

# Full paper

## De Belgisch-Nederlandse Contactgroep (Gezondheid en) Chemie: toen en nu, deel 1

Paul Swuste<sup>1</sup> en Mat Jongen<sup>2</sup>

Trefwoorden: Kennisontwikkeling veiligheidskunde, arbeidstoxicologie, bedrijfsgeneeskunde, medische milieukunde arbeidshygiëne

### Samenvatting

Dit verslag van de geschiedenis van de CGC is geschreven met als bronnen interviews, de door velen aangereikte literatuur en documenten, de programma's van de seminars en de verslagen van het de seminars in het Tijdschrift voor toegepaste Arbowedenschap. Het eerste deel van deze bijdrage geeft een korte inleiding over het startpunt van de CGC en de vorming tot een stichting in 1990. Omdat de uitwisseling van informatie en kennis het hoofddoel is van de CGC wordt een algemeen beeld geschetst van de kennisontwikkeling in achtereenvolgens de arbeids- en bedrijfsgeneeskunde, de arbeidshygiëne, de arbeidstoxicologie, de medische milieukunde en als laatste de veiligheidskunde. In het naschrift zijn namen vermeld van personen die op enigerlei wijze hebben bijgedragen tot deze publicatie. Bijlage 1 geeft een tijdslijn vanaf de naoorlogse periode en een korte inleiding hoe gevaarlijke stoffen als een toenemend probleem zijn gezien vanaf de 19e eeuw.

In het tweede deel van deze bijdrage (te lezen in de volgende editie van TtA) geven drie hoofdstukken de overzichten van drie periodes van seminars en presentaties: 1978-1989, 1990-2006 en 2007-2023.

### Het begin van de CGC

Vanaf de jaren 70 tot eind jaren 90 van de vorige eeuw krijgen majeure ongevallen, vaak in de chemie, veel media aandacht, zowel in Nederland en België als daarbuiten. Na eind jaren negentig van de vorige eeuw zwakt die aandacht af. Een kort overzicht van deze gebeurtenissen, aangevuld met relevante jaartallen staat in de tijdslijn van bijlage 1 (gebaseerd op de publicatie van Swuste et al., 2019).

Volgens de geïnterviewden (zie naschrift) hebben chemische rampen in de jaren 70 van de vorige eeuw een grote invloed op het ontstaan van de Contactgroep Chemie, zoals de explosies in Beek-DSM (1975), de chemische ramp in Seveso bij Icmesa (1976), de loodverontreiniging in Hoboken, Antwerpen (1975) en in Arnhem (1978), de grote verontreiniging van de Volgermeerpolder met

### Summary

This account of the history of the CGC is written using interviews, literature and documents provided by many as sources, and also seminar programs and the reports of the seminars in the Journal of Applied Occupational Sciences. Part 1 of this contribution starts with a short introduction on the beginning of the CGC and the formation into a foundation in 1990. Because the exchange of information and knowledge is the main goal of the CGC, a general picture is presented on the knowledge development in occupational medicine, occupational hygiene, occupational toxicology, medical environmental science and finally safety science. The postscript lists the names of people who have contributed to this publication in some way. Appendix 1 shows the timeline from the post war period onwards and includes a note on how hazardous substances have been seen as an increasing problem since the 19th century.

In part 2 of this contribution (to be read in the next edition of the Journal of Applied Occupational Sciences), three chapters provide overviews of three periods of seminars and presentations: 1978-1989, 1990-2006 and 2007-2023.

chloorhoudende producten als dioxinen in Broek en Waterland (1980) en de grote bodemverontreiniging in Lekkerkerk (1980). Zowel in Nederland als in België verschijnen verontrustende berichten in de media over gevaren en risico's van de industrie. In België is de toxicoloog Aubin Heyndrickx zeer regelmatig te zien op de televisie, die de chemische industrie haar gewetenloosheid verwijt. Bedrijven in beide landen verzetten zich tegen de kritiek. Vaak ontkennen ze de aantijgingen en soms wijzen ze op het verleden: 'toen is alles slecht gegaan en nu gaat het beter'. Toch is duidelijk dat er een grote behoefte aan kennis is, ook binnen bedrijven. BASF is een voorloper. Dat bedrijf organiseert jaarlijks een rondreizend Europees congres over gevaren en risico's van chemicaliën. Meerdere instituten ontstaan in die periode. Vanuit BASF, met een vestiging in België, start Medichem, een internationaal wetenschappelijke instelling voor arbeidsgeneeskunde in

<sup>1</sup> Gepensioneerd, voormalig sectie Veiligheidskunde TU Delft

<sup>2</sup> Gepensioneerd, voormalig TNO

de chemische sector en de Vlaamse Wetenschappelijke Vereniging Arbeidsgeneeskunde. De KU Leuven is leidend in het toxicologisch onderzoek. In Nederland is dat vanaf eind jaren vijftig het Coronel Laboratorium van de Universiteit van Amsterdam, later gevolgd door TNO-instellingen. Maar de hoofden van de Bedrijfsgezondheidsdiensten (BGD) van de grote Belgische en Nederlandse bedrijven zijn van mening dat uitwisseling van praktijkervaring over risico's van chemische stoffen wordt gemist, zowel in onderzoek naar de aanwezigheid en blootstelling van chemische stoffen op de werkvloer als bij de beroepsvereniging van bedrijfsartsen. Dit is een belangrijke interne reden voor de start van een Belgisch-Nederlandse Contactgroep Chemie. Als externe reden spelen de genoemde rampen en verontreinigingen een rol. Het zijn de hoofden van bedrijfsgezondheidsdiensten, de bedrijfsartsen en arbeidsgeneeskundigen van BASF, van de NS, van Shell en DSM die de Contactgroep starten in 1978.

Op dat moment bestaan in Nederland en België de beroepsverenigingen van bedrijfsartsen en arbeidsgeneesheren en van veiligheidskundigen. In Nederland is dat de Werkgroep van Veiligheidsinspecteurs, de voorloper van de Nederlandse Vereniging voor Veiligheidskunde, de kennisvereniging NVVK en in België de Vereniging van Diensthoofden voor Veiligheid en Hygiëne, VDVHB, de voorloper van de beroepsorganisatie Prebes. De academische disciplines toxicologie, artsen medische milieukunde, arbeidshygiëne en veiligheidskunde zijn of in oprichting of hebben zich net genesteld in een universitaire omgeving. Dit geldt ook voor de kennisverenigingen van arbeidstoxicologie, NVT-AT (1979), de Nederlandse Vereniging voor Arbeidshygiëne, NVvA (1983), de Nederlandse Vereniging voor Medische Milieukunde, NVMM (1988), en de Belgische Vereniging voor Arbeidshygiëne, BSOH (1989).

#### **CGC van Contactgroep Chemie naar Contactgroep Gezondheid en Chemie**

CGC staat oorspronkelijk voor Contactgroep Chemie als de groep in 1978 start als contactgroep binnen de Nederlandse Vereniging voor Arbeids- en Bedrijfsgeneeskunde (NVAB). Hoewel 'gezondheid' steeds het centrale thema is van de CGC komt dat dan niet terug in de naam. Dat is in 2006 meegenomen in een herziening van de nogal gedateerde tekst van de statuten uit het 'fax'-tijdperk. Vanaf dat moment staat CGC voor Contactgroep Gezondheid en Chemie.

De kern van de CGC is: 'de uitwisseling van informatie over de gezondheid van de werkende mens in relatie tot chemische factoren en tevens het geven van gelegenheid voor het leggen van contacten tussen mensen werkzaam op dit terrein' (Stichtingsacte CGC, 1990). De vraag is of en hoe dit doel bereikt is. Deze bijdrage is gebaseerd op een binnenkort te verschijnen boek over hetzelfde onderwerp dat ook als Epub op de website van de CGC verschijnt (<https://www.contactgroep-gezondheid-en-chemie.nl>) (Swuste en Jongen, 2024).

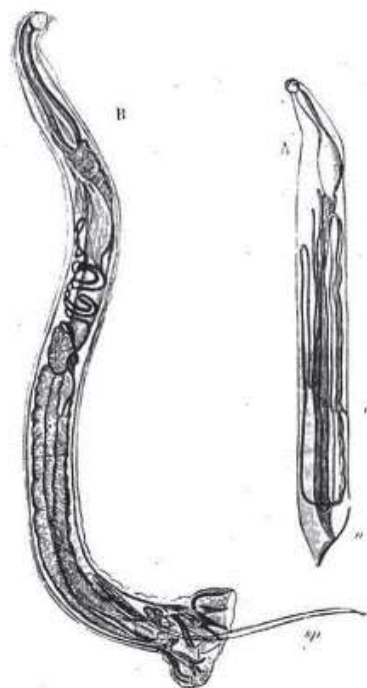
## **Het onderzoek**

Informatiedeling en kennisuitwisseling is het belangrijkste kenmerk van de CGC. In dit deel van de bijdrage zal een beeld geschetst worden van de kennisontwikkeling beperkt tot de ontwikkelde theorieën en modellen van het domein of vakgebied. Hierbij is een model een presentatie van de werkelijkheid en een theorie een gevalideerd model, dat causaliteitsrelaties laat zien en zo voorspellingen mogelijk maakt. De relevante disciplines komen aan bod, de arbeids- en bedrijfsgeneeskunde, de arbeidshygiëne, de arbeidstoxicologie, de medische milieukunde en als laatste de veiligheidskunde.

## **Kennisontwikkeling arbeids- en bedrijfsgeneeskunde**

Overzichten van bedrijfsgeneeskunde gaan altijd ver terug in de tijd met anekdotische voorbeelden uit de Griekse en Romeinse tijd, uit de Middeleeuwen en de Renaissance. Nadelige effecten van arbeid komen in de 19e eeuw meer in de belangstelling te staan als de industriële revolutie zich over meerdere Europese landen voltrekt. Het is de relatie tussen blootstelling en beroepsziekten die dan de aandacht vraagt.

België, gezegend met grote kolenbekkens, is na Engeland de eerste op het vaste land van Europa waar de industrialisatie plaatsvindt, in de textiel- en ijzer- en staalindustrie. De eerste arbeidsgeneeskundige diensten van de Waalse steenkoolmijnen zijn opgericht mede door het onderzoek van de microbiologen Charles Firket, Michael Masius en Ernest Malvoz van de Universiteit van Luik (Brouwer et al., 2004; De Schrijver, 2023; De Schrijver & Van Damme, 2024). Ze ontdekten de dodelijke mijnwormziekte onder mijnwerkers (figuur 1). Deze mijnworm gebruikt de mens



Figuur 1. Mijnworm, *ancylostoma duodenale* (Calmette & Breton, 1905)

als reservoir. De meest elementaire sanitaire infrastructuur is ondergronds afwezig en dat verklaart de uitbraken. Door een adequate screening toe te passen, behandeling, sanering en preventie is een aanzet gegeven tot het begin van de principes van arbeidsgeneeskunde. Al voor 1880 waren er medische diensten aan de mijn verbonden, betrokken bij de verzorging bij arbeidsongevallen, de opvolging van die ongevallen, de opsporing van tbc, pokken en difterie, en bij de selectie van arbeiders.

Een andere pionier is René Sand (1877-1953). Hij is hygiënist-arts en pleitbezorger van de sociale geneeskunde in België. In 1908 start hij een eenjarige postacademische training voor artsen voor de titel *Medicine Hygiéniste* aan de Universiteiten van Gent en Luik en 30 jaar later de opleiding van arbeidsartsen aan de Universiteit van Brussel.

In Nederland is Samuel Coronel (1824-1892) een pionier en een van de oprichters van de sociale geneeskunde in Nederland. Hij heeft veel gepubliceerd over arbeid en de arbeidende klasse en in 1860 verschijnt zijn boek 'Gezondheidsleer toegepast op de fabrieksnijverheid. Een handboek voor industriëlen, genees- en staathuishoudkundigen' (Coronel, 1860). Dit boek bestrijkt een breed terrein: beroepsziekten, woningtoestanden, de kwaliteit van levensmiddelen, ziekenfondsen, kinderarbeid en de hygiëne in fabrieken. Een tweede pionier is Louis Heijermans (1873-1938). Zijn 'magnum opus' komt uit in 1908: 'Handleiding tot de kennis der Beroepsziekten' (Heijermans, 1908). Dit werk, geïllustreerd met 160 foto's, geeft een waardevol beeld van arbeidsomstandigheden, beroepsziekten en bedrijfsongevallen uit die tijd. In 1926 verschijnt een uitgebreidere herdruk. Net als Coronel publiceert ook Heijermans over arbeid en voor de arbeidende klasse. Hij is een van de grondleggers van de arbeids- en bedrijfsgeneeskunde in Nederland. Enkele grote ondernemingen hebben in die periode contracten afgesloten met artsen voor de medische zorg in hun bedrijf. In 1908 start bij de scheepswerf De Schelde een geneeskundige dienst en in 1926 wordt G. Burger bedrijfsarts-bedrijfshygiënist bij Philips die in het begin de vroege tuberculoseopsporing tot kernactiviteit maakt. Hiermee is een nieuwe categorie sociaalgeneeskundigen ontstaan, de bedrijfsartsen (Tordoir, 1978). Nog een later standaardwerk is de publicatie van Johannes van Loghem 'Algemene Gezondheidsleer', waar naast de vele onderwerpen van de volksgezondheid aandacht wordt besteed aan gezondheid en arbeid (Loghem, 1935).

In Nederland zijn arbeids- en bedrijfsgeneeskunde twee termen die nauw aan elkaar verwant zijn. G. Burger maakt een onderscheid tussen beide termen (Burger, 1947). Arbeidsgeneeskunde is voortgekomen uit de klinische wetenschap en omvat de wetenschappelijke bestudering van de fysiologie, pathologie en hygiëne van de arbeid, inclusief beroepsziekten en de problemen bij de beoordeling van arbeidsongeschiktheid. Bedrijfsgeneeskunde omvat volgens Burger (1974) de toepassing van de

arbeidsgeneeskunde in de praktische arbeidssituatie en organisatie en uitvoering van de gezondheidszorg in bedrijven bij het verrichten van beroepsarbeid. Na de Tweede Wereldoorlog groeit de bedrijfsgeneeskunde gestaag en het besef dat schadelijke stoffen via kwantificering geëvalueerd moeten worden. De wet op bedrijfsgeneeskundige diensten van 1959 benadrukt dat arbeidshygiëne een van de taken is van de bedrijfsarts. Deze opvatting klinkt ook duidelijk door in de inaugurele rede 'Arbeidshygiëne en industrialisatie' van G. Burger bij aanvaarding van het buitengewoon hoogleraarschap aan de Universiteit van Amsterdam. In zijn rede definieert Burger de industriële gezondheidstechniek, toxicologie en ergonomie als de pijlers van de arbeidshygiëne (Burger, 1959a). Burger pleit ook voor de instelling van arbeidshygiënische laboratoria, hetgeen in datzelfde jaar leidt tot de start van het Coronel Laboratorium voor Arbeidshygiëne (Wesseling, 1964).

Tot ver in de jaren zestig beroepen bedrijfsgeneeskundige diensten zich voor metingen op een beperkt aantal instituten, het Coronel Laboratorium en de TNO-instituten, Instituut voor Praeventieve Geneeskunde, NIPG en het Instituut Gezondheidstechniek (IG). Vreemd genoeg kent de Technische Hogeschool Delft in deze jaren een bijzondere leerstoel in de bedrijfshygiëne, maar is nooit van enige betekenis voor de ontwikkeling van het vakgebied. In het begin van de jaren zestig is het in Nederland gemeengoed de arbeidshygiëne te definiëren als een bedrijfsgeneeskundige taak.

De maatschappelijke ontwikkelingen op sociaal-cultureel gebied in de roerige jaren zestig van de vorige eeuw leiden tot een herbezinning op de rol van arbeid en de betekenis voor de praktijk van de bedrijfsgeneeskunde. In Nederland komt het lijvige standaardwerk 'Arbeids- en Bedrijfsgeneeskunde' uit onder redactie van Burger en Zielhuis (1974). Naast bedrijfsgeneeskundige aspecten is er ruim aandacht voor bedrijfstoxicologie, veiligheidskunde, arbeidshygiëne en ergonomie (Burger et al., 1974). Het Tijdschrift voor Sociale Geneeskunde (TSG) en later het Tijdschrift voor Bedrijfs- en Verzekeringsgeneeskunde (TBV) worden belangrijke discussieplatformen voor bedrijfsartsen. Algemeen is gepleit voor verbreding en verdieping van de bedrijfsgeneeskunde. De jaren zeventig van de vorige eeuw laten de overgang zien van bedrijfsgeneeskunde naar bedrijfsgezondheidszorg. Naast de geneeskundige aspecten wordt zorg omschreven als de humanisering van de arbeid, rekening houdend met mogelijkheden van de werkende mens (Tordoir, 1978). Zielhuis volgt Burger op als hoogleraar en hij formuleert een theoretisch kader voor de actieve opsporing van factoren die gezondheidsbedreigend zijn en zorgt voor de introductie van beheersmaatregelen (Zielhuis, 1965). In de daarop volgende jaren komt de arbeidshygiënist als zelfstandig beroep langzaam in beeld.



### Modellen in de bedrijfsgezondheidszorg

Het model belasting-belastbaarheid is in de bedrijfsgezondheidszorg en arbeidsgezondheidskunde een model voor praktisch handelen en voor wetenschapsbeoefening. Het model beschrijft de concrete afweging van de gevraagde arbeidsbelasting tegen de belastbaarheid op individueel niveau. Personeelsbeleid hanteert eveneens de begrippen belasting en belastbaarheid, bijvoorbeeld voor oudere of van ziekte herstellende medewerkers. Burger heeft het model geïntroduceerd binnen een ergonomisch kader, gericht op een 'optimale belasting' (Burger, 1959b). Het model is uitgewerkt voor inspanningsfysiologisch onderzoek met behulp van de fiets-ergometer. De functionele, energetische belasting en de belastbaarheid zijn zo te bepalen. Samen met een aanname over de maximaal aanvaardbare functionele belasting gedurende een werkdag, zijn uitspraken mogelijk of bepaalde taken op individueel niveau aanvaardbaar zijn of niet. Het model kent echter zijn beperkingen (Zielhuis, 1973). Aan de eis van 'maat en getal' wordt vrijwel nooit voldaan (Dijk et al., 1990).

Naast belasting-belastbaarheid ontwikkelt de bedrijfsgeneeskunde modellen voor het toenmalige Periodiek Bedrijfsgeneeskundig Onderzoek (PBGGO). Hiermee kunnen vroegtijdig ziekten worden opgespoord, inclusief bronnen, en is een vroegtijdige behandeling mogelijk. Het standaardwerk van Burger beschrijft uitgebreid de voor- en nadelen van het PBGGO. Heden ten dage zijn de termen veranderd in PAGO, Periodiek Arbeidgezondheidskundig Onderzoek en PMO, Preventief Medisch Onderzoek. Dit zijn beide medische onderzoeken voor werknemers. Een PAGO brengt werkgerelateerde gezondheidsrisico's van medewerkers in kaart. Een PMO kijkt meer naar de algehele gezondheid van medewerkers. Dus niet alleen naar risico's binnen het werk, maar ook naar iemands levensstijl en conditie. Het PMO is een aanvulling op het PAGO maar heeft als mogelijk nadeel dat de aandacht te veel verlegd wordt van de blootstelling naar het gedrag van de werknemer, ook buiten de bedrijfsomgeving.

Een ander instrument voor bedrijfsgeneeskundige begeleiding zijn de orgaan- en stofgerichte protocollen bij chemische belasting, gestart in de 80'er jaren mede vanuit de CGC. Zij zijn tot stand gekomen onder redactie van de begeleidingscommissie Onderzoeksmethoden Chemische Belasting (OCB) en uitgebracht in de S30-reeks van het DGA (1987). Rond de eeuwwisseling maakt de NVAB een begin met de ontwikkeling van evidence-based richtlijnen voor het handelen van de bedrijfsarts bij diverse aandoeningen. Voor chemische belasting brengt de NVAB in 2018 een leidraad uit voor preventief medisch onderzoek bij chemische belasting (Menting et al., 2018). Met de komst van het Nederlands Centrum voor Beroepsziekten (NCvB) in 2000 komt de ontwikkeling op gang van registratierichtlijnen voor het melden van een aandoening als beroepsziekte. Hieronder bevinden zich diverse aandoeningen waarbij chemische belasting de oorzakelijke

factor is. Bedrijfsartsen gaan ook de kliniek in. In 2007 start de Nederlandse Vereniging voor Klinische Arbeidsgeneeskunde, NVKA, die een samenwerking met klinici uit ziekenhuizen voorstaat en streeft naar een wetenschappelijke onderbouwing van de etiologische diagnostiek en behandeling van arbeidsgerelateerde aandoeningen.

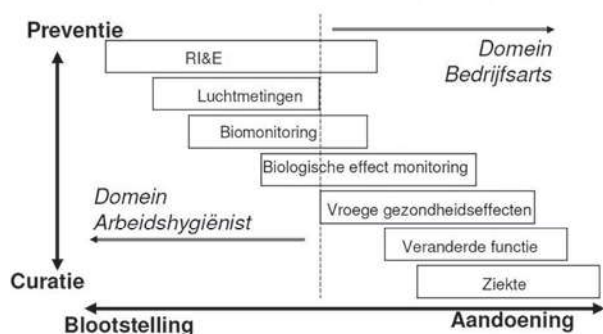
Bedrijfsartsen hebben de CGC opgezet en de industriële rampen en verontreinigingen met gevaarlijke stoffen zijn belangrijke aanleidingen voor het ontstaan van de CGC. Maar Nederlandse bedrijfsartsen en Belgische arbeidsartsen hebben doorgaans weinig betrokkenheid bij industriële calamiteiten. De nadruk ligt op de dagelijkse blootstelling aan gevaarlijke stoffen op de werkvloer en de effecten daarvan. Er zijn door de jaren heen wel 'waakzame dokters', die signalen oppikken van gezondheidsrisico's door chemische blootstelling. Jan Stumphius, bedrijfsarts bij de Schelde, is daar een goed voorbeeld van met zijn onderzoek naar de gevolgen van blootstelling aan asbest (Stumphius, 1969).

### Kennisontwikkeling arbeidshygiëne

De arbeidshygiëne is een toegepaste wetenschap en richt zich op het herkennen, evalueren en beheersen van fysische, chemische en biologische factoren in het geheel van belastende factoren, die ontstaan in of door werksituaties en die de gezondheid en/of welzijn van de werkende mens en/of zijn nageslacht kunnen beïnvloeden (Statuten NVVA, 1983). Arbeidshygiëne heeft een focus op praktijkproblemen. Werkplekonderzoek herkent factoren als bronnen van blootstelling om ze daarna te kwantificeren. Evalueren impliceert een risico-evaluatie: de kans op effecten op de gezondheid bij het vastgestelde niveau van blootstelling. Hierna volgt de invoering van adequate maatregelen om risico's tot een aanvaardbaar niveau terug te brengen. De werkende mens in zijn omgeving staat centraal. Daarmee heeft arbeidshygiëne een sterk gezondheidkundige inslag. De positie van dit domein is bepaald door de historische ontwikkeling in de bedrijfsgeneeskunde.

In de jaren zeventig is er een boeiend pleidooi voor de verbetering van de kwaliteit van de bedrijfsgeneeskunde, door een grotere betrokkenheid van 'hulpkrachten'. Een van de hulpkrachten naast de bedrijfsverpleegkundige is de bedrijfsgeneeskundige explorateur, arbeidshygiënist avant la lettre, met een arbeidsfysiologische en arbeidshygiënische scholing. Op zeer beperkte schaal gaan technici en chemici samenwerken met bedrijfsartsen om de hygiëne van het arbeidsmilieu te meten. Deze visie van de koplopers in de bedrijfsgezondheidszorg is niet zonder weerstand of uitdaging algemeen geaccepteerd. Zowel bedrijfsartsen als veiligheidskundigen pleiten voor arbeidshygiëne als integraal onderdeel van hun eigen discipline. De roep om te specialiseren blijft echter sterk. Enige jaren later neemt de NVAB het officiële standpunt in dat arbeidshygiënische deskundigen nodig zijn. De meetmethodieken en analytische procedures zijn te





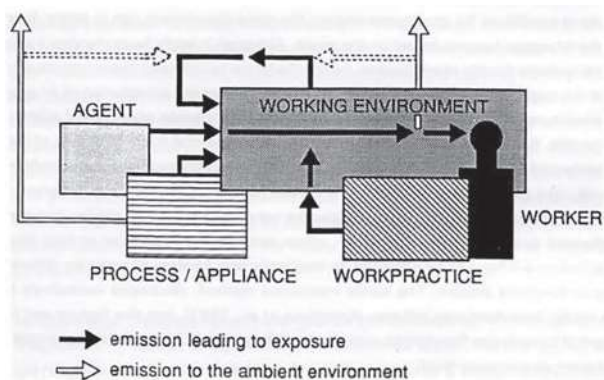
Figuur 2. De arbeidshygiënist en de bedrijfsarts (SER, 2020)

gecompliceerd geworden. Het voortdurende overleg met ontwerpers en gebruikers van machines en productieprocessen vergt specifieke kennis. De NVAB organiseert haar jaarvergadering van 1978 in Wageningen om aldaar een nieuwe opleiding binnen de studierichting milieuhygiëne te bepleiten: bedrijfshygiëne (figuur 2). Onder leiding van Klaas Biersteker start de opleiding en de nieuwe functionaris wordt aangeduid als bedrijfshygiënist, of arbeidshygiënist. Anders dan bij veiligheidskunde is de kennisontwikkeling binnen de domeinen arbeidshygiëne en bedrijfsgezondheidszorg niet direct gekoppeld aan de industriële catastrofes of verontreinigingen.

### Modellen in de arbeidshygiëne

Werkplekbezoek en -onderzoek is vaak het startpunt in de arbeidshygiëne. Er zijn modellen voor werkplekonderzoek en meetstrategieën. Het kan een algemeen beeld van arbeidsomstandigheden binnen een bedrijf opleveren. Of het kan gericht zijn op blootstellingsgegevens voor epidemiologisch of toxicologisch onderzoek, dan is het onderzoek gericht. Een derde vorm van werkplekonderzoek is een bedrijfstak-brede survey. Later is daar de Risico-Inventarisatie en -Evaluatie (de RI&E) en nog later de arbo-catalogus bijgekomen.

Kwantificeren van blootstelling is goed op gang gekomen sinds de jaren zeventig, als metingen van respirabel stof met gestandaardiseerde methoden beschikbaar komen. Later, halverwege de jaren tachtig van de vorige eeuw, zijn methoden ontwikkeld voor huidblootstelling.



Figuur 3. Meervoudig bronmodel voor de arbeidshygiëne (Boleij et al., 1995)

Deze metingen bepalen de uitwendige blootstelling. Om dit te begrijpen is een meervoudig bronmodel ontwikkeld met vier categorieën: het agens, het proces en de gebruikte apparatuur, de werkomgeving en de gebruikte werkmethode (figuur 3).

Blootstelling is onderhevig aan variabiliteit, en concentraties en blootstelling kunnen enorm variëren, zowel binnen één persoon als tussen personen met dezelfde taak en dezelfde werkomgeving. Dit wordt mede bepaald door de bronnen. De blootstelling kan gemeten en gemodelleerd worden en met statistische modellen zijn determinanten van blootstelling te bepalen (Boleij et al., 1995). Blootstelling kan ook gevisualiseerd worden via PIMEX, voluit Picture Mix Exposure. Dit is een methode om het effect van werkmethode en werkplekcondities op blootstelling aan gevaarlijke stoffen, nanodeeltjes, fysieke inspanning en geluid te meten en zichtbaar te maken. Het idee om met meetapparatuur, videocamera en speciale software de arbeidsomstandigheden in beeld te brengen, is al eind jaren tachtig in Zweden ontwikkeld. Het heeft tot 2004 geduurd voordat PIMEX in Nederland voet aan de grond krijgt.

Behalve met metingen is blootstelling met schattingsmodellen te bepalen, zowel inhalatoir als een huidblootstelling. Schatten gaat doorgaans veel sneller dan meten en bij retrospectieve of bij toekomstige niveaus van blootstelling bewijzen schattingsmodellen hun waarde. Speciaal voor het Midden- en Klein Bedrijf, MKB, zijn vanaf eind jaren negentig van de vorige eeuw de zogenaamde 'control banding en exposure banding' modellen ontwikkeld (Russel et al., 1998). Control banding modellen vertalen schattingen van blootstelling direct door naar een gewenst pakket van maatregelen om deze te beheersen. De exposure banding modellen komen net als control banding modellen uit het Verenigd Koninkrijk, van de Health and Safety Executive, HSE. Het zijn zogenaamde 'knowledge based modellen' en gebaseerd op uitgebreide databestanden van meetgegevens van de Britse arbeidsinspectie. Andere modellen zijn ofwel rekenkundige modellen, ofwel algoritmes gebaseerd op meetgegevens (Rooij et al., 2019). Rekenkundige modellen zijn bedoeld om het verloop van concentraties op werkplekken in de tijd te simuleren. Met een toenemende complexiteit zijn een aantal verschillende modeltypes ontwikkeld, variërend van een instantane emissie in een gesloten ruimte zonder ventilatie tot turbulente diffusie modellen, rekening houdend met activiteiten en verplaatsingen van mens, materiaal en materieel. De Stoffenmanager is een voorbeeld van een algoritme, gebaseerd op een dataset van blootstellingsgegevens, om gezondheidsrisico's van gevaarlijke stoffen voor het MKB te prioriteren door gevaarinformatie van een stof of product te combineren met een schatting van de blootstelling. De schattingsmodule van Stoffenmanager is opgenomen in de officiële REACH Guidance.

Blootstellingsmetingen met gegevens van artsen, toxicologen en epidemiologen zijn de basis voor het risicobegrip en health impact assessments. Deze gezondheidseffect-schatting bepaalt de mogelijke invloed van projecten en programma's op gezondheid en op welk deel van een populatie deze effecten de meeste impact hebben. Het risicobegrip wordt gebruikt voor de vaststelling van Maximale Aanvaarde Concentraties (MAC) in arbeidssituaties. De kwantitatieve benadering van risico's is bruikbaar in het maatschappelijke debat over acceptabele risico's (Zielhuis, 1991).

Nieuwe trends zijn de groeiende aandacht voor 'nieuwere' blootstellingen, zoals reprotoxische en hormoonverstorende stoffen, fysieke belasting en biologische agentia, simulatiemodellen om de kinetiek van blootstelling en dosis te beschrijven en statistische modellen voor individuele patronen van blootstelling op basis van werkplekkenmerken en blootstellingsgegevens. De aanpassing van inhoud en niveau van de arbeidshygiëne aan de veranderende productieprocessen en hun toenemende complexiteit is een andere ontwikkeling. Er is sprake van een heroriëntatie van de arbeidshygiënist op de technisch-organisatorische aspecten van productie met aandacht voor arbeids- en milieu-omstandigheden in de ontwerpfasen van producten en processen. Er is meer aandacht voor de management-invloed op beheersmaatregelen. Er verschijnen boeken, artikelen over oplossingen, technische en organisatorische, voor arbeidshygiënische problemen. Principes uit de ontwerpleer worden gekoppeld aan arbeidshygiënische en veiligheidskundige modellen.

Als laatste is er een groeiende aandacht voor karakterisering van blootstelling in epidemiologisch onderzoek naar de relatie tussen arbeid en gezondheid. In dit onderzoek is het beroep en de lengte van het dienstverband een eenvoudige 'proxy' voor de totale cumulatieve blootstelling. Echter de onderzoeksinspanning om de historische blootstelling te kwantificeren dient in evenwicht te komen met de inspanning gericht op het vaststellen van de gezondheidsmaten. De zogenoemde 'job-exposure'-matrices zijn ontwikkeld, databestanden op basis van surveygegevens in industrietakken en expertmeningen van arbeidshygiënist(en) waarin voor elk specifiek beroep is aangegeven welke blootstelling in de arbeidssituatie optreedt. Job-exposure matrices zijn bedrijfstak-specifiek samen te stellen, soms zelfs met een regionaal toepassingsgebied. Of cohort-specifieke 'job-profiles' zijn ontwerpen, met voor elke werknemer een blootstellingsprofiel, gebaseerd op historische metingen en gegevens over productie en productieproces. Deze aanpak vereist een hoge kwaliteit van historische gegevens over productieprocessen, machines, grondstoffenverbruik, blootstellingsmetingen en het arbeidsverleden en functie-inhoud op individueel niveau.

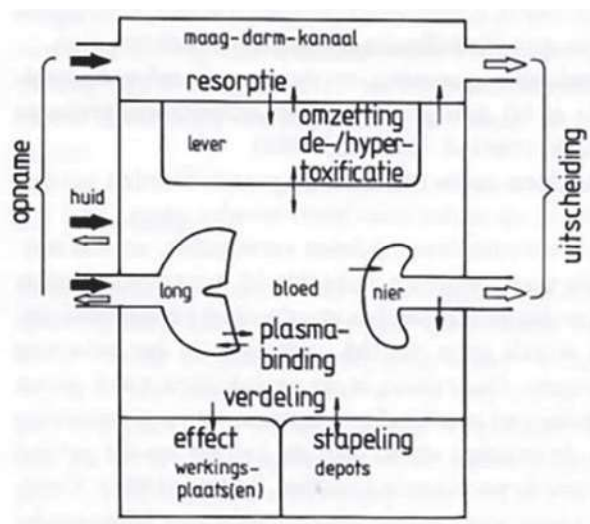
Recent is de vraag gesteld of de rol van de arbeidshygiënist niet meer overeenkomst moet hebben met de Belgische

preventiemedewerker. Deze is niet verplicht een opleiding te volgen. Wel moet hij voldoende kennis en ervaring hebben op het gebied van de risico's in zijn bedrijf en de mogelijke beheersmaatregelen. Met de introductie van de preventiemedewerker bestaat het gevaar dat de rol van de arbeidshygiëne wordt uitgehouden.

### **Kennisontwikkeling arbeidstoxicologie**

De toets- en evaluatiemethoden voor de beoordeling van de toxiciteit van bestrijdingsmiddelen, voedseladditieven en andere stoffen is aan verbetering toe. Dit wordt al in de jaren vijftig gezegd. In 1962 publiceert Rachel Carson 'Silent Spring'. Dit leidt in de US tot een re-evaluatie van nationaal beleid ten aanzien van pesticiden. De Amerikaanse Food and Drug Administration is in die beginperiode leidend in de opkomst van de toxicologie. Zoals bij meerdere vakgebieden laat ook de groei van dit vakgebied zich aflezen aan het aantal wetenschappelijke publicaties, dat na de jaren zestig van de vorige eeuw gestaag toeneemt. Eind jaren zeventig van de vorige eeuw zijn door vooruitgang in de celbiologie in vitro modellen steeds meer gebruikt. Het in vivo onderzoek met behulp van proefdieren blijft bestaan, maar kan worden teruggedrongen. Om de vertaling van in vitro werk naar de in vivo situatie te kunnen maken worden er zogenaamde PBTK, Physiologically Based Toxicokinetic, modellen ontwikkeld ten behoeve van de risicobeoordeling van stoffen. Deze modellen simuleren fysiologische processen om de route van een gevaarlijke stof door het lichaam te kunnen volgen. Naast in vitro en in vivo modellen zijn in silico modellen ontwikkeld om structuur-werkingsrelaties van stoffen te bestuderen met behulp van QSARS, Quantitative Structure-Activity Relationship. Toxische potenties van stoffen zijn af te leiden uit hun chemische structuur, zoals radicalen, organische fosforesters, alkylende stoffen, metaalkationen en stoffen met een structuur als lichaamseigen metabolieten. Ook de QSAR-modellen leveren daar een bijdrage aan.

Experimenten met menselijke cellen laten zien of deze cellen op een vergelijkbare manier reageren op toxische stoffen als dierlijke cellen. Dit leidt begin jaren negentig tot de slogan 'toxicology goes molecular'. Het toxische effect van stoffen op de genexpressie wordt onderzoekbaar. Deze ontwikkelingen dragen bij tot de kern van de toxiciteit, het werkingsmechanisme van stoffen en interacties van stoffen met receptoren op cellulair en sub-cellulair niveau. Met moleculaire technieken, in silico, in vitro en in mindere mate in vivo modellen en PBTK modellen, wordt momenteel de werking van stoffen bestudeerd. Een voorbeeld is de epigenetica. Omgevingsfactoren kunnen prenataal epigenetische veranderingen veroorzaken die geassocieerd zijn met een verhoogde kans op chronische ziekten later in het leven. Voeding, luchtverontreiniging en microbiële infecties kunnen als omgevingsfactoren een belangrijke rol spelen. Helaas worden nog steeds veel stoffen op grote schaal gebruikt zonder dat er toxicologisch veel over bekend is. Deze zogenaamde 'non assessed chemicals'



Figuur 4. Toxikinetische processen na opname van een verontreiniging (Verbeek en Zielhuis 1980)

zijn overwegend industrieel toegepaste chemicaliën (Koeman, 2000).

Er is altijd veel aandacht voor concentraties van stoffen in de werkatmosfeer en hun toxicologische effecten en ook de beheersing van concentraties in de lucht middels het systeem van de MAC-waarden, later omgevormd tot een systeem van publieke en private grenswaarden. Inhalatie van stoffen is de belangrijkste blootstellingsroute, hoewel de relatieve bijdrage van dermale blootstelling groter wordt nu concentraties van stoffen in de lucht dalen door maatregelen om deze blootstellingroute te reduceren. Behalve in de werkatmosfeer zijn toxische stoffen, afbraakproducten (metaboliëten) meetbaar in bloed en urine (figuur 4). Dit is het gebied van de biologische monitoring, of biomonitoring (BM) en kan bij blootstelling aan gevaarlijke stoffen helpen de totale blootstelling van een individuele werknemer of een van een groep te beoordelen. Blootstellingsroutes en potentiële risico's zijn zo te identificeren: is een bepaalde stof of een metaboliëte, gerelateerd aan blootstelling tijdens het werk, aanwezig in het lichaam van de werknemer en in welke mate. Het gaat hier om de inwendige blootstelling.

Biologische monitoring kan de effectiviteit van maatregelen ter beheersing van blootstelling vaststellen. Het kan een beeld geven van de totale opname van een stof via alle mogelijke blootstellingsroutes. Dit is een voordeel ten opzichte van omgevingsmetingen en vooral van belang voor stoffen die gemakkelijk via de huid en/of mond kunnen worden opgenomen, stoffen die zich in het lichaam ophopen en waaraan blootstelling ook kan plaatsvinden in de privésfeer (SER, 2020). Biologische monitoring heeft een paar evidente voordelen. Een biologische parameter van blootstelling is directer te relateren aan negatieve gezondheidseffecten. En de opgenomen dosis wordt exact vastgesteld. Dat wil zeggen dat een hoog ademvolume en opname via andere routes dan inhalatie, zoals de huid, worden verdisconteerd (Jongeneelen, 2010).

## Kennisontwikkeling medische milieukunde

De Nederlandse Vereniging voor Medische Milieukunde (NVMM) is op 31 maart 1988 opgericht. Het vakgebied Medische Milieukunde is al eerder erkend, in 1977, als tak binnen de sociale geneeskunde. Reinier Zielhuis, hoogle- raar bedrijfsgeneeskunde aan het Coronel Laboratorium van de Universiteit van Amsterdam is de grondlegger. In de jaren zeventig breekt hij een lans voor het toepassen van de bedrijfsgeneeskundige kennis bij het zoeken naar effecten van milieuverontreiniging op de volksge- zondheid. Voor die tijd, in de jaren zestig, heeft de arts Klaas Biersteker het effect van luchtverontreiniging op de gezondheid van mensen onderzocht. Ook de lokale/ regionale milieu-incidenten, de loodverontreiniging in Arnhem, de Volgermeerpolder in Broek en Waterland laten zien dat er onvoldoende kennis is, zowel voor korte- als langetermijneffecten. Medisch milieukundig georiën- teerd onderzoek is nodig. Medisch milieukundigen en de Gezondheidskundig Adviseurs Gevaarlijke Stoffen (GAGS) zijn betrokken bij de Chemie-Pack brand op Moerdijk van 2011, de asbestemissie in een woonwijk op Kanaleneiland te Utrecht in 2012, het treinongeval in Wetteren, België met een acrylonitril emissie en de brand met asbest- emissie in Roermond in 2014.

De Nederlandse Vereniging voor Medische Milieukunde is een kleine beroepsvereniging voor de artsen Maatschap- pij en Gezondheid met het profiel Medische Milieukunde. Er bestaat geen vakgroep Medische Milieukunde; wel is er sinds 1990 een periodiek overleg met alle artsen Medische Milieukundigen die 5-6 keer per jaar bijeenkomen. De NVMM biedt ook onderdak aan de Gezondheidskundige Adviseurs Gevaarlijke Stoffen (GAGS) en aan niet-artsen, die actief zijn op gebied van Milieu en Gezondheid. In 1989 verschijnt het eerste handboek Medische Milieu- kunde (Stumpel en Doel, 1989). Het merendeel van de artsen medisch milieukundigen werken bij GGD'en, vaak bovenregionaal voor meerdere GGD'en. Afhankelijk van de behoefte bij een GGD zijn tot 2021 jaarlijks 2-3 nieuwe artsen opgeleid.

Het vakgebied Medische Milieukunde modelleert of meet blootstellig aan stoffen, geluid, straling voor een risicobeoordeling en risicocommunicatie. Het beantwoor- den van gezondheidsgerelateerde vragen van betrokken besturen en van de bevolking, al dan niet ondersteund met biomonitoring, is een belangrijke activiteit voor medisch milieukundigen. Modellen die gebruikt kunnen worden zijn reeds bij de andere domeinen besproken. Het onderwerp risicocommunicatie is ook binnen andere disciplines belangrijk, waaronder de veiligheidskunde en arbeidshygiëne.

In Nederland werken er ca. 25 Gezondheidskundig Advi- seurs Gevaarlijke Stoffen (GAGS) in een 24/7 piket voor de 25 Nederlandse veiligheidsregio's. De taak is om bij een chemisch incident met brandweer, ambulance en Ge- neeskundige Hulpverleningsorganisatie bij Ongevallen en





Figuur 5. Schoonebeek (Nederlands Dagblad, 1965)

Rampen (GHOR) de directe gevolgen voor mensen in de omgeving aan te geven en welke zorg vereist is. De GAGS adviseert over schuilen, ontruimen en evacueren van potentiële slachtoffers en over het al dan niet decontamineren van slachtoffers voorafgaande aan ziekenhuisvervoer. De GAGS voorziet het ziekenhuis van informatie over de blootstelling en te verwachten gezondheidsklachten. Verder speelt de GAGS een rol bij de communicatie naar de bevolking over directe hinder en gezondheidseffecten van emissies in woongebieden. Niet alle GAGS'en zijn arts, sommigen zijn toxicoloog of milieugezondheidkundigen met verdieping toxicologie. Niet altijd is de informatievoorziening probleemloos verlopen (Berge, 2024).

### Kennisontwikkeling veiligheidskunde

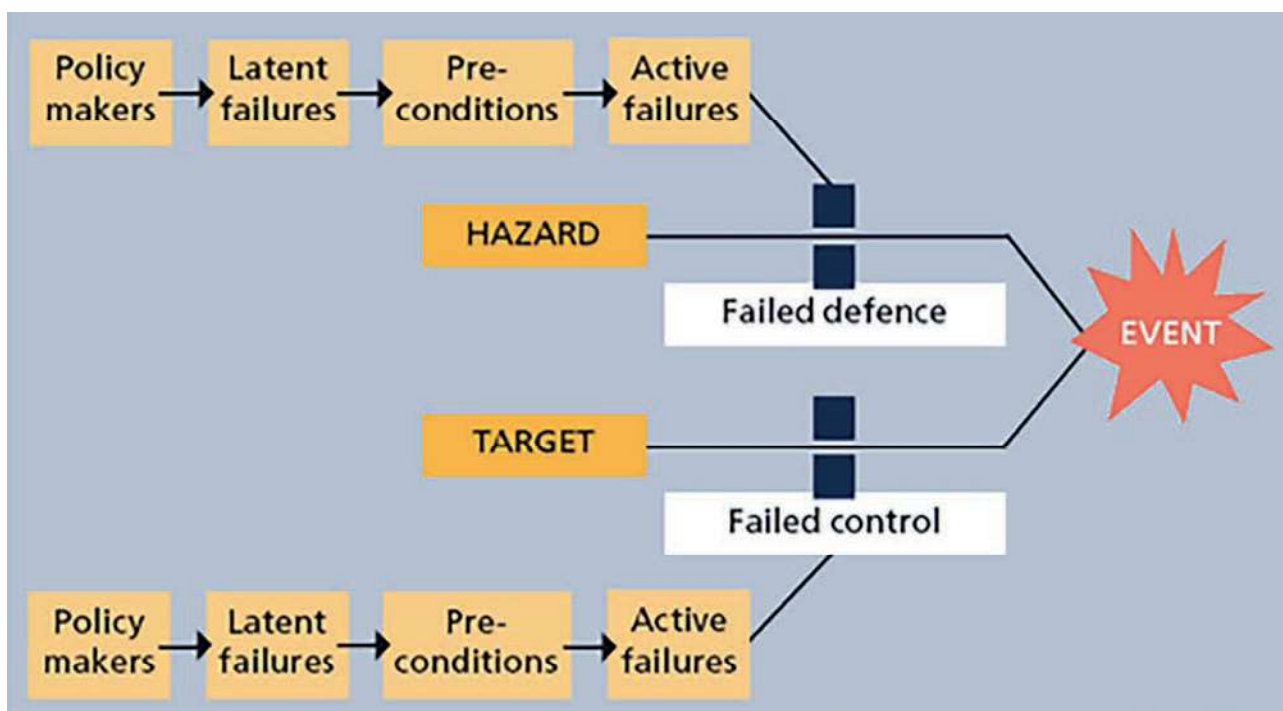
Robert Vinçotte (1844-1904) heeft in België voor de veiligheidskunde een grote rol gespeeld. Deze Belgische ingenieur ontdekt de belangrijkste oorzaken voor explosies in stoomketels in constructie- of ontwerpfouten, gecombineerd met slecht onderhoud. Met zijn 'Association pour la surveillance des chaudières à vapeur', de vereniging voor het toezicht op stoomketels, met al 500 leden in 1872 is dit de basis geweest voor veiligheid op de werkplek (Wikipedia, 2024b). In 1903 worden in België arbeidsongevallen verplicht verzekerd en dit is ook het jaar dat de eerste vereniging van bedrijfsartsen is opgericht (Meul & Schepers, 2013).

In die periode is de aanname dat bedrijfsongevallen betrekkelijk eenvoudige voorvallen zijn, met slechts één oorzaak. Met deze opvatting komt men automatisch uit op gevaarlijke handelingen en gevaarlijke externe omstandigheden, een combinatie van een individuele hypothese en een omgevingshypothese. De oorzaken van ongevallen

liggen daarmee vast. Zij laten zich allereerst indelen in menselijke oorzaken, zoals het niet opvolgen van instructies, of het gebrekkig gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen. De omgevingshypothese verwijst naar technische oorzaken, de veiligheidstechniek die niet of gebrekkig is toegepast waardoor machines met draaiende delen niet of gebrekkig zijn omkast. Deze twee directe oorzaken zijn dan aangrijpingspunten voor preventie.

Supersonische vluchten en het Apollo-ruimtevaartprogramma starten in de jaren 50 en 60 van de vorige eeuw. Dit creëert een optimistische houding over technologie. Een voorbeeld is de reactie op een blow-out tijdens een gasboring in Schoonebeek in 1965 (figuur 5). De respons in Schoonebeek is een geheel andere dan de reacties op de Groningse aardbevingen vanaf het begin van de eenentwintigste eeuw. Er is geen wantrouwen in de techniek of in de NAM, het verantwoordelijke bedrijf. Het techniek-optimisme is zichtbaar in de opkomst van de nucleaire sector, in de opschaling van de procesindustrie en in populaire publicaties over 'het atoom' uit die tijd. Dit leidt onvermijdelijk tot majeure ongevallen, die in eerst instantie nauwelijks publieke aandacht krijgen.

Toch organiseren procesingenieurs en -veiligheidskundigen zich in 1971 middels Loss Prevention conferenties. Dat mondt uit in een beweging die zich richt op een kwalitatieve ontwerpfilosofie: inherent veilig ontwerp, het concept van 'layers of protection' en de kwantificering van risico's. Risico's zijn te reduceren tot een acceptabel niveau. Er worden lijvige standaardwerken gepubliceerd. In Engeland verschijnt het boek 'Loss Prevention in the Process Industries' van de chemisch ingenieur Frank Lees (Lees, 1980). Dit werk, dat ongeveer iedere 10-15 jaar een



Figuur 6. Veiligheidskundig model (naar Reason, 1997)

vernieuwde editie kent, heeft een stimulerende invloed op het jonge vakgebied. De term Loss Prevention laat zien dat de beweging oog heeft voor financiële consequenties van majeure ongevallen.

#### Modellen in de veiligheidskundige

Vlak voor en na de Tweede Wereldoorlog krijgen technische factoren, zoals processtoringen de aandacht in publicaties van artsen. Deze factoren zijn veiligheidskundig van belang als oorzaken van arbeidsongevallen. Het barrière-model is geïntroduceerd en de technische aandacht voor installaties en machines. Een fysieke barrière tussen gevaar en slachtoffer reduceert of stopt de energiestroom van het gevaar. Artsen zijn niet onder de indruk van de kwaliteit van veiligheidskundige onderzoek. En ze verzetten zich tegen het dominante beeld van veiligheidsfunctionarissen in bedrijven die alleen kijken naar onveilige handelingen van werknemers. Daardoor krijgt alleen de schuldvraag de aandacht. Deze functionarissen zien alleen de gewoontes en gedrag van het slachtoffer, dat schijnbaar inconsistent is met de moderne wereld. Ze zoeken de oplossing in training en opvoeding, om werknemers de juiste, lees de veilige, manier van werken aan te leren.

Zoals de meeste oorlogen zorgt ook de Tweede Wereldoorlog voor grote veranderingen. Operational research komt op, een statistische benadering van militaire operaties ter ondersteuning van besluitvorming. Een klassieke toepassing is de berekening voor de optimale omvang van scheepskonvoien bij de Duitse U-boot dreiging in de Atlantische Oceaan. Bedrijven passen deze benadering na de oorlog toe in hun bedrijfsvoering. Het systeemdenken gaat van start en faalkansen van componenten

en technische installaties zijn te berekenen. Later start kwaliteitsmanagement, eveneens afkomstig uit de militaire productie, met een verantwoording van bedrijven naar klanten en de overheid en met behoefte aan een grotere transparantie. Dit initieert een omvangrijke bureaucrativering. Het managen van veiligheid is een afgeleide van kwaliteitsmanagement.

Een andere invloed is de opkomst van de ergonomie met haar aandacht voor mens-machine interacties. Deze discipline werpt de vraag op of de mens zich aan de machine moet aanpassen of andersom. Door processtoringen uit te bannen en de ergonomie van de werkplek te verbeteren voorkom je ongevallen en consequenties van blootstelling aan chemicaliën, is de gedachte.

Vanaf de tweede helft van de jaren zeventig neemt de ontwikkeling van kennis in de high-tech-high-hazard-sectoren toe, mede door de uitgebreide media-aandacht voor grote industriële ongevallen binnen en buiten de westerse wereld. Het techniek-optimisme vervaagt en het besef dringt door dat techniek kan falen en dat bedrijven en hun managers daar verantwoordelijk voor zijn, de zogenaamde 'blunt end', de policy makers (figuur 6). De bowtie is ontwikkeld als ongevals- en rampanalysesysteem. De term 'sloppy management' verschijnt, management van high-tech-high-hazard bedrijven, die financiële argumenten op de voorgrond zetten. Gestuurd door incidenten propageert de Amerikaanse nucleaire sector de systeemveiligheid en de Quantitative Risk Analysis (QRA). Met de publicatie van een reeks standaardwerken speelt Nederland een belangrijke rol. Voor een uitgebreide bespreking, zie Swuste et al. (2019).

Door de toename van industriële procesincidenten en de opkomende maatschappelijke discussies over grote industriële ongevallen groeit de behoefte aan methodes om risico's te kwantificeren. Maar al direct bij de introductie van het risicobegrip komt er kritiek uit de sociale wetenschappen: de analyses houden geen rekening met verschillende factoren die de risicoperceptie van burgers in het algemeen bepalen en burgers die in de nabijheid van fabrieksinstallaties wonen. Risicoperceptie wordt immers bepaald door de context, waardoor mensen in verschillende gebieden en tijdsperiodes zich focussen op verschillende soorten risico's. Sommige aspecten van risicoperceptie zijn echter opmerkelijk constant gebleven. Ondanks de vele pogingen van experts om perceptie en gedrag in overeenstemming te brengen met probabilistische berekeningen van risico's, blijven burgers andere aspecten en factoren van risico's belangrijk vinden. Risicocommunicatie en risicoperceptie worden twee nieuwe onderzoeksgebieden.

De majeure ongevallen in de high-tech-high-hazard sectoren laten zien dat grote ongevallen onvermijdelijk zijn omdat de technologieën te complex zijn om veilig te kunnen exploiteren. Het is een van de eerste keren dat een classificatie van gevaarlijke sectoren wordt gepresenteerd, gebaseerd op slechts twee determinanten van de technologie; de mate van koppeling tussen processtappen en de complexiteit van productieprocessen (Perrow, 1984).

In de jaren zeventig komen de audittechnieken op. Bedrijven kunnen de kwaliteit vaststellen van hun veiligheidsmanagementsysteem. De roep om veiligheidsmanagement wordt ondersteund vanuit het Verenigd Koninkrijk, waar de overheid procesveiligheid als primaire taak van bedrijven ziet (Robens, 1972). Het is voor het eerst dat zelfregulering door bedrijven wordt voorgesteld. Maar voor de meeste high-tech-high-hazard bedrijven is het managen van veiligheid en gezondheid nog steeds een vreemde eend in de bijt. De enige sector die voorop loopt is de nucleaire industrie die in Amerika de Management Oversight Risk Tree (MORT) ontwikkelt. De wake-up call klinkt pas in de tweede helft van de jaren tachtig, de nucleaire ramp in Tsjernobyl, Sovjetunie – Oekraïne, 1986. Het onderzoek naar de ramp duidt op het ontbreken van een veiligheidscultuur als belangrijke oorzaak. Twee jaar later gebeurt de ramp op het booreiland Piper Alpha in de Noordzee, in 1988. Ook hier laat de analyse van de ramp zien hoe het bedrijf faalt in haar veiligheidsmanagement en de veiligheid van haar primaire proces op het booreiland onvoldoende beheerst.

Voor high-tech-high-hazard bedrijven is besluitvorming over de beheersing van de technologie ingewikkeld. Meerdere externe partijen spelen immers een rol. Het 'drift-to-danger'-model laat dit zien (Rasmussen, 1997). Actoren variëren van de overheid als wetgever tot de zogenaamde 'front line operator' en alle lagen binnen en buiten het be-

drijf daartussen. Dit bemoeilijkt veiligheid en gezondheid op de werkplek in ernstige mate. Ook zijn dominante externe factoren actief, waaronder de concurrentiepositie en personeelsreducties die productieprocessen tot de grens van het ontwerp brengen met desastreuze consequenties. De Loss Prevention-ontwerpfilosofie verliest aandacht door de toegenomen invloed van de marktwerking en de daaruit voortvloeiende kostenreductie. Tegelijkertijd ziet een nieuwe beweging het licht: procesintensivering. Deze propageert kleinere productie-eenheden, gebruikmakend van de inherent veilig ontwerp principes. Een uitgebreid historisch overzicht wordt gegeven in Swuste et al. (2019).

Anders dan bij de disciplines arbeidshygiëne en arbeidstoxicologie is veiligheidskunde niet nauw gelieerd aan de bedrijfsgezondheidszorg van bedrijfsartsen, arbeidsartsen en medisch milieukundigen. Als een van de kerndisciplines van arbodiensten kent veiligheidskunde niet het concept van blootstelling, zoals binnen de arbeidshygiëne en de arbeidstoxicologie. De discipline is traditioneel gericht geweest op gevaar en later op risico, dat nu in toenemende mate door andere disciplines wordt overgenomen nu preventie meer aandacht krijgt. In de veiligheidskunde kan blootstelling gekwantificeerd worden middels het energieniveau van personen, materiaal en materieel dat bij een ongeval betrokken is. Voor arbeidsongevallen zou dat nog een mogelijkheid zijn, maar als het om procesongevallen gaat, dat lijkt dat een onbegonnen traject. In plaats daarvan staat het begrip 'ongevalsproces' centraal. Dit is een verzameling van dominante ongevalsscenario's die tot een groot incident of ramp kunnen leiden. Hierbij is een scenario een sequentie van gebeurtenissen die leidt tot oncontroleerbare gevaren die zich als risico's manifesteren.

## Naschrift

Personen die op enigerlei wijze hebben bijgedragen aan deze publicatie middels interviews, gesprekken, mails en aangereikte literatuur: Bernie Duivens, secretariaat; Corneel Ramselaar, preventiemedewerker, arbeidsarts; Danny de Baere, preventiedeskundige; Eduard Kusters, arbeidsarts, toxicoloog; Fenneke Linker, arbeidshygiënist, toxicoloog; Frans Jongeneelen, toxicoloog; Hans Burggraaff, bedrijfsarts; Hans Kromhout, arbeidshygiënist; Henk Jans, arts, medisch milieukunde, biochemicus; Jeroen Terwoert, arbeidshygiënist, toxicoloog; Karolien van Nunen, veiligheidskundige; Koen de Schrijver, arbeidsarts; Nicole Palmen, toxicoloog; Paul Scheepers, arbeidshygiënist, toxicoloog; Pierre de la Barre, arbeidsarts; Remko Houba, arbeidshygiënist; Rob Bos, toxicoloog; Steven Ronsmans, arbeidsarts; Taeke Pal, bedrijfsarts; Theo Scheffers, arbeidshygiënist; Victor Roggeveen, veiligheidskundige; Wil ten Berge, biochemicus, toxicoloog; Willem-Pieter Piebenga, bedrijfsarts; Wouter Fransman, arbeidshygiënist.



## Literatuur

- Boleij J, Buringh E, Heederik D, Kromhout H (1995). Occupational hygiene of chemicals and biological agents. Elsevier, Amsterdam.
- Brouwer Ch, Hennart P, Lagasse R (2004). Aux sources de la santé publique. Université Libre Bruxelles. Revue Médicale de Bruxelles 25 (3): 131-136.
- Burdorf L, Swuste P, Kromhout H (1997). De komst en betekenis van de arbeidshygiëne in Nederland. Tijdschrift voor Sociale Gezondheidszorg 75:81-88.
- Burger G (1947). De taak en mogelijkheid tot organisatie van arbeids- en bedrijfsgeneeskunde in Nederland. Voordracht voor de Algemene Nederlandse Vereniging van Sociaal Geneeskunde, Utrecht, 1946.
- Burger G (1959a). Arbeidshygiëne en industrialisatie [rede]. Kroese, Leiden.
- Burger G (1959b). De betekenis van kwantitatieve meting en functionele beoordeling van arbeidsbelasting en belastbaarheid voor de praktische bedrijfsarts. Tijdschrift. Sociale. Geneeskunde 37: 377-384.
- Burger G, Gerritsen W, De Groot J, Kuiper J, Zielhuis R (1974). Arbeids- en bedrijfsgeneeskunde. Kroese, Leiden.
- Calmette A, Breton M (1905). Histoire et distribution géographique de l'ankylostomiase. In: Ankylostomiase anémie des mineurs. Paris: Masson. p.3-14.
- Coronel S (1860). Gezondheidsleer toegepast op de fabrieksnijverheid. Een handboek voor industriëlen, genees- en staathuishoudkundigen, De Erven Loosjes, Haarlem.
- De Schrijver K (2023). Hoe ankylostomiase de wegbereider was van de arbeidsgeneeskunde in België. Belgisch kenniscentrum over welzijn op het werk. Beswic. Studiedag Fedris rond preventie en "OSH-vigilance" 9 november 2023.
- De Schrijver K, Van Damme K (2024). Ankylostomiase in de Waalse steenkoolmijnen. Tijdschrift voor Bedrijfs- en Verzekeringkunde, online. Beschikbaar via: <https://www.tbv-online.nl/magazine-artikelen/ankylostomiase-in-de-waalse-steenkoolmijnen/>.
- DGA (1987). Protocollen voor de bedrijfsgezondheidszorg. Begeleidingscommissie Onderzoeksmethoden Chemische Belasting. Directoraat-Generaal van de Arbeid van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Voorburg.
- Dijk F, van Dormolen M, van Kompier M, Meijman T (1990). Herwaardering model belasting-belastbaarheid. Tijdschrift voor Sociale Gezondheidswetenschappen 68:3-10.
- Heijermans L (1908). Handleiding tot de kennis der Beroesziekten. Brusse, Rotterdam.
- Huysmans F, Juffermans P (1973). Gezondheidszorg in Nederland. SUN 69, Nijmegen.
- Jongeneelen F (2010). Gebruik van biologische monitoring bij de beoordeling van blootstelling aan chemische stoffen. Handboek Arbeidshygiëne, praktisch handvat voor beheersen van gezondheidsrisico's. Kluwer, Alphen aan de Rijn.
- Koeman J (2000). Het venijn zit in de staart. Kanttekeningen bij de ontwikkeling van de toxicologie over de laatste 40 jaar, de verworvenheden en toekomstige uitdagingen. Afscheidscollege Wageningen Universiteit.
- Lees F (1980). Loss prevention in the process industries. Butterworth Heinemann, Oxford. Dit boek heeft heruitgaven gekend in 1996, 2005, 2012 en 2024 (5th edition).
- Loghem J (1935). Algemene Gezondheidsleer. Kosmos, Amsterdam.
- Masschelein R (2008). Forty years of occupational medicine in Belgium: looking back and to the future. Tijdschrift voor bedrijfs- en Verzekeringsgeneeskunde 16 (10): 451-457.
- Menting R, Brekelmans F, Hulshof C (2018). Addendum bij de Leidraad preventief medisch onderzoek (PMO) van werkenden en de hulpdocumenten voor bedrijfsartsen bij de ontwikkeling en uitvoering van PMO bij werkenden. NVAB, Utrecht.
- Meul I, Schepers R (2013). De opkomst en consolidering van medische specialisten in België (1857-1957). Belgisch Tijdschrift voor Nieuwste Geschiedenis 43 (1):10-14.
- Nederlands Dagblad (1965). Hoe de wereld verging bij Schoonebeek.
- Perrow C (1984). Normal accidents. Living with high-risk technologies. Basic Books, US.
- Prebes, welzijn op het werk (2021). Van veiligheidschef tot welzijns cultuur. 75 jaar Prebes, Kermt.
- Rasmussen J (1997). Risk management in a dynamic society: a modelling problem. Safety Science 27 (2-3): 183-213.
- Reason J (1997). Managing the risks of organisational accidents. Ashgate, Aldershot.
- Robens (1972). Committee on safety and health at work (1972). Report of the Committee 1970-1972, chairman Lord Robens. Her Majesty's Stationery Office, London.
- Rooij J, Thuis H, Poot S, de Huizer D (2019). Modellen schatting blootstelling aan gevaarlijke stoffen en selectie beheersmaatregelen. In: Alphen W, Leitscher A, Pennekamp H, Schreijers K (2019). Arbeid en gezondheid 2019. Handboek voor het beheersen van gezondheidsrisico's op het werk. Vakmedianet, Alphen aan de Rijn.
- Russel R, Maidment S, Brooke I, Topping M.(1998). An introduction to a UK scheme to help small firms control health risks from chemicals. Annals of Occupational Hygiene 42 (6): 367-376.
- Sociaal Economische Raad (SER) (2020). Biomonitoring en sensing. Gezondheid en privacy op de werkvloer centraal. Verkenning & advies 20/0, Juni. Sociaal Economische Raad, Den Haag.
- Spreeuwens D (2000). Van fabrieksdokter tot arboarts. De geschiedenis van de bedrijfsgezondheidszorg in Nederland. Groniek 33 (147): 204-212.
- Statuten Nederlandse Vereniging voor Arbeidshygiëne, Dordrecht, 1983.
- Stichtingsacte CGC (1990). Afschrift van de akte houdende oprichting van de te Amsterdam gevestigde Stichting Contactgroep Chemie (CGC) door Mr. M.J. Meijer, advocaat te Amsterdam.
- Stumpel A, van den Doel R (1989). Medische milieukunde. Bohn, Scheltema & Holkema, Utrecht.

Stumphius J (1969). Asbest in een bedrijfsbevolking. Universiteit van Amsterdam.

Swuste P, Gulijk C, van Zwaard W, Lemkowitz S, Oostendorp Y, Groeneweg J (2019). Van veiligheid naar veiligheidskunde. Vakmedianet, Alphen aan de Rijn.

Swuste P, Jongen M (2024). De Contactgroep (Gezondheid en) Chemie, toen en nu. Wordt eind 2024 of begin 2025 als boek uitgebracht en is als Epub te bekijken op de CGC website (<https://www.contactgroep-gezondheid-en-chemie.nl/>).

ten Berge W (2024). Persoonlijke mededeling.

Tordoir W (1978). Sociale geneeskunde in de praktijk. Bohn, Scheltema & Holkema, Utrecht.

Verbeek M, Zielhuis R (1980). Giftige stoffen uit het beroep. De Nederlandse bibliotheek der Geneeskunde deel 130. Stafleu's wetenschappelijke uitgeversmaatschappij BV, Alphen aan de Rijn.

Wesseling L (1964). Prof. Dr. G.C.E. Burger en het Coronel Laboratorium voor Arbeidshygiëne 1958. Tijdschrift voor Sociale Geneeskunde 42: 761-765.

Westerman F (2017). In het land van de jaknikkers: verhalen uit de polder. Querido, Amsterdam.

Wikipedia (2024a). Ernstige incidenten België. Geraadpleegd 26 februari 2024.

Wikipedia (2024b). Robert Vinçotte, Antwerpen, 1844 - Genue, 1904. Geraadpleegd 2 mei 2024.

Zielhuis R (1965) Hygiëne op drie niveaus [rede]. Kroese, Leiden.

Zielhuis R (1973). Model belasting-belastbaarheid in de sociale geneeskunde. Tijdschrift voor Sociale Geneeskunde 51: 55-59.

Zielhuis R, Noordam P, Roelfzema H, Wibowo A (1991). Risicogroepen en de MAC. Tijdschrift voor toegepaste Arbowedenschap 4 (2): 23-27.

Zwaard W (2007). Kroniek van de Nederlandse veiligheid. Van kinderarbeid en wassend water tot ontploffend vuurwerk. Syntax Media, Amersfoort.

## Gebruikte afkortingen

|          |                                                                          |
|----------|--------------------------------------------------------------------------|
| AH       | Arbeidshygiënist                                                         |
| AZF      | AZote Fertilisants                                                       |
| BGD      | Bedrijfsgezondheidsdienst                                                |
| BM       | Biomonitoring                                                            |
| BP       | British Petroleum                                                        |
| CGC      | Contactgroep (Gezondheid en) Chemie                                      |
| DGA      | Directoraat-Generaal van de Arbeid                                       |
| DSM      | Dutch State Mines                                                        |
| GAGS     | Gezondheidskundig Adviseurs Gevaarlijke Stoffen                          |
| GGD      | Gemeentelijke Gezondheidsdienst                                          |
| GHOR     | Geneeskundige Hulpverleningsorganisatie in de Regio                      |
| HSE      | Health and Safety Executive                                              |
| KULeuven | Katholieke Universiteit Leuven                                           |
| MAC      | Maximale Aanvaarde Concentraties                                         |
| MKB      | Midden en Klein Bedrijf                                                  |
| MORT     | Management Oversight Risk Tree                                           |
| MoSHE    | Management of Safety Health and Environment                              |
| NCvB     | Nederlands Centrum voor Beroepsziekten                                   |
| NIPG     | Instituut voor Praeventieve Geneeskunde                                  |
| NVAB     | Nederlandse Vereniging voor Arbeids- en Bedrijfsgeneeskunde              |
| NVKA     | Nederlandse Vereniging voor Klinische Arbeids- geneeskunde               |
| NVMM     | Nederlandse Vereniging voor Medische Milieukunde                         |
| NVT-AT   | Nederlandse Vereniging voor Toxicologie - sectie Arbeidstoxicologie      |
| NVvA     | Nederlandse Vereniging voor Arbeidshygiëne                               |
| NVVK     | Nederlandse Vereniging Voor Veiligheidskunde                             |
| OCB      | Onderzoeksmethoden Chemische Belasting                                   |
| PAGO     | Periodiek Arbeids Gezondheidskundig Onderzoek                            |
| PBGO     | Periodiek Bedrijfsgeneeskundig Onderzoek                                 |
| PBPK     | Physiologically Based Pharmac Kinetic                                    |
| PBTk     | Physiologically Based Toxic Kinetics                                     |
| PIMEX    | Picture Mix Exposure                                                     |
| PMO      | Preventief Medisch Onderzoek                                             |
| Prebes   | Koninklijke Vlaamse Vereniging voor Preventie en Bescherming             |
| QRA      | Quantitative Risk Analysis                                               |
| QSAR     | Quantitative Structure-Activity Relationship                             |
| RI&E     | Risico Inventarisatie & Evaluatie                                        |
| SH       | Safety Health                                                            |
| TNO      | Nederlandse Organisatie voor Toegepast- Natuurwetenschappelijk Onderzoek |
| TUD      | Technische Universiteit Delft                                            |
| VDVHB    | Vereniging van Diensthooften voor Veiligheid en Hygiëne van België       |
| VWVA     | Vlaamse Wetenschappelijke Vereniging voor Arbeidsgezondheidskunde        |

## Bijlage 1: Tijdslijn CGC en aangesloten verenigingen

De tijdslijn start met een korte historische inleiding, gevolgd door een lijst met een paar onderwerpen: 1/ de start van aangesloten verenigingen, 2/ enkele majeure gebeurtenissen of rampen die bij hebben gedragen aan de totstandkoming van de vereniging (weergegeven in rood in de lijst hieronder), 3/ de start van vakgroepen van de verschillende disciplines aan universiteiten, 4/ de start van (post)academische opleidingen in de vakgebieden. Daarbij is gebruik gemaakt van de volgende referenties: Burdorf et al. (1997), Burger (1974), Huysmans & Juffermans (1973), Prebers (2021), Spreeuwiers (2000), Stichtingsacte CGC (1990), Swuste et al. (2019), Wikipedia (2024a), en Zwaard (2007).

In Europa en Amerika transformeert de samenleving radicaal vanaf eind 18e, begin 19e eeuw. De industriële revolutie creëert welvaart en een omvangrijke onderklasse. In 1870 start in Nederland het 'comité ter bespreking van de sociale quaestie', van progressief-liberale denkers over het arbeidersvraagstuk. De gezondheid en veiligheid van arbeiders wordt belangrijk, mede door de groep van sociaal-hygiënist, of armendoktors die actief zijn in dichtbevolkte sloppenwijken. De vele ongelukken in fabrieken en werkplaatsen versterken de roep voor veiligheid. In 1887 geeft de rapportage van de 8e parlementaire enquête 'naar de toestand van fabrieken en werkplaatsen hier te lande' een onthutsend beeld van de arbeidsomstandigheden in onderzochte bedrijven. De rapportage is het startpunt voor sociale wetgeving in Nederland. De Arbeidsinspectie wordt in 1890 opgericht en in hetzelfde jaar start in Amsterdam de 'Tentoonstelling tot bevordering van Veiligheid en Gezondheid' in het Paleis voor Volksvlijt. De Veiligheidswet wordt in 1895 van kracht, de Gezondheidsraad start in 1902 en in de jaren twintig van de vorige eeuw verschijnen in sommige grote bedrijven de veiligheidscommissies, samengesteld uit leidinggevenden en arbeiders. De deelname van arbeiders aan de commissie is belangrijk, daar managers nauwelijks bekend zijn met de inhoud van het werk. Na de Tweede Wereldoorlog, in 1959, wordt met de Wet op de Bedrijfsgezondheid deze discipline verankerd. Vanaf dat jaar hebben bedrijven met meer dan 750 werknemers een bedrijfsgezondheidsdienst; Hoogovens, Philips en de gezamenlijke kolnmijnen. Philips is met zijn Medische Dienst al in 1929 gestart en legt zich toe op de bestrijding van tuberculose onder haar werknemers. Het Coronel Laboratorium start eveneens in 1959 en is opgericht voor onderwijs en wetenschappelijk onderzoek in de arbeidsgeneeskunde. De grote ontwikkelingen in de Nederlandse toxicologie spelen zich af ná de Tweede Wereldoorlog, ingegeven door de wapenwedloop op het gebied van strijdgassen, en de urgentie om daartegen effectieve, weinig toxische antidota te ontwikkelen.

In België zijn er voor Wereldoorlog I enkele ad hoc ziektebestrijdingen, eerder vanuit economische perspectief, ten

gevolge van de industriële ontwikkeling. In de mijnbekkens van België komt er bijvoorbeeld aan het begin van de 20e eeuw veelvuldig de mijnwormziekte voor. Tussen de 2 wereldoorlogen is de wet van 24 juli 1927 betreffende de schadeloosstelling inzake beroepsziekten ingevoerd. In België is de veralgemenisering van arbeidsgeneeskunde en de invoering en verplichting van onderzoek een verhaal van na Wereldoorlog II. Het gebeurt in het verlengde van de uitbouw van de sociale zekerheid, erkenning van de beroepsziekten en arbeidsongevallenwetgeving. In 1965 komt de verplichting van arbeidsgeneeskundig toezicht op elke werkpost en de verplichte introductie van bedrijfsgezondheidsdiensten in bedrijven. In 1968 waren nog weinig BGD'en geïnstalleerd. Hoewel er in het algemeen een goede samenwerking is met veiligheidsdiensten blijft de medische focus gericht op secundaire preventie via periodieke medische keuringen. Dit geeft weinig ruimte voor activiteiten als risicoanalyse en risico-evaluatie. Het veld is overgereguleerd en beperkt de autonomie van de arbeidsgeneesheer. De Belgische arbeidsgeneeskunde heeft zich lange tijd gespiegeld aan de Franse equivalent, waar de 'médecins du travail' eigenlijk het kennis-alleenrecht hebben opgeëist en andere disciplines zoals arbeidshygiëne en arbeidstoxicologie lange tijd hebben buitengesloten. Het monodisciplinair karakter van de arbeidsgeneeskundige diensten komt eind jaren 80 van de vorige eeuw onder vuur te liggen. Dit verandert met de Wet op het Welzijn uit 1996, de Belgische Arbeidsomstandighedenwet. Er komt een nadruk op dynamisch risicobeheer binnen ondernemingen, gestoeld op de PDCA-principes van kwaliteitsbeheer. Sinds 2000 is bedrijfsgezondheidszorg dramatisch veranderd (Masschelein, 2008).

- |      |                                                                                                        |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1946 | Nederlandse bedrijfsartsen organiseren een werkgroep van de Vereniging van Sociaal-Gezondheidskundigen |
| 1946 | Vereniging van Diensthoofden voor Veiligheid en Hygiëne van België, VDVHB                              |
| 1947 | Werkgroep van Veiligheidsinspecteurs, Nederland                                                        |
| 1953 | Nederlandse Vereniging voor Arbeids- en Bedrijfsgezondheidskunde, NVAB                                 |
| 1956 | Minamatabaai Japan, chronische kwikvergiftiging                                                        |
| 1961 | Thalidomide, softenon, geboortefwijkingen                                                              |
| 1962 | Silent Spring, Rachel Carson, impact DDT en andere pesticiden, begin milieubeweging                    |
| 1962 | Nederlandse Vereniging van Veiligheidstechnici, NVVT, vervolg op de 1946 Werkgroep                     |
| 1965 | Verplichte aansluiting bij een bedrijfsgezondheidsdienst voor Belgische ondernemers                    |
| 1966 | Gezondheidsraad kan ongevraagd advies uitbrengen aan regering en parlement                             |
| 1968 | Vlaamse Wetenschappelijke Vereniging voor Arbeidsgezondheidskunde VWVA                                 |
| 1972 | Vakgroep Toxicologie, Landbouw Hogeschool Wageningen                                                   |
| 1972 | Medichem, arbeidsgeneeskunde in de chemische sector                                                    |



- 1975 Beek, explosie naftakraker DSM
- 1975 Union Carbide Antwerpen ontploffing
- 1976 Seveso, explosie reactor Icmesa
- 1977 Medische Milieukunde als onderdeel van Sociale Geneeskunde
- 1978 Contactgroep Chemie opgericht vanuit de NVAB en arbeidshygiënist en toxicologen
- 1978 Nederlandse Vereniging voor Veiligheidskunde, NVVK, een vervolg op de Werkgroep van Veiligheidsinspecteurs en de NVVT, 1947, 1962
- 1978 Eerste officiële MAC-waarde lijst
- 1978 NVAB jaarvergadering in Wageningen, bedrijfsgezondheidszorg heeft arbeidshygiënische kennis nodig
- 1979 Start opleiding arbeidshygiëne aan de Landbouw Hogeschool Wageningen
- 1979 Nederlandse Vereniging voor Toxicologie, NVT
- 1979 Start sectie Veiligheidskunde Technische Hogeschool Delft
- 1980 Lekkerkerk, het eerste grote gifschandaal, verontreinigde grond onder een nieuwbouwwijk
- 1981 Arbeidsomstandighedenwet
- 1981 Volgermeerpolder, Philips Duphar 10.000 vaten chloorhoudende producten
- 1982 Opsplitsing van VDVHB in onafhankelijke Vlaamse en Waalse vereniging
- 1982 De eerste Sevesorichtlijn is goedgekeurd
- 1983 Nederlandse Vereniging voor Arbeidshygiëne, NVvA
- 1984 Bhopal, explosie met dodelijke gaswolk, Union Carbide
- 1986 Bazel, massale vissterfte, pesticiden Rijn, Sandoz
- 1986 Opleiding milieuarts TNO Leiden met de eerst tien milieuarsten
- 1988 Postdoctorale opleiding toxicologie, Landbouw Universiteit Wageningen
- 1988 Nederlandse Vereniging Medische Milieukunde, NVMM
- 1988 Beltex, de Belgische vereniging van toxicologen
- 1988 Explosie van het boorplatform Piper Alpha
- 1989 Postdoctorale opleiding veiligheidskunde, Technische Universiteit Delft 'Management of Safety Health and Environment MoSHE'
- 1989 Sectie Arbeidstoxicologie, onderdeel van de NVT
- 1989 Belgische Vereniging voor Arbeidshygiëne, Société Belge d'Hygiène du Travail BSOH
- 1990 Oprichting Stichting CGC; toegankelijk maken en uitwisselen informatie, toetsen beleid DGA
- 1991 Nederlandse Stichting Kwaliteitsbevordering Bedrijfsgezondheidszorg, SKB
- 1991 Botlek, tank, DSM
- 1992 Uithoorn, explosie ketel, Cindu, Uithoorn, Bijlmermeerramp, El Al
- 1992 Nederlands Centrum voor Beroepsziekten
- 1994 Risico begrip in de Nederlandse Arbowet, RI&E in plaats van gevaar
- 1996 Wet op het Welzijn, België
- 1996 De Vlaamse afdeling van de VDVHB wordt de Koninklijke Vlaamse Vereniging voor Preventie en Bescherming, Prebes
- 1998 Toulouse, explosie AZF, 300 ton ammoniumnitraat
- 2000 Enschede, explosie in vuurwerkopslag, SE Fireworks
- 2004 Gellingen België, explosie in gasleiding
- 2005 Onderzoeksraad voor Veiligheid
- 2005 Texas, explosie raffinaderij, BP
- 2006 De CGC wordt Contactgroep Gezondheid en Chemie
- 2010 Golf van Mexico, mislukte diepzeeboring, BP
- 2013 Wetteren, België emissie giftige stoffen, o.a. acrylonitril na een treinramp