

NOTA 845

maart 1975

oor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

NN31545.0845

HET GEBRUIK VAN ALGEMENE FORMULES
VOOR DE BEPALING VAN DE AFVOER UIT
OVERSTORTHOOGTEN VAN STUWEN

J. Bon en H. Humbert

BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking

15N 263 142

INHOUD

	blz.
INLEIDING	1
TOEGEPASTE FORMULES	2
FOUTENBRONNEN	2
GEGEVENS VAN GEIJKTE STUWEN	3
SAMENVATTING	11
LITERATUUR	12

INLEIDING

Er zijn vele redenen voor de noodzakelijkheid van het kennen van afvoeren van een leidingstelsel. Voor het beoordelen van de noodzaak van verbeteringen is het nodig om de afvoer op bepaalde punten in het leidingnet te kennen om te kunnen beoordelen of de dimensionering van de leidingen en kunstwerken voldoende is.

Ook wanneer een beekverbeteringsplan is uitgevoerd, is het meten van afvoeren nodig, om na te gaan of bij de gestelde hoogwaterpeilen de maatgevende afvoer ook werkelijk wordt bereikt. Hieruit is na te gaan of de gehanteerde ontwerpnormen juist geweest zijn. Ook kan dan worden nagegaan of bij hoge afvoeren de stroomsnelheden niet zodanig zijn, dat beschadiging door erosie of taludafschuivingen op gaat treden. De afvoer karakteristiek kan tevens een indruk geven in hoeverre onderhoud noodzakelijk is.

Afvoermetingen zijn ook van belang om te kunnen oordelen over de gevolgen van vervuiling van het open water, door bijvoorbeeld lozing van afvalstoffen en over de verplaatsing van bijvoorbeeld chemische onkruidbestrijding.

Waterleidingmaatschappijen zijn geïnteresseerd in de hoeveelheid neerslag die naar de ondergrond wegzakt als aanvulling van het grondwater. Daarvoor dient men behalve de neerslag en de verdamping ook de afvoer uit het gebied te kennen.

Het meten van afvoeren in een stroomgebied zal meestal op eenzelfde dag op een zo groot mogelijk aantal meetpunten plaatshebben. Dit houdt in, dat men in een zo kort mogelijke tijd zo veel mogelijk gegevens moet verzamelen. Hierdoor moet het meetinstrumentarium eenvoudig hanteerbaar zijn.

In deze nota is nagegaan, of het opzetten van aparte meetpunten nodig is, daar dit veelal een kostbare en tijdrovende zaak is. In de praktijk zal men dan ook zoveel mogelijk bij stuwen gaan meten.

TOEGEPASTE FORMULES

Met een overstort-hoogtemeter zoals die door BON (1965) werd beschreven, kan de afvoer over een stuw eenvoudig worden bepaald. Om het construeren van de gehele Q-h kromme te vermijden zal voor de berekening van de afvoer veelal worden uitgegaan van 'standaard'-formules die voor de stuwen zijn afgeleid. Voor de Romijn-stuw met korte overlaat geldt:

$$Q = 1.705 \cdot C \cdot B \cdot h^{1,5}, \text{ waarin}$$

$$Q = \text{afvoer (m}^3/\text{sec)}$$

$$B = \text{overstortbreedte (m)}$$

$$h = \text{overstorthoogte t. o. v. de kruin (m)}$$

$$C = \text{afvoercoëfficiënt voor de korte overlaat (m}^{\frac{1}{2}}/\text{sec)}$$

De coëfficiënt C omvat alle invloeden tengevolge van inloop-, insnoerings- en wrijvingsverliezen, de zijdelingse contractie en de krommingen van de stroomlijnen. De waarde van C varieert tussen 0,85 en 1,55.

Hoewel bekend is dat de waarden van bovengenoemde factoren afhangen van de soort stuw, de klepstanden en de afvoerhoeveelheid zelf, is het voor de praktijk vrijwel ondoenlijk om voor iedere stuw een ijk-curve te bepalen, omdat hiervoor vrij uitgebreide en kostbare metingen moeten worden uitgevoerd. Men kan zich dan ook afvragen welke fouten men maakt, wanneer bij de berekening van de afvoer wordt uitgegaan van de algemene formule.

In de praktijk wordt daarom voor de waarde van C voor stuwen met een scherpe kruin meestal de waarde 1.055 toegepast, voor stuwen met een parabolisch gebogen kruin de waarde 1.114. De standaardformule wordt dan

$$Q = 1.8 B h^{1.5} \text{ of } Q = 1.9 B h^{1.5}$$

FOUTENBRONNEN

Bij de meting van de overstorthoogte kunnen fouten worden gemaakt. Hoewel deze in millimeters kan worden afgelezen, krijgt men toch verschillende uitkomsten bij het meten op eenzelfde plaats op

de stuw. Door de wind veroorzaakte golven en opspattend water kunnen de oorzaak zijn van de verschillende meetwaarden. Hoe groot deze fout in werkelijkheid is, valt niet vast te stellen, doch hij kan tot 5 mm oplopen al naar gelang de plaatselijke situatie. Bij geringe afvoeren kan dan de procentuele fout vrij groot zijn, doch voor de afvoer uitgedrukt in liters maakt het niet veel uit. Bij hoge afvoeren kan een vrij grote fout in de bepaling van de aantallen liters voorkomen, doch dan is de fout als percentage van de totale afvoer klein.

Bij de berekening van de afvoerhoeveelheden per ha stroomgebied kan weer een fout insluipen. Behalve onnauwkeurigheden in de kaarten doet zich hier het feit gelden, dat in ons licht hellende land waterscheidingen moeilijk zijn te bepalen. Dit wordt nog moeilijker wanneer men met onderdelen van een stroomgebied gaat werken. Wanneer de afvoer wordt uitgedrukt in $m^3/sec.ha$, dan komt deze fout pas tot uiting in de tweede of derde decimaal. Voor oppervlakten kleiner dan enkele honderden ha kan de fout echter zeer aanzienlijk worden. Wordt de afvoer uitgedrukt in mm, dan komt de eventuele fout echter weer nauwelijks tot uiting.

Voor de bepaling van een waterbalans bijvoorbeeld ten behoeve van de waterleidingmaatschappijen maakt men veelal gebruik van dag-, maand- of jaarafvoeren die berekend worden uit geregistreerde of gemeten peilen. Bij hoge afvoeren zal de fout in de berekende afvoer procentueel klein zijn, doch in aantallen liters per sec. groot. Uitgedrukt in m^3 kan de fout in de jaarafvoer aanzienlijk zijn.

Ondanks de bovengenoemde aspecten is het belangrijk een inzicht te hebben in de fouten die gemaakt kunnen worden bij de berekening van de afvoer uit overstorthoogten, door toepassing van een voor de stuw geldende theoretische formule.

GEGEVENS VAN GEIJKTE STUWEN

In de praktijk worden stuwen geijkt door deze eerst in model na te bouwen in een laboratorium. Hierdoor kan men onder ideale omstandigheden de metingen uitvoeren, terwijl dit in het veld vaak moeilijk is. Via deze schaalmodellen kan men bepalen welke factoren en exponenten in de formule gelden voor de desbetreffende stuw,

de verschillende klepstanden en toevoercondities naar de stuw.

Zo is op verzoek van het waterschap door het Waterloopkundig Laboratorium te Wageningen een model van de stuw in de Dommel bij Sint Michelsgestel gebouwd (Waterloopkundig Laboratorium, 1973). De stuw heeft drie kleppen van 5,01 m breedte. In sommige gevallen kan gestuwde afvoer optreden bij verdronken kleppen.

De ijking van de stuw heeft plaatsgevonden met drie kleppen in werking en een vrije overstort, met twee kleppen en met alleen de middelste klep in werking. Ook bij gestuwde afvoer zijn metingen verricht.

Voor deze beschouwing werden alleen de uitkomsten bekeken van de afvoer bij drie kleppen in werking. Bij het model werden overstort-hoogten gemeten tussen $h = 0,20$ m en $h = 2,10$ m. Bij de ijking werd de afvoer bij toenemende overstorten en bij acht verschillende klephoeken (α) gemeten. Bij iedere gemeten klephoek werden de afvoercoëfficiënt C en de exponent van h berekend. De exponent bleek groter te zijn dan 1,5.

Past men de algemeen gebruikte afvoerformule $Q = 1,9 B h^{1,5}$ toe bij de gemeten overstorten, dan blijkt dat bij 30 tot 40 cm en α -waarden van $\pm 60^\circ$ de uitkomsten vrij dicht bij elkaar liggen. Bij steilere klepstanden ($\alpha < 45^\circ$) geeft deze algemene formule hogere afvoeren aan dan de gemeten waarden. Bij plattere klepstanden worden lagere afvoeren bepaald.

Bij de acht verschillende klephoeken werd het verband tussen de afvoer en de overstorthoogte bepaald (tabel 1).

Tabel 1. Afvoerformules behorende bij verschillende klephoeken

$\alpha = 41^\circ 15'$	$Q_1 = 32,42 h^{1,672}$	$\alpha = 63^\circ 45'$	$Q_6 = 32,43 h^{1,596}$
$\alpha = 45^\circ$	$Q_2 = 32,67 h^{1,667}$	$\alpha = 71^\circ 15'$	$Q_7 = 32,02 h^{1,524}$
$\alpha = 48^\circ 45'$	$Q_3 = 32,31 h^{1,6565}$	$\alpha = 74^\circ 01'$	$Q_8 = 31,83 h^{1,526}$
$\alpha = 52^\circ 30'$	$Q_4 = 32,49 h^{1,649}$	$(1,9 B h^{1,5})$	$Q_9 = 28,56 h^{1,5}$
$\alpha = 60^\circ$	$Q_5 = 32,50 h^{1,605}$	$(1,8 B h^{1,5})$	$Q_{10} = 27,05 h^{1,5}$
		$(1,705 B h^{1,5})$	$Q_{11} = 25,63 h^{1,5}$

De formules Q_9 en Q_{10} zijn de algemeen gebruikte formules, die in de praktijk worden toegepast respectievelijk voor stuwen met afge-

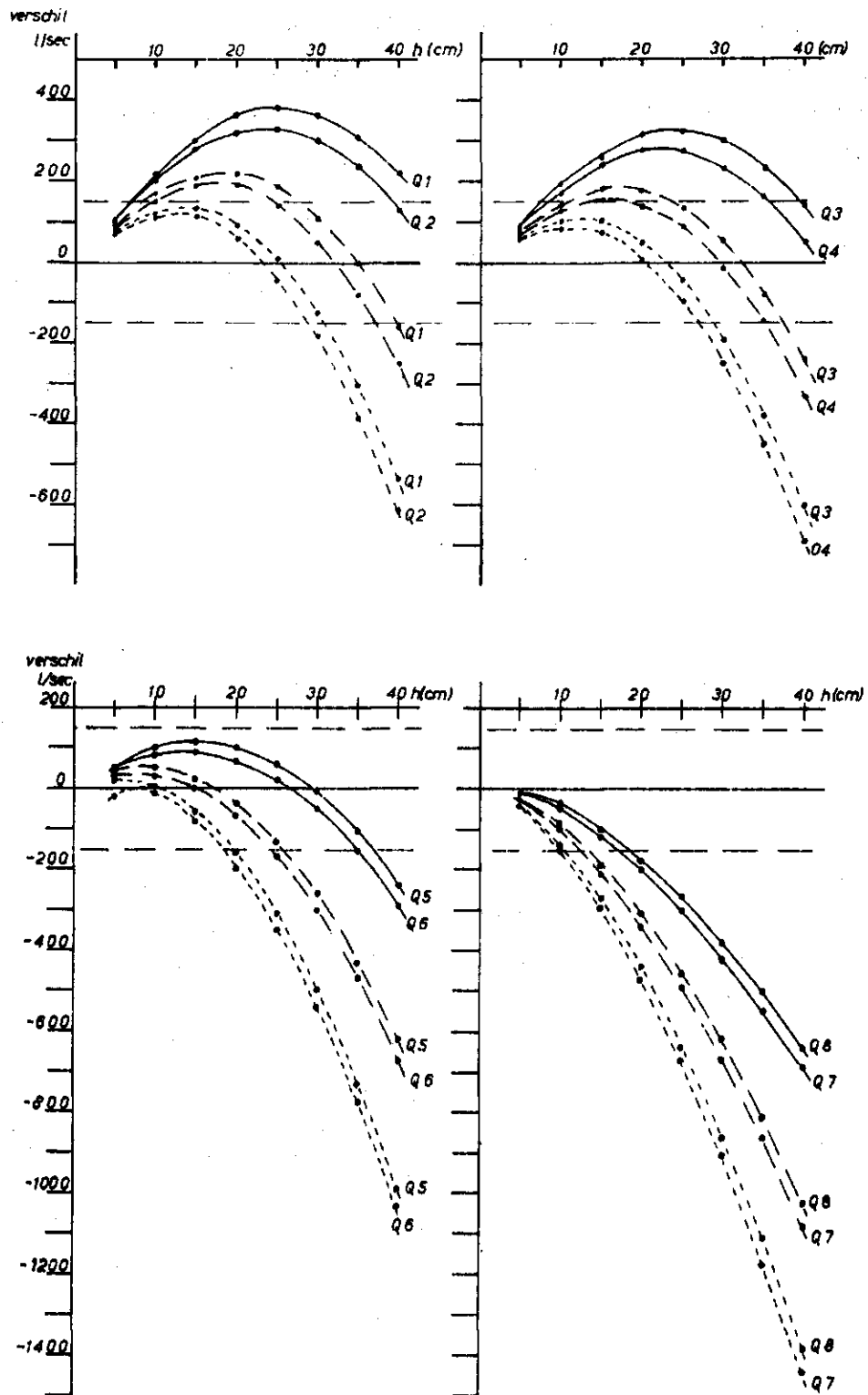


Fig. 1. Afvoerverschillen in m^3/sec tussen de afvoer berekend met de formules Q_9 —, Q_{10} — — en Q_{11} en die met de formules Q_1 t/m Q_8

ronde parabolische klepranden en met scherpere klepranden. Formule Q_{11} is een extra toevoeging omdat de berekende afvoer bij kleine overstorten de kleinste afwijking geeft ten opzichte van de berekende afvoeren.

Wanneer bovenstaande formules worden geëxtrapoleerd naar waarden van h kleiner dan 20 cm, dan krijgt men de volgende afvoeren (tabel 2).

Tabel 2. Afvoeren in m^3/sec bij variërende klephoeken en overstorten

h (m) formule	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	α
Q_1	0,22 ^x	0,69 ^x	1,36 ^x	2,20	3,19	4,33	5,60	7,01	41° 15'
Q_2	0,22 ^x	0,70 ^x	1,38 ^x	2,23	3,24	4,39	5,68	7,09	45°
Q_3	0,23 ^x	0,71 ^x	1,39 ^x	2,25	3,25	4,40	5,68	7,08	48° 45'
Q_4	0,23 ^x	0,73 ^x	1,42 ^x	2,29	3,30	4,46	5,75	7,17	52° 30'
Q_5	0,27 ^x	0,81 ^x	1,55 ^x	2,45	3,51	4,71	6,03	7,47	60°
Q_6	0,27 ^x	0,82 ^x	1,57 ^x	2,49	3,55	4,75	6,07	7,51	63° 45'
Q_7	0,33 ^x	0,96 ^x	1,78 ^x	2,76	3,87	5,11	6,47	7,92	71° 15'
Q_8	0,33 ^x	0,95 ^x	1,76 ^x	2,73	3,84	5,07	6,41	7,86	74° 01'
Q_9	0,32	0,90	1,66	2,55	3,57	4,69	5,91	7,23	
Q_{10}	0,30	0,86	1,57	2,42	3,38	4,44	5,60	6,84	
Q_{11}	0,29	0,81	1,49	2,29	3,20	4,21	5,30	6,48	

De met x aangegeven waarden liggen buiten het meetbereik van de ijking.

Uit tabel 2 blijkt duidelijk dat de algemene formules Q_9 , Q_{10} en Q_{11} bij kleine overstorten en kleine α -waarden te grote afvoeren geven en bij grotere overstorten en grotere α te kleine. De grootste van de verschillen (m^3/sec) voor de verschillende klepstanden staan in fig. 1 weergegeven.

Wanneer bij deze grote stuw een verschil van 150 l/sec toelaatbaar wordt geacht bij een stuwbreedte van 15 m, dan komt dit neer op een hoeveelheid van 10 l/sec per strekkende meter. In de praktijk wordt veelal gemeten over stuwen van 1 tot 3 m breedte. Stuwen van 2 m breedte hebben al gauw een achterland van 1000 ha. Bij een fout van 10 l/sec wordt in de afvoerfactor dan een fout gemaakt van

0,02 l/sec. ha hetgeen zeer gering is. In fig. 1 zijn deze 150 l/sec-lijnen aangegeven. De punten die binnen deze 150⁺ en 150⁻ lijnen liggen kunnen dan met de algemene formules worden berekend. Zo kan formule Q₁₁ worden toegepast voor alle klepstanden en bij overstorten tot 10 cm, doch bij de klepstanden 7 en 8 is de gemaakte fout bij toepassing van formule Q₉ kleiner dan die van formule Q₁₁.

form	overstorthoogte h (m)								klephoek
	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	
1									41° 15'
2									45°
3									48° 45'
4									52° 30'
5									60°
6									63° 45'
7									71° 15'
8									74° 01'

Fig. 2. Trajecten waarover de afvoer van de Dommel bij Sint Michels-gestel berekend kan worden met de formules Q₉ ≡, Q₁₀ // en Q₁₁ ||||, waarbij een maximale fout gemaakt kan worden van 150 l/sec t. o. v. de berekende ijkingsformules Q₁ t/m Q₈

In fig. 2 zijn de trajecten aangegeven waarvoor de afvoer voor deze stuw in de Dommel berekend kan worden met een maximale fout van 150 l/sec bij toepassing van de formules Q₉, Q₁₀ en Q₁₁. Slechts voor twee gevallen is de grens bij 160 l/sec gelegd en wel voor formule Q₁₀ (h = 0,4 en α = 41° 15') en voor formule Q₉ (h = 0,35 en α = 60°).

Wanneer in plaats van de absolute waarden van de fouten de foutenpercentages worden genomen die worden gemaakt bij toepassing van de theoretische formules, dan blijkt dat deze bij kleine overstort-

hoogten en kleine klephoeken zeer groot zijn. Omgekeerd worden de percentages bij grote klephoeken en grotere overstorten vrij gering. Om de juiste afvoer te verkrijgen dienen de waarden die met de formules Q_9 , Q_{10} en Q_{11} worden berekend dan ook door een bepaalde factor gedeeld te worden. Deze factor staat in tabel 3 voor de acht verschillende klephoeken weergegeven.

Tabel 3. Factoren waardoor de berekende waarden volgens de formules Q_9 , Q_{10} en Q_{11} moeten worden gedeeld om de werkelijke afvoer te verkrijgen

$Q_1 \quad \alpha = 41^\circ 15'$									$Q_2 \quad \alpha = 45^\circ$								
h (cm)	5	10	15	20	25	30	35	40	5	10	15	20	25	30	35	40	
Q_9	1,45	1,30	1,22	1,16	1,12	1,08	1,06	1,03	1,45	1,29	1,20	1,14	1,10	1,07	1,04	1,02	
Q_{10}	1,36	1,25	1,15	1,10	1,06	1,03	1,00	0,98	1,36	1,23	1,14	1,08	1,04	1,01	0,99	0,96	
Q_{11}	1,32	1,17	1,10	1,04	1,00	0,97	0,95	0,92	1,32	1,16	1,08	1,03	0,99	0,96	0,93	0,91	
$Q_3 \quad \alpha = 48^\circ 45'$									$Q_4 \quad \alpha = 52^\circ 30'$								
Q_9	1,39	1,27	1,19	1,13	1,10	1,07	1,04	1,02	1,39	1,23	1,17	1,11	1,08	1,05	1,03	1,01	
Q_{10}	1,30	1,21	1,13	1,08	1,04	1,01	0,99	0,97	1,30	1,18	1,11	1,06	1,02	1,00	0,97	0,95	
Q_{11}	1,26	1,14	1,07	1,02	0,98	0,96	0,93	0,92	1,26	1,11	1,05	1,00	0,97	0,94	0,92	0,90	
$Q_5 \quad \alpha = 60^\circ$									$Q_6 \quad \alpha = 63^\circ 45'$								
Q_9	1,19	1,11	1,07	1,04	1,02	1,00	0,98	0,97	1,19	1,10	1,06	1,02	1,01	0,99	0,97	0,96	
Q_{10}	1,11	1,06	1,01	0,99	0,96	0,94	0,93	0,92	1,11	1,05	1,00	0,97	0,95	0,93	0,92	0,91	
Q_{11}	1,07	1,00	0,96	0,93	0,91	0,89	0,87	0,87	1,07	0,99	0,95	0,92	0,90	0,87	0,87	0,86	
$Q_7 \quad \alpha = 71^\circ 15'$									$Q_8 \quad \alpha = 74^\circ 01'$								
Q_9	0,97	0,94	0,93	0,92	0,92	0,92	0,91	0,91	0,97	0,95	0,94	0,93	0,93	0,93	0,92	0,92	
Q_{10}	0,91	0,90	0,88	0,88	0,87	0,87	0,87	0,86	0,91	0,91	0,89	0,87	0,88	0,88	0,87	0,87	
Q_{11}	0,88	0,84	0,84	0,83	0,83	0,82	0,82	0,82	0,88	0,85	0,85	0,84	0,83	0,83	0,83	0,82	

Uit de tabel blijkt dat de afvoeren volgens formule Q_{11} bij kleine klephoeken een geringere procentuele afwijking ten opzichte van de werkelijke afvoer heeft dan de afvoer berekend met de formules Q_9 en Q_{10} . Bij de grotere klephoeken is het juist andersom.

Uit andere metingen van het hydraulica laboratorium van de Landbouwhogeschool is o. a. het volgende gebleken.

Uit de ijking van de stuw Marmelhorst in de Keijzersbeek, met

een breedte van 6 m en een halfafgeronde kruin, bleek voor de niet gestuwde afvoer een eenduidige relatie te bestaan tussen het debiet en de overstorthoogte voor klepstanden van minder dan 60° en afvoeren groter dan $2 \text{ m}^3/\text{sec}$. Deze relatie is: $Q = 1,705 \times 1,302 \times B \times h^{1,5} = 2,21994 \cdot B \cdot h^{1,5}$ (Hydr. Lab. 1969, nota 10).

Bij de lichtgebogen metalen klep met scherpe kruin bij stuw I in het Overijssels kanaal bij Heino met een breedte van 6 m, werd de relatie tussen de overstorthoogte en het debiet gevonden als $Q = ABh^{1,5}$, waarbij bleek dat de factor A afhankelijk is van de klephoek (Hydr. Lab. 1973, nota 27).

Zo werden voor A bij vijf klephoeken de volgende waarden gevonden:

klephoek	A-waarde	klephoek	A-waarde
30°	2,056	75°	2,0045
45°	2,085	82°	1,9402
60°	2,099		

Voor de stuw in de Zandwetering bij Diepenveen werd de relatie $Q = A \cdot B \cdot h^{1,6766}$ gevonden, waarbij A ook hier afhankelijk is van de klephoek. De klep is 4 m breed en heeft een gebogen stalen kruin (Hydr. Lab. 1973, nota 28).

Uit een vergelijkend onderzoek van een vijftal stuwen bleek dat zowel de factor A als de exponent van h bij verschillende klephoeken veranderen. De exponent wijkt bij scherpe kruinen weinig af van de theoretische waarde (1,5). In de overige gevallen bepaalt de kruinvorm het stromingsbeeld en daardoor de exponent van h (Hydr. Lab. 1974, nota 29). Het onderzoek betreft hier de stuwen bij Beekvliet (Groenlosche Slinge, 5 m breed), bij Boskamp (Zandwetering, 2x2,5 m breed), bij Diepenveen (Zandwetering, 4 m breed), Sluis I Heino (Overijsselskanaal, 6 m breed) en Sluis III Lemelerveld (Overijsselskanaal, 2x3,5 m breed).

Opgemerkt kan worden dat in twee gevallen de stuwklep wel op schaal werd nagebootst (Boskamp en sluis III), doch werd geplaatst in een aanvoerkanal van een andere klepstuw. Bovendien hebben recente onderzoekingen aangetoond, dat bij sterke schaalverkleiningen (1 : 10 en 1 : 12) een toenemende afwijking in de uitkomsten van de

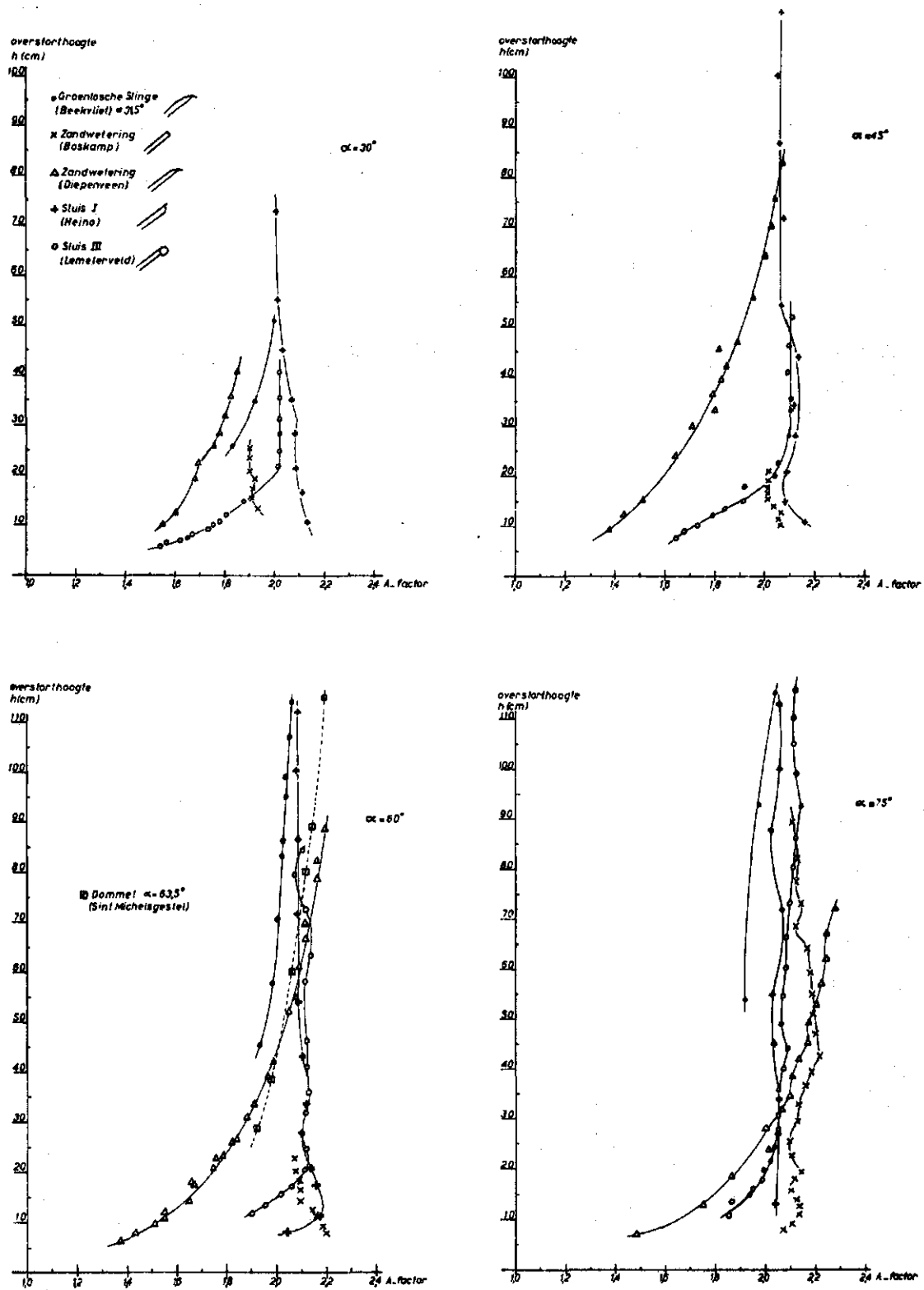


Fig. 3. Het verband tussen de overstore hoogte h en de factor A uit de formule $Q = A \cdot B \cdot h^x$ bij een vijftal klepstuwen onder verschillende klephoeken α

factor C kunnen worden verwacht.

Uit deze nota bleek het verband tussen de klephoek α en de gemiddelde exponent van h als volgt te zijn (tabel 4).

Tabel 4. Verband tussen klephoek α en de exponent van h

α (°)	Beekvliet	Boskamp	Diepenveen	Sluis I	Sluis III
30	1,645	1,476	1,635	1,466	1,667
45	1,646	1,458	1,689	1,484	1,638
60	1,621	1,497	1,677	1,494	1,535
75	1,609	1,510	1,676	1,503	1,542
82 ⁵	1,592	1,495	1,664	1,508	1,505

Wanneer de factor A wordt uitgezet tegen de overstorthoogte bij klephoeken van 30°, 45°, 60° en 75°, zoals in fig. 3, dan blijkt de factor A van de sluisen bij Beekvliet, Diepenveen en sluis III eerst toe te nemen en later vrijwel constant te blijven.

Bij kleine overstorten wordt een grote spreiding in de factor A gevonden. Daar het bepalen van de klephoek in het veld praktische problemen geeft is de conclusie:

- a. dat stuwen met verstelbare kleppen minder geschikt zijn voor nauwkeurige afvoermetingen indien geen ijking heeft plaats gehad;
- b. het debiet wordt beïnvloed door de klepvorm, de aanstroming naar de klep, de beluchting van de overstortende straal, de storelementen en de ophanging;
- c. de ijkresultaten van een stuw niet zonder meer kunnen worden overgedragen op andere soortgelijke stuwen, gezien de gevoeligheid van het stromingsbeeld boven de klep.

SAMENVATTING

In de praktijk worden overstorthoogten gemeten bij verschillende soorten van stuwen om een indruk te krijgen van de afvoer uit een gebied. Met de gegevens van de stuwbreedte B en de overstorthoogte h, worden de afvoeren over de stuwen meestal berekend met de eenvou-

dige formule van Romijn geldend voor een scherpe kruin:

$Q = C \cdot 1,705 \cdot B \cdot h^{1,5}$. Voor een stuw met een scherpe kruin wordt voor C de waarde 1,055 gebruikt waardoor de formule wordt:

$Q = 1,8 \cdot B \cdot h^{1,5}$. Voor een bredere of meer parabolische kruin wordt ook wel gebruikt $Q = 1,9 \cdot B \cdot h^{1,5}$.

Uit ijkingen van modellen van stuwen bleek de C-waarde te variëren, al naar gelang de hellingshoek van de klep. Ook is de exponent van h niet steeds constant.

Uit de ijkingen van de modelstuw in de Dommel bij Sint Michelsgestel bleek voor iedere gemeten klephoek een aparte afvoerformule te gelden. Nagegaan werd welke fouten gemaakt zouden zijn wanneer de afvoer van deze stuw berekend zou worden met de algemeen gebruikte afvoerformules bij de verschillende klephoeken.

Uit de gegevens van de ijking van een vijftal stuwen uitgevoerd door het hydrologisch laboratorium van de Landbouwhogeschool bleek dat in plaats van de factor 1,8 of 1,9 uit de algemeen gebruikte formules, deze factor kan variëren van 1,53 tot 2,21 bij verschillende soorten van stuwen, klephoeken en overstorthoogten.

Uit het onderzoek blijkt dat voor klepstuwen geen nauwkeurige debieten kunnen worden berekend uit de overstorthoogten tenzij ijkingen zijn verricht.

LITERATUUR

- BOITEN, W. 1973. IJking klepstuw Sint Michelsgestel. Waterloopk. lab. M 1202
- BON, J. 1965. Enkele hulpmiddelen voor de debietmeting bij stuwen. Cultuurtechn. Tijdschr. 5.2
- PITLO, R.H. 1969. IJking klepstuw 'Marmelhorst' in de Keijzersbeek. Hydraulica lab. LH nota 10
- _____ . 1973. Modelonderzoek klepstuwen 1. Stuw in sluis I bij Heino. Hydraulica lab. LH nota 27
- _____ . 1973. Modelonderzoek klepstuwen 2. Stuw in de Zandwetering bij Diepenveen. Hydraulica lab. LH nota 28
- _____ . 1974. Modelonderzoek klepstuwen 3. Enige algemene opmerkingen. Hydraulica lab. LH nota 29