

Relative Ranking als hulpmiddel voor risico-evaluatie

A.W. Zwaard¹ en L.H.J. Goossens²

Samenvatting

Volgens artikel 4 van de Arbowet moet elke werkgever beschikken over een schriftelijke risico-inventarisatie en -evaluatie. Om risico's te evalueren, wordt gebruik gemaakt van normen en van zogenoemde 'Relative Ranking' methoden. In een aantal van deze methoden worden scenario's opgesteld waarna een risico-score wordt berekend als het produkt van drie parameters die corresponderen met effect, blootstellingsfrequentie en waarschijnlijkheid. Dit artikel licht enkele basisbegrippen toe en bespreekt de algemene uitgangspunten die nodig zijn voor het uitvoeren van zo'n risico-evaluatie. Daarnaast wordt een overzicht gepresenteerd van een aantal ranking-methoden en wordt een nadere beschouwing gegeven van de meest gebruikte methode.

Inleiding

In artikel 4 van de Arbeidsomstandighedenwet (Arbowet) is een verplichting opgenomen tot het inventariseren en evalueren van de gevaren van het werk voor de werknemers (de zogeheten risico-inventarisatie en -evaluatie). Diverse 'instrumenten' om risico's in kaart te brengen zijn intussen beschikbaar, meestal gebaseerd op reeds eerder uitgedachte principes, om de schakering van risico's te inventariseren. Het betreft veelal checklisten, soms voorzien van een protocol. Om de verplichting tot evaluatie handen en voeten te geven, zijn ook 'Relative Ranking' methoden uitgewerkt. Hiermee is een vergelijkende – en daarmee beoordelende – van verschillende risico's mogelijk. De ervaring leert dat de methoden nog wel eens verkeerd worden gebruikt (Zwaard, 1994; 1996). Veel onjuiste toepassingen komen neer op het onjuist interpreteren van de globale omschrijvingen van de kans-parameters en op het verkeerd gebruik van zogenaamde scenario's. Scenario's beschrijven de patronen waarlangs de gevaren van het werk schade aan personen kunnen toebrengen. Bij schade wordt in dit verband niet alleen gedacht aan direct lichamelijke letsel van personen, maar ook aan gehoorschade of aan ziektes als gevolg van inademing van gevaarlijke stoffen.

In dit artikel wordt een aantal basisbegrippen kort toegelicht en worden enkele algemene uitgangspunten besproken die nodig zijn voor het uitvoeren van een risico-evaluatie. Daarnaast wordt een overzicht gepresenteerd van een aantal ranking-methoden en wordt een nadere beschouwing gegeven van de meest gebruikte methode.

1. Gorlaeus Laboratoria, Rijksuniversiteit te Leiden, Postbus 9502, 2300 RA Leiden.

2. Vakgroep Veiligheidskunde, Technische Universiteit Delft, Kanaalweg 2B, 2628 EB Delft.

Summary

According to the Dutch Working Conditions Law employers should identify and assess all work related risks in their company. To evaluate risks standards and so called Relative Ranking methods are used. In some of these methods a risk score is calculated as the product of three parameters corresponding with possible consequences, exposure and likelihood.

This paper highlights relevant basic notions and discusses general principles necessary to perform a risk evaluation. Furthermore an overview is presented of some ranking methods and the most widely used method is discussed.

Trefwoorden: risico-evaluatie, Relative Ranking, scenario, risico-kenmerken

Wat is risico?

Het begrip 'risico' wordt op uiteenlopende manieren omschreven en gebruikt (Vlek, 1990; Zwaard en Passchier, 1995). Elke omschrijving benadrukt bepaalde kenmerken en kent zijn eigen toepassingsgebied. Sommige omschrijvingen refereren meer aan de mogelijke gevolgen, andere nemen meer de kansen daarop in beschouwing. In de dagelijkse arbo-praktijk wordt risico meestal opgevat als een combinatie van een (meestal één) ongewenst gezondheidseffect en de waarschijnlijkheid van het optreden daarvan. In de kwantitatieve risico-analyse gebruikt men een risico-definitie waarin het risico van een bepaalde activiteit wordt beschouwd als een verzameling van scenario's met bijbehorende effecten en de kansen daarop (Kaplan en Garrick, 1981). Deze definitie biedt ook binnen de risico-inventarisatie en -evaluatie volgens de arbowetgeving goede aanknopingspunten.

Een scenario is een beschrijving van gebeurtenissen, beginnend met een afwijking in de beschouwde situatie en leidend tot een effect. Dit effect is een ongewenst eindpunt en kan variëren van gezondheidsschade tot milieuschade of een financieel verlies. De kans is de (veelal geschatte) waarschijnlijkheid dat het scenario zich voltrekt uitgaande van de beschouwde situatie. Scenario's kunnen zowel het ontstaan van een korte-termijn effect beschrijven (ongevalsscenario's) als het ontstaan van vertraagde gezondheidseffecten (belastingsscenario's). In alle gevallen kent risico drie elementen:

- wat kan er gebeuren en tot welk gevolg leidt dat? (*scenario*);
- hoe ernstig is het gevolg? (*effect*);
- wat is de kans dat dit gebeurt? (*kans*).

Preciezer gezegd: scenario, kans en effect vormen een triplet $\langle s_i, p_i, x_i \rangle$, waarin s_i een scenario is, p_i de kans dat dat scenario zich realiseert en x_i het resulterende effect. Risico is 'een verzameling tripletten', schematisch weerge-

geven als $\langle s_i, p_i, x_i \rangle$.

In de dagelijkse praktijk wordt meestal volstaan met het beschouwen van een beperkt aantal scenario's of zelfs één scenario. Daarbij wordt dan (al dan niet bewust) slechts een gedeelte van het risico beschouwd. Toch wordt in dergelijke gevallen voor één triplet van scenario, kans en effect ook wel de uitdrukking 'risico' gebruikt.

Voor een nadere begripsvorming is het goed om ook het begrip gevaar te definiëren. Gevaar is in deze benadering een verzameling dubletten: $\langle s_i, x_i \rangle$. In het begrip gevaar ontbreekt dus het facet kans. Daarmee is gevaar een beperkt en moeilijk beoordeelbaar begrip: het effect manifesteert zich, of niet. Om de manifestatie van het gevaar te kunnen beoordelen, is het begrip kans nodig.

Selectie van scenario's

Het in kaart brengen en beoordelen van risico's begint met het selecteren van scenario's ten behoeve van de risico-inventarisatie. Daartoe wordt eerst het systeem, dat onderwerp is van de analyse, afgebakend. Vervolgens wordt bepaald welke effecten worden bestudeerd en tenslotte vindt een clustering van scenario's plaats.

1. Over welk systeem gaat het?

De selectie van scenario's begint, in termen van de systeemtheorie, met duidelijk maken over welk systeem het gaat. Het systeem dat wordt onderzocht moet eenduidig zijn omschreven en afgebakend. Daaruit wordt duidelijk waar de systeemgrens wordt getrokken en wat binnen het kader van de analyse wel en niet het systeem kan beïnvloeden. Dit bepaalt de selectie van de scenario's in belangrijke mate.

Eén en ander hangt nauw samen met het doel en de context van de risico-studie. In een risico-analyse die wordt uitgevoerd in het kader van een milieu-effectrapportage zullen andere scenario's worden onderzocht dan in een risico-inventarisatie en -evaluatie volgens de Arbowet. Zo ontbreken bij het in kaart brengen van de risico's van een werksituatie veelal de scenario's gebaseerd op externe factoren, zoals het neerstorten van een vliegtuig op het bedrijf. In veel gevallen is dat geen probleem, maar het is belangrijk dat de keuzen expliciet worden gemaakt.

Enkele voorbeelden van risico-studies die verschillen in doel en context, zijn:

- onderzoek naar een vestigingsplaats van een fabriek;
- opstellen van een arbeidsveiligheidsrapport (AVR);
- beslissen over het wel of niet treffen van een dure risicobeperkende maatregel;
- een risico-inventarisatie en -evaluatie in het kader van de Arbowet.

2. Over welke gevolgen gaat het?

Ook de afbakening van gevolgen (effecten) binnen het gekozen systeem heeft invloed op de scenario's die worden geselecteerd. Soms kan worden volstaan met de scenario's die acute dood tot gevolg hebben. In het kader van een risico-inventarisatie en -evaluatie volgens de Arbowet gaat het echter om *alle* gezondheidseffecten van werknemers. Een risk manager zal daarnaast echter ook effecten zoals zaakschade en imagooverlies voor het bedrijf meenemen in zijn analyse. De keuze van scenario's is dus sterk afhankelijk van de vraag voor welke elementen in een systeem welke gevolgen worden beoordeeld. Vervolgens worden alleen die gevarenbronnen geïnventariseerd die mogelijk aan de gekozen effecten kunnen bijdragen. Het in kaart brengen van deze bronnen, die ook elementen zijn van het gekozen systeem, gebeurt primair in de risico-inventarisatie. Dat wil zeggen dat in de risico-inventarisatie al een belangrijke selectie van scenario's plaatsvindt.

3. Wat zijn scenario's?

Scenario's zijn van oudsher ingrediënten van foutenboom-analyses. In zulke analyses vindt altijd een aggregatie (clustering) van scenario's plaats. In een foutenboom staan de topgebeurtenissen (ongewenste gebeurtenissen) centraal, die voortkomen uit een scala aan basisgebeurtenissen. Bij de analyse van chemische en nucleaire installaties zijn dat bijvoorbeeld leidingbreuken, scheuren van vaten, uit de hand lopende chemische reacties en dergelijke. Elke leidingbreuk is uniek evenals de oorzaak-gevolgketen die daartoe leidt. Toch worden leidingbreuken vaak ondergebracht in één categorie omdat de gevolgen en de ontstaansgeschiedenissen overeenkomen en voor de kansbepaling dan kan worden gesommeerd over alle mogelijke leidingbreuken, ongeacht de precieze oorzaken ervan. Het begrip scenario wordt dan ook veelal gebruikt voor een verzameling min of meer vergelijkbare opeenvolgingen van gebeurtenissen.

In een foutenboomanalyse (CCPS, 1989; Aven, 1992) geven de topgebeurtenissen samen alle denkbare (of relevant geachte) scenario's. De 'minimale sneden' tonen aan op welke verschillende wijzen de topgebeurtenissen (en dus scenario's) zich kunnen manifesteren.

Ook voor verzamelingen ongevallen kan deze opvatting van het begrip scenario goed worden gebruikt. Eén scenario representeert dan meerdere ongevallen *van ongeveer dezelfde soort*. Bij het aggregeren van ongevallen tot één scenario behoeft dan niet meer te worden uitgegaan van de basisgebeurtenissen, maar wordt uitgegaan van een combinatie van relevante systeemelementen.

Zo zijn ongevallen met robots (Goossens, 1991) in te delen in de volgende mogelijke systeemelementen: (1) mensen (operators, programmeurs, onderhoudspersoneel, omstanders), en (2) type industrie (metaalindustrie, auto-industrie, elektronica-industrie, overige industriën). In zowel het eerste als het tweede geval resulteren vier combinaties van scenario's die samen dezelfde verzameling robot-ongevallen op verschillende manieren doorsnijden en verdelen in deelverzamelingen (Goossens, 1989). Het uiteindelijke risico is in beide gevallen hetzelfde, maar de uitwerking ervan verschilt. Het biedt de mogelijkheid om robot-ongevallen te categoriseren en eventueel onderling te vergelijken.

Het bovenstaande geldt niet alleen voor foutenboomanalyses en robot-ongevallen, maar voor elke risico-analyse die gebruik maakt van scenario's. Een gedetailleerde benadering levert altijd oneindig veel scenario's en het is noodzakelijk om deze te clusteren. Dit is op verschillende manieren mogelijk en gebeurt veelal op pragmatische overwegingen.

De keuze van aggregeren wordt bepaald door wat de vraagsteller wil bekijken, maar ook door wat logisch mogelijk is om te onderscheiden. Dit laatste aspect wordt bepaald door wat er is geregistreerd over bijvoorbeeld ongevallen met robots. Als de herkomst van de ongevallen naar type industrie onbekend is, zijn scenario's gebaseerd op dat onderscheid weinig zinvol.

Voor het definiëren van de scenario's in een risico-inventarisatie en -evaluatie ligt het voor de hand te categoriseren naar werkplekken. Binnen deze werkplekken kan er bovendien aanleiding zijn tot het onderkennen van meerdere scenario's (meestal met verschillende effecten: gehoorschade, gezondheidsschade door blootstelling aan gevaarlijke stoffen, ongevallen). Het is wel essentieel dat de gevonden scenario's elkaar uitsluiten, omdat er anders sprake kan zijn van (onbedoelde) overlap.

4. De stap naar risico-inventarisatie en -evaluatie

De risico-inventarisatie blijft feitelijk beperkt tot het

opsommen van scenario's met een verbale omschrijving in trefwoorden. Met bijvoorbeeld de eerder genoemde 'Relative Ranking' methoden worden de tripletten compleet gemaakt omdat dan waarden voor de effecten en kansen worden toegevoegd.

Om risico's te kunnen vergelijken is het wenselijk om te beschikken over kwantitatieve risico-omschrijvingen. Hoewel populaire uitdrukkingen zoals 'risico is kans maal effect' suggereren dat risico eenvoudig kwantificeerbaar is, is de werkelijkheid ingewikkelder. Uitgaande van het risicobegrip volgens Kaplan en Garrick is risico zeer moeilijk te bepalen als één ('eendimensionale') grootte (Vlek, 1990; Zwaard en Passchier, 1995).

Door het gebruik van risicokenmerken kan het ideaal van een kwantificeerbaar risico worden benaderd. Risicokenmerken hebben echter verschillende beperkingen.

Risicokenmerken

Risicokenmerken zijn op één of andere manier typerend voor de situatie waarvan het risico wordt beoordeeld.

Meetbare grootheden of combinaties daarvan

Risicokenmerken kunnen betrekking hebben op een (werk)situatie waarbij – veelal impliciet – scenario's zijn geselecteerd en soms ook kansen en effecten zijn beschouwd. Voorbeelden zijn de hoogte waarop werkzaamheden worden uitgevoerd, het geluidniveau, de concentratie in de lucht van een schadelijke stof waarbij wordt gewerkt. Soms betreft het meer complexe, samengestelde kenmerken. Voorbeelden daarvan zijn:

- de gevarenszone-indeling met betrekking tot gasontploffingsgevaar (Arbeidsinspectie, 1992);
- de Predicted Mean Vote (PMV) als parameter voor het thermisch klimaat (NEN/ISO 7730);
- de Recommended Weight Limit in de NIOSH-tilmethode (NIOSH, 1981);
- het 'welzijnsprofiel' in de WEBA-methode (DGA, 1989);
- beoordelingsparameters voor werkhouding zoals in het Ovako Working posture Analysing System (Karhu *et al.*, 1977).

Het is echter ook mogelijk dat er geen scenario ten grondslag ligt aan de gegevens. Zulke gegevens ('gevaarsindexen'; 'kengetallen') worden verzameld in de fase, voorafgaand aan de risico-inventarisatie. Zij variëren van gebruikscijfers, verzuimcijfers en elektrische vermogens tot toxiciteitsgegevens. Ook deze worden soms gecombineerd tot meer complexe parameters. Voorbeelden daarvan zijn:

- de AVR-aanwijzingsfactor, gebaseerd op toxiciteit en explosiegevaar (Arbeidsinspectie, 1988);
- de risicoklasse van een laser-opstelling, gebaseerd op uittredend vermogen en golflengte (Sliney en Wolbarsht, 1980);
- een beleidsindicator voor het werken met oplosmiddelen, gebaseerd op verbruik, MAC-waarde en dampspanning (Zwaard, 1990);
- de containment-parameter voor laboratorium-experimenten, gebaseerd op hoeveelheid stof, verspreidingskans en toxiciteit (NVVK en IAVM, 1989).

Het voordeel van de bovengenoemde risicokenmerken is dat ze een toetsing aan normen mogelijk maken. In een dergelijke vorm van risico-evaluatie wordt dan afgezien van een expliciete beschrijving in termen van scenario's.

Direct op kans en effect gebaseerde risicokenmerken

Gebaseerd op de eenvoudige uitdrukking 'risico is kans maal effect' zijn er vele eenvoudige kenmerken ontwikkeld die het mogelijk maken om de grootte van risico's grofweg te vergelijken. Door hier gebruik van te maken, richt men zich dus niet op toetsing aan normen maar op

een onderlinge vergelijking van de risico's zelf. Een oppervlakkig literatuur-onderzoek levert al snel enkele tientallen methodes op. Vele daarvan zijn te vinden in de grijze literatuur en vormen varianten op hetzelfde thema. Deze risicokenmerken kunnen worden verdeeld in twee typen:

a. In de eenvoudigste benaderingen wordt zowel aan kans als aan effect een waarde toegekend; de getallen worden vermenigvuldigd en het resulterende produkt is een maat voor het risico. De range, die het produkt bestrijkt, wordt veelal verdeeld in een aantal risico-klassen. Voorbeelden hiervan zijn de Risk Assessment Code en het Risk Number (zie tabel 1).

b. Omdat het schatten van kansen moeilijk is, wordt in een tweede variant een splitsing aangebracht van het aspect kans in twee 'deel-kansen'. Meestal moet men hierbij eerst schatten hoe groot de kans is dat een bepaalde (begin)situatie zich voordoet en vervolgens hoe groot de kans is dat het effect zich voordoet, uitgaande van de beginsituatie. Het bekendste voorbeeld is de methode van Kinney en Wiruth (zie tabel 1).

In variaties op de genoemde methodieken worden soms parameters toegevoegd die nauw samenhangen met het aspect kans. Voorbeelden zijn het aantal mensen dat is blootgesteld aan het risico en de mate waarin het risico kan worden beheerst of afgewend. Ook kunnen extra parameters worden toegevoegd die betrekking hebben op bijvoorbeeld risicobeleving of te treffen maatregelen.

De plaats van Relative Ranking

In de praktijk hebben arbodeskundigen behoefte aan methoden om risico's te vergelijken. Relative Ranking maakt dit mogelijk en bestaat in bredere zin uit het vergelijken van getalsmatige risicokenmerken waardoor een rangordening van risico's mogelijk is. Zoals gezegd kunnen deze risicokenmerken een uiteenlopend karakter hebben en variëren van een werkhoogte of de risico-klasse van een laser tot het produkt van een kans- en een effect-parameter. In alle gevallen geldt dat de resultaten van de ranking-methode geen absolute maar slechts een relatieve betekenis hebben.

Relative Ranking is een techniek die binnen verschillende instrumenten als hulpmiddel kan worden gebruikt. In de 'levensfase' van een systeem kan de methode op verschillende momenten worden toegepast. Zo zullen bij het ontwerp van een systeem talloze (technische en organisatorische) eisen worden gesteld. Vervolgens kan met bepaalde instrumenten, zoals storingsanalyse, worden nagedacht over het risico, gegeven het systeemontwerp. Daarin kan Relative Ranking een ondersteunende rol spelen. Als de risico's worden geaccepteerd, wordt het systeem operationeel en kunnen risicobeoordelingen plaatsvinden met andere instrumenten, bijvoorbeeld met inspecties. Ook hierbij kan gebruik worden gemaakt van Relative Ranking. Op grond hiervan kunnen aanvullende risicobeperkende maatregelen worden getroffen.

Ranking-methoden richten zich meestal op technische en gedragsgebonden aspecten hoewel in principe ook organisatorische risicokenmerken kunnen worden beschouwd. Een voorbeeld van het laatste is de frequentie waarmee inspecties worden gehouden.

De term Relative Ranking (ook wel Rapid Ranking) wordt de laatste tijd veel gebruikt voor methoden waarmee risico's worden vergeleken via het produkt van een kans- en een effect-parameter waarbij één scenario is geselecteerd. Strikt genomen gaat het dus niet om een vergelijking van risico's maar om een vergelijking van tripletten van scenario, effect en kans.

Nadat het risico is afgebakend, het systeem is geselecteerd

Tabel 1. Voorbeelden van direct op kans en effect gebaseerde risicokenmerken met de gebruikte parameters, de range en het aantal klassen daarvan, en het aantal gebruikte risicoklassen.¹ Grafische weergave;² Effect bepaalt mede risicoklasse

| risicokenmerk | gebruikte parameters | range | aantal klassen | aantal risicoklassen |
|---|----------------------------|--------|----------------|----------------------|
| Risk Score (<i>Fine, 1971</i>) | Consequences | 1-100 | 6 | 3 |
| | Exposure | 0,5-10 | 6 | |
| | Probability | 0,1-10 | 6 | |
| Risk Score (<i>Kinne en Wiruth, 1976</i>) | Possible consequences | 1-100 | 6 | 5 |
| | Exposure | 0,5-10 | 6 | |
| | Likelihood | 0,1-10 | 7 | |
| Risk Assessment Code (RAC) (<i>Hendrick en Bener, 1987</i>) | Probabilities | | 4 | 4 |
| | Consequences | | 4 | |
| risk number (<i>Steel, 1990</i>) | likelihood | 1-9 | 9 | - |
| | severity | 1-9 | 9 | |
| Hazard Rating Number (HRN) (<i>Steel, 1990</i>) | Probability of exposure | 0-15 | 7 | 8 |
| | Frequency of exposure | 0,1-5 | 7 | |
| | Maximum probable loss | 0,1-15 | 7 | |
| | Number of persons at risk | 1-12 | 5 | |
| Risiko (<i>IRIS 1990</i>) | Kans | 1-5 | 5 | 4 ² |
| | Effect | 1-10 | 10 | |
| Risicocategorie ¹ (<i>Arbeidsinspectie, 1991</i>) | Omvang schade | | 4 | 8 |
| | Aanwezigheidsduur | | 2 | |
| | Gevaarsafwending | | 2 | |
| | Waarschijnlijkheid | | 3 | |
| Risicoklasse ¹ (<i>Henstra, 1992</i>) | Effect | | 5 | 7 |
| | Blootstellingsfrequentie | | 6 | |
| | Waarschijnlijkheid | | 6 | |
| | Gevaarsafwending | | 2 | |
| Risk ¹ (<i>prEN 1050, 1993</i>) | Severity of possible harm | | 3 | - |
| | Frequency of exposure | | 2 | |
| | Probability of occurrence | | 3 | |
| | Possibilities of avoidance | | 2 | |
| Risiko-klasse (<i>SKB, 1994</i>) | Blootstellingsfrequentie | 0,5-10 | 6 | 3 |
| | Effect | 1-40 | 5 | |
| | Waarschijnlijkheid | 0,1-10 | 7 | |

teerd (bijvoorbeeld: een werkplek of bedrijf) en de effecten zijn geselecteerd (bijvoorbeeld: gezondheidsschade van werknemers), worden verschillende scenario's ('risico's') vergeleken. Het kan daarbij gaan om verschillende scenario's binnen één werksituatie of om een vergelijking van verschillende werksituaties.

Een nadere beschouwing van de meest gebruikte methode

In het nu volgende wordt aandacht geschonken aan de ranking-methode die van de op kans en effect gebaseerde benaderingen in Nederland het meeste lijkt te worden toegepast. In deze methode wordt een risico-score berekend als het product van drie parameters, meestal aangeduid als effect (E), blootstellingsfrequentie (B) en waarschijnlijkheid (W). Nadat een scenario is geselecteerd, geeft de blootstellingsfrequentie aan hoe vaak een bepaalde gevaarlijke situatie (de begingebuurtenis; een geselecteerd punt in het scenario) zich voordoet. De waarschijnlijkheid geeft aan hoe waarschijnlijk het is, gegeven de begingebuurtenis, dat het scenario zich ontrolt tot en met het effect. B en W representeren dus de eerder genoemde deel-kansen.

De basis voor de methode ligt in een rapport van het Amerikaanse Naval Weapons Centre (Kinney en Wiruth, 1976). De daarin beschreven methode hanteert omschrijvingen en waarden van de parameters die zijn weergegeven in tabel 2-4.

Het vaststellen van de drie parameters blijkt in de praktijk tot verschillende problemen te leiden (Zwaard, 1996). Als het scenario is vastgesteld, ligt de effect-parameter E

Tabel 2. Omschrijving en waarden voor de parameter E (effect, 'possible consequences'; Kinney en Wiruth, 1976)

| E | omschrijving |
|-----|---|
| 100 | catastrophe (many fatalities, or >\$10 ⁷ damage) |
| 40 | disaster (few fatalities, or >\$10 ⁶ damage) |
| 15 | very serious (fatality, or >\$10 ⁵ damage) |
| 7 | serious (serious injury, or >\$10 ⁴ damage) |
| 3 | important (diability, or >\$10 ³ damage) |
| 1 | noticeable (minor first aid accident, or >\$100 damage) |

Tabel 3. Omschrijving en waarden voor de parameter B (blootstellingsfrequentie, 'exposure'; Kinney en Wiruth, 1976)

| B | omschrijving |
|-----|-----------------------|
| 10 | continuous |
| 6 | frequent (daily) |
| 3 | occasional (weekly) |
| 2 | unusual (monthly) |
| 1 | rare (a few per year) |
| 0,5 | very rare (yearly) |

Tabel 4. Omschrijving en waarden voor de parameter W (waarschijnlijkheid, 'likelijkheid'; Kinney en Wiruth, 1976)

| W | omschrijving |
|-----|-------------------------------|
| 10 | might well be expected |
| 6 | quite possible |
| 3 | unusual but possible |
| 1 | only remotely possible |
| 0,5 | conceivable but very unlikely |
| 0,2 | practically impossible |
| 0,1 | virtually impossible |

vast. De parameter B levert geen problemen op zolang de blootstellingsfrequentie varieert tussen dagelijks (B = 6) en jaarlijks (B = 0,5). De uitdrukking 'voortdurend' (B = 10) is lastiger en wordt uiteenlopend geïnterpreteerd. Nog lastiger zijn de waarden voor de parameter Waarschijnlijkheid.

Een uitgangspunt van de methode is dat de waarde die voor de risico-score wordt berekend eenduidig correspondeert met het te verwachten (financiële) verlies per tijdseenheid, bijvoorbeeld per jaar. Met een bepaalde waarde voor de risico-score correspondeert dus een bepaald te verwachten verlies per jaar, ongeacht de waarden die zijn toegekend aan de individuele parameters E, B en W. Uit de combinaties van B en W (voor B = 6, 3, 2 en 0,5) blijkt dan dat de schaal met waarden voor W een logaritmisch karakter heeft: met het kiezen van een lagere waarde voor W in tabel 4 wordt de bijbehorende (deel-)kans steeds ruwweg een factor 10 kleiner. Een globale 'ijking' van de schaal met waarden van W is mogelijk door gebruik te maken van een vergelijkbare ranking methode (Fine, 1971).

Daarbij worden voor W = 10, 6 en 0,1 de volgende omschrijvingen gebruikt:

W = 10: 'is the most likely and expected result if the hazard-event takes place';

W = 6: 'is quite possible, would not be unusual, has an even 50/50 chance';

W = 0,1: 'practically impossible sequence or coincidence; a "one in a million" possibility (has never happened in spite of exposure over many years)'

Dit betekent dat de kansen die met de waarden van W corresponderen bij benadering de volgende grootte hebben: >50% (W = 10); 50% (W = 6); 1% (W = 3); 10^{-3} (W = 1); 10^{-4} (W = 0,5); 10^{-5} (W = 0,2); 10^{-6} (W = 0,1).

Deze ijking kan verder worden verfijnd door gebruik te maken van de geldbedragen die aan de omschrijvingen van de waarden van E zijn toegevoegd (zie tabel 2). Daarmee is voor elke combinatie van E, B en W het te verwachten verlies per jaar te berekenen. Als dit wordt gedaan voor $0,1 \leq W \leq 1$ en B = 6; 3; 2; 0,5 blijkt de eenduidige relatie tussen risico-score en te verwachten verlies. De logaritmes van de risico-score en het te verwach-

Tabel 5. Voorgestelde (deel-)kansen corresponderend met de waarden voor de parameter W (waarschijnlijkheid) in de methode van Kinney en Wiruth

| W | kans |
|-----|-----------|
| 10 | 50% |
| 6 | 10% |
| 3 | 1% |
| 1 | 10^{-3} |
| 0,5 | 10^{-4} |
| 0,2 | 10^{-5} |
| 0,1 | 10^{-6} |

ten verlies vertonen een ruwweg lineair verband. Door extrapolatie kunnen de kansen die met W = 3, 6 en 10 corresponderen worden afgelezen (zie tabel 5).

Volgens de opstellers van de methode moet dus W = 6 ('quite possible'; 'zeer wel mogelijk') worden gelezen als een kans van ongeveer 10% en W = 10 ('might well be expected'; 'te verwachten') als 50%.

Met een ruim twee maal zo grote risico-score correspondeert ruwweg een tien maal zo groot te verwachten verlies per jaar. Door de rechte lijn te extrapoleren, wordt ook duidelijk wat de opstellers van de methode zich voorstellen bij de 'lastige' waarde van 10 (en 1) voor de blootstellingsfrequentie B. Met B = 10 ('continuous') wordt bedoeld een blootstellingsfrequentie van ongeveer vijf maal per dag en met B = 1 ('a few per year') een frequentie van ongeveer vier maal per jaar.

De waarden in tabel 5 moeten worden geïnterpreteerd als een orde-grootte. Het spreekt daarnaast vanzelf dat de precieze waarden de verschillende aannames en keuzes die inherent zijn aan de methode niet meer reflecteren en dus met voorzichtigheid moeten worden gehanteerd.

Enkele gebruikelijke varianten

De hiervoor beschreven methode lijkt momenteel de meest toegepaste ranking-methode die is gebaseerd op een schatting van kans en effect. Er zijn drie nauw verwante varianten populair:

- De variant op de methode van Kinney en Wiruth (Zwaard, 1994; 1996) die verschilt van de oorspronkelijke methode in het weglaten van de grootste waarde voor de effect-parameter (E = 100: vele doden). Daarnaast wordt voor B = 1 en B = 0,5 een iets andere omschrijving gehanteerd (jaarlijks, respectievelijk <1 maal per jaar). Bovendien wordt de mogelijkheid geboden om de risico-klasse te verlagen bij een 'effectieve gevaarsafwendings'. Deze methode is zonder deze laatste mogelijkheid en met een gewijzigde klasse-indeling overgenomen in de ABRIE-methode (SKB, 1994).

- De aan Kenneth c.s. toegeschreven methode (Provinciaal Veiligheidsinstituut, 1985) die vrijwel identiek is aan de methode van Kinney en Wiruth. Het enige verschil bestaat uit het hanteren afwijkende grenzen voor de risico-klassen (160 en 320 in plaats van respectievelijk 200 en 400).

- De risicoklassificatie met een nomogram (Henstra, 1992) die afwijkt omdat het een grafische methode is die geen getallen hanteert voor de parameters. De omschrijving daarvan is echter identiek aan de eerst genoemde methode. Een ander afwijkend aspect is het gebruik van zeven in plaats van vijf risico-klassen. Ook in het nomogram wordt de mogelijkheid geboden om de risico-klasse te verlagen bij een effectieve gevaarsafwendings. Er bestaat geen essentieel verschil tussen de drie methoden.

Ten slotte

Om een risico-evaluatie uit te voeren wordt veelal gebruik gemaakt van risicokenmerken. Wanneer deze zijn gebaseerd op (een combinatie van) meetbare grootheden is een toetsing aan normen mogelijk. Zo'n benadering levert uiteindelijk slechts een beperkte mogelijkheid tot het stellen van prioriteiten.

Daarnaast bestaat de mogelijkheid om gebruik te maken van op kans en effect gebaseerde risicokenmerken. Een dergelijke risico-evaluatie, waarin gebruik wordt gemaakt van scenario's, sluit aan bij de kwantitatieve risicodefinitie van Kaplan en Garrick. Het is daarmee mogelijk om risico's te rangordenen zodat een beter bruikbaar uitgangspunt ontstaat voor het stellen van prioriteiten.

In de varianten op de methode van Kinney en Wiruth wordt gebruik gemaakt van een risico-score die het product is van drie parameters: effect (E), blootstellingsfrequentie (B) en waarschijnlijkheid (W). Deze methoden zijn, mits de uitgangspunten goed worden gehanteerd, geschikt voor het controleerbaar uitvoeren van een risico-evaluatie. Daarbij verdient het juiste gebruik van scenario's en een juiste toekenning van waarden aan de parameters W en B de nodige aandacht.

Referenties

- Arbeidsinspectie, P 172-1, Arbeidsveiligheidsrapport; Leidraad aanwijzing AVR-plichtige installaties, Den Haag, 1988.
- Arbeidsinspectie, CV 17, Leidraad risico-taxatie, Den Haag, 1991.
- Arbeidsinspectie, P 182, Gevarenzone-indeling met betrekking tot gasontploffingsgevaar, Den Haag, 1992.
- Aven, T., Reliability and Risk Analysis, Elsevier Applied Science, London, 1992.
- CCPS, Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis, American Institute of Chemical Engineers, New York, 1989.
- DGA, S 71, Functieverbetering en organisatie van de arbeid, Voorburg, 1989.
- Fine, W.T., Mathematical Evaluations for Controlling Hazards, Naval Ordnance Laboratory, White Oak, 1971.
- Goossens, L.H.J., Risk assessment of robot systems in: Koornneef F. (ed.), Robot safety, Proceedings of the symposium on robot safety, 2 mei 1989, TU Delft.
- Goossens, L.H.J., Risk prevention and policy making in automatic systems, Risk Analysis 11, 217 (1991).
- Hendrick, K., en Benner, L., Investigating Accidents with STEP, Marcel Dekker, New York, 1987.
- Henstra, D.C., Risicoklassificatie door middel van een nomogram, NVVK-Info, 1, 39 (1992).
- IRIS: Integrale Risico Inventarisatie Systeem, Consultass, Zwolle, 1990.
- Kaplan, S., en Garrick, B.J., On the Quantitative Definition of Risk, Risk Analysis 1, 11 (1981).
- Karhu, O., Kansu, P. en Kuorinka, I., Correcting working postures in industry: a practical method for analysis, Appl. Ergon. 8, 199 (1977).
- Kinney, G.F. en Wiruth, A.D., Practical Risk Analysis for Safety Management, Naval Weapons Centre, China Lake, 1976.
- NEN/ISO 7730, Gematigde thermische binnencondities, Bepaling van de PMV- en PPD-waarde en specificatie van de voorwaarden voor thermische behaaglijkheid.
- NIOSH, Work practices guide for manual lifting, U.S. Department of Health and Human Services, 1981.
- NVVK en IAVM, Richtlijnen voor het werken met (zeer) toxische stoffen in het laboratorium, 1989.
- PREN 1050, Veiligheid van machines. Risico-analyse, 1993.
- Provinciaal Veiligheidsinstituut, Veiligheid en Gezondheid bij de Arbeid, Antwerpen, 1985.
- SKB (Stichting Kwaliteitsbevordering Bedrijfsgezondheidszorg), ABRIE: Algemene Bedrijfsverkenning Risico-Inventarisatie en -Evaluatie, Amsterdam, 1994.
- Sliney, D. en Wolbarsht, M., Safety with Lasers and Other Optical Sources, Plenum Press, New York, 1980.
- Steel, C., Risk Estimation, The Safety & Health Practitioner, June 1990, p. 20.
- Vlek, C.A.J., Beslissen over risico-acceptatie, Gezondheidsraad, Den Haag, 1990.
- Zwaard, A.W., Blootstelling aan oplosmiddelen in laboratoria, Arbeidsomstandigheden 66, 839 (1990).
- Zwaard, A.W., Tien misvattingen over risico-evaluatie, Arbeidsomstandigheden 70, 17 (1994).
- Zwaard, A.W., Risico ranking is lastiger dan het lijkt, Arbeidsomstandigheden 72, 167 (1996).
- Zwaard, A.W. en Passchier, W.F., Risicobepaling en risicobeheersing, Tijdschrift voor Toegepaste Arbeidwetenschap 8, 8 (1995).