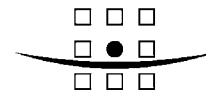


A COMPANY OF



ROYAL HASKONING

HASKONING NEDERLAND BV
MILIEU

Berekening risicobedrag voor na-
zorgstortplaatsen

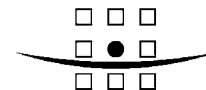
een toelichting

14 april 2003

Definitief rapport

Interprovinciaal Overleg

A COMPANY OF



ROYAL HASKONING

HASKONING NEDERLAND BV
MILIEU

Barbarossastraat 35

Postbus 151

6500 AD Nijmegen

+31 (0)24 328 42 84 Telefoon

+31 (0)24 322 47 89 Fax

info@nijmegen.royalhaskoning.com E-mail

www.royalhaskoning.com Internet

Arnhem 09122561 KvK

Documenttitel Berekening risicobedrag voor nazorg-
 stortplaatsen

Status Definitief rapport

Datum 14 april 2003

Projectnaam Risicoanalyse stortplaatsen

Projectnummer 4L2641.A0

Opdrachtgever Interprovinciaal Overleg

Referentie 4L2641.A0/R0004/OVL/SEP/Nijm

Opgesteld door Drs. O.D.F. van Leeuwen

Gecontroleerd en goedgekeurd door Ing. A.A.M. Boerboom

Datum/paraaf

.....

INHOUDSOPGAVE

	Blz.
1 INLEIDING	1
2 OPBOUW VAN DE NAZORGKOSTEN	2
2.1 Het doelvermogen	2
2.2 De 'reguliere' kosten	2
2.3 Het risicobedrag	2
3 RISICO'S BIJ GESLOTEN STORTPLAATSEN	3
3.1 Maatgevende gebeurtenissen	3
3.2 Uitgesloten risico's	3
4 DE METHODE	4
4.1 Algemeen	4
4.2 Foutenbomen geven de samenhang weer	4
4.3 Het inschatten van kansen	5
4.4 Verwachting van het aantal keer dat maatgevende gebeurtenissen optreden	5
4.5 Verwachting van het tijdstip van optreden van een maatgevende gebeurtenis	6
4.6 Berekening van het risicobedrag	7
4.7 Vervroegde vervanging	8
5 TOT SLOT	9
6 LITERATUUR	10

BIJLAGEN

Bijlage 1: Schematische weergave van de methode

Bijlage 2: Foutenbomen

Bijlage 3: Kansomschrijvingen en toelichtingen

Bijlage 4: Een vereenvoudigd voorbeeld

1 INLEIDING

Zodra een stortplaats vol is of om een andere reden moet stoppen met de acceptatie van afvalstoffen, wordt de exploitatiefase afgesloten. De stortplaats wordt voorzien van een bovenafdichting en daarna gaat een nieuwe fase in: de nazorgfase. Deze fase wordt gekenmerkt door het uitvoeren van monitorings-, onderhouds- en vervangingswerkzaamheden. De nazorgactiviteiten hebben tot doel te voorkomen dat de stortplaats nadelige gevolgen heeft voor het milieu. De provinciale overheid is op basis van de nazorgregeling van de Wet milieubeheer verantwoordelijk voor het uitvoeren van de nazorg van gesloten stortplaatsen, waar na 1 september 1996 nog afval is geaccepteerd. De stortplaats wordt daarom na afgifte van een sluitingsverklaring overgedragen aan de provincie. Het doelvermogen is het vermogen wat voldoende moet zijn om de totale nazorgkosten tot in lengte van jaren te dekken. Dit doelvermogen wordt gedurende de exploitatiefase opgebracht door de exploitant.

De werkgroep AF4a van het Interprovinciaal Overleg (IPO) heeft de taak een methode vast te stellen waarmee de totale nazorgkosten van een stortplaats ingeschat kunnen worden. Dit houdt in zowel de reguliere nazorgkosten als het risicobedrag, namelijk het bedrag ter bestrijding van de kosten veroorzaakt door ongewenste gebeurtenissen: gebeurtenissen die niet "in te plannen" zijn, maar als ze optreden tot hoge kosten leiden. Voor het bepalen van de reguliere nazorgkosten wordt een andere rekenmethode gehanteerd dan voor het bepalen van het risicobedrag.

Uit een inventarisatie en beoordeling van beschikbare methoden, welke door DHV [lit. 1] in opdracht van het IPO zijn uitgevoerd, is de door Royal Haskoning gehanteerde methode gekozen om verder uit te werken. Het IPO heeft gevraagd deze methode inzichtelijk en toepasbaar te maken voor een brede doelgroep. De methode zal, net als de methode voor de berekening van het doelvermogen, deel gaan uitmaken van de IPO-richtlijn voor het opstellen van nazorgplannen voor gesloten stortplaatsen.

Deze toelichting gaat in op de achtergronden, het waarom, de werkwijze en de voor- en nadelen van de methode. Voor een uitgebreidere toelichting op onderdelen van de methode wordt verwezen naar de gebruikershandleiding bij het risicomodel.

2 OPBOUW VAN DE NAZORGKOSTEN

2.1 Het doelvermogen

De provincie stelt, vanuit haar verantwoordelijkheid voor de nazorg, mede op basis van het nazorgplan een doelvermogen vast. Dit doelvermogen is een gekapitaliseerd bedrag waarmee de nazorg eeuwigdurend kan worden uitgevoerd. Het doelvermogen dient voorafgaand aan de sluiting van de stortplaats door de stortplaatsexploitant te worden afgedragen aan de provincie, die daarvoor een nazorgfonds opricht. Zoals in de Wet milieubeheer bepaald, kunnen eventuele wijzigingen in de nazorgkosten na aanvang van de nazorg niet meer met de exploitant verrekend worden. Dat betekent dat een goede inschatting van de kosten en de risico's van groot belang is.

Het doelvermogen zoals dat volgens de huidige landelijk gehanteerde methode wordt berekend bestaat uit de 'reguliere' nazorgkosten en een risicobedrag.

$$\text{Doelvermogen} = \text{'reguliere' nazorgkosten} + \text{risicobedrag}$$

2.2 De 'reguliere' kosten

De 'reguliere' kosten zijn de kosten die samenhangen met de uit te voeren monitorings-, onderhouds- en vervangingswerkzaamheden. Deze kosten zijn relatief eenvoudig te berekenen, omdat vooraf bekend is op welke wijze en met welke frequentie monitoring, onderhoud en vervanging zullen worden uitgevoerd. In het nazorgplan wordt hieraan immers zorgvuldig aandacht besteed.

2.3 Het risicobedrag

Het risicobedrag is in het doelvermogen opgenomen ter dekking van de kosten tengevolge van ongewenste gebeurtenissen. Met dit bedrag dienen de gevolgen van alle ongewenste gebeurtenissen, die gedurende de nazorgperiode optreden, hersteld te worden. Binnen dit kader wordt het risico bepaald door de kans dat het nazorgsysteem, ondanks alle goede zorgen, faalt.

Zodra het nazorgsysteem faalt, ontstaat er een bedreiging voor het milieu en dienen er kosten te worden gemaakt om de situatie te herstellen, de zogenaamde herstelkosten. Het bepalen van de hoogte van het risicobedrag is relatief complex. In het verleden is bij gebrek aan goede methoden om dat bedrag te bepalen veelal een vast percentage van de 'reguliere' nazorgkosten gehanteerd. Dit is echter niet altijd terecht, want daarmee zijn niet de risico's maar de 'reguliere' nazorgkosten bepalend voor de hoogte van het risicobedrag. Een stortplaats met een hoog voorzieningenniveau zal hoge nazorgkosten hebben, maar relatief lage risico's, terwijl een stortplaats met weinig of slechte voorzieningen lage nazorgkosten heeft maar hoge risico's. Bij gebruik van een percentage van de 'reguliere' nazorgkosten zou voor een stortplaats met een laag voorzieningenniveau dus ook een relatief laag risicobedrag berekend worden, terwijl voor werkelijke vertaling van de risico's in geld juist een hoger risicobedrag nodig is. Het risicobedrag betreft kansgewogen herstelkosten:

$$\text{risicobedrag} = \text{kapitalisatiefactor} \times \text{kans} \times \text{herstelkosten.}$$

3 RISICO'S BIJ GESLOTEN STORTPLAATSEN

3.1 Maatgevende gebeurtenissen

Het optreden van een ongewenste gebeurtenis kan leiden tot andere activiteiten dan de verwachte nazorgactiviteiten zoals die in een nazorgplan zijn beschreven en dus begroot. Het gaat dus niet om de normale bandbreedte in nazorgkosten. Het gaat om gebeurtenissen die wel worden onderkend, maar waarvan het zodanig onzeker is of hiervoor ook maatregelen of voorzieningen getroffen moeten worden, dat er in een nazorgplan geen rekening mee kan worden gehouden. Dit wordt ondervangen door ze in een risicoanalyse op te nemen met een bepaalde kans van optreden.

Het optreden van een ongewenste gebeurtenis leidt tot een situatie waarbij het milieu wordt bedreigd. Om de situatie vervolgens te herstellen, dienen kosten gemaakt te worden. Deze kosten worden hier verder 'herstelkosten' genoemd.

De ongewenste gebeurtenissen kunnen gerelateerd zijn aan eigenschappen van de stortplaats zelf (bijvoorbeeld vorm, stortmateriaal en voorzieningenniveau) en omgevingseigenschappen zoals bodemgesteldheid en geohydrologie. Ter berekening van het risicobedrag worden de volgende ongewenste gebeurtenissen onderscheiden:

- een grondwaterverontreiniging (3 typen):
 - a. een vroegtijdig gesignaleerde grondwaterverontreiniging zonder reeds aanwezige (geohydrologische) beheersmaatregelen;
 - b. een vroegtijdig gesignaleerde grondwaterverontreiniging met reeds aanwezige (geohydrologische) beheersmaatregelen;
 - c. een omvangrijke grondwaterverontreiniging (geen vroegtijdige signalering en geen aanwezigheid van beheersmaatregelen).
- een lokaal defect aan de bovenafdichting;
- een vervroegde vervanging van de bovenafdichting.

Naast deze gebeurtenissen zijn er mogelijk nog andere denkbaar. De hierboven genoemde ongewenste gebeurtenissen zullen echter als maat gelden voor de berekening van het risicobedrag. Ze worden in dit kader dan ook de 'maatgevende gebeurtenissen' genoemd. Het uiteindelijk te reserveren risicobedrag zal echter ook moeten worden aangewend om de gevolgen te herstellen van eventuele andere ongewenste gebeurtenissen.

3.2 Uitgesloten risico's

Naast de hierboven beschreven maatgevende gebeurtenissen, welke als voorzienbare risico's beschouwd kunnen worden, kunnen ook onvoorzienbare risico's worden onderscheiden. Deze gebeurtenissen zijn uitgesloten van verrekening in het risicobedrag. Ofwel omdat de hiermee gepaard gaande kosten onder een ander regime verhaald kunnen worden ofwel omdat het IPO van mening is dat de betreffende gebeurtenissen niet thuishoren bij de inschatting van het risicobedrag. Voorbeelden hiervan zijn het optreden van een aardbeving (schade zal worden gedekt door het Rijk) of een neerstortend vliegtuig (aansprakelijkheidsverzekering van een vliegtuigmaatschappij).

4 DE METHODE

4.1 Algemeen

Een risicobedrag wordt gevormd door de combinatie van de kans dat een maatgevende gebeurtenis optreedt en het effect daarvan, uitgedrukt in geld.

Om het risicobedrag te kunnen bepalen, moet daarom worden ingeschat:

- Of een maatgevende gebeurtenis zich voor zal doen en zo ja, hoe vaak en op welk tijdstip in de nazorgperiode (kans);
- Wat de herstelkosten zijn voor elke maatgevende gebeurtenis (effect).

De herstelkosten kunnen per maatgevende gebeurtenis op schematische wijze worden geschat. De berekeningsmethode is uitgebreid toegelicht in de handleiding. De raming dient door deskundigen te worden uitgevoerd.

Het inschatten of een maatgevende gebeurtenis zich voordoet en zo ja, hoe vaak en wanneer, gebeurt door middel van een probabilistische benadering, een methode waarbij het inschatten van kansen centraal staat. De methode wordt in de volgende paragrafen stapsgewijs toegelicht. Een schematisch overzicht van de methode is opgenomen in bijlage 1.

De vervroegde vervanging wordt, vanwege het bijzondere karakter, berekend door middel van een vereenvoudigde methode die recht doet aan het feit dat de vervroegde vervanging éénmaal zal optreden.

4.2 Foutenbomen geven de samenhang weer

Het inschatten van de kans dat een maatgevende gebeurtenis zich voordoet is niet eenvoudig. Hoe groot is bijvoorbeeld de kans dat er in de nazorgperiode een grondwaterverontreiniging ontstaat? Die kans is afhankelijk van een groot aantal factoren. Een grondwaterverontreiniging kan immers pas ontstaan als een of meerdere onderdelen van het nazorgsysteem falen dan wel ontbreken. Zo zal er bijvoorbeeld een percolaatstroom moeten zijn in combinatie met een falende onderafdichting. De kansen dat een percolaatstroom en een falende onderafdichting ontstaan, zijn vervolgens op hun beurt weer afhankelijk van verschillende andere factoren.

Om deze samenhang van factoren, die uiteindelijk kunnen leiden tot het optreden van een maatgevende gebeurtenis, weer te geven, is een zogenaamde foutenboom opgesteld voor elke maatgevende gebeurtenis. De factoren worden in de foutenboom 'basiselementen' genoemd.

De foutenbomen die voor de verschillende maatgevende gebeurtenissen opgesteld zijn, zijn weergegeven in bijlage 2. Omschrijvingen van de basiselementen zijn opgenomen in bijlage 3.

Het voordeel van het gebruik van foutenbomen is dat deze de onderlinge relatie tussen de basiselementen weergeven. Dit is van belang omdat zo ongewenste stapeling van kansen, en daarmee opdrijving van het risicobedrag, wordt voorkomen. Voor twee maatgevende gebeurtenissen zijn foutenbomen opgesteld: het optreden van een grondwaterverontreiniging (onderscheid in 3 typen) en het ontstaan van een lokaal

defect aan de bovenafdichting. Voor de vervroegde vervanging van de bovenafdichting is een vereenvoudigde methode gehanteerd.

4.3 Het inschatten van kansen

Om de kans in te schatten dat een maatgevende gebeurtenis zich voordoet, wordt de foutenboom doorgerekend. Dat betekent dat voor elke basiselement een kans ingeschat wordt. Omdat de basiselementen betrekking hebben op het falen van de nazorgvoorzieningen, worden de kansen 'faalkansen' genoemd.

Indien voor elk basiselement één waarde voor de faalkans wordt ingevuld en de foutenboom vervolgens wordt doorgerekend (vermenigvuldigingen), ontstaat er logischerwijs ook één waarde voor de kans dat de maatgevende gebeurtenis plaatsvindt. Dit zijn eenvoudige berekeningen die in principe handmatig uitgevoerd kunnen worden. Het geven van één waarde voor een faalkans is echter niet reëel. Het hanteren van een kansbereik ligt meer voor de hand. Zo kan de kans op scheurvorming in de bovenafdichting bijvoorbeeld beter worden aangegeven met een kans van 10 à 20% in plaats van met een kans van 15%. In het risicomodel wordt de faalkans voor elk basiselement dan ook voorgesteld als een *kansverdeling*, in de vorm van een driehoeksverdeling [lit. 2]. Voordeel van het gebruik van verdelingen is dat een groter kansbereik kan worden opgegeven in geval van een grotere onzekerheid. Naarmate meer praktijk- of onderzoeksgegevens bekend zijn, kan het bereik worden aangescherpt.

Omdat de omstandigheden bij/in een voormalige stortplaats gedurende de nazorgperiode van een stortplaats veranderen, zullen eveneens enkele faalkansen veranderen. Om de veranderende kansen gedurende de 'levenscyclus' van een stortplaats in de nazorg bij de berekeningen te betrekken, is in het model de mogelijkheid opgenomen om de nazorgperiode op te delen in maximaal 5 termijnen.

Voor het inschatten van de faalkansen wordt gestreefd naar een hoge mate van objectiviteit. De inbreng van deskundigen is daarbij onontbeerlijk om een betrouwbaar eindresultaat te verkrijgen.

Zodra voor elk basiselement van de foutenboom in elke termijn een kansverdeling in het risicomodel is gedefinieerd (door het aangeven van een minimum en maximum faalkans), kan de foutenboom worden doorgerekend. Het is daarbij dan wenselijk dat alle mogelijke combinaties van kansen doorgerekend worden. Dat betekent dat de foutenbomen enkele duizenden malen doorgerekend moeten worden. Omdat dit 'handmatig' ondoenlijk is, maakt het risicomodel gebruik van het computerprogramma @RISK (add-in voor Excel). Het model rekent de foutenbomen een groot aantal keer (5000 iteraties) door, waarbij bij elke iteratie voor elk basiselement een kans uit de aangegeven verdeling wordt genomen. Op deze wijze ontstaat dus 5000 maal voor elke termijn een waarde voor de kans dat de maatgevende gebeurtenis plaatsvindt.

4.4 Verwachting van het aantal keer dat maatgevende gebeurtenissen optreden

Treedt een maatgevende gebeurtenis 0, 1, 2 of zelfs 3 keer op gedurende de nazorgperiode? Dit is van belang om te weten hoe vaak de herstelkosten berekend moeten worden. Nu kun je het aantal malen van voorkomen nooit van te voren weten, maar er kan wel een inschatting worden gemaakt door middel van een simulatie.

Om de verwachting uit te rekenen van het aantal maal dat een maatgevende gebeurtenis plaatsvindt binnen een termijn wordt de berekende kans vermenigvuldigd met het aantal jaren binnen de betreffende termijn.

$$\lambda = np$$

- λ : de verwachting binnen een termijn
 n : het aantal jaren binnen een termijn
 p : de kans op een maatgevende gebeurtenis

Indien een termijn bijvoorbeeld 10 jaar beslaat (n) en de kans op het optreden van een maatgevende gebeurtenis in die termijn is berekend op 0,11 (p), dan wordt verwacht dat die gebeurtenis zich binnen die 10 jaar 1,1 maal voordoet (λ). Om vervolgens een natuurlijk getal als uitkomst te genereren (0, 1, 2 etc.), wordt de zogenaamde Poisson-verdeling gebruikt.

Voor elke maatgevende gebeurtenis wordt per termijn een verwachting berekend van het aantal maal dat die gebeurtenis zich voordoet. Omdat er 5000 iteraties worden uitgevoerd, waarbij telkens andere faalkansen uit de verdelingen worden genomen, wordt voor elke verwachting ook 5000 maal een waarde berekend.

4.5 Verwachting van het tijdstip van optreden van een maatgevende gebeurtenis

Bij de berekening van het risicobedrag wordt ervan uitgegaan dat bij aanvang van de nazorg één geldbedrag gereserveerd dient te zijn, waarmee alle benodigde herstelkosten voldaan kunnen worden. Bij een dergelijke eenmalige inleg is het tijdstip waarop een uitgave plaatsvindt een extra variabele in de risicoanalyse. Een uitgave in het begin van de nazorgperiode zal vanwege de combinatie van rente en inflatie immers betekenen dat er een hoger bedrag gereserveerd dient te worden dan wanneer dezelfde uitgave op een later tijdstip plaatsvindt.

Als bij een iteratie blijkt dat een maatgevende gebeurtenis 1 keer of vaker binnen een bepaalde termijn wordt verwacht, simuleert het risicomodel evenzoveel jaartallen waarin de gebeurtenis plaatsvindt. Deze jaartallen worden aselekt gekozen binnen de termijn waarvoor de verwachting is berekend. Als een termijn bijvoorbeeld jaar 4 t/m 15 vanaf de start van de nazorg beslaat en de verwachting voor een maatgevende gebeurtenis is 3 maal, dan 'kiest' het model binnen die termijn aselekt 3 jaartallen. Aan die jaartallen wordt de kapitalisatiefactor gekoppeld. De kapitalisatiefactor (per jaar) wordt beschreven door de onderstaande formule:

$$\text{Kapitalisatiefactor} = 1/(1+(\text{rente-inflatie})/(\text{inflatie}+1))$$

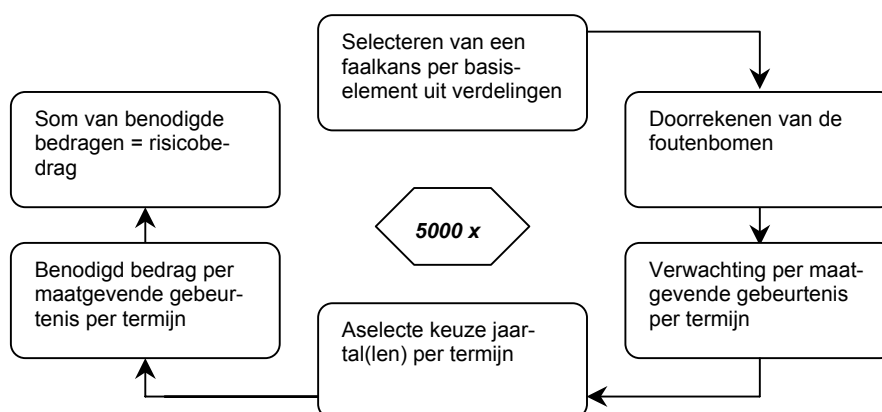
Vermenigvuldiging van de kapitalisatiefactor met de herstelkosten vormt het te reserveren bedrag.

Voorbeeld	
Herstelkosten voor gebeurtenis A:	€ 100.000
Kapitalisatiefactor:	0,981
Termijn 2 :	jaar 4 t/m 15 na de start van de nazorg
Resultaat van één iteratie:	verwachting is 3 maal optreden van gebeurtenis A
Tijdstip van optreden:	aselect door het model gekozen: jaar 5, 8 en 12
In dit geval worden de te reserveren herstelkosten voor termijn 2 voor deze simulatie als volgt berekend:	
jaar 5:	$€ 100.000 * 0,981^5 = € 90.854$
jaar 8:	$€ 100.000 * 0,981^8 = € 85.773$
jaar 12:	$€ 100.000 * 0,981^{12} = € 79.438$
Totaal bij start nazorg:	= € 256.065

4.6 Berekening van het risicobedrag

Zoals hiervoor beschreven wordt per iteratie, die het model uitvoert, elke foutenboom eenmaal doorlopen. Daarbij voert het risicomodel de volgende stappen uit:

- per basiselement van de foutenboom wordt per termijn een faalkans 'gekozen' uit de door de gebruiker gedefinieerde driehoeksverdeling;
- met deze faalkansen wordt elke foutenboom doorgerekend met als resultaat een faalkans per termijn voor de betreffende maatgevende gebeurtenis;
- de faalkans wordt omgerekend naar een verwachting per termijn (in een natuurlijk getal: 0, 1, 2, etc.);
- het model 'kiest' aselect een jaartal (of meerdere: afhankelijk van de verwachting) waarin de maatgevende gebeurtenis zich voordoet;
- door gebruik te maken van de kapitalisatiefactor wordt berekend welke bedragen bij de start van de nazorg benodigd zijn om het effect van een maatgevende gebeurtenis te herstellen. Dit gebeurt per maatgevende gebeurtenis en per termijn;
- tot slot worden voor de betreffende iteratie de te reserveren bedragen bij elkaar opgeteld. Daarmee ontstaat het risicobedrag (zie figuur hieronder).



Omdat deze stappen per iteratie worden doorlopen en er in totaal 5000 iteraties door het risicomodel worden uitgevoerd, ontstaat er ook 5000 maal een waarde voor het risicobedrag. In feite simuleert het model dus 5000 maal de nazorgperiode. Omdat de faalkansen als verdelingen zijn ingevoerd, zullen de kansen op het optreden van een maatgevende gebeurtenis per iteratie verschillen en daarmee ook de verwachtingen. En zelfs als de verwachting bij twee iteraties gelijk is, kan een andere uitkomst ontstaan, aangezien het jaar van optreden eveneens een variabele in het model is.

Doordat de invoer van het model uit verdelingen bestaat, vormt ook de uitvoer, het risicobedrag, een verdeling. Het risicobedrag dat uiteindelijk gereserveerd zal worden is afhankelijk van hoever men het risico wil afdekken. Binnen het IPO is ervoor gekozen om 95% af te dekken. Dit betekent dat van de verdeling van het risicobedrag de 95-percentielwaarde het te reserveren risicobedrag vormt. Deze waarde wordt door het risicomodel berekend.

Ter illustratie van de rekenmethode is in bijlage 4 een vereenvoudigd voorbeeld opgenomen (2 termijnen en 2 maatgevende gebeurtenissen).

4.7 Vervroegde vervanging

De risico-opslag voor vervroegde vervanging wordt, vanwege het bijzondere karakter, berekend door middel van een vereenvoudigde methode die recht doet aan het feit dat de vervroegde vervanging éénmaal zal optreden. Het 'tijdstip van optreden' is al bekend: als aanname geldt een vermindering van de levensduur van 20% van de levensduurverwachting. Het risicobedrag (per stortdeel) is een resultaat van:

kapitalisatiefactor x kans x herstelkosten = risico-opslag

Als uitgangswaarden worden gehanteerd:

- *kapitalisatiefactor*: conform overige onderdelen risicomodel;
- *herstelkosten*: Verschil tussen de reguliere kosten van vervanging en de kosten van vervroegde vervanging.
- *kans van optreden*: Het geven van één waarde voor de kans voor optreden van vervroegde vervanging is niet reëel. Het hanteren van een kansbereik ligt meer voor de hand. De kans op vervroegde vervanging kan bijvoorbeeld beter worden aangegeven met een kans van bijvoorbeeld 5 à 20% in plaats van met een kans van 12,5%. De kans wordt dan ook voorgesteld als een *kansverdeling*, in de vorm van een driehoeksverdeling.

5 TOT SLOT

Het risicomodel is voor het IPO zodanig ontworpen dat het door deskundige provinciale medewerkers, stortplaatsexploitanten en adviseurs kan worden toegepast. Om het model te laten rekenen, dient de gebruiker de volgende gegevens in te voeren:

- enkele algemene gegevens (startjaar nazorg, prijspeil jaar, rente, deskundig in te schatten inflatie);
- herstelkosten per maatgevende gebeurtenis (door deskundige in te schatten);
- indeling in termijnen (aan de hand van de 'levenscyclus' van de stortplaats);
- faalkansen per basiselement van de foutenbomen (minimum en maximum).

Voor het vaststellen van de invoerparameters van het model zal altijd specialistische kennis op het gebied van stortplaatsen (technische aspecten van de betreffende stortplaatsen) en kennis van de locatiespecifieke omstandigheden (bodempopbouw, hydrologie, etc.) vereist zijn. Deze kennis is bij het inschatten van de faalkansen en herstelkosten van prominent belang.

De methode biedt een eenduidige wijze voor de inschatting van het risicobedrag. Aangezien het model locatiespecifieke en stortplaatsspecifieke aspecten bij het inschatten van de faalkansen betreft, biedt de methode een bepaalde ruimte voor inhoudelijke discussie over de grootte van de 'faalkansbereiken'. Het model houdt rekening met onzekerheden (grotere faalkansbereiken bij grotere onzekerheid). Bovendien biedt de methode de mogelijkheid om reeds vóór aanvang van de nazorg vast te stellen welke aspecten van de stortplaats een grote invloed uitoefenen op de hoogte van het risicobedrag. Zodoende is het voor stortplaatsexploitanten mogelijk dat, na het tijdig nemen van maatregelen op de stortplaats om de risico's te verkleinen, de betreffende faalkansen kunnen worden verlaagd en dat daarmee ook het te reserveren risicobedrag lager uitvalt.

6 LITERATUUR

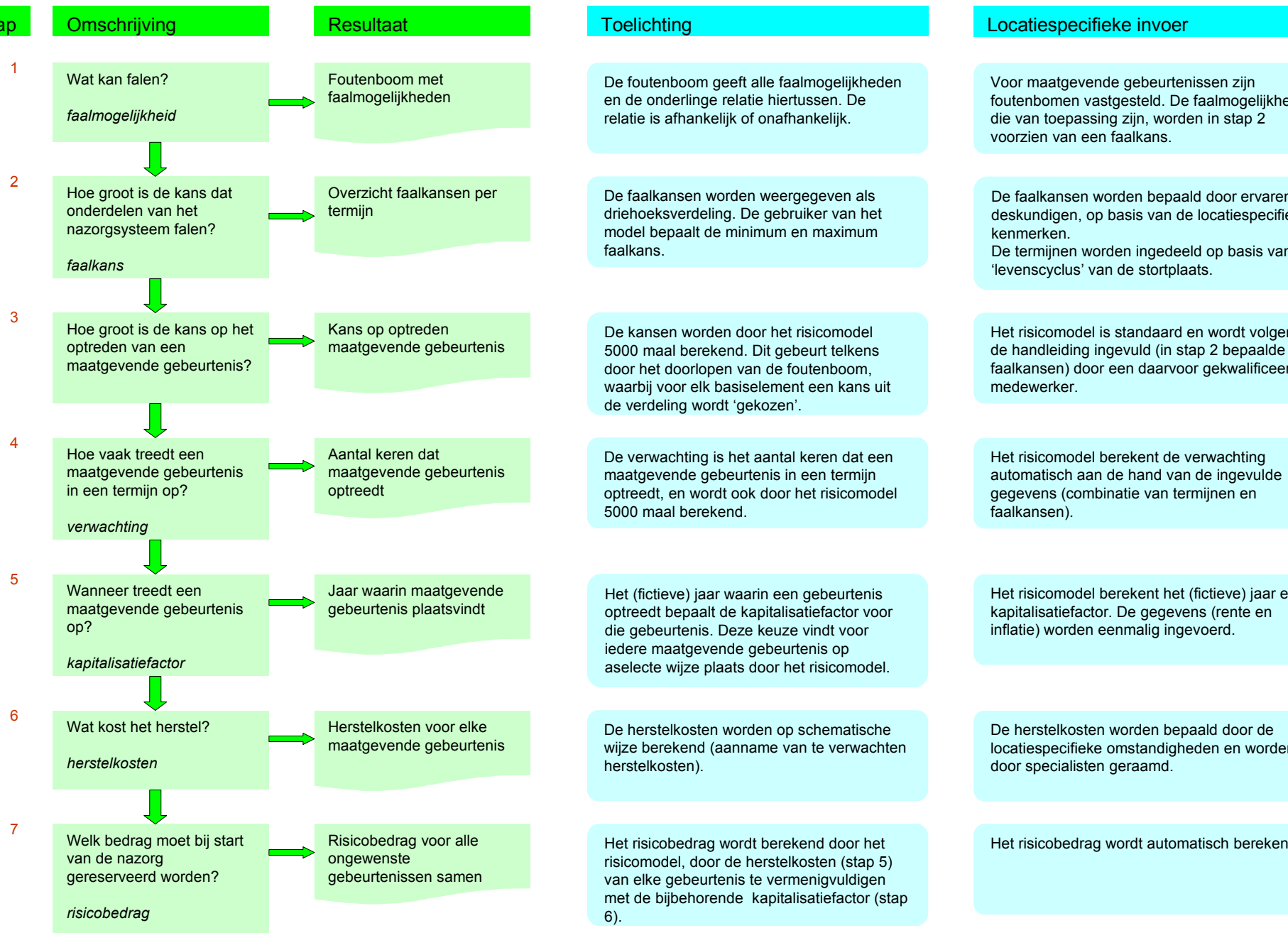
1. Berekening risicoreservering nazorg Leemtewet stortplaatsen (DHV Milieu en Infrastructuur BV, dossier R3081-84-001, 14 augustus 2001).
2. Risk Analysis, a quantitative guide (David Vose, 2000).
3. Statistical Methods (Donald L. Harnett, 1982).



ROYAL HASKONING

Bijlage 1

Schematische weergave van de methode

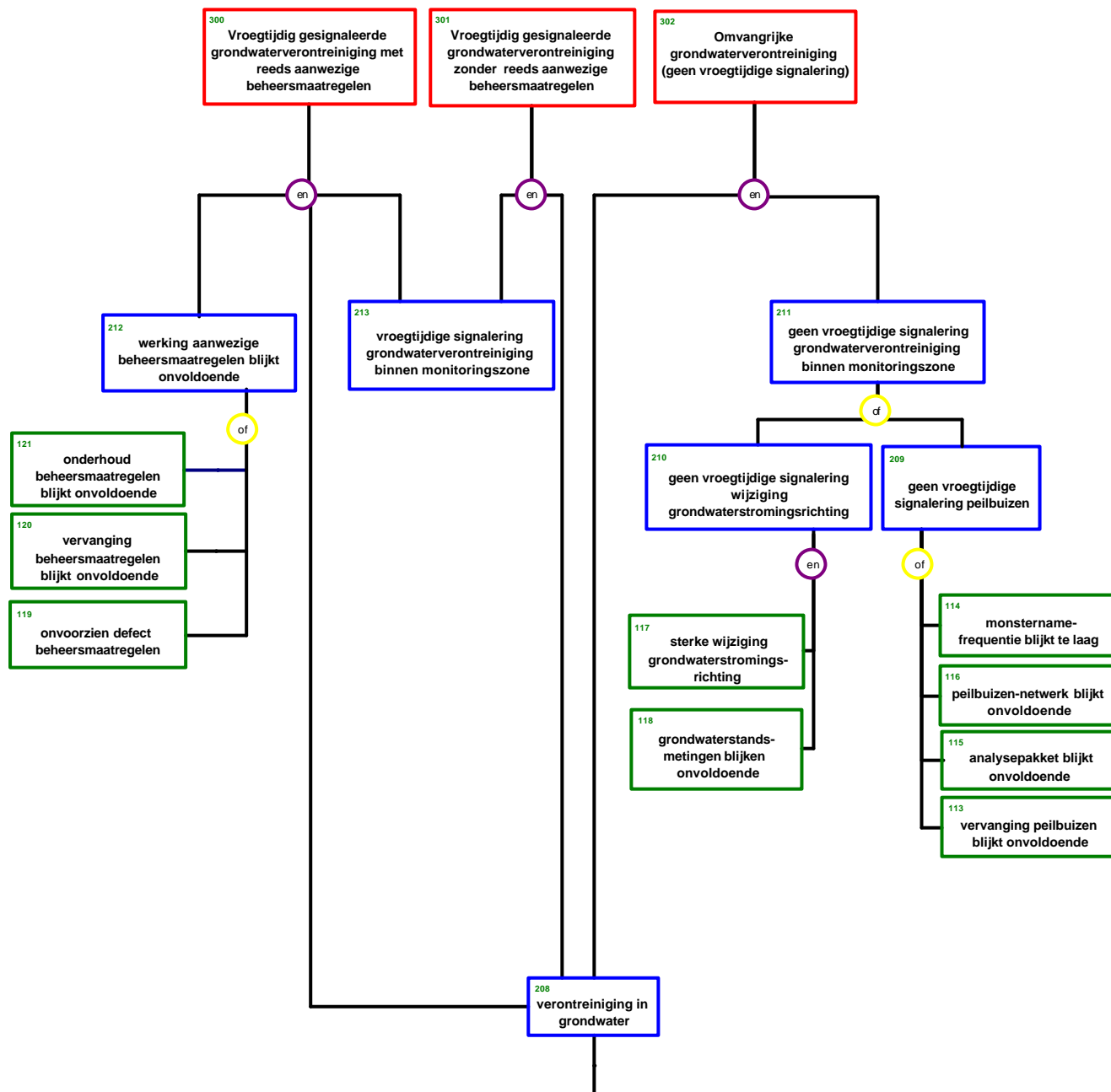




ROYAL HASKONING

Bijlage 2 Foutenbomen

Foutenboom 1a: optreden van een grondwaterverontreiniging

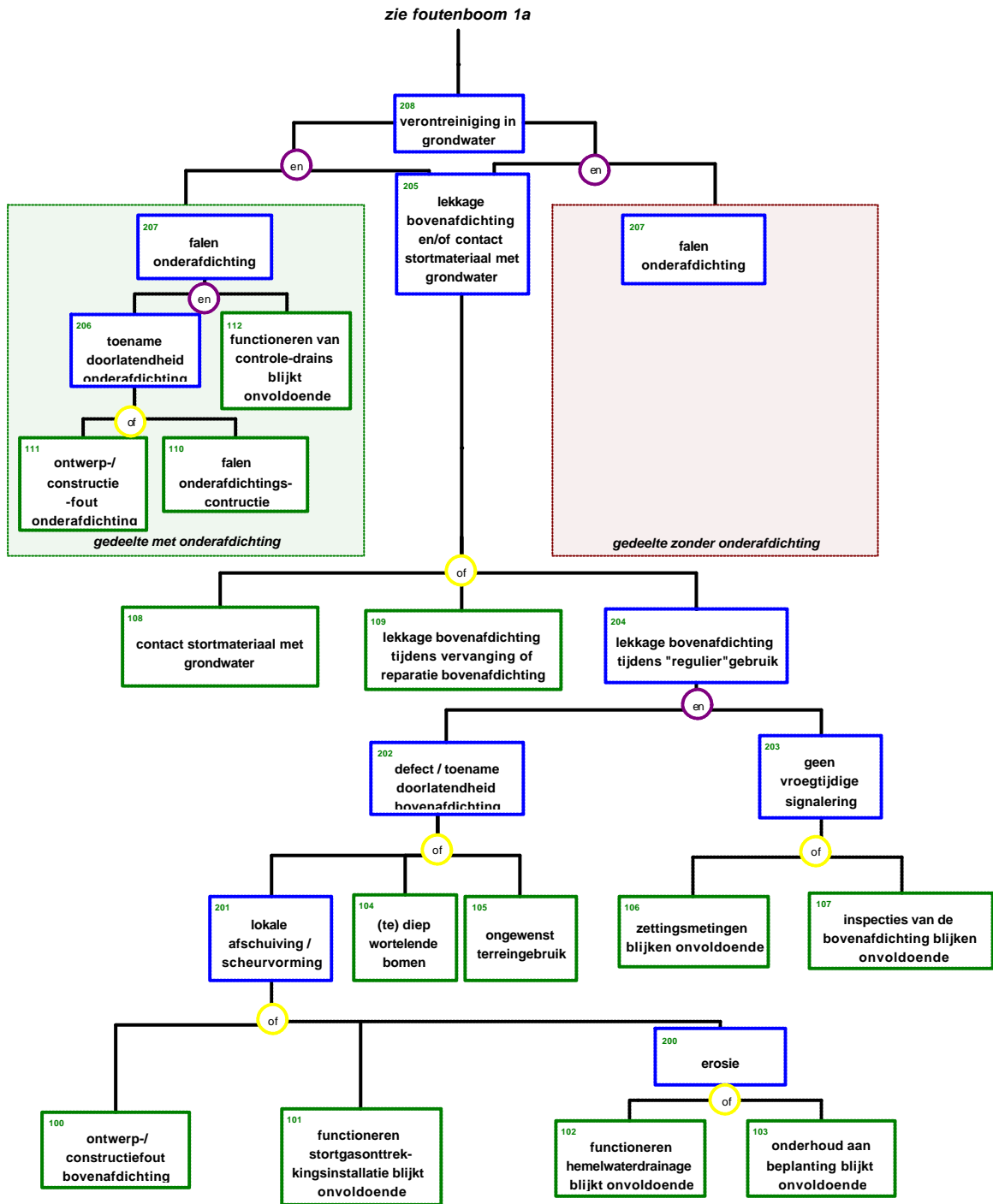


zie foutenboom 1b

Legenda

xx	: Basiselement waarbij kansinvoer noodzakelijk is	en	: Koppeling tussen basiselementen middels "en-kans"
xx	: Basiselement met rekenresultaat	of	: Koppeling tussen basiselementen middels "of-kans"
xx	: Maatgevende gebeurtenis		

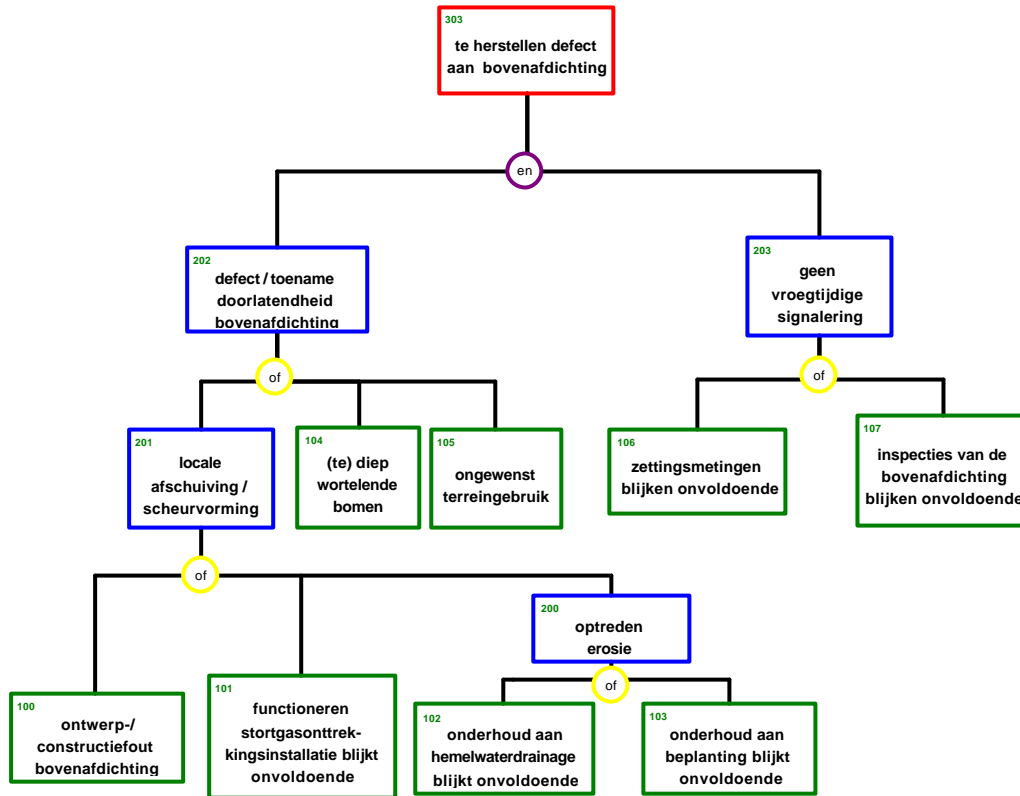
Foutenboom 1b (vervolg): optreden van een grondwaterverontreiniging



Legenda

xx	: Baseielement waarbij kansinvoer noodzakelijk is	en	: Koppeling tussen baseielementen middels "en-kans"
xx	: Baseielement met rekenresultaat	of	: Koppeling tussen baseielementen middels "of-kans"
xx	: Maatgevende gebeurtenis		

Foutenboom 2: optreden van plaatselijk defect aan de bovenafdichting



Legenda

- xx : Baselement waarbij kansinvoer noodzakelijk is
- xx : Baselement met rekenresultaat
- xx : Maatgevende gebeurtenis
- en : Koppeling tussen baselementen middels "en-kans"
- of : Koppeling tussen baselementen middels "of-kans"

Bijlage 3

Kansomschrijvingen en toelichtingen

Code	Kansomschrijving en toelichtingen
100	<p>Kans op: het optreden van een ontwerp- of constructiefout van delen van bovenafdichting</p> <p>Toelichting: Bij de aanleg van de bovenafdichting kunnen constructiefouten zijn gemaakt, waardoor de bovenafdichting plaatselijk niet naar behoren functioneert. De kans is afhankelijk van de complexiteit en het type van de constructie en kan tevens afhankelijk zijn van de helling.</p> <p>Bij het inschatten van de kansen binnen de verschillende termijnen dient rekening te worden gehouden met vervangingen. Het vervangen van de bovenafdichting kan immers enerzijds leiden tot nieuwe constructiefouten en anderzijds tot het ongedaan maken van eventuele eerder gemaakte constructiefouten.</p>
101	<p>Kans op: het slecht of niet functioneren van een stortgasonttrekkingsinstallatie</p> <p>Toelichting: Indien onvoldoende stortgas wordt onttrokken kan er door gasophoppingen een defect aan de bovenafdichting optreden. Deze kans is onder meer afhankelijk van de samenstelling van het stortpakket, de aan-/afwezigheid van een productie- en of fakkelperiode en het niet kloppen van uitgevoerde berekeningen/prognoses.</p>
102	<p>Kans op: het slecht of niet functioneren van de hemelwaterdrainage</p> <p>Toelichting: Indien het hemelwater niet op de juiste wijze, via het hemelwaterdrainagesysteem, wordt afgevoerd, raakt de toplaag verzadigd met water op en kan er erosie optreden.</p> <p>Bij het inschatten van deze faalkans dient men rekening te houden met zettingsgevoeligheid, aard van het stortmateriaal, afschot, mogelijkheid tot dichtslibben van drains, onderhoud- en vervangingsfrequentie en de wijze van aanleg van het systeem.</p>
103	<p>Kans op: onvoldoende onderhoud aan beplanting</p> <p>Toelichting: Inboeten van de beplanting is met name van belang in het begin van de nazorgperiode ofwel bij een tussentijdse wijziging van de bestemming (bijvoorbeeld van natuurgebied in golfterrein).</p> <p>Of er sprake is van onvoldoende (toekomstig) onderhoud hangt af van de aard van het materiaal van de toplaag, de frequentie van onderhoud van de beplanting (zie nazorgplan) en de aanwezige helling.</p>
104	<p>Kans op: het vóórkomen van te diep wortelende bomen</p> <p>Toelichting: Indien bomen te diep wortelen, kan verstoring van de afdichtende laag optreden. Bij de aanplanting van het terrein dient hiermee rekening te worden gehouden, doch op langere termijn kunnen ongewenste boomsoorten wortelschieten. De aard van de beplanting, de toezichtfrequentie en de dikte van de leeflaag zijn factoren die hierbij van belang zijn.</p>
105	<p>Kans op: ongewenst terreingebruik</p> <p>Toelichting: Beschadiging van de bovenafdichting kan optreden als gevolg van menselijke activiteiten. Dit betreft met name ondoordacht handelen (aanbrengen van constructies, voertuigbewegingen). De mogelijkheid tot ongewenst terreingebruik is gerelateerd aan de bestemming van de afgewerkte stortplaats (terreingebruik), de toegankelijkheid ervan, en de ligging ten opzichte van de bewoonde wereld.</p>

Code	Kansomschrijving en toelichtingen
106	<p>Kans op: het onvoldoende blijken van de zettingsmetingen (in kwantitatief en kwalitatief opzicht)</p> <p>Toelichting: Door middel van het meten van zettingen wordt het klinkverloop ter plaatse van een aantal vaste punten vastgelegd. Met name gedurende het begin van de nazorgperiode zal er nog sprake zijn van inklink van het stortlichaam. Indien er zich plaatselijk (te) grote zettingsverschillen voordoen, kan de afdichtende laag worden verstoord. Om te bepalen of er onvoldoende zettingsmetingen worden uitgevoerd, dienen in beschouwing genomen te worden: de snelheid van volstorten, klink- en zettingsaspecten (samenstelling stortpakket, tijdsperiode tot afdichting), de meetfrequentie zoals opgenomen in het nazorgplan.</p>
107	<p>Kans op: het onvoldoende blijken van het inspectieplan van de bovenafdichting</p> <p>Toelichting: Dit betreft de periodieke inspectie van beheerstroken, groenzones, hekwerken, poorten inclusief ongediertebestrijding en voorkomen van zwerfvuil. Inspecties worden uitgevoerd om enerzijds beschadiging van de bovenafdichting te voorkomen, anderzijds kan gewasschade duiden op het vrijkomen van stortgas en dus een breuk in de bovenafdichting.</p>
108	<p>Kans op: contact van het stortmateriaal met grondwater</p> <p>Toelichting: Het betreft hier de kans dat er een dusdanige stijging van de grondwaterspiegel optreedt of zettingen optreden dat het grondwater in contact kan komen met het stortmateriaal indien de onderafdichting niet naar behoren functioneert of indien er geen onderafdichting aangebracht is. De kans wordt groter naarmate er niet aan de droogleggingseis wordt voldaan.</p>
109	<p>Kans op: het ontstaan van een lekkage in de bovenafdichting tijdens vervangings- of reparatiewerkzaamheden</p> <p>Toelichting: Tijdens het vervangen of het uitvoeren van een reparatie van de bovenafdichting kan hemelwater in het stortlichaam terechtkomen en zorgen voor een percolaatstroom. Dit is vooral van toepassing bij het vervangen van (een gedeelte van) de afdichting. De grootte van de faalkans is afhankelijk van de frequentie en wijze van uitvoering van vervangings- en reparatiewerkzaamheden en het type afdichtingsconstructie.</p>
110	<p>Kans op: het verliezen van de functie van delen van de onderafdichtingsconstructie</p> <p>Toelichting: Door verouderingsprocessen, zettingen en dergelijke kunnen lekkages in de onderafdichting ontstaan.</p>
111	<p>Kans op: ontwerp-, uitvoerings- en/of constructiefout van de onderafdichting</p> <p>Toelichting: Bij de aanleg van de onderafdichting kunnen fouten zijn gemaakt, waardoor deze afdichting niet naar behoren functioneert. Van belang hierbij zijn het tijdstip van aanleg van de constructie en het type constructie.</p>

Code	Kansomschrijving en toelichtingen
112	<p>Kans op: onvoldoende functioneren van de controledrains</p> <p>Toelichting: Het al dan niet goed functioneren van de controledrains hangt af van de volgende factoren: zettingsgevoeligheid van de ondergrond, afwisselende ligging van drains onder en boven de grondwaterspiegel, drainafstand, levensduur van de drains</p>
113	<p>Kans op: onvoldoende vervanging van peilbuizen</p> <p>Toelichting: Vervanging van de peilbuizen is afhankelijk van de geschatte levensduur van de peilbuizen. Achterstallige vervanging zal, evenals achterstallig onderhoud leiden tot geen of onbetrouwbare monitoringsresultaten. De faalkansen worden met name beïnvloed door de voorziene frequentie van vervanging uitgaande van een verwachte gemiddelde levensduur van peilbuizen van 15 jaar.</p>
114	<p>Kans op: een te lage monsternamefrequentie (monitoringsplan blijkt onvoldoende)</p> <p>Toelichting: De monsternamefrequentie dient te zijn afgestemd op de kennis van de te verwachten verontreinigende componenten en de beweging van het grondwater. Indien hieraan in het monitoringsplan niet voldoende aandacht wordt besteed, kan het voorkomen dat een grondwaterverontreiniging niet vroegtijdig wordt gesignaleerd, omdat de monstername niet vaak genoeg plaatsvindt. Ook is het mogelijk dat het monitoringsplan in de loop van de tijd achterhaald blijkt te zijn.</p>
115	<p>Kans op: het niet toereikend blijken van de samenstelling van het analysepakket</p> <p>Toelichting: De monitoring van het grondwater vindt plaats door analyse van monsters op een in het nazorgplan (monitoringsplan) vastgesteld pakket. Een en ander op basis van kennis van de achtergrondkwaliteit van het grondwater en de te verwachten verontreinigingen in het stortlichaam. Bij het inschatten van de faalkansen dienen factoren betrokken te worden als de uitgebreidheid van het analysepakket, de argumentatie in het monitoringsplan en de mate van (on)bekendheid met de samenstelling van het stortmateriaal.</p>
116	<p>Kans op: een niet toereikende positionering van de peilbuizen (onvoldoende dicht / filters niet op juiste diepte)</p> <p>Toelichting: De peilbuizen dienen zodanig te worden geplaatst dat er een goed beeld ontstaat van de grondwaterkwaliteit en -beweging. Indien het peilbuizen netwerk onvoldoende dicht is en/of indien de filters niet op de juiste diepte zijn geplaatst, zal een eventuele grondwaterverontreiniging, ondanks regelmatige monstername en analyse op het juiste pakket, onopgemerkt de peilbuizen kunnen passeren. De faalkansen zijn gerelateerd aan het aantal en de diepte van de peilfilters, de grilligheid van de grondwaterstroming, (geplande) aanwezigheid van grondwateronttrekkingen en de diepte van eventuele onttrekkingen.</p>
117	<p>Kans op: een sterke wijziging in de grondwaterstroming</p> <p>Toelichting: Door herinrichting van een gebied en door eventuele grondwateronttrekkingen is vooral op termijn een zodanige wijziging van de geohydrologische situatie mogelijk, dat de getroffen nazorgvoorzieningen (met name het monitoringsstelsel en eventueel een beheersmaatregel) niet meer adequaat zijn.</p>



Code	Kansomschrijving en toelichtingen
118	<p>Kans op: onvoldoende of ontoereikende metingen van de grondwaterstand</p> <p>Toelichting: Het al dan niet tijdig opmerken van een belangrijke wijziging van de grondwaterstromingsrichting is afhankelijk van de frequentie waarmee metingen van de grondwaterstand worden verricht. Om de faalkansen in te schatten dient gekeken te worden naar de argumentatie in het monitoringsplan, de hydrologie ter plaatse (grondwaterstromingssnelheid/-richting, fluctuatie van grondwaterstanden). Indien er sprake is van een leerperiode tot de start van de nazorg, kunnen de kansen worden verlaagd.</p>
119	<p>Kans op: een onvoorzien defect aan de aanwezige beheersmaatregelen</p> <p>Toelichting: Er kan sprake zijn van het optreden van calamiteiten, een verkeerd ontwerp of van menselijk falen. Dit geldt zowel in de operationele als in de stand-by fase. In het geval van een stand-by beheersmaatregel zal een onvoorzien defect alleen kunnen optreden als het scherm wordt ingeschakeld.</p>
120	<p>Kans op: te lage vervangingsfrequentie van (onderdelen van) de beheersmaatregelen</p> <p>Toelichting: Regelmatig dienen onderdelen van de beheersmaatregel(en) te worden vervangen. Vervanging is afhankelijk van de geschatte levensduur van de verschillende onderdelen. Ongeacht of er sprake is van een operationeel of een stand-by beheersmaatregel wordt daadwerkelijke vervanging grotendeels bepaald door de (tijdelijke) gebruiksduur.</p>
121	<p>Kans op: onvoldoende gepleegd onderhoud van (onderdelen van) de aanwezige beheersmaatregelen</p> <p>Toelichting: Indien er sprake is van een beheersmaatregel (bijvoorbeeld een geohydrologisch scherm), zal deze normaliter gedurende een bepaalde maximale periode operationeel zijn. Het is ook mogelijk, dat deze beheersmaatregel een aantal jaren niet operationeel is, doch stand-by wordt gehouden. Ten behoeve van de bepaling van de faalkans dient te worden uitgegaan van de aanwezigheid van de beheersmaatregel gedurende een vastgestelde periode, ongeacht het feit of er sprake is van een operationele beheersmaatregel of een stand-by beheersmaatregel. Achterstalig onderhoud van de beheersmaatregel kan leiden tot het dichtslibben van filters of drains alsmede het slecht of niet functioneren van pompen en/of watermeters hetgeen leidt tot een (sterk) verminderde effectiviteit van de maatregel.</p>
122	<p>Kans op: noodzakelijke vervroegde vervanging van de bovenafdichting</p> <p>Toelichting: Hierbij dient een minimum en maximum te worden aangegeven voor de kans dat vervroegde vervanging van de bovenafdichting noodzakelijk is. Default zijn de minimum- en maximumwaarde gesteld op respectievelijk 5% en 20%. Voor elke onderscheiden bovenafdichting (maximaal 7) dienen deze faalkansen apart te worden ingevuld (deel A t/m G).</p>

Bijlage 4

Een vereenvoudigd voorbeeld

Voorbeeld

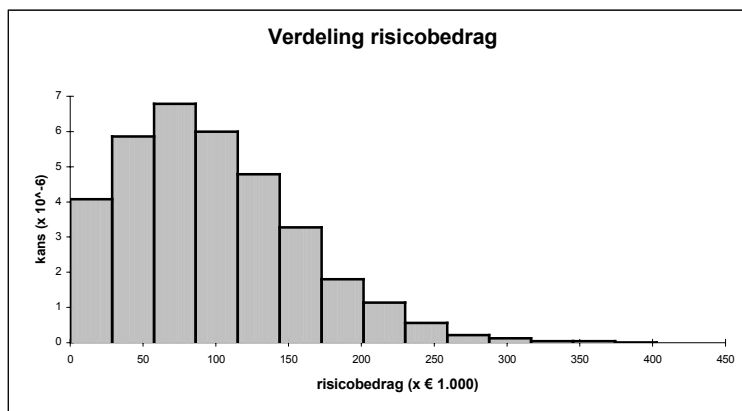
Uitgangspunten:

- voor een periode van 50 jaar dient een risicobedrag te worden bepaald;
- de periode is ingedeeld in 2 termijnen (0-10 jaar en 10-50 jaar);
- er worden 2 maatgevende gebeurtenissen onderscheiden: I en II;
- de herstelkosten voor maatgevende gebeurtenis I en II bedragen respectievelijk € 50.000 en € 100.000;
- de kapitalisatiefactor bedraagt 0,97 (bij een effectieve rente van 3,1%).

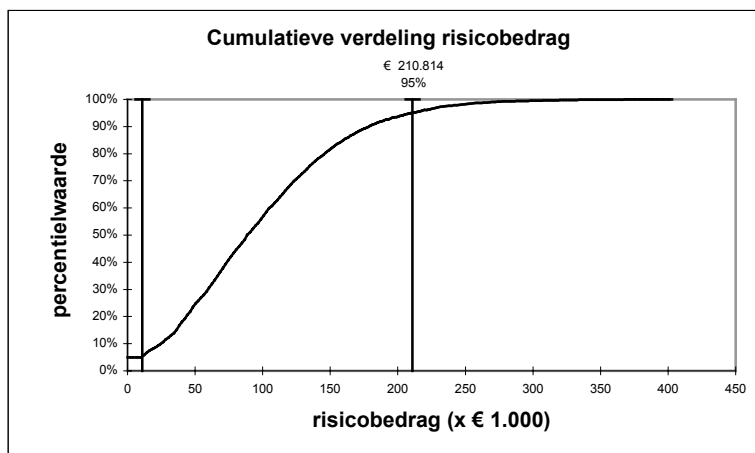
De uitkomsten van 2 iteraties zijn als volgt:

maatgevende gebeurtenis	periode	uitkomst iteratie 1		uitkomst iteratie 2	
		optreden in jaar	te reserveren bedrag	optreden in jaar	te reserveren bedrag
I	0-10 jaar	5	€ 42.940	8	€ 39.190
	10-50 jaar	24	€ 24.070	16	€ 30.710
		39	€ 15.240	-	
II	0-10 jaar	-		-	
	10-50 jaar	31	€ 38.900	37	€ 32.400

De te reserveren risicobedragen zijn voor de iteraties 1 en 2 respectievelijk € 121.150 en € 102.300. De risicoanalyse bestaat echter niet uit 2 iteraties, maar 5000, zodat er ook 5000 waarden voor het risicobedrag worden gegenereerd. Doordat de invoer van het model deels uit verdelingen bestaat (faalkansen), vormt de uitvoer van het model, het risicobedrag, eveneens een verdeling. Voor dit voorbeeld is een dergelijke verdeling onderstaand weergegeven.



Het risicobedrag dat uiteindelijk zal worden gereserveerd, is afhankelijk van de mate waarin men de risico's wil afdekken. Dit kan worden geïllustreerd in het onderstaande cumulatieve risicoprofiel.



Het volledig afdekken van risico's wordt bedrijfseconomisch niet verantwoord bevonden. Voor de vaststelling van het risicobedrag dient de 95-percentielwaarde bepaald te worden. In dit voorbeeld betekent dit dat het risicobedrag € 210.814 bedraagt.