

A woman with dark hair tied back is looking towards the right, focused on a piece of industrial machinery. The background is a factory floor with various equipment and a blurred machine with a '480 VOLTS' label. The scene is lit with warm, golden light.

# Kwantitatieve toepassingen in de bedrijfskunde

## Opgaven



Noordhoff Uitgevers

Dr. A. Buijs

Mr. Drs. J.W. Wijbenga

Drs. E.T. Thijssen



## **Kwantitatieve toepassingen in de bedrijfskunde**





# **Kwantitatieve toepassingen in de bedrijfskunde**

*Opgaven en uitwerkingen*

Prof. dr. A. Buijs

met medewerking van

Mr. drs. J.W. Wijbenga

Vierde druk

Noordhoff Uitgevers Groningen | Houten

Ontwerp omslag: G2K Designers Groningen / Amsterdam  
Omslagillustratie: PhotoDisc

Eventuele op- en aanmerkingen over deze of andere uitgaven kunt u richten aan:  
Noordhoff Uitgevers bv, Afdeling Hoger Onderwijs, Antwoordnummer 13,  
9700 VB Groningen, e-mail: [info@noordhoff.nl](mailto:info@noordhoff.nl)

3 / 13

Deze uitgave is gedrukt op FSC-papier.

© 2010 Noordhoff Uitgevers bv Groningen/Houten, The Netherlands.

Behoudens de in of krachtens de Auteurswet van 1912 gestelde uitzonderingen mag niets uit deze uitgave worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. Voor zover het maken van reprografische verveelvoudigingen uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16h Auteurswet 1912 dient men de daarvoor verschuldigde vergoedingen te voldoen aan Stichting Reprorecht (postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp, [www.cedar.nl/reprorecht](http://www.cedar.nl/reprorecht)). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) kan men zich wenden tot Stichting PRO (Stichting Publicatie- en Reproductierechten Organisatie, postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp, [www.cedar.nl/pro](http://www.cedar.nl/pro)).

*All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the publisher.*

ISBN (ebook) 978-90-01-85165-1  
ISBN 978-90-01-11088-8  
NUR 123



## Woord vooraf

Er zijn heel wat beslissingsproblemen waarbij het gebruik van methoden uit de wiskunde en statistiek een belangrijk hulpmiddel vormt om de ‘beste’ oplossing te kunnen vinden. In de vierde editie van het theorieboek ‘Kwantitatieve toepassingen in de bedrijfskunde’ kan men kennismaken met een aantal van die methoden.

Studenten die een cursus op dit vakgebied volgen, bekwamen zich in twee opzichten. In de eerste plaats ziet men hoe een brede collectie problemen uit de praktijk op een elegante manier kan worden aangepakt. Daarnaast echter is een cursus op dit gebied een uitstekende training op het gebied van het analytisch denken in het algemeen, een vaardigheid waarmee een student zijn of haar positie op de arbeidsmarkt sterk maakt.

In dit boek zijn vraagstukken en uitwerkingen opgenomen waarmee de student de aangeboden stof kan oefenen. Bovendien is getracht door de variatie van onderwerpen een beeld te geven van de veelzijdige toepassingsgebieden van Kwantitatieve Toepassingen.

Dit opgavenboek bestaat uit twee onderdelen. In het eerste onderdeel worden vraagstukken gegeven bij ieder hoofdstuk van het theorieboek. In de tweede helft van dit boek staan de uitwerkingen van al die vraagstukken. Voor het leren werken met de aangeboden stof is het belangrijk dat een student eerst serieus probeert zélf de oplossing te verzinnen.

In vergelijking met de vorige editie van het boek zijn in de hoofdstukken enkele nieuwe vraagstukken opgenomen en een aantal oude verwijderd. Verder zijn uiteraard enkele opgaven opgenomen die horen bij het nieuwe hoofdstuk 11: Inkoopmanagement.

Voor het computergebruik zijn we waar dat wenselijk is overgeschakeld op Excel. De voornaamste reden hiervoor is dat dit programma op vrijwel alle computers van studenten aanwezig is, zodat geen specifieke software hoeft worden aangeschaft.

Dit boek had niet tot stand kunnen komen zonder de inzet van mr. drs. Jan W. Wijbenga. Hij heeft van alle opgaven de uitwerkingen gemaakt en in sommige gevallen aanvullend commentaar gegeven. De opgaven van hoofdstuk 11 zijn van de hand van drs. Elliott T. Thijsen.

Wij hopen dat de gebruikers van dit boek hun op- en aanmerkingen aan ons willen doorgeven.

Bilthoven, najaar 2005

Prof. dr. A. Buijs  
Mr. drs. J.W. Wijbenga







# Inhoud

## Deel 1

### Opgaven 9

- 1 Modellen, kansen en toepassingen 10
- 2 Beslissingstheorie 17
- 3 Lineair programmeren: grafische methode 29
- 4 Lineair programmeren met de computer 35
- 5 Enkele specifieke problemen 43
- 6 Voorraadproblemen 50
- 7 Netwerkplanning 58
- 8 Kwaliteitszorg 67
- 9 Wachtijdproblemen 71
- 10 Simulatie 75
- 11 Inkoopmanagement 83
- 12 Financiële toepassingen 86

## Deel 2

### Uitwerkingen 91

- 1 Modellen, kansen en toepassingen 92
- 2 Beslissingstheorie 107
- 3 Lineair programmeren: grafische methode 133
- 4 Lineair programmeren met de computer 148
- 5 Enkele specifieke problemen 166
- 6 Voorraadproblemen 184
- 7 Netwerkplanning 206
- 8 Kwaliteitszorg 223
- 9 Wachtijdproblemen 230
- 10 Simulatie 240
- 11 Inkoopmanagement 262
- 12 Financiële toepassingen 266



# Opgaven

## 1

- 1 Modellen, kansen en toepassingen** 10
- 2 Beslissingstheorie** 17
- 3 Lineair programmeren: grafische methode** 29
- 4 Lineair programmeren met de computer** 35
- 5 Enkele specifieke problemen** 43
- 6 Voorraadproblemen** 50
- 7 Netwerkplanning** 58
- 8 Kwaliteitszorg** 67
- 9 Wachtijdproblemen** 71
- 10 Simulatie** 75
- 11 Inkoopmanagement** 83
- 12 Financiële toepassingen** 86

# 1 Modellen, kansen en toepassingen

- 1.1 Een groothandelaar in groenten en fruit heeft twee toeleveranciers voor aardappelen (ras bintje). Leverancier A levert bintjes verpakt in kisten met 30 kg, leverancier B levert de bintjes in zakken met inhoud 10 kg.  
Noem  $x$ : het aantal kisten geleverd door A  
 $y$ : het aantal zakken geleverd door B  
Gegeven is dat de doorberekende verpakingskosten € 1,20 bedragen voor een kist en € 0,30 voor een zak. Door A geleverde aardappelen hebben een kostprijs van € 0,28 per kilo, voor aardappelen van B is dat € 0,31.
- Geef een wiskundige uitdrukking voor het aantal *verpakkingen* dat door de leveranciers A en B wordt geleverd aan de groothandelaar.
  - Geef een wiskundige uitdrukking voor het aantal *kilo's* dat wordt geleverd door de leveranciers A en B.
  - Geef een wiskundige uitdrukking voor de totale kosten op basis van verpakingskosten en kostprijs van de bintjes.
  - De groothandelaar heeft per week 9 000 kilo nodig. Geef aan hoe deze beperking kan worden geformuleerd als een vergelijking.
  - Leverancier A kan maximaal 200 kisten per week leveren, leverancier B kan maximaal 500 zakken per week leveren. Geef aan hoe dit kan worden geformuleerd als een wiskundige uitdrukking.
  - De groothandelaar kan de bintjes verkopen voor € 0,40 per kilo. Geef een uitdrukking waarmee de behaalde winst kan worden berekend als functie van  $x$  en  $y$ .
  - Geef (op basis van intuïtie) aan wat de beste keuze van  $x$  en  $y$  is om de winst zo hoog mogelijk te maken.
- 1.2 Een consument overweegt een abonnement op een mobiele telefoon aan te schaffen. Hierbij worden hem drie opties geboden.  
Optie A: vast bedrag per maand 10 euro met 30 gratis belminuten. Extra minuten kosten 40 cent per stuk.  
Optie B: vast bedrag per maand 25 euro met 150 gratis belminuten. Extra minuten kosten 20 cent per stuk.  
Optie C: vast bedrag per maand 50 euro met 300 gratis belminuten. Extra minuten kosten 8 cent per stuk.  
Bereken de beste aanschaf afhankelijk van  $X$ , het werkelijk aantal belminuten per maand.
- 1.3 Een fabriek heeft een systeem van kwaliteitscontrole waarmee dagelijks wordt gecontroleerd of de productielijn goed functioneert. Er worden dan twee producten gekeurd. Als het productieproces in orde is, dan is er een kans 0,95 dat een willekeurig product wordt goedgekeurd.
- Hoe groot is de kans dat twee willekeurig gekozen producten worden goedgekeurd als het productieproces in orde is? Hoe groot is de kans op één goedgekeurd en één afgekeurd product?

- b Als het productieproces ontregeld is, zal een willekeurig product kans 0,9 hebben om te worden afgekeurd. Hoe groot is de kans dat twee willekeurige producten worden goedgekeurd als het productieproces ontregeld is?
- c Gegevens uit het verleden leren ons dat het productieproces 9 van de 10 dagen in orde is. Bereken nu de volgende kansen:
  - de kans dat het productieproces ontregeld is indien de twee gekeurde producten allebei afgekeurd worden.
  - de kans dat het productieproces in orde is als er een goedgekeurd en een afgekeurd exemplaar worden geconstateerd bij de keuring.

1.4 Een importeur introduceert binnenkort een drietal nieuwe producten (A, B en C) op de Nederlandse markt. Op grond van ervaring kan de importeur taxeren wat de succesansen zijn voor de drie producten. Er geldt:  $P(\text{succes A}) = 0,60$ ,  $P(\text{succes B}) = 0,75$  en  $P(\text{succes C}) = 0,80$ . De kansen op een mislukte introductie voor deze producten zijn derhalve  $P(\text{mislukking A}) = 0,40$ ,  $P(\text{mislukking B}) = 0,25$  en  $P(\text{mislukking C}) = 0,20$ .

De importeur is tevreden als minstens twee van de drie producten succesvol blijken. Bereken de kans hierop.

Ga er hierbij vanuit dat het succesvol zijn van het ene product niet beïnvloed wordt door het al dan niet succesvol zijn van een ander product.

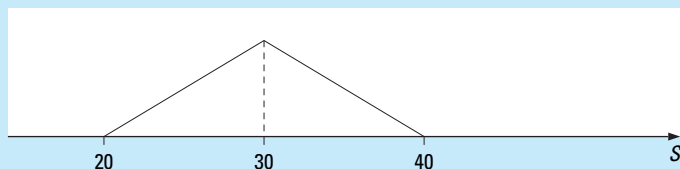
1.5 Analyseer voor de gegevens van voorbeeld 1.7 uit het theorieboek een keuringsprocedure waarbij de vulgewichten van twee producten worden gecontroleerd.

- a Hoe groot is de kans dat de vulmachine fout is ingesteld indien allebei de producten een onjuist vulgewicht hebben?
- b Hoe groot is die kans als het ene product wel en het andere product niet voldoet?
- c Stel dat men aansluitend op de bij vraag b geschetste situatie besluit nogmaals een product te keuren. Dit voldoet niet aan de gewichtsnorm. Wat is nu de kans dat de machine fout is afgesteld?

1.6 De benodigde arbeidstijd  $t$  (in minuten) voor het uitvoeren van een bepaalde servicebeurt in een garage kan beschouwd worden als een kansvariabele met een rechthoekige verdeling op het interval (10, 20).

- a Bereken de kans dat een willekeurige servicebeurt minstens 17 minuten duurt. Bereken ook de verwachtingswaarde en de variantie van  $t$ .
- b Een monteur voert twee servicebeurten direct na elkaar uit. De tijdsduren van deze twee beurten mogen als onderling onafhankelijke kansvariabelen worden beschouwd. De totale duur  $s$  van de twee servicebeurten volgt een kansdichtheid die weergegeven is in de volgende grafiek, figuur 1.1.

Figuur 1.1



Geef de formule van  $f(s)$ . Bereken de verwachtingswaarde en de variantie van  $\underline{s}$ . Hoe groot is de kans dat twee servicebeurten samen meer dan 35 minuten vergen?

- c Een monteur voert 25 servicebeurten achter elkaar uit. Bereken de kans dat de totale tijd  $\underline{T}$  die hij hiervoor nodig heeft, meer dan  $6\frac{1}{2}$  uur is.

- 1.7 Bij de cafetaria uit voorbeeld 1.20 van het theorieboek besluit men om precies 20 kilo ijs per dag te produceren. Per kilo verdient men € 8. Een onverkochte kilo levert een verlies op van € 6.
- Hoeveel bedraagt de verwachtingswaarde van de misgelopen winst?
  - Hoeveel bedraagt de verwachtingswaarde van de verliezen (omdat op sommige dagen de werkelijke vraag lager uitvalt dan 20)?
  - Probeer met 'trial and error' te ontdekken bij welk productieniveau de waarden van verwacht verlies en verwachte misgelopen winst met elkaar in evenwicht zijn.
- 1.8 In een groot recreatiepark is ruimte voor de bouw van een flink aantal vakantiehuisen. Deze huizen kunnen worden verkocht voor € 120.000 per stuk. Het bouwrijp maken van het terrein kost € 1.800.000. De bouwkosten per vakantiehuis bedragen € 60.000.
- Bij welk aantal verkochte vakantiehuisen zijn de opbrengsten gelijk aan de kosten?
  - Veronderstel dat er ruimte is voor maximaal 62 vakantiehuisen. Hoeveel bedraagt de winst indien al deze vakantiehuisen worden verkocht?
  - De aannemer denkt dat de vraag naar vakantiehuisen beschreven kan worden door een normale verdeling met  $\mu = 45$  en  $\sigma = 5$ . Hoeveel bedraagt de verwachte winst van het project indien besloten wordt tot de bouw van 62 vakantiehuisen?
  - Hoeveel bedraagt de verwachte winst bij vraag c indien de aannemer het aantal te bouwen huizen kan vaststellen *nadat* de kopers zich hebben ingeschreven?
  - Veronderstel dat de vraag naar vakantiehuisen afhangt van de conjunctuur. Bij goede conjunctuur is de vraag normaal verdeeld met  $\mu = 45$  en  $\sigma = 5$ . Bij een slechte conjunctuur is de vraag normaal verdeeld met  $\mu = 32$  en  $\sigma = 4$ . Goede conjunctuur heeft kans 60%, slechte conjunctuur kans 40%. Hoeveel bedraagt de verwachte winst indien men besluit tot de bouw van 50 huizen? (Hint: denk aan het gebruik van de normale verliesfunctie.)
- 1.9 Een voetbalbond heeft een onderzoek gedaan naar het aantal ernstige blessures onder de deelnemers aan de competitie. Van de 200 000 actieve voetballers moesten er in een bepaald seizoen 4 000 in het ziekenhuis worden opgenomen.
- Bepaal voor een vereniging met 150 leden de kans dat er in een bepaald seizoen meer dan zes leden vanwege een ernstige blessure in het ziekenhuis moeten worden opgenomen. Ga er hierbij van uit dat de kans op een ziekenhuisopname voor alle voetballers gelijk is.
  - In een bepaald district zijn 1 800 actieve voetballers. Bepaal de kans dat er in een bepaald seizoen minstens 50 voetballers uit dit district wegens een blessure in het ziekenhuis moeten worden opgenomen.
- 1.10 Onderzoek voor de containerverhuurder uit voorbeeld 1.22 van het theorieboek de bedrijfsresultaten indien er niet 3, maar slechts 2 containers beschikbaar zijn voor de verhuur.

- 1.11 Een autoverhuurbedrijf weet dat de vraag per dag naar auto's een Poisson-verdeelde variabele is met  $\mu = 3,5$  per dag. Aan een dag verhuur verdient het bedrijf € 60 (= huurprijst minus variabele kosten). Het bedrijf weet nog niet zeker hoeveel auto's men voor de verhuur beschikbaar moet hebben.
- Ontwerp een verliesfunctie analoog aan de aanpak in voorbeeld 1.11 van het theorieboek voor een aantal keuzes van  $b$ : het aantal voor verhuur beschikbare auto's.
  - Een extra auto kost € 4.000 per jaar (van 300 verhuurdagen). Onderzoek de volgende bewering: 'Indien bij een toename van het aantal beschikbare auto's  $b$  tot  $b + 1$  de daling in de verliesfunctie meer is dan € 4.000, dan is het verantwoord de extra auto aan te schaffen.'
- 1.12 Bekijk nog eens de gegevens in de openingscasus. Per week kopen we  $X$  reizen in. Noem  $Y$  het aantal boekingen voor een willekeurige week. Noem  $W$  de winstbijdrage. We gaan ervan uit dat er geen lastminuteraanbiedingen zijn.
- Geef voor  $X = 50$  aan hoe de waarde van  $W$  afhangt van  $Y$ .
  - Geef voor  $X = 40$  en  $X = 60$  eveneens de waarde van  $W$  als functie van  $Y$ .
  - Voor welke waarden van  $Y$  is  $X = 40$  een gunstiger inkoophoeveelheid in vergelijking met  $X = 50$ ? En voor welke waarden van  $Y$  is  $X = 60$  beter dan  $X = 50$ ?
  - Veronderstel dat de vraag naar reizen beschreven wordt door de kansvariabele  $Y$  met als uitkomsten  $P(Y = 30) = 0,15$ ,  $P(Y = 40) = 0,20$ ,  $P(Y = 50) = 0,30$ ,  $P(Y = 60) = 0,20$  en  $P(Y = 70) = 0,15$ . Hoeveel bedraagt de verwachtingswaarde van  $W$  bij een inkoop vooraf van  $X = 40$ ,  $X = 50$  of  $X = 60$ ?
  - Veronderstel dat de vraag naar reizen beschreven kan worden door een normaal verdeelde variabele  $Y$  met  $\mu = 50$  en  $\sigma = 8$ . Hoeveel bedraagt de verwachtingswaarde van  $W$  bij een inkoop vooraf van  $X = 50$ ?
- 1.13 Onderzoek voor voorbeeld 1.24 (zie vervangingsproblemen in paragraaf 1.3.4) de volgende strategie. Eenmaal per drie maanden worden alle lampen vervangen, terwijl na één en na twee maanden alleen de uitvallers worden vervangen.
- 1.14 Een bedrijf verhuurt strandstoelen per dag. De stoelen blijven één zomer in gebruik. De inkoopprijs bedraagt € 235 en aan het eind van het seizoen gaan ze van de hand voor € 70. De vraag per dag naar stoelen wordt beschouwd als een Poisson-variabele met een verwachting van 100. Zoals bekend, is de variantie van een Poisson-verdeling gelijk aan zijn verwachting en kan deze verdeling normaal worden benaderd als de verwachting groot genoeg is. Het seizoen telt 120 dagen. De huur van de stoelen bedraagt € 11 per dag. Andere kosten dan die van de aanschaf van de stoelen hoeven niet in de berekening te worden betrokken.
- Bereken de verwachting van de winst per seizoen als men jaarlijks 200 stoelen aanschaf en dus eigenlijk altijd aan de vraag kan voldoen.
  - Hoe vaak moet een stoel per seizoen minstens verhuurd worden om de kosten te dekken? Vertaal dit tot een kans op verhuur per dag.
  - Bereken het optimale aantal stoelen, uitgaande van de normale verdeling.
- 1.15 Op een parkeerplaats is plaats voor 6 langparkeerders, die voor een dag parkeren € 7 moeten betalen. Op een zekere dag komt een autobezitter als gevolg van een ongeval zijn auto niet ophalen. De auto blijft daardoor nog 12 dagen op de parkeerplaats staan. Als de auto wordt opgehaald, dient de

verhuurder van de parkeerplaatsen een rekening in van  $12 \times 7 = \text{€ } 84$  wegens gederfde inkomsten, aangezien hij de bezette parkeerplaats niet heeft kunnen verhuren. De autobezitter stelt dat het niet zeker is dat die ene parkeerplaats op al die dagen zou zijn verhuurd en vindt de claim daarom te hoog. Nader onderzoek wijst uit dat de vraag naar parkeerplaatsen een Poisson-verdeling heeft met een verwachting van 5 plaatsen per dag. Wat is de verwachtingswaarde van de inkomstenderving als gevolg van het bezet houden van die ene plaats gedurende twaalf dagen?

- 1.16 Een bedrijf bezit twee apparaten van een bepaalde soort voor de verhuur. Ze worden alleen voor hele dagen verhuurd. Men heeft in het verleden geconstateerd dat de vraag  $\underline{v}$  naar dit type apparaat de volgende kansverdeling heeft, tabel 1.1.

Tabel 1.1

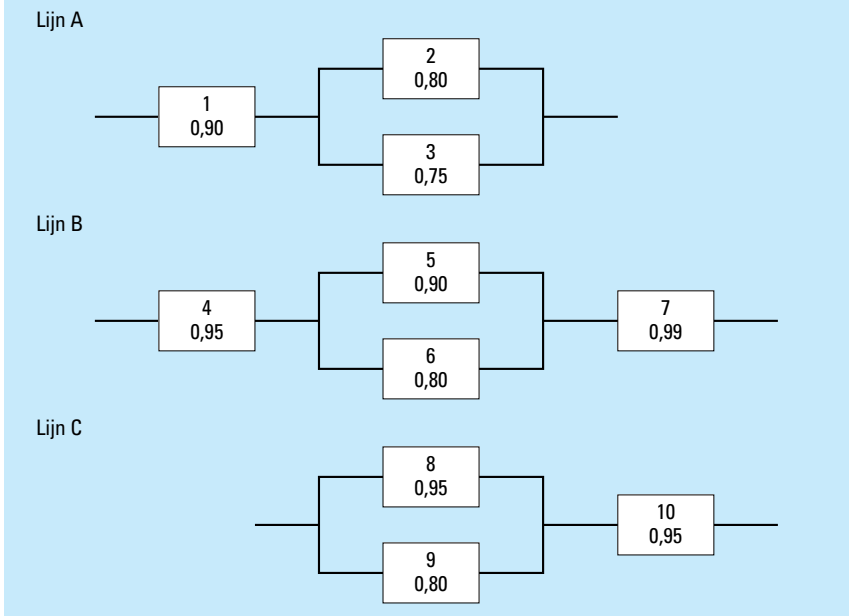
Vraag $v$	0	1	2	3 of meer
$P(\underline{v} = v)$	0,18	0,31	0,25	0,26

De verhuurprijs is € 100 per dag. De vaste kosten zijn € 20 per apparaat per dag; er zijn geen variabele kosten aan de verhuur verbonden.

- a Toon aan dat de aanschaf van een derde apparaat lonend is.
- b Er is enige onzekerheid of de kans van 0,26 in tabel 1.1 wel juist is. Hoe groot moet deze kans minimaal zijn, wil de aanschaf van een derde apparaat lonend zijn?
- 1.17 In een fabriek bevinden zich drie parallelle productielijnen. Deze leveren per week een productie van respectievelijk 25 000, 30 000 en 40 000 eenheden. Voor wat betreft de bedrijfszekerheid kunnen de drie productielijnen door het volgende schema gesymboliseerd worden. In ieder blokje is de bedrijfszekerheid voor een week van het betreffende onderdeel weergegeven. Voor de eenvoud nemen we aan dat de gehele weekproductie verloren gaat indien een productielijn gedurende de week defect mocht raken (zie figuur 1.2).
- a Bereken de bedrijfszekerheid voor iedere productielijn. Ga ervan uit dat de bedrijfszekerheid van de productielijnen A, B en C als onderling onafhankelijk worden beschouwd.
- b Bereken de mogelijke uitkomsten van de totale productieomvang in een week en de bijbehorende kansen.
- c Bereken de verwachte productieomvang per week.
- 1.18 Een robot in een fabriek bestaat uit vier onderdelen A, B, C en D die een bedrijfszekerheid hebben van respectievelijk 0,99, 0,98, 0,96 en 0,95. Alle onderdelen moeten werken om de robot te kunnen laten functioneren.
- a Hoe groot is de bedrijfszekerheid van de robot?
- b Bij een van de onderdelen kan een back-up-onderdeel worden aangebracht. Deze back-up heeft dezelfde bedrijfszekerheid als het oorspronkelijke onderdeel. Bij welk van de vier onderdelen is het aanbrengen van een back-up het gunstigst?



Figuur 1.2



- 1.19 In een fabriek staat een machine met daarin vier identieke onderdelen. Voor elk van deze onderdelen geldt dat deze een levensduur hebben die normaal verdeeld is met  $\mu = 12.000$  uur en  $\sigma = 2.500$  uur. De onderneming kiest ervoor om alle vier onderdelen te vervangen zodra één van de vier uitgevallen is. Verder wenst men preventief alle vier de onderdelen te vervangen indien nog geen defect is opgetreden na het verstrijken van een nader te bepalen tijdsperiode  $T$ .
- Veronderstel dat we een bedrijfszekerheid van 0,90 nastreven. Na hoeveel uur ( $T$ ) dienen dan de onderdelen vervangen te worden?
  - Dezelfde vraag bij een bedrijfszekerheid van 0,95.
  - Veronderstel dat de machine op jaarbasis 6000 uur werkt. De vervangingskosten van de vier onderdelen bedragen € 5.000. Hoeveel bedragen de verwachte vervangingskosten voor de bij vraag a en b voorgestelde aanpak? Waarom is hier de aanpak met de laagste vervangingskosten niet vanzelfsprekend de beste?
- 1.20 Bij een veerboot is in een periode van 30 maanden 15 keer een storing in de machinekamer opgetreden. Ga ervan uit dat deze optreden volgens een Poisson-verdeling. De reparatie van zo'n storing kost gemiddeld € 2.500 (mede als gevolg van inkomstenderving).
- Bereken de kans dat in een gegeven maand 0, 1, 2 of 3 en meer storingen optreden. Bereken de hierbij behorende kosten en bepaal de verwachtingswaarde van de kosten per maand.
  - De scheepvaartonderneming overweegt een revisie van de machinekamer te laten uitvoeren. De kosten hiervan bedragen € 15.000. De verwachting is dat dankzij deze opknabbeurt de machine slechts tweemaal per jaar een storing zal vertonen. Dit 'effect' zal vier jaar duren; daarna zal de machine weer op het oude patroon van storingen vertonen. Zijn de kosten voor de revisie een verantwoorde uitgave?

- 1.21 In een groot kantoorgebouw staan 200 computerbeeldschermen opgesteld. Afhankelijk van de intensiteit van het gebruik moet na een bepaalde tijd zo'n beeldscherm worden vervangen. Hiervoor moet dan een speciale medewerker van de servicedienst worden opgeroepen die het beeldscherm vervangt. De kosten hiervan (inclusief extra arbeidsloon) bedragen € 190 per keer. De kans dat een monitor na verloop van tijd nog deugdelijk functioneert, is minder naarmate de levensduur van de monitor langer is. Tabel 1.2 geeft de resultaten.

Tabel 1.2

Leeftijd in jaren	0	1	2	3	4	5
Kans dat de monitor nog deugdelijk is	1,00	0,90	0,70	0,40	0,15	0,00

Ga ervan uit dat telkens aan het eind van het jaar de beeldschermen worden getest, waarna wordt vastgesteld of deze vervangen moeten worden. Beeldschermen vallen niet tussentijds uit. Het bedrijf heeft op dit moment 100 beeldschermen in gebruik die zojuist zijn geplaatst en 100 beeldschermen van precies een jaar oud.

- Bepaal de leeftijdsverdeling van de monitoren na drie jaar.
- Maak een afweging voor het beste vervangingsbeleid voor de lange termijn. Vergelijk de aanpak waarbij alle exemplaren na één respectievelijk twee jaar worden vervangen met een beleid waarbij slechts de afgekeurde beeldschermen worden vervangen. Indien alle beeldschermen tegelijkertijd worden vervangen, zijn de vervangingskosten slechts € 120 per beeldscherm.