

# Berekening van arbeidsveiligheidsrisico's

## Nieuwe instrumenten om risico's te wegen

Vera Sol<sup>1</sup>, Henk Jan Manuel<sup>1</sup>, Linda Bellamy<sup>2</sup>, Martin Damen<sup>3</sup>, Martijn Mud<sup>4</sup>, Joy Ob<sup>5</sup>

### Samenvatting

Werknemers kunnen tijdens hun werk gewond raken of overlijden als gevolg van ongevallen. Een model is ontwikkeld waarmee arbeidsrisico's kwantitatief kunnen worden bepaald en waarmee voorspeld kan worden hoe het risico verlaagd wordt door inzet van risicoreducerende maatregelen: Occupational Risk Calculator, ORCA [WORM-metamorfose consortium, 2009]. Dit model is gebouwd na analyse van bij de Arbeidsinspectie gerapporteerde arbeidsongevallen en bepaling van de blootstelling van werknemers aan risicovolle activiteiten. Met behulp van het model en daarop gebaseerde software kunnen werkgevers nu de arbeidsrisico's van hun werknemers en hun bedrijf in kaart brengen. Dit kan gebruikt worden om risicoreducerende maatregelen te prioriteren, bijvoorbeeld voor een RI&E.

### Inleiding

In Nederland raken elk jaar werknemers gewond of overlijden als gevolg van ongevallen op het werk. In 2008 bijvoorbeeld bedroeg het aantal arbeidsongevallen met dodelijke afloop 98 [Venema et al., 2010]. Het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid (SZW) heeft als één van de beleidsdoelstellingen dat ze veiligheid en gezondheid op het werk wil bevorderen. Het programma Versterking Arbeidsveiligheid was de afgelopen jaren een van de programma's waarmee SZW werkgevers en werknemers wilde stimuleren en ondersteunen om veiliger te werken [KplusV, 2008]. Doel van het programma was het behalen van een reductie van arbeidsongevallen binnen een aantal geselecteerde bedrijven en het opzetten van een risicomodel om een kwantitatief inzicht in de oorzaken en gevolgen van arbeidsongevallen te verkrijgen. Reductie van het aantal arbeidsongevallen bij geselecteerde bedrijven bleek mogelijk door het uitvoeren van zogenaamde veiligheidsverbetertrajecten [Hale et al., 2010]. Aangezien het kwantificeren van arbeidsrisico's vanwege de complexiteit en gebrek aan statistische data een zeer uitdagende opgave werd geacht [Rimington et al., 2003], werd een internationale onderzoeksgroep samengesteld om dit project uit te voeren. Het resultaat van het project, het risicomodel ORCA (Occupational Risk Calculator) is inmiddels gebruikt in een aantal business cases om het in de praktijk te testen en te onderzoeken hoe het gebruiksvriendelijker gemaakt kan worden. Over de business-cases zal apart gerapporteerd worden. Met ORCA zijn vragen te beantwoorden als:

- Hoe vaak valt er iemand van het dak?

<sup>1</sup> Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Centrum Externe Veiligheid, IPB 110, Postbus 1, 3720 BA Bilthoven; email: vera.sol@rivm.nl

<sup>2</sup> White Queen, Hoofddorp

<sup>3</sup> RIGO, Amsterdam

<sup>4</sup> RPS Advies, Delft

<sup>5</sup> Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Den Haag

### Summary

Employees can get injured or might die as a consequence of job-related incidents. A model was developed to quantify the occupational risk and predict the risk reducing effect of measures (Occupational Risk Calculator, ORCA). This model was built after analysing job-related incidents documented in incident reports of the Labour Inspectorate and determining the extent to which employees are exposed to potentially risky situations/activities. Employers can now calculate the occupational safety risk of their employees and their company with software, based on the model. This can be used to prioritise risk reducing measures, e.g. for an RI&E.

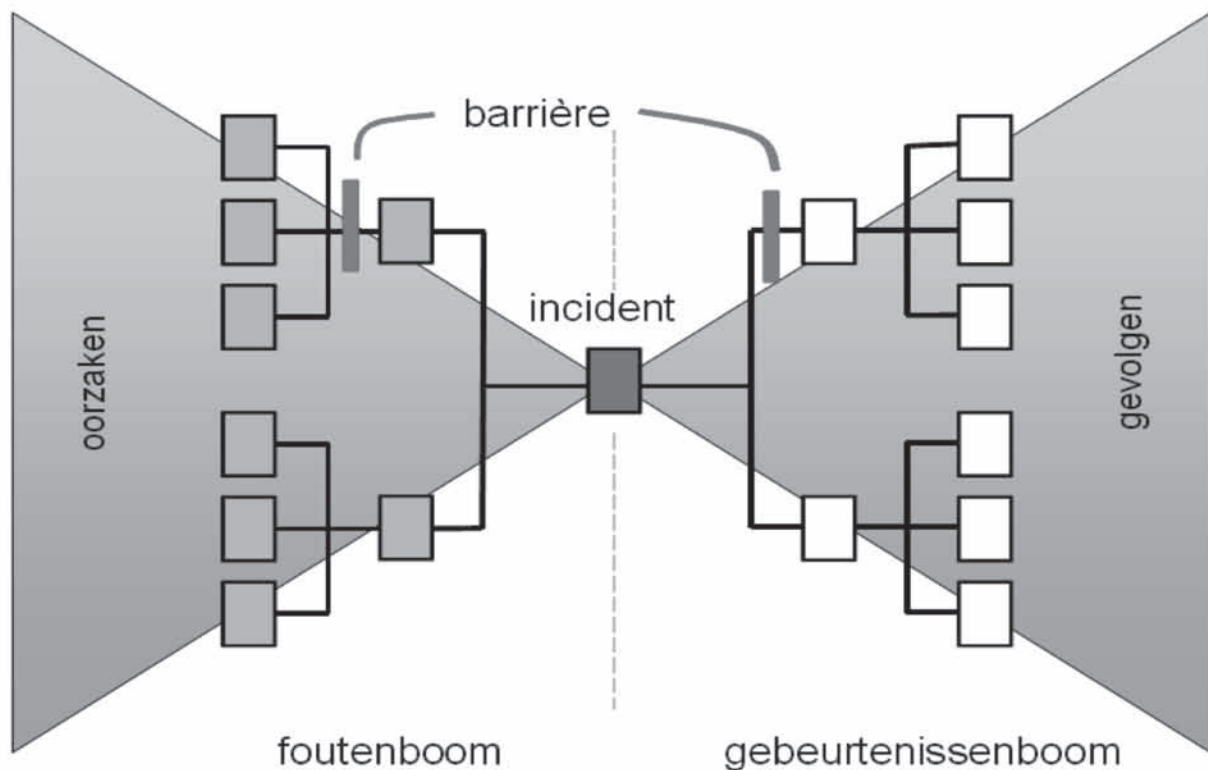
- Hoe gevaarlijk is het werken in een bepaald beroep?  
- Is het veiliger om over te stappen van gebruik van ladders naar steigers?

- Welke maatregelen leveren het grootste preventieve effect met de minste kosten?

Dit artikel geeft een beschrijving van de concepten die in ORCA gebruikt zijn en de algemene structuur. Daarnaast worden enkele resultaten gegeven.

### Materialen en methoden

ORCA is gebaseerd op het vlinderdasmodel, ookwel bow-tie genoemd, bekend uit de risicoanalyse. Het middelpunt van de vlinderdas wordt gevormd door de centrale gebeurtenis, een ongewilde, plotselinge gebeurtenis (bijvoorbeeld vallen van hoogte). De mogelijke oorzaken (foutenboom) staan links en de consequenties (effecten) staan rechts van het middelpunt. Een voorbeeld is gegeven in figuur 1. In de vlinderdas worden ook de preventieve en repressieve maatregelen (barrières) opgenomen die de ongevallen kunnen voorkomen of de effecten beperken. Daarmee is het model een uitbreiding van het ongevalsmodel van Haddon waarin de barrière centraal staat [Haddon, 1973]. Voorafgaand aan de centrale gebeurtenis zijn vele andere gebeurtenissen mogelijk. De persoon die viel stond op een steiger, dak, ladder, bij een gat in de grond, etc. Ook na de val kunnen er verschillende gebeurtenissen optreden. In feite gaat het om heel veel verschillende verhalen (stories) die allen een val van hoogte gemeen hebben. Bij de ontwikkeling van ORCA is getracht zoveel mogelijk details uit de ongevalsverhalen te verzamelen. Deze



Figuur 1: Bowtiemodel. Aan de linkerkant staan alle mogelijke oorzaken die kunnen leiden tot het centrale incident. Aan de rechterkant staan alle mogelijke gevolgen die op kunnen treden nadat het incident heeft plaatsgevonden

zijn opgeslagen als een gestructureerde serie van gebeurtenissen in een speciaal hiervoor ontwikkeld softwarepakket Storybuilder [Bellamy et al., 2007, Bellamy et al., 2008]. Voor een kwantitatief risicomodel is echter meer nodig dan ongevalsanalyse. Er is ook informatie nodig over het aantal keren dat bepaalde activiteiten zijn ondernomen (hoe vaak en hoe lang wordt er op een ladder gewerkt) en de mate waarin de vereiste preventieve of repressieve maatregel ook daadwerkelijk aanwezig zijn. Op die manier kan een vergelijking gemaakt worden tussen de personen die een ongeluk hebben gehad en zij die dat niet hebben gehad. Daartoe zijn gegevens verzameld over de blootstelling aan gevaren en de staat van de barrières. Ten slotte zijn gegevens nodig over maatregelen, en de kosten en doeltreffendheid daarvan. Hieronder wordt ingegaan in de verschillende stappen die zijn gezet om risicoberekeningen met ORCA mogelijk te maken.

#### Analyse van arbeidsongevallen

Wanneer zich ernstige ongevallen voordoen zijn bedrijven verplicht dit te melden aan de Arbeidsinspectie, die vervolgens onderzoek doet naar de oorzaken. Het gaat hierbij om ongevallen met dodelijke afloop, blijvend letsel of ziekenhuisopname als gevolg. Daardoor is veel achtergrondinformatie over ernstige ongevallen beschikbaar. Het gaat om ca. 2000 ongevallen per jaar die zijn opgenomen in I-net, het rapportage en opvolgingsysteem van de Arbeidsinspectie [SZW, 2009]. Er zijn verschillende programma's voor ongevalsanalyse beschikbaar, zoals Tripod en LOPA (Layers of Protection Analysis) [Van Alphen et al., 2008]. Deze zijn bedoeld voor de daadwerkelijke analyse van een ongeval en niet voor het coderen en vastleggen van bestaande ongevalsrapportages. Daarom is een grafische interface ontwikkeld waarmee het verhaal achter elk ongeval uit I-net gecategori-

seerd kon worden, Storybuilder. Startpunt van de analyse is het vaststellen van de centrale gebeurtenis en de beschrijving van de verschillende barrières. Aangezien de risico's gekwantificeerd gaan worden moeten alle barrières precies gedefinieerd worden. Een barrière is gedefinieerd als een fysieke entiteit (object, staat of conditie) die als een obstakel dient in het ongevalspad. Barrières kunnen gecreëerd of afgedwongen door acties (maatregelen) en moeten worden gecontroleerd om effectief te blijven. Hier wordt de invloed van het management bij het model betrokken via de controleloop beschikbaar stellen, gebruiken, onderhouden en monitoren. In het risicomodel voorkomen barrières bepaalde gebeurtenissen (bijvoorbeeld de centrale gebeurtenis) of ze verlagen de consequenties van een bepaalde gebeurtenis. Ze beïnvloeden met andere woorden de kans van optreden van de centrale gebeurtenis of de gevolgen. Tijdens de analyse van de ongevallen hebben de analisten zichzelf de vraag gesteld welke barrières hebben gefaald, hoe ze hebben gefaald en waarom ze hebben gefaald. De hele analyseprocedure is vastgelegd en elders uitgelegd [Bellamy et al. 2006, en Bellamy et al., 2007].

Na een eerste analyse van de I-net database werden 36 ongevaltypen geïdentificeerd die gekarakteriseerd worden door de centrale gebeurtenis, zoals "vallen van steiger", "botsing met een bewegend voertuig/aanrijdgevaar" en "contact met bewegende delen van een machine". Met behulp van Storybuilder werden 9000 ongevalsrapporten op gestructureerde wijze in de database Storybuilder ingevoerd, die een schat aan informatie bevat over oorzaken en diepere, achterliggende oorzaken van 36 verschillende ongevalscenario's (storybuilds). Ten behoeve van kwantificering dienen vereenvoudigde bow-ti modellen gemaakt te worden. Bij "vallen van steiger" moet bijvoorbeeld een onderscheid gemaakt worden

in “vallen van een vaste steiger”, “vallen van een mobiele steiger” en “(de)montage van een steiger”, omdat het model anders te complex zou zijn voor de berekeningen. Op basis van logica en de basiswetten van natuurkunde en techniek werd met behulp van het speciaal hiervoor ontwikkelde softwarepakket Bowtiebuilder 63 zogenoemde bow-ties gemodelleerd. Hierbij is bijvoorbeeld het ongevalstypen “vallen van hoogte” onderverdeeld in 15 bow-ties, waaronder: vallen van mobiel of vaste ladder, mobiele of vaste steiger, mobiel of vast platform, dak, trap, vloer, of voertuig.

#### *Blootstellingdata*

Met de bovenstaande werkwijze zijn nu de gevaren in kaart gebracht. Om het arbeidsrisico (gedefinieerd als de kans dat een ongeval zich voordoet per tijdseenheid) te kunnen kwantificeren zijn ook blootstellingsgegevens nodig. De blootstellingsgegevens zijn verzameld met behulp van Internetenquêtes. Een groot panel van TNS-NIPO (30.000 personen) is gevraagd om aan te geven hoe lang men met een bepaalde activiteit bezig is geweest in de week voorafgaand aan de enquête. Het gaat dan om activiteiten of situaties gedurende welke een werknemer het risico loopt dat een ongeval plaatsvindt. De verkregen antwoorden werden geëxtrapolerd naar een jaarlijkse blootstelling, en gecorrigeerd voor aspecten van de populatieverdeling zoals leeftijd, opleidingsniveau, sector, en soort functie om te berekenen wat de blootstelling was van de Nederlandse beroepsbevolking (Dutch National Average, DNA). De DNA werd bepaald per bow-tiemodel. Onderzoeksmethode en resultaten zijn beschreven in [Kuiper 2007a, 2007b].

Voor de eerder genoemde bow-tie “vallen van hoogte – rolsteiger” werd bijvoorbeeld met de Internetenquête bepaald dat er in Nederland 23,1 miljoen uur per jaar op rolsteigers wordt gewerkt. Aangezien er 8 dodelijke ongevallen met rolsteigers optraden in 6 jaar en 2 maanden (de geanalyseerde termijn van de ongevalrapporten uit I-net) valt het risico per uur, oftewel de “risk rate” te bepalen:  $(8 / (6,17) / 23,1 * 10^{16} \text{uur}^{-1} = 5,64 * 10^{-8} \text{uur}^{-1}$ . Vergelijkbare berekeningen van risico's op een ongeval met blijvend letsel of herstelbaar letsel zijn uit te voeren voor alle bow-ties. Hierbij dient opgemerkt te worden dat niet alle ernstige ongevallen gemeld worden [Faas en de Jong, 2007]. Uit een analyse blijkt dat de ondermelding ongeveer 54% is en dat de ernstige arbeidsongevallen beter worden gerapporteerd dan de minder ernstige ongevallen. Er is echter geen aanwijzing dat er nog ongevalstypen ontbreken. Terwijl geen twee geanalyseerde ongevallen exact dezelfde paden volgen door het model bleek dat ca. 100 ongevallen voldoende zijn om alle relevante informatie over barrières te identificeren en een stabiele structuur te vormen. In het voorjaar van 2011 is de Internetenquête herhaald om te bezien of de blootstelling in de afgelopen jaren gewijzigd is en wat voor consequenties dit heeft voor de berekeningen met ORCA en de frequentie van toekomstig uit te voeren onderzoeken. De resultaten van dit onderzoek zullen in een ander artikel worden gepubliceerd.

#### *Arbeidsomstandigheden*

Het aantal ongevallen dat optreedt in Nederland wordt mede bepaald door de arbeidsomstandigheden waarin gewerkt wordt. Op rolsteigers zal bijvoorbeeld vaak een beveiligingsreling aanwezig zijn, maar waarschijnlijk zal deze nooit 100% van de tijd

gesloten/aanwezig zijn. De risk rate is dus bepaald, uitgaande van de gemiddelde arbeidsomstandigheden in Nederland. Het is de bedoeling van ORCA om het risico te kunnen bepalen voor een specifiek bedrijf en dit te kunnen vergelijken met de gemiddelde situatie. Daarom wordt de gebruiker in het programma gevraagd om voor de verschillende activiteiten die een persoon uitvoert aan te geven wat de kwaliteit is van de werkomstandigheden. Hierbij worden 16 aspecten onderscheiden die gekoppeld zijn aan de 400 barrières die het model kent. Het gaat hierbij bijvoorbeeld om de kwaliteit van gebruikte machines en gereedschappen, het veiligstellen van apparaten, aanwezigheid van randbeveiliging, vangnetten en afscherming, de lichamelijke conditie, het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen, en de kwaliteit van eerste hulp. De gemiddelde kwaliteit van de arbeidsomstandigheden is in de hierboven genoemde Internetenquêtes gevraagd aan kleinere groepen werknemers. De groepen werden geselecteerd uit het grote panel doordat inmiddels bekend was aan welke risicovolle activiteiten ze waren blootgesteld. Een voorbeeld van een vraag is “Welk percentage van de tijd dat u werkte op een rolsteiger, was er geen reling aanwezig?”. Gemiddeld blijkt dit in Nederland uit te komen op 17%. Dit gemiddelde is in ORCA als default waarde ingevuld en kan worden aangepast voor de eigen werkomgeving.

#### *Maatregelen*

Met behulp van ORCA kan worden berekend wat het risico is van een bepaalde activiteit of meerdere activiteiten van 1 persoon in een bedrijf, of van de activiteiten van verschillende medewerkers binnen het bedrijf. Dit kan worden vergeleken met het gemiddelde risico dat mensen lopen in Nederland in soortgelijke situaties. Om de berekende risico's te kunnen reduceren kunnen maatregelen geïntroduceerd worden vanuit een bibliotheek, die aanwezig is in ORCA. De bibliotheek is gebaseerd op bekende controlelijsten, handleidingen over veiligheid, procedures, trainingsprogramma's, verplichte opleidingsniveaus en de Europese en Nederlandse normen en richtlijnen en bevat een uitgebreide beschrijving van de maatregelen, een inschatting van de kosten van de maatregelen en een inschatting van de effectiviteit van de maatregel. Uit literatuurstudie, de analyse van openbare bronnen en advies van deskundigen bleek dat er niet genoeg gegevens voorhanden waren om de effectiviteit van maatregelen op te baseren. Als alternatief werd uitgegaan van een systeem dat een bepaalde mate van effectiviteit toekent aan een maatregel op basis van de kenmerken van die maatregel. Hierbij zijn 9 categorieën onderscheiden: een technische maatregel toegepast op hardware /techniek (1), de organisatie (2) of mensen (3), een procedurele maatregel toegepast op hardware/techniek (4), organisatie (5) of mensen (6) en een gedragsmaatregel, toegepast op hardware /techniek (7), de organisatie (8) of mensen (9). Per categorie maatregelen is de effectiviteit vastgesteld, deze loopt uiteen van 40% voor een gedragsgebonden maatregel toegepast op mensen tot 80% voor een technische maatregel toegepast op techniek. Als de gebruiker zelf informatie heeft over de effectiviteit van bepaalde maatregelen kunnen deze in het model aangepast worden. De effectiviteit van de maatregel heeft een invloed op 1 of meerdere barrières. Na berekening van het risico geeft ORCA een overzicht van alle maatregelen die van invloed zijn op het risico. De gebruiker kan hieruit een keuze maken en het programma

een optimalisatie uit laten voeren. Het programma berekent dan voor de mogelijke maatregelen wat de meeste risicoreductie oplevert tegen de minste kosten. Dit gebeurt door middel van het genetisch algoritme, een wiskundige optimalisatiemethode die beschreven wordt in [Papazoglou, 2008].

## Resultaten

Een grote hoeveelheid resultaten is te produceren met ORCA en de ontwikkelde software. Een aantal aansprekende worden hieronder kort besproken.

### *Ongevalanalyse van eigen ongevallen*

De Storybuilder database kan gebruikt worden door bedrijven om de rode draad achter ongevallen te helpen vinden. Zeker bij bedrijven die slechts enkele ongevallen per jaar meemaken is het moeilijk om achterliggende oorzaken te vinden. De arbodeskundige kan vergelijkbare incidenten in Storybuilder opzoeken. Met Storybuilder kan dan een overzicht gegenereerd worden van de oorzaken van incidenten die door de Arbeidsinspectie onderzocht zijn. Deze informatie kan helpen bij het vinden van de achterliggende oorzaken in het eigen bedrijf. Ook kunnen de eigen ongevallen in Storybuilder ingevoerd worden om achterliggende oorzaken te analyseren. Naast het analyseren van ongevallen kan Storybuilder ook gebruikt worden om ongevalsscenario's af te leiden voor consumentenproducten, zoals eerder in dit blad werd gepubliceerd [Samwel en Van Eijk, 2007].

### *Documentenset van geanalyseerde ongevallen per ongevaltype of sector*

De Storybuilder database is al gebruikt om per ongevaltype algemene data af te leiden over het aantal ongevallen, activiteiten van de slachtoffers, falende barrières en onderliggende oorzaken daarvoor. Deze zogenaamde set "Feiten en cijfers" zijn algemeen beschikbaar voor werkgevers via de [website]. Zo blijkt voor het ongevaltype "contact met bewegende delen van een machine" dat 56% van de ongevallen voorkomen tijdens de bediening van de machine en 19% tijdens schoonmaken of onderhouden van de machine. Niet verrassend is dat in 58% van de ongevallen de fysieke afscherming die een ongeval had kunnen voorkomen niet aanwezig was of onvoldoende bleek te zijn. Wel verrassend is wellicht dat in 51% van de ongevallen de werknemer zich niet bewust is van het risico dat optreedt bij verlies van evenwicht, en bij uitglijden, struikelen e.d. als er in de buurt van een bewegende machine gewerkt wordt. Wanneer een bedrijf de arbeidsveiligheid in het bedrijf wil verbeteren dan is het belangrijk om zich niet alleen te richten op de adequaatheid van de fysieke afscherming maar ook op de cultuur en motivatie om gevaarzones te eerbiedigen.

De Arbeidsinspectie maakt bij het opstellen van inspectieprogramma's ook gebruik van de gegevens uit Storybuilder. Met name de lijsten met de meest voorkomende ongevallen in een bepaalde sector of bij gebruik van een specifiek product en de daarbij meest voorkomende onderliggende oorzaken worden gebruikt bij het bepalen van de aandachtspunten voor de inspectieprojecten. Ook deze analyses zijn te vinden op de website. Voor het ongevaltype "botsing met een bewegend voertuig/aan-

rijdgevaar" bleek bijvoorbeeld uit de "Feiten en cijfers" documenten dat 45% van de ongevallen door vorkheftrucks veroorzaakt werden. De Arbeidsinspectie heeft gevraagd om een analyse uit te voeren van vorkheftruck gerelateerde ongevallen. Uit die analyse bleek dat de ongevallen voor een groot deel veroorzaakt werden doordat er geen visueel contact was tussen bestuurder en slachtoffer en doordat het slachtoffer zich in de gevarenzone kon begeven. Achterliggende oorzaken moesten vooral gezocht worden in het zorg dragen voor procedures om voertuigen en medewerkers gescheiden te houden en verbeteren van de hoorbaarheid en de zichtbaarheid van voertuigen.

### *Inzet van het model bij bedrijven*

In eerste trials bij bedrijven is getest of de interface voldeed en zijn een aantal specifieke bedrijfsvragen beantwoord door het programma. In een casus in de papierindustrie werd gekeken naar een onderdeel waar papier handmatig in een wals moest worden doorgeleid na breken van een papierbaan. Hier bestond het risico van beknelde ledematen. Bekeken werd welke van twee maatregelen de grootste risicoreductie op zou leveren. De maatregelen betroffen een dure automatiseringsmaatregel die zou voorkomen dat werknemers nog langer handmatig papier door de machine moesten geleiden en een goedkopere, die geen handmatig werk zou stoppen, maar zou voorkomen dat ledematen in de machine getrokken konden worden. Na berekening bleek dat de dure maatregel de meeste reductie zou opleveren, maar dat de goedkopere maatregel qua kosten effectiever was, omdat deze bijna net zo veel reductie opleverde tegen veel lagere kosten. Een tweede studie betrof de kwantificering van arbeidsrisico's in een aluminium fabriek die profielen produceert. Er werden 26 functies geïdentificeerd, waaronder heftruckchauffeur, kraanmachinist, en schilder. Uit de risicoberekening bleek dat werknemers bij de ingang van de schilderunit, in de opslagruimte en de werknemers die matrijzen zandstralen het hoogste overlidensrisico hebben, respectievelijk  $3,25 \times 10^{-5}$ /jaar,  $2,18 \times 10^{-5}$ /jaar en  $1,91 \times 10^{-5}$ /jaar. Belangrijkste bron van deze risico's voor alle drie de beroepen bleek vallende objecten uit kranen. Het hoogste verwachte aantal dodelijke slachtoffers treedt op bij de opslag wanneer naar het risico van het gehele bedrijf gekeken wordt. Wat betreft de invloed van de al besproken onderrapportage van ernstige ongevallen op de kwaliteit van de berekende getallen wordt er van uit gegaan dat alle ongevallen met een dodelijke afloop zijn gerapporteerd. Een onderzoek naar de betrouwbaarheid van de risicoberekening concludeerde dat onderrapportage het risico per jaar verschuift met een factor 2 of 3 naar de hogere waarden, maar dat er niets verandert aan de rangschikking van de risico's.

ORCA is ook ingezet bij twee casestudies in Griekenland, (Aneziris et al, 2010a, 2010b). De eerste betrof het risico van verschillende werknemers bij de verschillende bouwfasen van de constructie van een wegtunnel. De gevaarlijkste activiteiten bleken op te treden na het uitgraven van de tunnel, tijdens de tweede fase, nl het installeren van waterdichte voering/bekleding en het installeren van wapening, met een risico rate van respectievelijk  $3,47 \times 10^{-4}$  en  $2,03 \times 10^{-4}$  op een dodelijk ongeval per jaar. De resultaten komen overeen met de gerapporteerde oorzaken van ongevallen in de bouw in Griekenland. Volgens de rapportage van dodelijke ongevallen in Griekenland vindt 50% daarvan

plaats in de bouw, waarbij 30% te wijten is aan vallen van hoogte en 19% aan vallende objecten.

## Discussie

Tijdens het uitvoeren van het project zijn talrijke gegevens verzameld en geanalyseerd. Hierbij werden ook Engelse en Deense databases gebruikt, die beschikbaar kwamen dankzij de deelname van de Deense Arbeidsinspectie en de Britse Health and Safety Executive aan het project. De database van de Deense Arbeidsinspectie bevat ook de minder ernstige arbeidsongevallen, echter niet zo gedetailleerd dat de gegevens geschikt waren om ze in Storybuilder op te nemen. ORCA kan daarom alleen het risico uitrekenen op dodelijk, permanent en herstelbaar letsel voor zover het gaat om ernstige, meldingsplichtige ongevallen. Door het vergelijken van de Deense en Nederlandse database kon wel geconstateerd worden dat de 63 bow-ties alle mogelijke optredende ongevallen omvatten.

De geldigheid van de risicoresultaten van ORCA kunnen worden getoetst aan twee criteria: volledigheid en betrouwbaarheid. Wat betreft de volledigheid dient opgemerkt te worden dat Storybuilder meer informatie over beheersaspecten en organisatorische aspecten bevat dan nu in ORCA is opgenomen. Dat heeft enerzijds te maken met de complexiteit van de berekeningen die in ORCA moeten worden uitgevoerd en anderzijds met gegevens die dan ook verzameld zouden moeten worden. Dit aspect heeft de aandacht van de onderzoekers, maar hiervoor is nog geen oplossing gevonden. Daarnaast kan opgemerkt worden dat de resultaten van de berekening van ORCA gebaseerd zijn op gebeurtenissen die in het verleden hebben plaatsgevonden. Alleen wanneer toekomstige gebeurtenissen een herhaling zijn van gebeurtenissen in het verleden met dezelfde arbeidsomstandigheden zijn de resultaten geldig. Een uitspraak over de betrouwbaarheid van de gebruikte gegevens is mogelijk als andere methoden worden gebruikt worden om invoergegevens te verzamelen. Een alternatieve methode om de blootstelling te bepalen is daadwerkelijke observatie van een relevante steekproef van werknemers in een relevante verzameling werkplekken. Aansluitend bij ORCA project is een onderzoek in Denemarken uitgevoerd waarbij een aantal werknemers van kleine bedrijven werden geobserveerd tijdens uitvoering van hun activiteiten en taken [Jørgensen, 2011]. Hieruit bleek dat dit zeer arbeidsintensief is en voorlopig geen alternatief is voor de blootstellingsgegevens die in ORCA gebruikt worden. De resultaten van het onderzoek worden gebruikt om eenvoudige, op het MKB gerichte instrumenten te ontwikkelen gericht op verminderen van ongevallen.

Gegevens over blootstelling en ongevallen zijn gecombineerd zonder onderscheid naar bedrijfstak, type werk, type bedrijf, leeftijd, geslacht, en opleidingsniveau. Specifiekere analyses zijn mogelijk, maar de omvang wordt momenteel beperkt door de grootte van de subverzamelingen. Verder onderzoek is gewenst naar de mogelijkheden voor gedetailleerdere analyses.

In 2010 heeft een evaluatie plaatsgevonden om de bruikbaarheid van het ORCA instrumentarium en het proces van ontwikkeling en beheer in de praktijk te evalueren. In 2009/2010 zijn diverse bedrijven (22) in praktijksituaties met ORCA aan de slag gegaan. Ook een onafhankelijk panel van deskundigen heeft de proef

op de som genomen. De eindconclusie van het panel was dat er technisch-inhoudelijk nog een kloof te dichten is tussen het wetenschappelijk verantwoorde model en een model dat goed toepasbaar is in de praktijk. De belangrijkste conclusies van de gebruikers waren:

- Bedrijven hebben behoefte aan een instrument dat risico's op arbeidsongevallen kwantificeert.
- Bedrijven hebben behoefte aan informatie over de sterke en zwakke punten in de werkomstandigheden, zodat men weet waar verbeterpunten liggen.
- De wijze waarop in ORCA modellen zijn opgesteld (activiteiten, gevaren, blootstelling, beïnvloedende werkomstandigheden) sluit aan bij de praktijk.
- Het gebruiken van het model vereist de noodzaak om verstand te hebben van het programma en vraagt om trainingen om deze kennis op te bouwen.
- Het berekenen en invoeren van blootstellingsgegevens is complex en tijdrovend.

## Conclusies

Een risicomodel is ontwikkeld waarbij kwantitatief inzicht mogelijk is in de oorzaken en gevolgen van arbeidsongevallen, ORCA. ORCA is momenteel nog lastig te gebruiken en heeft, voor zover de auteurs weten, alleen door inzet van de onderzoekers in een aantal bedrijven geleid tot beantwoording van concrete vragen uit de praktijk. De komende tijd wordt gewerkt aan het verbeteren en versimpelen van ORCA, om aan een aantal punten uit de evaluatie tegemoet te komen. Daarnaast worden, in samenwerking met bedrijven, voorbeeldprofielen in ORCA ingebouwd voor een aantal veelvoorkomende activiteiten of beroepen. Op basis van de evaluatie kan gesteld worden dat ORCA, beschikbaar op [www.weborca.nl](http://www.weborca.nl), op dit moment vooral geschikt is voor gebruik door grotere organisaties, zoals bedrijven met een eigen KAM-afdeling, brancheorganisaties, arbodiensten, verzekeraars en overheden. Grotere bedrijven kunnen hun eigen situatie analyseren. Arbodiensten of brancheorganisaties kunnen het instrument gebruiken om hun inzicht in de kosteneffectiviteit van maatregelen aan te scherpen. Daarnaast is er een apart project gericht op de kleinere bedrijven. Hierbij gaat het om het ontwikkelen van praktijkdocumenten die per bedrijfsgroep aangeven wat de belangrijkste focus is voor reductie van ongevallen en versterken van barrières. Hierbij wordt samengewerkt met de onderzoeksgroep die zich in Denemarken richt op het MKB. ORCA heeft geresulteerd in een andere manier van denken in het beleidsproces, meer risicogestuurd en minder ad hoc.

Storybuilder is specifiek ontwikkeld om ongevalsgegevens te analyseren. Het onderliggende idee was om de oorzaken van ongevallen te identificeren met een goed gestructureerde, flexibele methode en om andere informatie vast te leggen zonder de details van ongevalsrapporten uit het oog te verliezen. Met deze methode kunnen de kleinste details van duizenden ongevallen samen op een scherm worden gepresenteerd, geordend en ook geëxporteerd. Storybuilder is al verder ontwikkeld dan ORCA en wordt momenteel al gebruikt voor training voor een beter begrip van de oorzaken van ongevallen en preventie [NVVK, 2006] en onderzoek naar incidenten [Van Santen, 2007]. De Nederlandse,

Engelse en Belgische Arbeidsinspectie hebben belangstelling getoond voor Storybuilder als hulpmiddel voor ongevalsanalyse. Ook een aantal grote bedrijven heeft aangegeven het programma te willen gebruiken voor analyse van bedrijfsspecifieke gegevens. Aan het eind van 2011 is een versie van Storybuilder beschikbaar waarmee op een relatief eenvoudige manier ongevallen kunnen worden geanalyseerd. Op de website [www.storybuilder.eu](http://www.storybuilder.eu) staan de analyserapporten die op Storybuilder gebaseerd zijn, op de website van het RIVM is onder het onderwerp arbeidsveiligheid meer informatie over Storybuilder en ORCA te vinden.

## Literatuur

Aneziris, O.N., I.A. Papazoglou, D. Kallianiotis, (2010), Occupational risk of tunnelling construction, *Safety Science* (48), 964-972

Aneziris, O.N., I.A. Papazoglou, O. Doudakmani, (2010), Assessment of occupational risks in an aluminium processing industry, *International Journal of Industrial Ergonomics* (40), 321-329

Bellamy, L.J., J.I.H. Oh, B.J.M. Ale, J.Y. Whiston, M.L. Mud, H. Baksteen, A.R. Hale, I.A. Papazoglou, (2006), Storybuilder: The new interface for accident analysis, *Proceedings of Probabilistic Safety Assessment and Management*, May 13-19, New Orleans, ASME, New York, ISBN 0-7918-0244

Bellamy, L.J., B.J.M. Ale, T.A.W. Geyer, L.H.J. Goossens, A.R. Hale, J.I.H. Oh, M.L. Mud, A. Bloemhoff, I.A. Papazoglou, J.Y. Whiston, (2007) Storybuilder—A tool for the analysis of accident reports, *Reliability Engineering and System Safety* (92), 735–744

Bellamy, L.J., B.J.M. Ale, J.Y. Whiston, M.L. Mud, H. Baksteen, A.R. Hale, I.A. Papazoglou, A. Bloemhoff, M. Damen, J.I.H. Oh, (2008), The software tool Storybuilder and the analysis of the horrible stories of occupational accidents, *Safety Science* (46), 186-197

Faas, A., L. de Jong (2007), Achtergronden dodelijke en ernstige arbeidsongevallen, Arbeidsinspectie, Ministerie van Sociale Zaken, Den Haag

Giesbertz, P., J. Eykelenstam, A. Bloemhoff (2007), Validatie meldingsplichtige arbeidsongevallen in het Occupational Risk Model, Stichting Consument en Veiligheid, Amsterdam

Haddon, Jr. W. (1973), Energy damage and the ten countermeasure strategies, *Journal of Trauma* (13), 321-331, reprint is te vinden als *Injury Classic* in *Injury Prevention* 1995 (1), 40-44

Hale, A.R., F.W. Guldenmund, P.L.C.H. van Loenhout, J.I.H. Oh, (2010), Evaluating safety management and culture interventions to improve safety: effective intervention strategies. *Safety Science* (48), 1026-1035

Jørgensen, K., N.J. Duijm, H. Troen, (2010), Risk Assessment and prevention of accidents, DTU Management Engineering Report 4.2010, Technical University Denmark

KPlusV, (2008), Eindevaluatie programma versterking arbeidsveiligheid, Arnhem

Kuiper, J.I. (2007a) Exposure to occupational hazards in the Dutch working population Results of the 'mission survey' Technisch rapport 6 bij WORM metamorfose consortium, (2009), Kwantitatieve risicoanalyse voor arbeidsveiligheid. De ontwikkeling van een risicomodel en software, RIVM report 620801002/2009, RIVM, Bilthoven

Kuiper, J.I. (2007b), Assessment of exposure to occupational hazards and working conditions, Technisch rapport nr. 7 bij WORM metamorfose consortium, (2009), Kwantitatieve risicoanalyse voor arbeidsveiligheid. De ontwikkeling van een risicomodel en software, RIVM report 620801002/2009, RIVM, Bilthoven

NVVK (2006), workshop in oktober 2006 met 300 deelnemers, de storybuildmethode maakt ook deel uit van de MoSHE-cursus aan de TU-Delft

Papazoglou, I.A, (2008) Technical report 4: Mathematical Methods and models for quantification of Occupational Risk. Technisch rapport bij WORM metamorfose consortium, (2009), Kwantitatieve risicoanalyse voor arbeidsveiligheid. De ontwikkeling van een risicomodel en software, RIVM report 620801002/2009, RIVM, Bilthoven

Rimington, J., J. McQuaid, V. Trbojevic, (2003), Application of risk-based strategies to workers' health and safety protection: UK experience, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Den Haag, ISBN 9059012755

Samwel, M., V. van Eijk, (2007), Toepassing van de analysetool Storybuilder in de beoordeling van risico's van consumentenproducten, *Tijdschrift voor toegepaste Arbowedenschap* 20 (02), 152-156

SZW (2009). Jaarverslag van de Arbeidsinspectie, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Den Haag

Van Alphen, W.J.T, J. Gort, K.I.J. Stavast, A.W. Zwaard [eds.] (2008), *Leren van Ongevallen, een overzicht van analysemethodieken* Sdu uitgeverij Den Haag, ISBN 9789012580465

Van Santen (2007), Steigerongeval Amercentrale, Arbeidsinspectie, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Den Haag

Venema, A, C. Stam, M. Bakhuis Roozeboom, S. Nijman, J.F. Ybema, (2010), *Monitor Arbeidsongevallen in Nederland 2008*, TNO Kwaliteit van Leven, Hoofddorp

Website [www.arbeidsveiligheid.arboportaal.nl](http://www.arbeidsveiligheid.arboportaal.nl) (onder kopje feiten)

WORM metamorfose consortium, (2009), Kwantitatieve risicoanalyse voor arbeidsveiligheid. De ontwikkeling van een risicomodel en software, RIVM report 620801002/2009, RIVM, Bilthoven