3 deel- gebieden	77
12. Fasering werken bij drukzone door middel van distributiepompstations	79

<u>SYMBOLENLIJST</u>	81
----------------------	----

1 SUMMARY

Introduction

The main reason for dividing a distribution network in pressure zones in rural districts will be in general the big distance between the pumping station and the consumers.

The starting points for this technical report are:

- The pressure at the pumping station is tied to a maximum pressure
- the pressure at the consumer is tied to a certain minimum pressure.

The reliability of service is also an aspect for installing pressure zones, especially in case repumping stations are planned. However in this report the accent lies on the economical aspects of pressure zones. Eventually mentioned prices are based on the price level of 1975-1976.

Distribution district

A pattern-distribution district is shown in annex 1.

One production pumping station services the whole district.

Methods of water supply

In principle it is not important in how many pressure zones a distribution district will be divided.

For a division in three zones, the four possibilities for distribution are given:

- a. There is one pumping station.

The pressure at the pumping station is not too high. The trunk main is sufficiently wide to ensure a sufficient supply with sufficient pressure at the consumer.

- b. Every distribution sub-district is connected with the pumping station with a separate trunk main.

- c. At the positions b and c (see annex 1), booster stations are built to increase the pressures in the sub-districts b and c.

- d. At the positions b and c repumping stations are built. The trunk mains from a to b and c are dimensioned on the average flow on a maximum day or at other periods. See for the capacity of clear water storage the KIWA report nr. 36. Situation and Capacity of Clear Water Storages.

Costs

For the installing costs of trunk mains, reservoirs and pumping installations the following formulas can be derived from the annexes 3, 5 and 6.

A_L	$= \alpha . D^{1.5}$	
B_R	$= \beta . I^{0.55}$	
A_G	$= \vartheta . I$	
B_I	$= \delta . C^{0.66}$	
A_L	= construction costs of trunk mains	Hfl/m
B_R	= construction costs of reservoirs	Hfl
A_G	= costs of ground	Hfl
B_I	= building costs of pumping stations	Hfl
D	= diameter of pipe	m
V	= volume of reservoir	m^3
C	= pumping capacity	m^3/s
$\alpha, \beta, \vartheta, \delta$ = investments factors not without dimensions		

By multiplying the investment factors with the percentage of the annuity, enlarged with the percentage of the upkeep, the yearly costs can be derived. These yearly costs have to be multiplied by the costs of servicing the installations in the distribution district.

Design criteria

The yearly consumption in a pressure zone is put at $365 q_p m^3$.

The appendix indicates the respective pressure zone.

The consumption on an average day amounts also to $q_p m^3$.

The consumption per day for the whole distribution district amounts then to $\Sigma q_p = q \text{ m}^3$.

In respect to q , in this case q will be confined to the shaded area in annex 1.

The consumption on a maximum day of a rural waterworks, is about 144 % of the consumption of an average day. The relation between the maximum hourly consumption and the average hourly consumption amounts to 3.

Starting with the above mentioned figures, the maximum hourly consumption will be $(3:24)q = 0.125 q \text{ m}^3/\text{h}$ and the average hourly consumption will be $(1.44:24)q = 0.06 q \text{ m}^3/\text{h}$.

Pressures

At rural waterworks the pressures at the pumping station do not exceed in general pressures of 600 to 650 kPa in connection to the usual pressure class of the pipes. The lengths in a rural distribution system will be large. For the pressure losses we assume 200 to 250 kPa. This means that at the points b and c the pressure has to be 400 to 450 kPa. Normally no higher pressure losses will be allowed than 20 kPa/km to limit the velocity of the water.

Comparison of costs

With the help of the design criteria and the formulas for the costs, the yearly costs for the different possibilities now can be determined.

Two kinds of variables can be distinguished:

- a. those related to the costs of the investments
- b. those related to the properties of the distribution district.

re a. These variables consist in fact of four quantities viz. the investment factor, the interest, the time of writing off and the maintenance percentage. Especially the interest rate is an uncertain factor.

re b. These quantities will vary from district to district and will have a strong influence on the future investments.

To see which are the influences of the flow rate and the length of transportation, q is varied between 5.000 and 50.000 m^3/d and L between 5 and 50 kms.

Calculations have been made for two and three pressure zones. The rate of interest is varied between 6 % and 12 %.

The other quantities are not varied and are summed up in the following table.

description	investment factors	writing off term in years	maintenance percentages
trunk mains	1300	50	1
steel reservoirs	5150	15*	2
ground	50	-	-
installations	1,620,000	20	2

* This term is often taken longer. This strengthens the conclusion (see final remarks).

Compared are the yearly costs. These costs are expressed as a percentage of solution nr. 1. The results for two pressure zones are given in annex 10. Those for three pressure zones in annex 11.

The bends in the graphs have a relation to the pressure loss of 20 kPa/km and the available pressure loss of 200 kPa for the solution nr. 1 without installations in the distribution district respectively with the solution with installations in the distribution district and a pressure loss of 600 kPa.

The influences of the rate of interest and the flow rate are shown by the width of the graphs, it shows that these influences are small. It also shows that it is profitable to divide the distribution district in pressure zones in case the distances become larger than 15 kms.

In case repumping stations are installed, the yearly costs will be 60 to 75 % of the costs for a solution without pressure zones. With the increase of the distances, three pressure zones will become more attractive. These results have to be weighed against the preference not to disperse installations more than necessary.

Final remarks

In the following table is the positive or negative influence shown, in the case one quantity is varied and the others stay constant.

Item	investment factor		writing-off term		maintenance percentage	
	bigger	smaller	bigger	smaller	bigger	smaller
trunk mains	+	-	-	+	+	-
storage	-	+	+	-	-	+
ground	-	+	does not apply		does not apply	
installations	-	+	+	-	-	+
+ = for economic reasons, earlier pressure zones						
- = for economic reasons, later pressure zones						

Not mentioned are operating costs, electrical connections and the costs of energy. It can be argued that if it is right not to take in account the costs of energy as these will be different for each

of the four solutions. On the one hand the energy consumption is dependable on many not exactly known factors, and on the other hand, the water has to be transported over equal distances and to be delivered at the same pressure in all cases. Besides the above, the costs of energy today amounts from 4 to 5 % of the retail price of the water, so it seems right to neglect the costs of energy in these general calculations for a pattern-distribution network.

Conclusions

From the pattern-distribution district divided in pressure zones with equal consumption of water, it can be concluded that when the distances become more than 15 kms it may become attractive for reasons of economy to install pressure zones by means of booster stations. On the same ground can be concluded that savings up to 40 % can be achieved by installing repumping stations. In this latter case also a higher safety in delivery will be achieved. Namely the reservoir of the repumping station is calculated on the maximum hourly consumption. In case of an accident, it will be possible to continue the delivery for some hours. One of the favourable consequences of dividing a distribution district in pressure zones by repumping stations is that building activities can be carried

out in sequence accordingly to the demand of water by the successive steps of installing the trunk main, booster pumps and reservoirs.

2 SAMENVATTING

In landelijke gebieden verdient het instellen van drukzones over het algemeen aanbeveling. Uit economische overwegingen blijkt het bouwen van een distributiepompstation de beste voorziening. Dit geldt al zodra de afstand tot het produktiepompstation groter wordt dan circa 15 km. Ook uit het oogpunt van bedrijfszekerheid bieden distributiepompstations een goede garantie voor de waterlevering; reservoirs zijn gedimensioneerd op de maximum dag. Bij breuk in de transportleiding kan nog enige tijd uit het reservoir worden geput.

3 INLEIDING

3.1 Werkgroep

Door de Commissie Distributie is onder andere een Werkgroep Drukzones ingesteld.

De leden van de Werkgroep Drukzones zijn:

- | | |
|-----------------------|---|
| ir. C. Wielenga | - Gem. Drinkwater-
leiding Rotterdam
(voorzitter) |
| ing. J. van Beckhoven | - N.V. Waterleiding
Maatschappij Gel-
derland |
| ir. R.W. Goyen | - Gemeentewaterlei-
dingen, Amsterdam |
| ir. J. Jager | - N.V. Waterleiding
Maatschappij voor
de provincie Gro-
ningen |

Tijdelijk zijn aan de Werkgroep toegevoegd geweest:

- | | |
|-------------------|---|
| ing. A. Wedemeier | - Gem. Drinkwater-
leiding Rotterdam |
| ing. B.P. Swint | - N.V. Waterleiding
Maatschappij voor
de provincie Gro-
ningen |

De taak van de Werkgroep Drukzones omvat in hoofdzaak:

Het opstellen van richtlijnen ten aanzien van de volgende vragen:

- a. wanneer moet een distributienet in verschillende drukzones worden ingedeeld, zowel in een stedelijk gebied als op het platteland;
- b. welke drukken moeten in de drukzones worden aangehouden;
- c. welke consequenties vloeien hieruit voort.

3.2 Algemeen

De hoogte van de bebouwing en (soms) de maaiveldhoogte zijn in stedelijke gebieden de redenen tot het instellen van drukzones. Voor landelijke gebieden spelen deze factoren ook een rol, maar over het algemeen is hier de belangrijkste reden tot het instellen van drukzones gelegen in de (vaak grote) afstanden tussen het productiebedrijf van drinkwater en de gebruikers.

In dit rapport, dat over landelijke gebieden gaat, wordt getracht te analyseren in hoeverre deze afstanden een reden kunnen zijn om tot het instellen van drukzones te komen. Voor zover de hoogte van de bebouwing een rol speelt, hetgeen in de kernen soms het geval zal zijn, wordt hier volstaan met het verwijzen naar het rapport "Drukzones in stedelijke gebieden"

(mededeling nr. 35 van het KIWA).

3.3 Uitgangspunten

Uitgangspunten in dit rapport zijn:

- . dat de uitgaande druk bij het pompstation gebonden is aan een maximum waarde en
- . dat de druk bij de gebruiker aan een minimum waarde gebonden is.

Bedrijfszekerheidsaspecten (juist als er een reservoir mee gemoeid is) zijn vaak mede een reden tot het instellen van drukzones. Aangezien deze aspecten meer beleidsmatig dan technisch-economisch bepaald worden zal hieraan slechts marginale aandacht worden besteed.

In dit rapport zal in de eerste plaats aandacht worden besteed aan de economische gevolgen van het instellen van drukzones. Voor zover prijzen worden genoemd zijn deze gebaseerd op het prijspeil van 1975-1976.

3.4 Begripsomschrijving

Ten einde verwarring te voorkomen volgt hieronder een verklaring van de belangrijkste in dit rapport gehanteerde begrippen.

- Landelijke gebieden: gebieden met als speciale kenmerken een lage woningdicht-

heid en verspreid aanwezige grote en kleine kernen.

- Drukzone: een deel van het leveringsgebied van een waterleidingbedrijf, waar de druk in de leidingen min of meer onafhankelijk van de druk in andere gebieden kan worden geregeld.
- Produktiepompstation: een eenheid waarin het water gezuiverd wordt tot drinkwater, tijdelijk opgeslagen en door middel van pompen door het transport- en distributienet naar de afnemers wordt getransporteerd. Incidenteel kunnen de zuiverings- en opslagfase vervallen.
- Aanjaagstation: een pompinstallatie gebouwd in het voorzieningsgebied die het water in druk verhoogt.
- Distributiepompstation: een aanjaagstation voorzien van een reservoir.
- Transportleiding: een leiding waardoor het water van het produktiepompstation in het voorzieningsgebied wordt gebracht ten einde rechtstreeks of door middel van een aanjaagstation of een distributiestation het distributienet te voeden.
- Distributieleiding: een leiding die zorg draagt voor de verdeling van het water vanaf het transportleidingnet.

4 VOORZIENINGSGEBIED

Het voorzieningsgebied waarop de berekeningen gebaseerd zijn is aangegeven op bijlage 1. In dit gebied, dat overwegend een landelijk karakter heeft, komen hier en daar kernen voor en uiteraard over het hele gebied verspreide bebouwing. De industrievestigingen zullen zich over het algemeen bij de grotere kernen bevinden. Er is één produktiepompstation van waaruit de transportleidingen zich over het voorzieningsgebied vertakken.

Het is niet noodzakelijk het hele gebied in de berekeningen te betrekken; om aan te tonen of het instellen van drukzones gewenst is, kan worden volstaan met het gearceerde gebied op bijlage 1. In feite zijn de gebieden langs de andere transportleidingen niets anders dan een herhaling van dit gearceerde gebied.

Om het probleem enigszins te schematiseren wordt aangenomen, dat het voorzieningsgebied opgesplitst is in een aantal deelgebieden, die elk vanuit hun eigen centrum gevoed worden door een distributienet.

Verder in dit rapport zal blijken dat ook het aantal deelgebieden, waarin we het gearceerde gebied verdelen, aan een economische grens is gebonden.

5 METHODEN VAN VOORZIENING

Voor de methode van watervoorziening is het niet van belang hoeveel deelgebieden er zijn.

Ten einde alle mogelijkheden goed te doen uitkomen is op bijlage 2 voor een verdeling in 3 deelgebieden aangegeven welke 4 methoden tot voorziening er zijn; deze verdeling in 3 gebieden houdt dus geen waardeoordeel in over de juistheid van deze onderverdeling.

Er zijn de volgende methoden tot watervoorziening te onderscheiden.

Geval 1

De uitgaande druk van het produktiepompstation is zodanig, dat over het hele gebied het water onder voldoende druk wordt afgeleverd. De transportleiding is zodanig gedimensioneerd dat enerzijds de druk bij het pompstation niet te hoog is en anderzijds bij de afnemers in het hele gebied op elk moment aan de eis voldoende water onder voldoende druk te leveren wordt voldaan.

Geval 2

Ieder deelgebied is door een eigen transportleiding met het produktiepompstation verbonden. Deze transportleidingen zijn zodanig gedimensioneerd, dat elk voor zich in zijn eigen deelgebied in staat is op ieder moment voldoende water onder voldoende druk aan de afnemers te leveren.

Geval 3

Op de punten b en c worden indien nodig aanjaagstations gebouwd, die het water voor het gebied B respectievelijk C in druk verhogen.

De diameters van de transportleidingen worden zodanig gekozen, dat de druk tijdens het maximale verbruik in het punt c nog voldoende is om als voordruk te kunnen dienen voor het betreffende aanjaagstation aldaar.

Geval 4

In de punten b en c worden distributiepompstations gebouwd. De transportleiding wordt gedimensioneerd op een gemiddeld benodigde volumestroom van een bepaalde tijdsperiode met een maximale afname, bijvoorbeeld een etmaal of een week. Gedurende de uren in de beschouwde periode dat het verbruik hoger is dan dit gemiddelde wordt gesuppleerd uit de aanwezige berging. Hier wordt volstaan met de situatie waarbij de berging is gebaseerd op 1 dag. Voor meerdaagse berging wordt verwezen naar het rapport "Plaats en capaciteit van reinwaterkelders" (mededeling nr. 36 van het KIWA).

Er zijn dus 3 gevallen (gevallen 2, 3 en 4) met drukzones en 1 geval (geval 1) zonder. Zoals op bijlage 2 geschetst zijn de verschillende drukzones volledig gescheiden en ligt de grens, die samenvalt met de

grens van het deelgebied, eenduidig vast. In de praktijk zal er vaak koppeling van de distributienetten in de grensgebieden plaatsvinden uit oogpunt van efficiëntere bedrijfsvoering en uit bedrijfszekerheids-overwegingen. Dit betekent dat de grenzen van de drukzones enigszins flexibel zijn en heen en weer schuiven onder invloed van de verbruiken en drukken in de deelgebieden. Aangezien het gemiddelde resultaat overeenkomt met de situatie zonder koppelingen van de distributienetten is hier volstaan met de situatie met volledig gescheiden deelgebieden.

6 KOSTENASPECTEN

6.1 Algemeen

Kostenvergelijkingen zoals in dit rapport kunnen het meest reëel op annuïteitenbasis geschieden. Deze methode zal dan ook worden toegepast.

De jaarlasten van de investeringen worden bepaald door de volgende factoren:

- a. de afschrijvingstermijn
- b. het rentepercentage
- c. de jaarlijkse onderhoudskosten.

Ad a.

De afschrijvingstermijn wordt bepaald door de technische en/of economische levensduur. Voor streekwaterleidingbedrijven blijkt over het algemeen dat de economische levensduur gelijk is aan de technische.

Ad b.

Het rentepercentage is aan schommelingen onderhevig en van grote invloed op de jaarlasten.

Ad c.

De jaarlijkse onderhoudskosten worden meestal uitgedrukt in een percentage van het geïnvesteerde kapitaal.

Over het algemeen liggen deze percentages bij stedelijke bedrijven hoger dan bij streekwaterleidingbedrijven. Aangezien de-

ze kosten al snel 10 à 20 % van de jaarlasten uitmaken is een zorgvuldige keuze gewenst.

In onderstaande tabel zijn de jaarannuïteiten, uitgedrukt in procenten van het geïnvesteerde kapitaal, voor enige afschrijvingstermijnen en rentepercentages samengevat.

afschrijvingstermijn (jaren)	jaarannuïteit bij een rentepercentage van			
	7 %	8 %	9 %	10 %
10	14,24	14,90	15,58	16,27
20	9,44	10,19	10,95	11,75
30	8,06	8,88	9,73	10,61
40	7,50	8,39	9,30	10,23
50	7,25	8,17	9,12	10,09

6.2 Kosten van transportleidingen

6.2.1 Aanlegkosten transportleidingen

Op bijlage 3 zijn de kosten van leidingaanleg bij 2 streekwaterleidingbedrijven uitgezet. Uit de figuur blijkt, dat, zeker voor die diameters die als transportleiding in aanmerking komen, de aanlegkosten van leidingen uitgedrukt kunnen worden in de formule:

$$A_L = \alpha \cdot D^{1,5}$$

hierin is:

A_L = aanlegkosten leiding gld/m
 D = inwendige diameter m
 α = investeringsfactor
transportleidingen gld/m^{2,5}

De investeringsfactor varieert bij de verschillende bedrijven (bijvoorbeeld WMG 570 en Waprog 630). Het is aannemelijk dat bij stijging van de prijzen alleen de investeringsfactor zal veranderen en de formule verder zijn gedaante zal behouden.

6.2.2 Drukverlies in transportleidingen

Het drukverlies in transportleidingen wordt over het algemeen berekend met de formule van Darcy-Weisbach, waarbij de weerstandscoefficiënt volgens de formule van Colebrook wordt gebruikt.

Deze weerstandscoefficiënt moet iteratief worden bepaald. Voor de praktische toepassing zijn deze formules door ir. L.Huisman in Stromingsweerstand in leidingen (mededeling nr. 14 van het KIWA) omgewerkt tot overzichtelijke grafieken. Als de diameter, de volumestroom en de wandruwheid bekend zijn, kan het drukverlies eenvoudig worden afgelezen. Op bijlage 4 is voor een aantal leidingen de verhouding gegeven tussen de volumestroom en het drukverlies; zonder een grote fout te maken kunnen we hieruit de volgende formule afleiden:

$$\Delta P_e = 10,18 \cdot q^{1,8} \cdot D^{-4,8}$$

hierin zijn:

Δp_e = drukverlies Pa/m
(0,1 m wk/km)

q = volumestroom m^3/s

D = inwendige diameter m

Door de energiekosten hierbij te betrekken is het mogelijk om uit deze formule de optimale diameter te bepalen, zie hiervoor het rapport leidingnetontwerp en -berekening (mededeling nr. 58 van het KIWA).

6.2.3 Jaarlasten transportleidingen

Samenvatting van paragraaf 6.2.1 en 6.2.2 geeft het volgende resultaat.

$$K_L = a \cdot q^{0,563} \cdot \Delta p_e^{-0,313}$$

hierin is:

K_L = leidingkosten per jaar gld/m.a

q = volumestroom m^3/s

Δp_e = drukverlies Pa/m
(0,1 m wk/km)

a = prijsfactor niet dimensieloos

De prijsfactor is afhankelijk van rente, afschrijvingstermijn, onderhoud en investeringsfactor. Bij streekwaterleidingbedrijven is voor transportleidingen een afschrijvingstermijn van 50 jaar gebruikelijk. Het onderhoud wordt over het algemeen op 1 % van het geïnvesteerde kapitaal gesteld. Bij een investeringsfaktor van

630 en een rentepercentage van 9 wordt dan voor a ongeveer 13.000 gevonden.

6.3 Kosten van berging

6.3.1 Bouwkosten reservoirs

In ons land worden 2 hoofdtypen reservoirs toegepast, namelijk betonnen reservoirs en stalen tanks. Voor beide typen geldt dat per eenheid van inhoud grotere reservoirs over het algemeen goedkoper zijn dan kleinere.

Op bijlage 5 zijn de kosten van een aantal reservoirs uitgezet. Uit deze bijlage is de volgende formule af te leiden:

$$B_R = \beta \cdot V^{0,55}$$

hierin is :

B_R = bouwkosten reservoir gld

V = reservoirinhoud m^3

β = investeringsfactor $gld/m^{1,65}$

De investeringsfactor is voor stalen tanks ongeveer 5150 en voor betonnen reservoirs 7900.

6.3.2 Kosten van grond

Bij het produktiepompstation zal over het algemeen voldoende terrein aanwezig zijn of tegen relatief lage prijs te verkrijgen, zodat de grondkosten slechts van geringe invloed zijn op de totale kosten van de

berging. Bij berging in het voorzieningsgebied ligt de situatie anders, dan zal het nodig zijn ten behoeve van de berging grond aan te trekken. De prijs van grond zal sterk afhangen van de situering en de grootte van het terrein. De terreingrootte wordt behalve door de gewenste berging op het moment van aankoop mede bepaald door de aanwezige verkaveling en de wens eventuele toekomstige uitbreidingen te kunnen realiseren. Over het algemeen is aan te nemen dat de benodigde oppervlakte recht evenredig is met de inhoud van het reservoir. Er ontstaat dan de volgende formule:

$$A_G = \gamma \cdot V$$

hierin is:

A_G	= aankoopkosten grond	gld
V	= reservoirinhoud	m^3
γ	= investeringsfactor	gld/m^3

De investeringsfactor kan volgens de beschikbare gegevens variëren tussen 10 en 75.

6.3.3 Jaarlasten berging

Voor de jaarlasten berging worden nu de volgende formules gevonden.

$$K_R = b \cdot V^{0,55} \text{ en } K_G = c \cdot V$$

hierin is:

K_R	= kosten reservoirbouw	gld/a
K_G	= kosten grond	gld/a
V	= reservoirinhoud	m^3

b = prijsfactor	gld/m ^{1,65}
c = prijsfactor	gld/m ³

Opgemerkt dient te worden, dat K_G wordt verwaarloosd als het reservoir bij het produktiepompstation wordt gebouwd. De afschrijvingstermijn voor betonnen reservoirs is bij de meeste bedrijven gelijk aan die van de transportleidingen.

Voor stalen tanks wordt een termijn van 15 jaren gehanteerd, maar deze wordt ook wel vaak langer genomen. De onderhoudspersentages variëren tussen de verschillende bedrijven van 1 % tot 3 % van het geïnvesteerde kapitaal. Bij een streekwaterleidingbedrijf zal bij een rentepercentage van 9 de prijsfactor b in orde van 785 liggen, voor de prijsfactor c is 4,5 een redelijke aanname maar in tegenstelling met b behalve van de rente in sterke mate afhankelijk van de situering.

6.4 Kosten pompinstallaties

6.4.1 Bouwkosten pompinstallaties

Op bijlage 6 zijn de kosten van enige pompinstallaties uitgezet tegen de pompcapaciteit. Uit deze grafiek is de volgende formule af te leiden:

$$B_I = \delta \cdot C^{0,66}$$

hierin is:

B_I = kosten pompinstallaties gld
 C = pompcapaciteit m^3/s
 δ = investeringsfactor $gld.s^{0,66}/m^{1,98}$

De investeringsfactor bedraagt 162.10^4 .

6.4.2 Jaarlasten pompinstallaties

Voor de jaarlasten ontstaat de volgende formule.

$$K_I = \delta \cdot C^{0,66}$$

hierin is

K_I = kosten pompinstallaties gld/a
 C = pompcapaciteit m^3/s
 d = prijsfactor $gld.s^{0,66}/m^{1,98}$

Voor pompinstallaties varieert de afschrijvingstermijn bij de verschillende bedrijven tussen $12\frac{1}{2}$ en 25 jaar en het onderhoudspercentage tussen de 1 % en 3 % van het geïnvesteerde kapitaal. Bij 9 % rente varieert de prijsfactor dan tussen circa 18.10^4 en 28.10^4 .

6.5 Jaarlasten bediening

Voor zover de pompinstallaties bij het produktiepompstation staan, zullen hiervoor geen speciale bedieningskosten in rekening behoeven te worden gebracht. Anders ligt de situatie bij installaties die zich in het voorzieningsgebied, soms op grote

afstand van het produktiepompstation, bevinden. Hoewel de bediening en signalering tegenwoordig vergaand geautomatiseerd kan worden en op afstand kan geschieden zal er regelmatig iemand naar de installatie moeten voor inspectie of het opheffen van storingen. De tijd die hiervoor uitgetrokken moet worden is vrijwel niet afhankelijk van de grootte van de installatie. Deze kosten spelen in de berekeningen slechts een ondergeschikte rol. Zij worden vastgesteld op f 10.000,- per installatie per jaar.

Dit geeft de volgende formule voor de jaarlasten:

$$K_B = 10.000 \cdot n$$

hierin is:

K_B = kosten bediening gld/a

n = aantal installaties in het
voorzieningsgebied.

7 ONTWERPCRITERIA

7.1 Algemeen

Het jaarverbruik van een deelgebied wordt gesteld op $365 q_p \text{ m}^3$ waarbij de appendix P duidt op het deelgebied waarop dit verbruik betrekking heeft. Het verbruik op een gemiddelde dag bedraagt dus $q_p \text{ m}^3$. Het gemiddelde dagverbruik van het hele voorzieningsgebied bedraagt nu $\sum q_p = q \text{ m}^3$. Wat betreft q wordt hier volstaan met q te betrekken op het gearceerde gebied van bijlage 1.

7.2 Maximum dagverbruik, berging en maximum uurverbruik

Bijlage 7 is een rekenvoorbeeld, ontleend aan het rapport "Plaats en capaciteit reinwaterkelders" (KIWA-mededeling nr. 36). In dit voorbeeld bedraagt het verbruik op een etmaal met maximaal verbruik bij een overschrijdingskans van 1 maal per 100 jaar, 142 % van het verbruik op een gemiddeld etmaal.

Hierbij is, om de discontinuïteit bij de afname te overbruggen, een 1-daagse berging van 25,8 % van het gemiddelde etmaalverbruik vereist.

Deze cijfers zijn in hoofdzaak gebaseerd op een stedelijk voorzieningsgebied. De

ervaring leert, dat voor een streekwaterleidingbedrijf de vereiste berging groter is. Het lijkt dus reëel om uit te gaan van een 1-daagse berging van 30 % of wel $0,3 \text{ q m}^3$.

Voor de gegevens over meerdaagse berging wordt verwezen naar bovengenoemd rapport. Bij streekwaterleidingbedrijven is de verhouding tussen het gemiddelde uurverbruik en het uur met het maximale verbruik ongeveer 3.

Uitgaande van bovenstaande gegevens wordt voor een dag met maximaal verbruik het maximale uurverbruik $3/24 \text{ q} = 0,125 \text{ q m}^3$ en het gemiddelde uurverbruik $1,42/24 \cdot \text{q} = 0,06 \text{ q m}^3$.

7.3 Drukken en drukverlies

Bij streekwaterleidingbedrijven bedragen de uitgaande drukken op de pompstations over het algemeen niet meer dan 600 à 650 kPa (60 à 65 m wk) in verband met de gebruikelijke drukklasse van de leidingmaterialen.

Bij de afnemer dient de druk 175 à 200 kPa (18 à 20 m wk) te bedragen.

De lengten in het distributienet zullen in landelijke gebieden over het algemeen groot zijn. Derhalve is hier aangenomen, dat ter dekking van deze verliezen 200 à 250 kPa (20 à 25 m wk) beschikbaar moet

zijn. Dit betekent, dat in de punten b en c (zie bijlage 2) een druk van 400 à 450 kPa (40 à 45 m wk) moet zijn.

In die situatie waarin het water niet opnieuw onder druk gebracht wordt mag het maximale drukverlies in het transportnet dan 200 kPa (20 m wk) bedragen. Ten einde niet te grote snelheden in transportleidingen te introduceren worden over het algemeen de diameters zodanig gekozen dat geen groter drukverlies dan 20 kPa/km (2 m wk/km) kan optreden.

8 VERGELIJKING VAN KOSTENNIVEAU'S

8.1 Benodigde voorzieningen

Indien het beschouwde gebied in 2 deelgebieden is verdeeld, staat op bijlage 8 aangegeven aan welke capaciteiten de voorzieningen (berging, transportleidingen, en dergelijke) moeten voldoen bij de 4 verschillende voorzieningsmogelijkheden.

Op bijlage 9 is de situatie geschetst voor 3 deelgebieden. Het is duidelijk dat voor 4 deelgebieden het schema uitgebreid moet worden met q_D en L_{cd} .

Voor 5 deelgebieden met q_E en L_{de} enz..

Er is hierbij aangenomen dat al het water voor een deelgebied, in het geval dat er een installatie in het voorzieningsgebied is, in druk verhoogd wordt, terwijl voor het transport naar achterliggende deelgebieden nog voldoende druk aanwezig is.

8.2 Jaarlasten van de investeringen

Als de in paragraaf 8.1 genoemde voorzieningen worden omgezet in de jaarlasten ontstaan de volgende formules:

geval 1

$$K_{L1} = a \cdot \left(\frac{200}{L} \right)^{-0,313} \cdot \left(\frac{0,125}{3600} \right)^{0,563} \cdot \left\{ (q_B + q_C + \dots + q_Z)^{0,563} \cdot L_{ab} + (q_C + \dots + q_Z)^{0,563} \cdot L_{bc} + \dots + q_Z^{0,563} \cdot L_{yz} \right\}$$

$$K_{R1} = b \cdot (0,3 \cdot q)^{0,55}$$

$$K_{I1} = d \cdot \left(\frac{0,125}{3600} \cdot q \right)^{0,66}$$

geval 2

$$K_{L2} = a \cdot \left(\frac{0,125}{3600} \right)^{0,563} \cdot \left\{ \left(\frac{200}{L_{ab}} \right)^{-0,313} \cdot q_B^{0,563} \cdot L_{ab} + \left(\frac{200}{L_{ac}} \right)^{-0,313} \cdot q_C^{0,563} \cdot L_{ac} + \dots + \left(\frac{200}{L} \right)^{-0,313} \cdot q_Z^{0,563} \cdot L \right\}$$

$$K_{R2} = K_{R1}$$

$$K_{I2} = d \cdot \left(\frac{0,125}{3600} \right)^{0,66} \cdot (q_A^{0,66} + q_B^{0,66} + \dots + q_Z^{0,66})$$

geval 3

$$K_{L3} = \left(\frac{600:L}{200:L} \right)^{-0,313} \cdot K_{L1} \quad (\text{zie ook opm. einde paragraaf})$$

$$K_{R3} = K_{R1} = K_{R2}$$

$$K_{I3} = K_{I1} + K_{I2} - d \cdot \left(\frac{0,125}{3600} \cdot q_A \right)^{0,66}$$

$$K_{B3} = 10\,000 \text{ n}$$

geval 4

$$K_{L4} = \left(\frac{0,06}{0,125} \right)^{0,563} \cdot K_{L3}$$

$$K_{R4} = b \cdot 0,3^{0,55} \cdot (q_A^{0,55} + q_B^{0,56} + \dots + q_Z^{0,55})$$

$$K_{G4} = 0,3 \cdot c \cdot (q_B + q_C + \dots q_Z)$$

$$K_{I4} = K_{I2} - d \cdot \left(\frac{0,125}{3600} \cdot q_A \right)^{0,66} + d \cdot \left(\frac{0,125}{3600} \cdot q_A + \frac{0,06}{3600} \cdot q_B + \frac{0,06}{3600} \cdot q_C + \dots + \frac{0,06}{3600} \cdot q_Z \right)^{0,66}$$

$$K_{B4} = 10\,000 \text{ n}$$

Opm. In de berekeningen worden 600:L en 200:L beperkt tot 20 kPa/km (2 m wk/km) zie ook 7.3.

In geval 3 vervallen die installaties die dichter dan 10 km bij het productiepompstation liggen en leidt het zonder meer invullen van K_{I3} tot grote installatiekosten.

Deze formules zijn universeel toepasbaar. Als er minder deelgebieden zijn, worden de grootheden nul en gelden de formules voor het gekozen aantal deelgebieden. Zonder verdere aannamen is het niet mogelijk uit bovenstaande formules de meeste economische oplossing te bepalen. In de volgende paragraaf zullen enige voorbeelden worden uitgerekend.

8.3 Voorbeelden

Er zijn in de formules van 8.2 twee soorten variabelen te onderscheiden, namelijk:

- a. factoren die verband houden met de kosten van de investeringen (a,b,c en d);
- b. factoren die verband houden met het voorzieningsgebied (q,L en n).

Ad a.

De prijsfactoren bestaan in feite uit 4 grootheden, namelijk rente, afschrijvingstermijn, onderhoudspercentage en investeringsfactor. Vooral de rente is een onzekere factor aangezien deze voortdurend aan schommelingen onderhevig is. De overige factoren liggen redelijk vast en alleen de

investeringsfactor zal in de tijd geleidelijk stijgen.

Ad b.

Deze grootheden zullen van gebied tot gebied verschillen en zullen in sterke mate bepalend zijn voor de te maken investeringen.

Ten einde na te gaan wat de invloed van de volumestroom en de transportlengte is, is q gevarieerd tussen 5000 en 50000 m³/a en L tussen 5 en 50 km.

Bij transportafstanden tot 10 à 15 km doet de aanname in punt 7.3 van 200 à 250 kPa (20 à 25 m wk) drukverlies niet reëel aan. Uit het volgende blijkt, dat de conclusies hierdoor niet beïnvloed worden. Er zijn berekeningen uitgevoerd voor een onderverdeling in 2 en in 3 deelgebieden.

Zoals hierboven al is genoemd is de rente een onzekere factor, om de invloed hiervan te bekijken is de rente gevarieerd tussen de 6 % en 12 %.

De overige grootheden zijn niet gevarieerd en staan in onderstaande tabel vermeld.

omschrijving	investe- rings- factor	afschrij- vingster- mijn (jaren)	onderhouds- percentage %
transportleidingen	1.300*	50	1
berging (stalen tanks)	5.150	15**	2
grond	50	-	-
installaties	1.620.000	20	2
* $1300 = 630 \cdot 10,18^{(1,5:4,8)}$ (zie 6.2.1 en 6.2.2) ** deze termijn wordt vaak langer genomen; dit versterkt de conclusie (zie 9.1)			

De in de formules van 8.2 gebruikte prijs-
factoren zijn hieruit te bepalen door de
investeringsfactor te vermenigvuldigen met
de annuïteit + onderhoudspercentages.

Verder is aangenomen dat de deelgebieden
hetzelfde verbruik hebben en dat de af-
standen tussen de deelgebieden gelijk
zijn. Daar onderzocht wordt of het instel-
len van drukzones zinvol is uit economi-
sche overwegingen, is het zinvol de kosten
van de drukzoneoplossingen (gevallen 2, 3
en 4) te vergelijken met de drukzoneloze
oplossing (geval 1). Aangezien een concre-
te situatie voor een bepaald jaar wordt
bekeken, kan hier worden volstaan met het
vergelijken van de jaarlasten en behoeft
niet met de contante waardenmethode wor-

den gerekend, hetgeen tevens de noodzaak wegneemt om een periode vast te leggen waarover de kosten moeten worden bekeken. Voor de vergelijking worden de jaarkosten van de gevallen 2, 3 en 4 uitgedrukt in procenten van het vergelijkbare geval 1. Het resultaat hiervan is voor 2 deelgebieden weergegeven op bijlage 10 en voor 3 deelgebieden op bijlage 11.

De buigpunten die in deze grafieken optreden hebben uiteraard een duidelijke relatie met de aanname van een drukverlies van 20 kPa/km (2 m wk/km), en het beschikbare drukverlies van 200 kPa (20 m wk) voor het transport bij de oplossing zonder installaties in het voorzieningsgebied, respectievelijk met 600 kPa (60 m wk) voor de oplossing met installaties in het voorzieningsgebied.

De invloed van de rente en het debiet wordt weergegeven door de bandbreedte in de figuren en het blijkt dat deze invloed gering is. Het blijkt dat bij afstanden groter dan circa 15 km het instellen van drukzones aantrekkelijk is en dat indien in het voorzieningsgebied distributiepompstations worden gebouwd, de jaarlasten bij grotere afstanden slechts 60 à 75 % bedragen van de drukzoneloze oplossing.

Naarmate de afstanden groter worden, zullen de kosten van de distributienetten bij 3 drukzones duidelijk lager zijn dan die

bij 2 drukzones, zodat dan 3 drukzones aantrekkelijk kunnen worden. Uit praktische overwegingen is het gewenst om de verspreiding van installaties zoveel mogelijk te beperken. Het is daarom niet goed mogelijk om zonder verdere aannamen aan te geven wanneer 3 drukzones de voorkeur verdienen boven 2 drukzones.

9 SLOTOPMERKINGEN

9.1 Invloed prijsfactoren

Afgezien van de rente, die zoals uit 8.3 bleek binnen het onderzochte gebied weinig invloed op het resultaat heeft, zullen ook de andere componenten van de prijsfactor van invloed zijn op het resultaat. In onderstaande tabel is aangegeven welke invloed bepaalde veranderingen van de componenten hebben, bij gelijk blijven van de overige, op het instellen van drukzones wegens economische redenen.

onderwerp	investe- rings- factor		afschrij- vingster- mijn (jaren)		onderhouds- percentage %	
	groter	kleiner	groter	kleiner	groter	kleiner
transport- leidingen	+	-	-	+	+	-
berging	-	+	+	-	-	+
grond	-	+	nvt	nvt	nvt	nvt
installaties	-	+	+	-	-	+
+ op economische gronden sneller drukzones						
- op economische gronden minder snel drukzones						

In de tabel is de invloed van de bedieningskosten niet aangegeven, hoewel deze uiteraard ook enige invloed hebben. Bij het huidige loonpeil zitten deze kosten

echter in de marge en spelen slechts een geringe rol, zodat van invloed nauwelijks sprake is. Een andere belangrijke factor zijn de kosten die gemaakt moeten worden voor aansluiting op het elektriciteitsnet. Deze kunnen bij excentrische ligging van installaties in het voorzieningsgebied aanzienlijk zijn.

9.2 Invloed logische eenheden

In de formules is geen rekening gehouden met de logische uitbouw van reservoircapaciteit en installaties. In de praktijk zal de reservoirbouw meestal in bepaalde eenheden geschieden, terwijl ook de installatie meestal uit een aantal eenheden bestaat.

Dit betekent dat de versnipperingskosten lager zijn dan uit de formules volgt. Anderzijds is er in de berekeningen geen rekening mee gehouden dat de installaties in het voorzieningsgebied een overkapping behoeven. Aangenomen wordt dat bovengenoemde factoren tegen elkaar wegvallen. Transportleidingen zijn alleen in handelsmaten verkrijgbaar, het uit de formules bereikte resultaat moet dus worden afgerond op de eerstvolgende handelsmaat. Dit doet zich bij alle oplossingen voor en zal in zijn algemeenheid overal hetzelfde kosteneffect hebben.

9.3 Invloed energiekosten

Bij de vergelijking van de jaarkosten zijn de energiekosten buiten beschouwing gelaten. Aangezien het energieverbruik niet in alle alternatieven gelijk blijft, bestaat de vraag in hoeverre dit terecht is. In dit rapport behoeft alleen rekening gehouden te worden met de energie, benodigd voor het transport (produktiepompstation-klant), hetgeen slechts een deel is van het totale energieverbruik voor winning, zuivering en transport.

Het verschil in energieverbruik tussen de 4 gevallen wordt grotendeels bepaald door rendementsverschillen in pompen, verschillen in afleveringsdruk en uit stroomverliezen in de reservoirs.

Daar in alle gevallen het water onder een bepaalde druk bij de klant geleverd moet worden en over dezelfde afstand moet worden getransporteerd, lijkt in de huidige situatie, waarin de totale energiekosten 4 à 5 % van de waterprijs bedragen, het verwaarlozen van de energiekosten gerechtvaardigd. Slechts bij rigoureuze stijging van deze kosten kan het nodig zijn de energiekosten mee te nemen, hetgeen echter zoveel aannamen vraagt dat dan wel het algemene karakter van het rapport beperkt zal worden.

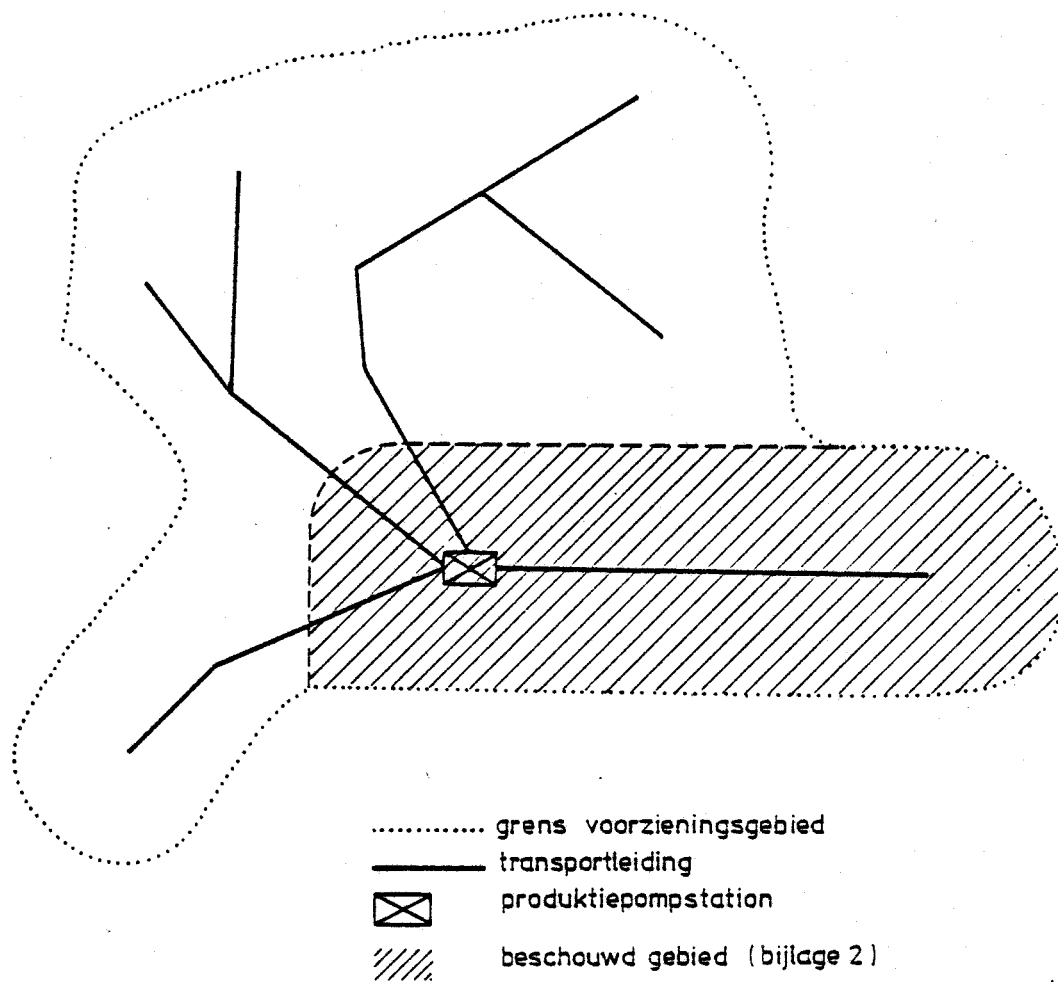
10 CONCLUSIES

Uit het model, waarbij is uitgegaan van geschematiseerde deelgebieden, allemaal met een zelfde verbruik, kan worden afgeleid dat het bij afstanden groter dan circa 15 km economisch aantrekkelijk kan zijn om over te gaan tot het instellen van drukzones. Binnen de gestelde aannamen kan bij het bouwen van een distributiepompstation een besparing van 40 % bereikt worden van de kosten van een drukzoneloze oplossing. Omdat de capaciteit van het distributiepompstation berekend is op het maximale uurverbruik zal bovendien het grootste deel van de tijd een reserve in het voorzieningsgebied aanwezig zijn en zal bij het optreden van calamiteiten (bijvoorbeeld breuk in de transportleiding) de waterlevering mogelijk enkele uren voortgezet kunnen worden. Ook het instellen van drukzones door middel van aanjaagstations is over het algemeen economisch aantrekkelijk, maar minder dan de bouw van een distributiepompstation en door het ontbreken van het reservoir biedt een aanjaagstation niet de mogelijkheid om calamiteiten in het transportnet te overbruggen. De berekeningen in dit rapport zijn gebaseerd op het uur met het maximale verbruik; hierbij hoort dan de uitgaande druk die maximaal is toegestaan, terwijl bij de afnemer nog

juist de vereiste minimumdruk gehaald wordt. Uit oogpunt van energieverbruik is het gedurende de overige tijd gewenst de uitgaande druk zo laag mogelijk te kiezen, uiteraard zodanig dat bij de afnemer altijd de minimumdruk beschikbaar is.

Een van de gunstige consequenties van de keuze van drukzones door middel van een distributiepompstation is dat de werken optimaal gefaseerd kunnen worden uitgevoerd. Indien voor een bepaald prognosejaar de verbruiken zijn bepaald en de daarbij behorende voorzieningen uitgerekend, dan zal de goedkoopste oplossing zijn, eerst de aanleg van de betreffende transportleiding, vervolgens de bouw van het aanjaagstation en als laatste de bouw van het reservoir (zie bijlage 12).

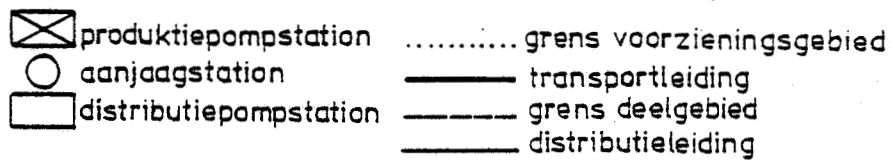
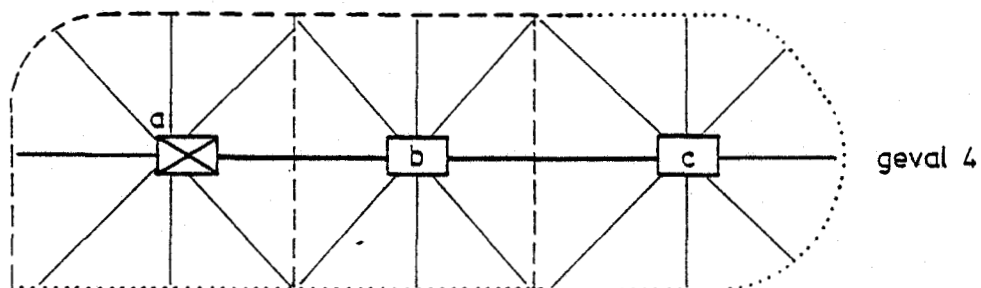
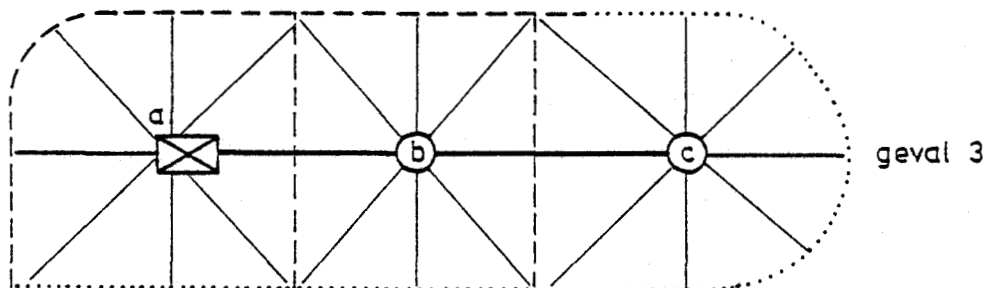
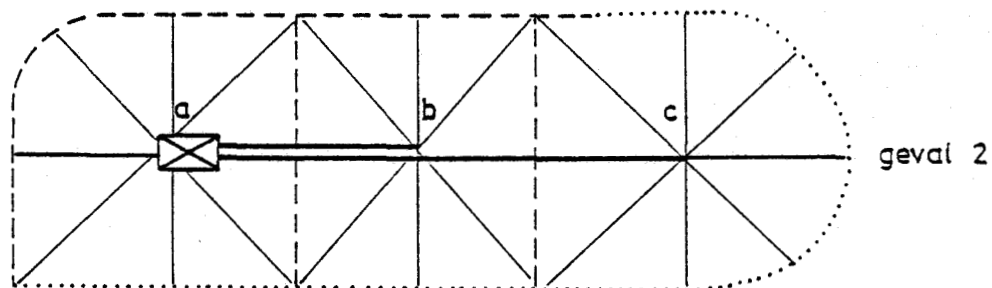
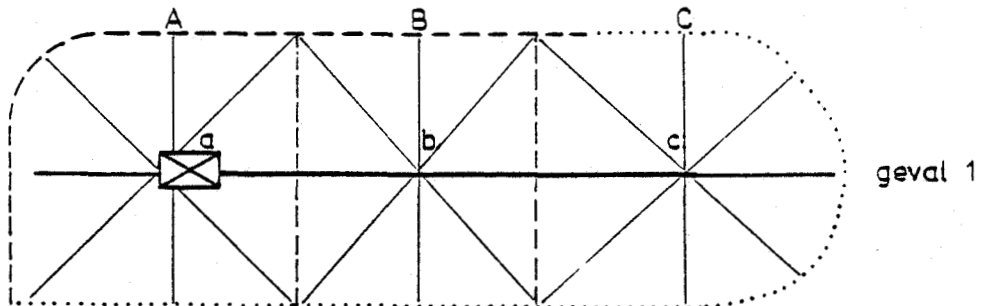
Blijven de ontwikkelingen achter bij de verwachtingen, dan kan er iets langer gewacht worden met de volgende fase. Gaan de ontwikkelingen sneller, dan zal de volgende fase eerder gerealiseerd dienen te worden.

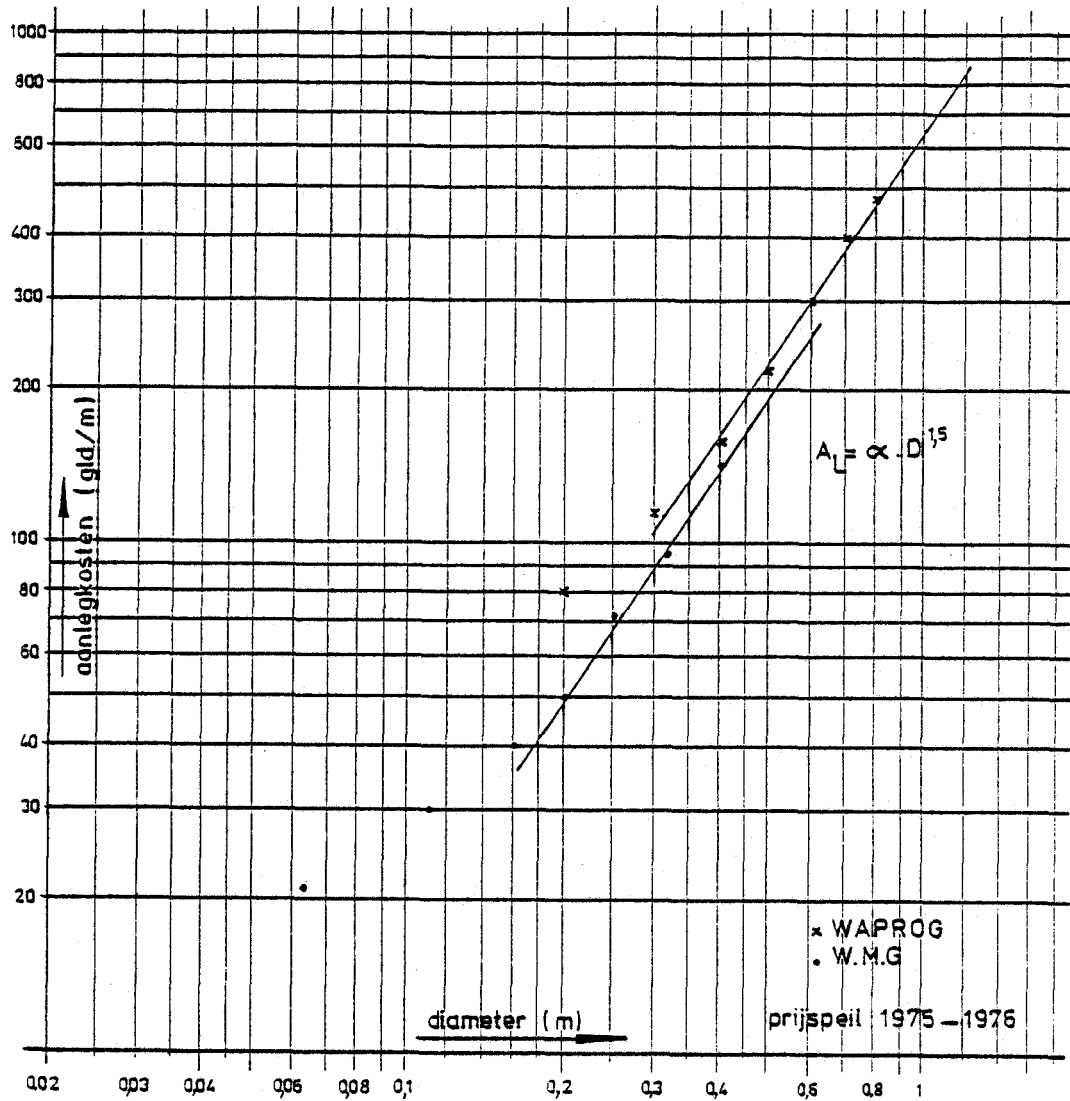


VOORZIENINGSGEBIED

bijlage 1

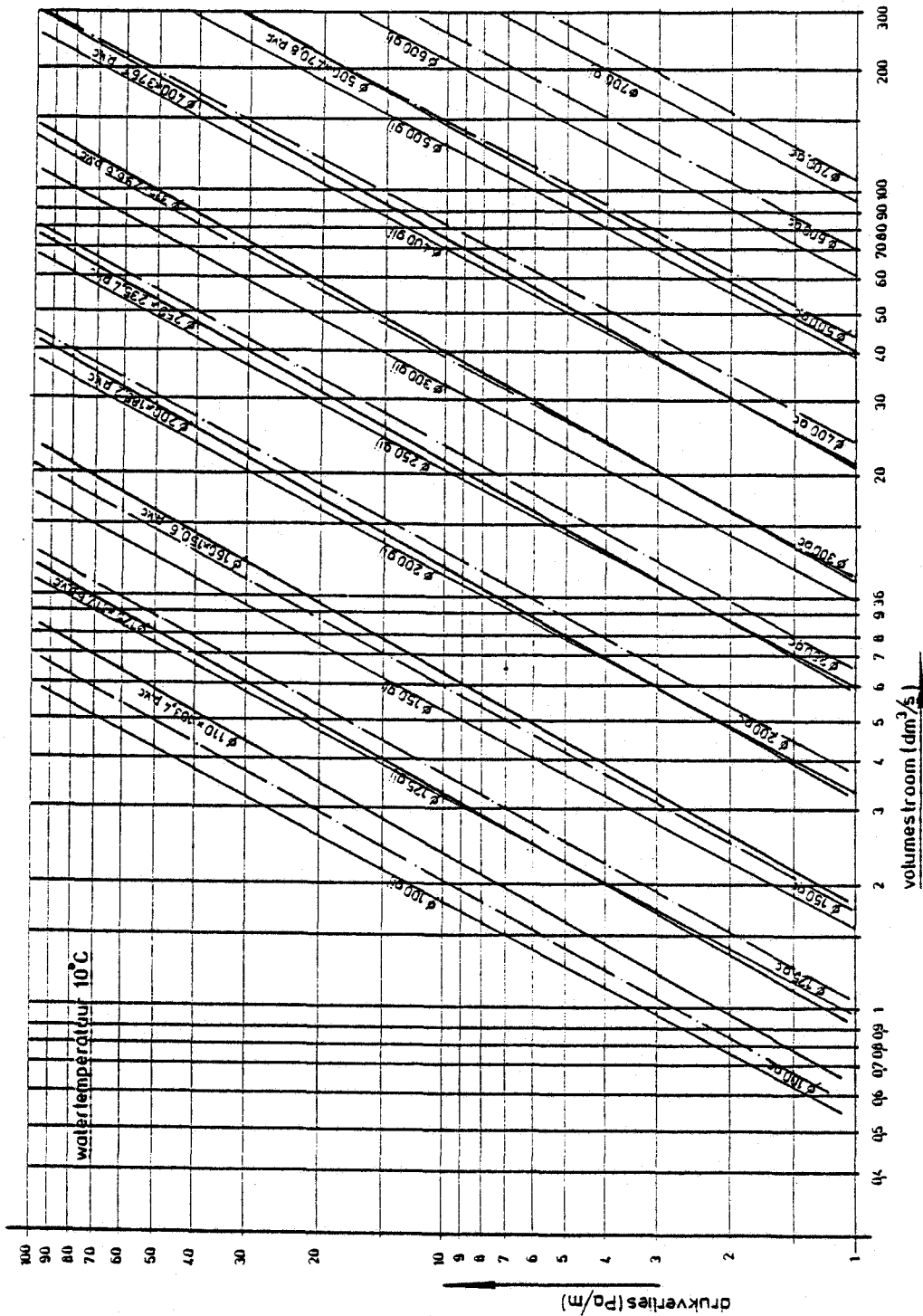
Deelgebied



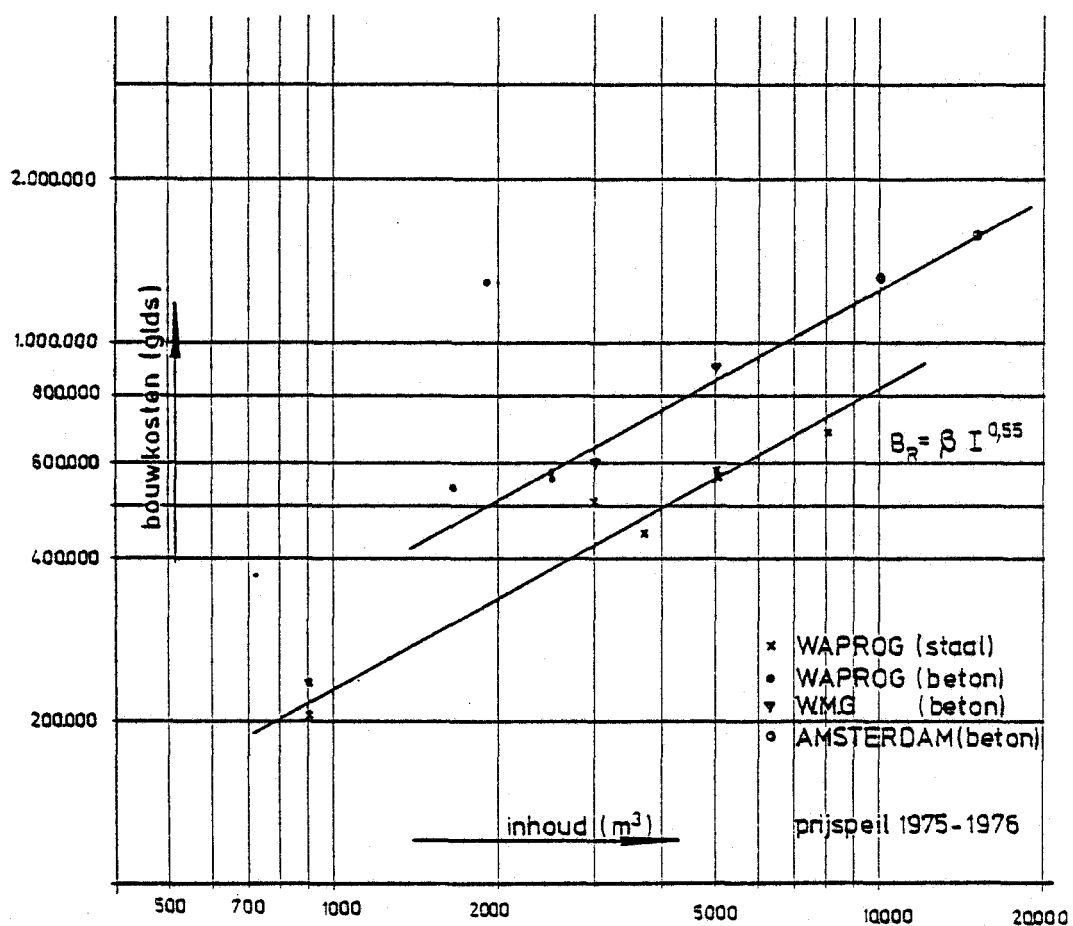


Aanlegkosten van transportleidingen

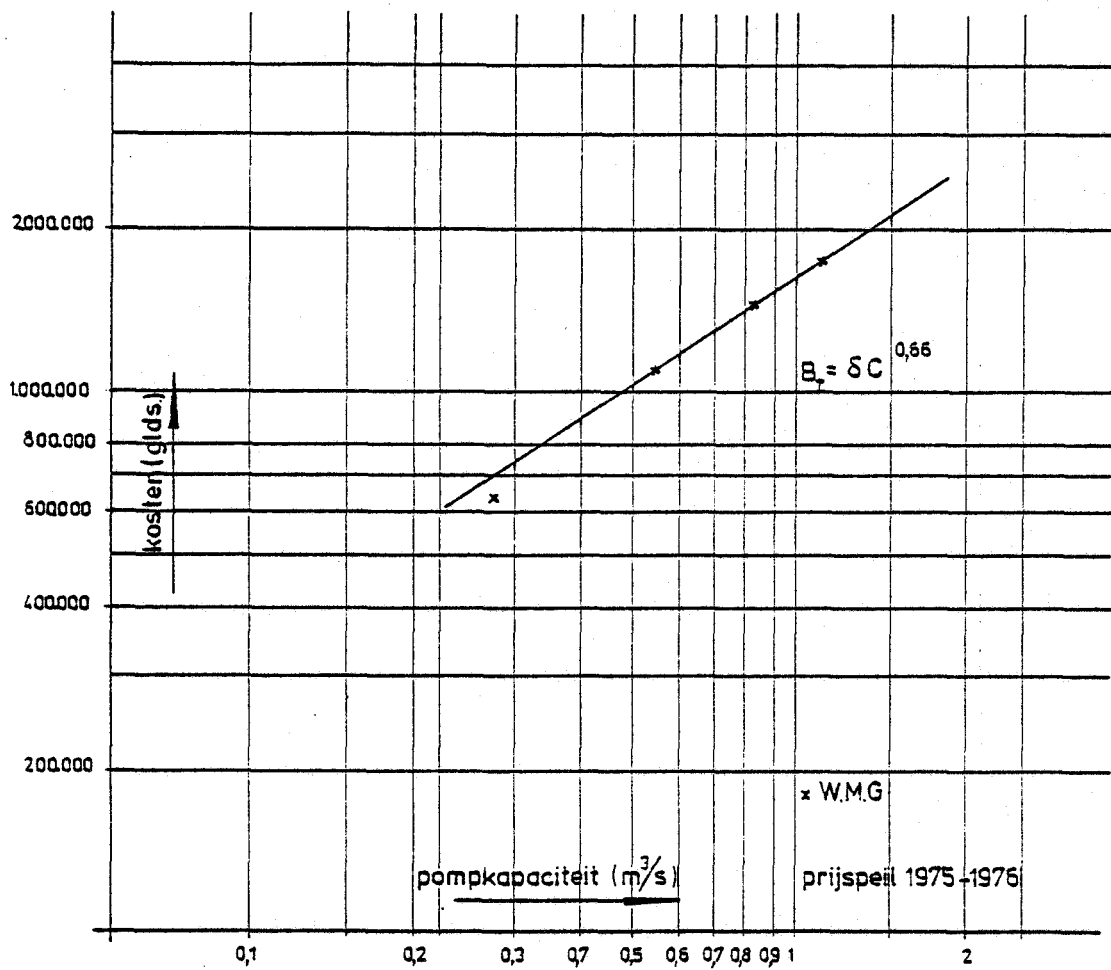
bijlage 3



DRUKVERLIES IN TRANSPORTLEIDINGEN



Bouwkosten reservoirs



Kosten van installatie

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	142	5.917 = $\frac{142}{24}$	4.167	18.17	18.17	25.80	25.80	0.00	-25.80	0.00	25.80

verklaring: n = aantal dagen van de beschouwde accumulatie-periode

q_i = maatgevend etmaalverbruik in % van het gemiddelde etmaal - verbruik q (zie tabel 2)

C_z = zuiveringskapaciteit

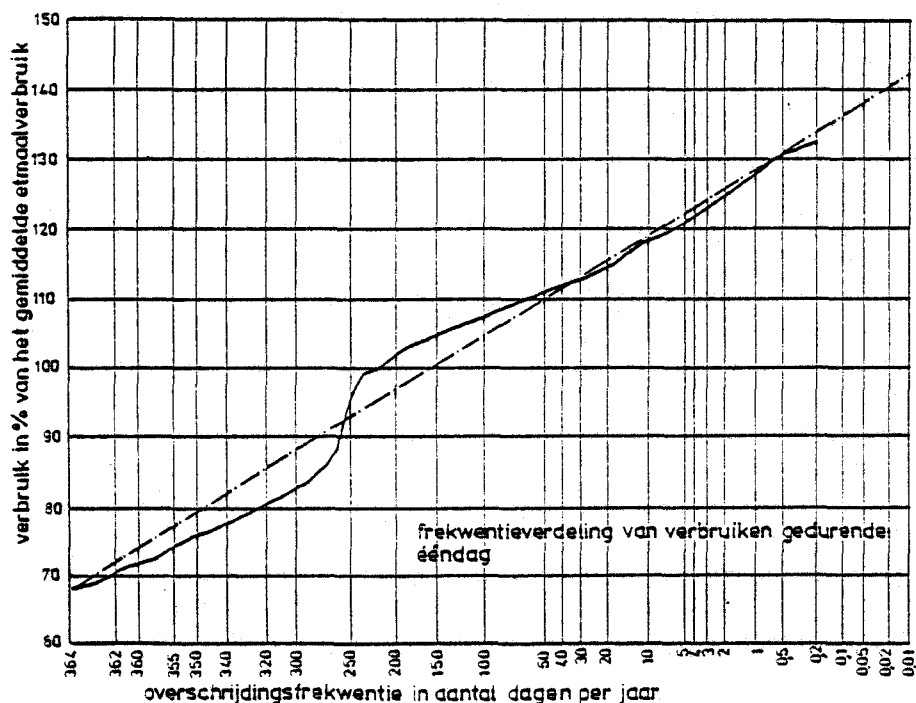
q = gemiddeld etmaalverbruik

I = benodigde reservoirinhoud per etmaal

V = aanwezige vulkapaciteit per etmaal

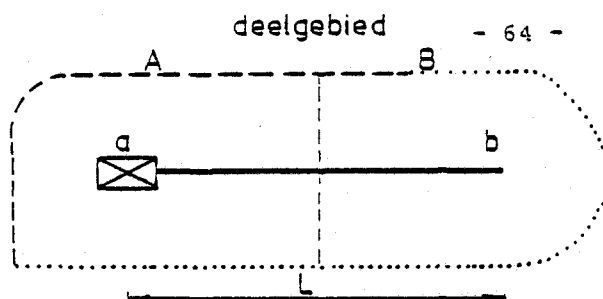
I_b = benodigde reservoirinhoud per periode, uitgedrukt in % van het gemiddelde etmaalverbruik q

- BEREKENING VAN DE BENODIGDE RESERVOIRINHOUD BIJ 1-DAAGSE ACCUMULATIE



(ontleend aan KIWA mededeling nr. 36 „plaats en capaciteit reinwaterkelder“)

Bepaling maximaal etmaal verbruik en benodigde berging



Omschrijving	benodigde capaciteit van de voorziening bij			
	geval 1	geval 2	geval 3	geval 4
berging (m ³)				
in a	0,3 q	0,3 q	0,3 q	0,3 q _A
in b				0,3 q _B
transport (m ³ /h)				
van a — b	0,125 q _B	0,125 q _B	0,125 q _B	0,06 q _B
drukverlies (Pa/m)	200/L	200/L	600/L	600/L
max. 20 Pa/m				
installatie (m ³ /h)				
in a	0,125 q	0,125 q _A 0,125 q _B	0,125 q	0,125 q _A + 0,06 q _B
in b			0,125 q _B	0,125 q _B
extra grondkosten	nee	nee	nee	ja
extra bedieningskosten.	nee	nee	ja	ja

Kapaciteiten van de voorzieningen bij 2 deelgebieden.

biilae 8

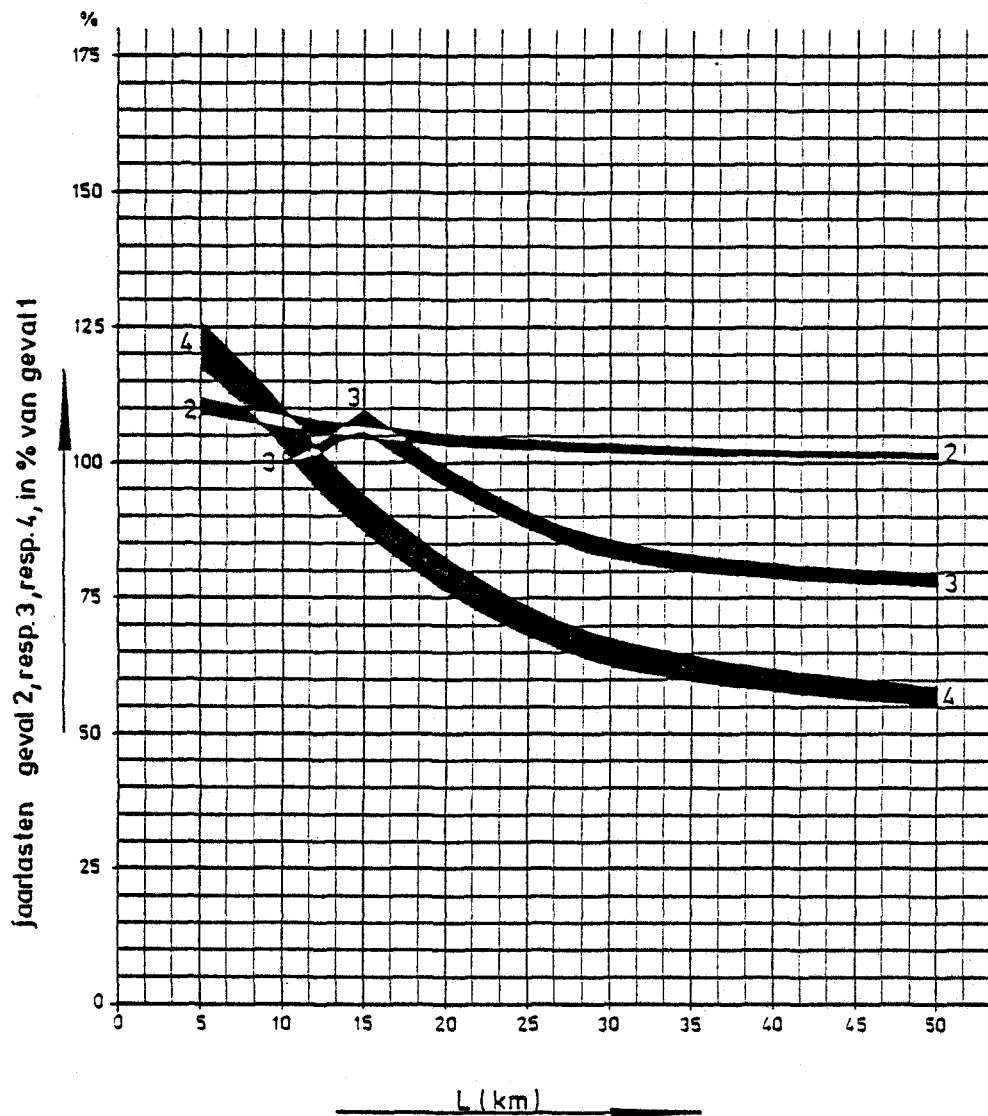
deelgebied

$q = q_A + q_B + q_C$

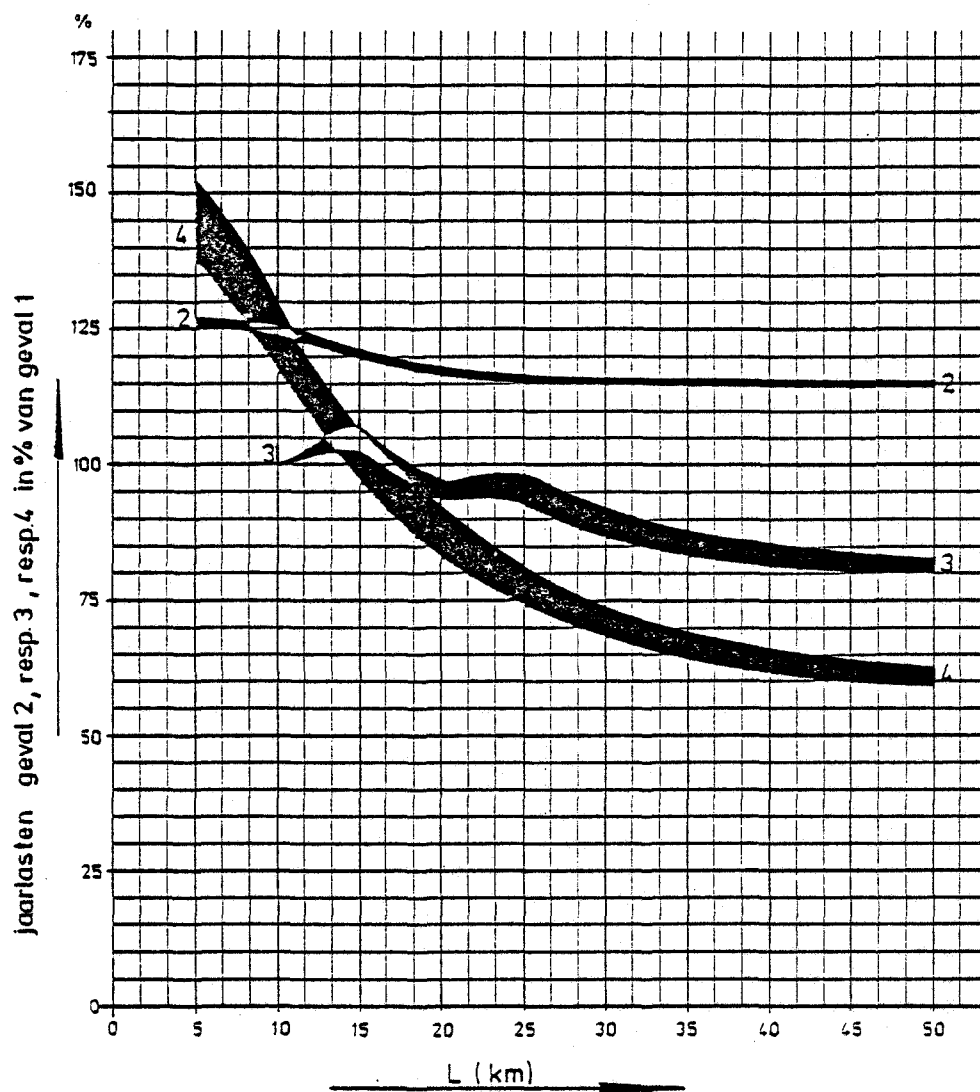
Omschrijving	benodigde capaciteit van de voorziening bij			
	geval 1	geval 2	geval 3	geval 4
berging (m ³)				
in a	0,3q	0,3q	0,3q	0,3 q _A
in b				0,3 q _B
in c				0,3 q _C
transport (m ³ /h)				
van a — b	0,125 (q _B + q _C)	0,125 q _B	0,125 (q _B + q _C)	0,06 (q _B + q _C)
b — c	0,125 q _C		0,125 q _C	0,06 q _C
a — c		0,125 q _C		
drukverlies (Pa/m)		tussen a en b		
max. 20 Pa/m	200/L	200/L _{ab}	600/L	600/L
installatie (m ³ /h)				
in a	0,125 q	0,125 q _A 0,125 q _B 0,125 q _C	0,125 q	0,125 q _A + 0,06 (q _B + q _C)
in b			0,125 q _B	0,125 q _B
in c			0,125 q _C	0,125 q _C
extra grondkosten	nee	nee	nee	ja
extra bedieningskosten	nee	nee	ja	ja

Kapaciteiten van de voorzieningen bij 3 deelgebieden

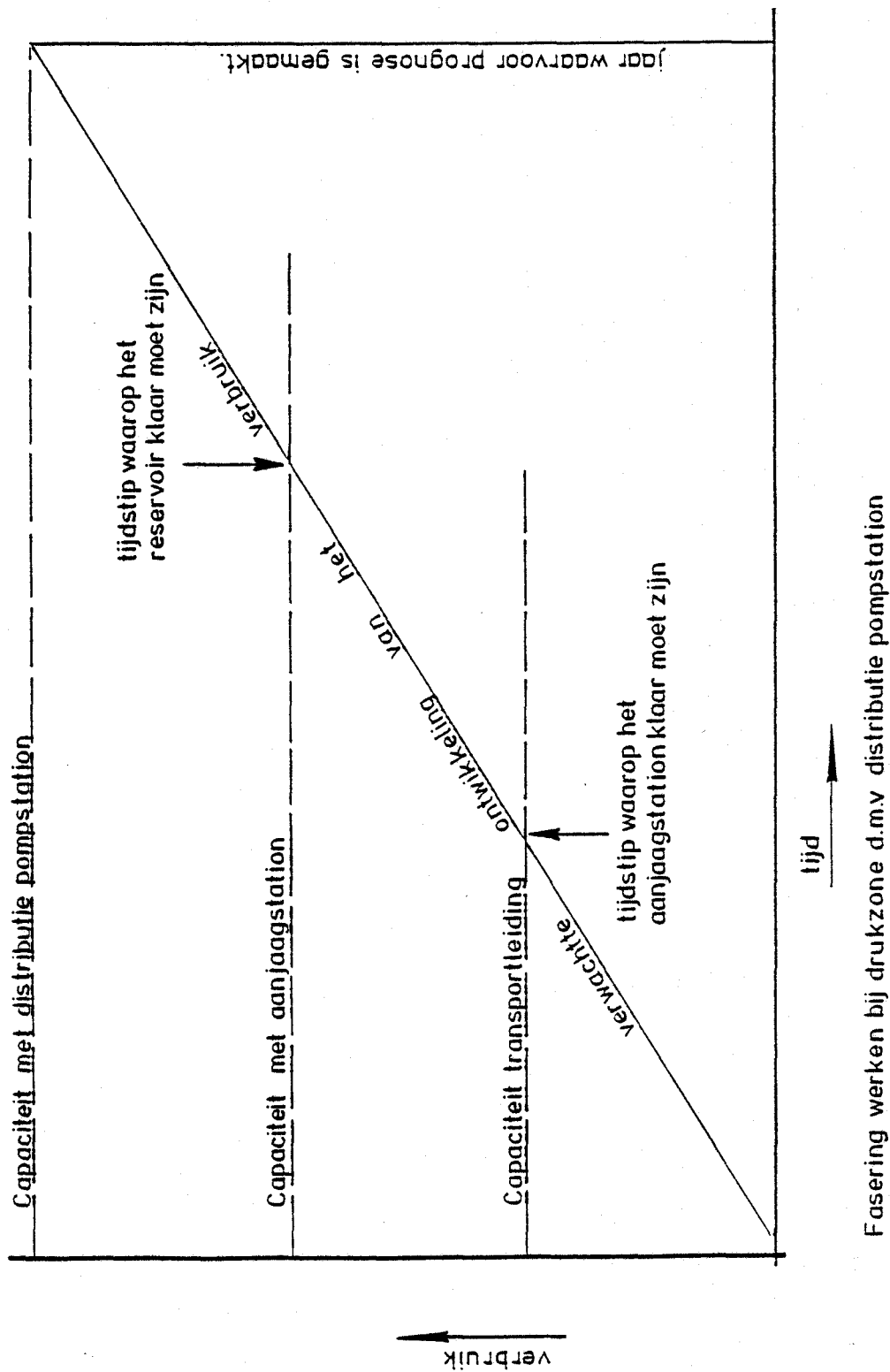
bijlage 9



Vergelijking jaarlaster bij 2 deelgebieden



Vergelijking jaarlasten bij 3 deelgebieden



SYMBOLLEN

A_L	aanlegkosten transportleiding	gld/m
A_G	aankoopkosten grond	gld
B_I	bouwkosten pompinstallaties	gld
B_R	bouwkosten reservoir	gld
C	pompcapaciteit	m^3/h
D	inwendige diameter transport- leiding	m
V	reservoirinhoud	m^3
K_B	kosten bediening	gld/a
K_G	kosten grond	gld/a
K_I	kosten pompinstallaties	gld/a
K_L	leidingkosten	gld/m.a
K_R	kosten reservoirs	gld/a
$365q_p$	verbruik van deelgebied P	m^3/a
q	volumestroom (debiet)	m^3/s
Δp_e	drukverlies	Pa/m
a, b, c, d	prijsfactoren	niet dimensieloos
n	aantal installaties in het voorzieningsgebied	
$\alpha, \beta, \gamma, \delta$	investeringsfactoren	niet dimensieloos
gld	gulden	
m	meter	
h	uur	
a	jaar	

Na het gereedkomen van het rapport zijn de eenheden aangepast aan "Het Internationale Stelsel van Eenheden". Voor de drukken is bij deze aanpassing over het algemeen de verhouding $1 \text{ m wk} = 10 \text{ kPa}$ gebruikt in plaats van $1 \text{ m wk} = 9,806 \text{ 65 kPa}$.