

Het bankbiljet als produkt

DRS. F. A. G. DEN BUTTER* - R. L. COENEN*

Bankbiljetten gaan dagelijks van hand tot hand, maar slechts zelden staat men stil bij de eigenschappen ervan als produkt. In dit artikel worden enkele aspecten van het bankbiljet als produkt bekeken. Aan de orde komen onder meer de mate waarin vervuiling optreedt, de levensduur van bankbiljetten en het nut van circulatieproeven. Er zijn momenteel in Nederland 310 miljoen Nederlandse bankbiljetten in omloop die een gezamenlijke waarde van f. 21 mrd. vertegenwoordigen.

Inleiding

Voor de meeste mensen vervult het bankbiljet de rol van veel gebruikt betaalmiddel dat, evenals de munt, ruil in natura of gesjouw met grote hoeveelheden schelpen overbodig heeft gemaakt. Voor een verzamelaar kan een bankbiljet, wanneer het een zeldzaam exemplaar is, een waarde vertegenwoordigen die ver boven de nominale waarde van het biljet uitgaat. Een graficus zal geneigd zijn een bankbiljet als een goed stuk vakwerk en wellicht zelfs als een kunstwerk te beschouwen. En „last but not least” vormt het bankbiljet voor een vervalsers een grote uitdaging.

Met al deze aspecten van het bankbiljet heeft De Nederlandsche Bank, die als circulatiebank verantwoordelijk is voor de uitgifte van bankbiljetten, te maken. Zo bevindt zich in de uitgebreide collectie waardepapieren van de Bank een van de oudste bankbiljetten die we kennen, nl. een Chinees biljet gedrukt op moerbeiboompapier, uit de Hung-Wu-periode in de tweede helft van de veertiende eeuw. Voor het ontwerp en de vormgeving van de Nederlandse bankbiljetten heeft de Bank veelal bekende grafische kunstenaars aangehouden, terwijl de meest geavanceerde technieken worden toegepast om vervalsing tegen te gaan.

Een minder gebruikelijke invalshoek voor beschouwingen over het bankbiljet is het bankbiljet als produkt te bezien, een produkt waarvan momenteel in Nederland 310 mln. exemplaren in omloop zijn met een gezamenlijke (nominale) waarde van f. 21 mrd. Figuur 1, waarin voor de periode 1950-1980 de procentuele samenstelling van de bankbiljettenomloop resp. naar aantal en naar waarde is getekend 1), laat zien dat het honderdje op dit moment de meest gevraagde coupure is. Naar waarde maken deze biljetten zelfs ongeveer 60% van de omloop uit.

In dit artikel geven we aandacht aan het bankbiljet als produkt. In het bijzonder gaan we daarbij in op het aspect van de vervuiling en de levensduur van de bankbiljetten, die we aan de hand van een statistisch model en circulatieproeven hebben gemeten 2).

De bankbiljettenomloop

De productie van het bankbiljet begint in de papierfabriek van Van Houtum & Palm te Ugchelen, een klein plaatsje op de Veluwe, waar volop zuiver water aanwezig is voor de fabricage van hoogwaardig bankbiljettenpapier. Twee jaar geleden heeft De Nederlandsche Bank deze papierfabriek,

oorspronkelijk een familiebedrijf, overgenomen om de continuïteit in de papierproductie veilig te stellen. Vervolgens worden de bankbiljetten in Haarlem bij Joh. Enschedé en Zonen gedrukt naar het ontwerp van een daartoe aangetrokken graficus. In tegenstelling tot de meeste centrale banken in de westerse wereld drukt de Bank de biljetten dus niet zelf, maar besteedt dit uit aan een particuliere drukkerij. Overigens is het ook een uitzondering dat een centrale bank in eigen beheer het papier fabriceert.

Van de drukkerij worden alle nieuwe bankbiljetten naar het hoofdkantoor van de Bank in Amsterdam getransporteerd en daar opgeslagen. Vervolgens worden ze, na enkele controles en registraties, rechtstreeks vanuit de hoofdbank of via de bijbank in Rotterdam en de agentschappen in circulatie gebracht. Op dat moment begint voor het bankbiljettenonderzoek de interessantste fase van de bankbiljettenomloop, maar tegelijkertijd ook de fase waar we het minst van weten. We zijn immers niet in staat om door het inbouwen van een zendertje of iets dergelijks de bankbiljetten tijdens hun omzwervingen in broekzakken, damestasjes, portemonnaies, kassa's, spaarpotten en particuliere kluizen te volgen. Een precies dagboekverslag voor ieder bankbiljet (of zelfs een steekproef) zou overigens wel te veel van het goede zijn, maar één aspect is uit het oogpunt van het bankbiljet als produkt van bijzonder belang, nl. het feit dat de bankbiljetten in de circulatie vervuilen en op den duur onbruikbaar worden. Over dit proces van vervuiling kunnen we alleen langs indirecte weg iets te weten komen. In de volgende paragrafen wordt hierop ingegaan.

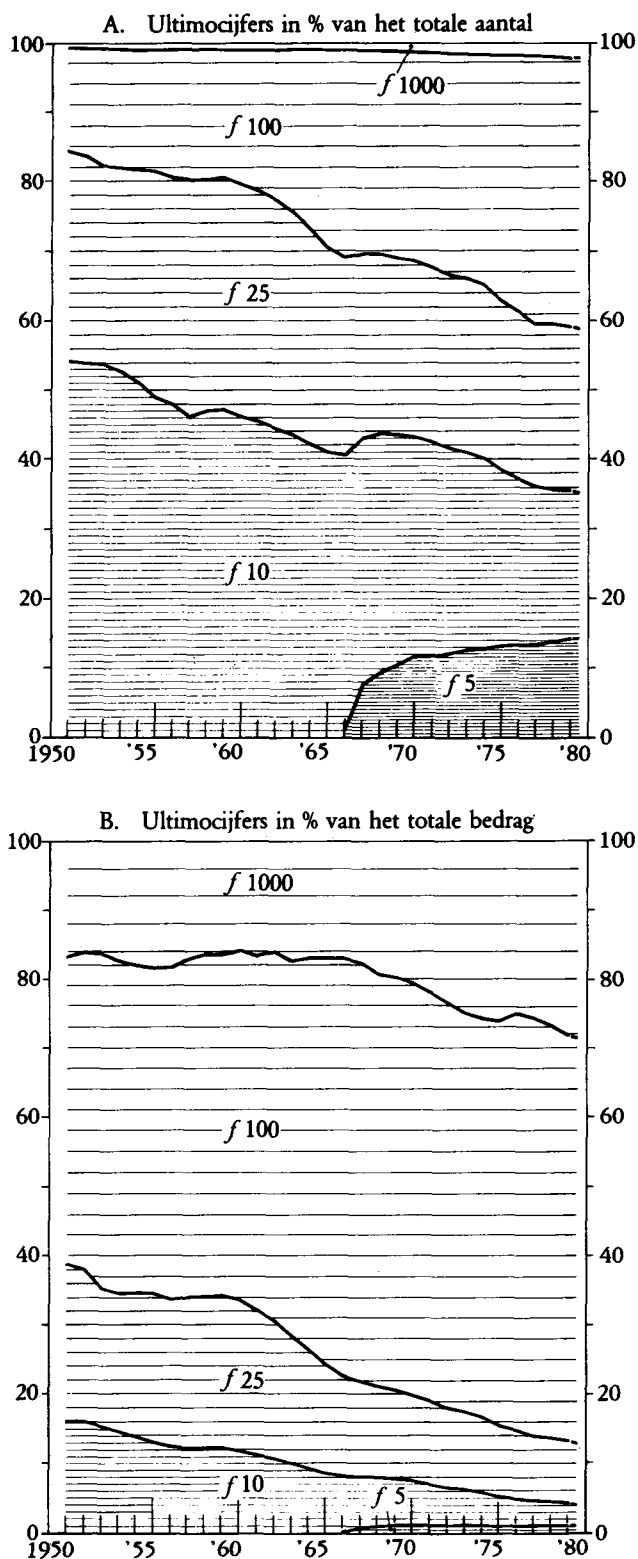
Op een zeker moment komt een bankbiljet in een kas van een bank, spaarbank of postkantoor terecht, vanwaar het niet weer wordt uitgegeven, maar terugkeert bij de hoofdbank in Amsterdam, al dan niet via de bijbank of de agentschappen. Van de bij de Bank teruggekeerde biljetten wordt onder meer nagegaan of ze zodanig vervuild zijn dat ze niet meer geschikt

* Werkzaam bij de Sectie wetenschappelijk onderzoek en econometrie van De Nederlandsche Bank NV. De auteurs danken drs. A. J. van Straaten en prof. dr. M. M. G. Fase voor hun commentaar op een eerdere versie van dit artikel.

1) De samenstelling van de bankbiljettenomloop naar aantal vanaf 1900 is geanalyseerd in M. M. G. Fase en M. van Nieuwkerk, De bankbiljettenomloop in Nederland sinds 1900; vooruitzicht en terugblik, *Kwartalbericht*, nr. 4, maart 1976, blz. 12-21.

2) Zie F. A. G. den Butter en R. L. Coenen, *The process of soiling and the life of bank notes in the Netherlands*, De Nederlandsche Bank NV, rapport 8003, oktober 1980 (op aanvraag verkrijgbaar).

Figuur 1. Procentuele structuur van de bankbiljettenomloop



kunnen worden geacht voor verdere circulatie. Afgekeurde biljetten worden afgeboekt, vernietigd en door nieuwe vervangen, terwijl de goedgekeurde („schone”) biljetten opnieuw in omloop worden gebracht.

Voor de biljetten van f. 25, f. 100 en f. 1.000 geschiedt deze sortering volledig langs mechanische weg op de z.g. Bankbiljetten Sorteermachines (BSM's); voor de briefjes van f. 5 en f. 10 geldt een afwijkende werkwijze. Het mechanische sorteersysteem is nog vrij uniek in de wereld en is, o.a. met hulp

van TNO, door de Bank zelf ontwikkeld. Een belangrijk onderdeel van het systeem is het transport; dit onderdeel van de machine maakt het mogelijk met een betrekkelijk hoge snelheid grote hoeveelheden bankbiljetten één voor één langs een aantal toestellen te verplaatsen (3). Het transport is bij nieuwe en schone documenten al een groot technisch probleem, maar dat is het des te meer bij vuile of voddige bankbiljetten. De toestellen waarlangs de bankbiljetten worden geleid, zijn onder meer een optische nummerlezer en een apparaat waarmee de vuilheid van het bankbiljet wordt gemeten aan de hand van de lichtreflectiegraad van het biljet. Bij dit laatste apparaat worden de biljetten op schoon en vuil gesorteerd.

In de jaren 1977 t/m 1979 zijn er door de Bank 616 mln. vervuilde biljetten afgekeurd en door nieuwe vervangen. Aangezien er in het totaal in die periode 646 mln. nieuwe biljetten zijn uitgegeven, betekent het dat maar liefst 95% van de totale bankbiljettenproductie heeft gediend om te voldoen aan de vervangingsvraag en slechts 5% aan de uitbreidingsvraag. Uit deze cijfers moge blijken hoe belangrijk het voor de Bank is om inzicht te hebben in het proces van vervuiling en de levensduur van de bankbiljetten. Daarbij is de levensduur gedefinieerd als de tijd die verstrijkt tussen het moment dat het biljet (voor het eerst) in circulatie wordt gebracht en het moment dat het door de Bank wordt afgekeurd ten einde te worden vernietigd.

Uitgaande van een raming van de vraag naar bankbiljetten (4) en de geschatte levensduur van de biljetten, kan worden berekend hoeveel nieuwe biljetten er in de toekomst geproduceerd zullen moeten worden. Op de productie-omvang zijn ook de aan te houden noodzakelijk geachte voorraden van invloed. Uit de hoeveelheid te produceren biljetten valt vervolgens de vereiste drukcapaciteit en de papierbehoefte af te leiden. Om dergelijke ramingen onder alternatieve veronderstellingen te kunnen maken, is op de Bank een eenvoudig bedrijfsmodel (5) ontwikkeld waarin de bankbiljetten-cyclus door middel van een aantal wiskundige vergelijkingen wordt beschreven.

De levensduur volgens de circulatieformule

Voor het schatten van de levensduur van de gehele circulatie kunnen we de z.g. circulatieformule gebruiken. Dit is een eenvoudige, doch grove vuistregel waarmee aan de hand van informatie over de gehele circulatie de levensduur van de bankbiljetten wordt gemeten. De formule voor de gemiddelde levensduur in weken luidt:

$$52 C_t / (A_t + \frac{1}{2} \Delta C_t)$$

waarbij C_t het gemiddelde aantal biljetten in circulatie in jaar t is en A_t het aantal afgekeurde biljetten (6). Deze formule veronderstelt een gelijkmatig groeiende circulatie, maar is onnauwkeurig indien de intrekkingen en/of de uitgifte van nieuwe biljetten sterke wisselingen vertonen.

In figuur 2 is voor de periode 1950-1980 voor alle momenteel in omloop zijnde coupures de met de circulatieformule berekende levensduur getekend. Figuur 2 laat zien dat deze formule soms zeer uiteenlopende uitkomsten oplevert. Naast

3) Zie J. Ritter, De nieuwe proefinstallatie voor machinaal sorteren van bankbiljetten, *Orgaan van de Ontwikkelings- en Ontspanningsvereniging van De Nederlandsche Bank NV*, maart/aprilnummer 1971, blz. 2-4.

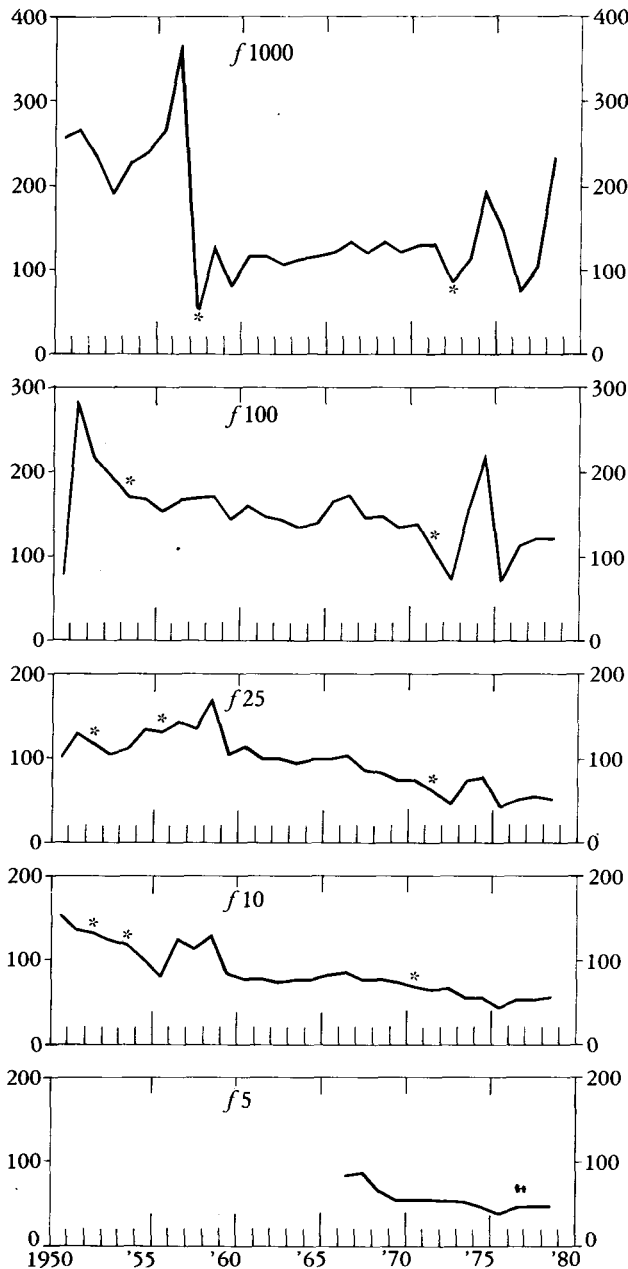
4) Zie b.v. M. M. G. Fase, Forecasting the demand for bank notes; some empirical results for the Netherlands, *European Journal of Operational Research* (te verschijnen).

5) Zie M. M. G. Fase, D. van der Hoeven en M. van Nieuwkerk, A numerical planning model for a central bank's bank notes operations, *Statistica Neerlandica*, 1979, jg. 33, no. 1, blz. 7-25.

6) Zie voor deze formule: P. de Wolff, *Bedrijfstakstatistiek*, Alphen aan den Rijn/Brussel, 1969 (10e druk), blz. 482 e.v.

de genoemde onnauwkeurigheden is dit een gevolg van incidentele gebeurtenissen, zoals het invoeren van een nieuw type van een coupure. Ook blijkt deze formule gevoelig te zijn voor wisselingen in de leeftijdsopbouw van de bankbiljetten in omloop. Immers, indien b.v. de gemiddelde leeftijd van de circulatie hoog is opgelopen en er dus veel oude biljetten in omloop zijn, worden er veel biljetten afgekeurd. In dat geval neemt de noemer van de circulatieformule een relatief grote waarde aan en wordt een lage gemiddelde levensduur berekend.

Figuur 2. Levensduur van bankbiljetten in Nederland, 1950-1980 (in weken)



* Invoering nieuw type.

De bovenstaande kanttekeningen illustreren dat de uitkomsten van de circulatieformule slechts een globale indruk geven van de gemiddelde levensduur van de gehele bankbiljettenomloop. Toch kan men uit de figuur afleiden dat over het algemeen de levensduur van de biljetten in de loop van de tijd afneemt. Dit is toe te schrijven aan het z.g. pasmunteffect: door de inflatie neemt de reële waarde van de bankbiljetten af; hierdoor gaan de biljetten sneller van hand tot hand en worden eerder vuil.

Het statistische model

Bij het mechanisch sorteersysteem wordt van ieder gesorteerd biljet het nummer gelezen en te zamen met de informatie of het biljet al dan niet is afgekeurd, op magneetband vastgelegd. Dit maakt het mogelijk om z.g. circulatieproeven uit te voeren. Daarbij wordt een aantal gemerkte proefseries gelijktijdig in omloop gebracht. Via een computerprogramma dat de door de BSM's afgeleverde magneetbandjes als invoer gebruikt, registreren we wekelijks hoeveel biljetten van deze proefseries zijn terugontvangen en welk aantal daarvan wegens vervuiling is afgekeurd. Dank zij deze circulatieproeven kunnen we meer over het vervuilingsproces en over de levensduur van bankbiljetten te weten komen dan met de in de vorige paragraaf besproken circulatieformule. Hierbij zij opgemerkt dat de circulatieformule een tijdpad van de levensduur van de gehele circulatie oplevert, terwijl we met de circulatieproeven specifieke series in de loop van de tijd volgen. De langs deze laatste weg te berekenen levensduur heeft dus betrekking op een generatie van biljetten.

Tot nu toe is de levensduur van bankbiljetten bij de circulatieproeven altijd direct volgens de sterftafeltechnieken uit het aantal afgekeurde biljetten bepaald 7). In dat geval geldt voor de sterftekans (p_t^+) van een biljet, d.i. de kans dat een biljet in de t^e periode na in omloop gebracht te zijn, wordt afgekeurd, de formule:

$$p_t^+ = v_t / N$$

met v_t het aantal in periode t afgekeurde biljetten en N het totaal aantal biljetten in de proef.

De overlevingskans (S_t^+) is de kans dat een biljet in periode t nog niet is afgekeurd. Er geldt:

$$S_t^+ = 1 - \sum_{\tau=1}^t p_{\tau}^+$$

De gemiddelde levensduur (l^+) van de biljetten kan nu worden berekend hetzij als som van de overlevingskansen, hetzij, indien p_t^+ volgens een bepaalde kansverdeling verloopt, als de mathematische verwachting van die kansverdeling.

Deze directe berekening van de levensduur is onvermijdelijk indien de circulatieproef alleen gegevens over het aantal afgekeurde biljetten oplevert. Op deze wijze beschrijft men tegelijkertijd twee verschillende processen, nl. het vervuilingsproces en het intrekingsproces. Immers, nadat de biljetten in circulatie volgens het door de Bank gestelde criterium vervuild zijn, dienen ze eerst in een kas te verblijven die bij De Nederlandsche Bank wordt gestort alvorens deze biljetten kunnen worden ingetrokken. Meestal is daar enige tijd mee gemoeid. Aangezien de hiervoor gedefinieerde symbolen dus op de som van twee processen betrekking hebben zijn deze symbolisch van een + voorzien.

Nu we echter dank zij de beschreven hulpmiddelen zowel gegevens hebben over het aantal ontvangen biljetten als over het aantal afgekeurde biljetten, is het mogelijk via een statistisch model het vervuilingsproces en het intrekingsproces te scheiden. Indien we nl. veronderstellen 8) dat ieder biljet

7) Zie voor Nederland: R. L. Coenen, *Levensduur en intrekking van tientjes voor en na de tweede wereldoorlog*, De Nederlandsche Bank NV, interne nota, 4 maart 1971; P. Koeze, An accurate statistical estimation of the life-length of F.100-banknotes; a circulation trial with two qualities of currency paper, *International Statistical Review*, jg. 47, blz. 283-297 en P. Koeze, *The life-length of banknotes, a statistical model for circulation trials*, paper gepresenteerd op de Banknote Printers' Conference Statistics Committee, Rome, 27 maart 1980. Voor Canada: A. H. Gillieson, *Research into the extension of the life of banknotes: results of 1973, 1975 and 1976 field trials*, Bank of Canada Technical Report, nr. 10, augustus 1977.

8) Uit het onderzoek van Koeze (zie voetnoot 7) is gebleken dat dit een realistische veronderstelling is, met name omdat vuile biljetten gemiddeld genomen niet eerder bij de Bank terugkomen dan schone.

op een bepaald moment een gelijke kans heeft om bij de Bank terug te komen, vormt de afkeurfractie v_t / o_t met o_t het aantal ontvangen biljetten en v_t het aantal afgekeurde biljetten, een schatting voor de z.g. afkeurkans

$$p_t^* = v_t / o_t$$

d.w.z. de kans dat een biljet in circulatie in periode t bij terugkeer op de Bank zou worden afgekeurd. Met behulp van de afkeurkans kan via een hier niet nader te specificeren formule direct de vervuilingkans p_t worden berekend:

$$p_t = f(p_t^*)$$

De vervuilingkans is de kans dat een biljet in circulatie in periode t de door de Bank gestelde norm van vuilheid overschrijdt. Met deze vervuilingkans is het vervuilingproces beschreven dat we dus zo op indirecte wijze uit de waarnemingen kunnen afleiden. Analoog aan de overlevingskans definiëren we de schoonkans

$$S_t = 1 - \sum_{\tau=1}^t p_\tau$$

als de kans dat een biljet in circulatie aan het eind van periode t nog niet vervuild is. De gemiddelde vervuilingduur \bar{t} van de biljetten, te weten de tijd die het gemiddeld duurt voordat biljetten in circulatie vuil zijn, is als analoon van de levensduur hetzij gelijk aan de som van de schoonkansen, hetzij, indien de vervuilingkans volgens een bepaalde kansverdeling verlopen, gelijk aan de verwachting van die kansverdeling. Het verschil tussen de gemiddelde levensduur en de vervuilingduur ($\bar{t} - \bar{t}$) geeft aan hoe lang het gemiddeld duurt voordat vervuilde biljetten door de Bank ontvangen en ingetrokken worden. Dit verschil tussen vervuilingduur en levensduur hangt af van de frequentie waarmee de biljetten bij de Bank terugkeren. Indien deze frequentie hoog is, worden de biljetten na vervuiling snel afgekeurd en is het verschil klein. In dat geval circuleren er weinig vervuilde bankbiljetten. Daarnaast is het verschil klein indien vuile biljetten systematisch sneller bij de Bank zouden worden ingeleverd dan schone. Dit laatste is echter niet verondersteld; uitgegaan wordt van een gelijke vangstkans voor ieder biljet.

Er zijn een aantal voordelen verbonden aan dit model waarmee we het vervuilingproces los van het intrekingsproces kunnen beschouwen. In de eerste plaats is het statistisch elegant te veronderstellen dat alleen aan het vervuilingproces op zich een bepaalde (eenvoudige) kansverdeling ten grondslag ligt en niet aan het vervuilingproces plus intrekingsproces. Een tweede voordeel biedt splitsing indien men met de circulatieproeven de invloed van verschillen in papierkwaliteit wil nagaan 9). In dat geval is men uitsluitend geïnteresseerd in de mate waarin de bankbiljetten vervuilen en toevallige afwijkingen bij het intrekingsproces kunnen deze beoordeling alleen maar vertroebelen.

In de derde plaats zijn wij met dit model in staat om een ongerijmdheid te vermijden die zich voordoet wanneer bij een circulatieproef de parameters van de levensduurverdeling (d.w.z. de kansverdeling van p^+) direct uit het aantal afgekeurde biljetten wordt geschat. De steekproeven zijn nl. bij deze circulatieproeven zeer groot (meestal een aantal series van 100.000 biljetten). Dit heeft tot gevolg dat, vanuit een statistisch gezichtspunt, de waarnemingen een zeer getrouw beeld van de werkelijke levensduurverdeling zouden moeten geven. Dit is echter bij geen enkele proef het geval: nooit leveren de waargenomen sterftekanzen een zo regelmatig verloopende lijn op dat hieraan een (eenvoudige) kansverdeling ten grondslag lijkt te liggen. In statistische bewoordingen: iedere toets van de hypothese dat de bankbiljetten inderdaad volgens een bepaalde functie afsterven, levert bij dit soort proeven steeds een negatief resultaat op.

Afgezien van het feit dat de levensduurverdeling ontstaat als een samenvoeging van het vervuilingproces en het intrekingsproces, en daarom vermoedelijk niet door een

eenvoudige functie kan worden gerepresenteerd, is het bovengestane mede een gevolg van wisselingen in het intrekingsproces. Ofschoon de sortering op schoon en vuil mechanisch geschiedt, wisselt nl. toch de kritische vuilgraad waarop wordt afgekeurd. Enkele oorzaken hiervan zijn:

- er wordt met verscheidene machines gewerkt;
- de optische onderdelen waarmee de lichtreflectiegraad van de biljetten wordt gemeten, raken vuil en worden regelmatig schoongemaakt;
- soms wordt de machine opnieuw ingesteld zodat daardoor de kritische vuilgraad kan veranderen.

In ons model hebben we met deze wisselingen rekening gehouden door middel van een storingsterm, die aangeeft hoeveel het waargenomen aantal afgekeurde biljetten afwijkt van het aantal biljetten dat, gegeven het aantal ontvangen biljetten, volgens de veronderstelde kansverdeling van het vervuilingproces zou moeten zijn afgekeurd. Met deze storingsterm beschrijven we de stochastiek van het intrekingsproces. Bovendien kan deze storingsterm dienst doen om andere, niet systematische afwijkingen van onze modelveronderstellingen op te vangen, b.v. incidentele aanbidding van een grote partij vuile biljetten bij de Bank.

De uitkomsten volgens het statistische model

Het model voor het vervuilingproces en het intrekingsproces uit de vorige paragraaf hebben we toegepast op zeven circulatieproeven: twee voor de vijftientigjes (code GA en GB), vier voor de honderdjes (code MA t/m MD) en één voor de duizendjes (code RA). Deze proeven zijn overigens nog niet beëindigd 10), d.w.z. van alle proefseries zijn momenteel nog biljetten in omloop. Bij het afsluiten van onze berekeningen gold dit wat betreft de beide proeven met de vijftientigjes voor ongeveer 10% van de biljetten; het percentage niet-afgekeurde biljetten van de eerste twee proeven met de honderdjes (MA en MB) lag rond de 25% en van de andere twee (MC en MD), die later in circulatie zijn gebracht, rond de 50%. De gevolgde serie van duizendjes is sinds januari 1978 in circulatie en hiervan was zelfs 76% nog niet afgekeurd.

Deze onvolledigheid van de gegevens heeft tot gevolg dat, indien we de vervuilingduur en levensduur via de som van respectievelijk de schoonkansen en de overlevingskansen willen berekenen, we deze kansen dienen te extrapoleren voor de periode waarover we (nog) geen gegevens hebben. Voor de uitkomsten, die zijn vermeld in de eerste twee kolommen van de tabel, heeft een dergelijke extrapolatie plaatsgevonden. Bovendien is in de eerste kolom verondersteld dat alle biljetten na zes jaar integraal worden afgekeurd en in de tweede kolom dat dit pas na vijftien jaar het geval is.

Dergelijke extra veronderstellingen hoeven we niet te maken wanneer we er van uitgaan dat de vervuilingkans volgens een bepaalde kansverdeling verlopen en we de parameters van deze kansverdeling met de gegevens van de circulatieproef schatten. Dan volgt immers de vervuilingduur en (via een omweg) de levensduur als de verwachting van de geschatte kansverdeling. In de laatste drie kolommen van de tabel zijn de uitkomsten voor deze beide grootheden gegeven voor het geval dat het vervuilingproces respectievelijk met een exponentiële verdeling, een Weibull-verdeling of een gamma-verdeling kan worden beschreven. Deze drie verdelingen worden, zoals bekend, vaak gehanteerd bij verouderingsprocessen en levensduuronderzoek. In de tabel is aangegeven welke van de drie verdelingen voor de desbetref-

9) Dit is het voornaamste doel van Koeze's onderzoek (zie voetnoot 7).

10) In feite zijn dergelijke proeven „noot” beëindigd, daar er altijd wel biljetten om een of andere reden verloren gaan en dus niet meer bij de Bank terug zullen keren.

fende circulatieproef het best voldoet, d.w.z. bij welke kansverdeling de gevonden residuen bij het intrekingsproces het kleinst blijken te zijn.

De tabel laat zien dat de grote coupures een langere levensduur hebben dan de kleine. Dit is een gevolg van het reeds genoemde pasmunt-effect: de biljetten met een lage nominale waarde circuleren sneller en worden met minder zorg behandeld dan de biljetten met een hoge waarde en zijn daarom eerder vuil.

Tabel. Gemiddelde vervuilingduur (ϱ) en levensduur (ϱ^+) in weken

Coupure	Code	Als som van schoonkansen en overlevingskansen		Als verwachting van geschatte kansverdeling		
		integrale afkeuring na 6 jaar	integrale afkeuring na 15 jaar	exponentiële verdeling	Weibull-verdeling	gamma-verdeling
f. 25	GA ϱ ϱ^+	49	49	49	46°	47
		76	77	80	77°	78
f. 25	GB ϱ ϱ^+	63	63	67	61	63°
		90	91	92	86	88°
f. 100	MA ϱ ϱ^+	101	106	108	111	111°
		140	158	149	152	152°
f. 100	MB a ϱ ϱ^+	128	134	168	133°	138
		165	191	204	169°	175
f. 100	MC ϱ ϱ^+	157	187	222	179°	190
		188	249	250	207°	218
f. 100	MD ϱ ϱ^+	130	144	158	132°	140
		162	197	183	157°	165
f. 1.000	RA ϱ ϱ^+	203	303	317	446	398°
		225	366	342	471	423°

Toelichting: een ° geeft aan welke verdeling het best voldoet.
a) Vlasloos papier.

Uit een vergelijking van de uitkomsten in de eerste en tweede kolom blijkt dat het bij de honderdjes en de duizendjes nogal wat uitmaakt of we een integrale afkeuring na zes jaar of na vijftien jaar veronderstellen. Bij de vijftentwintigjes is dit niet het geval, omdat deze na zes jaar reeds vrijwel allemaal zijn afgekeurd. Een zelfde beeld doet zich, zij het minder duidelijk, voor in de laatste drie kolommen van de tabel met betrekking tot de alternatieve kansverdelingen voor het vervuilingproces. Bij de hogere coupures vinden we aanzienlijke verschillen in vervuilingduur en levensduur, al naar gelang de gekozen kansverdeling. Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat de staart van deze verdelingen bij de hogere coupures soms een onderling nogal afwijkende vorm vertoont.

Het meest verrassende resultaat uit de tabel is echter dat er tussen de verschillende circulatieproeven bij dezelfde coupures zulke grote verschillen worden gevonden. Hiervoor zijn een aantal mogelijke oorzaken aan te geven. In de eerste plaats kan de tijd en de plaats van uitgave van de proefseries een belangrijke invloed hebben gehad op het verdere circulatieverloop en daarmee op de vervuiling van de series. Daarnaast is het mogelijk dat het gedrag van het publiek ten aanzien van het bankbiljetgebruik zo sterk varieert dat het vervuilingproces niet met een eenvoudige verdelingsfunctie te beschrijven is. Hierbij zij vermeld dat een eerste poging om dit vermoeden met behulp van meer gecompliceerde verdelingsfuncties te verifiëren, niets opleverde. Ten derde zouden de wisselingen in het intrekingsproces van dien aard kunnen zijn dat deze de schattingen van het vervuilingproces beïnvloeden. In dat geval worden deze wisselingen dus niet voldoende met de desbetreffende storingsterm in het model beschreven. Wellicht, en dit is een vierde mogelijkheid, zijn de waargenomen verschillen bij het vervuilingproces een gevolg van allerlei systematische kwaliteitsverschillen tussen de series onderling.

Een dergelijk kwaliteitsverschil bestaat zeker tussen de proeven met code MA en MB met de honderdjes, die gelijktijdig in circulatie zijn gebracht. De eerste proef betreft

biljetten met het (destijds) gebruikelijke vlashoudende papier, terwijl de biljetten van de tweede proef op vlasloos papier zijn gedrukt. Wanneer we uitsluitend de resultaten van deze twee proeven met elkaar vergelijken, moeten we concluderen dat de vlasloze biljetten minder snel vervuilen en dus duurzamer zijn. Daarentegen geven de vlashoudende biljetten van de andere twee proeven met honderdjes (code MC en MD), die één en twee jaar later in circulatie zijn gebracht, respectievelijk duidelijk een langere en ongeveer dezelfde vervuilingduur te zien als de vlasloze biljetten.

Voor de interpretatie van de uitkomsten van het levensduuronderzoek met behulp van de circulatieproeven heeft dit alles belangrijke consequenties. Met een enkele circulatieproef wordt de levensduur van een bepaalde generatie van biljetten gemeten. Kennelijk bestaan er tussen deze generaties dermate grote verschillen dat de circulatieproeven alleen een nuttige bijdrage kunnen leveren voor het schatten van de levensduur van de gehele circulatie indien er naar een continue stroom van proeven gekeken wordt. Ook verdient het aanbeveling de uitspraken over de invloed van verschillen in papierkwaliteit te baseren op verscheidene volgtijdelijke circulatieproeven. Bij één enkele proef en controleproef kan een geconstateerd kwaliteitsverschil op een toevalstreffer berusten.

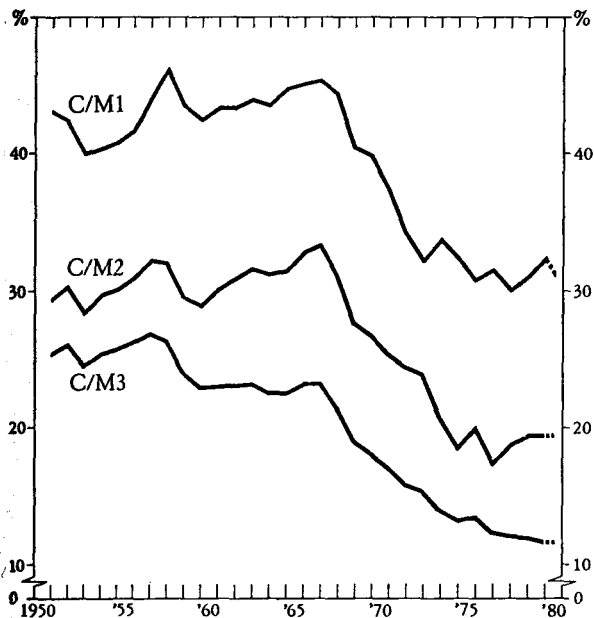
Ter aanvulling van onze levensduurberekeningen hebben we ook gegevensbestanden over de gehele circulatie gebruikt die met behulp van de magneetbandjes uit de BSM's zijn opgebouwd. Al met al blijkt uit de berekeningen dat de vijftentwintigjes gemiddeld na een jaar vervuild zijn; voor de honderdjes ligt deze gemiddelde vervuilingduur tussen de twee en de vier jaar, terwijl de circulatieproef voor de duizendjes een gemiddelde vervuilingduur tussen de zes en acht jaar oplevert. Uit hoofde van de bovengenoemde andere informatie lijkt ons dit echter aan de hoge kant, zodat we hier ongeveer zes jaar zullen aanhouden. Bij al deze coupures duurt het, gezien de resultaten in de tabel, gemiddeld ruim een half jaar voordat de biljetten na vervuiling bij de Bank terugkeren en worden afgekeurd. De gemiddelde levensduur is dus ruim anderhalf jaar voor de vijftentwintigjes, tussen de tweeënhalve en vierenhalve jaar voor de honderdjes en ongeveer zesenhalve jaar voor de duizendjes.

Samenvatting en slotopmerkingen

Hoewel er natuurlijk voor de hand liggende verschillen zijn tussen bankbiljetten en b.v. gloeilampen of auto's, hebben we in dit artikel laten zien dat men vanuit de optiek van de bedrijfsstatistiek het bankbiljet evenzo als een duurzaam verbruiksartikel kan bezien. Een overeenkomst tussen bankbiljetten enerzijds en gloeilampen of auto's anderzijds is dat deze tijdens het gebruik slijtage vertonen en uiteindelijk vervangen moeten worden. Nu worden gloeilampen, en in het algemeen ook auto's, slechts vervangen indien deze kapot en volledig ongeschikt voor het gebruik zijn. De Bank, die dus in tegenstelling tot de producenten van gloeilampen en auto's zelf over de afkeuring van haar produkt beslist, hanteert echter hoge kwaliteitsnormen.

Het gevolg is dat verreweg het grootste deel van de bankbiljettenproductie in de praktijk bestemd is om oude biljetten te vervangen. Uit dien hoofde is kennis omtrent het proces van vervuiling en omtrent de levensduur van de biljetten van eminent belang voor de raming van de behoefte en de productieplanning. Daarom hebben we in dit artikel een door ons ontwikkeld statistisch model besproken dat ons aan de hand van circulatieproeven deze kennis verschaft. In het model worden het vervuilingproces en het intrekingsproces afzonderlijk beschreven, zodat we langs indirecte weg informatie krijgen over het vervuilingstempo van bankbiljetten in circulatie, die we niet rechtstreeks kunnen waarnemen. Hiermee biedt dit model een groot voordeel boven het traditionele levensduurmodel waarin de levensduur onmid-

Figuur 3. Bankbiljettenquoten (ultimocijfers 1950-1980)



dellijk uit het aantal afgekeurde biljetten wordt berekend.
De chartale geldhoeveelheid is in Nederland volkomen

vraagbepaald, d.w.z. het publiek beslist hoeveel bankbiljetten het wil aanhouden en in welke samenstelling. De Bank past daarbij geen rantsoenering toe, maar dient volledig te voldoen aan deze vraag die, naast de levensduur der bankbiljetten, bepalend is voor de omvang van de toekomstige productie- en sorteercapaciteit.

Wat betreft het aanbod van bankbiljetten is de Bank monopolist en behoeft zich dus niet om haar „marktaandeel” in dit produkt te bekommeren. Toch kan men zich afvragen in hoeverre het bankbiljet ook in de toekomst een belangrijke rol in het betalingsverkeer zal blijven spelen. Bij de opkomst van het gebruik van de computer voor administratieve automatisering in de jaren vijftig, spiegelde de futurologische beschouwingen ons een wereld van nu voor, waarin alle betalingen via elektronische circuits zouden geschieden en waarin het bankbiljet overbodig zou zijn. Zo'n vaart is het dus duidelijk niet gelopen. Wel blijkt uit figuur 3, waarin het aandeel van de bankbiljettenomloop in de geldhoeveelheid (resp. M1, M2 en M3) is getekend, dat in de loop van de periode 1950-1980 de bankbiljettenquote gedaald is. Deze daling deed zich vooral voor na de invoering van de betaalcheque in 1967. De vraag is in hoeverre deze daling zich in de toekomst zal voortzetten, of vanwege de ontwikkelingen in het elektronische betalingsverkeer (b.v. de „chipcard”) zelfs zal versnellen. De beantwoording van deze vraag vergt echter een afzonderlijke studie, die het bestek van dit artikel over het bankbiljet als produkt te buiten gaat.

F. A. G. den Butter
R. L. Coenen