

Full paper

Veiligheidsmanagement en –systemen vanaf de 19e eeuw tot heden

Een overzicht van Engels- en Nederlandstalige literatuur; deel 1: 19e eeuw tot 1979

Paul Swuste¹ Coen van Gulijk¹, Walter Zwaard², Saul Lemkowitz³, Yvette Oostendorp⁴ en Jop Groeneweg⁵

Inhoud

Samenvatting

Summary

Introductie

Methoden en technieken

De eerste initiatieven voor het managen van veiligheid, de periode tot de tweede wereldoorlog

Algemene management benaderingen, het klassieke management en het behavioural management

Veiligheidstheorieën en –modellen, veiligheidstechniek

Managen van veiligheid, de rol van verzekeringsmaatschappijen in de Verenigde Staten

Ontwikkeling in Nederland

De ontwikkeling van het managen van veiligheid, de periode vanaf de Tweede Wereldoorlog tot 1969

Algemene management benaderingen, kwantitatief management en modern management

Veiligheidstheorieën en –modellen, taakdynamiek, het energiemodel, de systeembenadering en de toegenomen complexiteit

Managen van veiligheid, de veiligheidsladder en de beheersing van schades, Verenigde Staten

Ontwikkeling in Nederland

Veiligheidsmanagement in de 20e eeuw, van 1969 tot 1979

Algemene management benaderingen, nogmaals het moderne management

Veiligheidstheorieën en –modellen, arbeidsveiligheid en ‘accident prone conditions’

Veiligheidstheorieën en –modellen, grote industriële rampen en procesveiligheid

Veiligheidsmanagement, -systemen en -audits

Ontwikkeling in Nederland

Discussie en conclusies

Literatuur

Samenvatting

Vraagstelling: Wat is de invloed geweest van algemene managementstromingen en onderzoek naar oorzaken van ongevallen en rampen op het managen van veiligheid vanaf de 19e eeuw tot 1979?

Methode: Het onderzoek is beperkt tot oorspronkelijke Engels- en Nederlandstalige artikelen en documenten. Voor Nederland is het vakblad *De Veiligheid* geraadpleegd, vanaf 1927 tot 1979.

Resultaten en conclusies: Vanaf eind 19e eeuw begonnen dominante managementbenaderingen met

- 1) klassieke management, met scientific management als belangrijkste component in het begin van de 20e eeuw. In het interbellum kwam het
- 2) behavioural management op, gebaseerd op het behaviorisme, gevolgd door

Summary

Objective: What has been the influence of general management movements and research into causes of accidents and disasters on managing safety from the 19th century till 1979?

Method: The study was limited to original English and Dutch articles and documents. For the Netherlands, the professional journal *De Veiligheid* (Safety) has been consulted from its start 1927-1979.

Results and conclusions: Dominant management approaches started with

- 1) the classical management from the 19th century, with scientific management from the start of the 20st century as a main component. During the interwar period
- 2) behavioural management started, based on behaviourism, followed by

¹ Sectie Veiligheidskunde, Technische Universiteit Delft; e-mail: p.h.j.j.swuste@tudelft.nl

² Opleider en adviseur, Delft

³ Product en proces engineering, Technische Universiteit Delft

⁴ Raad voor Leefomgeving en Infrastructuur, Den Haag

⁵ Universiteit Leiden en TNO Hoofddorp

- 3) kwantitatieve management van voor de Tweede Wereldoorlog. Na de oorlog werd
- 4) moderne management belangrijk: het bedrijf als open systeem in een omgeving met externe belangengroepen.

Veiligheidstechniek begon in de 19^e eeuw. Er was geen specifieke kennis ontwikkeld over het managen van veiligheid, dat was het terrein van de voorman. Met de Amerikaanse Safety First beweging start deze kennisontwikkeling, gedreven door kostenreductie en productieefficiëntie. Psychologische modellen en metaforen verklaarden de ongevallen uit 'unsafe acts' en in lijn met scientific management werd via selectie van brokkenmakers en training veiligheid gemanaged. Dit werd tot ver na de oorlog voortgezet, ondersteund door het behavioural management.

De potentiële en feitelijke industriële rampen van na de oorlog leidden via het kwantitatieve management tot twee stromingen binnen de procesveiligheid; loss prevention (procesindustrie) en reliability engineering (nucleaire industrie en ruimtevaart). Het onderscheid tussen procesveiligheid en arbeidsveiligheid werd scherper en de twee domeinen volgden hun eigen dynamiek.

De menselijke factor werd in de arbeidsveiligheid in de jaren '70 gezien als symptoom van falend management. De term veiligheidsmanagement deed zijn intrede evenals begrippen als los- en strak-gekoppelde organisaties, organisatiecultuur, incubatietijd van een ramp en mechanismen die organisaties verblinden voor voortekenen van rampscenario's. Loss prevention bleef heel technisch en had tot 1979 geen duidelijke relatie met veiligheidsmanagement. Reliability engineering, gebaseerd op de systeemleer, had dat wel met de MORT techniek als management audit. Nederland heeft voornamelijk de Angelsaksische ontwikkelingen gevolgd. Eind jaren 70, na internationale veiligheidkundige symposia in Den Haag en Delft werd in ons land veiligheidkundig onderzoek uitgevoerd.

Introductie

Dit artikel is onderdeel van een reeks over de kennisontwikkeling van het veiligheidsdomein. In eerdere publicaties werden verschillende periodes behandeld, van eind 19^e eeuw tot de jaren 90 van de vorige eeuw. Deze artikelen geven een historisch overzicht van de ontwikkeling van theorieën, modellen en metaforen in de verschillende periodes. De auteurs van deze reeks zijn van mening dat een dergelijke benadering inzicht geeft in de ontwikkeling van het vakgebied. Het maakt duidelijk hoe tijdgebonden de kennis over oorzaken van ongevallen is en waarom denkbeelden opkomen, verdwijnen of een slapend bestaan leiden. In deze bijdrage wordt de kennisontwikkeling voor het managen van veiligheid op bedrijfsniveau in kaart gebracht. De termen veiligheidsmanagement en veiligheidsmanagementsysteem werden pas in de jaren 70 geïntroduceerd.

Deze bijdrage is geschreven vanuit de aanname dat de

- 3) quantitative management from the Second World War. After the war
- 4) modern management was important: a company as an open system, interacting with an environment and external stakeholders.

In the 19th century, safety technique was the main focus for improving safety. No specific knowledge was present on managing safety; this was left to the foreman. Early 20th century, the U.S. 'Safety First' movement was the starting point of this knowledge development, with cost reduction and production efficiency as key drivers. Psychological models and metaphors explained accidents from 'unsafe acts'. And safety was managed with training and selection of reckless workers, all in line with scientific management. Supported by behavioural management, this approach remained dominant for many years, even after World War II.

Influenced by quantitative management, potential and actual disasters after the war led to two approaches; loss prevention (up-scaling process industry) and reliability engineering (inherently dangerous processes in the aerospace and nuclear industries). The distinction between process safety and occupational safety became clear after the war, and the two developed into relatively independent domains. In occupational safety in the 1970s human errors thought to be symptoms of mismanagement. The term 'safety management' was introduced in scientific safety literature as well as concepts as loose, and tightly coupled processes, organizational culture, incubation of a disaster and mechanisms blinding organizations for portents of disaster scenarios. Loss prevention remained technically oriented. Till 1979 there was no clear relation with safety management. Reliability engineering, based on systems theory did have that relation with the MORT technique as a management audit. The Netherlands mainly followed Anglo-Saxon developments. Late 1970s, following international safety symposia in The Hague and Delft, independent research started in our country

ontwikkeling in het managen van veiligheid, zoals deze uit de literatuur blijkt, gevoed wordt door zowel de kennis over oorzaken van (ernstige) ongevallen als door meer algemene ideeën over het management van de productie in bedrijven. Deze aanname suggereert niet dat de relatie tussen algemene managementbenaderingen en veiligheidsmanagement in alle periodes duidelijk is. In dit overzichtsartikel wordt periode vanaf de 19^e eeuw beschouwd, nu gericht op de kennisontwikkeling over veiligheidsmanagement.

Tot begin jaren '70 worden de eerder gepubliceerde artikelen kort samengevat, daarna zal de bespreking uitgebreider zijn. Gezien de omvang van het aanwezige materiaal is het artikel opgesplitst in delen; dit artikel, behandelt de periode tot 1979. Vervolgperiodes worden daarna behandeld. Voor deze publicaties zijn onderstaande vragen leidend geweest:

1. Welke algemene managementstromingen en welke theorieën en modellen voor ongevalsoorzaken zijn ontwikkeld?
2. Welke invloed hebben deze ontwikkelingen gehad op het managen van veiligheid in bedrijven?
3. Binnen welke context heeft deze ontwikkeling plaatsgevonden?
4. Welke consequenties heeft de ontwikkeling gehad voor het veiligheidskundige vakgebied in Nederland?

Methoden en technieken

Een uitgebreid literatuuronderzoek is de basis geweest voor de beantwoording van de vragen. Het onderzoek is voornamelijk beperkt tot de ontwikkeling van het veiligheidskundige vakgebied in de Verenigde Staten, Groot-Brittannië en Nederland. Daartoe zijn oorspronkelijke referenties en bronnen via internet of via de bibliotheek van de Technische Universiteit Delft geraadpleegd. Voor de consequenties voor het Nederlandse vakgebied zijn jaargangen van het tijdschrift *De Veiligheid*, het nationale vaktijdschrift voor veiligheidskundigen, bestudeerd, vanaf de start van het tijdschrift, 1927 tot en met 1979. Voor dit overzicht is gekozen voor een chronologische indeling in drie periodes. De eerste periode loopt van de 19e eeuw tot de Tweede Wereldoorlog. De tweede periode start bij de Tweede Wereldoorlog tot 1969 en de laatste periode beschrijft de volgende tien jaar. Periode indelingen blijven altijd onderwerp van discussie als er geen heldere historische ijkpunten aanwezig zijn in relatie tot de vraagstelling, zoals bij de laatste twee gekozen periodes. De keuze voor 1969 als periodegrens is gebaseerd op een praktische overweging van leesbaarheid van het aangeboden materiaal.

Per periode worden vier onderwerpen behandeld, de algemene managementbenaderingen, de veiligheidstheorieën en -modellen, de kennisontwikkeling betreffende het managen van veiligheid en ten slotte de ontwikkeling in Nederland. Voor de algemene managementbenaderingen is uitgegaan van de indeling die in de management literatuur gebruikelijk is en onderscheid maakt tussen het klassieke, het behavioural, het kwantitatieve en het moderne management (Pindur et al., 1995).

De relatie tussen algemene managementontwikkelingen, veiligheidstheorieën en -modellen en het managen van veiligheid is niet vanzelfsprekend. Algemene managementontwikkelingen zijn gebaseerd op marktontwikkelingen en op productie efficiëntie, terwijl de andere twee onderwerpen me hun oorsprong vinden in de arbeids- of procesveiligheid. Per periode worden de vier onderwerpen in aparte paragrafen behandeld. De synthese is beschreven in het hoofdstuk discussie en conclusies.

In dit artikel is nadrukkelijk gekozen voor de beschrijving van de kennisontwikkeling. Dit impliceert dat ontwikkelingen in veiligheidswetgeving slechts sporadisch aan bod zullen komen. Voor de veiligheidskundige praktijk is wetgeving voor veel bedrijven leidend, ook als het gaat om de introductie van veiligheidsmanagement(systemen). Echter voor de kennisontwikkeling over dit onder-

werp bestaat er geen relatie met wetgeving. Het is eerder andersom, wetgeving is mede gebaseerd op reeds ontwikkelde kennis. Dat geldt ook voor de eerste wetten op het gebied van veiligheid, die op de veiligheidstechniek waren gebaseerd. Dit onderwerp is uitgebreid behandeld in een eerdere publicatie (Swuste et al., 2009).

De eerste initiatieven voor het managen van veiligheid, de periode tot de tweede wereldoorlog

In de beginperiode, 19^e en begin 20^e eeuw, nam arbeidsveiligheid, een ondergeschikte positie in ten opzichte van bedrijfsgeneeskunde. Dit komt deels door de beroepsgroep die het initiatief nam, de artsen, die traditioneel goed zijn georganiseerd. Maar het ging ook om de aantallen. Gezondheid, of het epidemieën in een bedrijfspopulatie betrof of intoxicaties met gevaarlijke stoffen in bedrijven, het probleem had altijd betrekking op grote groepen werknemers, op grote delen van fabriekspopulaties. Bij veiligheid, zo werd gedacht, lagen deze aantallen veel lager (Westerouwen van Meeteren, 1893). Dit verklaart waarom arbeidsveiligheid in de beginperiode zich later ontwikkelde als zelfstandig aandachts- en onderzoeksgebied dan arbeidsgeneeskunde.

Tijdens de Conferentie van Gouverneurs in 1908 hekelde de Amerikaanse president Theodore Roosevelt de inefficiëntie bij de productie van goederen. 'Het hele land leed daaronder. Daarop moest systematisch management het antwoord zijn. Het beste management dient gebaseerd te zijn op wetenschap, aldus de president (geciteerd in Taylor, 1911)'. Dit was een van de aanleidingen voor de opkomst van het 'scientific management', een benadering die in de volgende paragraaf aan bod komt.

Algemene management benaderingen, het klassieke management en het behavioural management

De klassieke management benadering startte eind 19^e eeuw en stelde dat de (top)manager in het bedrijf in het centrum van de besluitvorming moest staan (Pindur et al., 1995). De benadering kent twee stromingen. De eerste is het 'scientific management' ter verhoging van de industriële en arbeidsproductiviteit via een herontwerp van taken en werkmethoden. De tweede stroming is het 'administratieve management' waarbij de organisatie als geheel werd beschouwd. De Amerikanen Fredrick Taylor en Frank en Lilian Gilbreth waren bekende pioniers van scientific management. De Frans-Turkse Henri Fayol en de Duitser Max Weber waren de pioniers van het administratieve management. Met uitzondering van Weber hadden deze auteurs een ingenieursachtergrond. Deze technische achtergrond was bepalend voor de kenmerken van deze management benadering. Een organisatie werd op een mechanische manier benaderd en ieder mens in de organisatie werd geacht op een rationele manier te oordelen en te handelen. Deze zienswijze was terug te vinden in de publicatie 'The Principles of Scientific Management' van Taylor (1911). In het begin van de 20^e eeuw floreerde de zakenwereld in Amerika, er was geld genoeg, maar

arbeid was de beperkende factor. Taylor heeft eind 19^e eeuw geëxperimenteerd met verschillende werkmetho- den bij de Midvale Steel Company in Philadelphia, Pennsylvania waar hij werkzaam was. Met name de partici- patie van werknemers in de productiebeslissingen liet een hogere productie zien, zolang dit maar resulteerde in een gestandaardiseerde werkmethode. Complexe pro- cessen werden opgedeeld in eenvoudige deelprocessen. Het ideaal was een werknemer die niet meer hoefde te denken over het werk. Naar zijn overtuiging hadden werk- nemers en werkgevers vergelijkbare doelen, een hogere productie leverde immers winst op voor de werkgever en een hoger loon voor de werknemer. De aanpak was een eerste poging om met beloningssystemen het gedrag van werknemers te beïnvloeden. Echter, in vrijwel de meeste bedrijven was het management niet of nauwelijks op de hoogte van de inhoud van het werk en kon dus ook geen sturing geven aan het systeem. Dat was naar Taylor's me- ning het grootste obstakel voor een efficiënte productie. Zijn aanpak was gebaseerd op:

- observaties, metingen, registratie;
- selectie en training van werknemers;
- de ontwikkeling van standaarden en voorschriften en;
- een nauwe samenwerking tussen management en werknemers.

Later leidde dit tot de bekende en beruchte 'time and motion studies', geïnitieerd door Frank and Lillian Gilbreth (1917). Het klassieke management kenmerkte zich door de toepassing van 'wetenschappelijke methoden' in ma- nagement. Wetenschappelijk in dit verband betekende dat de empirie zijn intrede deed in het management, er werd gemeten, geobserveerd, geregistreerd en de het was de start van de planning, het organiseren, het beïn- vloeden en controleren van de productie. De beperking van deze benadering was de aanname dat werknemers en werkgevers economische wezens zijn. Werknemers werden vooral als gereedschap gezien om management doelen te bereiken.

De opkomst van de industriële psychologie voor WOII introduceerde een nieuwe stroming binnen management benaderingen: het zogenoemde behavioural manage- ment, met menselijk gedrag, motivatie en leiderschap als belangrijkste kenmerken. Deze managementstroming was geënt op het toentertijd moderne behaviorisme, een empirische stroming binnen de psychologie, die gedrag van mensen probeerde te verklaren uit aangeboden stimuli, uit conditionering en uit de context waarbinnen gedrag plaatsvond. De 'human relations beweging' is onderdeel van deze stroming. Bekende pioniers van deze beweging waren de Amerikanen Elton Mayo en Fritz Roeth- lisberger, die eind jaren 20-begin jaren 30 gedrag van werknemers onderzochten bij de Western Electric Haw- thorne Company, een bedrijf even buiten Chicago, Illinois. De productiviteit werd bepaald door psychologische fac- toren, de groepsdynamiek op het werk, de aandacht van opzichters en management en veel minder door econo- mische voordelen of door fysieke condities van hun werk.

Een andere pionier was de Amerikaan Abraham Maslow, die in 1943 zijn behoeftehiërarchie publiceert als basis voor motivaties van menselijk gedrag. De belangrijkste beperkingen van het behavioural management lagen in de complexiteit van menselijk gedrag. Gedrag en gedrags- veranderingen zijn nu eenmaal moeilijk te voorspellen. De menselijke drijfveren leken geen rol van betekenis te spelen. De psycho-analytische benadering van Freud (1911), hoewel aantoonbaar een van de eerste pogingen om de achtergronden van menselijke fouten te doorgron- den, vond vrijwel geen weerklank in de veiligheidskunde. Het enige wat er van zijn benadering is overgebleven is de zogenaamde 'slip', een handeling die men verricht zonder dat dat men dat van plan was. In het 'behaviouristische klimaat' van die tijd werd aan drijfveren voor gedrag geen waarde gehecht.

Veiligheidstheorieën en -modellen, veiligheidstechniek
Veiligheid begon met veiligheidstechniek. In verschil- lende sectoren waren spectaculaire verbeteringen ge- realiseerd in de 19^e eeuw, bijvoorbeeld de afname van boiler explosies en treinbotsingen. De eerste was bereikt door de introductie van veiligheidsventielen en dikkere wanddiktes en de tweede afname door de introductie van spoorweg signalering (Roper, 1899; Rolt, 1955). Via de veiligheidstechniek werden in fabrieken draaiende delen van installaties en machines omkast en trappen en plateaus met hekken afgeschermd. Veiligheidstechniek was het domein van de inspecteurs van de Arbeidsinspec- tie en van ingenieurs en technici. In de eerste publicaties werd het onderwerp 'oorzaken van ongevallen' niet ex- pliciet behandeld, maar impliciet was de aanname dat de mens-machine of de mens-hoogte combinaties oorzaken waren van ongevallen.

Lange tijd was de literatuur betrekkelijk vaag over de de- finitie van een ongeval en werden oorzaken en effecten nog niet van elkaar onderscheiden. Slechts enkele publi- caties gaven een omschrijving. Bij Heinrich werd een on- geval opgevat als het eindresultaat van een sequentieel proces, een opvatting die later vorm kreeg in de bekende domino-metafoor:

Een ongeval is een onvoorziene gebeurtenis, die vaak ongewenst en desastreus is (DeBlois, 1926).

Als een persoon gewond is geraakt, dan is de sequentie van gebeurtenissen als volgt, eerst de oorzaak. dan het ongeval, gevolgd door het letsel (Heinrich, 1928).

In het begin van de 20^e eeuw werd in de veiligheidslitera- tuur nog geen melding gemaakt van de rol van managers, omdat zij zich nauwelijks met werkplekken bemoeiden. Besluiten over het productieverloop werden overgelaten aan de opzichter of voorman van het bedrijf. Ook zal de onduidelijkheid over oorzaken van ongevallen een rol hebben gespeeld. Dat veranderde gaandeweg de eerste helft van de 20^e eeuw. Er waren twee verschillende the- orieën ontwikkeld die ongevallen verklaren. De eerste theorie kwam zowel uit Nederland, als uit de Verenigde Staten en het Verenigd Koninkrijk en verklaarde ongeval-

len uit omgevingsfactoren, waaronder de organisatie van het werk en inherent gevaarlijke machines. De tweede theorie uit het Verenigd Koninkrijk zag het menselijk gedrag als oorzaak en zou later bekendheid krijgen als de 'accident proneness theory'. In Nederland werd deze theorie bekend als de 'brokkenmakers-theorie' (zie tabel 2 in de conclusie paragraaf).

Managen van veiligheid, de rol van verzekeringsmaatschappijen in de Verenigde Staten

In de Verenigde Staten begon de aandacht voor veiligheid met de Safety First beweging, met de bedrijven, US Steel en de buskruit fabrikant DuPont als voorlopers, gevolgd door verzekeringsmaatschappijen. Verzekeringsmaatschappijen regelden de financiële compensatie van ongevallen en hadden daarmee een direct belang bij het managen van veiligheid. De nadruk lag op kostenreductie via de beheersing van ongevallen. In navolging van de eerder genoemde oproep van de Amerikaanse President Theodore Roosevelt en de opkomst van Scientific Management verschoof de aandacht naar de efficiëntie van productie en productieprocessen, evenals de rol die de manager daarin behoorde te spelen. Veiligheid werd het vehikel voor een efficiënte productie. Een bedrijf met veel processtorings en veel ongevallen was per definitie niet efficiënt, was de boodschap en ongevallen kosten bedrijven en verzekeraars veel geld. Als een bedrijf frequent terugkerende, soortgelijke ongevallen kende, dan nam het management het onderwerp veiligheid niet serieus. De Amerikaanse veiligheidsliteratuur legde de nadruk op de organisatie en het managen van veiligheid, via veiligheidsdiensten en onafhankelijke veiligheidscommissies waar alleen werknemers zitting in hadden. Heinrich, in zijn boodschap aan de voorman, ging zelfs zo ver dat hij de rol van het management bij veiligheid als een primaire voorwaarde zag:

Goed management is beter dan goede werktuigen (Heinrich, 1929b)

In lijn met scientific management diende het management van bedrijven zich vooral bezig te houden met de adequate selectie en training van werknemers om te voorkomen dat zogenaamde roekeloze en onoplettende werknemers in dienst werden genomen. De selectieprocedures moesten ervoor zorgen dat de juiste man op de juiste werkplek kwam te staan en was opgeleid in de 'veiligheidsgedachte', zoals dat toen genoemd werd. In alle publicaties uit die periode werd gewezen op het voorbeeld gedrag dat het management qua veiligheid moest uitdragen. Heinrich vatte net als DeBlois de rol van het management van een bedrijf als volgt samen:

Ongevalspreventie is een management taak. Management ondersteunt veiligheidsinitiatieven, analyseert oorzaken van ongevallen, ontwikkelt en voert oplossing in (DeBlois, 1926; Heinrich, 1931).

Een uitgebreide verhandeling over deze periode is te vinden in eerdere artikelen (Swuste et al., 2009; Gulijk et al., 2011). Ook de informatie uit tabel 2 is afkomstig uit deze publicaties.

Ontwikkeling in Nederland

In Nederland was in deze periode in het vakblad *De Veiligheid* slechts aandacht voor de brokkenmakers-theorie, als oorzaak van ongevallen. Het managen van veiligheid is niet in artikelen aan bod gekomen.

De ontwikkeling van het managen van veiligheid, de periode vanaf de tweede wereldoorlog tot 1969

In deze periode werden in de Verenigde Staten zeven standaardwerken gepubliceerd over veiligheid, schade, preventie en het managen van veiligheid (Heinrich, 1941, 1950; Armstrong et al., 1945, 1953; Heinrich en Crannis, 1959; Blake, 1963; Bird en Germain, 1966). In het Verenigd Koninkrijk is in de periode één publicatie verschenen (Association of British Chemical Manufacturers, 1964). Deze publicaties verschenen tegen de achtergrond van twee management benaderingen: kwantitatief management en modern management.

Algemene management benaderingen, kwantitatief management en modern management

Voor WO II kwam kwantitatieve management op, gebaseerd op mathematische en statistische benaderingen voor militaire problemen. Na de oorlog zijn de technieken toegepast in de private sector. Deze benadering, die oorspronkelijk bekend stond onder de term 'operational research' ondersteunde managementbeslissingen tijdens de planning fase en de controle van projecten (Moore, 1968). De kwantificering en de mathematische modellen waren zowel de kracht als de zwakte van deze management benadering. Niet alle relevante input voor besluitvorming laten zich immers kwantificeren.

Na WO II kwam moderne management benadering op. Deze benadering richtte zich onder meer op managementprocessen, waarbij managen gezien werd als een besluitvormende en informatie verwerkende activiteit waarbij managers moesten plannen, organiseren, leiden en controleren. Ook werd de open systeem benadering belangrijk. Bedrijven werden niet meer gezien als een gesloten systeem, zoals in voorgaande benaderingen, maar interacteerden met een omgeving en met externe belangengroepen. De Amerikanen Deming (1982) en Juran (Juran, 1951; Juran en Barish, 1955) zijn daarbij de pioniers, die direct na de Tweede Wereldoorlog een belangrijke rol hebben gespeeld in de heropbouw van de Japanse industrie. Hun focus was de kwaliteitscontrole, die verplaatst werd van het eindproduct naar de productie en waar werknemers en klanten een belangrijke rol kregen toebedeeld in die kwaliteitscontrole.

Veiligheidstheorieën en -modellen, taakdynamiek, het energiemodel, de systeembenadering en de toegewomen complexiteit

De periode na WO II kenmerkt zich door een vernieuwing van het vakgebied. Er ontstaat een lappendeken van wetenschappelijke domeinen die zich veiligheid toe-eigenden.

Vanaf eind jaren 40 kwam er vanuit de wetenschap veel kritiek op de accident proneness theorie. Het lukte echter niet om de brokkenmaker operationeel te definiëren en effecten van interventies, gebaseerd op de theorie, waren niet of nauwelijks aantoonbaar. Dan doen Nederlandse en Amerikaanse artsen hun intrede in het onderzoek naar oorzaken van ongevallen. Deze artsen introduceerden de taakdynamiek theorie in het veiligheidskundige domein (Winsemius, 1951) en de epidemiologische driehoek (Haddon, 1968).

De taakdynamiek was gebaseerd op ergonomische denkbeelden van mens-machine interacties. Deze theorie verklaarde en voorspelde ongevallen uit reflexreacties en improvisaties van werknemers tijdens processtoringen en andere onverwachte gebeurtenissen. Het (her)ontwerp van werkplekken, was de route naar de preventie van ongevallen.

De zogeheten 'epidemiologische driehoek' gaf de interactie weer tussen agent (gevaar-energie), gastheer (slachtoffer) en situationele factoren en kreeg later bekendheid als het 'hazard - barrier - target model'. Dit energie-model introduceerde een logische indeling in tien, hiërarchisch geordende preventie strategieën, waarbij eerst de bron, de opbouw en emissie van energie, vervolgens de energietransmissie en pas als laatste de energie-immisatie en de stabilisatie van het slachtoffer aan bod kwam. Van het gedrag van het slachtoffer via de taak van de werknemer verschoof de focus voor oorzaken en preventie van ongevallen in de literatuur steeds meer naar het management. Het management heeft invloed op situationele factoren, waaronder het voorkomen en de frequentie van processtoringen. Een uitgebreide beschrijving werd in een eerdere publicatie behandeld (Swuste et al., 2011).

Begin jaren 60 waren de ergonomie, human factors en human reliability analyse opkomend vakgebieden (Swain, 1964; Singleton, 1960, 1960, 1967a, 1969). Zowel human factors als ergonomie verwijzen naar hetzelfde toegepast wetenschappelijk domein. De eerste term was afkomstig uit de Verenigde Staten, terwijl ergonomie de Europese benaming was van het onderzoek naar de relatie tussen mens en machine. In de Tweede Wereldoorlog, met een toenemende complexiteit van wapens en militaire installaties was de aandacht vooral gericht op het ontwerp van controle panelen. In de industrie leken ook na de oorlog de mens-machine interfaces, de controlepanelen, op 'klokkenwinkels', waar meer de fascinatie van ontwerpers uit bleek dan de vereiste informatiebehoefte van operators (Singleton, 1969).

Het verschil tussen de Verenigde Staten en Europa ging verder dan alleen een verschil in termen. Human factors

heeft altijd nadruk gelegd op efficiency van werknemers en op de kwantificering van menselijke fouten, vergelijkbaar met een reliability assessment van installatie onderdelen, zoals pompen en afsluiters. Gestimuleerd door het succes van databestanden van faalkansen van installatieonderdelen, werden bestanden van faalkansen van menselijk handelen opgezet. Echter, deze initiatieven bleken minder succesvol te zijn. Pompen en afsluiters hadden specifieke in- en outputs, in tegenstelling tot menselijk handelen (Kirwan, 1994). Er waren problemen met de kwantificering van faalkansen (Rigby en Swain, 1971), met de gegevensverzameling (Finley et al., 1974) en met de relatie tot systeem falen in complexe systemen (Swain, 1964). Ondanks deze beperkingen bleef de focus van human factor specialisten gericht op menselijk handelen en was veiligheid geen doel op zich, maar een bijproduct van efficiënte productie.

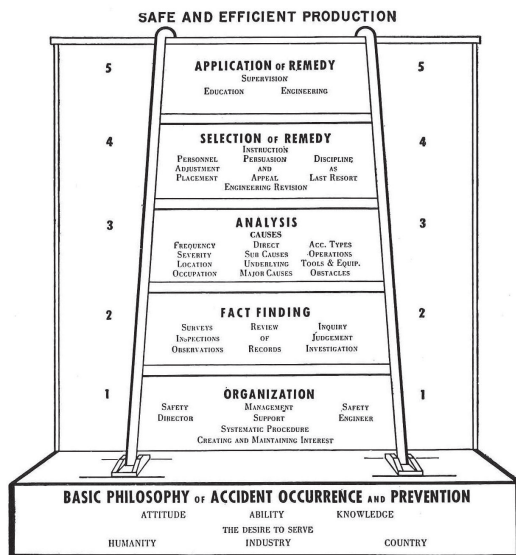
In het Verenigd Koninkrijk heeft de ergonomie altijd een grote verwantschap gehad met de psychologie, fysiologie en anatomie. Welzijn van werknemers, gezondheid en reacties van werknemers op stress zijn dan belangrijke onderwerpen (Singleton, 1967a). Gaandeweg de jaren '60 deed de systeemleer uit Amerika zijn intrede in het vakgebied en werden termen als mens-machine systemen en systeem ergonomie gangbaar (Singleton, 1967b). Taken, informatie verwerking en daaruit afgeleide fouten, die tot ongevallen konden leiden, werden belangrijke onderzoeksgebieden.

In de periode na de oorlog startte de grootschalige procesindustrie. Deze ontwikkeling leidde begin jaren '60 tot procesveiligheid, een belangrijke stroming binnen het veiligheidskundig domein en bekend onder de naam 'Loss Prevention'. Door de schaalvergroting van productieprocessen in de chemische industrie werd de beheersing van deze processen complexer en hadden brand, explosies en emissies van toxische stoffen ook verregaande effecten buiten fabrieksterreinen. Mede daardoor ontstond een toenemende vrees onder de bevolking voor grootschalige incidenten en voor verschillende vormen van verontreiniging (Carson, 1962).

Publicaties over loss prevention verschenen zowel in de Verenigde Staten als in het Verenigd Koninkrijk (Association of British Chemical Manufacturers, 1964; Fawcett, 1965a, 1965b). Net als bij veiligheidstechniek domineerde de ingenieursaanpak. Het onderwerp was niet meer de foutieve handeling, maar de beheersing van 'loss of containment' om, dat wat in de buis zat erin te houden. In dezelfde tijd werden in beide landen methoden en technieken ontwikkeld om de betrouwbaarheid van installaties te verbeteren. Deze technieken waren deels afkomstig uit de procesindustrie (Hazard and Operability Study - HAZOP) en deels uit de militaire sector (Failure Mode and Effect Analysis - FMEA en de Fault Tree Analysis - FTA of foutenboom). Een uitgebreide bespreking van deze methoden is terug te vinden in een eerdere publicatie (Swuste et al., 2011).

Managen van veiligheid, de veiligheidsladder en de beheersing van schade, Verenigde Staten

In de bekende domino-metafoer is de foutieve handeling het kernbegrip (Heinrich, 1941). Door deze aan te pakken was letsel te voorkomen. Het managen van veiligheid moest daarop gericht zijn, naar zijn oordeel. In het artikel van Van Gulijk en medeauteurs (2011) wordt dit onderwerp in detail besproken.



Figuur 1 De filosofie voor een veilige en efficiënte productie (Heinrich, 1950)

De nadruk op foutieve handelingen werd overigens in het werk van Armstrong en Blake (Blake, 1956) ter discussie gesteld. Naar de mening van deze auteurs waren menselijke fouten en foutieve handelingen weliswaar oorzaken van ongevallen, maar hun aandeel was veel minder dominant dan werd verondersteld.

De 1950 editie van Heinrichs standaardwerk behandelde de basis principes voor de preventie van ongevallen, uitgewerkt in een metafoer van een ladder (figuur 1). Deze principes bestaan uit vijf stappen, de treden van de trap en hadden een grote overeenkomst met de onderdelen van huidige veiligheidsmanagementsystemen. De 2e en 3e stap verwijzen in navolging van Taylor naar de 'scientific approach': In deze benadering had de manager een voorbeeldfunctie in de realisatie van een veilige en efficiënte productie. Dezelfde boodschap werd in de eerste editie van Armstrong en co-auteurs, vijf jaar

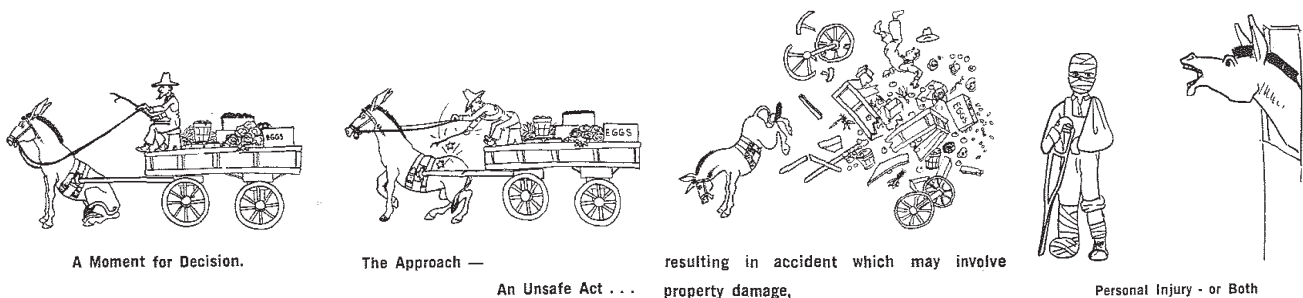
eerder, op eenzelfde manier verwoord (Armstrong et al., 1945). 'Damage Control', het werk van Bird en later met Germain volgde de traditie domino-metafoer. Alleen het bereik van de consequenties werd breder, van alleen letselongevallen naar ongevallen en bijna-ongevallen met schade (figuur 2).

Beide auteurs werkten bij de Lukens Steel Co in Coatesville, Pennsylvania, waar ze tussen 1959 en 1965 90.000 schade-ongevallen onderzochten. Tot dan toe waren schade aan objecten nog niet in de Amerikaanse veiligheidsliteratuur behandeld. Uitgaande van de 1:29:300 verdeling van het ongevalsmechanisme (zie tabel 2), werd gewezen op het groot aantal ongevallen zonder letsel en bijna-ongevallen, die wel veel schade konden veroorzaken.

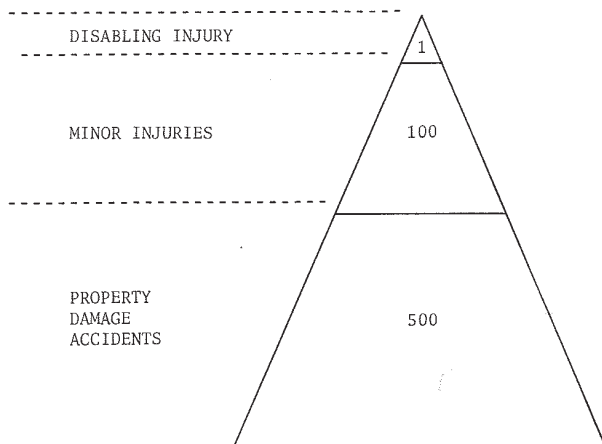
Dit leidde tot de 'schade ijsberg' met andere verhoudingen, zie figuur 3. Kosten verbonden met deze ongevallen waren, volgens de auteurs, een veelvoud van de kosten van letselongevallen. Verder kwam het management met dit onderzoek achter een veelvoud van foutieve handelingen, die ook bij letselongevallen een rol speelden. Het damage control programma vereiste in een bedrijf een nauwgezette strategie van ongevals- en schade-rapportages, werkvoorbereidingen, audits en kostenberekeningen. De boeken van Bird en van Bird en Germain gaven uitgebreide voorbeelden van formulieren voor deze rapportages.

Ontwikkeling in Nederland

Ondanks de gewijzigde wetenschappelijke inzichten over oorzaken van ongevallen bleef de brokkenmakers-theorie, de aandacht voor het menselijk falen en de bijbehorende management activiteiten voor veiligheid populair binnen de beroepsgroep van veiligheidskundigen. Dit blijkt uit Nederlandse en ook uit buitenlandse publicaties. Zo besteedde bijvoorbeeld het Nederlandse vakblad *De Veiligheid*, in de beschouwde periode 1945-1969, geen aandacht aan de theorie van de taakdynamiek, aan de epidemiologische driehoek, de loss prevention, of aan de veiligheidskundige analysetechnieken. De vakliteratuur in ons land besteedde weinig aandacht aan de kennisontwikkeling in het veiligheidskundige domein. Een korte samenvatting van belangrijke publicaties is weergegeven in tabel 2 in de conclusie paragraaf.



Figuur 2 Damage control (Bird en Germain, 1966)



Figuur 3 De 'schade ijsberg' (Bird en Germain, 1966)

Veiligheidsmanagement in de 20^e eeuw, van 1969 tot 1979

Algemene management benaderingen, nogmaals het moderne management

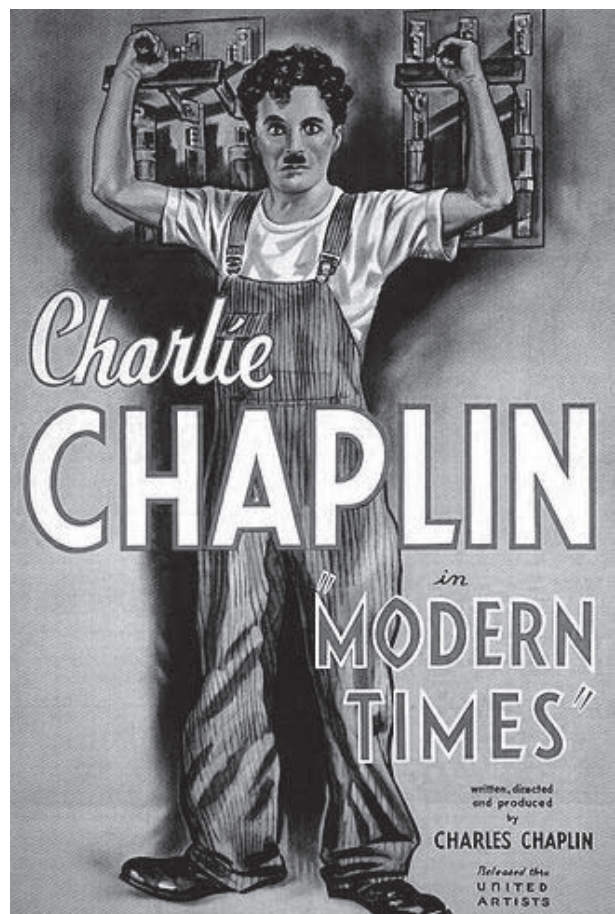
In de stroming van moderne management en de open systeembenadering werd benadrukt dat de productie- en marktomgeving en stakeholders bedrijfsspecifiek zijn. Universele managementtechnieken leken daarmee niet voor de hand te liggen dit leidde tot het ontwerp van managementsystemen voor individuele organisaties (Schein, 1972). Een andere benadering kwam van Mintzberg (1979), die niet de uniciteit van bedrijven benadrukte, maar een consistent patroon zag bij bedrijven in hun reacties op externe invloeden. Dit patroon werd bepaald door de structuur van de organisatie en de daaruit voortvloeiende besluitvormingsprocessen.

Veiligheidstheorieën en -modellen, arbeidsveiligheid en 'accident prone conditions'

In deze periode lag het zwaartepunt van veiligheidskundig onderzoek in het Verenigd Koninkrijk. Er zijn enkele doorbraken te melden. De multicausaliteit van ongevallen deed zijn intrede. 'People, not things are causing accidents'. Dat leek nog steeds op de brokkenmakers-theorie, maar unsafe acts en unsafe conditions werden nu nog duidelijker uitgelegd als symptomen van een foutief management en niet als oorzaak van ongevallen (Petersen, 1971). De term 'accident prone conditions' deed in de Verenigde Staten zijn intrede, als tegenhanger van 'accident prone workers' (Pfeifer et al., 1974). Daarmee werden unsafe acts in een context geplaatst. Onderzoek naar arbeidsongevallen werd in het Verenigd Koninkrijk voornamelijk door psychologen en ergonomen, werkzaam bij de Aston Universiteit, Birmingham uitgevoerd. Anders dan in eerdere ongevalsmodellen en theorieën werd niet uitgegaan van gevaar, of van reflexreacties tijdens processtoringen, maar van de informatie waarover werknemers vlak voor een ongeval beschikten (Hale en Hale, 1970; Dunn, 1972). Bij een ongeval was er sprake van verstoorde informatie, bijvoorbeeld de informatie was te beperkt voor een adequate beslissing, er kon sprake zijn van een informatie overload, er waren fysieke

belemmeringen voor adequate handelingen of een werknemer koos een verkeerde strategie van handelen. Ergonomen ontwikkelden de ergonomie van informatie, het type, de vormgeving en de kwaliteit van de informatie die werknemers op hun werkplek kreeg aangeboden en de classificering van fouten die daaruit voort konden vloeien (Singleton, 1971, 1972).

In het algemeen kreeg ergonomie steeds meer invloed op veiligheidskunde. Ergonomisch ontwerp van machines en werkplekken was in de theorie van de taakdynamiek van de Nederlander Winsemius een richting waar oplossingen gezocht moesten worden. De taakdynamiek kwam ook terug in een uitgebreid prospectief onderzoek naar arbeidsongevallen in de metaal, de assemblage en de distributiesectoren. Dit onderzoek was opmerkelijk, daar al het veiligheidskundige onderzoek tot dan toe alleen retrospectief was geweest of gebaseerd op casussen. Het onderzoek liet ook de algemene desinteresse zien van het management voor veiligheid. Een directeur kon veiligheid belangrijk vinden, maar dat bleef vooral een papieren verklaring zonder verdere consequenties voor de bedrijfsvoering (Powell et al., 1971). Vergelijkbare conclusies werden eveneens getrokken in een omvangrijk literatuuroverzicht van 80 jaar publicaties over ongevallen. Naast een uitgebreide analyse van de accident proneness literatuur, wees het overzicht op conflicten op bedrijfsniveau tussen veiligheid en productie, op processtoringen als risico factor voor ongevallen en op de zeer



Figuur 4 Modern times

betrekkelijke effectiviteit van veiligheidstraining voor werknemers (Hale en Hale, 1972).

In de Verenigde Staten was er aandacht voor een onderwerp dat later in Nederland de humanisering van de arbeid zou gaan heten. Kort-cyclisch werk aan lopende banden werd als eentonig en demotiverend beschreven. In de literatuur werd een vergelijking gemaakt met *Modern Times*, de film van Charlie Chaplin uit 1936 (Swain, 1973) (figuur 4). Hoger loon, strengere werknemers selectie, training- en motivatieprogramma's, straffen, al deze maatregelen hadden geen aantoonbaar effect, of alleen op de korte termijn. In taakverrijking, afstemmen van de taak op de mens, en een grotere mate van zeggenschap van werknemers over de inrichting van hun werkplek was de gesuggereerde oplossing (Pfeifer et al., 1974; Cohen et al., 1975). Er werd ook gewezen op de noodzaak van actieve betrokkenheid van het top management van bedrijven. Daarbij ging het niet alleen om tijd en geld, maar om aantoonbare aandacht voor het welzijn van werknemers, waarbij het begrip 'welzijn' uit het Verenigd Koninkrijk ook in de Verenigde Staten zijn intrede deed (Ellis, 1975; Cohen, 1977; Cleveland et al., 1979; Nye, 2013). Tenslotte is er kritiek op de gebrekkige wetenschappelijke evaluatie van veiligheidsinitiatieven of van algemeen aanvaarde determinanten van veiligheid. Zo beklagde Cohen zich over de uitgebreide literatuur over veiligheidstrainingen, zonder evaluatie-onderzoek (Cohen et al., 1979). Ellis (1975) was om dezelfde redenen terughoudend over effecten van veiligheidswetgeving, -inspecties, -statistieken en -standaarden van overheidswege op de veiligheid in bedrijven.

Veiligheidstheorieën en -modellen, grote industriële rampen en procesveiligheid

In dezelfde tijd verschenen er sociologische analyses van de complexiteit van productieprocessen (Reeves en Turner, 1972) en van interne codes, rituelen en socialisatieprocessen binnen bedrijfsorganisaties (Turner, 1971). In drie middelgrote tot grote bedrijven is de relatie gelegd tussen de organisatie van het werk, de technologie waarmee de productie wordt uitgevoerd en de controle van het management op de productie. In het begin van de jaren '70 van de vorige eeuw was de automatisering van de productie in de maakindustrie betrekkelijk beperkt en waren veel processen batchgewijs georganiseerd. Deze batchgewijze productieprocessen kenden een hoge mate van complexiteit, veroorzaakt door de veelheid van proceshandelingen en tussenproducten, waardoor een productieplanning vooraf nauwelijks mogelijk was. Voormannen moesten daarom vaak op ad-hoc basis problemen in de productie en de planning oplossen. Voor veiligheid werkte dat niet anders.

De beschrijving van de socialisatieprocessen in bedrijven was het resultaat van een uitgebreide sociologische studie, waarbij via informele interviews en observaties 'in de huid' van een bedrijf werd gekropen voor een karakterisering van kenmerken van de organisatiecultuur, de zogenaamde 'grounded theory' benadering. Deze studies

waren relevant voor arbeidsveiligheid, maar nog meer voor procesveiligheid. Een sociologische aanpak is immers niet gericht op individueel gedrag van werknemers, maar onderzoekt en beschrijft hoe productiebedrijven functioneerden en hoe besluitvorming functioneert. Een dergelijke aanpak werd ook in de Verenigde Staten gevolgd, maar daar trok men andere conclusies. In het Britse onderzoek werd bij een batchgewijze productie de toegenomen complexiteit als obstakel gezien. Een batchgewijze productie was per definitie losgekoppeld. In het Amerikaanse onderzoek zijn juist de voordelen van losgekoppelde systemen onderzocht, die flexibel zijn en in konden spelen op lokale wensen en minder kwetsbaar waren dan strak gekoppelde systemen (Weick, 1976).

De jaren 70 werden ook opgeschrikt door een aantal grote ongevallen en rampen in de proces- en nucleaire industrie, die veel media aandacht kregen. Bij de ramp bij Nypro in Flixborough, North Lincolnshire, Verenigd Koninkrijk op 1 juli 1974 kwamen bij de caprolactam plant 28 werknemers om het leven en vielen er 89 gewonden, waarvan 53 uit de omgeving. DSM is voor 55% eigenaar van Nypro. Een jaar later, op 7 november 1975 ontplofte bij DSM de naftakraker II op de grens van Beek en Geleen in Limburg. Veertien werknemers kwamen om het leven en 109 raakten gewonden. Weer een jaar later, op 9 juli 1976 barstte een reactor van de Icmesa Chemical Company in Meda, vlakbij Seveso, Italië. Er ontsnapte een gaswolk met het zeer giftige TCDD (2,3,7,8-Tetrachloordibenzo-p-dioxine). Deze ramp heeft een grote slachting veroorzaakt onder dieren in de omgeving. Er zijn geen directe doden of gewonden gevallen als gevolg van de ramp. Maar spontane abortussen traden op bij een aantal blootgestelde zwangere vrouwen. Op 28 maart 1979 ontstond door een storing in het secundaire koelsysteem met een verhoogd risico op een zogenaemde 'melt-down' in de kerncentrale van Three Mile Island, nabij Harrisburg, Pennsylvania, Verenigde Staten. Bij deze bijna-ramp zijn radioactieve gassen in de atmosfeer geloosd. Ook bij dit incident, dat in de media de omvang van een 'ramp' heeft gekregen, zijn geen gewonden of doden gevallen en later zijn geen nadelige effecten op de gezondheid van de bevolking rond Harrisburg aangetoond. Deze vier voorbeelden zijn slechts een greep uit de rampen in deze periode die tot vraagtekens over veiligheid leidde. Het standaardwerk van Lees (1980) geeft hier een uitgebreid overzicht van.

De weerstand onder de algemene bevolking tegen industriële rampen, nam van af de jaren '60 van de vorige eeuw beduidend toe. Dit leidde tot uitgebreide media-aandacht. De chemische en nucleaire industrie kregen een imago probleem en actiegroepen drongen door tot Nature, een van de belangrijkste wetenschappelijke platformen (Anoniem, 1977). Het werd niet meer geaccepteerd dat bedrijven hun industriële activiteiten zo slecht onder controle hadden. In het geval van Three Mile Island werd dit versterkt door de film 'China Syndrome', die twaalf dagen voor de processtoring uitkwam. Deze film, met Jack Lemmon en Jane Fonda in de hoofdrollen vertelde het verhaal van veiligheidsproblemen bij

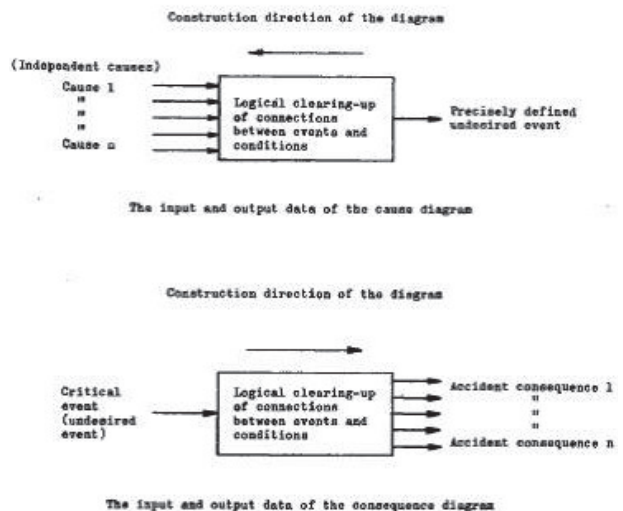
een kerncentrale. De titel was een metafoor voor een kernsmelting in een kerncentrale. Wanneer dit gebeurde, werd verwacht dat de kern China zou bereiken.

Door rampen en ongevallen werd de aandacht op procesveiligheid gericht en werden twee stromingen, reliability engineering en loss prevention belangrijk. Reliability engineering kwam op uit de militaire, nucleaire en ruimtevaart industrie (Barlow en Proschan, 1975) en loss prevention uit de procesindustrie (Lees, 1980). Met deze twee stromingen werd het begrip risico in het veiligheidskundige domein geïntroduceerd. In het artikel van Oostendorp en collega's (2013) wordt nader ingegaan op deze stromingen.

De rampen bij Flixborough en DSM Beek, maar ook de BLEVE (boiling liquid vapour explosion) in 1978 van een LPG tankwagen bij de camping Los Alfaques in Spanje, Tarragona, zijn bepalend geweest voor de start van de loss prevention beweging. Deze gebeurtenissen genereerden een stroom van publicaties in het publieke en wetenschappelijke domein. In de officiële rapporten van de rampen en in de literatuur werd duidelijk dat de verwoestende werking van gaswolkexplosies slecht begrepen werd (Parker, 1975; Ficq, 1976; Sadee et al., 1976). Veel onderzoek werd opgezet naar de gevaren en de verspreiding van deze gaswolken (zie bijvoorbeeld Nettleton, 1976, 1976/1977). Kantoren, meet- en controlekamers waren in de nabijheid van procesinstallaties gesitueerd, of in het geval van meet- en controlekamers, te midden van de installaties, waardoor de effecten van de ramp voor werknemers in deze locaties desastreus zijn geweest. Het officiële rapport van Flixborough van het Departement of Employment (1975) was overigens verrassend mild over de kwaliteit van het management van de vestiging. Het management was veiligheidsbewust, volgens het rapport waren er geen aanwijzingen dat productie belangrijker was dan veiligheid. Wel werd de onderbezetting van de technische ondersteuning genoemd. Andere rapporten en artikelen trokken hele andere conclusies. Er werd gewezen op zeer gebrekkig veiligheidsmanagement, de dominantie van productie over veiligheid en de inefficiëntie van vergunningverlenende lokale overheden, waardoor grote hoeveelheden brandbare stoffen op het terrein waren opgeslagen. (zie ook Lees, 1980; Carsen en Mumford, 1979; Harvey, 1979). Trevor Kletz (1976) van Imperial Chemical Industries (ICI) was nog het meest kritisch. Hij hekelde de fascinatie van het management voor ongevalsfrequenties als maat voor veiligheid in de procesindustrie. De frequentie van 'Loss of Containment' en de analyse van bijna ongevallen waren belangrijker. Deze gegevens gaven, in lijn met de loss prevention aanpak, informatie over de betrouwbaarheid van installatieonderdelen en vormden naar het oordeel van de auteur een reëler beeld van de veiligheid van procesinstallaties.

'First time safe', was het motto van reliability engineering. Dit motto stond tegenover de 'fly-fix-fly' routine, die doorgaans gebruikelijk was. De brand in Apollo 1 in 1967, waarbij drie astronauten waren omgekomen,

had doen beseffen dat consequenties van het oude motto in complexe systemen onaanvaardbaar werden. Systeemveiligheid, gebaseerd op een life cycle benadering, gevaar analyse en fault tree analyse technieken waren de basis, samen met de berekening of schatting van kansen en waarschijnlijkheden van systeemfouten. De aanname was 'wat kon gebeuren, zou gebeuren als de tijd daar rijp voor was'. Met een aantal seminars, georganiseerd vanuit de Verenigde Staten en gehouden in het Verenigd Koninkrijk, Duitsland, Nederland, Zwitserland en Denemarken, werd deze benadering uitgedragen. Een schematische presentatie staat in figuur 5, een model dat voor de Deense Atomic Energy Commission ontwikkeld is om kansen op reactor-falen in de nucleaire industrie systematisch te onderzoeken (Nielsen, 1971, 1975). Het model bestaat uit twee foutenbomen rond een ongewenste gebeurtenis, een eerste presentatie van de latere bowtie. De ongewenste gebeurtenis werd op dezelfde manier gedefinieerd als bij een foutenboom; een functioneel falen van een systeem of component.



Figuur 5 Het oorzaak consequentie diagram (Nielsen, 1971)

De systeembenadering, die eerder door ergonomen in het veiligheidsdomein werd geïntroduceerd, kwam in het model herkenbaar terug in de grafische presentatie. Technische oplossingen voor veiligheidsproblemen verdienen in deze benadering de voorkeur, omdat deze betrekkelijk gemakkelijk te definiëren zijn en dat blijkt ook uit de gehanteerde definitie van een ongeval, waar de begrippen 'energy transfer' en 'barrier' teruggrijpen op de modellen van Gibson en Haddon:

Een ongeval wordt opgevat als het resultaat van een complexe serie van gebeurtenissen, van energieoverdracht, falende barrières en regelsystemen waardoor fouten ontstaan (onveilige handelingen en situaties) en veranderingen in proces- en organisatorische condities (Johnson, 1970).

De rol van het management was in deze benadering in wezen niet anders dan die uit de jaren '50. Kosten beheersing en productie efficiëntie stonden centraal.

The Sequence of Events Associated with a Failure of Foresight

Stage I	Notionally normal starting point: (a) Initial culturally accepted beliefs about the world and its hazards (b) Associated precautionary norms set out in laws, codes of practice, mores, and folkways.
Stage II	Incubation period: the accumulation of an unnoticed set of events which are at odds with the accepted beliefs about hazards and the norms for their avoidance.
Stage III	Precipitating event: forces itself to the attention and transforms general perceptions of Stage II.
Stage IV	Onset: the immediate consequences of the collapse of cultural precautions become apparent.
Stage V	Rescue and salvage — first stage adjustment: the immediate postcollapse situation is recognized in ad hoc adjustments which permit the work of rescue and salvage to be started.
Stage VI	Full cultural readjustment: an inquiry or assessment is carried out, and beliefs and precautionary norms are adjusted to fit the newly gained understanding of the world.

Figuur 6 Stadia van grote ongevallen (Turner, 1976)

Alleen de nadruk op het welzijn van werknemers was toegevoegd. Met een combinatie van een veiligheidsanalyse voor iedere taak, taak-specifieke training en continue veiligheidsobservaties, het zogenaamde JSA-JIT-SO systeem (job safety analysis, job instruction training, safety observations) kregen bedrijven een hoge mate van controle over geleverde arbeid. Veiligheid van een bedrijf of fabriek werd vanaf dat moment gezien als een maat voor de kwaliteit van het toezicht en veiligheidsobservaties. De voorman was net als bij Heinrich de sleutel. Als een voorman veiligheid niet kon organiseren, dan zou zijn beheersing van kosten en kwaliteit van product en productie ook twijfelachtig zijn. Daarbij werd de verantwoordelijkheid op de schouders van het lagere management gelegd. Tegelijkertijd had een systeem benadering ook een directe relatie met training en ontwerp. Als een industrieel systeem faalde, dan betekende dit dat degene die het systeem bedienden en controleerden onvoldoende waren getraind voor het ontwerp van het systeem (Johnson, 1970; Cleveland et al., 1979).

In 1976 verscheen er wederom een beschrijvende sociologische studie naar bedrijven en organisaties. Ditmaal waren het bedrijven en organisaties buiten de procesindustrie: een schuivende afvalberg van een mijn in Aberfan, Wales (1966), die een deel van het dorp verwoestte; een botsing van een expres trein met een uitzonderlijk transport in Hixon, Staffordshire (1968); en een brand in een vakantieoord in Douglad, Isle of Man (1974). Deze ongelukken hadden vele tientallen dodelijke slachtoffers veroorzaakt (Turner, 1976). En de vraag werd gesteld wat er precies mis was gegaan binnen deze organisaties. Daarbij was de aanname dat een enkele menselijke fout dergelijke ongelukken niet kon veroorzaken, maar dat de oorzaak gezocht moest worden in complexe en vertakkende ketens van gebeurtenissen en beslissingen binnen organisaties. Ondanks de verschillen in type ongevallen, bleken organisaties afwijkende signalen maar heel beperkt te kunnen interpreteren. Grote ongevallen bleken nauwelijks voorspelbaar. Dit onderzoek had, net als veel veiligheidskundig onderzoek, het voordeel van 'wijsheid achteraf'. Achteraf lijken verstoringen, waar werknemers mee geconfronteerd werden, vrij helder en goed gedefinieerd

Ten tijde van het ongeval kon dat heel anders zijn. Problemen, bijvoorbeeld tijdens de productie, konden zich heel diffuus aandienen, niet begrepen worden of genegeerd worden, waardoor vroege signalen van grote ongevallen voor bedienend personeel zeer vaag waren. In het model in figuur 6 is dit stadium II, de incubatietijd. In een latere publicatie, waar voor het eerst de term 'man-made disasters' werd gebruikt (Turner, 1978), werd de analyse uitgebreid met 84 rapporten van grote ongevallen uit de civiele luchtvaart, van boilers, treinen, schepen en mijnen.

Veiligheidsmanagement, -systemen en -audits

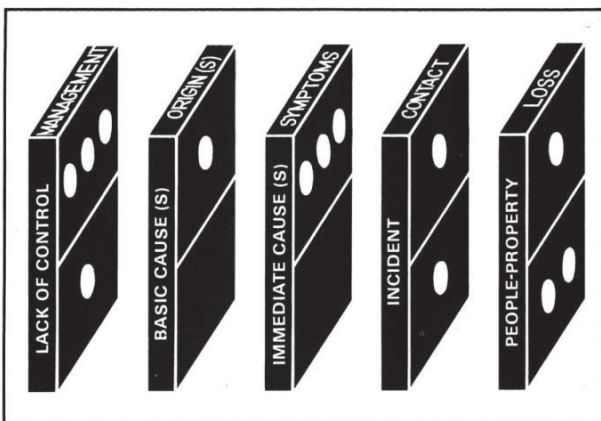
In het Verenigd Koninkrijk lag het initiatief voor de consequenties van veiligheid en het management van bedrijven bij de overheid. Met het bekende Robens rapport werd gestart met een reflectie op de rol van de overheid, voordat het management van bedrijven aan bod kwam (Robens, 1972). In 1974 werd de Health and Safety Commission (HSC) geïnstalleerd, een jaar later gevolgd door de Health and Safety Executive (HSE), waar toezicht en onderzoek gecombineerd werd. Net als in de vorige periode verschenen in de Verenigde Staten de veiligheidskundige handboeken (Petersen, 1971, 1975, 1978; Bird, 1974; Bird en Loftus, 1976). Petersen gebruikte als eerste de term 'veiligheidsmanagement' in de titel van zijn boeken. Als laatste verscheen er een belangrijke bijdrage over de sequentie van ongevallen (Johnson, 1973a) en het ongevalsmodel uit de nucleaire industrie, de Management Oversight and Risk Tree (MORT) techniek (Johnson, 1973b).

De Robens commissie (1972) startte met een vrij ruime opdracht, om de kwaliteit van wettelijke bepalingen voor arbeids- en procesveiligheid te evalueren. De resultaten bleken schokkend. De arbeidsmortaliteit en -morbiditeit waren verontrustend hoog in het Verenigd Koninkrijk en naast ongevallen werd gewezen op een aantal nieuwe beroepsziekten, zoals blaaskanker en asbestgerelateerde vormen van kanker. Vergelijkbaar met de constatering in de Verenigde Staten, enkele jaren later (Ellis, 1975), werd de invloed van veiligheidswetgeving ernstig in twijfel getrokken. 'What is wrong with the system?' Dit was de titel van het eerste hoofdstuk van het rapport en het antwoord was helder. Er zijn negen groepen van wetten met even zoveel controlerende instanties, die verspreid waren over vijf verschillende ministeries. Aanpassingen van wetten duurde gemiddeld 15 jaar. De wetten waren niet te gebruiken, er waren er te veel, ze waren te gedetailleerd van opzet en slecht gestructureerd. Er waren veel te veel (technische) middelvoorschriften, waardoor humane en organisatorische factoren sterk onderbelicht bleven. De remedie was betrekkelijk eenvoudig. De commissie stelde dat de veroorzaker risico's diende te beheersen. Bedrijven moeten het initiatief nemen, waarmee veiligheid deels overgelaten werd aan private partijen. Verder stelde de commissie voor om één organisatie in te stellen met een verantwoordelijkheid voor onderzoek en

toezicht. Die organisatie werd de HSC en HSE. De HSC liet twee rapporten verschijnen over 'major hazards' (HSC, 1976, 1979), in de directe nasleep van de Flixborough-ramp. Deze rapporten gaven een inventarisatie van bedrijven uit het Verenigd Koninkrijk met toxische en zeer toxische gassen, brandbare vloeistoffen en onstabiele, zeer reactieve materialen, die onder wetgeving vielen als de hoeveelheden boven bepaalde grenzen kwamen te liggen. De rapporten gaven overzichten van ontploffingen in bijna alle continenten en benadrukten de leidende rol van het topmanagement van bedrijven voor veiligheid, zoals dat ook in het Robens report werd genoemd. Bedrijven moesten aan kunnen geven dat hun managementsysteem een impact had op veiligheid en gevaaranalyses werden verplicht gesteld. Die managementfocus kwam ook terug bij de HSE, die onderzoek uitvoerde naar voorwaarden voor een verbeterde arbeidsveiligheid. Een humanitaire aanpak van de arbeid werd ook in het Verenigd Koninkrijk gepropageerd, naast de opmerking dat verassend weinig managers enige training in veiligheid hadden gevolgd (HSE, 1976). Opvallend genoeg werd in geen van de rapporten de term veiligheidsmanagement gebruikt, in tegenstelling tot de Amerikaanse handboeken uit die tijd.

De handboeken van Bird en van Petersen leken qua modellen voor arbeidsongevallen en hun preventie erg op elkaar. Beide auteurs zijn schatplichtig aan het domino-model. Bird gebruikte een aangepaste versie van de domino's en maakte een onderscheid tussen basis oorzaken en directe oorzaken (zie figuur 7 en 8). De basis-oorzaken worden uitgelegd in persoonlijke en in werk-gerelateerd oorzaken. Persoonlijke factoren zijn: vaardigheden, motivatie, mentale of lichamelijke problemen. Werkfactoren zijn standaarden voor taken, ontwerp, onderhoud, of aankopen die niet adequaat zijn, of gewoon slijtage. Ook de directe oorzaken leken op de factoren die Heinrich in 1941 heeft gepubliceerd (figuur 8).

Waar eerst de sociale omgeving en de afkomst van het slachtoffer stond, werd nu gewezen op een gebrekkige controle door het management van het betreffende bedrijf. Dan functioneerde een veiligheidsprogramma



Figuur 7 Domino's (Bird, 1974)

UNSAFE CONDITIONS

1. Inadequate guards or protection
2. Defective tools, equipment, substances
3. Congestion
4. Inadequate warning system
5. Fire and explosion hazards
6. Substandard housekeeping
7. Hazardous atmospheric conditions: gases, dusts, fumes, vapors
8. Excessive noise
9. Radiation exposures
10. Inadequate illumination or ventilation

UNSAFE PRACTICES

1. Operating without authority
2. Failure to warn or secure
3. Operating at improper speed
4. Making safety devices inoperable
5. Using defective equipment
6. Using equipment improperly
7. Failure to use personal protective equipment
8. Improper loading or placement
9. Improper lifting
10. Taking improper position
11. Servicing equipment in motion
12. Horseplay
13. Drinking or drugs

Figuur 8 Immediate causes of accidents (Bird, 1974)

niet goed, bestaande uit regelmatige inspecties, taakanalyses, veiligheidsprocedures en -training en persoonlijke contacten met werknemers.

Het boek van Bird en later van Bird en Loftus nam de lezer bij de hand en was op een heel praktisch en uitvoerend niveau geschreven en bevatte uitgebreide hoofdstukken over psychologische inzichten in gedrag en motivatie van werknemers. Dat laatste onderwerp was ook duidelijk aanwezig in de boeken van Petersen. Deze auteurs keerden zich tegen de oorspronkelijke

NEW PRINCIPLES OF SAFETY MANAGEMENT

1. An unsafe act, an unsafe condition, an accident: all these are symptoms of something wrong in the management system.
2. Certain sets of circumstances can be predicted to produce severe injuries. These circumstances can be identified and controlled:

Unusual, nonroutine	High energy sources
Nonproductive activities	Certain construction situations
3. Safety should be managed like any other company function. Management should direct the safety effect by setting achievable goals, by planning, organizing, and controlling to achieve them.
4. The key to effective line safety performance is management procedures that fix accountability.
5. The function of safety is to locate and define the operational errors that allow accidents to occur. This function can be carried out in two ways: (1) by asking why—searching for root causes of accidents, and (2) by asking whether or not certain known effective controls are being utilized.

Figuur 9 Veiligheidsmanagement (Petersen, 1971)

'Safety First' beweging uit het begin van de 20^e eeuw. Veiligheid diende geïntegreerd te zijn in de bedrijfsvoering en onderdeel te zijn van werkprocedures. Dit wordt in het 3^e punt van figuur 9 verwoord. Wederom gaf Bird en ook Petersen veel voorbeelden van formulieren voor ongevalsonderzoek, rapportages van veiligheidsinspecties en andere -initiatieven. Combinaties van deze onderwerpen gaven een eerste opzet voor een veiligheidsaudit. Petersen introduceerde SCRAPE, een systematisch model om de veiligheidsinspanningen van voormannen te meten, zoals veiligheidsinspectie rondes, veiligheidstrainingen en -bijeenkomsten, ongevalsonderzoek (Petersen, 1971). Deze activiteiten kregen puntenscores en het management kon wekelijks per voorman een score toekennen gebaseerd op een registratie van activiteitenformulieren.

Een tweede systeem is het Technic of Operations review (TOR), waarmee fouten in de organisatie opgespoord konden worden na een ongeval, een bijna-ongeval of een schade. Een voorbeeld is opgenomen in figuur 10. Het handboek van Petersens uit 1975 gaf uitgebreid verslag van psychologische- en managementmodellen over motivatie, gedrag en verschillende stijlen van het managen van een veiligheidsprogramma. Dit werd het veiligheidsprogrammaklimaat genoemd met een onderscheid in:

- De overrijverige stijl; persoonlijke beschermingsmiddelen moeten gedragen worden, machines zijn afgeschermd zodat ze moeilijk bereik en bedienbaar zijn, er staan zware straffen op overtredingen van procedures en er is een eindeloze stroom van veiligheidsfilms, praatjes en bijeenkomsten. Er is sprake van een overexposure aan veiligheid;
- De belonende stijl; het bedrijf zet veiligheidscompetities op en belooft individuele werknemers voor veiligheidsprestaties. De beloningen zijn klein. Werknemers zien dat het bedrijf veiligheid serieus neemt;
- De levendige stijl; het bedrijf zet veiligheidscompetitie op tussen fabrieken of afdelingen. Bij de ingang van het bedrijf staan grote borden met het aantal gewerkte dagen zonder ongeval. Deze bedrijven leren werknemers dat veiligheid een integraal onderdeel van het werk is;
- De nalatige stijl; veiligheid in deze bedrijven is alleen vlak na een ernstig ongeval belangrijk. Werknemers zien dat het bedrijf niet geïnteresseerd is.

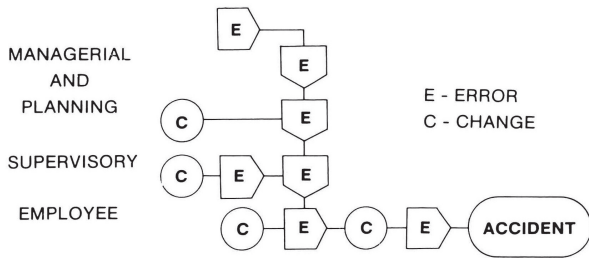
Een geïntegreerd management model voor arbeids- en procesongevallen is door Johnson (1973a) gepresenteerd. Ongevallen waren multi-causaal en ontwikkelden zich via een relatief lange sequentie van veranderingen en fouten; het ongevalsscenario. Alle onderdelen van het industriële proces konden onderdeel zijn van deze sequentie; het management, ontwerp, werkomgeving, machines, materieel, toezicht en werknemers. Vaak hadden scenario's zich, voorafgaan aan ongevallen, al deels ontwikkeld via interacties en veranderingen in proces en organisatorische condities. Voorbeelden van deze,

TOR		TECHNIC OF OPERATIONS REVIEW	
<p>1 COACHING</p> <p>10 Unusual situation, failure to coach (new man, tool, equipment, process, material, etc.) 44, 24, 62</p> <p>11 No instruction. No instructions available for particular situations 44, 22, 24, 80</p> <p>12 Training not formulated or need not foreseen 24, 34, 86</p> <p>13 Correction. Failure to correct or failure to see need to correct 42, 20, 80</p> <p>14 Instruction inadequate. Instruction was attempted but result shows it didn't take 15, 16, 42</p> <p>15 Supervisor failed to tell why 44, 24, 83</p> <p>16 Supervisor failed to listen 11, 81</p> <p>17</p> <p>18</p> <p>19</p>	<p>3 AUTHORITY (Power to decide)</p> <p>30 Bypassing, conflicting orders, too many bosses 44, 13</p> <p>31 Decision too far above the problem 36, 83, 85</p> <p>32 Authority inadequate to cope with the situation 81, 83</p> <p>33 Decision exceeded authority 20, 26, 14</p> <p>34 Decision evaded, problem dumped on the boss 36, 14, 85</p> <p>35 Orders failed to produce desired result. Not clear, not understood, or not followed 40, 46, 13, 15</p> <p>36 Subordinates fail to exercise their power to decide 26, 12, 83, 85</p> <p>37</p> <p>38</p> <p>39</p>	<p>2 RESPONSIBILITY</p> <p>20 Duties and tasks not clear 44, 34, 14, 53</p> <p>21 Conflicting goals 85</p> <p>22 Responsibility, not clear or failure to accept 26, 14, 54, 82</p> <p>23 Dual responsibility 47, 34, 13</p> <p>24 Pressure of immediate tasks obscures full scope of responsibilities 36, 12, 51</p> <p>25 Buck passing, responsibility not tied 'down' 44, 26, 55, 40</p> <p>26 Job descriptions inadequate 80, 86</p> <p>27</p> <p>28</p> <p>29</p>	<p>4 SUPERVISION</p> <p>40 Morale. Tension, insecurity, lack of faith in the supervisor and the future of the job 15, 56, 64, 80</p> <p>41 Conduct. Supervisor sets poor example 13, 84</p> <p>42 Unsafe Acts. Failure to observe and correct 24, 11, 52</p> <p>43 Rules. Failure to make necessary rules, or to publicize them. Inadequate follow-up and enforcement. Unfair enforcement or weak discipline 25, 36, 12, 52</p> <p>44 Initiative. Failure to see problems and exert an influence on them 22, 34, 30</p> <p>45 Honest error. Failure to act, or action turned out to be wrong 10, 12, 15, 81</p> <p>46 Team spirit. Men are not pulling with the supervisor 40, 21, 56</p> <p>47 Co-operation. Poor co-operation. Failure to plan for co-ordination 23, 25, 15, 66</p> <p>48</p> <p>49</p>
<p>5 DISORDER</p> <p>51 Work flow. Inefficient or hazardous layout, scheduling, arrangement, stacking, piling, routing, storing, etc. 41, 24, 31, 80</p> <p>52 Conditions. Insufficient or unsafe due to faulty inspection, supervisory action, or maintenance 21, 32, 14, 85</p> <p>53 Property loss. Accidental breakage or damage due to faulty procedure, inspection, supervision, or maintenance 43, 29, 80</p> <p>54 Clutter. Anything unnecessary in the work area. (Excess materials, defective tools and equipment, excess due to faulty work flow, etc.) 44, 36, 88</p> <p>55 Lack. Absence of anything needed. (Proper tools, protective equipment, guards, fire equipment, lins, scrap barrels, janitorial service, etc.) 44, 36, 80</p> <p>56 Voluntary compliance. Work group sees no advantage to themselves 40, 15, 41</p> <p>57</p> <p>58</p> <p>59</p>	<p>7 PERSONAL TRAITS (When accident occurs)</p> <p>70 Physical condition — strength, agility, poor reaction, clumsy, etc. 44, 26, 65</p> <p>71 Health — sick, tired, taking medicine 44, 24, 65</p> <p>72 Impairment — amputee, vision, hearing, heart, diabetic, epileptic, hernia, etc. 44, 24, 65</p> <p>73 Alcohol — (if definite facts are known) 80</p> <p>74 Personality — excitable, lazy, goof-off, unhappy, easily distracted, impulsive, anxious, irritable, complacent, etc. 44, 13</p> <p>75 Adjustment — aggressive, show off, stubborn, insistent, stores advice and instruction, defies authority, antisocial, argues, timid, etc. 44, 13</p> <p>76 Work habits — sloppy, confusion and disorder in work area. Careless of tools, equipment and procedures 44, 13</p> <p>77 Work assignment — unsuited for this particular individual 42, 65</p> <p>78</p> <p>79</p>	<p>6 OPERATIONAL</p> <p>60 Job procedure. Unworked, unsafe, inefficient, poorly planned 44, 32</p> <p>61 Work load. Pace too fast, too slow, or erratic 44, 51, 63</p> <p>62 New procedure. New or unusual tasks or hazards not yet understood 43, 44</p> <p>63 Short handed. High turnover or absenteeism 80, 49, 61</p> <p>64 Unattractive jobs. Job conditions or rewards are not competitive 81, 46</p> <p>65 Job placement. Hasty or improper job selection and placement 80, 86</p> <p>66 Co-ordination. Departments inadvertently create problems for each other (production, maintenance, purchasing, personnel, sales, etc.) 45, 35, 13</p> <p>67</p> <p>68</p> <p>69</p>	<p>8 MANAGEMENT</p> <p>80 Policy. Failure to assert a management will prior to the situation at hand 26, 81, 83</p> <p>81 Goals. Not clear, or not projected as an "action image" 83, 86</p> <p>82 Accountability. Failure to measure or appraise results 36</p> <p>83 Span of attention. Too many items in the line. Inadequate delegation. Inadequate development of subordinates 12, 86</p> <p>84 Performance appraisal. Inadequate or dwell excessively on short range performance 20, 65</p> <p>85 Mistakes. Failure to support and encourage subordinates to exercise their power to decide 36</p> <p>86 Stalling. Assign full or part-time responsibility for related functions 66</p> <p>87</p> <p>88</p> <p>89</p>

Figuur 10 Management audit (Petersen, 1971)

niet routinematige, condities staan in figuur 10, punt 2 en droegen bij tot de complexiteit van het ongeval, dat alleen terugkijkend op een ramkoersscenario leek (figuur 11).

SEQUENCES OF ERRORS AND CHANGES



Figuur 11 Sequentie van fouten en veranderingen (Johnson, 1973a)

De MORT techniek is door het US Atomic Energy Commission ontwikkeld met als doel een ideaal veiligheidsmanagementsysteem op te zetten, door ongevalsmoedellen te combineren met kwaliteitssystemen. MORT is eveneens bruikbaar als een diepte-analysetechniek van systeem falen. MORT is opgebouwd uit een aantal foutenbomen, startend vanuit het functioneel falen van een systeem. Het gebruik van deze foutenbomen was eerder door Nielsen weergegeven met de logische connectie tussen oorzaken en consequenties (figuur 12). In MORT is de topgebeurtenis een ongeval of schade. Daaronder worden via vier verschillende foutenbomen de topgebeurtenis geanalyseerd:

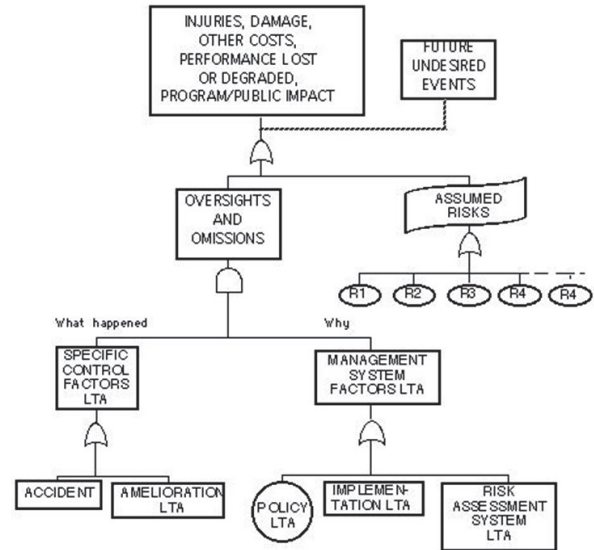
- 1) voorlopige aanvaarde risico's,
- 2) het energie model van Haddon,
- 3) een feedback en controle systeem en
- 4) de levenscyclus van het systeem (figuur 13).

Gebruikte Petersen voor het eerst de term 'veiligheidsmanagement', in het rapport van de US Atomic Energy Commission stond voor het eerst de tem 'veiligheidsmanagementsysteem'. MORT was net als de foutenboom, niet gebaseerd op systematisch onderzoek maar op een logische expressie van de functies die een organisatie nodig heeft om haar risico's effectief te beheersen.

Het rapport concludeerde dat in het algemeen veiligheidsprogramma's in bedrijven verre van optimaal waren en dat gold ook voor de literatuur over veiligheidstechnieken voor grote ongevallen. De programma's waren slecht gedefinieerd en de informatie die verzameld werd is gebrekkig, zodat bij schade of een ongeval de middenmanagers en werknemers vaak met de schuldvraag werden opgezadeld. Wat dat betreft leek de situatie niet erg te verschillen van die van het begin van de eeuw. Management had, volgens het rapport, de wettelijke en morele plicht voor de veiligheid van de productie. Dat betekende



Figuur 12 Voorloper van de bowtie (Nielsen, 1971; Johnson, 1973b)



LTA - Less than Adequate
Figuur 13 MORT (Johnson, 1973b)

dat het als eerste antwoord moest geven op vragen naar de dominante ongevals- en rampscenario's, die in hun bedrijf mogelijk waren en welke potentiële consequenties deze scenario's konden hebben. Vervolgens kwam de vraag of de risico's beheerst waren, welke restrisico's aanwezig waren en met welke argumenten maatregelen ter reductie van risico's waren afgewezen. Als laatste was er de vraag naar de kwaliteit van het veiligheidsprogramma in het bedrijf, werkte het zoals ontworpen?

Het rapport gaf ook een typering van vijf kwaliteitsniveaus van veiligheidsprogramma's en verbond dat met de kans op een groot ongeval of ramp (zie tabel 1). De herkomst van de kansen werd niet gegeven. Er werd volstaan met de opmerking dat er voldoende data aanwezig waren om een orde van grootte verschillen tussen de opeenvolgende niveaus te verantwoorden. Reactoren uit de kernenergie sector vielen onder het vijfde niveau.

Ontwikkeling in Nederland

In deze periode was de aandacht voor de denkbeelden van Heinrich in het vakblad *De Veiligheid* enigszins verslapt in vergelijking met voorgaande periodes. Andere ontwik-

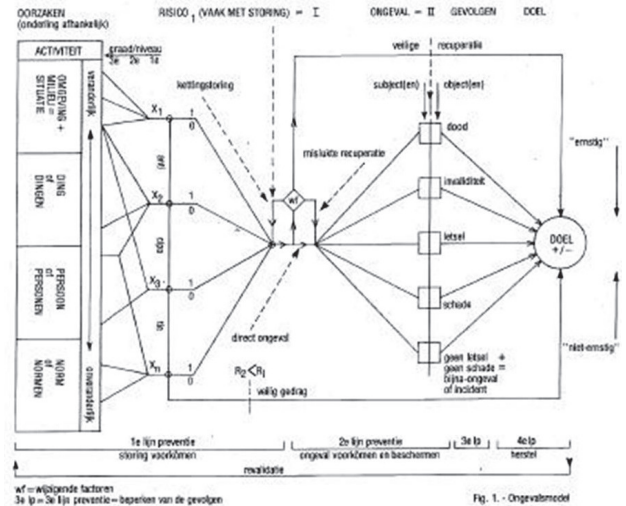
Tabel 1 De kwaliteit van veiligheidsprogramma's en de kans op een ramp (Johnson, 1973b)

Niveau van veiligheidsprogramma	Kans op ramp
Sub-minimaal, minder dan minimale wettelijke naleving	1×10^{-3}
Minimale wettelijke naleving	5×10^{-4}
Gebruik van veiligheidsstandaarden	1×10^{-4}
Gevorderd programma, leidende industrieën	1×10^{-5}
Systeemveiligheid	1×10^{-6}

kelingen uit het veiligheidskundige domein, afkomstig uit de Verenigde Staten en het Verenigd Koninkrijk kwamen aan bod, evenals de theorie van de taakdynamiek van Winsemius.

In ons land werden twee internationale veiligheidssymposia georganiseerd. De eerste was het Loss Prevention Symposium in Den Haag, Delft door het Koninklijk Instituut van Ingenieurs (KIVI) en de Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging (KNCV), dat een dag voor de ramp in Flixborough sloot (Buschmann, 1974). Het tweede symposium werd georganiseerd door de toenmalige Technische Hogeschool Delft, de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (SWOV), het Veiligheidsinstituut (VI) en het Directoraat Generaal van de Arbeid (DGA). Dit Delftse symposium betrof het universitaire onderwijs en onderzoek naar veiligheid (THD, 1978). In hetzelfde jaar verscheen een artikel waarin de organisatiepsycholoog Hofstede (1978) het, in zijn ogen, doorgeslagen systeemdenken hekelde. Ook verscheen in 1979 een nieuw vakblad, *Risicobulletin*, uitgegeven door de Adviesgroep Veiligheid en Gezondheid in de Industrie. Deze Adviesgroep bestond uit leden van de Bond van Wetenschappelijke Arbeiders, die in reactie op de Vietnam-oorlog was opgericht en het Verbond van Wetenschappelijke Onderzoekers, dat na de atoombom op Nagasaki en Hiroshima was ontstaan. Bij deze Adviesgroep waren wetenschapswinkels aangesloten, die toentertijd in vrijwel alle universiteiten waren gestart ter ondersteuning van kennisvragen van werknemers, milieu- en bewonersgroepen.

Vanaf het begin van de jaren '70 publiceerde het vakblad *De Veiligheid* artikelen over ontwikkelingen in het veiligheidskundige domein. De grote rampen met veel media-aandacht werden besproken (Groothuizen, 1976; Versteeg, 1979). En er was uitgebreid aandacht voor de theorieën en modellen van Winsemius, de taakdynamiek (Anoniem, 1974; Andriessen, 1974; Wijk, 1977), de preventie strategieën en het hazard-barrier-target model van Haddon (Kuiper, 1973; Bergsma, 1974), loss control management van Bird en de boeken van Petersen (Pope, 1976, Bird, 1978; Fletcher, 1978; Wright, 1978; Leij, 1978, 1979). Ook Nederland kreeg zijn eerste boek over veiligheidsmanagement (Zwam, 1978). Met de bespreking van Petersen werd de term veiligheidsmanagement ook in Nederland geïntroduceerd en met een zekere regelmaat werd de beheersing van processtoringen en organisatorische veranderingen als bron gezien van preventie (Dop, 1977; Radandt, 1979). Opvallend genoeg kwam MORT en de ontwikkelingen binnen de nucleaire industrie in het vakblad niet aan de orde. Dat gold niet voor het onderwerp humanisering van de arbeid. Met dit onderwerp werden de negatieve effecten aangeduid van een verregerende arbeidsdeling en van de scheiding van leiding en uitvoering, hoofd en hand, die onder het scientific management waren ontstaan, (Strien, 1978). Conflicten over verantwoordelijkheid waren ook duidelijk bij de zogenaamde werkgroep 13 van de Nederlandse Vereniging voor Veiligheidskunde (NVVK). Hier werd het dilemma geschetst van het bedrijfsbelang versus het



Figuur 14 Ongevalsemodel (Wijk, 1977)

belang en van werknemers. Een rol als veiligheidsinspecteurs laat zich moeilijk combineren met het bevorderen van het welzijn van werknemers, was het argument (Meertens en Zwam, 1976; Kraan en Schenke, 1976; Oostrom, 1979). Deze discussie over de ethiek van de veiligheidskundige professie, was niet uniek voor de NVVK. Ook binnen universiteiten werd de rol van wetenschappers en ingenieurs in de samenleving aan de orde gesteld en chemie- en wetenschapswinkels waren hier het resultaat van (Zwaard, 2007).

Andere onderwerpen waren de systeemtheorie, -veiligheid en procesveiligheid. Dat waren ingewikkeld onderwerpen met de nodige weerstand; 'Er is nog betrekkelijk weinig overlap tussen veiligheidskundigen en systeemdenkers', aldus Koornneef (1979). Overigens had deze systeembenadering een ongevallenmodel opgeleverd, dat net als dat van Johnson en van Nielsen gezien kon worden als een voorloper van de bowtie (figuur 14). Het model startte vanuit het blok 'activiteiten'. Van daaruit gaat een netwerk van lijnen via gewijzigde factoren en storingen naar het doel toe. De wirwar van lijnen geeft het multi-causale karakter van het ongevalsproces aan en de onderlinge afhankelijkheden van de verschillende factoren. Dit model is in haar presentatie complexer dan de figuren 6 en 13. Zeer waarschijnlijk waren de modellen onafhankelijk van elkaar ontwikkeld. Het was niet waarschijnlijk, dat de auteur op de hoogte was van de Deense of de Amerikaanse Atomic Energy Commission (Koornneef, 2013).

Publicaties over systeemveiligheid, zoals die van Pope, Wijk en Wansing (1976), konden dan ook op commentaar rekenen. Binnen de veiligheidskunde diende meer aandacht te zijn voor een menswetenschappelijke benadering, was het argument. Een mens was immers geen component van een systeem en paste niet in wiskundige formules, een commentaar in lijn met de Amerikaanse kritiek op faalkansen van menselijk handelen (Pasmooij, 1979). De systeembenadering leidde tot de kwantificering en evaluatie van de risico's, gevolgd door besluitvorming

over de aanvaardbaarheid, de risico acceptatie en de daaruit voortvloeiende maatregelen en interventies, de risicobeheering. In *De Veiligheid* en in het *Risicobulletin* werd uitgebreid commentaar geleverd op de kwantificering en de acceptatie. Kansberekeningen, zo meende men, waren vaak op giswerk gebaseerd en onzekerheden van kansen werden ernstig onderschat (Wetenschap en Samenleving, 1978; Reijnders, 1979) (figuur 15).



Figuur 15 Themanummer risicoacceptatie (W&S, 1978)

Verder was een vergelijking van risicogetallen weinig zinvol, als niet-gelijkwaardige activiteiten met elkaar werden vergeleken. Niet alle risico's werden vrijwillig genomen en de risico-acceptatie was een politiek vraagstuk, dat als een wetenschappelijk probleem werd voorgesteld (Boskma, 1977; Leij en Mutgeert, 1977; Boesten 1978, 1979).

Deze onderwerpen waren overigens niet aan bod gekomen tijdens het Delfts, Haagse Loss Prevention Symposium. Daar waren items gepresenteerd als richtlijnen voor veilig ontwerp in de procesindustrie en studies over gevaren en risico's van statische elektriciteit, gas- en stofexplosies, transport van gevaarlijke stoffen en over de betrouwbaarheid van installatie componenten. Vreemd genoeg was het onderwerp veiligheidsmanagementsysteem ook niet expliciet aan de orde gesteld. Het Symposium Universitair Onderwijs en Onderzoek in Delft was veel breder van opzet. Het domein veiligheid was op het symposium niet beperkt gebleven tot arbeid of tot de procesindustrie, maar uitgebreid met privé-veiligheid, wonen, sport, recreatie, en verkeersveiligheid. Ook de onderwerpen van de presentaties waren breder van opzet. Het Delfts-Haagse symposium was beperkt gebleven tot experts uit universiteiten, bedrijfsleven en de overheid. Op het Delftse symposium was ook plaats voor presentaties van vakbonden, chemie- en wetenschapswinkels en actiegroepen waardoor naast techni-

sche ook sociale aspecten van veiligheid belicht aan bod kwamen. Het Delftse symposium is de start geweest van de sectie Veiligheidskunde, die in 1979 aan de Technische Hogeschool is ingesteld (Goossens, 1981). Daarmee is veiligheidskunde een academische discipline geworden in Nederland en volgde het de Universiteit van Wuppertal (1974), de Katholieke Universiteit van Leuven (1975) en de Universiteit van Aston, Birmingham (1976).

Los van het symposium is door Hofstede (1978) felle kritiek geleverd op de beperkingen van het systeemdenken. De systeembenaderingen met zijn heldere doelen, een input-proces-output schema, zijn vergelijk met standaarden en zijn feedback en feed forward lussen waren ook nadrukkelijk aanwezig in de managementliteratuur als model om besluitvorming te structureren. Managen van bedrijven is echter primair een sociaal proces in een socio-technische omgeving. Een systeembenadering gaat mank, omdat er geen duidelijke doelen te definiëren zijn, behalve enkele algemene kretten, afkomstig uit bedrijfsvisies. De vorderingen, of de kwaliteit van managementactiviteiten zijn niet of nauwelijks meetbaar, waardoor feedback informatie niet bruikbaar is, of niet gebruikt wordt.

Discussie en conclusies

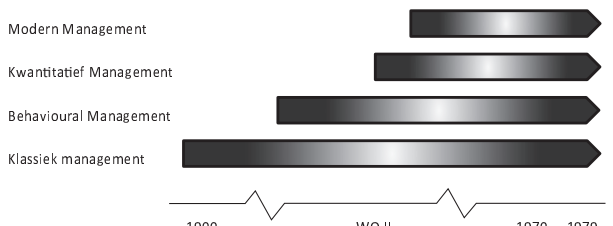
De kennisontwikkeling van het ongevalsproces en het managen van veiligheid is in dit review gebaseerd op artikelen en documenten. Het betekent niet per definitie dat die kennis en denkbeelden in het wetenschappelijke en het professionele domein gangbaar zijn in de periode waarin ze zijn ontstaan. Soms sterft kennis, soms duurt het jaren of decennia voordat denkbeelden worden geaccepteerd. Een voorbeeld is de theorie van Winsemius over taakdynamiek. Deze is ontwikkeld begin jaren '50 van de vorige eeuw en wordt pas in publicaties gerefereerd in de jaren 70. Dat geldt eveneens voor de 'man-made disasters' van Turner, uit 1978. In het voorwoord van de tweede editie (Turner en Pigeon, 1997) wordt opgemerkt dat de publicatie ten tijde van zijn verschijning buiten een selecte groep academici niet was opgevallen. Een samenvatting van de kennisontwikkeling binnen het veiligheidskundige domein en de algemene managementstromingen is weergegeven in tabel 2.

De relatie tussen algemene managementbenaderingen en kennisontwikkeling over het managen van veiligheid in bedrijven is evenmin vanzelfsprekend. Ook hier kan de eerder genoemde vertraging een rol spelen. Daarnaast zijn veiligheidsmanagement en algemeen management te beschouwen als twee afzonderlijke domeinen met hun eigen dynamiek. De eerste gericht op ongevallen en geïnspireerd door dominante verklaringen of modellen van ongevalsprocessen. Algemeen management is vooral gedreven door marktontwikkelingen en productie efficiëntie in industriële sectoren en de daaruit voortvloeiende managementsturing in bedrijven.

Dominante managementbenaderingen zijn beperkt in aantal. In de beschouwde periode zijn vier belangrijke stromingen ontstaan, het klassieke, het scientific manage-

Tabel 2 Theorieën, modellen, metaforen en managementstromingen in de periode vanaf de 19e eeuw tot 1979

periode	theorieën	modellen, metaforen	veiligheidsmanagement	management stromingen
19 ^e eeuw		Veiligheidstechniek; Factory Act (UK, 1844), Westeroouwen van Meeteren (NL, 1893), Calder (UK, 1899)	Ongevallen zijn onderdeel van het werk	Klassiek management.
1900-1909	Omgevingsfactoren; Heijermans (NL, '05)	Road to happiness, Safety First Movement; US Steel, (US, '06)		
1910-1919	Omgevingsfactoren; Eastman (US, '10), Home Office (UK, '11) Accident proneness; Greenwood en Woods (UK, '19)	3E's: engineering, education, enforcement; National Safety Council (US, '14)	Selectie werknemers, training werknemers in veiligheids-gedachte, veiligheidscommissies; Cowee (US, '16)	Scientific management, observaties, metingen, registratie, selectie, training werknemers, standaarden, voorschriften, samenwerking management werknemers; Taylor (US, '11)
1920-1929	Omgevingsfactoren; DeBlois (US, '26)	Gevaar is energie, probabilistische benadering van ongevallen; DeBlois (US, '26) Kosten van ongevallen 1:4; Heinrich (US '27) Ongevalsoorzaken 88:10:2; Heinrich (US, '28) Ongevalsemechanisme, ijsberg, 1:29:300; Heinrich (US, '29a)	Aanstelling veiligheidsingenieur, standaardisering voorschriften; Williams (US, '27) Veiligheid is voorwaarde voor efficiënte productie; American Engineering Council (US, '28) Goed management is beter dan goede werktuigen; Heinrich (US, '29b)	
1930-1940	Omgevingsfactoren; Vernon (UK, '36)		Management ondersteunt veiligheidsinitiatieven, analyseert oorzaken van ongevallen, ontwikkelt en voert oplossing in; DeBlois (US, '26), Heinrich (US, '31)	Behavioural management, human relations, gedrag, motivatie, leiderschap; (US, jaren 30)
1940-1949		Ongevalseproces, domino's; Heinrich (US, '41) Epidemiologische driehoek; Haddon -Gordon (US, '49)	Methoden van ongevalspreventie zijn dezelfde als voor kwaliteitscontrole; Heinrich (US, '41) Management toont leiderschap in veiligheid; Armstrong et al. (US, '45)	Kwantitatief management, operations research, besluitvorming gebaseerd op mathematische, statistische modellen
1950-1959	Taakdynamiek, mens-machine interacties; Winsemius (NL, '51)		Veiligheidsmanagement als ladder; Heinrich, (US, '50)	
1960-1969	Mens-machine systemen; Singleton (UK, '67, '69)	Human factors, ergonomie; Swain (US, '64), Singleton (UK, '60) Hazard-barrier-target; Gibson, Haddon (US, '61) Schade ijsberg 1:100:500; Bird (US, '66) 10 preventieve strategieën; Haddon (US, '68)	Loss prevention; Association of British Chemical Manufacturers (UK, '64) Procesveiligheidstechnieken; Hazop, FMEA, FTA, (US, '60; '62; UK, '63)	Modern management, bedrijf als open systeem, management als besluitvormende, informatie verwerkende activiteit
1970-1979	System safety; Johnson (US, '70) Prospectief onderzoek, belang ergonomisch systeem ontwerp, slechte communicatie kantoor-werkplek; Powell et al., (UK, '71) Organisatie cultuur; Turner (UK, '71) Los, strak gekoppelde organisatie; Reeves et al., (UK, '72) Gaswolk explosies; Nettleton (UK, '76) Rampen, organisatorische incubatietijd; Turner (UK, '76, '78)	Multicausaliteit van ongevallen, verstoorde informatieverwerking; Hale en Hale; (UK, '70), Dunn (UK, '72) Oorzaak-gevolg diagram (bowtie); Nielsen (Denemarken, '71) Organisatorische domino; Bird (US, '74) Veranderingen, niet-routine-matige condities veroorzaken ongevallen; Petersen (US, '71), Johnson (US, '73a, b)	Veiligheidsmanagement, multicausale, audits, participatieve veiligheid; Petersen (US, '71, '75, '78) Zelfregulerend systeem, van middel naar doel-voorschriften; Robens report (UK, '72) MORT; Johnson (US, '73a,b) Loss control management; Bird (US, '74), Bird en Loftus (US, '76)	Managementsystemen zijn organisatie specifiek Schein (US, '72) Typering organisatiestructuren; Mintzberg (Canada, '79)



Figuur 16 Belangrijkste management stromingen in relatie tot veiligheid in Europa en de US

ment, het behavioural en het moderne management. Deze stromingen zijn niet exclusief voor een bepaalde periode en konden naast elkaar bestaan (figuur 16). De aandacht voor het managen van veiligheid komt op met de Amerikaanse Safety First beweging. Bedrijven met een vanzelfsprekende interesse in het onderwerp zijn de gangmakers van de beweging. Safety First maakt veiligheid prioriteit nummer één van een bedrijf en er is geen relatie met het klassieke en het scientific management. Veiligheid in de beginperiode is veiligheidstechniek, het domein van de technicus.

De kennis over het managen van veiligheid in een bedrijf kwam tot ontwikkeling in het tweede decennium van de 20e eeuw in de Verenigde Staten en werd het domein van grote bedrijven en verzekeringsmaatschappijen. De kennisontwikkeling werd niet gevoed door theorievorming over ongevallen, maar door psychologische modellen. Management diende onveilige handelingen te beheersen via selectie en training, de methoden van het scientific management. Het Verenigd Koninkrijk kende vanaf het begin van de 19e eeuw een uitgebreide arbeidswetgeving, die zich had uitgebreid tot arbeidsveiligheid en -gezondheid. Veiligheid werd het domein van overheidscommissies, zoals de Industrial Fatigue Board en de latere Industrial Health Research Board, die opdrachten gaven voor onderzoek naar oorzaken van ongevallen. Het managen van veiligheid was geen item in de literatuur. Nederlandse publicaties over veiligheid kwamen vooral vanuit de Arbeidsinspectie en van veiligheidstechnici van de grote bedrijven.

De psychologische modellen van het ongevalsproces slopen voor de Tweede Wereldoorlog aan bij de behavioural management benadering. De 'onveilige condities' van Heinrichs domino's waren vrij effectief met veiligheidstechniek op te lossen. Gedrag was complexer en had om die reden een grotere rol in oorzaken van ongevallen. De behavioural management benadering heeft er zeer waarschijnlijk voor gezorgd dat de domino-metafoer tot ver na de oorlog populair is gebleven. In de periode vanaf de Tweede Wereldoorlog tot 1969 ontwikkelden Nederlandse en Amerikaanse artsen en Britse en Amerikaanse ergonomen theorieën en modellen van ongevalscausaliteit en werd de aandacht gericht op processtoringen, het barrière concept en fouten en afwijkingen in de informatieverwerking door werknemers. Deze modellen en theorie hebben geen traceerbare invloed gehad op de kennisontwikkeling omtrent veiligheidsmanagement, een

term die overigens nog niet in documenten en artikelen werd gebruikt. Het managementproces voor veiligheid kreeg voor het eerst een duidelijke presentatie in de vorm van de veiligheidsladder van Heinrich. Relaties met algemene management benaderingen, het kwantitatieve en het moderne management, die tijdens en na de oorlog ontstonden, zijn niet te leggen. De domino's en de veiligheidsladder hadden een relatie met de behavioural en scientific management benadering.

De jaren 60 kende een separate ontwikkeling in de procesveiligheid, loss prevention, met een focus op operability van technisch complexe systemen. Dit leverde geen kennis op over het managen van veiligheid in bedrijven, behalve de notie dat veiligheid een integraal onderdeel moest zijn van ontwerp en uitvoering van processen en dat empirische kennis de betrouwbaarheid van onderdelen van procesinstallaties moest ondersteunen.

Loss prevention ontstond tegen de achtergrond van een sterke opschaling van de procesindustrie, de toegenomen complexiteit van de beheersing van deze processen en een toegenomen kritische publieke opinie.

De periode vanaf 1970 tot 1979 was een stormachtige tijd. De publieke opinie keerde zich tegen de grote industrieën, waaronder de procesindustrie en gevoed door een reeks van rampen met ruime media aandacht. Het onderscheid met arbeidsveiligheid, dat zich reeds in de vorige periode af heeft getekend, werd alleen maar groter en de twee gebieden volgden hun eigen dynamiek.

In de arbeidsveiligheid vond zowel in de Verenigde Staten als in het Verenigd Koninkrijk een herwaardering plaats van de menselijke factor. Deze werd niet meer gezien als oorzaak van ongelukken, maar als symptoom van een falend management. Ook het effect van veiligheidstraining in beide landen werd ernstig betwijfeld. Brits onderzoek ging nog verder. De vele publicaties over veiligheidsmanagement had niet kunnen voorkomen dat bedrijven bleven steken in papieren verklaringen over veiligheid zonder verdere consequenties voor werkplekken. Met uitzondering van rapportages over individuele bedrijven was serieus onderzoek naar de invoering en kwaliteit van veiligheidsmanagement(systemen) in verschillende bedrijfssectoren (nog) niet uitgevoerd.

In deze periode gingen Britse sociologen het ontstaan van rampen in grote organisaties onderzoeken. Begrippen als los- en strak gekoppelde organisaties doen hun intrede, evenals het begrip organisatiecultuur, incubatietijd van een ramp en mechanismen waardoor organisaties blind zijn geworden voor voortekenen van rampscenario's. Met deze inbreng werd de relatie met technische aspecten van het rampscenario zeer zwak. In de procesindustrie, de ruimtevaart en de nucleaire industrie lag dat anders. Hier werden veiligheidkundige benaderingen ontwikkeld die sterk op de systeemleer leunen en een relatie hadden met het kwantitatieve management; de loss prevention beweging en de reliability engineering. Loss prevention had geen duidelijke relatie met veiligheidsmanagement. Na de verwoestende effecten van Flixborough, Beek en

Los Alfaque werden modellen en theorieën ontwikkeld waarmee gas-, damp- en stofexplosies begrepen en beheerst konden worden.

Uit dit overzicht blijkt het multidisciplinaire karakter van het veiligheidskundige domein. Technici, ingenieurs, medici, psychologen, sociologen, ergonomen en veiligheidskundigen hebben zich met het vakgebied bemoeid, iedere discipline met hun eigen vraagstelling. In de beginperiode was er weinig sprake van enige vorm van integratie van kennis. Dat veranderde in de jaren 70 toen de kennisontwikkeling over veiligheidsmanagement vorm begon te krijgen en modellen ontstonden die begrippen uit verschillende kennisgebieden samenvoegden.

Met uitzondering van enkele uitschieters rond de vorige eeuwwisseling en de jaren 50, is Nederland na de Tweede Wereldoorlog altijd volgend geweest van de Angelsaksische ontwikkeling. Het heeft tot het einde van de jaren '70 geduurd voordat in ons land zelfstandig onderzoek is uitgevoerd. Daar hebben internationale symposia in Den Haag en Delft toe bijgedragen. Nederland kreeg een sectie Veiligheidskunde aan de Technische Hogeschool Delft en Hofstede uitte scherpe kritiek op de systeem benadering voor het managen van bedrijven en veiligheid. Deze systeembenadering zal in de periode hierna echter alleen maar aan invloed winnen.

Veel onderwerpen, die vandaag de dag de discussies over veiligheid beheersen, komen ook in de behandelde periode aan bod, zoals de integratie van veiligheid en productie, management commitment, de positie van het middenmanagement, de kwaliteit van management-systemen en de gebrekkige aandacht voor de evaluatie van veiligheidsinterventies. Het is de verwachting dat nadere kennisontwikkeling daar geen invloed meer op zal hebben.

Literatuur

American Engineering Council (1928). Safety and Production. Harper & Br New York

Andriessen J (1974). Waarom wil men veilig werken? (I-III). De Veiligheid 50(6):251-258, 50(7/8):315-320, 50(9):381-384

Anoniem (1974). De ontwikkeling van veiligheids- en gezondheidsaspecten in het ontwerp en de uitvoering van machines en installaties. De Veiligheid 50(7/8):313

Anoniem (1977). Protecting production or workers BSSRS. Nature 270:93

Armstrong T Blake R Bloomfield J Boulet C Gimbel M Homan S Keefer W Page R (1945). Industrial Safety. Prentice Hall Inc. New York

Armstrong T Blake R Boulet C Gimbel M Homan S Keefer W (1953). Industrial Safety. Prentice Hall Inc. New York

Association of British Chemical Manufacturers (1964). Safety and Management, a guide for the Chemical Industry

Barlow R Proschan F (1975). Statistical theory of reliability and life testing. Holt Rinehart Winston Inc. New York

Bergsma J (1974). Het voorkomen voor zijn. De Veiligheid 50(6):263-266

Bird F Germain G (1966). Damage control, a new horizon in accident prevention and cost improvement. American Management Association, The Comet Press

Bird F (1974). Management guide to loss control. Institute Press, Loganville, Georgia US

Bird F Loftus R (1976). Loss control management. International Loss Control Institute, Institute Press, Loganville, Georgia

Bird F (1978). Materiële schade. De Veiligheid 54(5):199-201

Blake R (1956). Ratio 88:10:2. National Safety news May;19, 21, 22

Blake R (1963). Industrial Safety. Prentice Hall Inc. New York

Boesten A (1978). Risico-aanvaardbaarheid (1). De Veiligheid 54(11):539-541

Boesten A (1979). Risico-aanvaardbaarheid (2). De Veiligheid 55(2):87-88

Boskma P (1977). Definitie van het risicoprobleem. De Veiligheid 53(5):237-238

Buschmann C (ed.)(1974). Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries. Proceedings of the first International Loss Prevention Symposium, May 28th -30st Royal institute of Engineers (KIVI) and Royal Netherlands Chemical Society (KNCV). Elsevier, Amsterdam

Calder J (1899). The prevention of factory accidents. Longmans Grewen Co London

Carson R (1962). Silent Spring. Houghton Mifflin, Boston

Carson P Mumford C (1979). Major hazards in the chemical industry Part II their identification and control. Journal of Occupational Accidents 2:85-98

Cleveland R Cohen H Smith M Cohen A (1979). Safety Program Practice in record holding plants. DHEW-NIOSH Publications no. 79-136, NIOSH Morgantown

Cohen A Smith M Cohen H (1975). Safety Practices in high versus low accident rate companies. US Department of Health, Education, and Welfare, Centre of Disease Control, NIOSH, Cincinnati

Cohen A (1977). Factors in successful occupational safety training Journal of Safety Research 9(4):168-178

Cohen A Smith M Anger W Self (1979). Protective measures against workplace hazards. Journal of Safety Research 11(3):121-131

Cowee G (1916). Practical safety, methods and devices. Manufacturing and engineering. Van Nostrand Co, New York

DeBlois L (1926). Industrial safety organization for executives and engineer. McGraw-Hill Book Company, New York

- Deming W (1982). Out of crisis, quality, productivity and competitive position. Cambridge University Press, Cambridge
- Department of Employment (1975). The Flixborough disaster. Report of the Court of Inquiry. Her Majesty's Stationery Office, London
- Dop G (1979). Onbetrouwbaarheid van een technisch systeem. De Veiligheid 55(1):19-25, 55(5):249-253, 55(11):593-597, 55(12):657-662
- Dunn J (1972). A safety analysis technique derived from skill analysis. Applied Ergonomics 3(1):30-36
- Eastman C (1910). Work-accidents and the law. The Pittsburgh survey. Charities Publications Committee, New York
- Ellis L (1975). A review of research on efforts to promote occupational safety. Journal of Safety Research 7(4):180-189
- Factory Act (1844), Gerefereerd in Hale A (1978). The Role of Government Inspectors of Factories with Particular Reference to their Training Needs. PhD Thesis, University of Aston, Birmingham.
- Fawcett H (1965a). Chemical Booby traps. Safety Industrial & Engineering Chemistry 89-90 ACS Publications
- Fawcett H (1965b). The literature on chemical safety Journal of Chemical Education 42(10):A815-A818, 42(11):A897-A899
- Ficq C (1976). Rapport over de explosie bij DSM Beek (L), 7 november 1975. Gaswolkexplosie in Naftakraker II. . Korps Rijkspolitie Maastricht, Dienst Bewaking en Beveiliging DSM, Dienst Stoomwezen , Arbeidsinspectie
- Finley B Webster R Swain A (1974). Reduction of human errors in field test programs. Human factors 16(3):215-222
- Fletcher J (1978). Total Loss Control. De Veiligheid 54(5):203-207
- Freud S (1901). Psychopathology of everyday life, translated by A Brill (1914). MacMillan Co New York
- Gilbreth F Gilbreth L (1917). Applied Motion studies. Sturgis and Walton, New York, NY
- Gibson J (1961). The contribution of experimental psychology to the formulation of the problem or safety - a letter for basic research. Behavioural Approaches to Accident Research. Association for the Aid of Crippled Children, New York, 77-89, included in: Haddon W Suchman E, Klein D (eds.) (1964). Accident research, methods and approaches. Harper & Row, New York
- Goossens L (1981). Veiligheidskunde aan de Technische Hogeschool te Delft. Tijdschrift voor Sociale Geneeskunde 59(9):312-316
- Gordon J (1949). Epidemiology of accidents. American Journal of Public Health 39:504-515, included in: Haddon W Suchman E, Klein D (eds.) (1964). Accident research, methods and approaches. Harper & Row, New York
- Greenwood M Wood H (1919). The incidence of industrial accidents upon individuals with special reference to multiple accidents. Industrial Fatigue Board, report nr 4. Her Majesty's Stationary Office, London
- Groothuizen T (1976). De explosie in Flixborough. De Veiligheid 52(2):41-44
- Gulijk C van Swuste P Zwaard W (2009). Ontwikkeling van veiligheidskunde in het interbellum en de bijdrage van Heinrich. Tijdschrift voor toegepaste Arbowedenschap 22(3):80-95
- Haddon W (1968). The changing approach to the epidemiology, prevention, and amelioration or trauma: the transition to approaches etiologically based rather than descriptive. American Journal of Public Health 58 (8):1431-1438
- Hale A Hale M (1970). Accidents in perspective. Occupational Psychology 44:115-122
- Hale A Hale M (1972). A review of the Industrial Accident Research literature. Her Majesty's Stationary Office, London
- Harvey B (1979). Flixborough 5 years later. The chemical engineer 349:697-698
- Heijermans L (1905). Gezondheidsleer voor arbeiders. Brusse Rotterdam.
- Heinrich H (1927). The "incidental" cost of accidents. National Safety News (February 1927): 18-20
- Heinrich H (1928). The origin of accidents. National Safety News, July p. 9-12, 55
- Heinrich H (1929a). The foundation of a major injury National Safety News 19(1):9-11, 59
- Heinrich H (1929b). Message to the foreman. National Safety News, December p. 23-23, 51-52
- Heinrich H (1931). Industrial accident prevention, a scientific approach. McGraw-Hill Book Company, New York
- Heinrich H (1941). Industrial accident prevention, a scientific approach. McGraw-Hill Book Company, New York
- Heinrich H (1950). Industrial accident prevention, a scientific approach. McGraw Hill Book Company, New York
- Heinrich H Cranniss E (1959). Industrial accident prevention, a scientific approach. McGraw Hill Book Company, New York
- Home Office (1911). Report of the departmental committee on accidents in places under the factory and workshop act. HMSO, London
- Hofstede G (1978). The poverty of management control philosophy. Academy of management review 3(3):450-461
- HSC (1976). Health and Safety Commission, Advisory Committee on major hazards, first report. Her Majesty's Stationery Office, London
- HSC (1979). Health and Safety Commission, Advisory Committee on major hazards, second report. Her Majesty's Stationery Office, London

- HSE (1976). Health and Safety Executive, success and failure in accident prevention. Her Majesty's Stationary Office, London
- Johnson W (1970). New Approaches to safety in industry. Industrial and Commercial Techniques LTD, London
- Johnson W (1973a). Sequences in accident causation. *Journal of Safety Research* 5(2):54-57
- Johnson W (1973b). The Management oversight and risk tree – MORT, including systems developed by the Idaho Operations Office and Aerojet Nuclear Company. US Atomic Energy Commission, Division of Operational Safety – SAN 821-2/UC-41
- Juran J (1951). *Quality control handbook* McGraw-Hill New York
- Juran J Barish N (1955). *Case studies in industrial management* McGraw Hill Book Company New York
- Kirwan B (1994). *A guide to practical human reliability assessment*. Taylor & Francis, Bristol
- Kletz T (1976). Accident data – the need for a new look at the sort of data that are collected and analysed. *Journal of Occupational Research* 1:95-105
- Kuiper J (1973). Veiligheid als gezondheidskundig begrip. *De Veiligheid* 49(12):415-422
- Koornneef F (1979). Veiligheid en systeembenadering. *De Veiligheid* 55(7/8):393-394
- Koornneef (2013). persoonlijke mededeling
- Kraan C Schenke M (1976). Spanningsvelden voor de veiligheidsfunctionaris, door werkgroep 13. *De Veiligheid* 52(4):143-145
- Lees F (1980). *Loss prevention in the process industry*. Butterworth Heinemann, Oxford
- Leij G van der Mutgeert B (1977). Risk analysis: industry, government and society, verslag TNO conferentie. *De Veiligheid* 53(4):165-168
- Leij van der (1978). Veiligheid geïntegreerd in de bedrijfsvoering. *De Veiligheid* 54(4):137-142
- Leij van der (1979). *Techniek van het veiligheidsmanagement*, boekbespreking Dan Petersen. *De Veiligheid* 55(3):129-130
- Maslow A (1943). A theory of motivation. *Psychological Review* 50:370-392
- Meertens D Zwam H van (1976). Een discussiestuk over de toekomst der veiligheidsfunctie, werkgroep 13. *De Veiligheid* 52(4):113-123
- Minzberg H (1979). *The structuring of organisations, a synthesis of the research*. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, NJ
- Moore P (1968) *Basic Operational Research*. Pitman Publishing, New York
- National Safety Council (1914). Gerefereerd in Greenwood E (1934). *Who pays?* Doubleday Doran Co Inc. New York
- Nettleton M (1976/1977). Some aspects of vapour cloud explosions. *Journal of Occupational Accidents* 1:149-158
- Nettleton M (1976). Alleviation of blast waves from large vapour clouds. *Journal of Occupational Accidents* 1:3-8
- Nielsen D (1971). The cause/consequence diagram method as a basis for quantitative accident analysis. Danish Atomic Energy Commission, research Establishment Risø. Rapport Risø-M-1374
- Nielsen D Platz O Runge B (1975). Cause consequence diagram. *IEEE Transactions on Reliability* R24(1):8-13
- Nye D (2013). *America's assembly line*. The MIT Press, Cambridge MA
- Oostendorp Y Zwaard W Lemkowitz S Gulijk C van Swuste P (2013). Introductie van het begrip risico binnen de veiligheidskunde in Nederland. *Tijdschrift voor toegepaste Arbowedenschap* 26(3-4):75-91
- Oosterom N (1979). Humanisering van de arbeid. *De Veiligheid* 55(7/8):382-383
- Parker R (1975). *The Flixborough disaster, report of the court of inquiry*. Department of Employment. Her Majesty's Stationary Office, London
- Pasmooij C (1979). Ongunstige arbeidsomstandigheden en mensfactoren in hoog-geautomatiseerde systemen. *De Veiligheid* 55(4):161-165
- Petersen D (1971). *Techniques of safety management*. McGraw-Hill Book Company, New York
- Petersen D (1975). *Safety management a human approach, a human approach*. McGraw-Hill Book Company, New York
- Petersen D (1978). *Techniques of safety management*. McGraw-Hill Book Company, New York
- Pindur W Rogers S Kim P (1995). The history of management: a global perspective. *Journal of management history* 1(1):59-77
- Pfeifer C Schaeffer M Grether C Stefanski J Tuttle T (1974). An evaluation of policy related research on effectiveness of alternative methods to reduce occupational illness and accidents. Behavioural, safety Center, Westinghouse Electrical Co, Columbia, Maryland
- Pope W (1976). Systems safety management: een nieuwe opvatting over interne management communicatie en veiligheid. *De Veiligheid* 52(12):487-490
- Powell P Hale M Martin J Simon M (1971). 2,000 accidents, a shop-floor study of their causes on 42 months' continuous observation. National Institute of Industrial Psychology, London
- Radandt S (1979). Perspectieven voor de ontwikkeling van de veiligheidstechniek. *De Veiligheid* 55(11):577-578
- Reeves T Turner B (1972). A theory of organisation and behaviour in batch production factories. *Administrative Science Quarterly* 17(1):81-98

- Reijnders L (1979). Drie visies op veiligheid, de deugdelijke machine en de ondeugdelijke mens. *Risicobulletin* 1(1):5-7
- Rigby L Swain A (1971). In-flight target reporting –how many is a bunch? *Human factors* 13(2):177-181
- 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
- Rolt L (1955). Red for danger, a history of railway accidents and railway safety precautions. Lane, Sutton Publishing Limited, London
- Roper S (1899). Roper's Engineer's Handy Book, David McKay, Philadelphia
- Sadee C Samuels D O'Brien T (1976). The characteristics of the explosion of cyclohexane at the Nypro Flixborough plant on 1st June 1974. *Journal of Occupational Accidents* 1:203-235
- Schein E (1972). *Organization Psychology*. Prentice-hall. Englewood Cliffs, NJ
- Singleton W (1960). An experimental investigation of speed controls for sewing machines. *Ergonomics* 3(4):365-375
- Singleton W (1967a). Ergonomics in system design. *Ergonomics* 10(5):541-548
- Singleton W (1967b). The system prototype and his design problems. *Ergonomics* 10(2):120-124
- Singleton W (1969). Display design principles and procedures. *Ergonomics* 12(4):519-531
- Singleton W (1971). The ergonomics of information presentation. *Applied ergonomics* 2(4):213-220
- Singleton W (1972). Techniques for determining the cause of error. *Applied Ergonomics* 3(3):126-131
- Strien P van (1978). Humanisering van de arbeid en de kwaliteit van het bestaan. *Tijdschrift voor Sociale Geneeskunde* 56:682-689
- Swain A (1964). Some problems in the measurement of Human performance in man-machine systems. *Human Factors* 6(6):687-700
- Swain A (1973). Design of industrial jobs a worker can and will do. *Human factors* 15(2):129-136
- Swuste P Gulijk C van Zwaard W (2009). Ongevalscausaliteit in de negentiende en in de eerste helft van de twintigste eeuw, de opkomst van de brokkenmakers-theorie in de Verenigde Staten, Groot-Brittannië en Nederland. *Tijdschrift voor toegepaste Arbeuwetenschap* 22(2):46-63
- Swuste P Gulijk C van Zwaard W Oostendorp Y (2011). Veiligheidstheorieën, -modellen en metaforen in de drie decennia na de Tweede Wereldoorlog, in de Verenigde Staten, Groot-Brittannië en Nederland. *Tijdschrift voor toegepaste Arbeuwetenschap* 24(3):79-91
- Taylor F (1911). *The principles of scientific management*. Harper & Brothers, New York. An unabridged republication is published by Dover publications Inc., Minola NY in 1998
- THD (1978). Technische Hogeschool Delft. Universitair Onderwijs en Onderzoek in Veiligheid, Deel 1, Eindverslag. Symposium bureau THDelft
- Turner B (1971). Exploring the industrial subculture. The MacMillan Press LTD London
- Turner B (1976). The organisational and inter-organisational development of disasters. *Administrative Science Quarterly* 21(3):378-397
- Turner B (1978). *Man-made disasters*. Butterworth-Heinemann Oxford
- Turner B Pidgeon N (1997). *Man-made disasters*. Butterworth-Heinemann Oxford
- US Steel (1913). Gerefereerd in Aldrich M (1997). *Safety First. Technology, labor, and business in the building of American Work safety 1870-1939*. John Hopkins University Press, Baltimore, Maryland
- Vernon H (1936). *Accidents and their prevention*. University Press, Cambridge
- Versteeg J (1979). Het ongeval met de kerncentrale Three Mile Island. *De Veiligheid* 55(9):439-442
- Wansink J (1976). Risicobeheersingsmethodiek in de veiligheid. *De Veiligheid* 52(10):377-386
- Weick K (1976). Educational organisations as loosely coupled systems. *Administrative Science Quarterly* 21(1):1-19
- Wetenschap en Samenleving (1978). Boem in Rijnmond, themanummer risicoacceptatie. Verbond van Wetenschappelijke Onderzoekers, Bond van Wetenschappelijke Arbeiders
- Westerouwen van Meeteren F (1893). *Handboek der nijverheids-hygiëne*. Elsevier, Amsterdam
- Williams S (1927). *The manual of industrial safety*. Shaw Company, New York
- Winsemius W (1951). De psychologie van het ongevalsgebeuren. Verhandeling van het Instituut voor Praeventieve Geneeskunde, Kroese, Leiden
- Wijk L van (1977). Het ongevalsproces, een systeemmodel. *De Veiligheid* 53(10):433-436
- Wright R (1978). Wat is Loss management (1), (2). *De Veiligheid* 54(5):209-216, 54(6):297-302
- Zwaard W (2007). *Kroniek van de Nederlandse veiligheid*. Syntax Media, Arnhem
- Zwam H van (1978). Veilig samenwerken. Veiligheid als voorwaarde van integraal ondernemingsbeleid. Van Gorcum, Assen