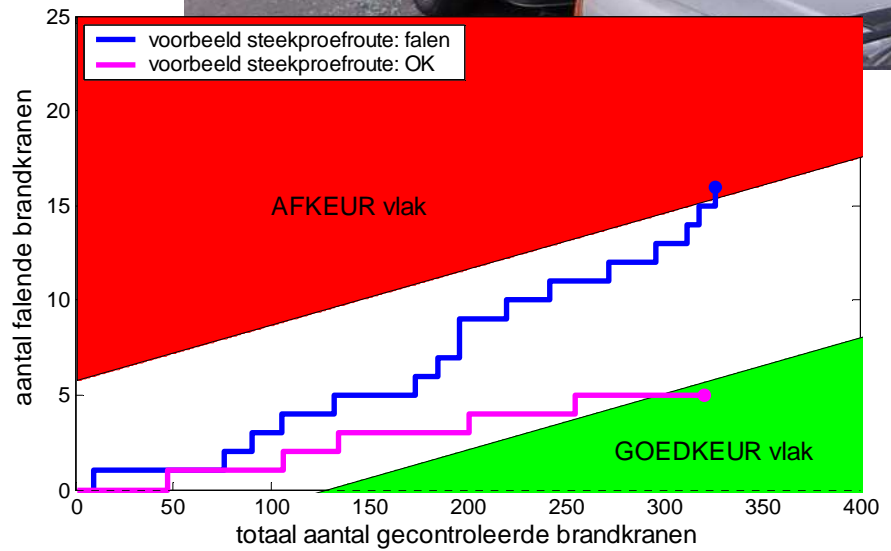


## Controlemethodiek brandkranen



**KWR 04.054**  
12 juli 2004

## **Controlemethodiek brandkranen**

© 2004 Kiwa N.V.  
Alle rechten voorbehouden.  
Niets uit deze uitgave mag  
worden verveelvoudigd,  
opgeslagen in een  
geautomatiseerd  
gegevensbestand, of openbaar  
gemaakt, in enige vorm of op  
enige wijze, hetzij  
electronisch, mechanisch,  
door fotokopieën, opnamen,  
of enig andere manier, zonder  
voorafgaande schriftelijke  
toestemming van de uitgever.

**Kiwa N.V.**  
**Water Research**  
Groningenhaven 7  
Postbus 1072  
3430 BB Nieuwegein

Telefoon 030 60 69 511  
Fax 030 60 61 165  
Internet [www.kiwa.nl](http://www.kiwa.nl)

# Colofon

**Titel**

Controlemethodiek brandkranen

**Projectnummer**

30.5533.100

**Projectmanager**

W. Senden

**Kwaliteitsborger(s)**

J.H.G. Vreeburg

**Auteur(s)**

J.M.L. van der Wielen

Dit rapport is niet openbaar en slechts verstrekt aan de opdrachtgevers van het Contractonderzoekproject /adviesproject. Eventuele verspreiding daarbuiten vindt alleen plaats door de opdrachtgever zelf.

# Samenvatting

Brandkranen vormen een wezenlijk onderdeel van het drinkwaternet. Net als de leveringszekerheid van water aan de klant is ook voor de werking van brandkranen een werkingseis gesteld. Om te controleren of het bestand brandkranen aan deze norm voldoet moet een bepaald aantal met bepaalde frequentie getoetst worden. Deze controletoets is onderverdeeld in droge controle (controle op vindbaarheid, bereikbaarheid en aansluitbaarheid) en de natte controle (controle op capaciteit, lekkages, afsluitbaarheid). Vitens OV heeft Kiwa gevraagd een statistisch onderbouwde controlemethodiek te ontwikkelen voor de toetsing of het brandkranenbestand aan de norm voldoet. Uitgangspunt van de ontwikkelde methodiek is de tevredenheid met het serviceniveau zoals dat in 2000 is bepaald. In de begeleidingsgroep van het onderhavige onderzoek zit, naast Vitens, ook de brandweer vanuit het bluswaterplatform van de gemeenten en brandweer in het verzorgingsgebied van Vitens. In samenspraak met alle partijen is de norm van de faalkans (de kans dat een willekeurige brandkraan tijdens gebruik niet voldoet) gesteld op 0,1%. De norm van de storingskans (de kans dat een brandkraan überhaupt niet voldoet) is daarmee gesteld op 0,1%.

In dit rapport is een statistische methode gepresenteerd, Sequential Probability Ratio Test, welke met relatief kleine steekproefgroottes uitspraak kan doen over de betrouwbaarheid van een bestand brandkranen. Voor de controleprocedure is een foutenboom opgesteld waarbij onderscheid gemaakt wordt in brandkranen die in orde zijn, brandkranen die niet zullen falen tijdens brandbestrijding maar wel onderhoud behoeven en brandkranen die duidelijk tijdens brandbestrijding zullen falen (acuut onderhoud noodzakelijk). Het aantal brandkranen tijdens de steekproeven die in deze laatste groep vallen dient als maat voor de kwaliteit van het bestand. Als basis voor de controlemethodiek is het verzorgingsgebied van Vitens OV onderverdeeld in zes deelgebieden. Uitbreidend op de keuringsmethode zijn tevens een aantal vervolgstappen gegeven welke gevolgd kunnen worden bij een bestand wat niet aan de norm voldoet, ter onderbouwing van een onderhoudsprogramma.

Naast de controlemethodiek is tevens gekeken naar de beschikbaarheid en kwaliteit van de huidige controlegegevens. Deze blijken vooralsnog niet voldoende te zijn voor de definitieve bepaling van de normen en het uitvoeren van een controletoetsing. Er is daarom een proefmeting gedaan in het deelgebied rond Deventer en Raalte. Daarbinnen zijn random 500 brandkranen gecontroleerd. Uit deze proefmeting blijkt dat de storingskans geschat wordt op 6,80% en dat al na 179 brandkranen de controlemethodiek aangeeft dat het bestand niet voldoet aan de gestelde norm van 1,55%. Van de in totaal 34 falende brandkranen binnen de steekproef blijken er 25 te falen op vindbaarheid. Met de proefmeting is wel de kracht van de systematische procedure en methodiek getoond. Volgens de procedure hoeven slechts maximaal 1800 brandkranen gecontroleerd te worden op een totaal van bijna 36.000 (dat is slechts 5%).

# Inhoud

	<b>Samenvatting</b>	<b>1</b>
	<b>Inhoud</b>	<b>2</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>4</b>
1.1	Achtergrond	4
1.2	Doel	4
1.3	Leeswijzer	4
<b>2</b>	<b>Faalmechanismen brandkranen</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Foutenboom</b>	<b>8</b>
3.1	Inleiding	8
3.2	Beschrijving	8
<b>4</b>	<b>Storings- en faalkans</b>	<b>10</b>
4.1	Inleiding en achtergrond	10
4.2	Faalkans	10
4.3	Gebruikskans	10
4.4	Storingskans	11
4.5	Discussie normering	11
<b>5</b>	<b>Toetsingsmethodiek</b>	<b>12</b>
5.1	Toetsingsprocedure: Sequential Probability Ratio Test	12
5.2	Uitkomst toetsing: goedkeur	14
5.3	Uitkomst toetsing: afkeur	14
5.3.1	Interesse in de differentiatie van de 'falende' brandkranen	14
5.3.2	Interesse in de werkelijke storingskans	14
5.4	Definitieve inregeling controlemethodiek	16
<b>6</b>	<b>Analyse huidige gegevens</b>	<b>17</b>
6.1	Overzicht beschikbaarheid	17
6.2	Kwaliteit bepaling huidige storingskans	19
6.3	Kwaliteit en uniformiteit	20
6.4	Toekomstige implementatie	21
<b>7</b>	<b>Splitsing verzorgingsgebied in deelgebieden</b>	<b>22</b>
<b>8</b>	<b>Proefmeting met analyse</b>	<b>24</b>

8.1	Proefopzet	24
8.2	Implementatie foutenboom	24
8.3	Kwalitatieve analyse gegevens	25
8.4	Resultaten controlemethodiek	25
8.5	Discussie analyseresultaten	27
<b>9</b>	<b>Conclusie en aanbevelingen</b>	<b>29</b>
9.1	Samenvattende conclusies	29
9.2	Aanbevelingen	29
<b>I</b>	<b>Bijlage: overzicht analyseresultaten</b>	<b>30</b>
<b>II</b>	<b>Bijlage: Sequential Probability Ratio Test</b>	<b>34</b>
<b>III</b>	<b>Bijlage: betrouwbaarheidsinterval geschatte kans</b>	<b>41</b>
<b>IV</b>	<b>Bijlage: uitsplitsing analyse gegevens</b>	<b>43</b>
<b>V</b>	<b>Bijlage: ingediend artikel H<sub>2</sub>O</b>	<b>45</b>
<b>VI</b>	<b>Bijlage: praktische implementatie aanbevelingen (Hoofdstuk 7 uit tussenrapportage)</b>	<b>51</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

Brandkranen vormen een wezenlijk onderdeel van het drinkwaternet. Net als de leveringszekerheid van water aan de klant, is ook voor de werking van brandkranen een betrouwbaarheidseis gesteld. Daartoe worden de brandkranen van tijd tot tijd gecontroleerd op verschillende aspecten. Deze controle is gesplitst in een droge en een natte controle. De droge controle, door de plaatselijke brandweer uitgevoerd, houdt de vindbaarheid, bereikbaarheid en aansluitbaarheid van de brandkraan in zonder dat deze daadwerkelijk in gebruik wordt genomen. De natte controle, door het waterleidingbedrijf uitgevoerd, houdt de controle van de aansluiting van de brandkraan in waarbij gekeken wordt naar de capaciteit, lekkages en afsluitbaarheid.



*Ondergrondse brandkraan*

## 1.2 Doel

Naar aanleiding van deze splitsing ontstond de vraag hoe vaak de controles moeten worden uitgevoerd. Binnen Vitens OV is de vraag gerezen of de methodiek van controle, en de daaraan gekoppelde bepaling van de faalkans, op een statistisch verantwoorde manier kan worden onderbouwd. In deze notitie is door Kiwa een voorstel van controleprocedure, weergegeven door middel van een foutenboom, en een voorstel van een steekproefmethodiek gegeven. Daarnaast is een inventarisatie gemaakt van de huidige beschikbare gegevens en de kwaliteit daarvan.

Belangrijk uitgangspunt van de ontwikkelde controlemethodiek is dat het huidige bestand van brandkranen binnen het verzorgingsgebied van Vitens OV naar tevredenheid functioneert. De basisgedachte van de methodiek is daarom de kwantificering en toetsbaar maken van de 'tevredenheid over het huidige bestand'. In de begeleidingsgroep van het onderhavige onderzoek zit, naast Vitens OV, ook de brandweer vanuit het bluswaterplatform van de gemeenten en brandweer in het verzorgingsgebied van Vitens OV.

## 1.3 Leeswijzer

Deze notitie dient als discussiestuk waarbij gekeken moet worden naar de praktische haalbaarheid en implementatie. Ook moeten de keuringseisen en parameters nader worden gespecificeerd.

In hoofdstuk 2 worden verschillende faalmechanismen aan brandkranen uiteengezet wat heeft geleid tot de opzet van een foutenboom in hoofdstuk 3. De voorgestelde steekproef methodiek met de theoretische onderbouwing is weergegeven in hoofdstuk 4 en hoofdstuk 5. In hoofdstuk 6 is een analyse van de huidige gegevens wat beschikbaarheid en kwaliteit betreft. In

hoofdstuk 7 is verder ingegaan op de indeling in deelgebieden voor de praktische uitvoering van de voorgestelde methodiek. Naar aanleiding van de methodiek is een proefmeting uitgevoerd welke in hoofdstuk 8 is beschreven. In dit hoofdstuk is ook de voorlopige implementatie en werkinstructie van de foutenboom beschreven. Als laatste zijn de conclusies en aanbevelingen in Hoofdstuk 9 ondergebracht.

In bijlage I zijn de uitgewerkte kentallen van de beschikbare gegevens ter informatie weergegeven. Bijlage II behelst een theoretische achtergrond van de beschreven toetsingsmethodiek en bijlage III heeft een statistische achtergrond rond betrouwbaarheidsintervallen. Bijlage IV heeft als inhoud hoofdstuk 7 uit de tussenrapportage waarin aanbevelingen zijn gedaan die reeds zijn uitgevoerd en beschreven in de hoofdstukken 7 en 8. Naar aanleiding van het onderzoek is een artikel ingediend bij H<sub>2</sub>O, dit artikel is voor de volledigheid opgenomen in bijlage V.



## 2 Faalmechanismen brandkranen

Onder het falen van een brandkraan wordt het falen tijdens de brandbestrijding door de brandweer verstaan. Hierbij moet in ogenschouw genomen worden dat bepaalde faalmechanismen in praktijk overwonnen kunnen worden. Denk hierbij aan een vastzittende deksel welke tijdens een brandbestrijding geforceerd kan worden. Het is daarom lastig uit het huidige bestand van de controle registratie gegevens te analyseren of een gecontroleerde brandkraan, welke aangemerkt staat als zijnde niet orde, ook tijdens brandbestrijdingen daadwerkelijk faalt.

**Figuur 2.1. Voorbeeld probleem oplossend vermogen brandweer**



[bron: [www.blikopdeveg.nl](http://www.blikopdeveg.nl)]

Globaal kunnen de faalmechanismen worden onderverdeeld in vier categorieën:

1. **Vindbaarheid;** wanneer een brandkraan niet op de aangegeven plaats of eromheen aangetroffen wordt kan deze niet worden gebruikt. Mogelijke oorzaken kunnen zijn:
  - Onderbestrating
  - Overgroeid door planten of struiken
  - Verwijdering zonder documentatie
  - etc.

2. **Bereikbaarheid**; een aangetroffen brandkraan kan onbereikbaar zijn voor gebruik. Mogelijke oorzaken kunnen zijn:
  - Situering op parkeerplaats
  - Situering onder bossages / plantenbakken / etc.
  - Situering op afgesloten terrein (privé of bedrijfsterrein)
  - etc.
  
3. **Operationeel**; hieronder wordt het falen van (delen van) de brandkraan bedoeld. Mogelijke oorzaken kunnen zijn:
  - Niet werkende afsluiter
  - Standpijp niet te plaatsen door:
    - brandkraan scheef t.o.v. pot
    - klauw niet in orde
  - etc.
  
4. **Water**; hiermee wordt het falen van de daadwerkelijk werking van de brandkraan bedoeld. Mogelijke oorzaken kunnen zijn:
  - Er komt geen water uit (zie ook categorie 3)
  - Onvoldoende water / druk door bijv. aangroei
  - Lekkage van de koppeling

In bijlage I staat de uitsplitsing van falen naar bovenstaande categorieën van de beschikbare registratie gegevens van Vitens OV.

In hoofdstuk 3 zijn de beschreven categorieën gebruikt voor de opzet van een zogenaamde foutenboom.

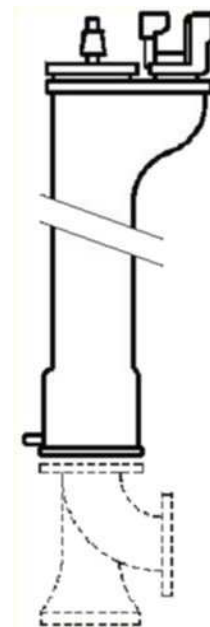
## 3 Foutenboom

### 3.1 Inleiding

Een foutenboom is een beoordelingsschema waarbij, door beantwoording van vragen, inzicht wordt verkregen in de kwaliteit van een brandkraan (BK), het mogelijk falen bij een brandbestrijding en het opnemen ervan in een onderhoudsprogramma. Binnen deze foutenboom wordt duidelijk onderscheid gemaakt tussen droge en natte controle. Verder moet bij de controle een verdere differentiatie bij 'niet in orde' worden aangebracht; namelijk, brandkranen welke tijdens een brandbestrijding zullen falen en brandkranen die weliswaar zullen werken maar waarbij onderhoud wel aanbevelingswaardig en/of noodzakelijk is.

### 3.2 Beschrijving

Op de volgende pagina is een voorstel van de foutenboom voor het controleprogramma weergegeven. De controle begint bij 'start' en door het beantwoorden van vragen wordt de foutenboom doorlopen. Wanneer bepaalde onderdelen niet in orde zijn, leidt dit tot noodzakelijk onderhoud. Voor de storingskans is het echter, als ook hierboven beschreven, van belang onderscheid te maken in gebreken welke rechtstreeks leiden tot falen bij een brandbestrijding (de rechterbalk in de foutenboom) en gebreken welke nog niet resulteren in falen maar wellicht in de toekomst kunnen leiden tot falen (de linkerbalk in de foutenboom). Wanneer een brandkraan in de rechterbalk komt (bijv. omdat hij niet gevonden kan worden of er geen water uitkomt) moet deze worden opgenomen als zijnde falend bij de bepalingen van de storingskans en van de faalkans. Wanneer een brandkraan in de linkerbalk komt (bijv. omdat de identificatiegegevens niet kloppen) moet deze niet worden gemarkeerd als 'gefaald' maar zal wel in een onderhoudsprogramma terecht moeten komen. Vanuit deze 'balk' lopen pijlen terug in de foutenboom, dit betekent dat de verdere controle gewoon uitgevoerd kan worden.

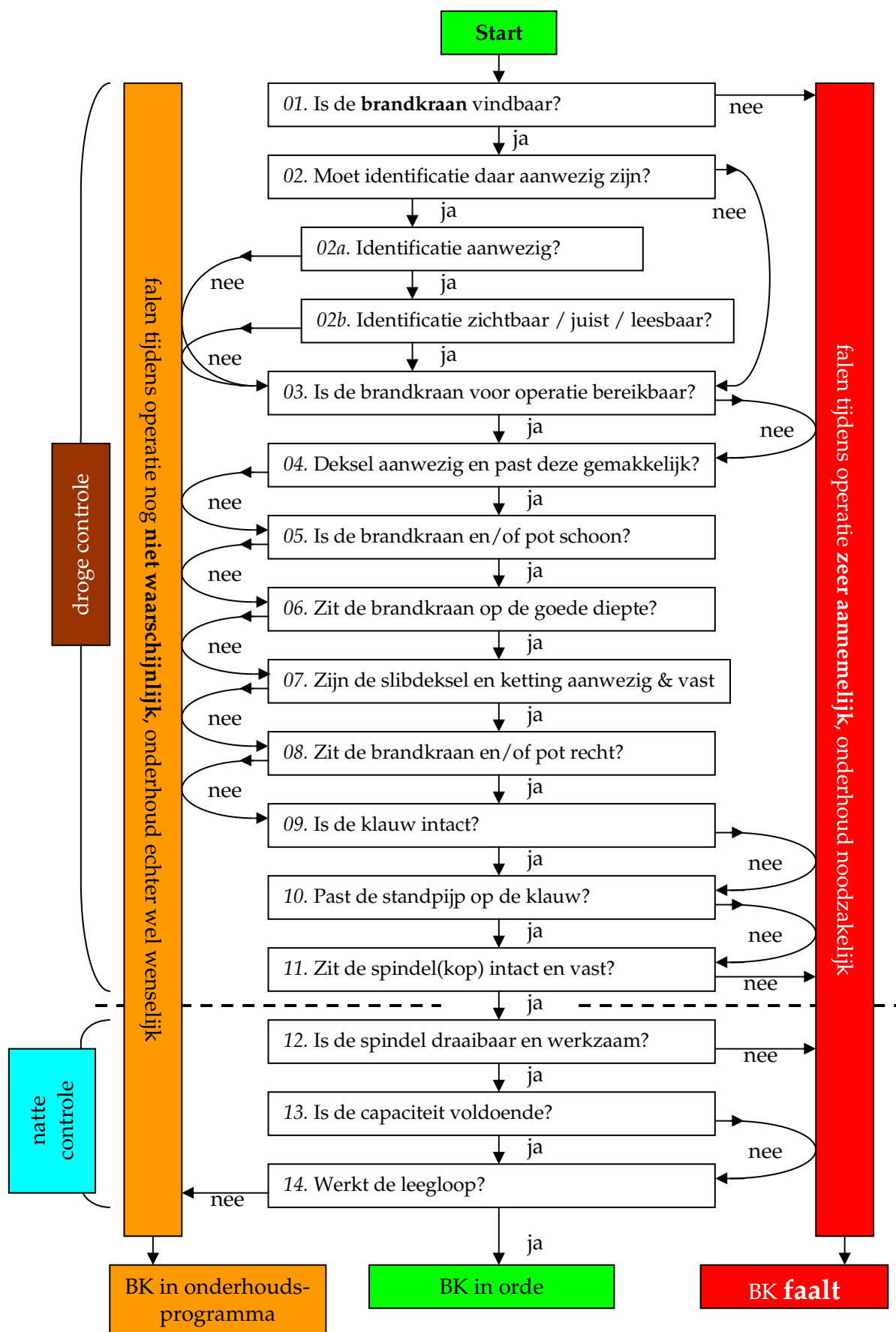


*Schematische weergave  
brandkraan*

Dit onderscheid tussen 'gefaald' en 'niet gefaald maar noodzakelijk onderhoud', wat tot nu toe nog niet duidelijk is gemaakt, is van wezenlijk belang voor de statistische bepaling van de storings- en faalkans.

De onderstaande foutenboom zal in een latere fase, in afstemming met de gebruikers kunnen worden geïmplementeerd als (digitale) invulformulieren.

Figuur 3.1 Foutenboom



## 4 Storings- en faalkans

### 4.1 Inleiding en achtergrond

Naar aanleiding van de 'uitwerking inventarisatieformulier ten behoeve van de werkgroep onderhoud brandkranen' wordt in dit hoofdstuk een methodiek voorgesteld voor de controlefrequentie van brandkranen.

In de uitwerking is een aantal kentallen vastgesteld voor de bepaling van de faal-, gebruiks- en storingskans. Deze kentallen zijn overgenomen in het onderhavige projecthandvest maar dienen slechts als uitgangspunt en richtlijn. Belangrijk punt in deze is de tevredenheid van zowel Vitens OV als de brandweer over het in 2000 bepaalde kwaliteitsniveau van de brandkranen. In dit hoofdstuk zal de methodiek worden besproken aan de hand van deze kentallen. Voor de uiteindelijke implementatie zullen de kentallen worden bepaald uit een vertaling van het genoemde kwaliteitsniveau.

### 4.2 Faalkans

De faalkans is gedefinieerd als zijnde de kans op gebruik en de kans op een storing:

faalkans = gemiddelde gebruikskans × storingskans

Bij afspraak tussen Vitens en de gemeenten is de norm van de faalkans gesteld op 0,1%.

### 4.3 Gebruikskans

De gemiddelde gebruikskans is door de brandweer gesteld op 2.314 gebruikte brandkranen op een totaal bestand van 35.888 (bron: Uitwerking Inventarisatieformulier ten behoeve van de werkgroep onderhoud brandkranen, J.H. Smit, Brandweer Regio IJssel-Vecht, vastgesteld door het Bluswateroverleg Brandweer & WMO). Dit geeft:

$$\text{Gemiddelde gebruikskans} = \frac{2.314}{35.888} = 0.0645 \text{ (6.45 \%)}$$

Deze gebruikskans is bepaald op basis van een gemiddeld aantal gebruikte brandkranen van een willekeurig jaar over het totale brandkranen bestand. Het is echter niet aannemelijk dat deze gebruikskans evenredig over het Vitens OV gebied verdeeld is omdat er geen verdere informatie beschikbaar is over de exacte locaties van de gebruikte 2.314 brandkranen. Verder is het niet duidelijk in hoeverre het genomen referentie jaar een representatieve indicatie geeft en hoe deze sinds toen heeft ontwikkeld. In stedelijke gebieden zal de gebruikskans waarschijnlijk hoger liggen dan in landelijke gebieden.

Een differentiatie naar gebieden betekent een verdere specificatie van de verschillende gebruikskansen.

#### 4.4 Storingskans

De storingskans wordt bepaald uit het aantal brandkranen dat tijdens het controle programma als zijnde 'faalt' wordt gedefinieerd. Uitgaande van bovenstaande faal- en gebruikskans kan de gemiddelde storingskans worden bepaald:

$$\text{Gemiddelde storingskans} = \frac{\text{faalkans}}{\text{gemiddelde gebruikskans}} = \frac{0,1\%}{6,45\%} = 1,55\%$$

#### 4.5 Discussie normering

Omdat de faalkans een vaststaand gedefinieerde norm is, zijn de storingskans en gebruikskans omgekeerd evenredig. De norm voor de storingskans is daardoor afhankelijk van de grootte van de gebruikskans. In paragraaf 4.3 is reeds beschreven dat de bepaling van de gebruikskans gebaseerd is op een totaal aantal gebruikte brandkranen in een bepaald referentiejaar. In een gebied met lagere gebruikskans, bijvoorbeeld landelijk gebied, zou in theorie de storingskans dus hoger mogen zijn dan de in paragraaf 4.4 bepaalde 1,55%. Omgekeerd zou de norm van de storingskans lager moeten zijn bij een gebied met hogere gebruikskans, bijvoorbeeld stedelijk gebied. Uit de uitwerking van de enquête (bron: Uitwerking Inventarisatieformulier ten behoeve van de werkgroep onderhoud brandkranen, J.H. Smit, vastgesteld door het Bluswateroverleg Brandweer & WMO). blijkt dat daar echter verschillende percepties over te bestaan. Het is niet uitgesloten dat, bij nadere bepalingen in de toekomst van de gebruikskans, de norm van storingskans bijvoorbeeld afhankelijk van het te controleren gebied kan worden aangepast. Vooralsnog is echter besloten dat de bepaalde storingskans als norm gesteld wordt voor alle deelgebieden.

## 5 Toetsingsmethodiek

Uitgangspunt van onderhavig projecthandvest is de opzet van een controlemethodiek om statistisch onderbouwd met nader te bepalen betrouwbaarheid de storingskans te kunnen schatten.

### 5.1 Toetsingsprocedure: Sequential Probability Ratio Test

Een veel gebruikte en gedegen methodiek voor het toetsen op defecten is de *Sequential Probability Ratio Test*. Deze is uitgebreid beschreven in bijlage II. De basis van deze statistische methodiek is dat met niet vooraf vastgestelde steekproefgrootte getoetst kan worden: een sequentieel (na elkaar in de tijd) keuringschema. In het kort komt het erop neer dat na elk willekeurig getrokken item uit de steekproef bepaald wordt of de gehele populatie aan het criterium voldoet of niet. Vertaald naar het kader van dit onderzoek wordt na elke gecontroleerde brandkraan bepaald of op basis van het tot dan toe gecontroleerde bestand, geconcludeerd kan worden of het totale bestand aan de grens van de storingskans voldoet of niet. Uitgangspunt voor statistische proces- en kwaliteitsbeheersing (SPKB) is de kwalificatie per item van 'goed' of 'fout' per item. Hierbij wordt 'fout' gedefinieerd als zijnde niet aan de kwaliteitseis voldoende. Basis voor de SPKB zijn de eisen vanuit de producent (waterleidingbedrijf) en de consument (gebruiker, brandweer):

1. Het waterleidingbedrijf en de brandweer stellen eisen aan de aantoonbaarheid van goede kwaliteit van een bestand brandkranen (of afsluiters). Dit wil zeggen dat als de partij voldoet aan de norm, de producten dit met grote zekerheid ook zullen aantonen.
2. Daartegenover worden eisen gesteld ten aanzien van de aantoonbaarheid van slechte kwaliteit van een bestand brandkranen. Dit wil zeggen dat, als een partij niet aan de norm voldoet, de gebruiker dit met grote zekerheid aangetoond wil hebben.

Een statistische vertaling van de eisen vanuit producten en consument voor de SPKB is als volgt te definiëren:

1. Als de werkelijke storingskans van het totale bestand lager is dan de gestelde norm moet dat met een te bepalen betrouwbaarheid worden aangetoond:

$$\text{Als } p \leq p_0 \quad \Rightarrow \quad P_{acc} \geq 1 - \alpha$$

- Hierin is:
- $p$  De werkelijke storingskans van het totale bestand.
  - $p_0$  De gezamenlijke kwaliteitsnorm.
  - $P_{acc}$  De acceptatiekans van het bestand op basis van de steekproef.
  - $\alpha$  Eis betrouwbaarheidsgebied behorende bij  $p_0$ .

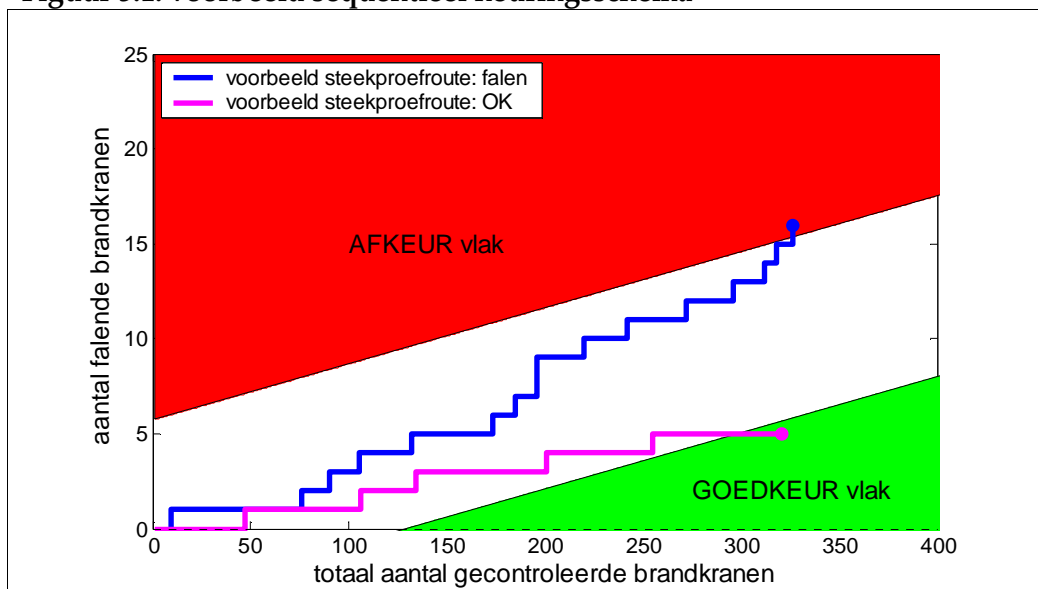
2. Als de werkelijke storingskans van het totale bestand hoger is dan de gestelde norm mag de kans dat deze partij toch wordt goedgekeurd zeer klein zijn:

$$\text{Als } p \geq p_1 \quad \Rightarrow \quad P_{acc} \leq \beta$$

- Hierin is:
- $p$  De werkelijke storingskans van het totale bestand.
  - $p_1$  De gezamenlijke kwaliteitsnorm .
  - $P_{acc}$  De acceptatiekans van het bestand op basis van de steekproef.
  - $\beta$  Eis betrouwbaarheidsgebied behorende bij  $p_1$ .

Op basis van deze parameters, welke in de discussie nog nader bepaald moeten worden, binnen het sequentiële keuringschema kan een grafische presentatie worden gegeven, zie figuur 5.1. Let wel, dit is een voorbeeld en is afhankelijk van de eerdere genoemde parameters. Voor het voorbeeld zijn de volgende waarden van de paramaters gekozen:  $p_0 = 1,55\%$ ,  $\alpha = 0,05$ ,  $p_1 = 5,0\%$  en  $\beta = 0,01$ .

**Figuur 5.1. voorbeeld sequentieel keuringschema**



In figuur 5.1. zijn een 'afkeur' en een 'goedkeur' vlak gedefinieerd. Er wordt begonnen met het controleren van willekeurige brandkranen. Na elke brandkraan wordt aan de hand van de resultaten van elke controle de gevolgde 'route' uitgezet in een figuur als bovenstaand. De punten van deze route worden gevormd door op de x-as het steekproefnummer en op de y-as het cumulatieve aantal 'falende brandkranen'. Een functionerende brandkraan geeft een horizontale verplaatsing en een falende brandkraan een verticale. Wanneer de 'route' in een van beide vlakken komt kan worden gestopt met de steekproef. Al naar gelang het vlak kunnen conclusies getrokken worden.



## 5.2 Uitkomst toetsing: goedkeur

Op het moment dat de 'route' in het groene vlak komt kan met een bepaalde betrouwbaarheid geconcludeerd worden dat het bestand brandkranen voldoet aan de normering van de storingskans. Let wel, de uiteindelijke grootte van de steekproef alsook de locatie van het passeren van de grens (= het aantal falende brandkranen) geeft geen directe informatie over de werkelijk storingskans. Hoe groter echter de daadwerkelijke steekproef, hoe dichter de werkelijke storingskans bij de norm ligt. De enige conclusie die uit deze toetsingsuitkomst getrokken kan worden is dat de werkelijke storingskans met een bepaalde betrouwbaarheid onder de gestelde norm ligt. Hiermee wordt aangetoond dat met een betrouwbaarheid van  $(1-\alpha)\%$  het totale bestand brandkranen aan de gestelde eis voldoet.

## 5.3 Uitkomst toetsing: afkeur

Komt de route in het rode vlak terecht, kan met een bepaalde betrouwbaarheid geconcludeerd worden dat de storingskans van het totale bestand hoger is dan de normwaarde. Er is hiermee aangetoond dat met een betrouwbaarheid van  $(1-\alpha)\%$  het totale bestand niet voldoet aan de gestelde eis.

Na deze conclusie kunnen de volgende stappen genomen worden, al naar gelang de interesse:

### 5.3.1 *Interesse in de differentiatie van de 'falende' brandkranen*

Bij systematische faalmechanismen in een bepaald gebied (bijv. onvindbaarheid na herbestrating) is een oorzaak aanwijsbaar voor het niet voldoen aan de gestelde eis. Binnen deze interesse kan vooral de Internet-GIS applicatie 'Bluswater on-line' van Vitens Overijssel en Brandweer Regio IJssel-Vecht een belangrijke basis vormen. Ook vormt dit een onderbouwing voor het onderhoudsprogramma.

### 5.3.2 *Interesse in de werkelijke storingskans*

Naast de interesse in de oorzaak, kan het ook belangrijk zijn de werkelijke storingskans te schatten. Hiermee kan een inschatting worden gemaakt in de mate van afwijking ten opzichte van de gestelde norm.

Voor het bepalen van de werkelijke storingskans  $p$ , kan op basis van een steekproef een schatting worden gedaan. De grootte deze steekproef is afhankelijk van de gestelde betrouwbaarheid aan de schatting van de werkelijke storingskans.

### **Belangrijk**

De hieronder beschreven methode voor de schatting van de storingskans kan weliswaar zowel in geval van 'goedkeur' als 'afkeur' worden toegepast maar er is een belangrijk punt van aandacht. Wanneer met terugwerkende kracht, na goedkeuring van het brandkranenbestand, onderstaande procedure wordt uitgevoerd, kan het voorkomen dat toch niet kan worden aangetoond dat het bestand voldoet aan de norm. Dit komt door het essentiële verschil in steekproef nemen. Bij *de Sequential Probability Ratio Test*

(SPRT) worden de steekproef items sequentieel getrokken (na elkaar) waarbij deze volgorde de basis vormt van de methodiek. In onderstaande methodiek wordt de steekproef als één geheel beschouwd. Voor deze methode is een grotere steekproef nodig om dezelfde betrouwbaarheid te kunnen garanderen. Bij SPRT kan daardoor met kleinere steekproefgrootte zuivere conclusies getrokken worden.

Voor het schatten van  $p$  wordt de volgende zuivere schatter gebruikt:

$$\hat{p} = k/n$$

Hierin is:  $\hat{p}$  de schatter van de werkelijke storingskans.  
 $k$  het aantal 'falende' brandkranen in de steekproef.  
 $n$  de grootte van de steekproef.

De nauwkeurigheid van  $\hat{p}$  wordt berekend door de standaardfout (=standaard afwijking van een schatter). Deze kan als volgt bij benadering worden geschat:

$$se(\hat{p}) = \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n-1}}$$

Een regel is dat het 95% betrouwbaarheidsinterval van de werkelijke storingskans wordt begrensd door  $\hat{p} \pm 2 \times se(\hat{p})$  en het 99% interval door  $\hat{p} \pm 3 \times se(\hat{p})$ . Zie bijlage III voor een beknopte afleiding van deze stelling.

Met behulp van deze stelregels kan, vanuit een bekende steekproefgrootte  $n$ , de grootte van het betrouwbaarheidsinterval worden bepaald. Daarnaast kan vanuit een gesteld betrouwbaarheidsinterval bij geschatte storingskans  $\hat{p}$  tevens de minimale steekproefgrootte worden bepaald:

$$n = \left( \frac{\sqrt{\hat{p}(1-\hat{p})}}{|\hat{p} - P_{grens}|} \cdot z \right)^2 + 1$$

Hierin is:  $P_{grens}$  de gestelde grens aan het betrouwbaarheidsinterval bij bepaalde  $z$ -waarde (afhankelijk van  $\alpha$ , zie bijlage III).

Let wel: bij bepaling van de minimale steekproef is weer de schatting van de storingskans noodzakelijk!

**Voorbeeld 1:**

Stel dat de eis van de werkelijk storingskans, op basis van de schatting  $\hat{p} = 0,02$ , met 95% betrouwbaarheid tussen  $0,015 \leq p \leq 0,025$  moet liggen

kan de minimale steekproefgrootte als volgt worden bepaald:

$$n = \left( \frac{\sqrt{0,02(1-0,02)}}{|0,02 - 0,015|} \cdot 2 \right)^2 + 1 = 3137$$

### Voorbeeld 2:

Stel dat 500 brandkranen zijn gecontroleerd waarvan er 22 falen, dan kan als volgt het betrouwbaarheidsinterval voor de werkelijke storingskans worden bepaald:

$$\underline{\hat{p}} = 22/500 = 0,044 \quad (4,4\%)$$

In het voorbeeld is de norm op 1,55% gesteld. De schatting van de storingskans ligt daar duidelijk boven. Om echter een statistische conclusie te kunnen trekken moet niet alleen de schatting boven de norm liggen maar het gehele betrouwbaarheidsinterval van deze schatting. Wanneer namelijk de norm binnen het betrouwbaarheidsinterval ligt, is niet aangetoond dat de werkelijke storingskans op basis van deze steekproef significant hoger ligt dan de norm.

$$se(\underline{\hat{p}}) = \sqrt{\frac{0,044 \cdot 0,956}{499}} = 0,0092$$

De werkelijke storingskans  $p$  ligt daarmee, met 95% betrouwbaarheid, in het volgende gebied:

$$2,56\% \leq p \leq 6,24\%$$

Hiermee is, op basis van de steekproefuitslag, met 95% betrouwbaarheid, aangetoond dat de werkelijk storingskans boven de norm van het voorbeeld ligt. Met behulp van het sequentiële keuringsschema was dit waarschijnlijk met minder items reeds aangetoond, alleen wordt er daarbij geen schatting gemaakt van de werkelijk storingskans.

## 5.4 Definitieve inregeling controlemethodiek

Zoals in eerdere hoofdstukken is beschreven, dient de controlemethodiek als controle van het serviceniveau zoals dat in 2000 is bepaald en voor de onderbouwing van een nieuwe controlesystematiek. In hoofdstuk 4 is een globale schatting gegeven van faalkans, gebruikskans en storingskans. Voor een exacte bepaling zijn gegevens van meerdere jaren noodzakelijk.

Daarnaast is het van belang dat de controlemethodiek een representatie weergeeft van het in 2000 bepaalde serviceniveau waarover zowel Vitens als de brandweer tevreden zijn. Dat betekent dat vanuit een nulsituatie de normwaarden voor de storingskans moet worden geëxtraheerd. Het is de bedoeling dat daardoor het afgesproken serviceniveau gekwantificeerd en toetsbaar gemaakt kan worden.

## 6 Analyse huidige gegevens

### 6.1 Overzicht beschikbaarheid

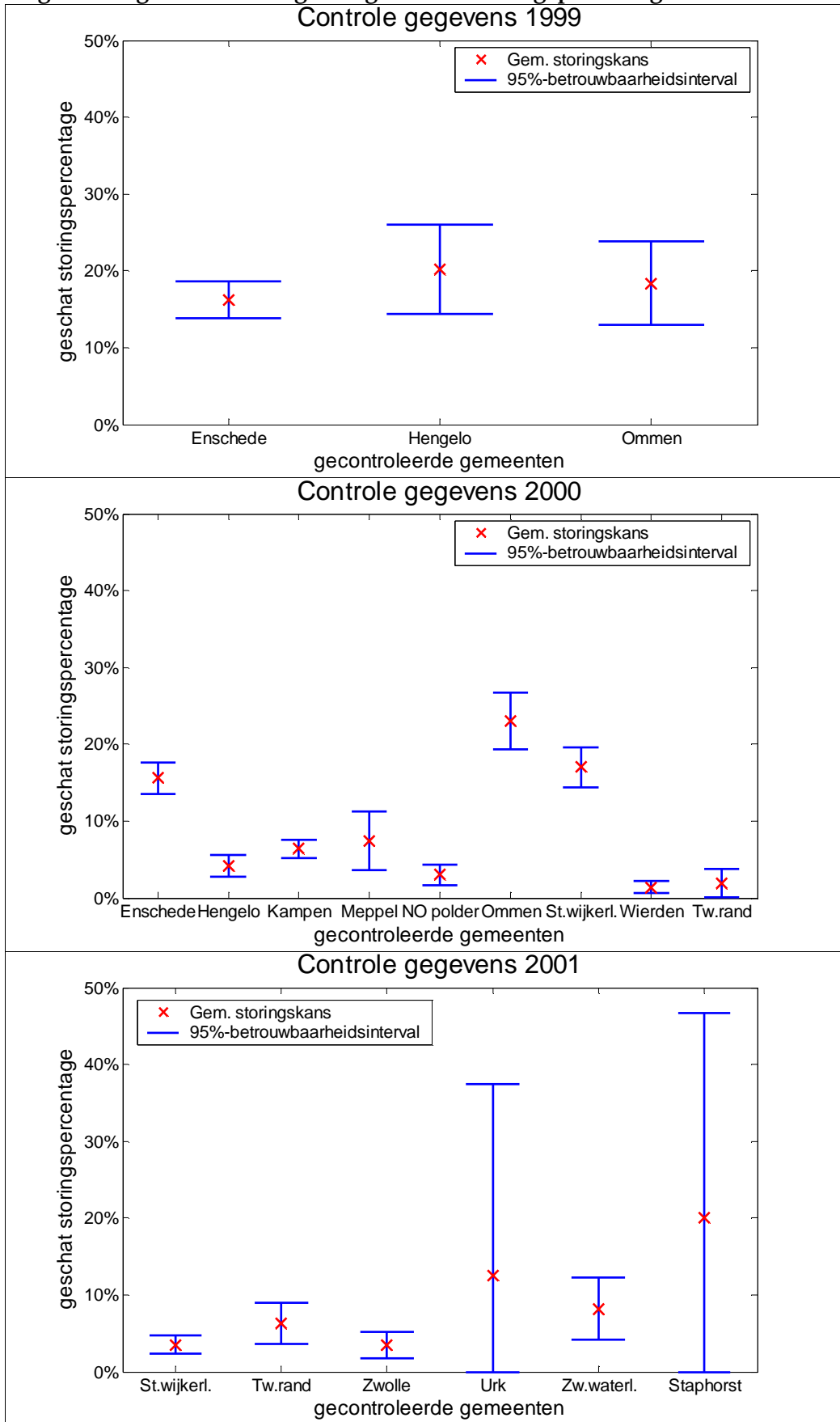
In bijlage I zijn de resultaten opgenomen van de analyse van de huidige beschikbare digitale gegevens.

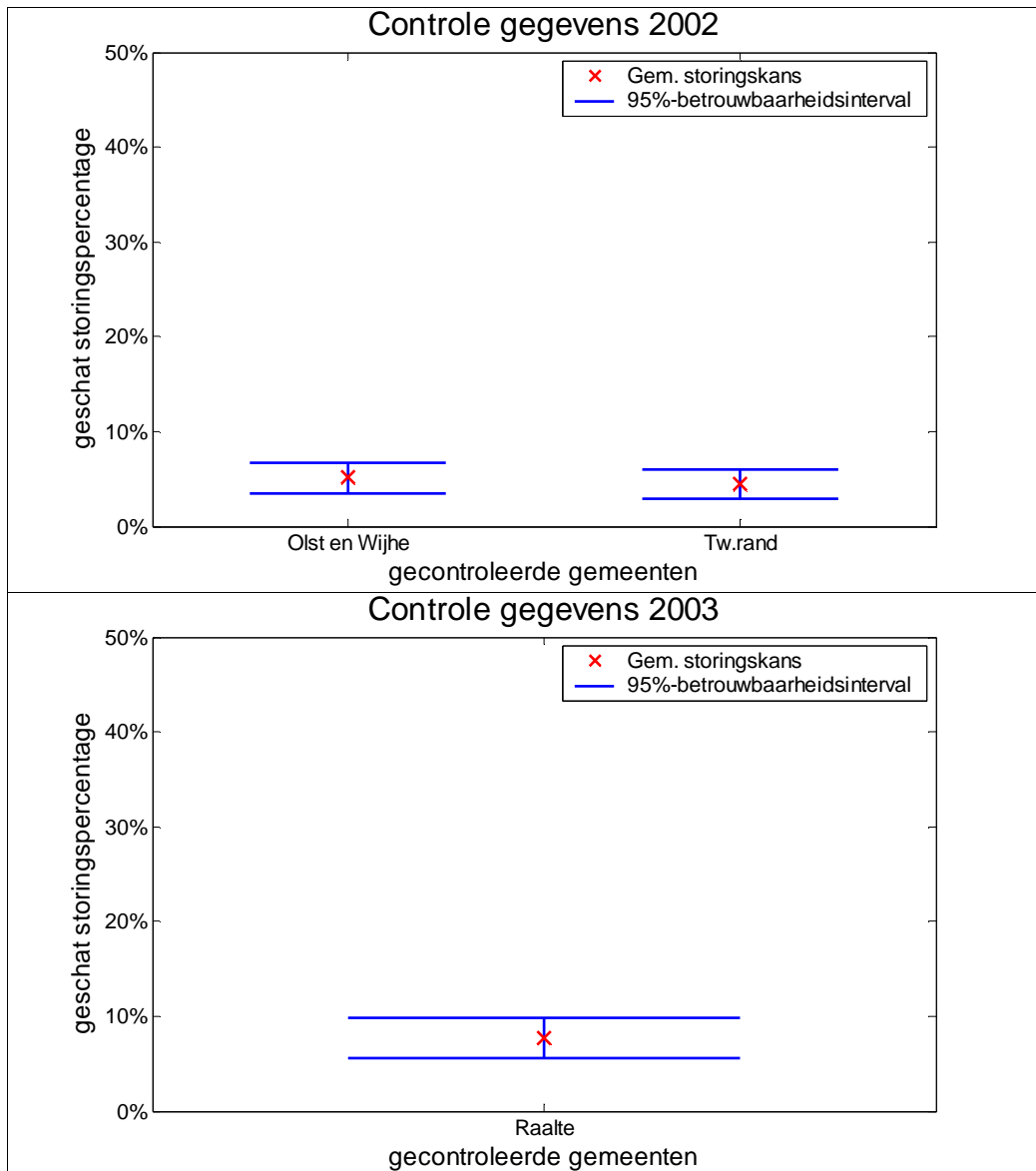
**Tabel 6.1. Overzicht beschikbare digitale gegevens**

bestand	Controle jaren	schatting storingskans	steekproef grootte n	95% Betrouwbaarheids-interval
Enschede:	1999	16.2%	963	13.82% - 18.58%
	2000	15.6%	1242	13.54% - 17.66%
Hengelo:	1999	20.2%	193	14.40% - 26.00%
	2000	4.2%	792	2.77% - 5.63%
Kampen:	2000	6.4%	1700	5.21% - 7.59%
Meppel:	2000	7.4%	189	3.55% - 11.25%
NO polder:	2000	3.0%	662	1.67% - 4.33%
Olst en Wijhe:	2002	5.1%	704	3.44% - 6.76%
Raalte:	2003	7.7%	621	5.56% - 9.84%
Ommen:	1999	18.4%	206	12.99% - 23.81%
	2000	23.0%	518	19.30% - 26.70%
Steenwijkerland:	2000	17.0%	816	14.37% - 19.63%
	2001	3.5%	973	2.32% - 4.68%
Wierden:	2000	1.4%	805	0.57% - 2.23%
Twenterand:	2000	1.9%	216	0.04% - 3.76%
	2001	6.3%	332	3.63% - 8.97%
	2002	4.5%	716	2.95% - 6.05%
Zwolle:	2001	3.5%	489	1.84% - 5.16%
Urk:	2001	12.5%	8	0.00% - 37.50%
Zwarte-waterland:	2001	8.2%	184	4.14% - 12.26%
Staphorst:	2001	20.0%	10	0.00% - 46.67%

Bovenstaande gegevens zijn, ter verduidelijking, verwerkt in onderstaande figuren.

**Figuur 6.1. grafische weergaven geschatte storingspercentages**





Uit bovenstaande gegevens blijkt duidelijk de enorme verscheidenheid aan geschatte storingskansen, niet alleen tussen de verschillende bestanden maar ook binnen bestanden tussen verschillende controle jaren. Daarnaast ontbreken van een groot aantal plaatsen in het Vitens OV gebied de (digitale) gegevens waardoor het overzicht nog incompleet is.

Uit de geschatte storingskansen met daarbij behorende betrouwbaarheidsgebieden blijkt dat slechts twee steekproeven aan de afgesproken norm van de storingskansen voldoen (zie hoofdstuk 4).

## 6.2 Kwaliteit bepaling huidige storingskansen

Voor alle bestanden is een inschatting gemaakt van de storingskansen om een gevoel te ontwikkelen van huidige storingskansen in vergelijking tot de vastgelegde kans van 6,45%. Binnen deze gegevens wordt echter nog niet het onderscheid tussen 'onderhoud' en 'gefaald' gemaakt, als beschreven in voorgaande paragrafen. Het is daarom moeilijk in te schatten welke van

geregistreerde en beschreven brandkranen in praktijk daadwerkelijk tot falen zouden kunnen leiden. Omdat in praktijk geforceerde werking afgedwongen kan worden, is het zeer waarschijnlijk dat de werkelijk storingskans daarom lager zal liggen dan de in tabel 6.1 gepresenteerde waarden.

Daarnaast is uit de gegevens niet mogelijk te bepalen hoe de 'trekking' van de te controleren brandkranen is geschied. Binnen de voorgestelde controlemethodiek is aselechte trekking uit het te controleren bestand, waarbij de kans op controle voor iedere brandkraan gelijk is, van groot belang. Op het moment dat aselechte straten of 'probleem gebieden' worden gekozen voor controle, gaat de voorgestelde methode niet op. Enerzijds wordt namelijk een niet representatief beeld van het bestand gegeven en anderzijds zijn de gecontroleerde brandkranen niet onderling onafhankelijk.

### 6.3 Kwaliteit en uniformiteit

De kwaliteit van de gegevens is, als reeds beschreven, in veel gevallen onvoldoende om een goede schatting van de storingskans te geven. Veel invulformulieren zijn slechts gedeeltelijk ingevuld en er komen veel registraties voor waarbij niet alle gegevensvelden zijn ingevuld. Verder bevatten de bestanden ook relatief veel foutieve gegevens. Hieronder zijn, ter illustratie, twee willekeurige voorbeelden daarvan gegeven.

Voorbeeld 1:

BK nr.	Straatpot		Klauw		Slib d.		Functie		Leegloop		Revisie			Opmerkingen	afgewerkt d.d.
	vervangen	geplaatst	vervangen	geplaatst	vervangen	geplaatst	voldoet	werkt niet	voldoet	werkt niet	akkoord	verbeterd	hermeten		
240	X						x		x		x			br.kr.vervangen (kort),pot vernieuwen	11-2-00

In dit voorbeeld staat dat zowel de functie als de leegloop voldoet. Bij de opmerking staat echter dat de brandkraan vervangen moet worden.

Voorbeeld 2:

huisnr.	Straatpot		Klauw		Slib d.		Functie		Leegloop		Revisie			status	Opmerkingen	datum
	vervangen	geplaatst	vervangen	geplaatst	vervangen	geplaatst	voldoet	werkt niet	voldoet	werkt niet	akkoord	verbeterd	hermeten			
-							x		x					ok	Ondergestraat	1-3-2001

In dit voorbeeld staat wederom dat zowel de functie als de leegloop voldoet, status OK, terwijl bij de opmerking staat dat de brandkraan is ondergestraat, en dus onvindbaar en/of onbereikbaar.

Uit bovenstaande voorbeelden blijkt dat de huidige controles nog geen gebruik wordt gemaakt van de reeds afgesproken beoordelingspunten voor de registratie en dat de gebruikte formulieren niet eenduidig zijn ingevuld. Hierdoor is een kwalitatieve toetsing van het bestand met de voorgestelde controlemethodiek niet mogelijk.

Verder is er binnen de controleprogramma's ook geen standaardisatie wat registratie betreft. Dit uit zich in verschillende registratieformulieren met verschillen in de te controleren of in te vullen parameters. Er is daardoor geen uniformiteit in gegevens per brandkraan.

#### **6.4 Toekomstige implementatie**

Naast de implementatie van de statistische methodiek voor de bepaling van de faalkans is een gedegen implementatie van de controleprogramma's noodzakelijk. Hierbij moet gelet worden op uniformiteit en gegevens kwaliteit. Het vertalen van de gepresenteerde foutenboom, wellicht met groter detailniveau, kan hiervoor een goede basis dienen. Een gedegen en uniforme registratie maakt automatisering van de bepaling van de storings- en de faalkans gemakkelijk en betrouwbaar.



## 7 Splitsing verzorgingsgebied in deelgebieden

In principe is de voorgestelde toetsingsmethodiek bruikbaar voor het volledige verzorgingsgebied van Vitens OV. Dit betekent echter al gauw dat de 'goede' gebieden ervoor zullen zorgen dat de 'zwakke' gebieden worden gecompenseerd. Het is echter maar de vraag of het maatschappelijk verantwoord is om bijvoorbeeld een volledige stad, welke niet aan de norm voldoet, als zijnde 'goed' te verklaren op basis van het hele verzorgingsgebied.

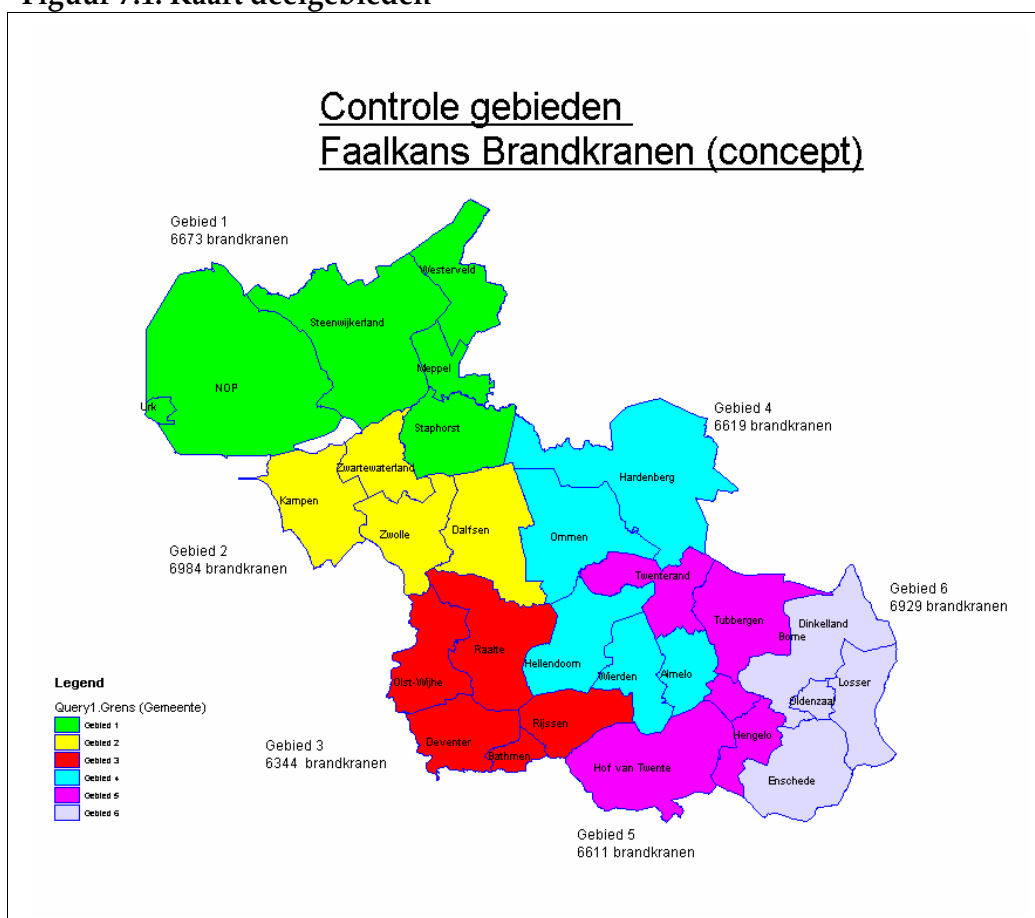
In samenspraak met Vitens OV en de vertegenwoordiging van het Bluswateroverleg is daarom gekozen voor een bepaalde verdeling van het verzorgingsgebied in 6 beheersgebieden. Deze gebieden zijn zodanig gekozen dat de toetsing van een steekproef representatief mag worden verondersteld voor het gebied zelf. Per beheersgebied is er sprake van een gelijkmatig verdeling naar stedelijk en landelijk gebied, etc. Het aantal brandkranen per deelgebied is ongeveer 1/6 van het totale bestand. In onderstaande tabel staan de belangrijkste karakteristieken per deelgebied:

**Tabel 7.1. gebiedsindeling**

Deelgebied	Gemeenten	Aantal brandkranen
1	Noord-Oostpolder, Steenwijkerland, Westerveld, Meppel, Staphorst	6673
2	Zwolle, Kampen, Zwartewaterland, Dalfsen	6984
3	Deventer, Raalte, Olst – Wijhe, Bathmen, Rijssen	6344
4	Hardenberg, Ommen, Hellendoorn, Wierden, Almelo	6619
5	Hof van Twente, Hengelo, Tubbergen, Twenterand, Borne	6611
6	Enschede, Oldenzaal, Losser, Dinkelland	6929

In figuur 7.1 is de gebiedsindeling, zoals opgesteld door Vitens OV, weergegeven.

**Figuur 7.1. Kaart deelgebieden**



# 8 Proefmeting met analyse

## 8.1 Proefopzet

Voor de toetsing van de statistische controlemethodiek aan de praktijk is een proefmeting uitgevoerd op een van de zes deelgebieden; gebied 3 (omgeving Deventer, Raalte, Olst-Wijhe, Bathmen en Rijssen). Binnen dit gebied liggen 6344 brandkranen. Doel van deze proefmeting was om enerzijds de controlemethodiek te testen en anderzijds om een indruk te krijgen van de werkelijk storingskans. Voor een hoge betrouwbaarheid bij de laatst genoemde bepaling, is het noodzakelijk een grotere steekproef te nemen dan degene welke voortkomt uit de controlemethodiek. Gezien de norm van 1,55% is daarom gekozen voor een steekproefgrootte van 500 waarbinnen dus gemiddeld 7-8 falende brandkranen zouden mogen voorkomen. Het trekken van de steekproef is gebeurd door het randomiseren van de totale set en het nemen van de eerste 500 brandkranen. De getrokken brandkranen liggen evenredig verdeeld over het gebied en zijn allen gecontroleerd volgens een beoordelingslijst op basis van de voorgestelde foutenboom.

## 8.2 Implementatie foutenboom

Door Vitens OV is de foutenboom (zie hoofdstuk 3) geïmplementeerd in een MS Acces bestand. Door middel van het invullen van een vragenformulier worden de noodzakelijk gegevens automatisch bijgehouden in een Acces-database. Zie figuur 8.1 voor een voorbeeldscherm van de applicatie.

Figuur 8.1. Voorbeeld invoer Acces applicatie foutenboom

**Controle formulier Brandkranen**

**Adresgegevens Brandkraan:**

Gemeente	Raalte	Eindpunt	Hee
Plaats	HEETEH	Normcapaciteit	Onbekend
Postcode	8111 AB	Belanghebbende	Gemeente
Straatnaam	Dorpsstraat	Status	In gebruik
Huisnummer	31	Naam controleur:	Bos, Ebbo
Brandkraannummer	831	Datum controle:	24-11-03

Is de brandkraan vindbaar ?	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nee
Moet indentificatie aanwezig zijn ?	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nee
Identificatie aanwezig ?	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nee
Is deze zichtbaar juist leesbaar ?	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nee
Brandkraan voor operatie bereikbaar ?	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nee
Deksel aanwezig en past makkelijk ?	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nee
Brandkraan /Pot schoon ?	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nee
Brandkraan op goede diepte ?	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nee

Slibdekselen of ketting aanwezig ?	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nee
Klauw intact ?	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nee
Pot en/of brandkraan recht ?	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nee
Past standpijp op de klauw ?	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nee
Spindel(kop) intact en vast ?	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nee
Spindelkop draaibaar en werkzaam ?	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nee
Voldoende Capaciteit ?	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nee
Werkt de leegloop ?	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nee

Ok of Werkopdracht?

EXPORT      Opslaan en afsluiten

Record: 14 van 179

De gegevens van de 500 random getrokken brandkranen zijn teruggekoppeld in een Excel file, zie ter voorbeeld hieronder:

**Figuur 8.2. Controlegegevens proefmeting**

ID	Object-ID	Is de brand	Moet worden	Identificat	Zichtbaar/j	Brandkraan	Deksel aan	Brkr / Pot	Brkr op go	Slibdeksel	Pot en/of B	Klauw intac	...
0	18549219	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	...
0	34596277	Ja	Nee	Nee	Nee	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	...
0	34599201	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	...
0	34599418	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	...
0	34816543	Ja	Nee	Nee	Nee	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	...
0	34999790	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	...
0	35305777	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	...
0	35320607	Ja	Nee	Nee	Nee	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	...
0	35328511	Ja	Nee	Nee	Nee	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	...
0	35500875	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	...
0	35554198	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	...
0	35573074	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	...
0	35575148	Ja	Nee	Nee	Nee	Ja	Nee	Ja	Ja	Ja	Nee	Ja	...
0	35670383	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	...
0	35749346	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nee	Nee	Ja	Ja	Nee	Ja	...
0	35824091	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	...
0	35829800	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nee	Ja	...
0	35845010	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	...
0	35919777	Ja	Nee	Nee	Nee	Ja	Ja	Nee	Ja	Ja	Nee	Ja	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

### 8.3 Kwalitatieve analyse gegevens

Allereerst zijn de gegevens van de proefmeting kwalitatief geanalyseerd. Met deze analyse is gekeken naar eventueel aanwezige inconsequenties binnen de gegevensset. Daarbij zijn de volgende 3 problemen naar voren gekomen:

**Tabel 8.1. Voorbeelden inconsequente gegevens**

Object-Id	BK vindbaar?	Overige vragen	Eindoordeel
61247020	Nee	Ja	OK

Object-Id	BK bereikbaar?	Overige vragen	Capaciteit?	Eindoordeel
40083478	Nee	Ja	Nee	WO <sup>1)</sup>

Object-Id	Past standpijp?	Vold. Capaciteit?	Eindoordeel
39920353	Nee	Ja	WO <sup>1)</sup>

Op de 500 zijn op het eerste gezicht slechts 3 inconsequenties gevonden. Dit is niet dermate veel dat het gehele beeld wordt vervuild, echter dit zou wel een punt van aandacht kunnen zijn voor vervolgccontroles.

### 8.4 Resultaten controlemethodiek

De gegevens zijn geanalyseerd volgens de foutenboom (zie figuur 3.1). Hierin zijn de velden 01, 03, 09, 10, 11, 12 en 13 de kritische faalmechanismen, de overige leiden tot gepland onderhoud. Wanneer een brandkraan op minstens een van de kritische factoren negatief scoort wordt deze als 'falend' gezien. Let wel: er is sprake van een afhankelijkheid tussen de verschillende vragen. Ter indicatie: wanneer een brandkraan niet vindbaar is, scoort deze automatisch ook negatief op de andere punten omdat deze niet gecontroleerd kunnen worden. In onderstaande tabel is een overzicht gegeven:

<sup>1)</sup> WO staat voor WerkOpdracht

**Tabel 8.2. Overall analyse resultaten**

<b>Totaal</b>	aantal	fractie	95%-band
1) brandkranen volledig OK	431	86,20%	83,17% - 99,23%
2) brandkranen onderhoud behoeftig	35	7,00%	4,76% - 9,24%
3) falende brandkranen	34	<b>6,80%</b>	5,49% - 9,01%
Totaal:	500	100%	

In tabel 8.3 zijn de falende brandkranen 3) nader geanalyseerd. Daarnaast zijn in tabel 8.4 de onderhoudsbehoeftige brandkranen 2) nader bekeken.

**Tabel 8.3. Analyse Falende brandkranen (34 op 500 gecontroleerde brandkranen)****Detailtering falende brandkranen**

<u>Kritische faalmechanismen</u>	aantal	fractie	95%-band
Falen op 'vindbaarheid' (01.)	25	5,00%	3,09% - 6,91%
Falen op 'bereikbaarheid' (03.) <sup>2)</sup>	6	1,26%	0,27% - 2,27%
Falen op 'klauw intact' (09.) <sup>2)</sup>	2	0,42%	0% - 1,00%
Falen op 'passen standpijp' (10.) <sup>2)</sup>	4	0,84%	0,02% - 1,66%
Falen op 'intact spindelkop' (11.) <sup>2)</sup>	2	0,42%	0% - 1,00%
Falen op 'spindel werkzaam' (12.) <sup>2)</sup>	4	0,84%	0,02% - 1,66%
Falen op 'capaciteit' (13.) <sup>2)</sup>	5	1,05%	0,13% - 1,97%
<u>Niet - kritische faalmechanismen</u>			
Falen op 'identificatie' (02. a/b) <sup>2) 3)</sup>	2	0,42%	0% - 1,00%
Falen op 'deksel' (04.) <sup>2)</sup>	5	1,05%	0,13% - 1,97%
Falen op 'schoon' (05.) <sup>2)</sup>	6	1,26%	0,27% - 2,27%
Falen op 'diepte' (06.) <sup>2)</sup>	2	0,42%	0% - 1,00%
Falen op 'slibdeksel/ketting' (07.) <sup>2)</sup>	3	0,63%	0% - 1,34%
Falen op 'recht' (08.) <sup>2)</sup>	5	1,05%	0,13% - 1,97%
Falen op 'leegloop' (14.) <sup>2)</sup>	5	1,05%	0,13% - 1,97%

**Tabel 8.4. Analyse brandkranen met onderhoudsbehoefte (35 op 466 gecontroleerde brandkranen)****Detailtering werkende brandkranen met onderhoud**

<u>Niet - kritische faalmechanismen</u>	aantal	fractie	95%-band
Falen op 'identificatie' (02. a/b) <sup>3)</sup>	9	1,93%	0,68% - 3,18%
Falen op 'deksel' (04.)	12	2,58%	1,14% - 4,01%
Falen op 'schoon' (05.)	15	3,22%	1,61% - 4,82%
Falen op 'diepte' (06.)	0	0%	-
Falen op 'slibdeksel/ketting' (07.)	5	1,07%	0,24% - 2,01%
Falen op 'recht' (08.)	18	3,86%	2,11% - 5,68%
Falen op 'leegloop' (14.)	0	0%	-

De bovenstaande scores zijn partiële scores, dat wil zeggen dat hierbij de kans op alleen één bepaald faalmechanisme is berekend terwijl er meerdere faalmechanismen per 'falende' brandkraan op (kunnen) treden. Verder is de

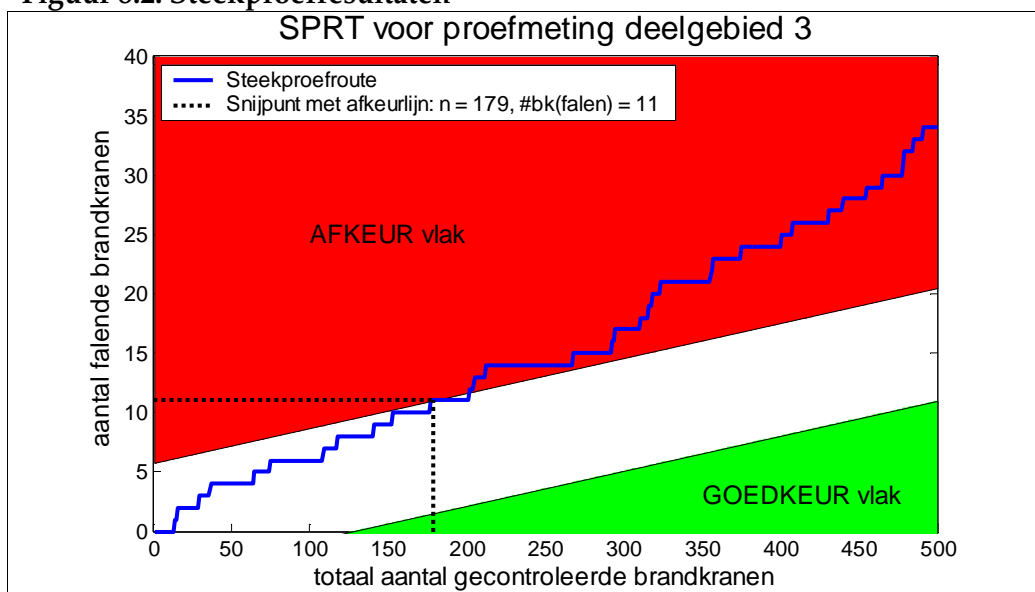
<sup>2)</sup> onder voorwaarde dat de brandkraan vindbaar is

<sup>3)</sup> Falen op betekent dat er een identificatie aanwezig moet zijn maar niet op de goede manier aanwezig is (combinatie van 02., 02a en 02b.).

95%-band slechts ter indicatie omdat bij de kleine fracties met lage aantallen de gebruikte benadering onzuiver wordt.

Wanneer de bevindingen worden uitgezet in de *SPRT* grafiek ontstaat het volgende plaatje:

**Figuur 8.2. Steekproefresultaten**



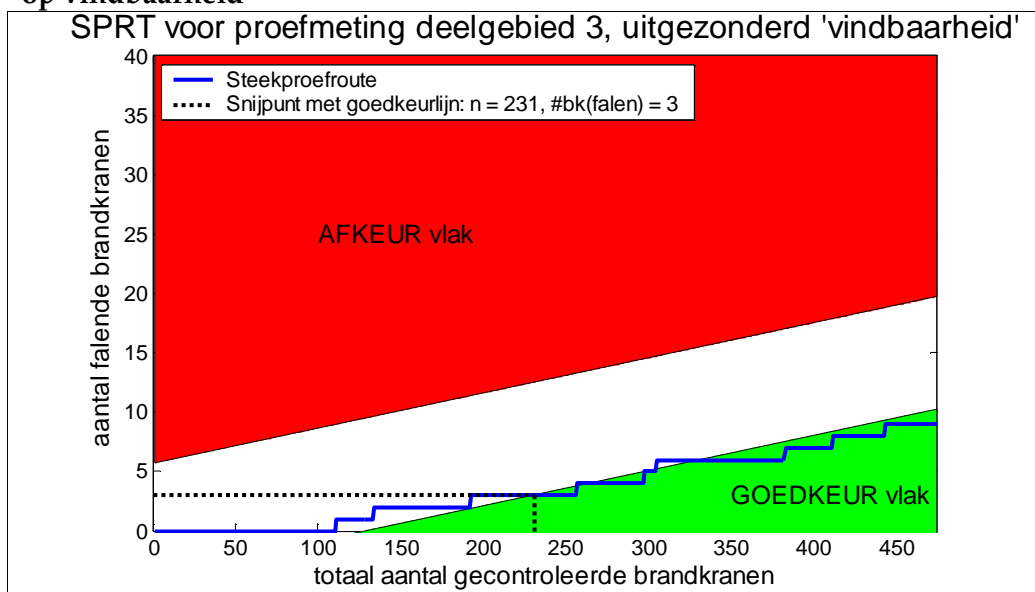
### 8.5 Discussie analyseresultaten

In figuur 8.2. is te zien dat na 179 gecontroleerde brandkranen de steekproefroute al de grens met het afkeurvlak passeert. Hoewel; de route sequentieel (dus op volgorde van trekken) is ingetekend lijkt de route redelijk constant te stijgen. Een schatting van de storingskans volgens deze figuur volgt uit de deling van de gegevens van het kruispunt: 11 falende brandkranen op 179 gecontroleerde geeft een schatting van 6,15%. Dit komt nagenoeg overeen met de schatting bij de volle steekproef 34 falende brandkranen op 500 geeft 6,80% storingskans. Het verschil zit echter in de breedte van de betrouwbaarheidsband.

Duidelijk is het verschil tussen de in hoofdstuk 4 besproken norm voor de storingskans (1,55%) en de in de proefmeting geschatte storingskans van 6,80%. Er kan een aantal mogelijk factoren voor dit verschil worden beschreven:

- Inconsequenties in de gegevensverzameling (dit verklaart echter in de proefmeting maar een verwaarloosbaar deel).
- Definitie 'vindbaarheid' (01.). Het deel falende brandkranen wat faalt op vindbaarheid is meer dan de helft (25 van de 34). Wellicht zal hier extra aandacht aan moeten worden besteed. Wanneer het onderdeel vindbaarheid niet wordt meegenomen daalt de storingskans van 6,80% tot 1,89%. Dit ligt nog steeds net boven de gestelde norm maar geeft aanleiding hier nader over na te denken. Hieronder is in figuur 8.3 de *SPRT* grafiek nogmaals weergegeven, maar nu met de brandkranen weggelaten die falen op vindbaarheid.

**Figuur 8.2. Steekproefresultaten met weglating van brandkranen die falen op vindbaarheid**



Hieruit blijkt duidelijk dat, zonder de vindbaarheid, op technisch gebied het bestand brandkranen binnen deelgebied 3 voldoet aan de norm. Hoewel de storingskans net boven de norm ligt (1,89% vs. 1,55%) ligt deze wel binnen de betrouwbaarheidsnorm waardoor het bestand met 99,9% ( $\alpha = 0.001$ ) wel voldoet.

# 9 Conclusie en aanbevelingen

## 9.1 Samenvattende conclusies

In dit onderzoek is een statistisch onderbouwde methode ontwikkeld voor de onderbouwing van de kwaliteit van de brandkranen in het verzorgingsgebied van Vitens OV. Hiervoor is enerzijds, in nauwe samenwerking met de brandweer, een systematische foutenboom opgezet welke als basis dient voor de controleprocedure. Deze foutenboom geeft per brandkraan uitsluitsel over de kwaliteit van de betreffende brandkraan (in orde of niet in orde).

Daarnaast is, met behulp van een statistische techniek, Sequential Probability Ratio Test, een steekproef ontwikkeld waarmee met geringe inspanning toch met grote betrouwbaarheid de bevindingen van een klein gedeelte brandkranen kan worden geprojecteerd op het volledige bestand of het bestand van een deelgebied. De methodiek geeft niet zozeer kwantitatief uitsluitsel over de kwaliteit maar geeft aan of het bestand voldoet aan de in dit onderzoek gestelde norm.

Ter toetsing van de foutenboom en de statistische methodiek heeft een proefmeting plaatsgevonden. Hieruit blijkt dat, voor het onderzochte deelgebied, de methodiek duidelijk aangeeft dat deze niet aan de norm van een storingskans van 1,55% voldoet. Daarbij is tevens duidelijk geworden dat dit voornamelijk te maken heeft met het faalmechanisme "vindbaarheid".

Van de 34 falende brandkranen binnen de steekproef blijken 25 niet vindbaar te zijn. Uit de resultaten blijkt echter wel de kwaliteit van de opgezette procedure (implementatie foutenboom) en de kracht van de statistische methodiek. Met een jaarlijkse controle van de zes gedefinieerde deelgebieden hoeven, naar schatting, slechts maximaal 1800 brandkranen gecontroleerd te worden op een totaal van bijna 36.000 (dat is slechts 5%), om toch een zeer betrouwbare analyse uit te kunnen voeren.

## 9.2 Aanbevelingen

De volgende aanbevelingen zijn naar aanleiding van de proefmeting aangegeven:

- Het uitvoeren van dezelfde proefmeting voor alle deelgebieden ter controle van bovenstaande bevindingen.
- Nader uitwerken van instructies over de controle op vindbaarheid.
- Nader uitwerken van de controlemethode en de software.
- Implementatie van de toetsingsmethodiek (bijvoorbeeld in Excel file).
- Implementatie van de standaard beoordelingsmethodiek bij Vitens OV en de brandweerkorpsen.



# I Bijlage: overzicht analyseresultaten

In onderstaande tabellen zijn de analyse resultaten van een aantal beschikbare datasets gegeven. Zoals ook uit de notitie blijkt is het echter lastig te interpreteren in hoeverre een aangetoond controletechnische aanbeveling tijdens een inspectie ook daadwerkelijk tot een falen tijdens een inzet van de brandweer zal leiden. Dit is per brandkraan ingeschat. Duidelijk is echter wel dat de cijfers slechts als richtgetal moeten worden geïnterpreteerd en niet kunnen worden gebruikt voor een exacte storingskans bepaling.

**Tabel I.1. Enschede**

	1999		2000		onbekend	
gecontroleerd:	963		1242		88	
OK	799	83.0%	1044	84.1%	48	54.5%
niet OK	156	<b>16.2%</b>	194	<b>15.6%</b>	40	<b>45.5%</b>
onbekend	8	0.8%	4	0.3%	0	0.0%

oorzaken niet OK	vindbaarheid	48	30.8%	19	9.8%	2	5.0%
	bereikbaarheid	20	12.8%	6	3.1%	1	2.5%
	operationeel	82	52.6%	164	84.5%	28	70.0%
	water	4	2.6%	1	0.5%	4	10.0%
	onbekend	2	1.3%	4	2.1%	5	12.5%

(resultaten uit bestand: 'BRKR Enschede (DISIS)1.xls')

**Tabel I.2. Hengelo**

	1999		2000		onbekend	
gecontroleerd:	193		792		18	
OK	117	60.6%	742	93.7%	9	50.0%
<b>niet OK</b>	<b>39</b>	<b>20.2%</b>	<b>33</b>	<b>4.2%</b>	<b>9</b>	<b>50.0%</b>
onbekend	37	19.2%	17	2.1%	0	0.0%

oorzaken niet OK	vindbaarheid	23	59.0%	7	21.2%	3	33.3%
	bereikbaarheid	5	12.8%	4	12.1%	2	22.2%
	operationeel	9	23.1%	20	60.6%	4	44.4%
	water	0	0.0%	2	6.1%	0	0.0%
	onbekend	2	5.1%	0	0.0%	0	0.0%

(resultaten uit bestand: 'BRKR Hengelo (DISIS)1.xls')

**Tabel I.3. Kampen**

	2000	
gecontroleerd:	1700	
OK	1592	93.6%
<b>niet OK</b>	<b>108</b>	<b>6.4%</b>
onbekend	0	0.0%

oorzaken niet OK	vindbaarheid	34	31.5%
	bereikbaarheid	5	4.6%
	operationeel	32	29.6%
	water	37	34.3%
	onbekend	0	0.0%

(resultaten uit bestand: 'kampen.xls')

**Tabel I.4. Meppel**

	2000	
gecontroleerd:	189	
OK	175	92.6%
niet OK	14	7.4%
onbekend	0	0.0%

oorzaken niet OK	vindbaarheid	0	0.0%
	bereikbaarheid	1	7.1%
	operationeel	13	92.9%
	water	0	0.0%
	onbekend	0	0.0%

(resultaten uit bestand: 'meppel.xls')

**Tabel I.5. Noord-Oost Polder**

	2000	
gecontroleerd:	662	
OK	642	97.0%
<b>niet OK</b>	<b>20</b>	<b>3.0%</b>
onbekend	0	0.0%

oorzaken niet OK	vindbaarheid	6	30.0%
	bereikbaarheid	0	0.0%
	operationeel	14	70.0%
	water	0	0.0%
	onbekend	0	0.0%

(resultaten uit bestand: 'noordoostpolder.xls')

**Tabel I.6. Olst en Wijhe**

	2002	
gecontroleerd:	704	
OK	668	94.9%
<b>niet OK</b>	<b>36</b>	<b>5.1%</b>
onbekend	2	0.3%

oorzaken niet OK	vindbaarheid	3	8.3%
	bereikbaarheid	1	2.8%
	operationeel	1	2.8%
	water	31	86.1%
	onbekend	0	0.0%

(resultaten uit bestand: 'olst-wijhe.xls')

**Tabel I.7. Raalte (beperkte informatie)**

	2003		onbekend	
gecontroleerd:	621		4	
OK	565	91.0%	4	100%
<b>niet OK</b>	<b>48</b>	<b>7.7%</b>	<b>0</b>	<b>0.0%</b>
onbekend	8	1.3%	0	0.0%

oorzaken niet OK	vindbaarheid	0	0.0%	0	-
	bereikbaarheid	0	0.0%	0	-
	operationeel	0	0.0%	0	-
	water	48	100%	0	-
	onbekend	0	0.0%	0	-

(resultaten uit bestand: 'raalte.xls')

**Tabel I.8. Ommen**

	1999		2000		2001 - 2003	
gecontroleerd:	206		518		11	
OK	168	81.6%	399	77.0%	9	81.8%
<b>niet OK</b>	<b>38</b>	<b>18.4%</b>	<b>119</b>	<b>23.0%</b>	<b>2</b>	<b>18.2%</b>
onbekend	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%

oorzaken niet OK	vindbaarheid	1	2.6%	1	0.8%	0	0.0%
	bereikbaarheid	0	0.0%	2	1.7%	0	0.0%
	operationeel	14	36.8%	30	25.2%	2	100%
	water	23	60.5%	86	72.3%	0	0.0%
	onbekend	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%

(resultaten uit bestand: 'ommen.xls')

**Tabel I.9. Steenwijkerland**

	2000		2001	
gecontroleerd:	816		973	
OK	677	83.0%	939	96.5%
<b>niet OK</b>	<b>139</b>	<b>17.0%</b>	<b>34</b>	<b>3.5%</b>
onbekend	0	0.0%	0	0.0%

oorzaken niet OK	vindbaarheid	22	15.8%	1	2.9%
	bereikbaarheid	10	7.2%	5	14.7%
	operationeel	44	31.7%	25	73.5%
	water	63	45.3%	3	8.8%
	onbekend	0	0.0%	0	0.0%

(resultaten uit bestand: 'Steenwijkerland.xls')

**Tabel I.10. Wierden (beperkte informatie)**

	2000	
gecontroleerd:	805	
OK	794	98.6%
<b>niet OK</b>	<b>11</b>	<b>1.4%</b>
onbekend	0	0.0%

oorzaken niet OK	vindbaarheid	3	27.3%
	bereikbaarheid	2	18.2%
	operationeel	6	54.5%
	water	0	0.0%
	onbekend	0	0.0%

(resultaten uit bestand: 'wierden.xls')

**Tabel I.11. Twenterand**

	2000		2001		2002	
gecontroleerd:	216		332		716	
OK	212	98.1%	311	93.7%	684	95.5%
<b>niet OK</b>	<b>4</b>	<b>1.9%</b>	<b>21</b>	<b>6.3%</b>	<b>32</b>	<b>4.5%</b>
onbekend	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%

oorzaken niet OK	vindbaarheid	3	75.0%	4	19.0%	3	9.4%
	bereikbaarheid	1	25.0%	9	42.9%	10	31.3%
	operationeel	0	0.0%	8	38.1%	14	43.8%
	water	0	0.0%	0	0.0%	4	12.5%
	onbekend	0	0.0%	0	0.0%	1	3.1%

(resultaten uit bestand: 'twenterand.xls')

**Tabel I.12. Zwolle**

	2001	
gecontroleerd:	489	
OK	472	96.5%
<b>niet OK</b>	17	3.5%
onbekend	0	0.0%

oorzaken niet OK	vindbaarheid	4	23.5%
	bereikbaarheid	2	11.8%
	operationeel	11	64.7%
	water	0	0.0%
	onbekend	0	0.0%

(resultaten uit bestand: 'zwolle.xls')

**Tabel I.13. Urk**

	2001	
gecontroleerd:	8	
OK	7	87.5%
<b>niet OK</b>	1	12.5%
onbekend	0	0.0%

oorzaken niet OK	vindbaarheid	0	0.0%
	bereikbaarheid	0	0.0%
	operationeel	1	100%
	water	0	0.0%
	onbekend	0	0.0%

(resultaten uit bestand: 'Urk.xls')

**Tabel I.14. Zwartewaterland**

	2001	
gecontroleerd:	184	
OK	169	91.8%
<b>niet OK</b>	15	8.2%
onbekend	0	0.0%

oorzaken niet OK	vindbaarheid	0	0.0%
	bereikbaarheid	2	13.3%
	operationeel	13	86.7%
	water	0	0.0%
	onbekend	0	0.0%

(resultaten uit bestand: 'zwartewaterland.xls')

**Tabel I.15. Staphorst**

	2001	
gecontroleerd:	10	
OK	8	80.0%
<b>niet OK</b>	2	20.0%
onbekend	0	0.0%

oorzaken niet OK	vindbaarheid	0	0.0%
	bereikbaarheid	0	0.0%
	operationeel	2	100%
	water	0	0.0%
	onbekend	0	0.0%

(resultaten uit bestand: 'staphorst.xls')

# II Bijlage: Sequential Probability Ratio Test

## II.1 Inleiding

Binnen de Statistische Proces- en KwaliteitsBeheersing (SPKB) [OtVe96] is het belangrijkste doel kwaliteitscontroles uit te voeren op bijvoorbeeld geproduceerde goederen. De kwaliteitseisen zijn vastgestelde normen waaraan een populatie producten moet voldoen. Voor het toetsen van goederen zijn verschillende statistische keuringsmethodieken ontwikkeld welke, met behulp van verschillende steekproef technieken, uitspraak kunnen doen over het al dan niet voldoen aan de gestelde normen.

In deze bijlage wordt een veel gebruikt toetsingsmethode, *Sequential Probability Ratio Test* (SPRT), gepresenteerd [Wald45]. Voordeel van deze methode is dat de verwachte steekproefgrootte relatief klein en onafhankelijk van de grootte van de populatie is. Daarmee zijn uniformiteit en snelle beslissingen mogelijk.

## II.2 Achtergrond statistische proces- en kwaliteitsbeheersing

Uitgangspunt voor statistische proces- en kwaliteitsbeheersing is de kwalificatie per item van 'goed' of 'fout' per item. Hierbij wordt 'fout' gedefinieerd als zijnde niet aan de kwaliteitseis voldoende. Basis voor de SPKB zijn de eisen vanuit de producent en de consument:

- De consument (gebruiker) stelt eisen ten aanzien van de aantoonbaarheid van slechte kwaliteit van een partij. Dit wil zeggen dat, als een partij niet aan de norm voldoet, de consument dit met grote zekerheid aangetoond wil hebben.
- De producent (waterleidingbedrijf) stelt daartegenover eisen aan de aantoonbaarheid van goede kwaliteit van een partij goederen (bijvoorbeeld brandkranen of afsluiters). Dit wil zeggen dat als de partij voldoet aan de norm, de producent dit met grote zekerheid ook wil aantonen.

Een veel gebruikte en gedegen methodiek voor het toetsen op defecten is in de oorlog ontwikkeld door de Amerikaanse statisticus A. Wald [Wald45, Wald48] *Sequential Probability Ratio Test*. Hij ontwikkelde een techniek waarmee met niet vooraf vastgestelde steekproefgrootte getoetst kan worden, een sequentieel keuringschema. In het kort komt de methode neer op het principe dat, na elk willekeurig getrokken item uit de steekproef, bepaald wordt of de populatie aan het criterium (kwaliteitseis of norm) voldoet of niet.

### II.3 Keuringseisen

Een statistische vertaling van de eisen vanuit producten en consument voor de SPKB is als volgt te definiëren:

1. Als de werkelijke foutenkans van de totale partij lager is dan de gestelde norm moet dat met een te bepalen betrouwbaarheid worden aangetoond:

$$\text{Als } p \leq p_0 \quad \Rightarrow \quad P_{acc} \geq 1 - \alpha$$

Hierin is:  $p$  De werkelijke foutenkans van de totale partij.  
 $p_0$  De kwaliteitsnorm vanuit de producent  
 $P_{acc}$  De acceptatiekans van de partij op basis van de steekproef  
 $\alpha$  Eis betrouwbaarheidsgebied behorende bij  $p_0$ .

2. Als de werkelijke foutenkans van de totale partij hoger is dan een negatieve norm mag de kans dat deze partij toch wordt goedgekeurd zeer klein zijn:

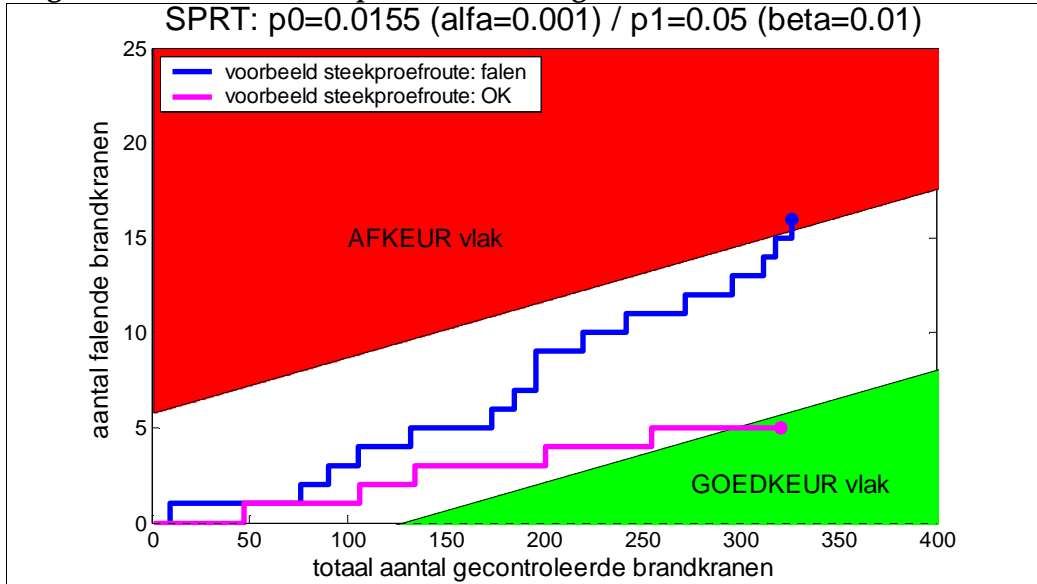
$$\text{Als } p \geq p_1 \quad \Rightarrow \quad P_{acc} \leq \beta$$

Hierin is:  $p$  De werkelijke foutenkans van de totale partij.  
 $p_1$  De onacceptabele norm vanuit de consument  
 $P_{acc}$  De acceptatiekans van de partij op basis van de steekproef  
 $\beta$  Eis betrouwbaarheidsgebied behorende bij  $p_1$ .

## II.4 Keuringsprocedure

Op basis van deze parameters, binnen het sequentiële keuringschema, kan een grafische presentatie worden gegeven, zie ter voorbeeld figuur II.1.

**Figuur II.1. voorbeeld sequentieel keuringschema**



Bij figuur II.1. zijn de volgende waarden gehanteerd:

- |                  |                    |
|------------------|--------------------|
| - $p_0 = 0.0155$ | - $\alpha = 0.001$ |
| - $p_1 = 0.05$   | - $\beta = 0.01$   |

In figuur II.1. zijn een 'afkeur' en een 'goedkeur' vlak gedefinieerd. De keuringsprocedure is als volgt:

Er wordt begonnen met het toetsen van willekeurige items uit de totale partij op 'goed' of 'fout'. Na elk item wordt de gevolgde 'route' uitgezet in een figuur als bovenstaand. De punten van deze route worden gevormd door op de x-as het steekproefnummer en op de y-as het cumulatieve aantal 'fouten'.

- Op het moment dat de 'route' in het groene vlak terechtkomt, kan worden gestopt met de steekproef. Met de bepaalde betrouwbaarheid,  $1 - \alpha$ , kan dan geconcludeerd worden dat de totale partij voldoet aan de norm van de foutenkans.
- Komt de route in het rode vlak terecht, dan kan met de bepaalde betrouwbaarheid,  $1 - \beta$ , geconcludeerd worden dat de storingskans van het volledige bestand hoger is dan de normwaarde.

De uiteindelijk ligging van de grenslijnen wordt bepaald door de eerder genoemde statistische parameters. In de volgende paragraaf is een beknopte theoretische beschouwing gegeven rond de methodiek van sequentiële keuringschema's.

## II.5 Theoretische achtergrond

Uitgaande van de eerder beschreven eisen:

$$1. \text{ Als } p \leq p_0 \quad \Rightarrow \quad P_{acc} \geq 1 - \alpha$$

*Vrij vertaald wil deze eis zeggen dat de kans dat de totale partij wordt goedgekeurd, als de werkelijke foutenkans onder de norm  $p_0$  valt, groter is dan  $1 - \alpha$ .*

$$2. \text{ Als } p \geq p_1 \quad \Rightarrow \quad P_{acc} \leq \beta$$

*Vrij vertaald wil deze eis zeggen dat de kans dat de totale partij wordt goedgekeurd, als de werkelijke foutenkans boven de tweede norm  $p_1$  valt, kleiner is dan  $\beta$ .*

Hiermee worden de volgende 'goedkeur' en 'afkeur' grenslijnen gedefinieerd als functie van de steekproef grootte  $n$ :

$$\text{Grenslijn goedkeur: } K_{accept} = s \cdot n - h_1$$

$$\text{Grenslijn afkeur: } K_{reject} = s \cdot n + h_2$$

Hierin zijn  $h_1$  en  $h_2$  de snijpunten van de grenslijnen bij een steekproefgrootte van 0.  $h_1$  en  $h_2$  kunnen als volgt bepaald worden:

$$h_1 = \frac{-\ln\left(\frac{\beta}{1-\alpha}\right)}{\ln(q)} \quad \text{en} \quad h_2 = \frac{\ln\left(\frac{1-\beta}{\alpha}\right)}{\ln(q)}$$

$$\text{Hierin is: } q = \left(\frac{p_1}{p_0}\right) \cdot \left(\frac{1-p_0}{1-p_1}\right)$$

$s$  staat voor de richtingscoëfficiënt van zowel de 'goedkeur' als de 'afkeur' grenslijn en kan worden bepaald door:

$$s = \frac{\ln\left(\frac{1-p_0}{1-p_1}\right)}{\ln(q)}$$

Verandering in de parameters zorgt ervoor dat de lijnen anders komen te liggen. Vrij vertaald betekent dat als de eisen minder streng worden de kans dat slechts een kleine steekproefgrootte gebruikt wordt groter wordt.



## II.6 Schatting steekproefgrootte

Hoewel het aantal steekproeven niet vooraf is bepaald kan wel een schatting worden gemaakt van het aantal te controleren items alvorens een conclusie over de betreffende partij kan worden getrokken. De schatting van de steekproefgrootte is afhankelijk van de werkelijke foutenkans. Wanneer de werkelijke foutenkans 0 is, zal een goedkeur conclusie veel eerder getrokken kunnen worden dan bij een werkelijke foutenkans doe rond de norm ligt.

Voor een aantal waarden van de werkelijke foutenkans is hieronder een schatting van de bijbehorende steekproef grootte gegeven. Met terugwerkende kracht kan tijdens een keuring vanuit de werkelijke (en vooraf onbekende) steekproefgrootte een gevoel worden ontwikkeld voor de werkelijke foutenkans. Let wel, dit is een 'gevoel' en geen exacte meting omdat de steekproeven random getrokken worden en stochastiek een belangrijke rol speelt.

1. als  $p = 0 \Rightarrow E(\underline{n}) = \frac{h_1}{s}$  <sup>4)</sup>

In het voorbeeld:  $E(\underline{n}) = 130$

2. als  $p = p_0 \Rightarrow E(\underline{n}) = \frac{(1 - \alpha)h_1 - \alpha h_2}{s - p_0}$

In het voorbeeld:  $E(\underline{n}) = 271$

3. als  $p = p_1 \Rightarrow E(\underline{n}) = \frac{(1 - \beta)h_2 - \beta h_1}{p_1 - s}$

In het voorbeeld:  $E(\underline{n}) = 274$

4. als  $p = 1 \Rightarrow E(\underline{n}) = \frac{h_2}{1 - s}$

In het voorbeeld:  $E(\underline{n}) = 6$

Ad 1. Het minimaal aantal steekproeven, zie onder 1., voor 'goedkeur' (doordat geen fouten worden gevonden) kan als het snijpunt van de 'goedkeur' grenslijn met de x-as worden gezien. In het bovenstaande voorbeeld van figuur II.1. is dit gelijk aan 130. Vrij vertaald betekent dit dat als er, geldend onder de keuringseisen van het voorbeeld, 130 achtereenvolgende items in orde bevonden worden, met 99,9% ( $\alpha = 0.01$ ) zekerheid gesteld kan worden dat de werkelijke foutenkans van de totale partij kleiner of gelijk is aan 1,55% ( $p_0$ ). Hoe hoger de betrouwbaarheidseis, hoe meer steekproeven noodzakelijk voor een dergelijke conclusie.

---

<sup>4</sup>  $E(\underline{n})$  staat voor de *Expected Value* of verwachtingswaarde van  $\underline{n}$

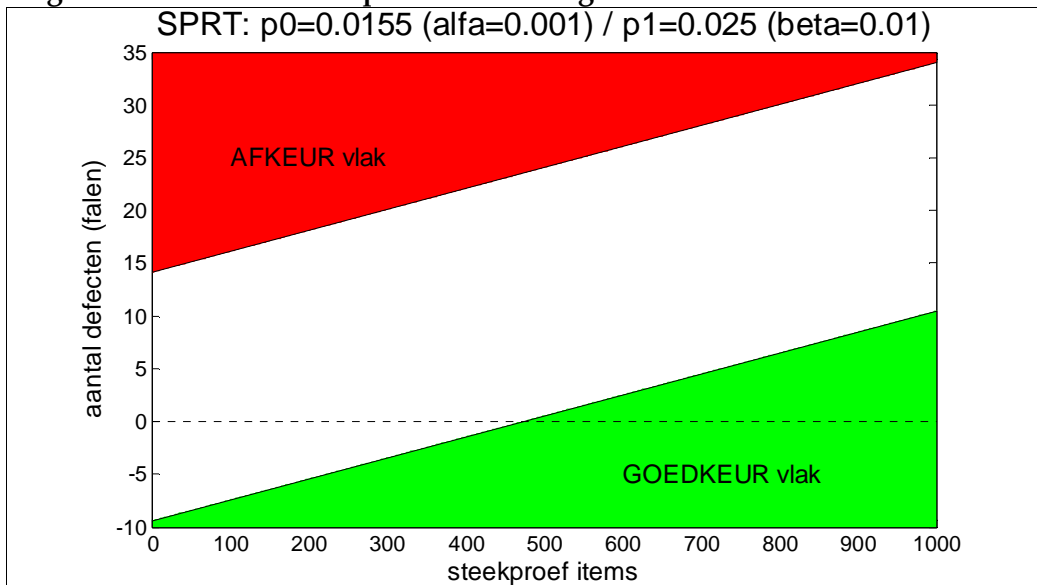
Ad 4. De minimale steekproef voor 'afkeur', zie onder 4., dient het snijpunt van de lijn  $y=x$  met de 'afkeur' grenslijn te worden bepaald ('elk gecontroleerd item is defect'). In het bovenstaande voorbeeld van figuur II.1. is dit gelijk aan 6. Vrij vertaald betekent dit dat als er 6 achtereenvolgende items 'fout' zijn 99,9% ( $\alpha = 0.01$ ) zekerheid gesteld kan worden dat de storingskans van het totale bestand brandkranen groter is dan 1,55% ( $p_0$ ).

## II.7 Invloed parameters

Om een indicatie te geven van de invloedssferen op het keuringsschema van de verschillende statistische parameters is hieronder een grafische presentatie gegeven van de invloed van  $p_1$ . Als reeds beschreven is  $p_1$  de norm waarbij de kans dat de totale partij als zijn 'in orde' wordt gemerkt, terwijl de werkelijke foutenkans boven  $p_1$  ligt, kleiner is dan  $\beta$ . Gevoelsmatig zou  $p_1$  gelijk aan  $p_0$  genomen worden. Het is echter statistisch onmogelijk om met behulp van een steekproef methodiek met een bepaalde betrouwbaarheid het onderscheid te kunnen maken tussen een storingskans  $p \leq p_0$  en  $p \geq p_1$  met  $p_0 \cong p_1$ . Hiermee wordt de minimale steekproefgrootte bij het sequentiële keuringsschema oneindig omdat het onderscheidingsvermogen 0 is.

Ter indicatie is in figuur II.2.  $p_1 = 0.025$  in plaats van  $p_1 = 0.05$  uit figuur II.1. genomen.

**Figuur II.2. Voorbeeld sequentieel keuringsschema**



Het effect is duidelijk zichtbaar bij de berekening van de minimale steekproefgrootte bij zowel 'goedkeur' als 'afkeur', respectievelijk 475 (zie punt 1. uit paragraaf II.6.) en 14 (zie punt 4. uit paragraaf II.6.).

Vrij vertaal betekent dit voorbeeld dat als  $p_0$  en  $p_1$  dichter bij elkaar liggen, het onderscheidend vermogen minder wordt en er dus meer steekproef items getrokken moeten worden om een eenduidige conclusie te kunnen trekken.

## II.8 Referenties

- [OtVe96] A. Otten en L.R. Verdooren, Statistische proces- en kwaliteitsbeheersing, Wageningen Universiteit, 1996
- [Wald45] A. Wald, "Sequential tests of statistical hypotheses", Ann. Math. Stat. Vol. 16, pp. 117-186, 1945.
- [Wald48] A. Wald en J. Wolfowitz, "Optimal Character of the Sequential Probability Ratio Test", Ann. Math. Stat. Vol. 19, pp. 326-339, 1948.

### III Bijlage: betrouwbaarheidsinterval geschatte kans

Voor het schatten van een kans (bijvoorbeeld de storingskans)  $p$  wordt de volgende zuivere schatter gebruikt:

$$\hat{p} = k/n$$

Hierin is:  $\hat{p}$  de schatter van de werkelijke storingskans.  
 $k$  het aantal 'falende' brandkranen in de steekproef.  
 $n$  de grootte van de steekproef.

De nauwkeurigheid van  $\hat{p}$  wordt berekend door de standaardfout (=standaard afwijking van een schatter). Deze kan als volgt worden geschat:

$$se(\hat{p}) = \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n-1}}$$

Het betrouwbaarheidsinterval van  $\hat{p}$ , behorende bij de geschatte standaardfout  $se(\hat{p})$ , kan als volgt worden bepaald:

$$\hat{p} \pm z \cdot se(\hat{p}) \quad \text{met } P(\underline{X} \geq z) = \alpha/2$$

Hierin is:  $z$  kans uit de standaard normale verdeling.  
 $\underline{X}$  standaard normale verdeling.  
 $\alpha$  betrouwbaarheidseis voor het betrouwbaarheidsgebied.

Vrij vertaald betekent dit met  $(1-\alpha) \times 100\%$  betrouwbaarheid kan worden gesteld dat de werkelijke storingskans ligt tussen  $\hat{p} - z \cdot se(\hat{p})$  en  $\hat{p} + z \cdot se(\hat{p})$  waarbij de waarde van  $z$  afhankelijk is van  $\alpha$ . Hoe kleiner  $\alpha$  (en dus hoe groter de betrouwbaarheidseis  $(1-\alpha) \times 100\%$ ), hoe groter  $z$ .

Via de standaard normale verdeling kunnen de volgende waarden voor  $z$  worden berekend voor  $\alpha$ .

$\alpha/2$	0.05	0.025	0.005	0.001
$z$	1.645	1.960	2.576	3.060
betrouwbaarheid $(1-\alpha) \times 100\%$	90%	95%	99%	99,8%

Bij  $\alpha = 0.05$  hoort  $z = 1.960 \approx 2$ , dus het 95% betrouwbaarheidsinterval wordt begrensd door  $\hat{p} \pm 2 se(\hat{p})$ . Op dezelfde wijze is als vuistregel dat het 99,8% betrouwbaarheidsinterval wordt begrensd door  $\hat{p} \pm 3 se(\hat{p})$ .

## IV Bijlage: uitsplitsing analyse gegevens

In hoofdstuk 8 zijn de gegevens uit de proefmeting geanalyseerd. De uitsplitsing van de gegevens staat hieronder beknopt beschreven. Verder zijn per faalmechanisme alle brandkranen opgenomen (zowel falend als niet falend) die 'scoren' op de het bedoelde mechanisme. Hieronder staan in de tabellen de Object-ID's per faalmechanisme gerangschikt.

01.*	02. <sup>1)</sup>	03.* <sup>1)</sup>	04. <sup>1)</sup>	05. <sup>1)</sup>	06. <sup>1)</sup>
70358523	76934760	39920353	40960418	42452729	38695318
41399010	60761656	40083478	39420979	70522127	62021441
81416101	82643507	38581986	35575148	41673066	
61114937	38614608	62021441	39920353	40960418	
76299721	81942818	42358578	38093448	39920353	
76305150	40083478	39043454	35749346	81942818	
38040982	37721523		38875407	35749346	
61400629	37915966		38695318	41853703	
38856337	62021441		37966721	38875407	
62939969	77509490		62021441	42739323	
42453895	60439029		42649496	38695318	
62623975			38608443	42361557	
38286788			38965922	62021441	
40034418			38192149	40975868	
38859281			42358578	42649496	
64114892			40477525	41482499	
52512611			39043454	38965922	
76305213				35919777	
61247020				38889006	
77140028				42358578	
66769373				39043454	
60502808					
37805394					
81625119					
42730894					

\* Kritische faalmechanismen

<sup>1)</sup> alleen bepaald voor brandkranen die niet-vindbaar waren

07. 1)	08. 1)	09. * 1)	10. * 1)	11. * 1)	12. * 1)
38693672	42452729	38695318	39920353	38695318	35950188
39524325	70522127	42358578	38695318	42358578	40083478
39920353	40960418		38889006		38695318
38695318	39420979		42358578		42358578
42361557	35829800				
42649496	35575148				
42358578	39920353				
40477525	38093448				
	35749346				
	38875407				
	38695318				
	37966721				
	42361557				
	61304331				
	38581986				
	42649496				
	38608443				
	38965922				
	61064641				
	35919777				
	38889006				
	38192149				
	42358578				

\* Kritische faalmechanismen

1) alleen bepaald voor brandkranen die niet-vindbaar waren

13. * 1)	14. 1)
35950188	35950188
40083478	40083478
38695318	38695318
38889006	38889006
42358578	42358578

\* Kritische faalmechanismen

1) alleen bepaald voor brandkranen die niet-vindbaar waren

## V Bijlage: ingediend artikel H<sub>2</sub>O

*Naar aanleiding van het onderzoek naar een controlemethodiek voor brandkranen is in overleg met de betrokken partijen een artikel voor in de H<sub>2</sub>O geschreven en ingediend. Voor de volledigheid is de laatste versie van het ingediende verhaal hieronder als bijlage meegenomen*

H<sub>2</sub>O, ingediend april. 2004

### **“Statistische controlemethodiek van brandkranen”**

B. Bannink, Vitens NV  
J.M.L. van der Wielen, Kiwa / CiTG TU Delft  
J.H. Smit, Brandweer Regio IJssel- Vecht in te Zwolle  
J.H.G. Vreeburg, Kiwa / CiTG TU Delft

#### **SAMENVATTING**

Brandkranen vormen een wezenlijk onderdeel van het drinkwaternet. Veel waterleidingbedrijven bewaken de werking van brandkranen door ze regelmatig te controleren. Vitens Overijssel heeft de controleprocedure van brandkranen onderverdeeld in natte en droge controle. Droog wil zeggen controle op vindbaarheid, bereikbaarheid en aansluitbaarheid en natte controle op capaciteit en afsluitbaarheid. In samenwerking met Vitens en Brandweer Regio IJssel Vecht heeft Kiwa een statistisch onderbouwde procedure ontwikkeld voor de kwaliteitstoetsing van brandkranen. Op basis van een opgezette foutenboom is de methode in staat - met relatief kleine variabele steekproefgrootte en dus geringe inspanning - uitspraak te doen over het al dan niet voldoen van het bestand brandkranen aan de gestelde norm. Voor Vitens betekent dit concreet dat het aantal gecontroleerde brandkranen met 70% kan worden verminderd zonder verlies van betrouwbaarheid. Naast de toetsing is deze methodiek tevens de basis voor een acuut en een gepland onderhoudsprogramma en kan ook in andere toepassingen worden ingezet, bijvoorbeeld betrouwbaarheid afsluiters.

#### **Inleiding**

De drinkwaternetten in Nederland zijn zodanig gedimensioneerd dat niet alleen aan de drinkwaterbehoefte voor consumenten en industrie kan worden voldaan maar dat ook, in geval van calamiteit, de brandweer een beroep kan doen op voldoende hoeveelheden bluswater. Voor deze hoeveelheid bluswater zijn eisen opgesteld. In overleg met de brandweer heeft Vitens ook eisen gesteld aan de werkzaamheid van de aansluitpunten, de brandkranen. Omdat brandkranen echter slechts zelden worden gebruikt bestaat het risico dat deze, tijdens een operatie (brand), toch kunnen falen. Vitens en het bluswaterplatform van de gemeenten en brandweer in het verzorgingsgebied van Vitens, controleren geregeld een groot gedeelte van het totale bestand brandkranen op bereikbaarheid en functionaliteit. Hierbij is het echter niet duidelijk welke controlefrequentie moet worden toegepast en hoeveel brandkranen moeten worden gecontroleerd voor een gedegen uitspraak over de kwaliteit. Omdat het controleren een arbeids- en kostenintensieve activiteit is, is aan Kiwa gevraagd een statistische methodiek te ontwikkelen waarmee, op basis van een relatief kleine steekproef, uitspraak gedaan kan worden over het halen van een vastgestelde norm voor de kwaliteit van de brandkranen in het pilot gebied Overijssel.

#### **Faalmechanismen brandkranen**

Doel van de controleprocedure en toetsing is aan te tonen dat het totale bestand



brandkranen voldoet aan een kwaliteitsnorm. Deze norm wordt door het waterbedrijf bepaald, in samenspraak met brandweer en lokale overheden. Het bestand brandkranen voldoet als het aantal 'falende' brandkranen onder deze norm ligt. Onder het 'falen' van een brandkraan wordt het (mogelijk) falen tijdens een inzet van de brandkraan door de brandweer verstaan. Een falende brandkraan betekent dat deze door onbekende oorzaak niet gebruikt kan worden tijdens een inzet. De oorzaak van falen wordt het faalmechanisme genoemd. Denk hierbij aan een onderbestrating bij nieuwbouw, onvoldoende capaciteit door aangroei in gietijzeren leidingen, afgebroken klauw, etc.

Binnen de ontwikkeling van de procedure is een viertal categorische faalmechanismen te onderscheiden:

1. **Vindbaarheid**; wanneer een brandkraan niet op de aangegeven plaats of in de directe omgeving ervan aangetroffen wordt kan deze niet worden gebruikt. Mogelijke oorzaken kunnen zijn: onderbestrating, situering onder bossages / plantenbakken, verwijdering zonder aanpassing documentatie, etc.
2. **Bereikbaarheid**; een aangetroffen brandkraan kan onbereikbaar zijn voor gebruik. Mogelijke oorzaken kunnen zijn: situering op parkeerplaats, op afgesloten terrein (privé of bedrijfs-), etc.
3. **Operationeel**; hieronder wordt het falen van technische delen van de brandkraan bedoeld, bijvoorbeeld standpijp niet te plaatsen, brandkraan scheef t.o.v. pot, klauw niet in orde, niet werkende afsluiter, etc.
4. **Water**; hiermee wordt het falen van de daadwerkelijk werking van de brandkraan bedoeld: geen of onvoldoende capaciteit, lekkage, etc.

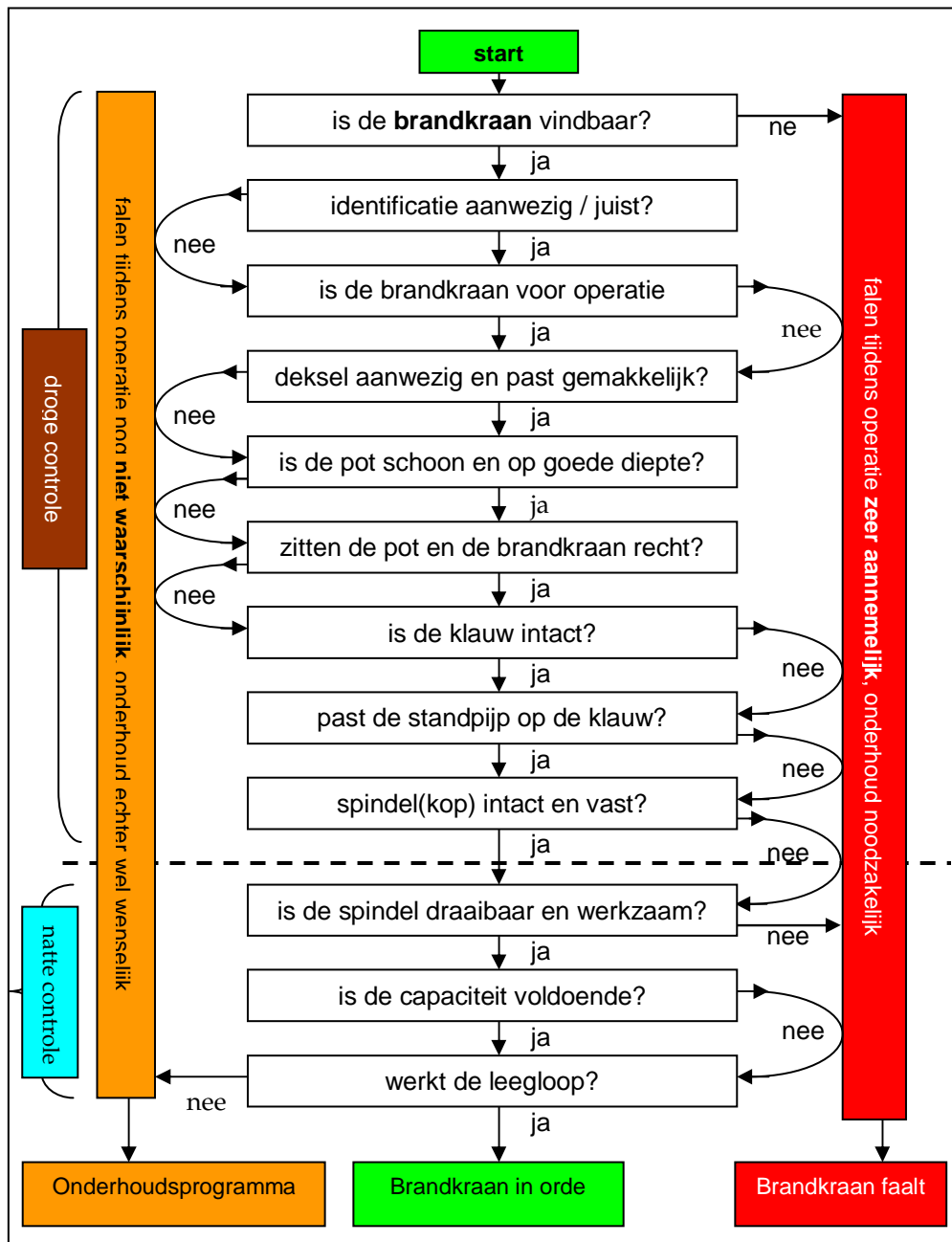
#### **Controleprocedure: foutenboom**

Bij het bepalen tijdens een controle of een brandkraan 'faalt' moet wel in ogenschouw genomen worden dat bepaalde faalmechanismen tijdens de inzet door de brandweer overwonnen kunnen worden. Bijvoorbeeld een vastzittende deksel, die geforceerd kan worden. Het is echter belangrijk dat tijdens controle alle waarnemingen worden genoteerd. Op basis hiervan kan onderscheid gemaakt worden tussen onderhoud en acuut falen. Per beoordelingspunt is bepaald of hierdoor de brandkraan in praktijk wel of niet gebruikt kan worden. Voor de controle is een procedurele foutenboom opgesteld waarmee een gecontroleerde brandkraan kan worden ingedeeld in drie categorieën:

1. **In orde**; geen actie
2. **Brandkraan zal falen tijdens operatie**; acuut onderhoud noodzakelijk
3. **Brandkraan zal niet falen maar onderhoud wel noodzakelijk**; gepland onderhoudsprogramma.

In onderstaand figuur is een vereenvoudigde versie van de gebruikte foutenboom weergegeven. Er is onderscheid gemaakt in de door de brandweer uitgevoerde droge controle op vindbaarheid, bereikbaarheid en aansluitbaarheid, en de door het waterleidingbedrijf uitgevoerde natte controle op afsluitbaarheid en capaciteit.

Figuur 1. Opgestelde foutenboom [1]



Het bestaande automatiseringssysteem is op basis van de foutenboom zodanig aangepast dat de controleprocedure eenduidig kan worden uitgevoerd.

### Normering kwaliteit brandkranen

De basis van de statistische toetsingsmethodiek is de normering. Bij deze normering is onderscheid gemaakt in drie 'kansen': de gebruikskans, de storingskans en de faalkans.

- De gebruikskans is gedefinieerd als de kans dat een willekeurige brandkraan per jaar tijdens brand wordt ingezet. Deze kans kan worden afgeleid uit de registratiegegevens van onder andere de brandweer. Voor het pilotgebied van Vitens Overijssel blijkt de gebruikskans 6,5% te zijn.
- De storingskans is de kans dat een willekeurige brandkraan, onafhankelijk van

gebruik, zal falen. Deze kans kan worden bepaald uit de beschreven controleprocedure.

- De norm is uiteindelijk de faalkans die gedefinieerd wordt als de gebruikskans x de storingskans.

De voor de statistische toetsing relevante storingskans volgt uit de vastgestelde norm voor de faalkans en de berekende gebruikskans. Door het voorzieningsgebied op te splitsen in verschillende beheersgebieden kunnen andere normen voor de storingskans bepaald worden.

### **Toetsingsmethodiek: SPRT**

Voor de ontwikkeling van de 'statistische controlemethodiek brandkranen' [1] is gebruik gemaakt van een methode uit de Statistische Proces- en Kwaliteitsbeheersing [2]. Uitgangspunt is de kwalificatie van 'goed' of 'fout' per item. 'Fout' betekent dat een brandkraan niet aan de kwaliteitseis voldoet en dus zal falen. Een gedegen methodiek voor het toetsen op defecten is in de oorlog ontwikkeld door de statisticus A. Wald; de *Sequential Probability Ratio Test* ([3] en [4]). Hij ontwikkelde een techniek waarmee met niet vooraf vastgestelde steekproefgrootte getoetst kan worden; een zogenaamd sequentieel keuringschema. Sequentieel betekent dat de volgorde waarin gecontroleerd wordt binnen de steekproef van belang is. In het kort komt de methode neer op het principe dat, na elk willekeurig getrokken en gecontroleerde brandkraan uit de steekproef, bepaald wordt of het totale bestand al dan niet aan de kwaliteitsnorm voldoet of dat er nog meer te controleren brandkranen nodig zijn.

De SPRT toetsingsmethodiek maakt gebruik van een twee keuringseisen:

- 1) Als de werkelijke foutenkans van het bestand lager is dan de gestelde norm moet dat met een te bepalen betrouwbaarheid worden aangetoond. Deze eis wordt gesteld om zekerheid te hebben over de aantoonbaarheid van goede kwaliteit.
- 2) Als de werkelijk foutenkans van het bestand hoger is dan een negatieve norm mag de kans dat deze partij toch wordt goedgekeurd maar zeer klein zijn. Deze eis wordt gesteld om zekerheid te hebben over de aantoonbaarheid van eventuele slechte kwaliteit.

**In statistische termen kunnen beide regels als volgt worden weergegeven:**

$$1) \text{ als } p \leq p_0 \Rightarrow P_{\text{acc}} \geq 1 - \alpha$$

$$2) \text{ als } p \geq p_1 \Rightarrow P_{\text{acc}} \leq \beta$$

Hierin is:  $p$  De werkelijke foutenkans van het totale bestand brandkranen.

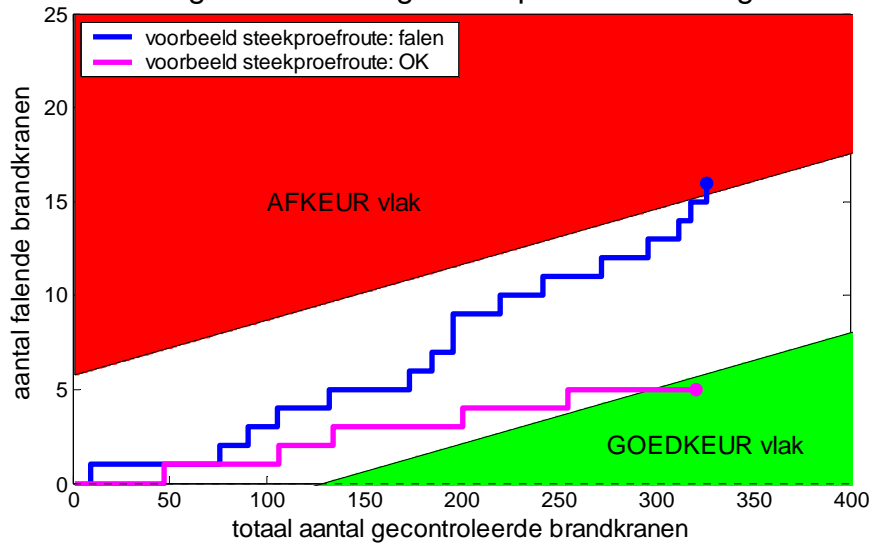
$p_0$  De betrouwbaarheidsnorm

$p_1$  De onacceptabele norm

$P_{\text{acc}}$  De kans dat het totale bestand wordt goedgekeurd

Op basis van deze parameters, binnen het sequentiële keuringschema, kan een grafische presentatie worden gegeven, zie ter illustratie figuur 2. Voor Vitens Overijssel zijn waarden van  $\alpha$  en  $\beta$  gekozen van respectievelijk 1‰ en 1%.

**Figuur 2. voorbeeld sequentieel keuringsschema [1]**  
**voorbeeld grafische weergave sequentieel keuringsschema**



In figuur 2. zijn een 'afkeur' en een 'goedkeur' vlak gedefinieerd. De toetsingsprocedure is als volgt: er wordt gestart met het controleren van een willekeurige brandkraan uit het totale bestand. Na elke brandkraan wordt het geconstateerde resultaat (totaal aantal gecontroleerde brandkranen en het aantal falende) als een 'route' uitgezet in een figuur als bovenstaand. Op het moment dat de 'route' de grens met het groene vlak overschrijdt kan worden gestopt met de steekproef. Met de bepaalde betrouwbaarheid ( $1 - \alpha$ ) kan dan geconcludeerd worden dat het totale bestand voldoet aan de norm. Overschrijdt de route de grens met het rode vlak, dan kan geconcludeerd worden ( $1 - \beta$  betrouwbaarheid) dat de storingskans boven de gestelde norm ligt.

NB: de werkelijke waarde van de storingskans wordt met deze toetsingsmethodiek niet geschat. Er wordt alleen bepaald of deze al dan niet lager is dan de norm. Juist deze vereenvoudiging zorgt ervoor dat de steekproefgrootte relatief klein is.

Van te voren is niet te bepalen wat de grootte van de uiteindelijke steekproef zal zijn. Op basis van de statistische parameters kunnen echter wel schattingen worden gemaakt van de verwachte steekproefgroottes bij geschatte storingskansen. Uitgaande van het voorbeeld uit figuur 2 is de verwachte steekproefgrootte, bij een werkelijke storingskans van 0%, gelijk aan ca. 130 brandkranen (snijpunt grenslijn 'goedkeurvlak' met horizontale as). Wanneer de werkelijke storingskans oploopt tot de normwaarde,  $p_0$ , volgt uit de statistische achtergrond dat dit aantal oploopt tot ca. 280 brandkranen. Wanneer de werkelijke storingskans echter boven de norm uitkomt, wordt het weer gemakkelijker aan te tonen dat het bestand niet voldoet. Als alle brandkranen zouden falen (storingskans gelijk aan 100%) zijn slechts 6 brandkranen voldoende om dit aan te tonen. Op basis van figuur 2 is de statistische verwachting dat slechts gemiddeld 300 brandkranen hoeven worden gecontroleerd voor een statistisch zeer betrouwbare uitspraak over de kwaliteit van het totale bestand. Dit geeft een grote kosten- en arbeidsbesparing ten opzichte van de 6-jaarlijkse controle van alle brandkranen, terwijl aan de kwaliteit van de conclusie geen afbreuk wordt gedaan. Voor Vitens komt het erop neer dat met dezelfde betrouwbaarheid uitspraak kan worden gedaan terwijl slechts 30% van het huidige aantal hoeft te worden gecontroleerd.

### **Inregelen controlemethodiek**

De beschreven statistische toetsingsmethodiek met behulp van *SPRT* is in staat met relatief kleine steekproefgroottes aan te tonen of een bestand brandkranen voldoet aan een gestelde norm. De steekproefgrootte is echter onafhankelijk van de grootte van het bestand. In theorie kan een volledige provincie getoetst worden op basis van hetzelfde keuringsschema.

Hier ligt een duidelijke discussie tussen het waterleiding bedrijf en de lokale overheden. De optimale procedure voor het waterleidingbedrijf is een zo groot mogelijk bestand in één keer toetsen. De lokale overheden zullen de voorkeur geven aan het uitvoeren van de procedure voor kleine deelgebiedjes. Vitens Overijssel en het bluswaterplatform hebben daarom gekozen voor het definiëren van 6 deelgebieden. Deze deelgebieden zijn zodanig ingericht dat ze een gelijke verdeling van stedelijke en landelijke gebieden bevatten en dat het bestand brandkranen per gebied ongeveer even groot is, ca. 6.500 per gebied. Voor elk deelgebied kan jaarlijks de controleprocedure worden uitgevoerd en kan aangetoond worden of het bepaalde gebied al dan niet aan de norm voldoet.

De normen zijn vooralsnog gelijk gesteld per gebied. Als na verloop van tijd blijkt dat de gebruikskans duidelijk verschilt per gebied dan kan in onderling overleg tussen de betrokken partijen de norm voor de storingskans gebiedsafhankelijk worden gemaakt.

### **Verdere toepassingen statistische controlemethodiek**

Naast het aantonen of per deelgebied de kwaliteit van het bestand brandkranen voldoet aan de gestelde norm, zijn er tal van andere toepassingsmogelijkheden van de beschreven controlemethodiek denkbaar. Ten eerste biedt de methodiek een gedegen basis voor het opzetten van een acuut en een gepland onderhoudsprogramma. De brandkranen die tijdens de controleprocedure als falend zijn gekenmerkt moeten acuut in onderhoud. Maar de brandkranen die niet als falend zijn gekenmerkt maar wel een onderhoudsbehoefte hebben, kunnen worden opgenomen in een gepland onderhoudsprogramma. Door nader onderzoek naar deze brandkranen, locatie en faalmechanisme, kunnen systematisch faalmechanismen worden bepaald.

Een andere toepassing is de controle en toetsing van de kwaliteit en werkzaamheid van bijvoorbeeld afsluiters. Op basis van verschillende controlepunten voor afsluiters kan een soortgelijk foutenboom worden opgesteld. Vertaling van deze foutenboom resulteert in een identieke statistische toetsingsmethodiek als voor brandkranen. Hiermee is het mogelijk op dezelfde wijze aan te tonen of het bestand afsluiters (bijvoorbeeld per gebied of zelfs per sectie) aan gestelde normen voldoen. Groot voordeel is dat het aantal te controleren afsluiters relatief klein terwijl de betrouwbaarheid van de uitspraken zeer hoog is.

### **Literatuur**

- [1] Wielen, J. van der en Vreeburg, J., 2004, Controlemethodiek brandkranen, onderzoeksrapport KWR 04.054 Kiwa i.o.v. Vitens N.V.
- [2] Otten, A. en Verdooren, L., 1996, Statistische proces- en kwaliteitsbeheersing, Wageningen Universiteit.
- [3] Wald, A., 1945, "Sequential tests of statistical hypotheses", Ann. Math. Stat. Vol. 16, pp. 117-186.
- [4] Wald, A. en Wolfowitz, J., 1948, "Optimal Character of the Sequential Probability Ratio Test", Ann. Math. Stat. Vol. 19, pp. 326-339.

## VI Bijlage: praktische implementatie aanbevelingen (Hoofdstuk 7 uit tussenrapportage)

*Dit hoofdstuk is in de tussenrapportage van het onderzoek aan bod gekomen. Hierin zijn aanbevelingen gedaan voor nadere detaillering en inregeling van de controlemethodiek. Naar aanleiding van hiervan zijn de aanbevelingen uitgevoerd, de resultaten hiervan zijn beschreven in het nieuwe hoofdstuk 7 en verder. Voor de volledigheid is echter het 'oude' hoofdstuk 7 in de vorm van deze bijlage opgenomen.*

### VI.1. Inleiding

In de voorgaande hoofdstukken zijn een aantal niveaus binnen het controleprogramma nader uiteengezet. Ten eerste is een overzicht van faalmechanismen gegeven met daaruit voortkomend een schematische foutenboom. Deze foutenboom dient als uitgangspunt voor de controlemethodiek. Daarnaast is een statistische toetsingsmethodiek gepresenteerd voor de aantoonbaarheid van het serviceniveau. Met behulp van deze methodiek kan getoetst worden of de kwaliteit van een bepaald bestand brandkranen voldoet aan een nog nader te stellen norm. Als laatste is gekeken naar de beschikbaarheid en kwaliteit van de huidige gegevens.

In dit hoofdstuk zijn kort een aantal aandachtspunten gegeven rond de praktische implementatie van de controlemethodiek. In paragraaf 7.6 zijn de voorgaande paragrafen vertaald in een concreet stappenplan met tijdsbesteding.

### VI.2. Controleprocedure

De gegeven foutenboom zal zodanig moeten worden geïntegreerd in de huidige controleregistratie dat de vragen uit de foutenboom eenduidig beantwoord kunnen worden. Uit de analyse van de huidige gegevens blijkt dat er geen eenduidigheid is waardoor de foutenboom verschillend kan worden toegepast. In paragraaf 6.3 is getoond dat de huidige registratie formulieren in een aantal gevallen foutief worden ingevuld waardoor 'vervuiling' van de gegevens optreedt.

Het is echter moeilijk een registratie systeem dermate op te zetten dat er slechts een eenduidige manier van invullen mogelijk is. Vaak zal in praktijk gebeuren dat gevonden gebreken aan brandkranen al tijdens de controle worden verholpen waarna een OK aan deze brandkraan wordt gegeven. Het is, voor de voorgestelde toetsingsmethodiek, van belang dat die gegevens worden genoteerd welke waargenomen worden zonder dat nog enig onderhoud heeft plaatsgevonden.

Een mogelijkheid tot de opzet van een enerzijds eenduidige en anderzijds gebruikersvriendelijk registratiesysteem kan de inzet van een specialist op het gebied van marketing en enquêtering zijn. Bij marketing enquêtes moet niet

alleen aan het achterliggende onderzoeksdoel moet worden beantwoord maar moet ook tevens de gebruikersvriendelijkheid in acht worden genomen. Daarnaast moet een enquête zodanig worden opgezet dat slechts een eenduidige manier van invullen en dus gegevensverzameling mogelijk is. De achterliggende kennis rond het maken van enquêtes is aan te bevelen bij de ontwikkeling van een goed en gebruikersvriendelijk registratiesysteem.

### VI.3. Gebiedsgrootte

In theorie is de voorgestelde toetsingsmethodiek bruikbaar voor het volledige verzorgingsgebied van Vitens OV. Dit betekent echter al gauw dat de 'goede' gebieden ervoor zullen zorgen dat de 'zwakke' gebieden worden gecompenseerd. Hert is echter maar de vraag of het maatschappelijk verantwoord is om bijvoorbeeld een volledige stad, welke niet aan de norm voldoet, als zijnde 'goed' te verklaren op basis van het hele verzorgingsgebied.

In samenspraak met Vitens OV en de vertegenwoordiging van het Bluswateroverleg Brandweer & Vitens OV is daarom gekozen voor een bepaalde gebiedsverdeling. Deze gebieden zullen zodanig worden gekozen dat de toetsing van een steekproef representatief mag worden verondersteld voor het gebied zelf. De gebieden moeten niet te klein worden gekozen vanwege praktische overwegingen maar ook niet te groot vanwege het compenserende vermogen. Voorgesteld is om de volgende 6 beheersgebieden te gaan gebruiken:

- Drenthe (2 gemeenten)
- Noord-Oost Polder (2 gemeenten)
- IJssel-Vecht, te verdelen in 2 beheersgebieden
- Twente, te verdelen in 2 beheersgebieden

Per beheersgebied kan met nog nader te bepalen frequentie de controleprocedure worden uitgevoerd waarna geconcludeerd kan worden of het gebied voldoet aan de gestelde norm. De exacte grenzen moeten nog in overleg getrokken worden.

### VI.4. Toetsingsprocedure

Volgens de methode van *Sequential Probability Ratio Test* moet elk steekproef item (dus elke brandkraan) random worden getrokken uit het totale bestand. Na de controle van dit item moet random een nieuw items worden getrokken. Uit praktisch oogpunt kan vanuit Vitens OV een bepaald aantal, bijvoorbeeld 150, brandkranen worden getrokken waarbij de volgorde van trekken geregistreerd wordt. Deze 150 brandkranen kunnen op een handige volgorde worden gecontroleerd waarna de analyse weer geschiedt op basis van de originele volgorde. Blijkt dat na dit aantal nog geen conclusie kan worden getrokken (de 'route' is nog niet in het 'goedkeur-' of 'afkeur-' vlak terecht gekomen) dan kan een volgende 150 brandkranen worden getrokken. Op het moment dat één van beide grenzen worden overschreden wordt de toetsingsprocedure gestopt. Het teveel gecontroleerde brandkranen kan, bij

afkeur van het bestand, nog wel worden gebruikt voor de nadere schatting van de werkelijke storingskans, zie paragraaf 5.4.2.

#### **VI.5. Nulsituatie en inregeling methodiek**

In het projecthandvest is gesproken over de nulsituatie. Hiermee wordt de huidige situatie en toetsing daarvan bedoeld. Omdat het huidige bestand van geregistreerde gegevens niet voldoet aan de door de controlemethodiek gestelde eisen is het niet mogelijk in deze fase een toetsing uit te voeren. Bij de brandweer wordt op dit moment gekeken of de daar aanwezige gegevens wel de benodigde informatie bevat. Wanneer dit ook niet het geval blijkt te zijn wordt voorgesteld om versneld een nulmeting uit te voeren voor bijvoorbeeld één beheersgebied. binnen deze meting zou de nadruk puur kunnen liggen op het verzamelen van de noodzakelijk controlegegevens op basis van een praktische implementatie van de foutenboom.

Met behulp van deze gegevens kan de definitieve inregeling van de controlemethodiek plaatsvinden. De tevredenheid van het huidige serviceniveau kan daarmee vertaald worden naar de definitieve normgetallen en daarmee de toetsbaarheid van de brandkranen bestanden.

#### **VI.6. Voorstel concreet stappenplan**

In het vervolgtraject zullen een aantal stappen moeten worden doorlopen voor de definitieve bepaling van de normen en de daaraan gekoppelde inregeling van het sequentiële keuringsschema.

- Vaststellen en definitief maken foutenboom
- vaststellen beheersgebieden voor controlemethodiek
- Procedure / formulier + instructie controle uitvoering
- Versnelde uitvoering nulmeting:
  - voor 1 te bepalen beheersgebied
  - schatting totaal benodigde controles (droog + nat): max. 500
  - aselechte random trekking 500 BK's, trekkingsvolgorde onthouden
- Schatting benodigde doorlooptijd: 6 weken
- Bepalen werkelijke storingskans betreffende gebied
- Bepalen werkelijk gebruikskans (gegevens brandweer)
- Vaststellen werkelijk faalkans = voorlopige norm.
- Inregelen controlemethodiek op basis van gegevens nulmeting
- Toetsingsprogramma's overige regio's voorstellen (SPRT)