

Voordracht gepresenteerd op het vijfde KIWA/VWN-colloquium, Methodenontwikkeling II

Inleiding

Als onderzoekers bij een statisticus komen is het veelal met de vraag hoeveel metingen/ waarnemingen zij moeten doen om bijvoorbeeld na te gaan of er een verschil is in het chloridegehalte tussen twee (of meer) jaren of om het gemiddelde ammoniumgehalte van een jaar binnen zekere grenzen te bepalen. Misschien hopen zij dat het aantal zo hoog zal zijn dat ze terstond bevestigd worden in hun overtuiging dat je aan statistiek niets hebt. Wellicht zullen zij nog meer ontgoocheld zijn als ze te horen krijgen dat die vraag niet



IR. J. TH. GROENNOU
KIWA NV

zonder meer te beantwoorden is en dat de statisticus meer informatie nodig heeft over het onderzoek. De angst voor een mogelijke overname van het onderzoek door de statisticus zal ertoe leiden dat ze dan zeker weten dat de statistiek geen oplossing biedt.

Desondanks zal in dit artikel getracht worden aan te geven wat de inbreng van de statistiek is bij het bemonsteren van processen.

Proces

Er zijn vele definities van wat een proces is maar hier zal het beperkt worden tot het aangeven van wat onder een proces wordt verstaan:

– *Een te regelen systeem*

Aan de hand van metingen aan het systeem kan dit gestuurd worden.

Voorbeelden hiervan zijn zuiveringsprocessen, productieprocessen.

– *Een bron van metingen en waarnemingen*

Aan de hand van metingen/waarnemingen wordt een historisch overzicht samengesteld. Voorbeelden hiervan zijn rivieren, lozingspunten van afvalwater.

De te meten variabele als functie van de tijd wordt het uitgangssignaal genoemd.

Een voorbeeld hiervan is gegeven in afb. 1.

Doel van het onderzoek

Het verrichten van metingen aan een proces wordt gedaan aan de hand van een oogmerk zoals:

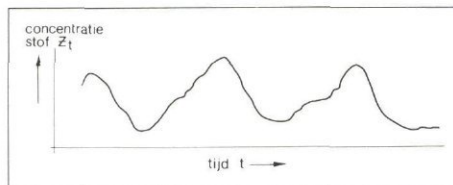
– *Het schatten van de gemiddelde toestand in een bemonsteringsperiode*

Hoe hoog is het chloridegehalte dit jaar?

– *Het detecteren van een verandering*

Is het ammoniumgehalte dit jaar hoger/lager dan vorig jaar?

Is er een dalende/stijgende trend ten aanzien van het cadmiumgehalte? (over meerdere jaren).



Afb. 1 - Concentratie stof als functie van de tijd.

– *Het schatten van de tijdstippen waarop een drempelwaarde wordt overschreden*

Wanneer moet de inname van oppervlaktewater worden gestopt omdat het gehalte van een stof de normwaarde hiervoor overschrijdt? (grenswaardecontrole).

Wanneer moet het koolfilter worden vervangen omdat de zuivering niet aan de gestelde eis(en) voldoet? (grenswaarde regeling).

– *Het schatten van een percentiel*

Welk percentage van een stof is hoger/lager dan de normwaarde voor een stof?

Welke concentratie geeft aan dat 10% hoger is dan die waarde?

– *Het toetsen aan de norm*

Voldoet de concentratie aan de gestelde eisen zoals geformuleerd in het waterleidingbesluit?

Voldoet de treksterkte van het produkt aan de gestelde eisen ten aanzien van de fractie defectieven?

– *Het ontwikkelen van een beeld over het systeem*

Hoe gedraagt het nitraatgehalte zich in de tijd? Is er een trend, zijn er seizoensfluctuaties?

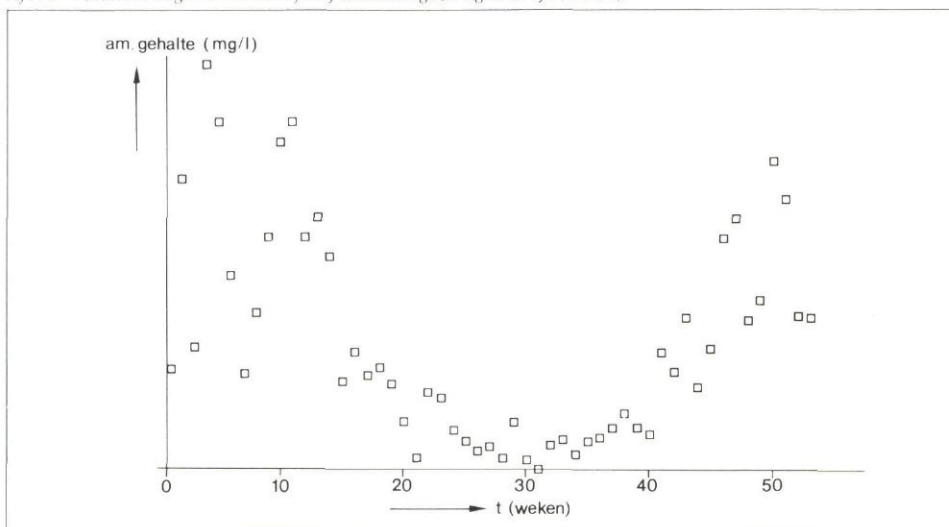
– *Het vaststellen van pieken*

Is er een piek in het chloridegehalte in een rivier ten gevolge van overmatige lozingen?

Bemonsteringsschema

Bij het bepalen van de steekproefgrootte en de tijdstippen waarop een steekproef dient te worden genomen (bemonsteringsschema)

Afb. 2 - Ammoniumgehalte in de Rijn bij Ochten uitgezet tegen de tijd (weken).



moet eerst een aantal vragen worden beantwoord.

Doel van het onderzoek

In het voorgaande is een aantal doelstellingen genoemd. Het zal zonder meer duidelijk zijn dat voor het bepalen van pieken een hoge bemonsteringsfrequentie noodzakelijk zal zijn en de afstand tussen de tijdstippen afhankelijk is van de minimale tijdsduur van een piek. Bij grenswaardecontrole speelt een piek die kort duurt geen wezenlijke rol (deze zal door menging worden afgevlakt) maar speelt het niveau van de concentratie wel een grote rol.

Als de concentratie laag is, zal minder frequent gemeten dienen te worden dan wanneer deze hoog is (in de buurt van de grenswaarde).

Uit deze voorbeelden is zonder meer in te zien dat het doel van het onderzoek van groot belang is voor het vaststellen van het bemonsteringsschema.

Gewenste nauwkeurigheid

De gewenste nauwkeurigheid bij het bepalen van het gemiddelde en het aan te tonen verschil bij het vergelijken van gemiddelden speelt een grote rol bij het vaststellen van de steekproefgrootte. Het verhogen van de eisen ten aanzien van gewenste nauwkeurigheid of het aan te tonen verschil vereist aanzienlijk meer monsters, zodat de te stellen eis goed doordacht moet zijn.

Toegestane risico's

Dit zijn de fouten van de eerste en tweede soort die gerelateerd zijn aan de onbetrouwbaarheid en het onderscheidingsvermogen.

Bekendheid over het systeem

De nauwkeurigheid kan niet alleen verbeterd worden door de steekproefgrootte te verhogen maar ook door gebruik te maken

van informatie die over het systeem bekend is zoals:

- afhankelijkheidspatroon
- aanwezige trend
- seizoenscomponenten.

Beschikbare middelen

Als kosten geen rol spelen kan bijna elke gewenste nauwkeurigheid worden bereikt. Als de middelen beperkt zijn kan – door de kosten als randvoorwaarde mee te nemen – in de meeste gevallen de nauwkeurigheid geoptimaliseerd worden.

Voor een drietal doelstellingen zal het bepalen van de steekproefgrootte nader worden uitgewerkt. In de eerste drie gevallen wordt gebruik gemaakt van door de WRK verstrekte gegevens over het ammoniumgehalte in de Rijn bij Ochten uit 1979.

I. Schatten van de gemiddelde toestand

Voor het vaststellen van het aantal monsters die nodig zijn om het gemiddelde binnen zekere grenzen te bepalen zullen drie methoden nader worden uitgewerkt, te weten:

- A. Aselecte steekproef
- B. Gestratificeerde steekproef
- C. Systematische steekproef

A. Aselecte steekproef

Bij een aselecte steekproef heeft ieder element (hier tijdstip) een gelijke kans om in de steekproef te worden opgenomen. De steekproefgrootte wordt, als uit een zeer groot geheel (populatie) wordt bemonsterd, gegeven door [lit. 1]:

$$n = \frac{S^2 t_{n;1/2\alpha}^2}{d^2}$$

Hierbij is:

- n : de steekproefgrootte
- $t_{n;1/2\alpha}$: getableerde students t-grootheid die afhangt van de steekproefgrootte n en de onbetrouwbaarheidsdrempel
- α : de onbetrouwbaarheidsdrempel ofwel de kans op een fout van de eerste soort
- d : de breedte van het betrouwbaarheidsinterval met betrouwbaarheid $(1-\alpha)$ (gewenste nauwkeurigheid)
- S^2 : de variantie van de populatie die een maat is voor de strooiing.

Aan de hand van de gegevens uit afb. 2 is de waarde van S^2 geschat ($S^2 = 0,3$).

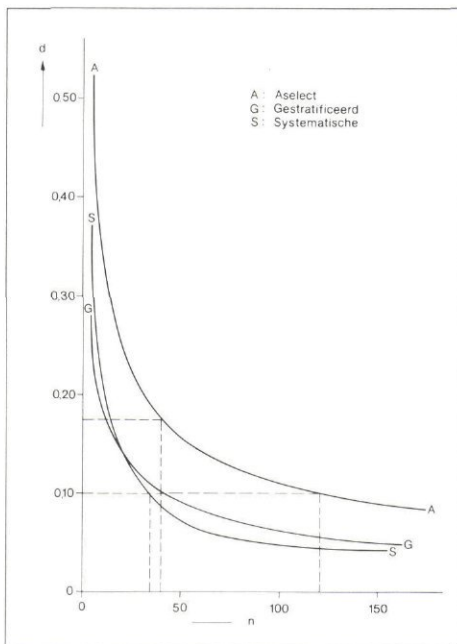
Als de onbetrouwbaarheid is vastgesteld dan kan t worden afgelezen uit een tabel van fractielen van de student-verdeling.

Als $\alpha = 0,05$ wordt genomen dan is $t \sim 2,0$.

Als de gewenste nauwkeurigheid 0,1 is dan kan met behulp van bovenstaande formule worden berekend dat:

$$n = \frac{0,3 * (2,0)^2}{(0,1)^2}$$

$$n = 120$$



Afb. 3 - Verband tussen nauwkeurigheid (d) en de steekproefgrootte (n) voor:

- aselecte steekproef (A)
- gestratificeerde steekproef (G)
- systematische steekproef (S)

In afb. 3 wordt het verband tussen de nauwkeurigheid (d) en de steekproefgrootte (n) voor de drie methoden weergegeven. Deze afb. is verkregen door voor verschillende nauwkeurigheden de steekproefgrootte te bepalen.

B. Gestratificeerde steekproef

Een methode om de nauwkeurigheid te verhogen wordt verkregen door de populatie te verdelen in deelpopulaties. De mate waarin de nauwkeurigheid wordt verhoogd hangt af van hoe de deelpopulaties worden gevormd en hoeveel er worden gekozen.

Wat de eerste vraag betreft kan als uitgangspunt worden genomen dat de verschillen tussen de deelpopulaties zo groot mogelijk moet zijn. In dit specifieke geval is gekozen voor twee deelpopulaties waarbij de samenstelling ervan als volgt is gekozen.

Deelpopulatie 1: metingen uit de maanden 1, 2, 3, 11 en 12.

Deelpopulatie 2: metingen uit de maanden 4, 5, 6, 7, 8, 9 en 10.

Dit komt grofweg neer op een verdeling in zomer/winter. (In principe hadden ook drie deelpopulaties gekozen kunnen worden met als verdeling zomer/lente, herfst/winter. Aan de hand van afb. 4 is te zien wat de verdeling in twee deelpopulaties inhoudt. De verdeling van de steekproefgrootte per deelpopulatie kan op twee manieren gebeuren:

Proportionele verdeling

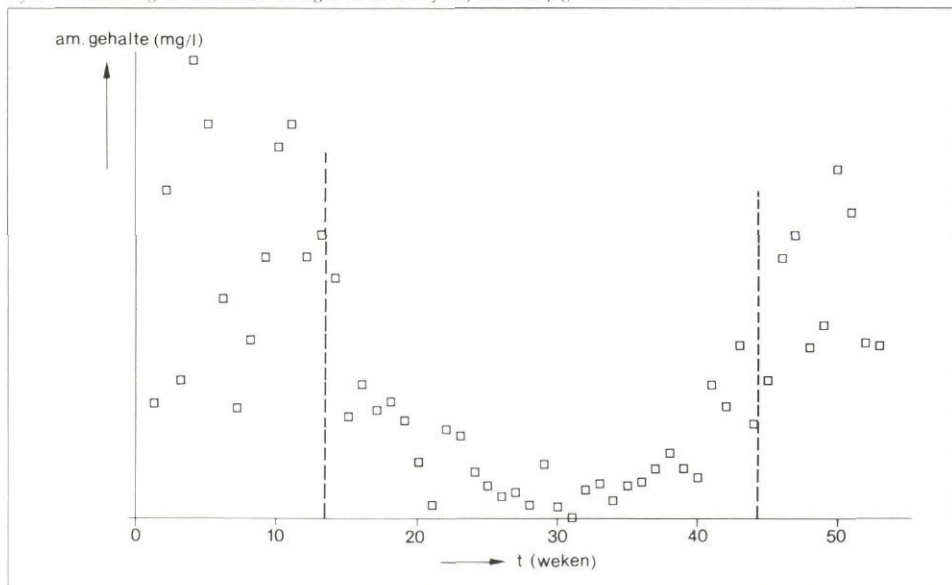
Het aantal te nemen monsters in een deelpopulatie is evenredig met de grootte ervan. In dit geval zitten 5 van de 12 maanden in deelpopulatie 1.

Als er in totaal 120 monsters worden genomen dan houdt dit in dat in deelpopulatie 1 er 50 genomen moeten worden (in deelpopulatie 2 dus 70).

Optimale verdeling

Het aantal te nemen monsters in een deelpopulatie is evenredig met een gewogen som van de spreiding in de deelpopulaties. In dit geval is $S_1^2 = 0,200$ en $S_2^2 = 0,042$ (S_i^2 is de spreiding in deelpopulatie i). Het aantal te nemen monsters in deelpopulatie 1 is nu 72 (in deelpopulatie 2 dus 48). Bij optimale verdeling is het doel de variantie van het te schatten gemiddelde zo laag mogelijk te krijgen. Dit komt er dus op neer dat de deelpopulatie met de grootste

Afb. 4 - Verdeling van het ammoniumgehalte in de Rijn bij Ochten op grond van het seizoen (zomer/winter).



spreiding het zwaarst wordt bemonsterd. In afb. 3 is het verband tussen nauwkeurigheid en steekproefgrootte weergegeven voor een gestratificeerde steekproef waarbij de optimale verdeling is toegepast (G). Uit afb. 3 blijkt dat het gebruik van gestratificeerde steekproeven leidt tot een aanzienlijke verlaging van de steekproefgrootte. Om een nauwkeurigheid van 0,1 te bereiken is in het geval van gestratificeerde steekproeven een steekproefgrootte van 40 nodig (Vergelijk dit met 120 in het geval van een aselechte steekproef).

C. Systematische steekproef

Bij een systematische steekproef worden op regelmatige (equidistante) tijdstippen monsters genomen. Voor de waarnemingen in de tijd wordt het volgende (statistische) model verondersteld [zie lit. 2].

Z_t = deterministisch deel + stochastisch deel.

Voor het deterministisch deel wordt verondersteld dat deze een component bevat die een eventueel verloop aangeeft (trend η_t) en een component die de seizoenen beschrijft (cyclisch component $\beta \sin(z\pi t/L)$). Voor het stochastisch deel wordt verondersteld dat deze een auto-regressief component van de eerste orde bevat (regressie op voorgaande waarneming): $Z_t = \alpha Z_{t-1}$ en een ruis component ε_t .

Het model wordt dan gegeven door:

$$Z_t = \alpha Z_{t-1} + \beta \sin(z\pi t/L) + \eta_t + \varepsilon_t$$

De autocorrelatie met lag k (ρ_k) is de correlatie tussen de oorspronkelijke reeks en de over k tijdstippen verschoven reeks. Voor lag 1 is het de correlatie tussen de reeksen:

$$\begin{matrix} Z_1 & Z_2 & Z_3 & \dots & Z_{50} & Z_{51} & Z_{52} \\ Z_1 & Z_2 & \dots & \dots & \dots & Z_{50} & Z_{51} & Z_{52} \end{matrix}$$

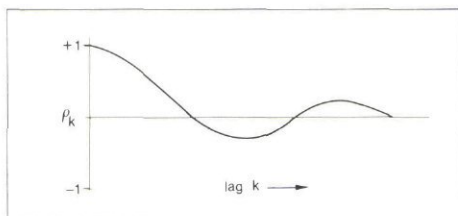
De autocorrelatiefunctie (ACF) is het verband tussen ρ_k en k . In afb. 5 is een voorbeeld van een ACF gegeven.

Uit de aanpassing van de ACF van het model gegeven door:

$$\varphi_{ZZ}(k) = \alpha \ell^{-k/T_c} + \beta \cos(z\pi k/L) + \eta C_t^2$$

aan de ACF berekend uit de waarnemingen, kunnen de waarden voor de parameters worden geschat. Met de aldus verkregen waarden is voor deze reeks door A. Smits van de WRK de nauwkeurigheid als functie van het aantal waarnemingen berekend en weergegeven (S) in afb. 3.

Uit deze afb. blijkt dat voor dit geval het verschil in steekproefgrootte n tussen de gestratificeerde steekproef en de systematische steekproef tot een nauwkeurigheid van circa 0,08 gering is. De oorzaak ligt



Afb. 5 - Verband tussen de auto-correlatie ρ_k en de lag k .

waarschijnlijk in de duidelijke aanwezigheid van een seizoenscomponent en de geringe invloed van correlaties tussen meetpunten die dicht bij elkaar liggen (doordat de steekproefgrootte kleiner is liggen de meetpunten verder uit elkaar). In het gebied daaronder leidt de systematische steekproef (met deze aanpak) tot een kleinere steekproefgrootte voor een gegeven nauwkeurigheid. Dit komt waarschijnlijk omdat hier de correlatie tussen bij elkaar liggende meetpunten belangrijker wordt, gezien de grootte van de steekproef (meetpunten dichter bij elkaar).

II. Detecteren van een verandering

Stel dat het doel van het onderzoek is na te gaan of er een verschil is tussen het gemiddelde gehalte van een stof in twee opeenvolgende jaren.

Om te bepalen hoe groot de steekproef per jaar moet zijn dienen de volgende vragen beantwoord te worden:

- Hoe groot mag het verschil zijn om dit als zodanig te interpreteren (V)?
- Hoe groot is de populatie variantie S^2 ?
- Hoe groot mag de fout van de eerste orde (α) zijn?

De grootte van de steekproef wordt als volgt bepaald:

$$\text{VAR}(Z_1 - Z_2) = \frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}$$

Stel dat $S_1 = S_2$ en $n_1 = n_2$ dan geeft dit:

$$\text{VAR}(Z_1 - Z_2) = \frac{2S^2}{n}$$

Door het $(1 - \alpha)\%$ betrouwbaarheidsinterval gelijk aan d te stellen kan V worden berekend.

$$S \sqrt{\frac{2}{n}} \cdot t_{2(n-1); 1/2\alpha} = V$$

$$n = \frac{2t_{2(n-1); 1/2\alpha}^2 * S^2}{V^2}$$

Voorbeeld

Stel dat de variantie 0,3 is, de onbetrouwbaarheid = 0,05 en dat het verschil tussen de gemiddelden 0,2 mag zijn, dan wordt voor n gevonden:

$$n = \frac{2 * (2,0)^2 * 0,3}{(0,2)^2}$$

$$n = 60$$

In het bovenstaande is verondersteld dat er geen correlatie is tussen de afzonderlijke waarnemingen. Als er echter een correlatie is tussen opeenvolgende waarnemingen, bijvoorbeeld

$$\text{COV}(Z_i, Z_{i+k}) = \begin{cases} \sigma^2 & \text{als } k = 0 \\ \ell \sigma^2 & \text{als } k = 1 \\ 0 & \text{als } k > 1 \end{cases}$$

dan wordt de variantie van het verschil van de gemiddelden gegeven door:

$$\text{VAR}(Z_1 - Z_2) = \frac{2S^2}{n} \left[1 + \frac{2n-3}{n} \ell \right]$$

De steekproefgrootte wordt in dit geval gevonden uit:

$$S \sqrt{\frac{2}{n} \left(1 + \frac{2n-3}{n} \ell \right)} t_{2(n-1); 1/2\alpha} = V$$

Voorbeeld

Stel dat $\ell = 0,5$ en de waarden voor S^2 , α en V gelijk aan het voorgaande voorbeeld dan wordt de steekproefgrootte gevonden uit:

$$\frac{2}{n} \left(1 + \frac{2n-3}{n} * 0,5 \right) = \frac{(0,2)^2}{(2,0)^2 * 0,3}$$

$$n = 119$$

Een correlatie houdt in dat een waarneming informatie bezit over nabij gelegen waarnemingen. Bij positieve correlatie uit zich dat in het feit, dat de nieuwe waarneming niet zo veel extra informatie bevat. Dit verklaart waarom in dit voorbeeld meer waarnemingen nodig zijn om hetzelfde gemiddelde verschil aan te tonen. Het negeren van correlatie leidt weliswaar tot een kleinere steekproef maar verhoogt de onbetrouwbaarheid van de uitspraak.

Als er een correlatie is tussen opeenvolgende waarnemingen en er wordt hiermede geen rekening gehouden bij het bepalen van de steekproefgrootte, dan kan dit (afhankelijk van de grootte van de correlatie en of deze positief dan wel negatief is) tot verkeerde conclusies leiden.

Afgezien van de hier veronderstelde correlatiestructuur (alléén tussen opeenvolgende waarnemingen) kunnen ook andere vormen vóórkomen. Een die bij systematische steekproeven vaak wordt gebruikt is de zogenaamde 'serial'-correlatie. Deze geeft aan dat de correlatie afhangt van de afstand (lag) tussen de waarnemingen en wordt gegeven door:

$$\text{COV}(Z_i, Z_{i+k}) = \ell^k \sigma^2 \text{ voor } k = 0, 1, 2, \dots$$

Het bepalen van de steekproefgrootte voor dit geval wordt hier buiten beschouwing gelaten.

III. Toetsen aan een norm

Om na te gaan of drinkwater aan een norm voldoet wat betreft één van de kwaliteitsparameters wordt een aantal monsters genomen. Het resultaat van de analyse kan worden opgegeven als:

– *Meetvariabele*

De concentratiestof in het monster; bijvoorbeeld de concentratie ammonium is 1,8 mg/l.

– *Attributieve variabele*

De concentratie stof in het monster voldoet wel (1) of niet (0), afhankelijk of deze lager of hoger is dan in de norm aangegeven.

Bijvoorbeeld als de norm-waarde 2,0 µg/l is en de resultaten van twee monsters 1,8 µg/l en 2,4 µg/l zijn, dan voldoet de eerste wel en krijgt de waarde 1 maar de tweede niet en krijgt de waarde 0.

De gedachtengang bij het toetsen aan de norm zal nader worden uitgewerkt uitgaande van attributieve variabelen. De overschrijding speelt een rol maar de mate ervan wordt buiten beschouwing gelaten. Stel dat de algemene eis is, dat als de norm te vaak wordt overschreden, het ammoniumgehalte onaanvaardbaar hoog is. Een aldus omschreven eis is te vaag om een steekproefschema op te stellen aan de hand waarvan uitspraken kunnen worden gedaan. Als de termen 'te vaak' en 'onaanvaardbaar hoog' geconcretiseerd worden kan de eis als volgt worden vertaald:

Als de norm in 10% van de gevallen wordt overschreden dan mag de (ten onrechte) goedkeurkans 10% zijn.

De goedkeurkans (P_g) wordt berekend aan de hand van de binomiale formule gegeven door:

$$P_g = \sum_{k=0}^c \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}$$

Hierbij is:

n : de steekproefgrootte

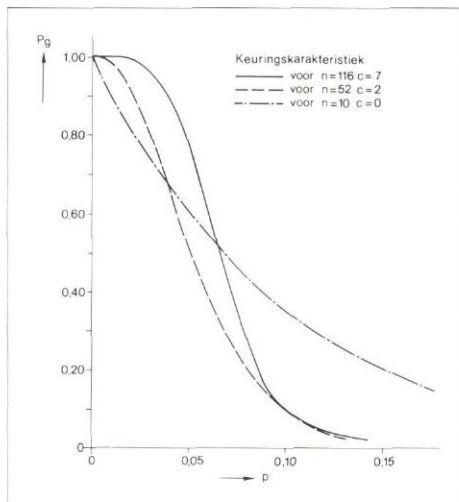
p : het percentage dat de norm overschrijdt

c : het goedkeuringscriterium.

In deze formule zitten vier onbekenden, te weten P_g , p , n en c . Als drie ervan worden gegeven dan kan de vierde worden berekend. Als wordt besloten dat tweeënvijftig monsters worden genomen om na te gaan of aan bovengenoemde eis wordt voldaan ($P_g = 0,10$ en $p = 0,10$) dan kan berekend worden dat voor c de waarde 2 genomen moet worden.

Dit houdt dan in dat als in tweeënvijftig monsters meer dan twee boven de norm liggen er niet aan de eis wordt voldaan. Zijn het er twee of minder dan wordt wel aan de eis voldaan.

Bij deze steekproefgrootte (n) en goedkeuringscriterium (c) kan de goedkeurkans worden berekend voor verschillende waarden



Afb. 6 - Het verband tussen goedkeurkans (P_g) en overschrijdingspercentage (p) voor drie verschillende combinaties van de steekproefgrootte n en het goedkeuringscriterium c .

van p . Het verband tussen goedkeurkans en overschrijdingspercentage is de keuringskarakteristiek.

In afb. 6 zijn drie keuringskarakteristieken getekend en wel voor verschillende combinaties van n en c .

Als de in dit verhaal gebruikte ammoniumgegevens beschouwd zouden mogen worden als een steekproef om te toetsen aan een norm (normwaarde 2,0 mg/l) dan zou de conclusie zijn dat deze niet wordt overschreden. Er zijn immers tweeënvijftig metingen verricht en er heeft slechts één normoverschrijding plaatsgevonden. Door de wijze waarop de steekproef is genomen (systematische steekproef) mag dit niet zonder meer gebeuren.

Uit bovenstaande keuringskarakteristiek (afb. 6) volgt dat als het overschrijdingspercentage 4% is de goedkeurkans relatief laag is (65%). Als dit overschrijdingspercentage overeenkomt met een aanvaardbaar watertype dan kan deze goedkeurkans als te laag worden ondervonden (er wordt te vaak geconcludeerd dat niet aan de eis wordt voldaan). Om dit te voorkomen kan de eis als volgt worden uitgebreid:

Als de norm in 4% van de gevallen wordt overschreden dan dient de goedkeurkans 90% te zijn. Deze gecombineerde eis ($P_g = 0,90$ voor $p = 0,04$ en $P_g = 0,10$ voor $p = 0,10$) geeft dan een waarde voor de steekproefgrootten en het goedkeuringscriterium c . De enkelvoudige eis geeft een waarde voor het goedkeuringscriterium bij gegeven steekproefgrootte of een waarde voor de steekproefgrootte bij gegeven goedkeuringscriterium. Met behulp van deze gegevens kan dan de keuringskarakteristiek worden bepaald die beter past bij de werkelijkheid. Om aan deze gecombineerde eis te voldoen dient de steekproefgrootte 116 en het goedkeuringscriterium 7 te zijn.

De hierbij behorende keuringskarakteristiek is in afb. 6 weergegeven.

Als vooraf een te kleine steekproefgrootte wordt gekozen dan is het vaak niet mogelijk om aan de eis te voldoen dat $P_g = 0,10$ als $p = 0,10$. De gunstigste waarde voor het goedkeuringscriterium zal dan nul zijn (om de ten onrechte goedkeurkans van een vastgestelde hoge overschrijdingspercentage zo laag mogelijk te houden).

In afb. 6 is de keuringskarakteristiek gegeven voor $n = 10$ en $c = 10$.

Aan de hand van deze keuringskarakteristiek valt op te maken dat het niet zinnig is te toetsen aan een norm met een steekproefgrootte van slechts tien monsters.

Bovenstaand voorbeeld is bedoeld als een illustratie van de techniek die bruikbaar is voor goed gedefinieerde hoeveelheden produkt (partijen) maar die minder geschikt is voor continu in de tijd veranderende grootheden (processen).

Literatuur

1. Cochran, W. G. (1953). *Sampling Techniques*. John Wiley & Sons.
2. Box, G. E. P., Hunter, W. G. (1978). *Statistics for experimenters*. John Wiley & Sons.

● ● ●

Normontwerpen regenwater ter kritiek

Onlangs zijn bij het NNI te Delft ter kritiek verschenen zeven normontwerpen betreffende regenwateronderzoek:

NEN 6576: Fotometrische bepaling van het gehalte aan ammonium.

NEN 6577: Fotometrische bepaling van het gehalte aan orthofosfaat.

NEN 6578: Potentiometrische bepaling van het gehalte aan totaal anorganisch fluoride.

NEN 6579: Potentiometrische bepaling van het gehalte aan hydroniumionen.

NEN 6580: Fotometrische bepaling van het gehalte aan sulfaat.

NEN 6581: UV-fotometrische bepaling van het gehalte aan nitraat.

NEN 6582: Fotometrische bepaling van het gehalte aan chloride.

Deze normontwerpen zijn opgesteld door de normcommissie 390 06 'Regenwater-onderzoek'. De beschreven methoden zijn geschikt voor kleine hoeveelheden analysemonster.

Kritiek op de normontwerpen wordt gaarne ingewacht vóór 1 oktober 1984.

Exemplaren van dit normontwerp zijn tegen vergoeding verkrijgbaar bij het NNI, Postbus 5059, 2600 GB Delft, tel.: 61 10 61.