

'n Elektroniese deurstromingsmeter vir besproeiingswater, gebaseer op 'n plaatmondstuk

WPJ Wessels*¹ en WH Steyn**

*Departement Siviele Ingenieurswese, Universiteit van Stellenbosch, Stellenbosch 7600, Suid-Afrika.

**Departement Elektroniese Ingenieurswese, Universiteit van Stellenbosch, Stellenbosch 7600, Suid-Afrika.

Abstract

An electronic flowmeter for irrigation water based on a plate orifice

An electronic water meter, developed for irrigation purposes is described. It is based on an orifice plate in a pipe, a silicon differential pressure transducer, and a micro-processor with automatic zero referencing. The meter is a self-contained unit which can be programmed to determine a limited number of statistical properties of the flow being measured. It can also communicate with an external computer. The accuracy of a prototype according to volumetric tests was found to be well within the expected accuracy of $\pm 2\%$, with the flow rate varying over a range of 3,5 l/s to 35 l/s.

Inleiding

Die watermeter wat hier beskryf word, is ontwikkel as gevolg van die behoefte aan 'n meter met 'n aanvaarbare prys en wat relatief onsuiver besproeiingswater betroubaar kan meet. Die dringendheid van die behoefte moet gesien word teen die agtergrond van 'n toenemende vraag na water in Suid-Afrika en die feit dat ongeveer 70 persent van die water wat tans benut word, vir besproeiing aangewend word. Dit is dus noodsaaklik dat alle moontlike hulpmiddele ingespan word om die doeltreffendheid van waterbenutting deur besproeiing te verhoog. Doeltreffendheid in besproeiing vereis dat die regte volume water teen die regte tempo toegedien word met elke besproeiing. 'n Betroubare watermeter met voldoende akkuraatheid is onontbeerlik by die bestuur van besproeiingsboerdery en besproeiingskemas ten einde aan hierdie vereistes te kan voldoen.

In die praktyk word daar volgens van Breda (1982) en Kriek (1985) by besproeiing tans baie min van watermeters gebruik gemaak. Een van die belangrikste redes is dat die onderhoud van die beskikbare meters met 'n aanvaarbare prys te veel koste en moeite meebring. Die grondliggende oorsaak van hierdie probleem is die aanpakking of wegvreting van onderdele wat plaasvind as gevolg van die onsuiverhede wat meesal in besproeiingswater aangetref word. Die meters wat algemeen gebruik word, het ratte en laers wat in die water werk en dus baie kwesbaar is vir onsuiverhede. Die gebruik van meters wat nie bewegende dele het nie, sou die probleem kon oplos. Die pryse van laasgenoemde tipe meters is egter onaanvaarbaar hoog. Die doelwit met die ontwikkeling van die meter is dus om vas te stel of 'n deurstromingsmeter wat nie bewegende dele in die water het nie, teen 'n aanvaarbare prys plaaslik gebou kan word.

Die meter wat ontwikkel is, gebruik 'n silikondrukometer om die drukverskil oor 'n plaatmondstuk in 'n pyp te meet. Die analoge seën van die omsetter word in syfervorm oorgesit en na 'n mikroverwerker gevoer. Die mikroverwerker kan geprogrammeer word om een of meer van die volgende eienskappe van die deurstroming te bepaal, afhangende van die spesifieke vereistes vir elke toepassing: intydse deurstroming, totale volume, gemiddelde deurstroming, maksimum deurstroming en die tydspan waarop dit voorgekom het, die tydsduur met deurstroming groter of kleiner as 'n bepaalde waarde; en die tydsduur met deurstroming binne een of meer intervale.

Die meter is voorsien van 'n vertooneenheid en 'n sleutelbord met behulp waarvan die inhoud van die geheue of intydse lesings vertoon kan word. Dit kan ook met 'n eksterne rekenaar kommunikeer, sodat die inligting oor 'n afstand gelees kan word.

Hidrouliese ontwerp

Die meter is op 'n plaatmondstuk gebaseer om die volgende redes:

- 'n plaatmondstuk is die eenvoudigste en daarom die goedkoopste en betroubaarste vernouing wat in 'n pyp vir meetdoeleindes gebruik kan word;
- die onderhoud van 'n plaatmondstuk is eenvoudig;
- uitgebreide inligting oor deurstromingskoeffisiënte en vereistes oor die noukeurigheid van konstruksie en installering van plaatmondstukke wat in die praktyk oor baie jare beproef is, is in verskeie publikasies beskikbaar (bv. ASME, 1959 en Miller, 1983); en
- 'n akkuraatheid binne $\pm 1\%$ in 'n deurstromingsbereik van 1:10 kan sonder kalibrasie behaal word deur slegs te sorg vir redelike noukeurige konstruksie en installering (ASME, 1959).

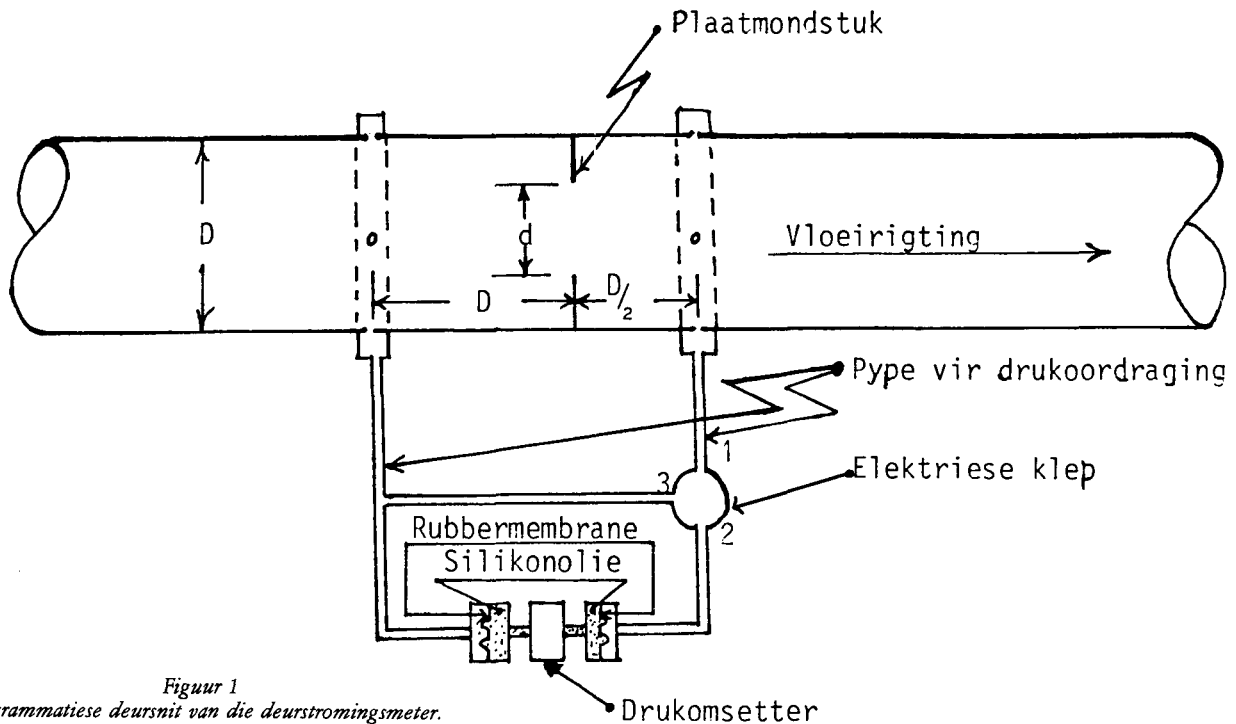
Die meter is saamgestel soos diagrammaties in Figuur 1 aangedui. Die deurstroming (Q) deur sodanige meter word deur vergelyking (1) in terme van die drukverskil (h) en die afmetings soos in Figuur (1) gedefinieer, aangegee:

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}} \sqrt{2gh} \dots\dots\dots (1)$$

waar:

- C = die nie-dimensionele deurstromingskoeffisiënt vir die plaatmondstuk
- d = mondstukdiameter in m
- D = pypdiameter in meter
- β = d/D
- h = die drukverskil in m water
- g = swaartekragversnelling in m/s^2

¹ Aan wie alle korrespondensie gerig moet word.
Ontvang 21 November 1985.



Figuur 1
Diagrammatiese deursnit van die deurstromingsmeter.

Deurstromingskoeffisiënte vir plaatmondstukke in pype met diameters vanaf 38 mm tot 387 mm word deur ASME (1959) (Tabel 13) in terme van $K = C/\sqrt{1 - \beta^4}$ aangegee. In terme van K het die deurstromingsformule dus die vorm soos in vergelyking (2) getoon:

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} K \sqrt{2gh} \quad \dots \dots \dots (2)$$

In die tabel word K aangegee as 'n funksie van β , D en R (Reynolds-getal), waar:

$$R = 4Q/(\pi D \nu), \text{ en}$$

ν = die kinematiese viskosititeit van die water in m^2/s .

Tydens die ontwerp van die meter moet die diameter van die plaat-opening bereken word om 'n spesifieke drukverskil by 'n bepaalde deurstroming te veroorsaak. Gewoonlik word vereis dat die maksimum deurstroming (Q_m) waarvoor die meter ontwerp word, 'n drukverskil sal veroorsaak wat gelyk is aan die maksimum drukhoogte (H) wat die drukometer kan hanteer. Die volgende empiriese verband tussen K , β en R , wat volgens Miller (1983) vir turbulente stroming ($R > 4000$) geld, kan tesame met vergelyking (2) aangewend word om 'n geskikte mondstukdiameter (in terme van β) en die ooreenstemmende waarde van K te bereken:

$$K = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^4}} \left[0,5959 + 0,0312\beta^{2,1} - 0,184\beta^8 + \frac{0,039\beta^4}{1 - \beta^4} - 0,0158\beta^3 + \frac{b}{R^n} \right] \dots \dots \dots (3)$$

waar:

$$b = 91,71\beta^{2,5}$$

$$n = 0,75$$

$$R = 4 Q_m / (\pi D \nu).$$

Die volgende verband tussen K en β wat ook tydens maksimum deurströming geld, volg uit vergelyking (2) deur d

met βD te vervang:

$$K = \frac{4 Q_m}{D^2 \sqrt{2gH}} \cdot \frac{1}{\beta^2} \dots \dots \dots (4)$$

In vergelykings (3) en (4) is K en β die enigste onbekendes. 'n Grafiese of 'n probeer-en-tref metode kan gebruik word om β met voldoende noukeurigheid te bepaal om 'n geskikte diameter vir die mondstuk daarvolgens te bereken.

In hierdie stadium van die ontwerp moet K bepaal word vir gebruik in vergelyking (2) waarmee die deurstroming bereken moet word. Die keuse van 'n vaste waarde vir K bring 'n sistematiese fout mee in die berekening van deurstroming as gevolg daarvan dat K nie werklik 'n konstant is nie maar wel 'n funksie van R . K kan met behulp van Tabel 13 van ASME (1959) gekies word sodat hierdie sistematiese fout nul is by 'n bepaalde deurstroming binne die bereik waarvoor die meter ontwerp word. Aangesien die bereik waarvoor die deurstroming in besproeiingstelsels varieer, gewoonlik relatief klein is, kan hierdie sistematiese fout van K meesal tot 'n bevredigende lae waarde (d.w.s. heelwat minder as $\pm 0,5\%$) beperk word. Die mikroverwerker kan aangewend word om 'n beter waarde vir K te verskaf op grond van die waargenome drukverskil met elke berekening van die deurstroming, soos later in die paragraaf oor akkuraatheid aangedui.

Die energieverlies (E) wat deur die plaatmondstuk in die stroom water in die pyp veroorsaak sal word, moet om vanselfsprekende redes tydens die ontwerp sover moontlik beperk word. Hierdie verlies hang af van die relatiewe grootte van die mondstukdiameter (β) en van die drukverskil oor die plaat (h), en kan volgens Barna (1964) met behulp van die volgende formule bereken word:

$$E = (1 - \beta^2)h \text{ (in m waterhoogte)}$$

Die mondstukdiameter moet dus so groot moontlik gekies word, onderhewig daaraan dat β nie groter as 0,8 word nie, aangesien die akkuraatheid van K volgens ASME (1959) vir sodanige

groter waardes van β aansienlik verswak. Die drukkereik waaroor die drukomsetter met 'n bevredigende akkuraatheid kan werk, is gewoonlik die belangrikste faktor wat die energieverlies bepaal. Die silikondrukommeters van die fabriek wat in hierdie ondersoek gebruik is, is slegs met twee drukkereike, naamlik 0 tot 3,518 m water en 0 tot 2,111 m water beskikbaar. Ander tipes differensiaaldrukommeters wat heelwat kleiner drukverskille met bevredigende akkuraatheid kan hanteer, is beskikbaar teen pryse ongeveer 8 keer so hoog. Daar word dus verwag dat die gebruik van laasgenoemde tipes in die algemeen onekonomies vir besproeiingstelsels sal wees. In Tabel 1 word die energieverliese tydens maksimum deurstroming vir verskillende relatiewe mond-stukdiameters, vir elk van die bogenoemde modelle silikondrukommeters aangegee. In die meeste besproeiingstoepassings kan die energieverlies egter tot minder as 1 m water beperk word, terwyl 'n bevredigende akkuraatheid gehandhaaf word.

TABEL 1
DIE ENERGIEVERLIES OOR VERSKILLENDE RELATIEWE GROOTTES PLAATMONDSTUKKE TYDENS MAKSIMUM DEURSTROMING

| β | Sensor nr. 1: H=3,518 m | Sensor nr. 2: H=2,111 m |
|---------|-------------------------|-------------------------|
| 0,2 | 3,38 m | 2,03 m |
| 0,4 | 2,95 m | 1,77 m |
| 0,6 | 2,25 m | 1,35 m |
| 0,8 | 1,27 m | 0,76 m |

$$X = A + \frac{923}{H} h \dots \dots \dots (5)$$

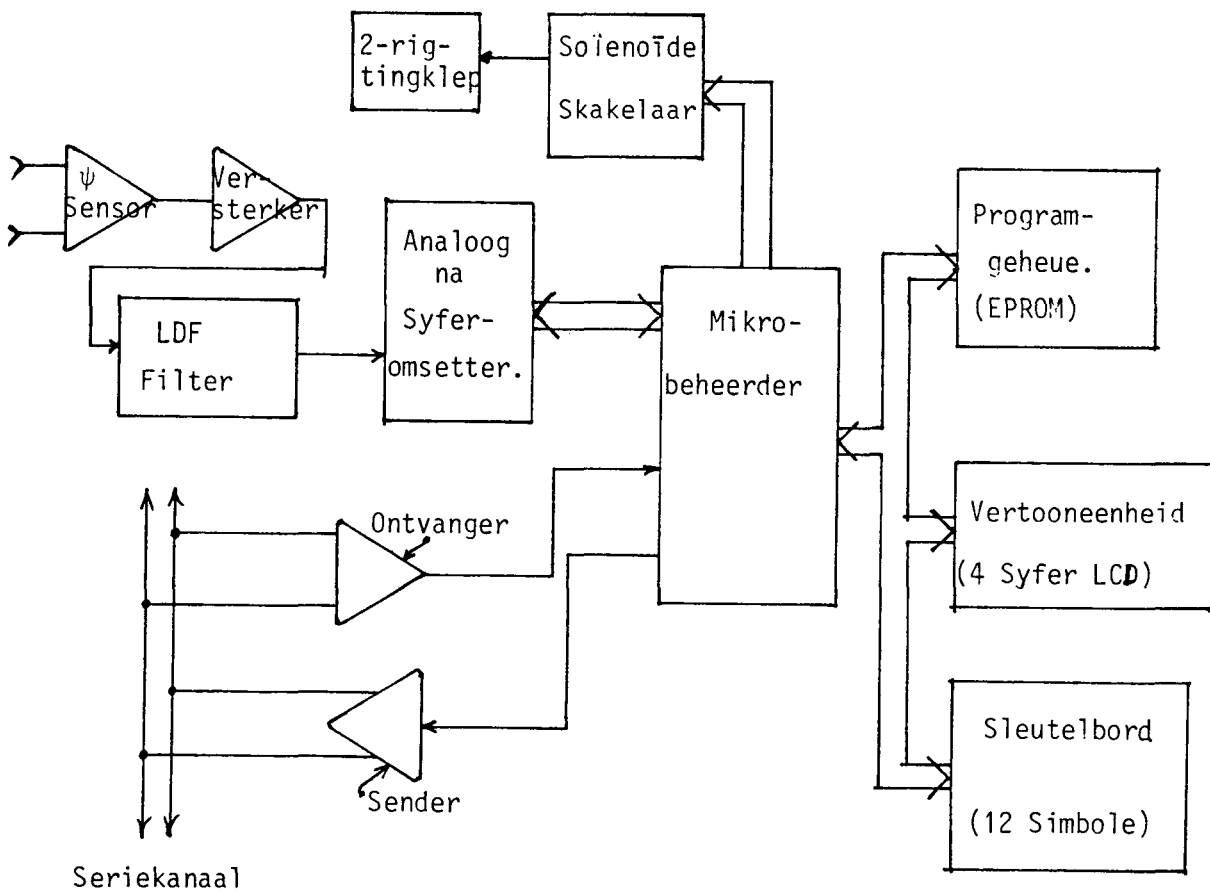
Waar:

- X = die syferlesing met die betrokke deurstroming
- A = die syferlesing met geen deurstroming
- H = die maksimum drukverskil wat deur die omsetter hanteer kan word (in m waterhoogte)
- h = die drukverskil met die betrokke deurstroming (in m waterhoogte)

Elektroniese ontwerp

Die differensiaaldrukometer wat in die meter gebruik word bestaan uit 'n akkurate weerstandsmetbrug op 'n silikonkristal, wat 'n verskilspanning direk eweredig aan die drukverskil beskikbaar stel. Die spanningsein kan maklik versterk en gemeet word deur 'n elektroniese stroombaan vanwaar dit na 'n analoog/syferomsetter deurgevoer word. Die syferomsetter het 'n bereik van 1 023 eenhede, waarvan 100 eenhede vir nulpuntdryf gereserveer word. Die verband tussen die lesing van die syferomsetter en die betrokke drukverskil word deur vergelyking (5) weergegee:

Die finale formule waarvolgens die deurstroming deur die mikro-verwerker bereken word, word verkry uit vergelykings (2) en (5) met die volgende resultaat:



Figuur 2
Blokdiagram van die deurstromingsmeter.

$$Q = M \sqrt{X - A} \dots\dots\dots (6)$$

waar:

$$M = \frac{\pi d^2}{4} K \sqrt{\frac{2gH}{923}}$$

'n Elektroniese blokdiagram van die meter word in Figuur 2 getoon. Soos reeds genoem, is die meter 'n selfstandige eenheid wat 'n verskeidenheid berekenings kan doen en met 'n eksterne rekenaar kan kommunikeer. Dit kan dus as 'n sogenaamde "intelligente" instrument beskou word. 'n Kompakte en programmeerbare eenheid is verkry deur van 'n mikrobeheerder gebruik te maak. Die beheerder sowel as die ander komponente is van die CMOS-tipe wat 'n lae kragverbruik van ongeveer 100 mW vir die totale meter meebring. Die eenheid is afhanklik van 12 Volt gelykspanning wat deur 'n battery voorsien word ter wille van ononderbroke werking. Die battery word outomaties gelaai deur 'n kragnet of 'n sonkragpaneel, afhangende van die beskikbaarheid van krag.

Die mikrobeheerder lees elke sekonde die drukverskil via 'n 10-bis analoog/syferomsetter. Elke lesing word omgerekend na deurstroming met behulp van vergelyking (6). Die statistiese besonderhede van die deurstroming (soos in die inleiding genoem) word bereken met behulp van die oomblikswaardes van die deurstroming en 'n horlosie wat met behulp van programmatuur bedryf word.

Die drukomsetter wat gebruik is, is nie bestand teen water nie, en daarom word die finale drukoordraging na die omsetter deur silikonolie gedoen soos aangedui in Figuur 1. Die rubbermembrane en passtuk wat nodig is om te verhoed dat die water en olie meng, is plaaslik ontwikkel aangesien drukomsetters van dieselfde tipe en fabriek wat in die fabriek reeds van beskerming teen water voorsien is, baie duur en skaars is.

Die omsetter is onderhewig aan nulpuntdryf van $\pm 4\%$ met 'n temperatuurbereik van 0°C tot 50°C . Outomatiese kompensasië hiervoor is moontlik indien daar geen temperatuurgradiënt oor die sensor voorkom nie. Aangesien sodanige temperatuurgradiënt wel soms mag ontstaan, is daar besluit om die probleem op te los deur gereelde outomatiese instelling van die nulpunt. Die elektriese klep wat in Figuur 1 aangedui is, word hiervoor aangewend deur met behulp daarvan geen vloeï na te boots en gelyktydig 'n nulpuntlesing (A in vergelykings (5) en (6)) te neem. Die jongste nulpuntlesing word altyd aangewend vir die berekening van deurstroming. Geen vloeï word nageboots deur opening 1 van die elektriese klep (aangedui in Figuur 1) te sluit terwyl openinge 2 en 3 oop is. Op die wyse word die druk aan die twee kante van die drukomsetter gelyk gestel. Tydens normale werking is opening 3 gesluit terwyl openinge 1 en 2 oop is.

Akkuraatheid

Die faktore wat 'n rol speel in die akkuraatheid van die meter blyk uit vergelyking (7) wat uit vergelyking (6) afgelei is:

$$Q = BK d^2 \sqrt{X - A} \dots\dots\dots (7)$$

waar:

$$B = \frac{\pi}{4} \sqrt{\frac{2gH}{923}}$$

Aangesien B 'n konstante is vir 'n bepaalde meter, bevat die deurstromingsformule die volgende vier faktore wat elk aan foute onderhewig is: K, d, X en A. Slegs K en A is onderhewig aan

sistematiese foute. Soos reeds genoem, word die sistematiese fout van A uitgeskakel deur gereeld (elke 15 min) 'n instelling van die nulpunt te doen. Die akkuraatheid van $Q(\Delta Q)$ kan dus volgens 'n metode beskryf deur Miller (1983) soos volg bereken word:

$$\Delta Q = \text{sistematiese fout in } K \pm \text{kombinasie van toevallige foute in } K, d \text{ en } (X - A) \dots\dots\dots (8)$$

Die akkuraatheid van $(X - A)$ is hoofsaaklik afhanklik van die toevallige afwyking van die sein van die drukomsetter vanaf die reglynige verband tussen die differensieël druk en die sein. In hierdie opset, waar A met kort tussenposes bepaal word, word die deurstroming dus (vir die doeleindes van hierdie analise) as 'n funksie van drie onafhanklike veranderlikes beskou volgens vergelyking (9):

$$Q = f(K, d, Z) \dots\dots\dots (9)$$

waar:

$$Z = X - A.$$

Die fout van Q as gevolg van die toevallige foute by die bepaling van K, d en Z kan soos volg bepaal word:

Uit (9) volg:

$$dQ = \frac{\partial f}{\partial K} \cdot dK + \frac{\partial f}{\partial d} \cdot dd + \frac{\partial f}{\partial Z} \cdot dZ \dots\dots\dots (10)$$

$$\therefore \frac{dQ}{Q} = F_K \cdot \frac{dK}{K} + F_d \cdot \frac{dd}{d} + F_Z \cdot \frac{dZ}{Z} \dots\dots\dots (11)$$

waar:

$$F_K = \frac{\partial f}{\partial K} \cdot \frac{K}{Q}; F_d = \frac{\partial f}{\partial d} \cdot \frac{d}{Q} \text{ en } F_Z = \frac{\partial f}{\partial Z} \cdot \frac{Z}{Q}$$

maatstawwe is van die relatiewe bydraes wat deur foute in K, d en Z respektiewelik gemaak word, tot die fout van Q. Hierdie faktore kan volgens Miller (1983) soos volg gebruik word om die resulterende toevallige fout in Q (ΔQ_1) as gevolg van die toevallige foute in K, d en Z te bereken:

$$\Delta Q_1 = [(F_K \cdot \text{Akk}_K)^2 + (F_d \cdot \text{Akk}_d)^2 + (F_Z \cdot \text{Akk}_Z)^2]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (12)$$

waar:

- Akk_K = toevallige fout in K,
- Akk_d = toevallige fout in d,
- Akk_Z = toevallige fout in Z.

Uit vergelykings (7) en (9) volg:

$$\frac{\partial f}{\partial K} \cdot \frac{K}{Q} = 1, \frac{\partial f}{\partial d} \cdot \frac{d}{Q} = 2 \text{ en } \frac{\partial f}{\partial Z} \cdot \frac{Z}{Q} = \frac{1}{2}.$$

Substitusie hiervan in vergelyking (12) lewer:

$$\Delta Q_1 = [(\text{Akk}_K)^2 + (2 \cdot \text{Akk}_d)^2 + (\frac{1}{2} \cdot \text{Akk}_Z)^2]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (13)$$

Die formule vir die beraming van die akkuraatheid waarmee Q bepaal kan word, volg uit vergelykings (13) en (8):

$$\Delta Q = \text{sistematiese fout in } K \pm [\text{Akk}_K^2 + 4 \cdot \text{Akk}_d^2 + \frac{1}{4} \cdot \text{Akk}_Z^2]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (14)$$

Die akkuraatheid van 'n prototipe van die meter wat aan

volumetriese toetse onderwerp is, is volgens vergelyking (14) soos volg bereken vir 'n deurstromingsbereik van 3,5 l/s tot 35 l/s: (Die onderste grens van die bereik is arbitrêr gekies met inagneming van die versnelde afname in akkuraatheid op 'n persentasiebasis, met lae deurstromings.)

Besonderhede van die betrokke meter is soos volg:

$$\begin{aligned} \beta &= 0,6; \\ d &= 92,7 \text{ mm en } \text{Akk}_d = \pm 0,11\%; \\ \text{Akk}_K &= \pm 0,5\% \text{ (volgens ASME (1959), Tabel 17);} \\ \text{Akk}_Z &= \pm 1,5\% \text{ (konstant oor die volle bereik vir die be-} \\ &\text{trokke drukomsetter volgens National} \\ &\text{Semiconductor, 1977).} \end{aligned}$$

Die deurstromingsformule vir die meter is soos volg:

$$\text{(met } K = 0,6526 \text{ gekies uit Tabel 13, ASME, 1959)}$$

$$Q = 19,50 \sqrt{h} \text{ l/s, met } h \text{ in m waterhoogte.}$$

Die sistematiese fout in $K = -0,09\%$ tot $0,86\%$ volgens die empiriese waardes vir K in Tabel 13 van ASME (1959) vir die deurstromingsbereik van 3,5 l/s tot 35 l/s.

$$\begin{aligned} \therefore \Delta Q &= (-0,09\% \text{ tot } 0,86\%) \pm \sqrt{(0,5\%)^2 + 4(0,11\%)^2 + \frac{1}{4}(1,5\%)^2} \\ &= (-0,09\% \text{ tot } 0,86\%) \pm 0,93\% \end{aligned}$$

d.i.

$$\Delta Q = (-1,02\% \text{ tot } +1,79\%), \text{ volgens vergelyking (14).}$$

Volgens die volumetriese toetse het die akkuraatheid van die meter tussen $-0,3\%$ en $-0,8\%$ varieer met Q in die bereik 12% tot 78% van die maksimum deurstroming wat die meter kan hanteer. Hierdie resultate val dus binne die berekende akkuraatheid.

Die mikroverwerker kan aangewend word om die sistematiese fout van K te verminder in gevalle waar die deurstroming wat gemeet moet word oor 'n groot bereik varieer. Dit kan gedoen word deur 'n tabel van gemiddelde waardes van M in vergelyking (6) op te stel vir geskikte intervale van $(X - A)$ deur gebruik te maak van 'n gemiddelde waarde van K in die bereik van Q waarvoor die meter ontwerp word. Nadat $(X - A)$ bepaal is, word die waarde van M elke keer volgens die tabel gekies vir gebruik in vergelyking (6) wanneer die deurstroming bereken word. Slegs ongeveer 4 sodanige intervale van $(X - A)$ is gewoonlik nodig om die sistematiese fout van K tot binne $\pm 0,15\%$ te beperk. Die akkuraatheid van meters waarin hierdie metode van berekening van deurstroming gevolg word, sal binne $\pm 1,2\%$ kan wees in die meeste gevalle.

Op die lang termyn sal die agteruitgang van die akkuraatheid van die meter hoofsaaklik van twee faktore afhang, naamlik die tempo van verwerfing of opbou van aanpaksels by die plaatmondstuk en die inlate vir die drukoordragingspype; en die stabiliteit van die sensitiwiteit van die drukomsetter.

Die eerste faktor sal afhang van die aard en konsentrasie van die onsuiverhede in die water, en sal dus baie varieer. Sover bekend is geen inligting oor die verswakking van die akkuraatheid van plaatmondstukke in Suid-Afrika gepubliseer nie, gevolglik is dit tans 'n onbekende faktor. Volgens die vervaardiger van die drukomsetter sal die mees waarskynlike verandering in sensitiwiteit daarvan ongeveer $0,7\%$ wees oor een jaar.

Dit wil dus voorkom of meters van hierdie aard jaarliks

nagegaan en waar nodig skoongemaak en ingestel sal moet word. Die herinstelling wat nodig sal wees indien die sensitiwiteit van die drukomsetter verander het, kan in die veld met behulp van 'n kwikmanometer (of enige gerieflike differensiaaldrummeter wat akkuraat en betroubaar genoeg is) gedoen word. Die opleiding van personeel om hierdie onderhoud te kan behartig, sal baie minder tyd en koste verg as in die geval van meters met ratte en laers wat in die water werk.

Toepassingsmoontlikhede

Die meter wat ontwikkel is, kan as 'n selfstandige eenheid of saam met 'n rekenaarbeheerde data-insamelstelsel gebruik word. Dit is dus geskik vir gebruik in 'n stelsel waar outomatiese monitering en beheer van deurstroming gedoen moet word.

In besproeiingskemas waar 'n voldoende aantal van hierdie meters gebruik word, kan die meters gelees en die data verwerk word met behulp van 'n mikrorekenaar wat van 'n geskikte koppelvlak voorsien en deur 'n kommunikasielyn met die meters verbind is. Die voordele van sodanige stelsel is soos volg:

- foutiewe lesings kan maklik opgespoor word deur elke lesing met statistiese gegewens oor vorige lesings by dieselfde punt te vergelyk;
- sinoptiese inligting oor deurstroming by 'n aantal punte kan verkry en aangewend word om die akkuraatheid van die meters as 'n groep te monitor;
- menslike foute tydens data-oordraging word uitgeskakel;
- die koste om die data in te samel mag laer wees as met alternatiewe metodes wat reëlmatige besoeke aan die meters vereis;
- die bruikbaarheid van die data is groter aangesien dit te alle tye feitlik onmiddellik beskikbaar gestel kan word op aanvraag.

Slot

Drie prototipes van die meter wat ontwikkel is, is gebou en onder verskillende toestande getoets. Die ondervinding wat tot dusver opgedoen is, dui daarop dat sodanige meters in Suid-Afrika op 'n kommersiële basis gebou en beskikbaar gestel kan word vir besproeiingsdoeleindes en soortgelyke toepassings. Op grond van die 1985 pryse van die onderdele en van vergelykbare ingevoerde meters, behoort dit moontlik te wees om die tipe meter wat ontwikkel is teen 'n mededingende prys in Suid-Afrika te kan bemark. 'n Suid-Afrikaanse firma is alreeds besig om plaaslike vervaardiging van sodanige meter te ondersoek. Kommersialisering van die ontwerp sal verdere en voortdurende verbetering van die konstruksie en aanpassing van die ontwerp by die nuutste ontwikkelings van elektroniese komponente, met spesiale verwyring na drukomsetters en mikroverwerkers, vereis.

Erkenning

Die deurstromingsmeter wat hierin beskryf is, is ontwikkel as 'n gedeelte van 'n navorsingsprojek oor die ontwikkeling van 'n rekenaarbaseerde monitering- en bestuurstelsel vir besproeiing, wat deur die departemente Siviele en Elektroniese Ingenieurs-

wese van die Universiteit van Stellenbosch onder kontrak met die Waternavorsingskommissie uitgevoer word.

Verwysings

- AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS (1959) *Fluid Meters: Their Theory and Application*. Report of ASME Research Committee on Fluid Meters, The American Society of Mechanical Engineers, 29 West Thirty-Ninth Street, New York 18, New York, USA.
- BARNA, P.S. (1964) *Fluid Mechanics for Engineers*, 2nd edition, Butterworths.
- KRIEK, C.J. (1985) Persoonlike mededeling, Wes-Transvaalseksie, Direktooraat van Waterwese.
- MILLER, R.W. (1983) *Flow measurement engineering handbook*. McGraw-Hill Book Company, New York.
- NATIONAL SEMICONDUCTOR (1977) *Pressure Transducer Handbook*. National Semiconductor Corporation, 2900 Semiconductor Drive, Santa Clara, California 95051, USA.
- VAN BREDA, J. (1982) Persoonlike mededeling. Oos-Transvaalseksie, Direktooraat van Waterwese.
-

GUIDE TO AUTHORS

AIMS AND SCOPE

This journal publishes refereed, original work in all branches of water science, technology and engineering. This includes water resources development; the hydrological cycle; surface hydrology; geohydrology and hydrometeorology; limnology; mineralisation; treatment and management of municipal and industrial water and wastewater; treatment and disposal of sewage sludge; environmental pollution control; water quality and treatment; aquaculture; agricultural water science; etc.

Contributions may take the form of a paper, a critical review or a short communication. A **paper** is a comprehensive contribution to the subject, including introduction, experimental information and discussion of results. A **review** may be prepared by invitation or authors may submit it for consideration to the Editor. A **review** is an authoritative, critical account of recent and current research in a specific field to which the author has made notable contributions. A **short communication** is a concise account of new and significant findings.

GENERAL

Submission of manuscripts

The submission of a paper will be taken to indicate that it has not, and will not, without the consent of the Editor, be submitted for publication elsewhere. Manuscripts should be submitted to: **The Editor, WATER SA, P O Box 824, Pretoria, 0001, South Africa**

Reprints

One hundred free reprints of each paper will be provided. Any additional copies or reprints must be ordered from the printer (address available on request).

Language

Papers will be accepted in English or Afrikaans. Papers written in Afrikaans should carry an extended English summary to facilitate information retrieval by international abstracting agencies.

Abstracts

Papers should be accompanied by an abstract. Abstracts have become increasingly important with the growth of electronic data storage. In preparing abstracts, authors should give brief, factual information about the objectives, methods, results and conclusions of the work. Unsubstantiated viewpoints should not be included.

Refereeing

Manuscripts will be submitted to and assessed by referees. Authors bear sole responsibility for the factual accuracy of their publications.

Correspondence

State the name and address of the author to whom correspondence should be addressed on the title page.

SCRIPT REQUIREMENTS

Lay-out of manuscripts

An original typed script in double spacing together with three copies should be submitted. Words normally italicized should be typed in italics or underlined. The **title** should be concise and followed by authors' names and complete addresses. A paper may be organized under main headings such as **Introduction, Experimental, Results, Discussion** (or **Results and Discussion**), **Conclusions, Acknowledgements** and **References**.

Contents of manuscripts

The International System of Units (SI) applies. Technical and familiar abbreviations may be used, but must be defined if any doubt exists.

Tables

Tables are numbered in arabic numerals (Table 1) and should bear a short but adequate descriptive caption. Their appropriate position in the text should be indicated.

Illustrations and line drawings

One set of original figures and two sets of copies should accompany each submission. Photographs should be on glossy paper (half-tone illustrations should be kept to a minimum) and enlarged sufficiently to permit clear reproduction in half-tone. All illustrations, line-drawings and photographs must be fully identified on the back, numbered consecutively and be provided with descriptive captions typed on a separate sheet. Authors are requested to use proper drawing equipment for uniform lines and lettering of a size which will be clearly legible after reduction. Freehand or typewritten lettering and lines are not acceptable. The originals should be packed carefully, with cardboard backing, to avoid damage in transit.

References

Authors are responsible for the accuracy of references. References to published literature should be quoted in the text as follows: Smith (1982) or (Smith, 1982). Where more than three authors are involved, the first author's name followed by *et al.* and the date should be used.

All references are listed alphabetically at the end of each paper and not given as footnotes. The names of all authors should be given in the list of references. Titles of journals or periodicals are abbreviated according to **Chemical Abstracts Service Source Index** (Cassi).

Two examples of the presentation of references are the following:

Grabow, W.O.K., Coubrough, P., Nupen, E.M. and Bateman, B.W. (1984) Evaluation of coliphages as indicators of the virological quality of sewage-polluted water. *Water SA* 10(1) 7-14.

Wetzel, R.G. (1975) *Limnology*. W.B. Saunders Company, Philadelphia, p 324..