

schien in relatie met onze urinezuurbepaling, is voor ons nog steeds onduidelijk. Opmerkelijk is in ieder geval dat wij met de commerciële monsters aanzienlijk beter uit de bus komen (figuur 1).

Het een en ander betekent voor ons wel, om Baadenhuijsen te parafraseren, dat wij ons met betrekking tot de bepaling van urinezuur, als amateur in de eredivisie uitstekend thuis voelen. De vraag is gerechtvaardigd, wat eigenlijk een eredivisie is.

Ned Tijdschr Klin Chem 1998; 23: 29-33

Analyse van de analytische fase van het laboratoriumonderzoek met behulp van een spreadsheet

P. M. W. JANSSENS en R. BEUMER

Beschreven wordt een rekenkundige bedrijfsmatige benadering met behulp van een *spreadsheet* computerprogramma, ontwikkeld om de analytische fase van het laboratoriumonderzoek voor manueel uitgevoerde batchbepalingen inzichtelijk te maken. Het *spreadsheet* kan worden gebruikt voor evaluatie achteraf en voor optimalisatiedoelinden vooraf, om het effect van veranderingen door te rekenen en deelbelangen op elkaar af te stemmen, ter verhoging van de efficiëntie of bij invoering van nieuw op te starten onderzoek. Met het *spreadsheet* kunnen met 'een druk op de knop' de effecten van veranderingen zichtbaar worden gemaakt. Daarmee is het *spreadsheet* een praktisch hulpmiddel voor bedrijfsmatige controle en evaluatie van de analytische fase van het laboratoriumproces.

Trefwoorden: spreadsheet; efficiëntie; laboratoriummanagement; procesanalyse

Een van de hoofdtaken van de laboratoriummanager is het bij voortduring op elkaar afstemmen van verschillende eisen die gesteld worden. Zo wordt er door hem/haar gestreefd naar een doelmatig gebruik van middelen en personeel bij een vereiste, slechts ten dele te beïnvloeden productie, en dat in zo goed als mogelijke balans met de eisen gesteld door aanvragers en door de kwaliteit. Zeker in tijden van toenemende druk op de organisatie, zoals bij krimpende budgetten of personeelsformatie of niet gecompenseerde hogere productie kan de afstemming op elkaar van soms strijdige belangen problematisch zijn. Daarbij is men verplicht na te denken over verbeteringen

Klinisch Chemisch Laboratorium Ziekenhuis Rijnstate Arnhem

Correspondentie: Dr. P. M. W. Janssens, KCL Ziekenhuis Rijnstate, Postbus 9555, 6800 TA Arnhem.
Ingekomen: 04.04.97

Literatuur

1. Handleiding Combi-enquête, juni 1997.
2. Baadenhuijsen H. Brief SKZL, mei 1997.
3. Koch R, Delvoux B, Tillmanns U, Greiling H. A candidate reference method for the determination of uric acid in serum based on high performance liquid chromatography, compared with an isotope dilution gas chromatography mass spectrometry method. J Clin Chem Clin Biochem 1989; 27: 157-162.

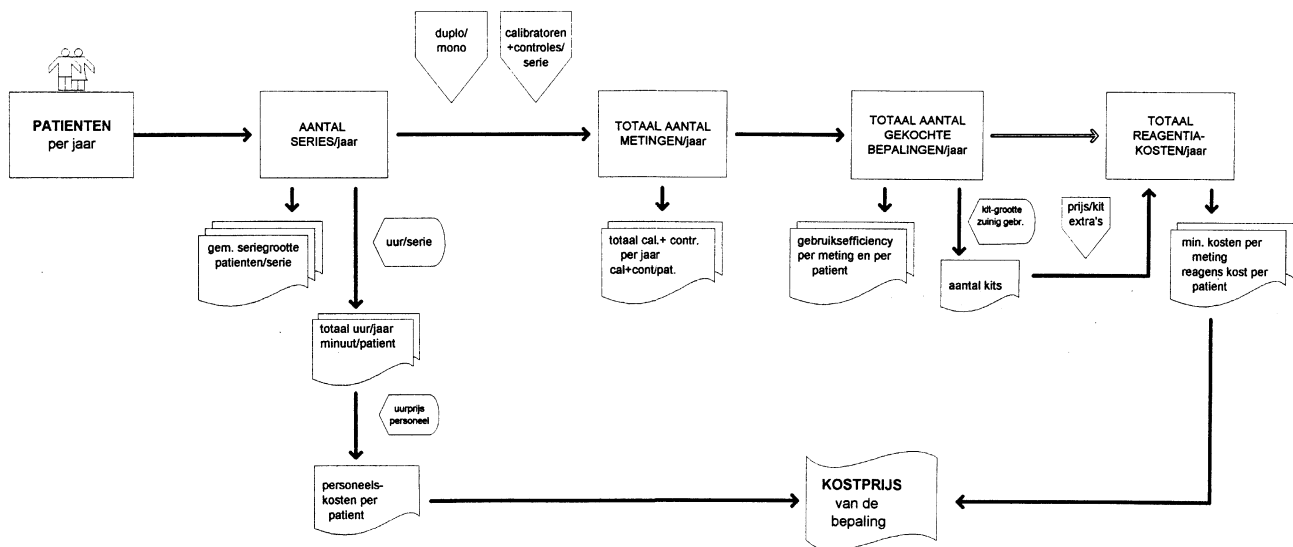
en alternatieven voor gebruikte bepalingen, binnen het laboratorium, maar ook buiten het laboratorium in de vorm van externe aanbieders. Een terugkerende vraag is of het nog efficiënter kan, en of men, met behoud van kwaliteit, goedkoper uitkomt dan in het geval van uitbesteden van het onderzoek.

Onder de permanente druk op de middelen van de recente tijd is een rationele bedrijfsmatige benadering van de laboratoriumorganisatie meer en meer gangbaar geworden (1). Opdeling van het proces rondom de uitgevoerde verrichtingen in een orderfase, pré-analytische fase, analytische fase en post-analytische fase resulteert daarbij in bedrijfseconomische zin in beter inzicht (2,3). Laboratoria zijn complexe organisaties waarin veel zaken met elkaar samenhangen. Dit ziet men op verschillende niveaus, op het macro-niveau, zowel als op het niveau van de onderzoeken in de analytische fase (figuur 1). Deze complexiteit in beeld te brengen en het voorspellen van het effect van veranderingen blijven een moeilijke zaak. Wij hebben getracht de complexiteit in de analytische fase meer inzichtelijk te maken door middel van een rekenkundige benadering, gebruik makend van een *spreadsheet*. In dit *spreadsheet* zijn onderlinge verbanden in de analytische fase vastgelegd. Het *spreadsheet* kan als hulpmiddel gebruikt worden voor procesevaluatie achteraf, en om aanpassingen op hun effect te beoordelen, voordat ze worden ingevoerd.

Aanpak

Achtergrond

Het beschreven *spreadsheet* is ontwikkeld voor batchgewijs uitgevoerde bepalingen, zoals die gebruikt worden in manueel uitgevoerde bindingsanalyse. De verschillende parameters zoals die voorkomen in het *spreadsheet* zijn, onderverdeeld naar *input* en *output*, toegelicht in tabel 1. *Input* is een gegeven dat in het *spreadsheet* wordt gebracht om ermee te laten rekenen, *output* is een rekenresultaat dat eruit komt.



Figuur 1. Overzicht, illustrerend de globale samenhang van verschillende parameters die betrokken kunnen worden bij analyse van de analytische fase van het laboratoriumonderzoek voor batchgewijs uitgevoerde bindingsanalyse.

Een *spreadsheet* kan gebruikt worden achteraf, om verkregen gegevens nader te analyseren of om mogelijkheden uit te testen, een onderscheid dat wij aanduiden met ‘retrospectieve analyse’ respectievelijk ‘optimalisatie-analyse’. Aangezien wij voor het laatste doel gegevensinvoer wenselijk achten op enkele andere rubrieken dan voor retrospectieve analyse, en ook een wat andere resultaatuitvoer wilden, is er voor optimalisatiedoeleinden enige aanpassing in het *spreadsheet* gemaakt. De rubrieken die wat betreft *input-output* bij beide analyses verschillen zijn aangeduid in tabel 1.

De onderlinge relaties van de gegevens in de verschillende rubrieken zijn in het *spreadsheet* door middel van formules vastgelegd, waarbij *input*gegevens zich rekenkundig vertalen in *output*resultaten. Zo geldt bijvoorbeeld:

$$G = \{ 50 \times C \times (D + E) + B \times F \} / A$$

waarbij A t/m F *input* gegevens zijn, en G het *output* gegeven.

- A: aantal patiëntenmonsters per jaar
- B: getal voor multipliciteit van meting (mono: 1, duplo: 2, etc.)
- C: meetfrequentie per week
- D: aantal kalibratiemetingen per serie
- E: aantal controlemetingen per serie (gemiddeld)
- F: aantal externe controlemonsters per jaar
- G: aantal kalibratiemetingen + controlemetingen per patiëntenmonster
- 50: aantal meetweken per jaar

Opgemerkt zij, dat ervoor gekozen is het aantal losse metingen van kalibratoren (D) en controles (E) te tellen, onafhankelijk van de multipliciteit (B), waarin de meting van patiëntenmonsters en externe controles geschiedt. Kalibratoren en controles behoeven namelijk niet altijd in dezelfde multipliciteit te worden gemeten als patiëntenmonsters en externe controles.

Op soortgelijke wijze zijn alle onderlinge relaties van de rubrieken in het *spreadsheet* rekenkundig gedefinieerd. Een complete opsomming van alle in het *spreadsheet* gebruikte formules voert te ver in dit verband. De auteurs zullen deze op aanvraag echter gaarne verstrekken. Ook het *spreadsheet* zelf, dat is gemaakt in LOTUS 1-2-3, kan aan belangstellenden ter beschikking worden gesteld.

Opbouw van het spreadsheet

Een voorbeeld van het *spreadsheet*, toegepast voor de PTH-bepaling, wordt getoond in tabel 2. Gegevensinvoer vindt plaats aan de linker kant, de uitvoer is in de meest rechtse kolom. Het *spreadsheet* voor retrospectieve analyse (tabel 2) hebben we aangevuld met extra kolommen voor optimalisatiedoeleinden (tabel 3), waarin op enkele andere rubrieken dan bij retrospectieve analyse gegevensinvoer (*input*) plaatsvindt, en enkele andere *output* opleveren (zie tabel 1). Voor een optimalisatie-analyse behoeven niet alle input gegevens nieuw te worden ingevoerd indien het *spreadsheet* reeds ingevuld is voor retrospectieve analyse; de daar ingevoerde gegevens blijven gehandhaafd. Met het deel van het *spreadsheet* voor optimalisatiedoeleinden kunnen naar believen verschillende opties voor de analytische fase worden uitgetoet, door verschillende getallen apart, of tegelijk in te voeren. Tabel 3 toont daarvan een voorbeeld.

Wat betreft de financiële berekeningen die voorkomen in het *spreadsheet* zijn we uitgegaan van de al langer in ons laboratorium bestaande kostprijsberekeningsmethodiek (3,4). Bij deze methodiek is uitgegaan van de zgn. bouwstenengedachte (2,3), waarbij de kostprijs van bepalingen is opgebouwd uit de rubrieken patiëntgebonden kosten (reagentia), kosten van arbeid (personeelskosten direct gerelateerd aan betreffend onderzoek) en overhead. In de rubriek overhead zijn opgenomen de apparatuurgebonden kosten (afschrijving van apparatuur en hulpmiddelen), de kosten van controle materiaal, enquêtes en onderhoud, hotelmatige en algemene kosten, kosten

Tabel 1. Toelichting van de rubrieken in het *spreadsheet*. Aangegeven is of rubrieken bij retrospectieve analyse worden toegepast als input (I) of voorkomen als output (O). Bij * is input/output bij een optimalisatie-analyse juist andersom.

<i>Basisgegevens</i>		
Bepaling	I	naam
Methode (soort)	I	gegeven
Fabrikant	I	gegeven
<i>Monsteraanbod</i>		
Patiënten/jr	I	gegeven fluctuerend per jaar
Patiënt metingen/jr	O	rekenresultaat
<i>Inkoop reagentia</i>		
Aantal kits	I*	bij retrospectieve analyse gegeven, bij optimalisatie-analyse rekenresultaat. Soms is er onderscheid in kleine en grote kits, waarvan ook inkoop + verbruik onderling geoptimaliseerd kunnen worden. De vereiste spreiding over het jaar in combinatie met houdbaarheid/verloop bepaalt het minimum dat moet worden ingekocht.
Prijs/kit	I	semi vast gegeven (bij beschikbaarheid grote en kleine kits afhankelijk van de kitgrootte).
Extra kosten	I	kosten van onderdelen die bij een bepaling los worden bijgeleverd.
Tot. gekochte bepalingen/jr	O	rekenresultaat.
Gebruiksefficiency/metingen	O*	rekenresultaat. Kenmerk voor de doelmatigheid van inkoop en gebruik.
Gebruiksefficiency/patiënt	O	rekenresultaat: hoe veel van wat ingekocht gebruikt wordt voor meting van patiëntmonsters.
Totaal reagenskosten/jr	O	rekenresultaat.
Minimale kosten/meting	O	rekenresultaat.
Reagenskosten/patiënt	O	rekenresultaat.
<i>Meet-, werkwijze</i>		
Duplo/mono	I	te wijzigen gegeven, afhankelijk van bepalingen karakteristieken.
Zuinig gebruik	I	te wijzigen gegeven: uitvoering van de meting met volumes kleiner dan voorgeschreven.
Duaal gebruik	I	indien in één assay meer stoffen tegelijk worden gemeten.
Meetfrequentie/week	I	te wijzigen gegeven, afhankelijk van eisen van aanvragers en werkbare seriegrootte.
Kalibratiemetingen/serie	I	semi-vast gegeven, te wijzigen afhankelijk van bepalingen karakteristieken en voorschriften. In het <i>spreadsheet</i> zijn kalibratoren en controles los geteld.
Int. controlemetingen/serie	I	semi-vast gegeven. In het <i>spreadsheet</i> zijn kalibratoren en controles los geteld.
Ext. controles/jr	I	semi-vast gegeven.
Kalibratie- en controles/jr	O	rekenresultaat.
Tot. verricht metingen/jr	O	rekenresultaat.
Seriegrootte gemiddeld	O	rekenresultaat.
Patiënten/serie	O	rekenresultaat.
Kal + contr. metingen/pat.	O	rekenresultaat.
<i>Tijdsbesteding</i>		
Analistentijd/serie	O*	<i>hands-on time</i> besteed aan de bepaling, bij retrospectieve analyse rekenresultaat, bij optimalisatie-analyse gegeven, samenhangend met de bepalingen methodiek en de formatie.
Inzet. totaal uur/jr	I*	gegeven of resultaat. Zie opm. bij analistentijd/serie.
Minuut/patiënt	O	Resultaat dat vergelijking met random-access meetmethoden mogelijk maakt.
Uurprijs personeel	I	gegeven in bepaald jaar.
Personeelskosten/patiënt	O	rekenresultaat.
<i>Kostprijs</i>		
Reagentia	O	rekenresultaat.
Personeel	O	rekenresultaat.
Overhead	I	gegeven.
Totaal	O	rekenresultaat.

BEPALING:.....	PTH		
Methode:.....	IRMA	Fabrikant:	S.....
	RETRO SPECTIEVE		ANALYSE
	invoer gegevens		uitvoer
	over 1995		resultaat
MONSTERAANBOD			
aantal patiënten/jr:.....	769		
patiënt metingen/jr:			1538
INKOOP REAGENTIA			
aant. kleine kits/jr:.....	27	van grootte: 100	
prijs /kleine kit:.....	978,95		
aantal grote kits/jr:.....	0	van grootte: 0	
prijs /grote kit:.....	0,00		
extra kosten:.....	0,00		
aantal metingen/jr:			2700
gebruikseff/meting:			74,5%
gebruikseff/patient:			28,5%
tot. reagens kosten/jr:			28431,95
min kosten/meting:			9,79
reagens kosten/patient:			34,37
MEET-WERKWIJZE			
duplo/mono:.....	2		
zuinig gebruik:.....	1		
duaal gebruik:.....	1		
meetfrequentie/week:.....	0,5	series /jr:	25
calibr meting/serie:.....	6	cal met /jr:	300
int.contr.meting/serie:.....	3	cont met /jr:	150
aantal ext.contr/jr:.....	12	exco met /jr:	24
cal+contr+exco-meting/jr:			474
totaal metingen/jr:			2012
gem. seriegrootte:			80
patiënten/serie:			31
cal+contr-meting/patient:			0,62
TIJDSBESTEDING			
analistentijd/serie (uur):			2,1
totaal uur/jr:.....	53		
minuut/patient:			4,1
uurprijs pers:.....	48,60		
personeelkost/patient:			3,35
KOSTPRIJS			
reagentia:			34,37
personeel:			3,35
overhead:.....	1,94		
totaal:			39,66

Tabel 2. Voorbeeld van het *spreadsheet*, toegepast voor de bepaling van PTH (gebruik makend van deels fictieve gegevens over 1995). Retrospectieve analyse. De linker kolom is voor gegevensinvoer (*input*), de meest rechtse voor de uitvoer van resultaten (*output*).

van diensten en kosten van niet direct naar bepalingen toe te rekenen personeel. Weliswaar zijn de overheadkosten onafhankelijk van de bepalingsmethodiek e.d., toch zijn ze in elke berekening verdisconteerd, om tot een zo reëel mogelijke totaal kostprijs voor alle bepalingen te komen. De kostprijzen voor de bepalingen aldus tot stand gekomen staan los van de zgn. orderkosten van het onderzoek. Geheel buiten beschouwing gelaten zijn verder de terrein/gebouwbonden kosten, energiekosten en overhead van het ziekenhuis.

Om gegevens in te kunnen voeren zal men de boekhouding dienen te raadplegen, en overige benodigde informatie moeten verzamelen. Zo hebben wij om de analistentijd per onderzoek te kunnen invullen tijdmetingen gedaan bij het uitvoeren van onderzoeken. De verkregen werktijd (*hands-on time*) hebben wij ter controle gesommeerd voor alle bepalingen in het betreffende deel van het laboratorium. Vergeleken met de ingezette formatie op jaarbasis kwamen we uit op een verschil van 30%, een ons inziens acceptabele afwijking gezien de microschaal waarop de tijdmeting werd verricht. Om consistente gegevens over de analistentijd per serie in te voeren, is de in het *spreadsheet* ingevoerde analistentijd per serie vervolgens systematisch vermeerderd met 30% (tabel 3).

Evaluatie van de resultaten

De verkregen kostprijs van bepalingen kan vergeleken worden met gegeven COTG-tarieven of met de prijs die door externe aanbieders wordt geboden. Voor de beoordeling van de meeste *output*resultaten verkregen in het *spreadsheet* bestaan echter geen

BEPALING:.....	PTH		
Methode:.....			
	OPTIMALISATIE		ANALYSE
	invoer optie		Berekend na
	(p week of serie)		optimalisatie
MONSTERAANBOD			
aantal patiënten/jr:.....			
patiënt metingen/jr:			769 /jr
INKOOP REAGENTIA			
aant. kleine kits/jr:.....			14 /jr
prijs /kleine kit:.....		aantal grote	
aantal grote kits/jr:.....		kits gewenst:	0
prijs /grote kit:.....			0 /jr
extra kosten:.....			
aantal metingen/jr:			1368 /jr
gebruikseff/meting:	90%		
gebruikseff/patient:			56,28
tot. reagens kosten/jr:			13705,30 gld
min kosten/meting:			9,79
reagens kosten/patient:			17,82 gld
MEET-WERKWIJZE			
duplo/mono:.....	1		
zuinig gebruik:.....	1		
duaal gebruik:.....			
meetfrequentie/week:.....	1,0		50 /jr
calibr meting/serie:.....	6		300 /jr
int.contr.meting/serie:.....	3		150 /jr
aantal ext.contr/jr:.....			12 /jr
cal+contr+exco-meting/jr:			462 /jr
totaal metingen/jr:			1231 /jr
gem. seriegrootte:			25
patiënten/serie:			15
cal+contr-meting/patient:			0,60
TIJDSBESTEDING			
analistentijd/serie (uur):	(werktijd):	1,1	uur
totaal uur/jr:.....	correctie %:	30	
minuut/patient:			72 u/jr
uurprijs pers:.....			5,6 min
personeelkost/patient:			
KOSTPRIJS			
reagentia:			17,82 gld
personeel:			4,52 gld
overhead:.....			
totaal:			24,28 gld

Tabel 3. Illustratie van een optimalisatie-analyse, waarbij uitgaande van de gegevens in tabel 2 de hypothetische situatie is onderzocht waarin de bepaling wekelijks wordt verricht, uitgevoerd in enkelvoud, met analistentijd per serie 1.1 uur en met gebruiksefficiency van ingekochte bepalingen van 90%. De t.o.v. tabel 2 gewijzigde parameters zijn cursief weergegeven.

strikte maatstaven - veelal zal men evalueren op basis van 'redelijke overweging'. Het is nuttig zich hierbij te realiseren wat concreet haalbaar is. Zo kan bij het nastreven van een redelijke verhouding van het aantal kalibratie- en controlemetingen ten opzichte van het aantal patiëntenmonsters eenvoudig berekend worden wat het minimaal haalbare is. Bijvoorbeeld, bij een meetwijze in duplo met één controlemonster (in duplo) om de tien monsters kan de ratio kalibratie- en controlemetingen per patiëntenmonster niet lager worden dan $2 : 5 = 0.4$ (zie eerdere formule) - de per serie vereiste kalibratiemonsters even buiten beschouwing gelaten. Een ander voorbeeld - het uiteindelijke minimum aantal bepalingen dat per jaar dient te worden ingekocht wordt bepaald door de vervaltijd van de reagentia en de vereiste beschikbaarheid over het jaar. De *output* bij INKOOPT REAGENTIA (tabel 3) dient hiertegen afgezet te worden. Een laatste voorbeeld, de theoretisch minimale kosten per meting zijn die kosten die men zou krijgen indien al het testmateriaal wordt gebruikt voor patiëntenmonsters. Of het de moeite loont om veel tijd te steken in het nog efficiënter omgaan met de ingekochte middelen blijkt uit vergelijking met de werkelijk gemaakte reagenskosten per patiëntenmeting.

Beschouwing

Het *spreadsheet* kan worden gebruikt om het effect van veranderingen door te rekenen, om verschillende deelbelangen op elkaar af te stemmen, of voor nieuw op te starten onderzoek, om inzicht te krijgen in de gevolgen van invoering en uit te proberen onder welke condities de uitvoering zo efficiënt mogelijk is.

Een van de grote voordelen van het gebruik van het *spreadsheet* is, dat met 'een druk op de knop' de gevolgen van wijziging van bepaalde condities waar te nemen zijn. Dit, omdat de onderlinge relaties tussen de verschillende, elkaar beïnvloedende parameters die het proces beschrijven in het *spreadsheet* zijn vastgelegd. Een *spreadsheet* zoals hier gepresenteerd creëert voor de laboratoriummanager de mogelijkheid om snel en op overzichtelijke wijze objectieve informatie naast elkaar te zetten, en te evalueren.

Het gepresenteerde *spreadsheet* is opgezet ten bate van batchgewijs, manueel uitgevoerd onderzoek zoals voorkomt in de bindingsanalyse. Met enige aanpassing is het programma ook toepasbaar te maken voor andere onderdelen van het laboratorium, niet alleen batchgewijs uitgevoerde manuele analyses, maar ook automaatbepalingen. In het laatste geval dient verrekening van de apparatuurafschrijvingskosten te worden verwerkt en op een wat andere manier met de tijdsbesteding van de analist worden omgegaan. Tenslotte, ofschoon voor analyses die op een *random-access* wijze op apparaten worden verricht het *spreadsheet* zonder twijfel de grootste aanpassing vereist, verwachten wij dat ook hiervoor een rekenkundige benadering met behulp van een *spreadsheet* mogelijk is en vruchtbaar kan zijn.

Vanzelfsprekend zijn in de opbouw van het gepresenteerde *spreadsheet* zekere aannames voor het analytische proces gedaan. We hebben voorts niet stilgestaan bij het voorkomen van cito's. Een op punten verbeterd *spreadsheet* is zeker mogelijk. We betwijfelen echter of dat veel zal toevoegen aan het huidige resultaat. Verstandiger lijkt het ons om de resultaten die het *spreadsheet* oplevert in de eerste plaats op te vatten als een indicatie voor hoe e.e.a. zal uitvallen, en niet als absolute gegevens. Op die manier gebruikt

kan het *spreadsheet* een handig hulpmiddel zijn om meer greep te krijgen op een proces, dat van nature vanuit meerdere kanten moet worden beschouwd.

Dankbetuiging

De auteurs danken Drs. F.L.A. Willekens voor advies en hulp bij het opstellen van de *spreadsheet* en Dr. W.G.M. van den Broek en Dr. F.A.J.T.M. van den Bergh (Medisch Spectrum Twente) voor het kritisch doornemen van het manuscript.

Literatuur

1. Naaborg R en Verbeeten FHM. Gepast gebruik van laboratoriumonderzoek. Een inventarisatie naar doelmatigheid en effectiviteit in de klinische chemie. Delotte & Touche Management Consultants, Adviesgroep Zorg. Diagned-NVVC. Den Haag-Utrecht 1996.
2. Idem 1. Hdst. 5, pag. 95-117.
3. Rapport Studiegroep Automatisering NVKC. Kostprijsberekening in de klinische chemie. Uitgave NVKC 1989.
4. J. Lamers. Afstudeeropdracht HEAO-Arnhem, bedrijfseconomie. Kostprijsberekening Klinisch Chemisch Laboratorium, KCL Rijnstate. Arnhem 1994.

Summary

Analysis of the analytical phase of the laboratory process by means of a spreadsheet computer program. Janssens PMW and Beumer R. Ned Tijdschr Klin Chem 1998; 23: 29-33.

A management approach is presented regarding the analytical phase of the laboratory process, describing a spreadsheet computer program for evaluating manually performed batch analyses. The spreadsheet developed can be used for retrospective analysis and for calculation of prospective effects of changes, to balance opposite demands and increase the laboratory efficiency at introduction of new investigations. The spreadsheet enables a quick and convenient view on the likely effect of changes. Therefore the spreadsheet may be a valuable tool for laboratory management.

Keywords: spread sheet; efficiency; laboratory management; process analysis