

# Nauwkeurighedsfacetten bij het meten en bemonsteren van afvalwater\*)

## 1. Inleiding

Nadat U in de voorgaande beschouwingen heeft kunnen lezen hoe moeilijk het wel is om goed te meten en te bemonsteren, blijkt dat U zich bovendien nog zorgen moet maken dat het nog nauwkeurig moet ook. De meet- en bemonsteringsinstallatie is in feite de weegschaal voor het aantal inwonerequivalenten (i.e.) dat wordt geloosd. Sinds daarvoor heffingen of bijdragen moeten worden betaald, is het aspekt nauwkeurigheid bij het meten en bemonsteren van afvalwater belangrijk geworden.



ING. D. VAN DROFFELAAR  
AKZO-Engineering, Arnhem

Ter wille van de duidelijkheid zal worden gesproken over fouten en meetfouten daar het hier gaat om het verschil tussen de gemeten waarde en de werkelijke waarde. Het zal U duidelijk zijn, dat in deze beschouwing slechts kan worden getracht U een algemene indruk te geven over het desbetreffende onderwerp.

## 2. Fouten bij debietmeting

Alvorens tot bespreking van enige concrete voorbeelden over te gaan, is het gewenst nog even te filosoferen over bepaalde achtergronden van meetfouten bij debietmeting van afvalwater.

In de praktijk blijkt, dat er veelvuldig misverstanden bestaan over fouten in meetresultaten. Het komt bij herhaling voor, dat aan een meetresultaat een grotere betrouwbaarheid wordt toegekend dan gezien de diverse achtergronden verantwoord is. Als reden hiervoor kan in het algemeen worden aangevoerd, dat de verschillende oorzaken, die tot het ontstaan of het vergroten van meetfouten bijdragen niet of onvoldoende worden onderkend. Hierdoor is het heel goed mogelijk, dat met nauwkeurige meetapparatuur meetresultaten worden verkregen die relatief grote meetfouten bevatten.

Om praktische redenen is het meestal bij de grotere debieten niet mogelijk ijkingen uit te voeren, zodat aan de hand van berekeningen de meetfout zal moeten worden benaderd. Een voorwaarde hierbij is dat bij de opzet van de meetinstallatie naar optimale omstandigheden moet worden gestreefd. Hiermede wordt bedoeld, dat de

voorschriften voor ontwerp, montage, bediening en onderhoud stipt moeten worden opgevolgd.

Hoe belangrijk is nu deze meetfout?

Als we even terugblikken in de historie wordt ons duidelijk, dat de kwestie 'meetfout' eerst echt aan de orde is gekomen bij het verschijnen van het Uitvoeringsbesluit Verontreiniging Rijkswateren (UVR), waarin is gesteld dat de fout in de meeting niet groter mag zijn dan 5%. Dat deze 5% een eis is, waaraan niet eenvoudig kan worden voldaan, hoop ik duidelijk te kunnen maken aan de hand van enige voorbeelden. Bovendien kan worden gesteld, dat bij een vuillast van b.v. 20.000 i.e. en een heffing van b.v. f 20,— per i.e. er met elke % fout een bedrag van f 4.000,— is gemoeid.

### 2.1. Metingen in open kanalen

Als we ons eerst bepalen tot de metingen in open kanalen, dan zijn hierbij een aantal oorzaken te noemen, die elk hun bijdrage leveren aan het ontstaan van de totale meetfout.

Deze zijn o.a.:

- een verkeerd gekozen meetsysteem m.b.t. het debiet, de variatie in het debiet of de aard van het afvalwater;
- het niet aanhouden van fabrieksnormen m.b.t. afmetingen en vormen van meetschotten en open venturiegoten (meetelementen);
- te grote fabriekstoleranties van deze meetelementen;
- een onjuiste opstelling van deze meetelementen (meetschot niet haaks op de stromingsrichting, venturiegoot niet waterpas);
- een onjuiste keuze van het type niveauopnemer en de daarop aangesloten instrumenten;
- een onjuiste opstelling van de niveauopnemer t.o.v. het meetelement;
- vervuiling van het meetelement of de niveauopnemer;
- geen rekening houden met variaties in de soortelijke massa van het afvalwater (beïnvloeding van de niveaumeting, bijv. bij een purgeersysteem).

Het onvoldoende aandacht schenken aan deze punten kan leiden tot grote meetfouten. In de praktijk is vastgesteld, dat meetfouten van  $\pm 10\%$  à  $\pm 20\%$  niet denkbeeldig zijn. Om het effect van de genoemde invloeden na te gaan, zal de V-schotmeting nader worden besproken.

#### 2.1.1. V-schotmeting

Als eerste stap zal worden nagegaan, wat de invloed is van de fout in de niveau-

\*) Lezing, gehouden op de NVA-najaarsvergadering, 31 oktober 1973 te Utrecht.

meting op de fout in het debiet. De andere invloeden laten we gemakshalve even buiten beschouwing.

Veelal wordt voor deze meting een niveau-meter toegepast waarvan de meetfout ligt tussen ± 1 % van de span (ook wel meetbreedte genoemd).

Bij een meetbereik van 0... 25 cm WK betekent ± 1 % van de span dus, in absolute waarde, ± 2,5 mm WK. Er wordt hier gebruik gemaakt van de formule

$$\phi_v = 3600 \times 1,34 h^{2,48} m^3/h$$

een benaderingsformule, die ook veel door fabrikanten van meetschotten wordt gehanteerd. Berekend is dat de grootste afwijking van deze formule t.o.v. de algemene lozingsformule slechts 0,28 % bedraagt hetgeen de toepassing rechtvaardigt.

Met behulp van deze formule kan worden afgeleid welk verband er bestaat tussen de fout in de niveaumeting en de fout in het debiet t.w.

$$\Delta\phi_v = \frac{d\phi_v}{dh} \times \Delta h = \phi'_v \times \Delta h$$

$$\sigma\phi_v = \frac{\Delta\phi_v}{\phi_v} = \frac{\phi'_v}{\phi_v} \times \Delta h$$

$$\sigma\phi_v = \pm 2,48 \frac{\Delta h}{h} \%$$

waarbij geldt dat  $\sigma\phi_v$  de relatieve fout is in % in het gemeten debiet  $\phi_v$ .

We zien dus, dat een niveau-instrumentfout van ± 1 % van de span, reeds een fout in het debiet  $\phi_v$  veroorzaakt van ca. ± 2,5 % bij  $h_{max}$ .

Als er gemeten wordt bij  $h = \frac{1}{2} h_{max}$ , bedraagt deze fout reeds ca. ± 5 %.

Tabel I geeft weer hoe het verloop van  $\sigma\phi_v$  is bij kleiner wordende h.

TABEL I - (V-schot).

| h (%) | $\sigma\phi_v$ (%) |
|-------|--------------------|
| 100   | ± 2,48             |
| 50    | ± 4,96             |
| 25    | ± 9,92             |

Een conclusie, die hieruit kan worden getrokken is, dat deze meting in het bovenste deel van het meetbereik de kleinste relatieve fouten oplevert.

Een zorgvuldige keuze van het meetbereik moet daarom worden nagestreefd.

Op dezelfde wijze kan voor een venturiegoot worden afgeleid dat:

$$\sigma\phi_v = \pm 1,5 \frac{\Delta h}{h} \%$$

In tabel II zien we wat de invloed van het debiet is op de fout in het meetresultaat

wanneer de meetfout van de niveaumeter ± 1 % van de span bedraagt.

TABEL II - (venturiegoot).

| h (%) | $\sigma\phi_v$ (%) |
|-------|--------------------|
| 100   | ± 1,5              |
| 50    | ± 3                |
| 25    | ± 6                |

Tot nu toe is er bij de voorbeelden slechts gesproken over de invloed van de fout van de niveaumeter op de fout in het debiet  $\phi_v$ , de andere mogelijke oorzaken werden hierbij buiten beschouwing gelaten. Zoals eerder is opgemerkt dragen deze wel degelijk bij tot de totale fout.

Enkele individuele fouten die bijdragen in de totale fout zijn (in %):

$\sigma h$ : de fout van het niveaumeetinstrument;  
 $\sigma y$ : de foutieve opstelling van de meetgoot of meetschot;

$\sigma z$ : de foutieve nulpuntsinstelling van de niveau-opnemer;

$\sigma x$ : de fabricagetoleranties van de meetgoot of het meetschot;

$\sigma i$ : de fout van de integrator (bij bepaling van volume per 24 uren);

$\sigma c$ : de fout in de lozingsfactor.

Met behulp van de formule:

$$\sigma h_1 = \pm \sqrt{\sigma h^2 + \sigma y^2 + \sigma z^2}$$

bepalen we  $\sigma h_1$ , de vervangende relatieve fout in de gemeten stuwhoogte.

De totale fout in het debiet  $\phi_v$  kan nu worden berekend m.b.v. de formule:

$$\sigma\phi_v = \pm \sqrt{\sigma x^2 + \sigma c^2 + \sigma i^2 + (\lambda \sigma h_1)^2}$$

Hierin is  $\lambda$  de macht uit de debiet-vergelijking:

dus voor een V-schot geldt:  $\lambda = 2,48$

en voor een Venturiegoot:  $\lambda = 1,5$

Stel nu dat onder optimale omstandigheden voor een V-schot meting de volgende waarden van toepassing zijn (alle waarden betrokken op het niveau):

$\sigma h = \pm 1$  % van de span;

$\sigma y = \pm 0,5$  % van de span;

$\sigma z = \pm 0,5$  % van de span.

Vervolgens kunnen we stellen dat:

$\sigma x = \pm 0,5$  % (literatuur);

$\sigma i = \pm 0,5$  % (van de gemeten waarde, is optimistisch);

$\sigma c = \pm 1$  % (literatuur).

Voor een V-schot meting vinden we dan voor  $\sigma h_1$  en  $\sigma\phi_v$  de in tabel III vermelde waarden m.b.v. eerder genoemde formules.

TABEL III

| h (%) | $\sigma h_1$ (%) | $\sigma\phi_v$ (%) |
|-------|------------------|--------------------|
| 100   | ± 1,23           | ± 3,28             |
| 50    | ± 2,45           | ± 6,2              |
| 25    | ± 4,9            | ± 12,3             |

Indien we echter wat onzorgvuldig te werk gaan en de voorschriften niet of onvoldoende in acht nemen, dan ontstaan er belangrijk grotere fouten.

Stel bijv. dat  $\sigma y$  en  $\sigma z \pm 1$  % in plaats van ± 0,5 % bedragen, dan ontstaan er fouten, zoals in tabel IV is vermeld. Deze laatste meetinstallatie zal dus nooit aan de gestelde eisen kunnen voldoen.

TABEL IV

| h (%) | $\sigma h_1$ (%) | $\sigma\phi_v$ (%) |
|-------|------------------|--------------------|
| 100   | ± 1,73           | ± 4,46             |
| 50    | ± 3,46           | ± 8,66             |
| 25    | ± 6,92           | ± 17,20            |

Het gaat hier echter niet om de fout in het debiet, maar om de fout in het geïntegreerde debiet per 24 uren. Zoals u zult hebben opgemerkt, is de relatieve fout in het debiet sterk afhankelijk van het debiet zelf.

De fout in het geïntegreerde debiet  $\sigma Q$  wordt in belangrijke mate bepaald door het lozingspatroon gedurende de betreffende 24 uren.

Stel dat we 2 willekeurig gekozen lozingspatronen onder de loep nemen t.w.:

A. 400 m<sup>3</sup>/h gedurende 10 uren  
 89 m<sup>3</sup>/h gedurende 14 uren

B. 400 m<sup>3</sup>/h gedurende 2 uren  
 89 m<sup>3</sup>/h gedurende 8 uren  
 44 m<sup>3</sup>/h gedurende 14 uren

Voor een V-schot, met  $\alpha = 90^\circ$  terwijl de fout van het meetinstrument ± 1 % van de span bedraagt, is van beide lozingspatronen de berekening uitgevoerd.

Voor de diverse debieten vinden we voor  $\sigma\phi_v$  en  $\Delta\phi_v$  de waarden zoals vermeld in tabel V.

TABEL V

| $\phi_v$ (m <sup>3</sup> /h) | $\sigma\phi_v$ (%) | $\Delta\phi_v$ (m <sup>3</sup> /h) |
|------------------------------|--------------------|------------------------------------|
| 400                          | ± 3,44             | ± 13,76                            |
| 89                           | ± 6,2              | ± 5,5                              |
| 44                           | ± 8,2              | ± 3,6                              |

Voor het lozingspatroon A vinden we voor de relatieve fout in het geloosde volume over 24 uren:

$$Q = \Sigma\phi_v (24 h) = 5246 m^3.$$

$$\Delta Q = \Sigma\Delta\phi_v (24 h) = \pm 215 m^3.$$

$$\sigma Q = \pm \frac{100 \times \Delta Q}{Q} = \pm \frac{100 \times 215}{5246} = \pm 4,1\%.$$

Voor lozingspatroon B vinden we op dezelfde wijze dat  $\sigma Q = \pm 5,7$  %.

Indien de diverse veronderstellingen juist zijn, voldoet de meting voor lozingspatroon A wel aan de wettelijke eis, voor lozingspatroon B echter niet.

Als de voorschriften niet voldoende in acht worden genomen, zullen we belangrijk grotere fouten vinden.

Indien namelijk  $\sigma_y$  en  $\sigma_z \pm 1\%$  bedragen, dan levert dit voor beide lozingspatronen op:

$\sigma_Q = \text{ca.} \pm 6\%$  voor lozingspatroon A.  
 $\sigma_Q = \text{ca.} \pm 10\%$  voor lozingspatroon B.

Hierdoor kan niet meer aan de wettelijke eis worden voldaan.

Voor een venturiegoot onder optimale omstandigheden werden de volgende waarden berekend:

voor lozingspatroon A:  $\sigma_Q = \pm 3,6\%$ ;  
 voor lozingspatroon B:  $\sigma_Q = \pm 5,8\%$ .

In het hoofdstuk 2.2. zullen de diverse uitkomsten in tabel VII met elkaar worden vergeleken.

### 2.2. Metingen in gesloten kanalen

Daar de inductieve stromingsmeter voor afvalwater steeds meer wordt toegepast, lijkt het gewenst ook hiervan iets over meetfouten te vermelden.

De individuele fouten, die bijdragen in de totale fout zijn:

- $\sigma_s$ , de fout van de inductieve stromingsmeter (d.w.z. van de meetbuis + versterker);
- $\sigma_i$ , de fout van de integrator.

Vrij algemeen geldt dat, bij snelheden in de meetbuis tussen 1 m/s en 10 m/s bij de maximum schaalwaarde, de meetfout  $\sigma_s$  bedraagt:

$$\sigma_s = \pm \frac{(0,5 \phi_v \text{ max.} + 0,5 \phi_v \text{ gemeten})}{\phi_v \text{ gemeten}} \%$$

terwijl voor  $\sigma_i \pm 0,5\%$  van de gemeten waarde kan worden aangenomen.

De totale fout van de meetinstallatie kan nu worden berekend m.b.v.

$$\sigma \phi_v = \pm \sqrt{\sigma_s^2 + \sigma_i^2}$$

Indien we ook hier als uitgangspunt nemen een meetinstallatie voor  $\phi_v \text{ max.} = 500 \text{ m}^3/\text{h}$ , dan vinden we de waarden als vermeld in tabel VI.

TABEL VI

| $\Phi_v$ (m <sup>3</sup> /h) | $\sigma_s$ (%) | $\sigma \phi_v$ (%) | $\Delta \phi_v$ (m <sup>3</sup> /h) |
|------------------------------|----------------|---------------------|-------------------------------------|
| 400                          | $\pm 1,13$     | $\pm 1,24$          | $\pm 4,95$                          |
| 89                           | $\pm 3,3$      | $\pm 3,35$          | $\pm 2,98$                          |
| 44                           | $\pm 6,2$      | $\pm 6,21$          | $\pm 2,73$                          |

Voor de eerder genoemde debietpatronen A en B vinden we voor  $\sigma_Q$  de uitkomsten:

voor lozingspatroon A:  $\sigma_Q = \pm 1,7\%$ ;  
 voor lozingspatroon B:  $\sigma_Q = \pm 3,4\%$ .

Om u nog een indruk te geven hoe de

verschillende uitkomsten t.o.v. elkaar liggen zijn deze in tabel VII vermeld:

TABEL VII

| lozingspatr. | meetsyst.<br>Indukt.str.<br>meter<br>% | Venturie-<br>goot<br>% | Thomson<br>V-schot<br>% |
|--------------|--|------------------------|-------------------------|
| A            | $\pm 1,7$                              | $\pm 3,6$              | $\pm 4,1$               |
| B            | $\pm 3,4$                              | $\pm 5,8$              | $\pm 5,7$               |

2.3. De algemene konklusie m.b.t. meetfouten bij het meten luidt:

- Het is niet eenvoudig om bij het meten van afvalwater aan de wettelijke eisen te voldoen. Alle voorschriften dienen stipt in acht te worden genomen. Het zal u duidelijk zijn, dat de soms nog gehanteerde uitspraak: 'Metsel maar een putje en zet er maar een schotje in' in het rijk der fabelen thuishoort.
- Getracht moet worden om vooraf, met behulp van de beschikbare gegevens, foutenberekeningen uit te voeren teneinde na te gaan of de gekozen meetinstallatie wel aan de gestelde eisen zal kunnen voldoen.
- Tevens zal aan de hand van de beschikbare gegevens moeten worden vastgesteld welke optimaliseringsmaatregelen m.b.t. nauwkeurig meten economisch haalbaar of verantwoord zijn.

### 3. Monstername

Zijn we bij het meten in staat, om het effect van de verschillende invloeden te kwantificeren, bij monstername blijkt dit nog niet mogelijk te zijn.

Voor een belangrijk deel is dit te wijten aan de complexiteit van het monsternameprobleem, dat, naar het nog dikwijls blijkt, onvoldoende wordt onderkend. Om de fouten, die bij het monsternemen kunnen worden gemaakt zo klein mogelijk te houden, zullen we moeten zorgen, dat alle normen en voorschriften nauwgezet worden opgevolgd.

Evenals bij het meten het geval was, kunnen we veronderstellen, dat er een aantal facetten zijn waaraan beslist aandacht moet worden besteed om een betrouwbare monstername te verkrijgen. Enkele van deze facetten zijn:

- A. De 'kwaliteit' van het afvalwater.
- B. De monstername-plaats.
- C. De monsternamemethode.

ad A. Onder de kwaliteit van het afvalwater verstaan we:

- a. de fase waarin de verontreinigingen

verkeren tijdens de monstername, t.w.:  
 vast (bezonken, zwevend, drijvend);  
 vloeibaar (drijvend, opgelost, gedispergeerd);

gasvorming (opgelost, gedispergeerd).

b. De wijze waarop het water op de monsternameplaats wordt aangeboden, t.w.:

- het debiet;
- de variaties in het debiet;
- de variaties in de samenstelling.

#### ad B. Monsternameplaats

Het zal duidelijk zijn, dat op de monsternameplaats het afvalwater homogeen van samenstelling zal moeten zijn. Indien hieraan niet wordt voldaan, wordt de monstername onbetrouwbaar.

Geconstateerd is dat hierdoor fouten tot  $\pm 100\%$  kunnen voorkomen. Indien er geen plaats is waar de samenstelling van het afvalwater homogeen is, zullen incidenteel maatregelen moeten worden getroffen. Welke dat moeten zijn, zal voor ieder probleem afzonderlijk moeten worden beoordeeld. Een standaardoplossing kan hiervoor niet worden gegeven.

#### ad C. Monsternamemethode (apparaat)

De keuze van de monsternamemethode en het monstername-apparaat hangt in belangrijke mate af van de punten A en B. Indien de keuze juist is dan resteren nog als foutenbronnen:

- de fout in de proportionaliteit van het monster t.o.v. het afgevoerde volume;
- de stabiliteit van het apparaat (technisch constant blijven over langere termijn);
- de fout door vervuiling.

Een belangrijk facet hierbij, m.b.t. de variaties in het debiet en de samenstelling, is de instelling van de optimale monsternamefrequentie. Deze is nodig om de samenstelling van het afgevoerde water zo goed mogelijk te benaderen.

Als het voorgaande mag worden samengevat dan kunnen we constateren dat:

- Monstername een complex probleem is.
- Kwantificeren van fouten thans niet mogelijk is;
- De monsternameplaats zorgvuldig gekozen dient te worden.
- Een zorgvuldige keuze van de monsternamemethode nodig is;
- Om de kwaliteit van monstername-apparatuur op goed functioneren en fouten te kunnen beoordelen, een evaluatie van een aantal apparaten dient te worden overwogen.

**4. Analyse**

Een andere foutenbron, die bij de bepaling van het aantal i.e. een belangrijke rol speelt is de analyse van het monster. Hoewel dit onderwerp in feite buiten de opdracht van de werkgroep valt, zou ik toch enige aspecten van fouten bij het analyseren willen noemen. In het UVR wordt ten aanzien van de CZV-methode genoemd dat de fouten kunnen worden beperkt tot  $\pm 3 \text{ à } \pm 5 \%$ . Bij onzorgvuldige behandeling kunnen echter belangrijk grotere fouten worden gemaakt. Enkele oorzaken kunnen zijn:

- het verzamelmonster onvoldoende mengen voordat het te onderzoeken monster wordt afgetapt;
- het achterblijven van vaste deeltjes of het aanhechten van vaste deeltjes of vet bij het pipetteren.

Ook kan bij de analyse een grote fout worden gemaakt, indien er sprake is van een CZV-verschil bepaling. Als uitgangspunt wordt aangenomen dat oppervlaktewater als bedrijfswater of koelwater wordt gebruikt. Hierbij kan bijv. de uitgaande vuillast met de inkomende vuillast worden verminderd. Aan de hand van een voorbeeld zal dit worden toegelicht. Stel dat de volgende omstandigheden van toepassing zijn:

|              |                         |
|--------------|-------------------------|
| uitgaand CZV | $X_1 = 40 \text{ mg/l}$ |
| inkomend CZV | $X_2 = 30 \text{ mg/l}$ |
| CZV-verschil | $Y = 10 \text{ mg/l}$   |

Stel bovendien dat de gemaakte fout bij de CZV-bepaling  $\pm 3 \%$  bedraagt. Met behulp van foutenanalyse vinden we dan:

$$Y = X_1 - X_2$$

De fout  $f$  in  $Y$  bedraagt dan:

$$f = \pm \sqrt{\frac{\Delta X_1^2 + \Delta X_2^2}{Y^2}}$$

$$\sqrt{\frac{0,9^2 + 1,2^2}{10^2}} = \pm 15 \%$$

Een  $\pm 5 \%$  analysefout leidt zelfs tot een fout van  $\pm 25 \%$  in de uiteindelijke CZV-verschilbepaling. Aanzienlijke fouten dus, die terdege onderkend dienen te worden.

**5. Bepaling van het gemiddelde aantal i.e.**

Na deze beschouwing van de mogelijke fouten bij meten, monsternamen en analyse arriveren we bij een belangrijk onderwerp, dat de werkgroep nog niet heeft bestudeerd. Het betreft de fout, die kan worden

gemaakt bij de i.e.-bepaling indien niet continu over het gehele jaar wordt gemeten en bemonsterd. Een moeilijk probleem waarvoor een oplossing zal moeten worden gevonden. In dit artikel zal daarom worden getracht een indruk te geven waarover het in feite gaat. Vermeld dient te worden dat bij het voorbeeld aan typisch statistische zaken, zoals bijv. aantal waarnemingen, de spreiding daarvan en diverse veronderstellingen enz. geen bijzondere aandacht is besteed. Stel we hebben te maken met een continu-bedrijf waar ook tijdens de weekeinden wordt gewerkt. Gedurende 14 dagen achtereenvolgend wordt er gemeten en bemonsterd. De berekende i.e.-waarden zijn in tabel VIII samengevat.

TABEL VIII

|               |                  |
|---------------|------------------|
| $X_1 = 8500$  | $X_8 = 8900$     |
| $X_2 = 8000$  | $X_9 = 9300$     |
| $X_3 = 12500$ | $X_{10} = 10700$ |
| $X_4 = 13600$ | $X_{11} = 8800$  |
| $X_5 = 10300$ | $X_{12} = 9700$  |
| $X_6 = 8700$  | $X_{13} = 13000$ |
| $X_7 = 7700$  | $X_{14} = 11700$ |

Hieruit kan de gemiddelde waarde  $\bar{X}$  worden berekend, t.w.:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

$$X = \frac{1}{14} \sum_{i=1}^{14} X_i = \frac{141400}{14} = 10100 \text{ i.e.}$$

De vraag die we onszelf zullen moeten stellen luidt: hoe betrouwbaar is nu deze waarde  $\bar{X}$ ? Hiertoe berekenen de standaarddeviatie van het gemiddelde

$$\sigma_{\bar{X}} = \frac{1}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$\sigma_{\bar{X}} = \frac{1}{\sqrt{14}} \sqrt{\frac{4800 \cdot 10^4}{13}} = 514 \text{ i.e.}$$

Deze blijkt dus 514 i.e. te bedragen. Gezien het geringe aantal waarnemingen moet rekening gehouden worden met het feit dat  $\sigma_{\bar{X}}$  50 % groter kan zijn. We mogen nu stellen dat er 68 % kans is dat  $\bar{X}_a = \bar{X} \pm \sigma_{\bar{X}} = 10100 \pm 514 \text{ i.e.}$  96 % kans is dat  $\bar{X}_a = \bar{X} \pm 2 \sigma_{\bar{X}} = 10100 \pm 1028 \text{ i.e.}$

Wanneer er nu een serie controlemetingen wordt uitgevoerd gedurende ook bijv. 14 dagen en men vindt:

$$\bar{X}_n = 9100 \text{ of } \bar{X}_a = 11100.$$

Wat moet dan de conclusie zijn?

De afwijking bedraagt hier dus ca.  $\pm 10 \%$  en bij  $f 20,-/i.e.$  is hiermee een bedrag van  $1000 \times f 20,- = \pm f 20.000,-$  gemoeid.

Het verschil tussen de bedragen, behorende bij beide bovengenoemde i.e.-waarden, bedraagt zelfs  $f 40.000,-$ .

Bedragen die de moeite waard zijn om rekening mee te houden.

Bij de voorgaande berekening en beschouwing hebben we aangenomen dat de getallen in tabel VIII juist waren en geen fouten bevatten.

Aangenomen mag worden dat er wel fouten zijn en bij de verwerking van de meetresultaten zal rekening gehouden moeten worden met de invloed van de doorwerking van deze fouten op de betrouwbaarheid van de gemiddelde waarde  $\bar{X}$  en van de standaarddeviatie van het gemiddelde. Een studie op korte termijn is derhalve gewenst.

De algemene conclusies m.b.t. nauwkeurigheid luiden:

1. Er moet worden getracht het meten, bemonsteren en analyseren zo goed mogelijk uit te voeren.
2. Uit de inleidingen blijkt, dat het niet eenvoudig is met de thans bekende meet- en bemonsteringsapparatuur aan de wettelijke eisen te voldoen.
3. Voor het statistisch probleem m.b.t. de bepaling van de gemiddelde i.e.-waarde zal op korte termijn een oplossing moeten worden gevonden teneinde hanteerbare richtlijnen te kunnen geven.

**Literatuur:**

1. Draft ISO-recommendation No. 1438, 'liquid flow measurement using thin plate weirs and venturi-flumes'.
2. Theory and problems of statistics; by M. Spiegel.

