

Mechanisering van de totaal Kjeldahl stikstofbepaling

1. Inleiding

1.1. Stichting WLZ

Het Zuiveringschap West-Overijssel en de Waterleiding Mij 'Overijssel' NV hebben in 1972 de Stichting Water Laboratorium Zwolle (WLZ) opgericht voor het onderzoek van water in de ruimste zin van het woord.

Het Zuiveringschap is belast met het actieve kwaliteitsbeheer van het oppervlaktewater in west-Overijssel, omvattende het gedeelte van de provincie, gelegen buiten het gebied van het Waterschap Regge en Dinkel.



DRS. J. C. SYBRANDI
Stichting Water Laboratorium
Zwolle



W. HAFKAMP
Stichting Water Laboratorium
Zwolle

De wederzijdse belangen bij een goede kwaliteit van het oppervlaktewater zijn daardoor een belangrijke stimulans geweest voor de totstandkoming van de stichting. Opgemerkt wordt dat het in KIWA-verband samenwerkend eigen laboratorium van de WMO niet in de stichting is ondergebracht. Dit laboratorium blijft zich primair bezighouden met de zorg voor de kwaliteit van het drinkwater.

1.2. Onderzoekprogramma

De Stichting WLZ is in mei 1972 begonnen met zijn werkzaamheden. Een van de eerste taken is geweest een studie over de aanpak van het chemische onderzoek van oppervlaktewater en industrieel afvalwater, alsmede van de controle op het goed functioneren van 34 rioolwaterzuiveringsinrichtingen en enkele particuliere zuiveringsinstallaties.

Het oppervlaktewater wordt maandelijks op een honderdtal punten bemonsterd. Van ieder monsterpunt worden 7 bepalingen verricht (zie tabel I).

De rioolwaterzuiveringsinrichtingen worden tweemaal per maand gecontroleerd. Deze controle omvat een steekbemonstering van influent, voorbezonden water en effluent, alsmede van slib. Voorts vindt op de riool-

waterzuiveringsinrichtingen tweemaal per jaar een continubemonstering gedurende 7 dagen plaats.

De controle op de afvalwaterlozingen van daarvoor in aanmerking komende bedrijven omvat per jaar ca. 450 monsters, welke op onregelmatige tijdstippen worden genomen. Het programma omvat blijkens tabel II alleen al voor het routine-onderzoek ca. 5.000 monsters.

Naast bovengenoemde onderzoeken moeten vrij regelmatig monsters worden onderzocht op bestrijdingsmiddelen, olie, (zware) metalen e.d.

Tenslotte moet er gelegenheid zijn voor onderzoek zowel op analytisch gebied als op het technologische vlak van de waterzuivering.

1.3. Mechanisering

Het is van het begin af aan duidelijk geweest dat een zo grote stroom monsters zoveel mogelijk mechanisch moet worden geanalyseerd. Dit is vooral van belang voor die bepalingen, welke relatief veel tijd en/of ruimte vergen, zoals die van totaal kjeldahl stikstof, totaal fosfaat en het chemisch zuurstofverbruik. Voorts komen in aanmerking de bepalingen van o.a. ammonium, nitriet, nitraat, ortho-fosfaat,

De WMO voorziet 40 gemeenten in Overijssel en 4 in Drenthe van leidingwater. De grondstof voor het leidingwater is tot nu toe uitsluitend grondwater. De winningsmogelijkheden van grondwater in het voorzieningsgebied zijn echter niet onbepaald, zodat in de toekomst ook gebruik zal moeten worden gemaakt van oppervlaktewater.

TABEL II - Overzicht van het aantal monsters en bepalingen in 1973 en 1974.

	1973		1974	
	aantal monsters	aantal bepalingen	aantal monsters	aantal bepalingen
oppervlaktewater	1.369	12.214	1.478	13.298
rioolwaterzuiveringsinrichtingen	1.705	9.454	3.976	22.274
industrieel afvalwater en diversen	369	3.401	505	5.715
totaal	3.443	25.069	5.959	41.287

TABEL I - Overzicht routine-onderzoek van de verschillende soorten monsters.

	opper- vlatte- water	industrieel afval- water	controle rioolwaterzuiveringsinrichtingen						
			influent	voorbezonden water	effluent	actief slib	ingedikt spuislib	vers slib	uitgegist slib
helderheid		x							
helderheid na 1 uur bezinken					x				
kleur		x							
reuk		x							
pH		x	x					x	x
temperatuur °C	x	x							
zuurstof mg/l	x								
zuurstofverzadiging in %	x								
chemisch zuurstofverbruik mgO ₂ /l		x	x	x	x				
biochem. zuurstofverbruik mgO ₂ /l	x	x	x	x					
biochem. zuurstofverbruik + atu mgO ₂ /l					x				
totaal kjeldahl-stikstof mg N/l	x	x	x	x	x				
ammonium-stikstof mg N/l	x	x	x	x	x				
nitriet + nitraat-stikstof mg N/l	x				x				
totaal fosfaat mg P/l	x		x	x	x				
chloride mg/l	x	x							
droogrest zwevende + bezinkbare stof mg/l			x	x	x	x			
droogrest in %							x	x	x
vloei-rest van droogrest in %							x	x	x
bezinksel 1 uur Imhoffglas ml/l		x							
bezinksel ½ uur maatcilinder ml/l						x			
slibindex ml/g						x			
vluchtige vetzuren als azijnzuur mg/l									x
olie en vet, visueel/extractie		x							
drijfslag		x							

chloride en fenol. Bovendien kan toepassing van zgn. ion-selectieve elektroden bijzonder interessant zijn voor bijv. de metingen van zuurstof, chloride, ammonium, nitriet en nitraat.

Er bestaat verder grote belangstelling voor de correlatie tussen de analyseresultaten van de klassieke methoden voor de bepaling van het chemisch (COD) en het biochemisch zuurstofverbruik (BOD) enerzijds en die van de moderne technieken voor de bepaling van het totaal zuurstofverbruik (TOD) en het gehalte aan organische koolstof (TOC) anderzijds, omdat de laatste twee bepalingen veel sneller kunnen worden verricht dan de eerste twee.

De wet Verontreiniging Oppervlaktewateren bevat ter vaststelling van de heffingen voor de verontreiniging van rijkswateren exacte analysevoorschriften voor de bepaling van het chemisch zuurstofverbruik, het biochemisch zuurstofverbruik, het zuurstofgehalte en de som van ammoniumstikstof en organisch gebonden stikstof*. Deze voorschriften zijn ook van toepassing voor het vaststellen van de heffing voor de verontreiniging van andere oppervlaktewateren. Er bestaat daardoor in de praktijk grote behoefte aan methodieken die snel en toch voldoende nauwkeurig informatie kunnen verschaffen aan de met het kwaliteitsbeheer van het oppervlaktewater belaste instanties en aan de afdelingen voor de zuiveringstechnologie.

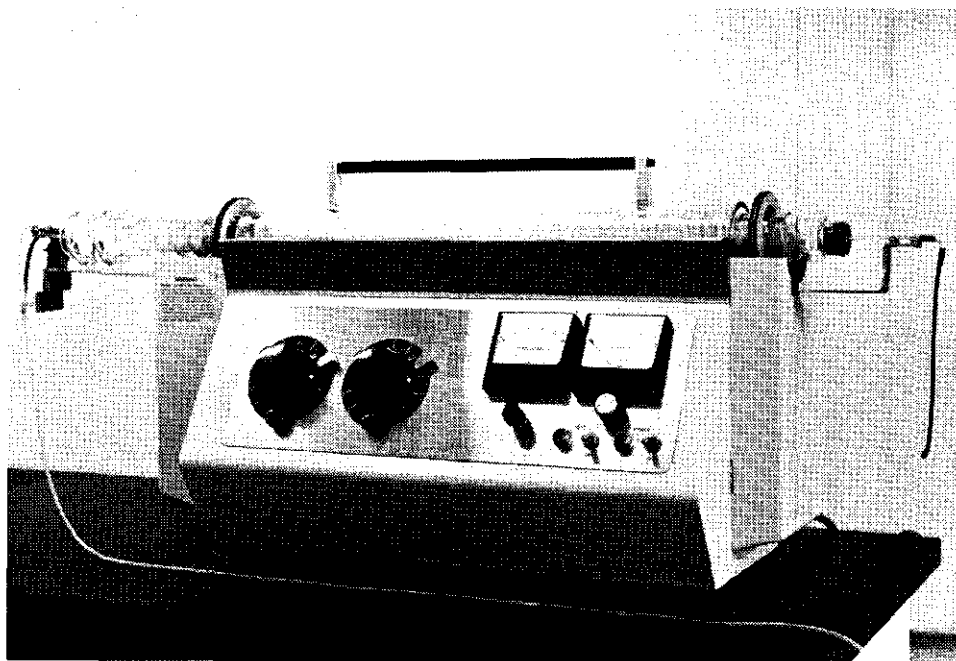
2. Totaal kjeldahl stikstof

2.1. Principe

Het laboratorium van de WLZ is begonnen met het onderzoek naar de mogelijkheden tot mechanisering van de meest omslachtige bepalingsmethoden, t.w. die voor totaal kjeldahl stikstof en voor totaal fosfaat. Juist deze zijn gekozen omdat voor beide de eerste bewerking een destructie van het organische materiaal is, welke door verhitting met zwavelzuur en een seleenmengsel wordt bereikt.

Deze destructie duurt ongeveer 4 uur, vraagt in die tijd nog de nodige aandacht, moet in een zuurkast worden uitgevoerd, verbruikt enig kwik en seleen en produceert het sterk corrosieve gas zwaveldioxide. Gebleken is dat deze destructie goed kan worden uitgevoerd met behulp van de continu werkende destructor van Technicon (zie afb. 1). Deze destructie verloopt eveneens goed — doch niet continu — met een blokdestructor, waarin 20 of 40 monsters tegelijk kunnen worden verhit. Na afloop van de destructie moet het zure residu alkalisch worden gemaakt. Vervolgens wordt de vloeistofstroom in

* De som van ammonium stikstof en organisch gebonden stikstof is totaal kjeldahl stikstof.



Afb. 1 - Auto-analyzer onderdeel voor continue destructie.

tweeën gesplitst, één voor de bepaling van totaal kjeldahl stikstof en één voor die van totaal fosfaat.

De rest van de analyse, namelijk de menging van en de reactie met de toegevoegde chemicaliën, de verwarming, de kleurvorming en -meting, alsmede de weergave zowel op de recorder als op de printer, bleek zeer eenvoudig met behulp van een auto-analyzer te kunnen worden verricht.

Ons onderzoek is in eerste instantie uitgevoerd op een tweekanaals-autoanalyzer, welke tevens is uitgerust met een automatische monsterwisselaar, een continue destructor en een tweepens-recorder. In een later stadium is een tweekanaalsprinter aan het systeem toegevoegd.

In dit artikel wordt verder alleen over de stikstofbepaling gesproken.

2.2. Voorschriften

De leverancier van de auto-analyzer heeft voor de stikstofbepaling een tweetal analysevoorschriften opgesteld. Het ene heeft betrekking op de hoge concentraties tussen 1 en 100 mg stikstof per liter, het andere op de lage concentraties tussen 0 en 3 mg per liter. Deze scheiding in de voorschriften is gewenst om een voldoende grote nauwkeurigheid in het hele concentratiegebied van 0 tot 100 mg per liter te bereiken.

a. de lage concentraties

De bepaling van de lage stikstofgehalten, welke overeenkomstig het voorschrift voor concentraties tussen 0 en 3 mg stikstof per

liter worden uitgevoerd, blijkt bij de neutralisatietrap direct na de destructie te grote variaties in de zuurgraad te vertonen. Hiervoor is, na 2 jaar experimenteren met de continue destructor, geen bevredigende oplossing gevonden. De experimenten op basis van dit voorschrift zijn voorlopig gestaakt. Dit betekent dat voor de bepaling van deze lage concentraties, welke voornamelijk in oppervlaktewater voorkomen, geen gebruik kan worden gemaakt van de continue destructor. Hiervoor zal een blok destructor worden ingeschakeld.

b. de hoge concentraties

Bij de bepaling van de hoge concentraties volgens het voorschrift voor 1 - 100 mg stikstof per liter, blijkt de neutralisatietrap vanwege de toegepaste verdunningen, steeds probleemloos te verlopen.

Met de bepalingen volgens dit voorschrift hebben wij inmiddels voldoende ervaring opgedaan om aan de eerste resultaten ruimere bekendheid te kunnen geven. Het toepassingsgebied van de hier beschreven methode betreft het influent, het bezonken water en meermalen ook het effluent van rioolwaterzuiveringsinrichtingen. De methode blijkt eveneens te kunnen worden toegepast op industrieel afvalwater.

3. Nauwkeurigheid

3.1. Monstername

Het is ons gebleken dat 2 flessen, welke op praktisch dezelfde plaats en hetzelfde tijdstip zijn gevuld met oppervlakte- of afval-

water, meermalen een duidelijk verschil in samenstelling vertonen. Zulke monsters mogen daarom nooit zonder meer als identieke monsters worden beschouwd. De waarde van het chemisch onderzoek inzake waterstromen, die van minuut tot minuut in samenstelling kunnen verschillen en die bovendien steeds heterogeen van aard zijn doordat zij zwevende organische bestanddelen bevatten, staat of valt in eerste instantie met de zorgvuldigheid waarmee het bemonsteringspunt en het bemonsteringstijdstip worden gekozen en met de wijze waarop de monsternamen plaatsvindt. De voor ons bestemde monsters afvalwater worden op de afgesproken dag des morgens om 9 uur door de klaarmeesters genomen in flessen van een liter. Deze worden ter plaatse in een koelkast bewaard. In de loop van de dag worden de flessen, zonder speciale koeling en zonder afscherming tegen licht, per auto naar het laboratorium gebracht en daar in de regel, zonder verdere behandeling met zuur of andere conserveringsmiddelen, tot de volgende ochtend in de koelkast bewaard. Pas de daarop volgende dag wordt dat gedeelte aangezuurd, dat diezelfde dag niet meer kan worden geanalyseerd.

Bij een vergelijkend onderzoek in 2 of meer laboratoria moeten de te vergelijken monsters persé eerst in één groot vat worden gemengd en bij voorkeur eveneens goed worden gehomogeniseerd, voordat deze aan de betreffende laboratoria worden afgegeven. Dan nog kunnen verschillen in temperatuur en tijdsverloop tussen het moment van monsternamen en de aanvang van het onderzoek voor onaangename verrassingen zorgen. Koel bewaren en snel analyseren is het beste. Het invriezen van de monsters kan belangrijke onomkeerbare fysische veranderingen veroorzaken. Een eerste criterium voor een goede vergelijkbaarheid van de analyses van één monster, onderzocht door verschillende laboratoria, is de overeenkomst in de hoeveelheid bezinksel na een half of een vol uur staan in een Imhoffglas.

3.2. *Monstervoorbehandeling*

De al of niet aangezuurde monsters moeten goed worden gemengd. Nadat gebleken was dat door schudden niet altijd een voldoende menging kon worden verkregen, zijn andere hulpmiddelen onderzocht. Het bleek toen dat na 2 minuten mengen in een keukenmixer, gevolgd door 3 minuten trillen in een ultrasonore desintegrator, meestal een voldoende fijne verdeling van de zwevende bestanddelen werd bereikt. Het was echter niet zo, dat hiermee een stabiele 'homogene' suspensie werd verkregen. Het blijft derhalve gewenst om de vloeistof tijdens het opzuigen van de te analyseren hoeveelheid

steeds te roeren. Dit laatste is op de monsterwisselaar van de auto-analyzer gerealiseerd door om de naald, waarmee het monster wordt opgezogen, een spiraalvormige roerder te laten draaien. Bovendien wordt, met behulp van een tweede roerder, de vloeistof in het volgende vaatje met een veel hogere snelheid geroerd.

3.3. *Relatieve standaardafwijking*

De standaardafwijking wordt veelal gebruikt als een maat voor de nauwkeurigheid of eigenlijk onnauwkeurigheid in een bepaalde reeks waarnemingen.

De formule voor de standaardafwijking *s* luidt:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

x_i = de individuele waarnemingen, met *i* = 1, 2,, *n*
x̄ = het rekenkundig gemiddelde
n = het aantal waarnemingen

In deze formule worden de afwijkingen van de gemiddelde waarde gekwadraterd. Hierdoor wegen de grote afwijkingen extra zwaar. In veel gevallen is het overzichtelijker

lijker de berekende standaardafwijking uit te drukken in procenten van de gemiddelde waarde.

Hiervoor is het begrip 'relatieve standaardafwijking' ingevoerd. Onder de relatieve standaardafwijking *s_r* verstaat men:

$$s_r = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100 \%$$

Naast de standaardafwijking wordt ook veel gewerkt met de grootheid variantie. De variantie is het kwadraat van de standaardafwijking.

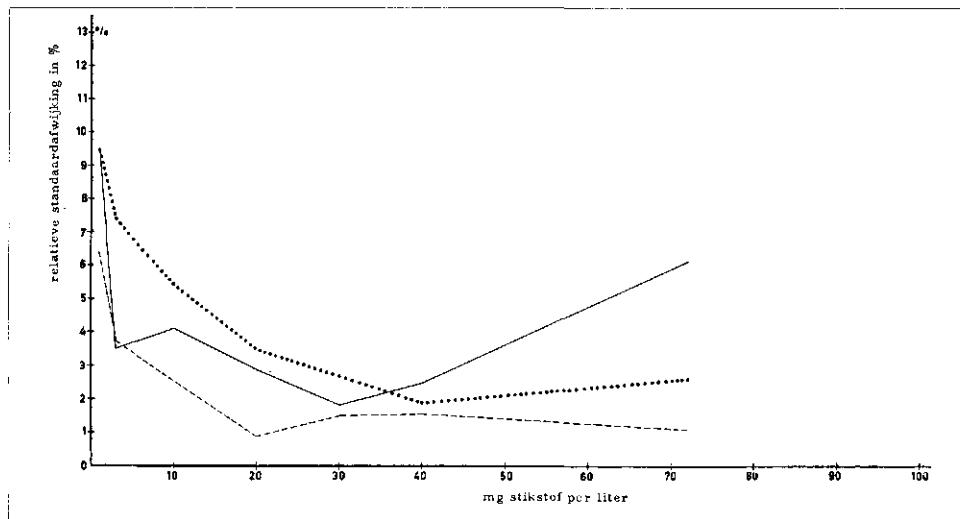
3.4. *Nauwkeurigheid van de beide bepalingmethoden*

Wij hebben om uiteenlopende redenen een honderd-tal stikstofbepalingen volgens het wettelijk voorschrift in duplo uitgevoerd en ruim honderdvijftig eveneens in duplo met behulp van de auto-analyzer volgens het voorschrift voor concentraties tussen 1 en 100 mg stikstof per liter. Het gemiddelde van elke duplobepaling valt in een concentratie-interval dat zó is gekozen, dat er in elk interval zo mogelijk tenminste 10 waarden vallen (zie tabel III). Van elk van deze gemiddelden is de relatieve standaardafwijking berekend. Van deze

TABEL III - *Vergelijking van de gemiddelde relatieve standaardafwijkingen per concentratie-interval in de werkwijze volgens het wettelijk voorschrift, kolom A, in die met de autoanalyzer, kolom B, en tussen beide methoden samen, kolom C.*

concentratieinterval in mg N per liter	A wettelijk voorschrift		B autoanalyzer		C beide methoden samen	
	aantal monsters	gemiddelde <i>s_r</i> in %	aantal monsters	gemiddelde <i>s_r</i> in %	aantal monsters	gemiddelde <i>s_r</i> in %
0 — 0,5	—	—	—	—	—	—
0,5 — 1,5	14	9,5	13	6,4	10	9,4
1,5 — 5	62	3,5	43	3,7	51	7,4
5 — 15	22	4,1	23	2,5	28	5,4
15 — 25	19	2,9	12	0,9	14	3,5
25 — 35	16	1,8	23	1,5	20	2,8
35 — 45	9	2,5	13	1,6	10	1,9
45 — 100	10	6,1	43	1,1	51	2,6

Afb. 2 - *Relatieve standaardafwijkingen in de verschillende concentratieintervallen.*
 — volgens wettelijk voorschrift
 tussen deze beide methoden
 - - - - - volgens voorschrift autoanalyzer



waarden is daarna per interval het rekenkundig gemiddelde bepaald (zie afb. 2). De monsters oppervlaktewater behoren alle in het eerste interval van 0—0,5 mg/l te vallen. Inderdaad bleken de stikstofgehalten van deze monsters grotendeels zo laag, dat ze niet volgens het voorschrift voor het concentratiegebied van 1—100 mg/l konden worden bepaald. In de overige intervallen zijn monsters zowel van rioolwaterzuiveringsinrichtingen als van industriële lozingen vertegenwoordigd. De intervallen 4 tot 7 omvatten alle een evengroot concentratiegebied van steeds 10 mg/l. Het achtste interval omvat de bovenhelft van het concentratiegebied van deze bepalingmethode, waarin wegens gebrek aan gegevens geen onderverdeling is aangebracht.

Uit afb. 2 blijkt, dat de relatieve standaardafwijking in de beide methoden bij de concentraties boven 1,5 mg stikstof per liter tussen de 1 en 6 % liggen. Dit mag een goed resultaat worden genoemd. Bovendien blijkt uit deze afbeelding dat de nauwkeurigheid, welke met de auto-analyzer kan worden bereikt, althans op ons laboratorium, minstens evengroot is als bij de klassieke methode.

De nauwkeurigheid in het lage concentratiegebied is in alle gevallen minder groot. Voor 13 à 14 monsters in het gebied van 0,5—1,5 mg stikstof per liter bleek de relatieve standaardafwijking tussen de 6 en 10 % te liggen.

Van groot belang is te weten welke nauwkeurigheid op andere laboratoria kan worden bereikt. In de Standard Methods worden enkele gegevens vermeld over de nauwkeurigheden van de organische stikstofbepaling, welke qua techniek zeer dicht bij de totaal stikstofbepaling volgens Kjeldahl ligt. Dit Amerikaanse onderzoek heeft zich over een groot aantal laboratoria uitgestrekt. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen natuurlijk zowel als gezuiverd water enerzijds en verontreinigd water anderzijds. De resultaten zijn in tabel IV samengevat. Hieruit blijkt dat de gemiddelde relatieve standaardafwijking in de bepaling van een onbekend synthetisch monster met 1,5 mg organisch stikstof per liter, uitgevoerd door 26 laboratoria, ongeveer 40 % bedraagt.

Hiertegen steken de door ons gevonden waarden van tussen de 6 en 10 % zeer gunstig af, maar de omstandigheden zijn duidelijk verschillend geweest. Een soortgelijk onderzoek in Nederland lijkt ons, gezien het belang van deze bepalingen, bijzonder zinvol.

4. Correlatie tussen de beide methoden

Het allerbelangrijkste was voor ons de vraag

in hoeverre er overeenstemming in analyse-resultaten tussen de beide methoden bestaat. Van alle in 1973 uitgevoerde vergelijkende bepalingen — ca. 90 — zijn de gegevens zonder uitzondering weergegeven in afb. 3. De punten vormen een betrekkelijk smalle band, die niet belangrijk afwijkt van de diagonaal. Ongeveer een kwart van de punten boven de 10 mg/l heeft een afwijking van de diagonaal van meer dan 5 %. De gemiddelde afwijking van de diagonaal bedraagt ongeveer 2 % en wel in die zin, dat de auto-analyzer gemiddeld iets hogere uitkomsten geeft dan de klassieke methode. In kolom C van tabel III is de relatieve standaardafwijking per interval tussen de beide methoden onderling opgenomen. Hierbij zijn alle monsters volgens de klassieke methode in enkelvoud en die op de auto-analyzer in duplo bepaald. Van deze duplowaarden is eerst het rekenkundig gemiddelde bepaald. Tussen dit gemiddelde

en de uitkomst volgens de klassieke werkwijze is de relatieve standaardafwijking berekend.

Uit kolom C blijkt dat de gemiddelde relatieve standaardafwijking zelfs in het concentratie-interval van 0,5—1,5 mg stikstof per liter reeds beneden de 10 % ligt. De afwijking in het interval van 5—15 mg/l ligt iets boven de 5 % en die tussen de 15 en 100 mg/l ligt belangrijk beneden de 5 %.

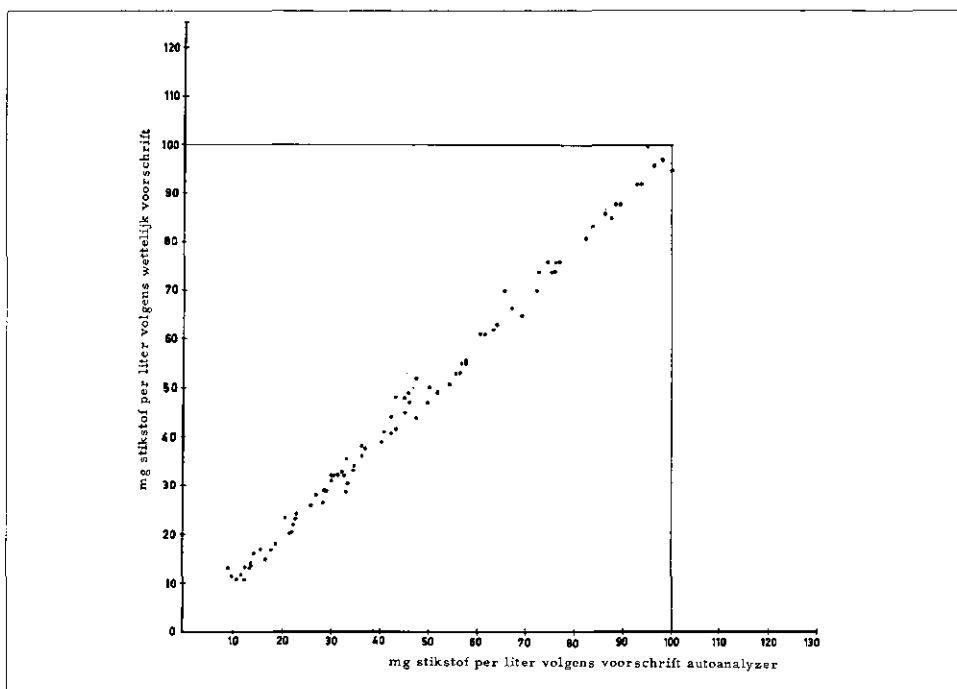
Indien de monsters volgens de klassieke methode ook in duplo waren uitgevoerd, zou de nauwkeurigheid nog groter zijn geweest. Deze resultaten zijn, gezien de eisen welke worden gesteld aan de controle op de afvalwaterzuivering, zeer bevredigend te achten.

Op grond van deze correlatie en op grond van hetgeen over de nauwkeurigheid van de beide bepalingmethoden bekend is, kan worden gesteld, dat het uit chemisch-

TABEL IV - Amerikaanse gegevens over de nauwkeurigheid in de organische kjeldahl stikstofbepaling van een synthetisch monster, gedistribueerd over een groot aantal laboratoria, naast eigen resultaten.

concentratie in mg N per liter	USA organisch kjeldahl stikstof		WLZ totaal kjeldahl stikstof					
	aantal laboratoria	gemiddelde s _r in %	aantal laboratoria	gemiddelde s _r in %	volgens wettelijk voorschrift aantal monsters	gemiddelde s _r in %	met behulp van de autoanalyzer aantal monsters	gemiddelde s _r in %
0,2	70	75—100	26	150				
0,8	70	45—53	—	—				
1,5	70	43—55	26	39				
0,75—1,5					14	9,5	13	6,4
1,5—2,5					23	2,7	16	3,9
2,5—3,5					18	4,6	14	2,9
3,5—4,5					19	3,3	12	4,0

Afb. 3 - Analyseresultaten van de totaal stikstof-bepaling met behulp van de autoanalyzer versus die, verkregen volgens het wettelijk voorschrift.



technologisch oogpunt alleszins verantwoord is de bepaling van totaal Kjeldahl stikstof in het concentratiegebied van 5—100 mg/l op een auto-analyzer met continue destructor uit te voeren.

Een bijkomend voordeel is dat het op deze manier weinig moeite kost de monsters in duplo te bepalen. Is de overeenkomst tussen de duplo's niet naar wens, dan kan veelal meteen een derde en desgewenst een vierde bepaling worden verricht.

Voor de beoordeling van de kwaliteit van in samenstelling vaak wisselende watertypen is het overigens veel nuttiger over een groot aantal globale gegevens te beschikken dan over een klein aantal zeer nauwkeurige analyseresultaten.

5. Aanpassing wettelijk voorschrift

Indien bovenstaande gegevens door andere laboratoria kunnen worden bevestigd of verbeterd, is het naar onze mening wenselijk het in het uitvoeringsbesluit van de wet Verontreiniging Oppervlaktewateren opgenomen voorschrift voor de bepaling van de som van ammoniumstikstof en organisch gebonden stikstof op zijn minst zodanig uit te breiden, dat deze bepaling ook met behulp van een auto-analyzer met continue destructor officieel mag worden uitgevoerd. De zorgvuldigheid waarmee de hoogte van een heffing wordt vastgesteld zal o.i. door een dergelijke uitbreiding van het voorschrift niet worden aangetast.

Overigens wordt het onlangs gedane voorstel, om gedetailleerde voorschriften voor de chemische bepalingen uit de wet te lichten en te vervangen door verwijzingen naar normbladen, toegejuicht.

6. Kosten

De prijs voor een tweekanaals auto-analyzer met monsterwisselaar, continue destructor en tweepensrecorder bedraagt ca. f 100.000. Deze apparatuur wordt door ons in 5 jaar afgeschreven. Bij een rentevoet van 11 % komt dit op annuïteitenbasis neer op een bedrag aan vaste kosten van f 27.000 per jaar. Bij een aanbod van 60 - 80 monsters per week rekenen wij, dat één analist met de voorbereiding, bediening en rapportering geheel is bezet. De jaarlijkse kosten bedragen dan globaal:

vaste kosten	f 27.000
bediening	f 40.000
chemicaliën en glaswerk	f 4.000
huisvesting e.d.	f 6.000
onderhoud	f 6.000
onvoorzien	f 3.000
	<hr/>
	f 86.000

is ongeveer de helft van de tijd bezig met de bepaling van totaal stikstof en totaal fosfaat, doordat het aantal van 60—80 monsters per week niet wordt bereikt.

De rest van de tijd wordt besteed aan de bepalingen van ammonium, de som van nitriet en nitraat en aan diverse onderzoeken. Dit betekent dat de helft van bovenstaande kosten op rekening van de bepalingen van totaal stikstof en totaal fosfaat komt.

Per dag kunnen ten hoogste 50 analyses in duplo, dus 100 enkelvoudige bepalingen, met een snelheid van 20 per uur, worden verricht.

In 1974 hebben wij 1.730 monsters met behulp van de auto-analyzer onderzocht op het gehalte aan totaal stikstof en totaal fosfaat.

Dankzij dit zeer grote aantal monsters komt de prijs voor een bepaling van totaal stikstof en totaal fosfaat op circa f 25,—. Hierin zitten evenwel geen research-, aanloop- en overheadkosten.

Dankbetuiging

De auteurs danken mevrouw A. T. J. M. van der Maas-Muskens en de heer H. A. J. Gooiker voor de uitvoering van het vele werk dat dit onderzoek met zich heeft gebracht.

