

ONDERLINGE VERGELIJKING VAN DEBIETMETERS INZAKE NAUWKEURIGHEID VAN NIVEAUMETING EN DEBIETREGISTRATIE

ing. G. GHEYSEN, Dr. Sc. R. BAERT
Vlaamse Waterzuiveringsmaatschappij

ir. M. SMITS, Prof. Dr. ir. J. BERLAMONT
Laboratorium voor Hydraulica, K.U.L.

ir. I. ROELS
Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie

1. INLEIDING

Vele bedrijven lozen afvalwater dat qua samenstelling en hoeveelheid sterk verschilt. Volgens de wet van 26 maart 1971 op de bescherming van de oppervlaktewateren tegen verontreiniging en zijn uitvoeringsbesluiten moeten de bedrijven die hun afvalwaters niet zelf zuiveren een bijdrage betalen a rato van hun verontreinigende belasting.

Om deze vervuiling te bepalen is debietmeting, bemonstering en analyse van het afvalwater noodzakelijk. Het zal voor iedereen duidelijk zijn dat voor de berekening van de afvalwater-bijdrage een hoge nauwkeurigheid wordt gesteld aan de vuilvrachtbepaling. De debietmeters dienen dan ook een zo nauwkeurig mogelijk resultaat op te leveren.

Tevens zijn de debietmeters voor open kanaalmeting de laatste jaren geëvolueerd van een mechanische omzetting van de hoogtemeting naar een elektronische omzetting, waardoor de nauwkeurigheid gevoelig verbeterd is. Door de inbouw van het integratiesysteem en de analoog digitaal omvormer kan het debiet rechtstreeks afgelezen worden.

Wegens de ver doorgedreven automatisering en de toepassing van het echoprincipe zijn meerdere firma's met gelijkaardige toestellen op de markt verschenen. Hierdoor wordt een keuze bij aankoop zeer moeilijk zodat een vergelijkende studie van de debietmeters voor open kanaalmeting dan ook verantwoord is. Vijf debietmeters waren van het echo-type en één debietmeter van het borrelbuistype.

2. DOELSTELLING VAN DE METING IN EEN OPEN KANAAL

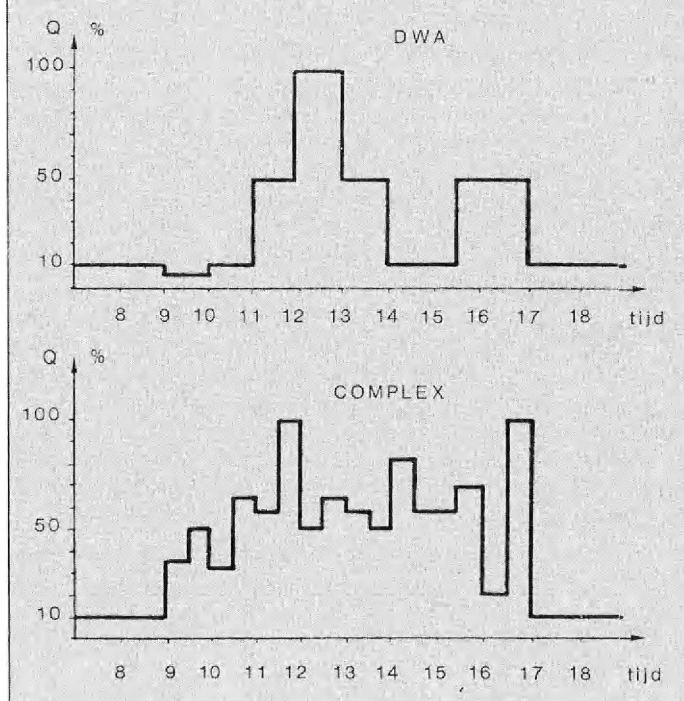
In een rechtlijnig kanaal, waarin debiet en waterhoogte kunnen geregeld worden, werd een meetschot ingebouwd. Omdat het Q-h verband (ISO/DIN/1438) zou gelden moet een aanbevolen afstand tussen schot en de te meten waterhoogte gerespecteerd worden. Aangezien alle meettoestellen op 1 kanaal ingebouwd werden en alle metingen gelijktijdig geschieden, kon deze afstand onmogelijk gerespecteerd worden voor alle debietmeters.

Om mogelijke verschillen in waterhoogte over de ganse lengte van het kanaal te kennen werd bij iedere debietmeter een peilnaald (OTT-meter) geplaatst, zodat de referentiehoogte (debiet) berekend kon worden met de waterhoogte ter plaatse van het toestel.

Alle toestellen werden eerst gecontroleerd op de juiste weergave van de waterhoogte, onafhankelijk van het type meetschot. Deze waterhoogte was functie van een omschreven lozingspatroon: constante waterhoogte,

lozingspatroon gebaseerd op D.W.A.-lijn, en een complex industrieel patroon (zie Fig. 1). Nadien werden dezelfde lozingspatronen toegepast zowel bij een V-vormig meetschot als bij een rechthoekige overlaat om de weergave van respectievelijk $Q = f(h^{2.5})$ en $Q = f(h^{1.5})$ na te gaan.

Fig. 1: Een DWA — en een complex lozingspatroon



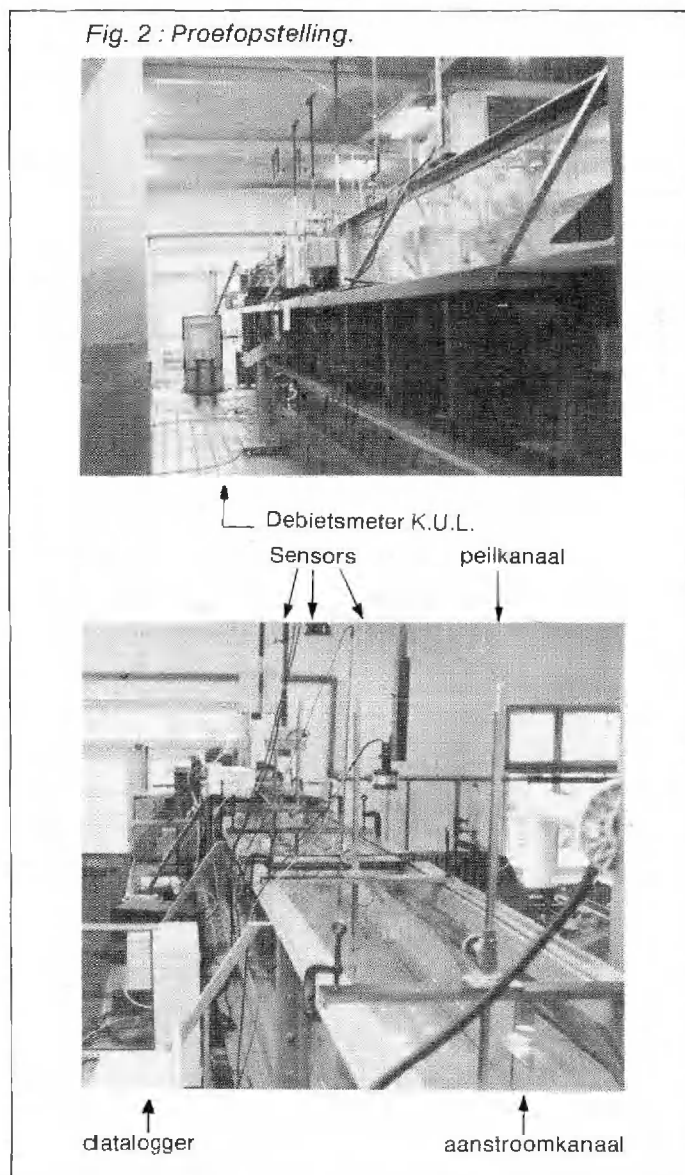
3. BESCHRIJVING VAN DE OPSTELLING

De metingen gebeuren op een rechtlijnig, rechthoekig kanaal ($H = 0,55$ m, $B = 0,515$ m, $L = 12$ m) waarin debiet en waterhoogte kunnen geregeld worden via een regelbare schuif aan het stroomafwaartse uiteinde. De wanden van het kanaal zijn uit glas.

Een schematisch overzicht van de plaats van de toestellen in functie van de lengte van het kanaal wordt gegeven in Fig. 2.

Een analoge uitgang van ieder toestel werd verbonden met een datalogger, die op bepaalde tijdstippen al de debietmeters scande en de resultaten doorstuurde naar een printer en een cassette. In sommige gevallen waren precisie-weerstand nodig, aangezien de datalogger enkel kan gestuurd worden door een spanningsingang. De datalogger werd zodanig geprogrammeerd dat de aflezingen dadelijk in mm (of l/s) weergegeven werden.

Fig. 2 : Proefopstelling.



De meetfrequentie bij de debietmeters was gedurende de dag (9 tot 17 uur) elke 10 minuten en gedurende de nacht elk uur. De meetfrequentie bij de peilnaalden was gedurende de dag elke 30 of 60 minuten (juist vóór een hoogteverandering) en tijdens de nacht was de aflezing beperkt tot 17 en/of 18 uur en 8 uur.

Om met een overstort in het kanaal ($H = 0,55$ m) waterhoogten te realiseren tot $0,30$ m, is de drempelhoogte van de overstort maximaal $0,20$ m. De stroomsnelheid werd beperkt tot < 6 cm/s. zodat de snelheidshoogte verwaarloosbaar is t.o.v. de stuwhoogte.

Er waren drie debietmeters waarvan een analoge uitgang een signaal doorstuurde naar de automatische staalner om een debietproportionele monstername te realiseren.

4. RESULTATEN

4.1. Hoogtemeting

Door in te spelen op het toevoerdebiet en de regelbare schuif stroomafwaarts werd een bepaalde waterhoogte ingesteld. De stroomsnelheid was 1 tot 2 cm/s.

Tijdens de dag werd de waterhoogte ieder half uur of ieder uur veranderd, met variërende waterhoogten van 0 tot $0,30$ m. Gedurende de nacht werd een constante hoogte aangehouden.

Een zeer belangrijk probleem is de referentie voor de hoogtemeting. De peilnaaldmetingen werden als referentie genomen. Om eventuele verschillen in de waterhoogte over de lengte van het kanaal te kennen, werden de peilnaaldaflezingen vergeleken met de gemiddelde waarde. Uit deze vergelijking bleek dat geen duidelijke verhanglijn kon vastgesteld worden, aldus mag de hoogte als constant beschouwd worden over de ganse kanaallengte. Als referentie voor de waterhoogte werd het gemiddelde van de 6 peilnaalden genomen.

Een overzicht van de meetresultaten vindt u in tabel 1 waarin ref. : referentiewaarde voor de waterhoogte (gemiddelde van de 6 peilnaaldaflezingen) en de span het ingesteld meetbereik: $0,30$ m betekenen.

TABEL 1 : Gemiddelde hoogte-afwijking binnen een meetzone van 1 cm.

Meetzone (mm)		Gemiddelde afwijking binnen de vermelde meetzone																	
van	tot	A			B			C			D			E			F		
		mm	% (ref.)	% (span)	mm	% (ref.)	% (span)	mm	% (ref.)	% (span)	mm	% (ref.)	% (span)	mm	% (ref.)	% (span)	mm	% (ref.)	% (span)
10.0	20.0							2.20	17.30	0.44	2.18	11.26	0.73	2.02	15.87	0.67	4.25	33.49	1.42
30.0	40.0	1.13	3.52	0.38	1.34	4.17	0.45	3.18	9.11	0.64				1.99	5.71	0.66	6.55	18.77	2.18
40.0	50.0	1.16	2.70	0.39	1.41	3.28	0.47	2.86	6.52	0.57	0.81	1.70	0.27	1.26	2.87	0.42	4.84	11.02	1.61
50.0	60.0							2.06	3.74	0.41				1.13	2.05	0.38	4.34	7.88	1.45
60.0	70.0							2.85	4.74	0.57	2.37	3.80	0.79	0.86	1.43	0.29	4.80	7.97	1.60
70.0	80.0							3.77	5.07	0.76	2.81	3.75	0.94	1.30	1.75	0.43	6.52	8.76	2.17
80.0	90.0							2.72	3.03	0.55	2.05	2.54	0.68	1.74	1.93	0.58	5.73	6.38	1.91
90.0	100.0	0.64	0.70	0.21	1.87	2.05	0.62	3.16	3.47	0.63	2.33	2.22	0.78	1.60	1.76	0.53	5.84	6.41	1.95
100.0	110.0							3.08	3.00	0.62	4.83	4.03	1.61	1.73	1.69	0.58	5.63	5.48	1.88
110.0	120.0				0.32	0.27	0.11	3.96	3.35	0.79				0.28	0.24	0.10	7.38	6.23	2.46
120.0	130.0				0.22	0.18	0.07	3.95	3.20	0.79				0.98	0.80	0.33	6.97	5.66	2.32
140.0	150.0				1.95	1.39	0.65	4.49	3.20	0.90				0.63	0.45	0.21	7.72	5.50	2.57
150.0	160.0	0.93	0.61	0.31	0.70	0.47	0.23	4.38	2.89	0.88				1.61	1.07	0.54	5.66	3.74	1.89
180.0	190.0							3.77	2.08	0.75				0.83	0.46	0.28	7.63	4.21	2.54
220.0	230.0	1.71	0.75	0.57	1.52	0.67	0.51	3.34	1.47	0.67	9.02	4.01	3.01	0.66	0.29	0.22	7.21	3.17	2.40
260.0	270.0				4.31	1.61	1.44	4.04	1.51	0.81				0.13	0.05	0.04	8.38	3.13	2.79
270.0	280.0							3.24	1.19	0.65				1.09	0.40	0.36	7.01	2.57	2.34
280.0	290.0							3.52	1.25	0.70				1.33	0.47	0.44	6.81	2.42	2.27

Bij het berekenen van de afwijkingen werd verondersteld dat de peilnaaldaflezingen 100 % correct zijn. De fout van de datalogger werd eveneens op nul gesteld.

De berekende afwijkingen zijn geen absolute waarden voor de fout op het toestel zelf. Wel kan men de berekende afwijkingen voor de verschillende toestellen onderling vergelijken. Als referentie werd een gemiddelde genomen van de metingen binnen de vermelde zone.

Uit de resultaten voor de hoogtemetingen (zie Tabel 1) blijkt geen enkel toestel duidelijk beter of slechter te zijn dan de andere. (Het toestel F uitgezonderd, daar dit toestel slecht afgeregeld was). Alle afwijkingen liggen lager dan 3 % van het ingestelde meetbereik.

Nauwkeurighedsaspecten bij hoogtemetingen:

Bij de berekening van een globale foutgrens voor open kanalen moet rekening gehouden worden met verschillende foutbijdragen. Zoals vermeld in de ISO-norm 1438/1 kan naargelang de waterhoogte een foutberekening geschieden gebaseerd op de formule

$$\sigma_{h_1} = \pm \sqrt{\sigma_y^2 + \sigma_z^2 + \sigma_h^2}$$

$\sigma_h = \pm 1 \%$ van de span (fabrikant) = fout van het niveaumeetinstrument.

$\sigma_y = \pm 0,5 \%$ van de span = foutieve opstelling van het meetschot

$\sigma_z = \pm 0,5 \%$ van de span = foutieve nulpuntinstelling van de niveau-opnemer.

De totale fout in h (σ_{h_1}) (%) wordt groter naarmate de waterhoogte kleiner wordt. De grootste relatieve nauwkeurigheid wordt in het bovenste deel van het meetgebied bereikt.

TABEL 2: de « totale » fout in h ($\sigma_{h_1} \%$)

h	%
0,02 - 0,05 m	14 - 7,4
0,05 - 0,10 m	7,4 - 3,4
0,10 - 0,20 m	3,4 - 1,8
0,20 - 0,25 m	1,8 - 1,4
0,25 - 0,295 m	1,4 - 1,2

4.2. Debietmeting met V-vormig meetschot (53°8')

Voor deze debietmeting werd er getracht aan de algemene voorwaarden te voldoen zoals: kleine snelheid ($< 6 \text{ cm/s.}$), volkomen overlaat, de aanbevolen afstand tussen het meetschot en de plaats waar de waterhoogte gemeten werd ($4 \text{ à } 5 \times h_{\text{max}}$). Tevens werden de specifieke voorwaarden voor V-vormige meetschotten inachtgenomen, zoals beschreven in ISO/DIN/1438/1.

De Q-h relatie luidt:

$$Q = 8/15 \sqrt{2g} C_e \text{tg}(\alpha/2) h_e^{2,5} (\text{m}^3/\text{s.})$$

De ISO-norm stelt de volgende voorwaarden aan

$$h_e = h + h_k (\text{m}) \quad \alpha = \text{openingshoek (}^\circ\text{)}$$

$$h_k = 1,3 \text{ mm}$$

C_e functie van p = drempelhoogte

B = kanaalbreedte

ruwheid van de aanstroomzijde van het meetschot

h = stuwhoogte

$$h/p < 0,40$$

$$0,10 < p/B < 1,5 \text{ en } 0,38 > h > 0,06 \text{ m}$$

C_e varieert voor deze meetopstelling tussen 0,575 ($h/p = 0,1$) en 0,61 ($h/p = 1,2$).

Tijdens de meetperioden werden de verschillende lozingspatronen doorlopen (DWA-lijn, en complex patroon) waarbij gedurende de dag om het uur debietwijzigingen werden doorgevoerd terwijl tijdens de nacht een constant debiet ingesteld werd (zie Fig. 3).

4.2.1. Referentie-waarden

1. Elektromagnetische debietmeter

De meetopstelling beschikt over een elektromagnetische debietmeter, welke voor zeer kleine debieten op zijn nauwkeurigheid gecontroleerd werd door de volumetrische methode. Er is slechts een zeer geringe afwijking van de elektromagnetische debietmeter t.o.v. de volumetrische meting, zodat deze debietmeter als referentie voor de debietmeters kan gebruikt worden.

2. Peilnaalden

Om eventuele fouten van het meetschot zelf uit te sluiten kan men de referentiewaarden voor het debiet bepalen door zich te baseren op de gemeten waterhoogten (m.b.v. de peilnaalden) en de theoretische Q-h-relatie van het V-vormige meetschot. Als waterhoogte werd een gemiddelde van de 6 peilnaalden genomen daar er geen hoogteverschil was over de lengte van het kanaal.

3. Afvoercoëfficiënt C_e

De afvoercoëfficiënt C_e uit hoger vermelde formule werd op 2 verschillende manieren benaderd:

- een constante C_e -waarde van 0,580 voor het ganse bereik (de instelling van de toestellen bij maximum hoogte gebeurde eveneens op basis van deze coëfficiënt);
- een stapsgewijze benadering voor de curve C_e in functie van h/p en p/B en variërend van 0,580 tot 0,610.

4.2.2. Resultaten

De resultaten kunnen op twee manieren vergeleken worden naargelang de afvoercoëfficiënten al of niet constant werden aanzien.

1. Constante C_e

Als referentiewaarde werd het debiet berekend met de ISO-formule, een $C_e = 0,580$ en een stuwhoogte gelijk aan het gemiddelde van de peilnaaldaflezingen. Steeds werd in een bepaalde zone het gemiddelde genomen van die metingen (zie Tabel 3).

Opm.: de berekende afwijkingen zijn geen absolute waarden die de fout van het toestel aangeven (fout van de peilnaaldaflezingen en fout van de datalogger werden verwaarloosd).

2. Variabele C_e

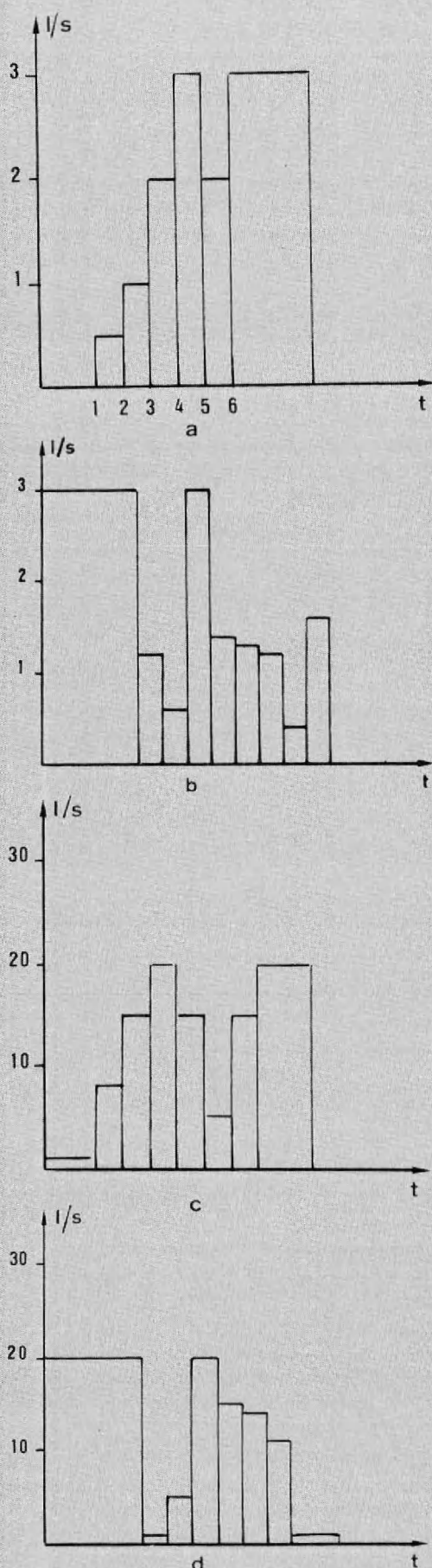
Indien de afvoercoëfficiënt stapsgewijze benaderd werd dan hadden de gemiddelde afwijkingen voor de metingen binnen een vermelde zone een totaal ander karakter.

4.2.3. Besluiten (Zie tabel 5)

Er werden grote verschillen voor opeenvolgende meetzones vastgesteld.

Indien wij ons beperken tot het meetbereik van 0 tot 10 l/s, dan zijn alle toestellen, op A na, evenwaardig. Voor debieten groter dan 10 l/s ontstaan er verschillen in grootte voor het maximum van de gemiddelde afwijkingen t.o.v. het totale meetbereik van $\pm 1,5 \%$ voor toestel C en

Fig. 3 : Verschillende lozingspatronen (V-meetschot).



D ; $\pm 3\%$ voor toestel F ; $\pm 4,5\%$ voor toestel E ; $\pm 5,5\%$ voor toestel A en B.

Indien de afvoercoëfficiënt (C_e) constant genomen wordt (wat in de meeste praktijk situaties voorkomt) dan bekomt men volgende maxima van de gemiddelde afwijkingen : 1% voor C en E ; 2% voor A, B en F ; $3,5\%$ voor D.

4.2.4. Nauwkeurigheidaspecten bij debietmetingen

Om een indruk te krijgen van de betrouwbaarheid van de meetresultaten dient voor elk meetprobleem vooraf de totale fout te worden berekend.

Deze berekening geschiedt aan de hand van berekende of getaxeerde individuele apparatuurfouten onder de betreffende procesomstandigheden. Van deze procesomstandigheden spelen het debiet, de variaties daarin en de perioden gedurende welke deze per 24 uren min of meer regelmatig optreden een grote rol.

Bij de berekening van de totale fout werd gebruik gemaakt van gegevens uit ISO 1438/1.

De « totale » fout in h is samengesteld uit individuele fouten, y , z en h volgens de formule :

$$\sigma h_i = \pm \sqrt{\sigma y^2 + \sigma z^2 + \sigma h^2}$$

De « totale » fout in Q_v (σQ_v) wordt samengesteld uit

$$Q_v = \pm \sqrt{\sigma x^2 + \sigma i^2 + \sigma c^2 + (\lambda \sigma h_i)^2}$$

- σx = fabrikage-tolerantie van de meetgoot of meetschot
- σc = fout in de gehanteerde lozingscoëfficiënt
- σy = fout in de opstelling van de meetgoot of meetschot
- σz = fout op de nulpuntinstelling van de niveaumeet-sensor
- σh = fout van het niveaumeetinstrument
- σi = fout van de integrator
- λ = macht uit de debietvergelijking

Bij de foutanalyse werd er bij de berekening uitgegaan van de volgende gegevens :

- $\sigma x = \pm 0,5\%$ (literatuur)
- $\sigma c = \pm 1\%$ (literatuur)
- $\sigma y = \pm 0,5\%$ van de span (schatting)
- $\sigma z = \pm 0,5\%$ van de span
- $\sigma h = \pm 1\%$ van de span (fabrikant)
- $\sigma i = \pm 0,5\%$ (van gemid. waarde)
- $\lambda = 2,48$ voor een V-vormig meetschot

Over de meetperiode werd een bepaald lozingspatroon doorlopen (zie Figuur 2) waarna de afgevoerde hoeveelheid en de fout op 24 uur werden berekend.

De uitvoerige berekeningen van de verschillende lozingspatronen hebben geleid tot de volgende conclusie.

De maximale relatieve fout (σQ_v) in het geïntegreerde debiet bedraagt naargelang de stuwhoogte :

$$\sigma Q_v = \frac{100 \sum Q_v (24 \text{ u})}{\sum Q_v (24 \text{ u})} = \pm X\%$$

De totale fout in v ($\sigma v\%$) voor de verschillende doorlopen lozingspatronen (zie Fig. 3) zijn weergegeven in Tabel 6.

TABEL 3: De referentiewaarde werd berekend op basis van een gemiddelde hoogte en $C_e = 0.58$

Meetzone (l/s)		Gemiddelde afwijking voor de metingen binnen de vermelde meetzone																	
van	tot	A			B			C			D			E			F		
		l/s	% ref.	% span	l/s	% ref.	% span	l/s	% ref.	% span	l/s	% ref.	% span	l/s	% ref.	% span	l/s	% ref.	% span
0.0	1.0	0.10	23.84	0.31	0.04	9.11	0.12	0.14	32.27	0.12	0.10	22.23	0.29	0.08	17.86	0.23	0.05	12.40	0.16
1.0	2.0	0.03	2.05	0.08	0.16	11.70	0.48	0.11	7.65	0.09	0.08	5.60	0.23	0.09	6.38	0.26	0.00	0.02	0.00
2.0	3.0	0.35	16.67	1.05	0.14	6.48	0.41	0.06	2.73	0.05	0.06	2.73	0.17	0.11	5.15	0.32	0.06	2.97	0.19
3.0	4.0	0.12	3.83	0.36	0.21	6.66	0.62	0.02	0.63	0.02	0.09	2.71	0.25	0.08	2.56	0.24	0.03	0.90	0.08
5.0	6.0	0.18	3.30	0.55	0.00	0.04	0.01	0.24	4.35	0.21	0.03	0.49	0.08	0.03	0.54	0.09	0.04	0.77	0.13
8.0	9.0	0.36	4.08	1.07	0.10	1.14	0.30	0.06	0.71	0.05	0.27	3.10	0.81	0.03	0.29	0.08	0.16	1.85	0.48
13.0	14.0	0.35	2.71	1.05	0.57	4.38	1.70	0.35	2.66	0.30	0.53	4.05	1.57	0.13	0.99	0.38	0.07	0.53	0.20
15.0	16.0	0.09	0.55	0.25	0.05	0.34	0.16	0.04	0.23	0.03	1.12	7.20	3.33	0.31	1.97	0.91	0.75	4.84	2.24
16.0	17.0	0.87	5.28	2.58	0.50	3.01	1.47	0.25	1.50	0.21	0.90	5.46	2.67	0.10	0.59	0.29	0.51	3.10	1.52
21.0	22.0	0.66	3.07	1.97	0.21	0.95	0.61	1.13	5.23	0.97	1.11	5.16	3.31	0.16	0.76	0.49	0.51	2.37	1.52
22.0	23.0	0.50	2.27	1.49	0.70	3.14	2.07	0.62	2.79	0.53	1.06	4.79	3.16	0.31	1.37	0.91	0.27	1.22	0.80

TABEL 4: De referentiewaarde werd berekend op basis van een gemiddelde hoogte $C_e = 0.58$ à 0.61

Meetzone (l/s)		Gemiddelde afwijking voor de metingen binnen de vermelde meetzone																	
van	tot	A			B			C			D			E			F		
		l/s	% ref.	% span	l/s	% ref.	% span	l/s	% ref.	% span	l/s	% ref.	% span	l/s	% ref.	% span	l/s	% ref.	% span
0.0	1.0	0.10	23.84	0.31	0.04	9.11	0.12	0.14	32.27	0.12	0.10	22.23	0.29	0.08	17.86	0.23	0.05	12.40	0.16
1.0	2.0	0.03	2.05	0.08	0.16	11.70	0.48	0.11	7.65	0.09	0.08	5.60	0.23	0.09	6.38	0.26	0.00	0.02	0.00
2.0	3.0	0.02	1.11	0.07	0.14	6.48	0.41	0.07	3.28	0.06	0.07	3.04	0.19	0.11	5.15	0.32	0.06	2.97	0.19
3.0	4.0	0.12	3.83	0.36	0.21	6.66	0.62	0.02	0.63	0.02	0.09	2.71	0.25	0.08	2.56	0.24	0.03	0.90	0.08
5.0	6.0	0.23	4.14	0.69	0.05	0.91	0.15	0.29	5.18	0.25	0.02	0.38	0.06	0.08	1.40	0.23	0.01	0.11	0.02
8.0	9.0	0.51	5.73	1.52	0.05	0.60	0.16	0.09	1.03	0.08	0.12	1.33	0.35	0.13	1.44	0.38	0.01	0.10	0.03
13.0	14.0	0.81	6.00	2.41	1.03	7.62	3.06	0.80	5.95	0.69	0.08	0.53	0.21	0.59	4.34	1.74	0.39	2.88	1.16
15.0	16.0	1.13	7.10	3.37	1.14	7.15	3.39	0.98	6.12	0.84	0.19	1.20	0.57	0.66	4.14	1.96	0.36	2.25	1.07
16.0	17.0	0.63	3.87	1.88	0.59	3.58	1.74	0.62	3.81	0.54	0.53	3.23	1.57	0.27	1.66	0.81	0.23	1.40	0.68
17.0	18.0	1.59	9.26	4.72	0.23	1.31	0.67	0.47	2.76	0.41	0.18	1.03	0.53	0.82	4.76	2.43	0.21	1.23	0.63
21.0	22.0	1.80	7.91	5.35	1.34	5.89	3.98	0.01	0.03	0.01	0.02	0.95	0.06	1.30	5.71	3.86	0.62	2.74	1.85
22.0	23.0	1.67	7.15	4.96	1.86	7.97	5.53	1.79	7.64	1.53	0.10	0.44	0.31	1.47	6.30	4.37	0.90	3.84	2.66

TABEL 5: Maximumgemiddelde afwijking per meetzone van 1 l/s (in %) (de waarde tussen haakjes zijn voor de variabele C_u)

Uit Tabel 3 en 4 werd een maximumgemiddelde afwijking (procentueel t.o.v. de span) afgeleid voor verschillende meetbereiken.

Meetbereik in l/s	A		B		C		D		E		F	
0 - 10	(1.52)	1.07	(0.62)	0.62	(0.25)	0.21	(0.35)	0.81	(0.38)	0.32	(0.19)	0.48
10 - 20	(4.72)	2.58	(3.39)	1.70	(0.84)	0.30	(1.57)	3.33	(2.43)	0.92	(1.16)	2.24
20 - 23	(5.35)	1.97	(5.53)	2.07	(1.53)	0.97	(0.53)	3.31	(4.37)	0.91	(2.66)	1.58

TABEL 6: De « totale » fout Q_v (σQ_v %)

Lozingspatroon	(l/s)	%
a	0.5 - 3	14,6
b	0.4 - 3	12,6
c	2 - 20	4,1
d	2 - 20	4,7

Hieruit blijkt dat de fout in het geïntegreerde debiet (σQ) in belangrijke mate bepaald wordt door het lozingspatroon. Daarom moet het niveau-meetsinstrument zo gekozen worden, dat zijn h_{max} zo dicht mogelijk de te meten h_{max} benadert.

4.3. Debietmeting met rechthoekige overlaat

De algemene voorwaarden zijn identiek aan die van een V-vormig meetschot.

De Q-h relatie voor dit meetschot is (ISO/DIN 1438).

$$Q = 2/3 \sqrt{2} g C_e b_e h_e^{1.5} \text{ (m}^3/\text{s.)}$$

C_e wordt hier voor een overlaat over de ganse breedte van het kanaal ($b/B = 1.0$).

$$C_e = 0.602 + 0.083 h/p$$

b_e = effectieve kruinbreedte = $(b + k_b)$

h_e = effectieve stuwhoogte = $h + 1 \text{ mm}$

$k_b = 0,9 \text{ mm}$

De oorspronkelijk voorziene overlaat leidde bij de grote waterhoogten tot grote stroomsnelheden ($\pm 0,40 \text{ m/s}$ voor een stuwhoogte van $0,30 \text{ m}$), waardoor de snelheidshoogte niet meer te verwaarlozen is t.o.v. de stuwhoogte.

De snelheid kan verlaagd worden door de drempelhoogte te verhogen, doch door de beperkte hoogte van het aanvoerkanaal en het gewenste meetbereik van $0,30 \text{ m}$, was dit onmogelijk te verwezenlijken.

Vermits het de bedoeling was de debietmeters te testen op de omzettingfunctie van waterhoogte naar debiet voor een bepaald type overlaat, kunnen we de debietmeting vervangen door een hoogtemeting waarbij de toestellen ingeschakeld werden op exponent 1,5.

Om de verschillende waterhoogten te realiseren werd er gewerkt met de regelbare schuif waardoor er steeds een kleine gemiddelde snelheid gerealiseerd werd ($\leq 0,05$ m/s).

4.3.1. Referentie-waarde

Als enige referentie beschikt men nu over de hoogtemeting met behulp van de peilnaalden. De overeenkomstige

middelste afwijking (procentueel t.o.v. het totale meetbereik) afgeleid worden voor verschillende meetbereiken.

4.3.3. Besluiten (zie Tabel 8)

Hier treft men eveneens zeer grote verschillen aan in de afwijkingen voor opeenvolgende meetzones, welke te verklaren zijn door een stapsgewijze benadering van de vloeiende debietscurve.

De maximale gemiddelde afwijking voor de metingen binnen de vermelde meetzone bedraagt $\pm 2\%$ voor de toestellen C, E en F; $\pm 3\%$ voor het toestel D en $\pm 4\%$ voor het toestel A en B.

TABEL 7 : Gemiddelde afwijking voor de metingen binnen de vermelde meetzone.

Meetzone (l/s)		Gemiddelde afwijking voor de metingen binnen de vermelde meetzone																	
van	tot	A			B			C			D			E			F		
		l/s	% ref.	% span	l/s	% ref.	% span	l/s	% ref.	% span	l/s	% ref.	% span	l/s	% ref.	% span	l/s	% ref.	% span
0.0	5.0	2.25	47.02	1.24	1.99	41.54	1.10	0.65	13.65	0.33	0.04	0.89	0.02	0.38	8.04	0.21	2.50	52.29	1.38
5.0	10.0	2.50	30.11	1.38	3.04	36.61	1.67	0.48	5.76	0.24	0.20	2.36	0.11	0.54	6.50	0.30	1.65	19.88	0.91
10.0	15.0	3.43	27.78	1.89	3.47	28.09	1.91	0.03	0.28	0.02	0.73	5.58	0.40	0.61	4.92	0.34	1.89	15.26	1.04
15.0	20.0	4.13	25.11	2.27	4.15	25.26	2.29	0.28	1.73	0.14	0.90	5.98	0.50	0.77	4.66	0.42	1.32	8.04	0.73
20.0	25.0	4.83	20.39	2.66	4.69	19.80	2.58	0.68	2.86	0.34	1.93	7.93	1.06	0.89	3.74	0.49	1.03	4.36	0.57
25.0	30.0	4.01	15.95	2.21	4.70	18.71	2.59	0.31	1.24	0.16	1.57	6.24	0.86	1.14	4.53	0.63	1.34	5.31	0.74
35.0	40.0	5.61	14.96	3.09	5.68	15.13	3.13	1.37	3.64	0.68	2.79	7.32	1.54	1.49	3.97	0.82	0.41	1.08	0.22
40.0	45.0	5.93	13.37	3.27	6.36	14.34	3.50	1.81	4.07	0.90				1.29	2.90	0.71	1.30	2.92	0.71
45.0	50.0	6.88	15.21	3.79	5.88	13.00	3.24	2.32	5.13	1.16				1.78	3.94	0.98	0.59	1.30	0.32
75.0	80.0	7.09	9.30	3.91	6.71	8.79	3.70	2.56	3.36	1.28	4.53	5.95	2.50	2.12	2.78	1.17	1.75	2.29	0.96
90.0	95.0	6.49	6.97	3.58	6.44	6.91	3.54	2.73	2.93	1.37				2.37	2.55	1.31	0.61	0.65	0.33
95.0	100.0	5.93	5.97	3.26	6.03	6.08	3.32	2.05	2.08	1.03	5.32	5.35	2.93	2.38	2.40	1.31	1.14	1.14	0.63
105.0	110.0	4.78	4.36	2.64	5.06	4.61	2.79	1.43	1.30	0.72				3.01	2.74	1.66	0.05	0.04	0.03
115.0	120.0	4.46	3.79	2.46	4.81	4.09	2.65	1.28	1.09	0.64				2.78	2.36	1.53	0.97	0.83	0.54
140.0	145.0	0.92	0.65	0.51	3.08	2.19	1.70	0.41	0.30	0.21	2.97	2.11	1.63	3.47	2.48	1.91	0.65	0.47	0.36
165.0	170.0	0.09	0.05	0.05	0.76	0.46	0.42	1.75	1.04	0.87				3.10	1.85	1.71	2.11	1.26	1.16
170.0	175.0	0.91	0.52	0.50	0.20	0.12	0.11	2.84	1.63	1.42				3.45	1.99	1.90	4.08	2.35	2.25
175.0	180.0	1.04	0.58	0.57	0.10	0.06	0.06	3.69	2.06	1.85	2.39	1.33	1.32	2.92	1.63	1.61	2.90	1.62	1.60
180.0	185.0	0.25	0.14	0.14	0.42	0.23	0.23	2.82	1.56	1.41				2.85	1.58	1.57	3.95	2.19	2.18

TABEL 8 : Maximum van de gemiddelde afwijking per meetzone van 5 l/s (%)

Meetbereik in l/s	A	B	C	D	E	F
0 - 50	3.50	3.79	1.16	1.54	0.98	1.38
50 - 100	3.70	3.58	1.37	2.93	1.31	0.96
100 - 150	2.79	2.64	0.72	1.63	1.91	0.54
150 - 185	0.42	0.57	1.85	1.32	1.90	2.25

ge debieten werden berekend met hoger vernoemde formule. Als waterhoogte wordt een gemiddelde van 6 peilnaalden genomen, omdat er geen verschil in waterhoogte is over de ganse lengte van het kanaal.

4.3.2. Resultaten

De resultaten voor alle toestellen zijn samengevat in Tabel 6, waarin de gemiddelde afwijking voor de metingen binnen de vermelde meetzone zijn berekend. Als referentie werd een gemiddelde genomen van de metingen binnen de vermelde zone.

Uit deze tabellen kan een procentueel maximaal ge-

4.3.4. Nauwkeurigheid aspecten bij debietmetingen

De maximale relatieve fout σ_{Qv} voor diverse waarden van h kan op analoge wijze berekend worden zoals de berekening voor het V-vormig meetschot. Gedurende de meetperiode heeft men verschillende lozingspatronen gehad (zie Fig. 4) en de foutberekening doorgevoerd op de totale afvoer op 24 uur.

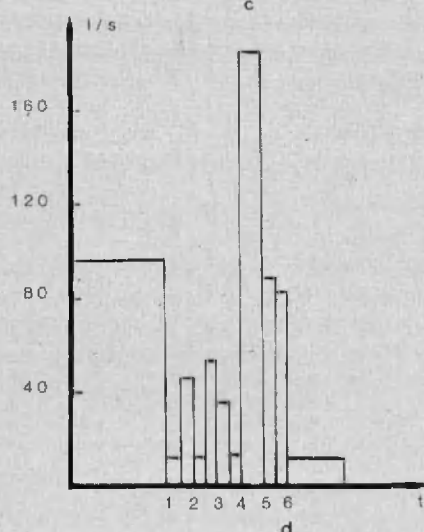
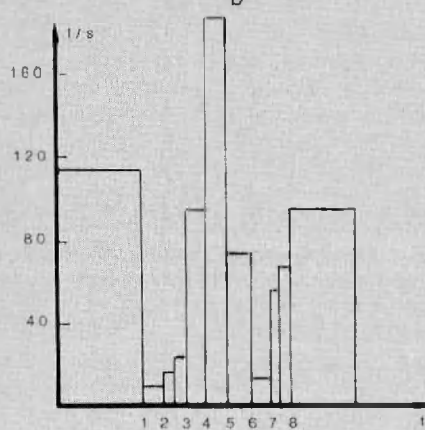
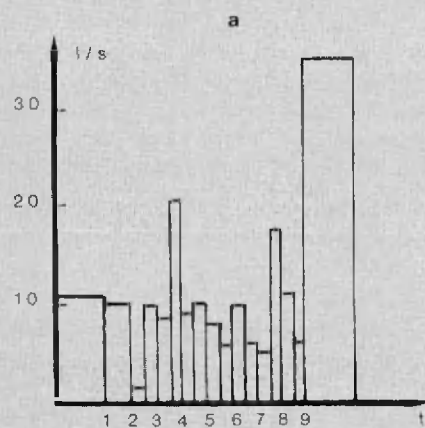
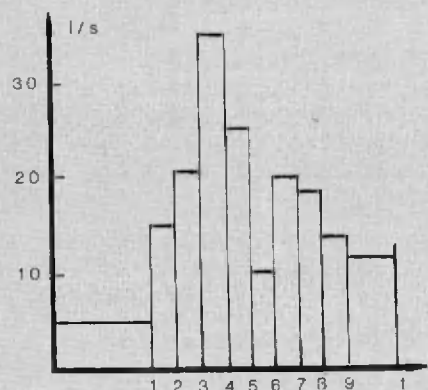
De maximale relatieve fout voor de afgevoerde hoeveelheid in 24 uur is naargelang het debiet weergegeven in Tabel 9.

TABEL 9 : De « totale » fout Q_v (σ_{Qv} %)

Lozingspatroon	Q (l/s)	%
a	4 - 34	10 %
b	2 - 115	4 %
c	10 - 175	2,9 %
d	10 - 180	2,9 %

Hieruit blijkt eveneens dat bij de keuze en de instelling van het niveaumeetinstrument het meetgebied zorgvuldig dient bepaald te worden.

Fig. 4 : Verschillende lozingspatronen (rechthoekig meetschot)



5. ALGEMEEN BESLUIT

1. Alle onderzochte toestellen zijn evenwaardig indien alleen de hoogtemeting wordt geregistreerd. Op enkele uitzonderingen na was de gemiddelde procentuele afwijking t.o.v. totale meetbereik (0,300 m) in verschillende meetzones steeds kleiner dan 1 % voor de zes toestellen.

2. Bij de meting met een V-vormig meetschot en met een constante afvoercoëfficiënt C_e waren de maxima voor de gemiddelde afwijking per meetzone (1 l/s) van 1 tot 2 % voor 5 toestellen en 1 toestel met 3,5 %.

3. Indien gemeten werd met een variërende afvoercoëfficiënt C_e waren de maxima voor de gemiddelde afwijking per meetzone (1 l/s) variërend van 1,5 % tot 5,5 %.

4. Bij de meting met de rechthoekige overlaat zijn de maxima voor de gemiddelde afwijking per meetzone van 5 l/s in de orde van 2 tot 4 %.

5. Uit de nauwkeurighedsaspecten van de hoogtemeting, meting met V-vormig meetschot en meting met rechthoekige overlaat blijkt dat de keuze van het meetinstrument en het meetgebied zorgvuldig dient bepaald te worden. Het uitvoeringsbesluit van de Wet Verontreiniging Rijkswateren in Nederland bepaalt dat de fout in de meting niet groter dan 5 % mag zijn. In ons geval voldeden slechts de lozingspatronen c en d van Fig. 3 en Fig. 4 aan deze eis.

De EG daarentegen legt steeds vast dat de nauwkeurigheid van de meting van het debiet der lozingen dient bepaald te worden op ± 20 % na.

Deze experimenten wijzen er dan ook op dat de verplichtingen opgelegd door de EG meer « realistisch » zijn dan deze opgenomen in de Nederlandse Wetgeving.

6. REFERENTIES

1. Rapport : Vergelijkende studie van de nauwkeurigheid van « debietmeters » in opdracht van de V.W.Z., door K.U.L., departement « bouwkunde » Lab voor Hydraulica, Prof. Dr. ir. J. BERLAMONT, dd. oktober 1983.

2. Rapport van de discussiegroep « meet- en bemonsteringsapparatuur » Rijksinstituut voor zuivering van afvalwater, Nederland, Lelystad, 17-10-1979.

3. ISO recommendation nr. 1438, liquid flow measurement using thin plate weirs and venturi-flumes, 1977...

4. ING. D. VAN DROFFELAAR, Nauwkeurighedsfacetten bij het meten en bemonsteren van afvalwater, H_2O (7) 1974 nr. 3.

5. STORA-rapport — Meten en bemonsteren van afvalwaterstromen 1978.

6. E.G. richtlijn nr. 82/176/EEG van 22-9-82 betreffende de grenswaarden en kwaliteitstoestellen voor kwiklozingen afkomstig van de sector electrolyse van alkalichloride (publicatieblad van de Europese Gemeenschappen in L 81/29 van 27-2-82).

7. E.G. richtlijn nr. 83/513/EEG van 26-9-83 betreffende grenswaarden en kwaliteitsdoelstellingen voor lozing van Cadmium (Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen in L 291/1 van 24-10-83).

7. DANKWOORD

Wij danken alle firma's die bereidwillig hun toestellen ter beschikking hebben gesteld teneinde een vergelijkende studie van nauwkeurigheid van « debietmeters » te kunnen maken :

- C.R.A. : borrelbuistype FLS
- C.R.A. : ultrasoon sensor type S 200 - LFT 200
- Bestobell : Mobrey-Stegu S.A. - N.V. type Arkon ultraflow DFM 300
- B.T.W. : type echoflow E.F.D. 2
- Vega : type Vegason type 180/A - type 461/A en vegalint type 469
- E & H : type flowsonic DMU-2160.