

# De Koude Oorlog, de ruimtewedloop, een groeiende procesindustrie en de opkomst van verschillende veiligheidstools, -modellen en -technieken

## Deze periode in de Verenigde Staten

De opkomst van de moderne managementaanpak, beïnvloed door de naoorlogse ontwikkelingen in Japan, ging gepaard met een nieuwe focus op informatieverwerking en besluitvorming om zo productie, kwaliteit en veiligheid te bevorderen binnen organisaties. Deze aanpak zette organisaties neer als open systemen die samenwerken met interne en externe belanghebbenden.

**Kwaliteitscontrole** is het resultaat van het baanbrekende werk van Deming en Juran, die een cruciale rol speelden bij het aanwakkeren van de noodlijdende Japanse industrie na de Tweede Wereldoorlog. Door mee te werken aan de wederopstanding van de door armoede geteisterde natie beoogden zij de verspreiding van het wereldwijde communisme na de Tweede Wereldoorlog tegen te gaan. Zowel Deming als Juran hebben belangrijke bijdragen geleverd aan de wederopbouw van de Japanse industrie. De introductie van statistische procescontrole (SPC) maakte het mogelijk om procesvariaties te voorspellen en te corrigeren voordat er ook daadwerkelijk producten werden vervaardigd. De uitgangspunten van Total Quality Management (TQM) werden in de Westerse wereld erkend als een belangrijke managementschool.



*W. Edwards Deming (1900-1993), een Amerikaanse statisticus die bekend staat om zijn intellectuele bijdragen aan verscheidene disciplines. Deming speelde een sleutelrol in het ontwikkelen van industrieel management en methodologieën voor kwaliteitscontrole.*



*Joseph M. Juran (1904-2008), een in Roemenië geboren Amerikaanse ingenieur en management-consultant, was een leidende figuur in de ontwikkeling van kwaliteitsmanagementprocessen.*



*Frank E. Bird Jr. (1921-2007), een Amerikaanse veiligheidsexpert en pionier op het gebied van industriële veiligheid. Verwierf vooral naamsbekendheid met zijn 'ongevallenpyramide'.*

In 1966 publiceerden Bird en Germain de **schade-ijsberg** in het boek *Damage Control*. Dit model was gebaseerd op de dominometafoer, en breidde de reikwijdte van gevolgen uit van enkel verwondingen naar ook bijna-ongevallen en materiële schade. Uit hun onderzoek bij Lukens Steel Co. bleek dat ongelukken zonder letsel toch tot aanzienlijke schade konden leiden, die de kosten van letsel vaak ver overstegen. Dit besef



onderstreepte het belang van ongevallenpreventie. In hun boek reikten Bird en Germain ook praktische handvatten aan voor effectieve schadebeheersing, waaronder rapportagemechanismen, werkvoorbereiding, auditprocedures en kostenberekeningen.

De **Haddon matrix** werd ontwikkeld door het omzetten van de epidemiologische driehoek in een matrix. De matrix maakt het eenvoudiger om verschillende fases in het ongevalsproces en de bijbehorende factoren te identificeren. In tegenstelling tot traditionele onderzoeksmethoden die zich alleen richtten op de directe oorzaken van een ongeval, bood de Haddon matrix een uitgebreid kader om ook rekening te houden met andere factoren en beheersmaatregelen voor het gehele ongevalsproces. Toch zou het nog enige tijd duren voordat de oorzaken van ongevallen werden gescheiden van de gevolgen van ongevallen.

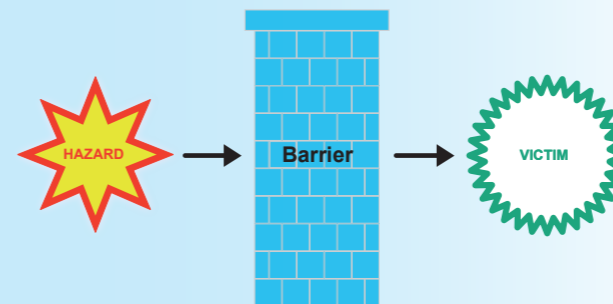
	Host (Human Factors)	Agent (Chemical Factors)	Physical Environment	Social Environment
Pre-Event	Training on spill response	Proper labelling and storage of chemicals	Facility designed with spill containment in mind	Safety regulations and workplace safety culture
	Regular health and safety drills	Regular inspection of containers	Availability of safety equipment and signage	Policies for reporting and preventing incidents
Event	Use of personal protective equipment	Immediate containment measures for spills	Activation of ventilation systems	Coordination with emergency services
	Quick response team activation	Emergency shut-down mechanisms	Accessibility to emergency exits and equipment	Clear communication channels within the facility
Post-Event	Medical attention for exposure	Neutralization and disposal of spilled chemicals	Area isolation and decontamination	Review and analysis of incident for learning
	Psychological support for employees	Assessment of chemical impact on environment	Inspection and repair of affected areas	Updating policies and training based on incidents

*Een schematische weergave van de Haddon-matrix voor een chemische lekkage*

Het **hazard-barrier-target** model, ontstaan uit de epidemiologische driehoek, gaat uit van de interactie tussen barrières en vectoren die gevaren of omgevingsfactoren verbinden met het slachtoffer. Dit model was gestoeld op de hypothese dat

een abnormale energie-uitwisseling, die de weerstand van het lichaam overtrof, een veel voorkomende factor was die tot letsel leidde. Dit concept was 40 jaar eerder voorgesteld door DeBlois, die ongevallen en hun ontstaansmechanismen groepeerde op basis van energie-uitwisseling. Gibson breidde dit idee uit met een gedetailleerde classificatie van soorten energie, zoals straling, potentiaal, kinetische, mechanische, thermische, chemische en elektrische energie, die elk geassocieerd worden met verschillende soorten letsel.

*Het Hazard-Barrier-Target model*



**Reliability engineering** is ontstaan uit de massaproductie van wapens. Na de opkomst van verwisselbare onderdelen in onder andere de auto-industrie, werd deze discipline steeds belangrijker. **Reliability engineering** werd na de Tweede Wereldoorlog in de Verenigde Staten oorspronkelijk geformaliseerd als een discipline door organisaties als AGREE. Hierbij lag de focus



*Complexiteit die gepaard gaat met de instrumenten en besturing van een Boeing B-52 Stratofortress uit de vroege jaren '60. Foto: Amerikaanse Luchtmacht, Foto door Ken Larock.*

voornamelijk op het verzamelen en analyseren van faalkansen van componenten in technische systemen, waarmee standaarden en voorspellingsmethoden voor betrouwbaarheid werden ontwikkeld. **Reliability engineering** speelde ook een cruciale rol bij de risicobeoordeling voor veiligheidsonderzoek. Na het tragische ongeluk van de Apollo I maakte de "fly-fix-fly"-methode plaats voor een systeemveiligheidsbenadering die gevaren- en foutenboomanalyse omvatte.

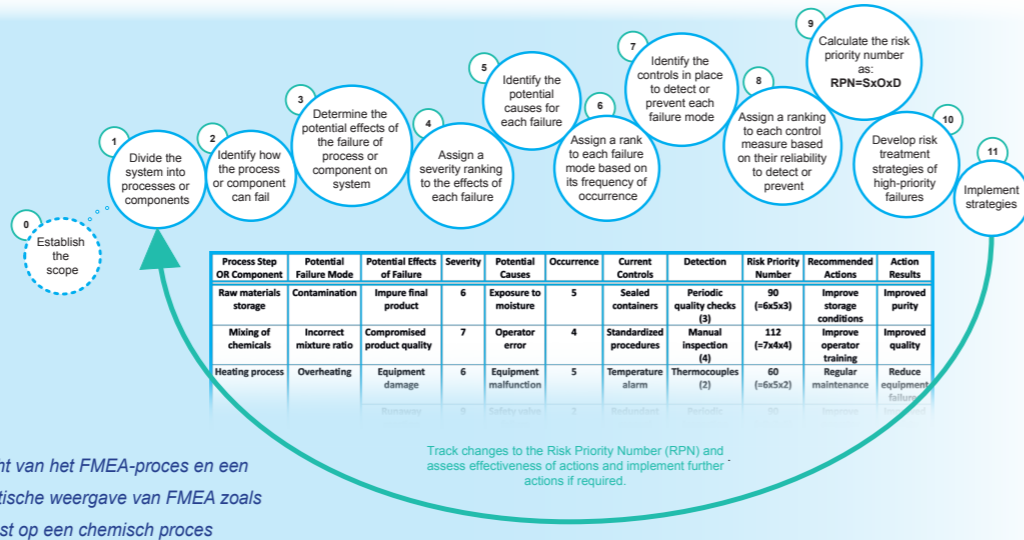
**Ergonomie** werd gaandeweg steeds belangrijker door het ontwikkelen van militaire apparatuur en machines die een grotere complexiteit en aanzienlijke uitdagingen op het gebied van risicobeheersing met zich meebrachten. **Human factors** en ergonomie hebben betrekking op de relatie tussen mensen, machines en werk. In de Verenigde Staten ligt bij **human factor engineering** de nadruk op efficiëntie en het kwantificeren van menselijke fouten in mens-machine-systemen. Ondanks de beperkingen van het berekenen van de kans op menselijke fouten, zetten human factor specialisten zich in voor het verbeteren van menselijke prestaties en efficiëntie om zo een veiligere werkplek te creëren.

**Loss prevention** kreeg in deze periode bekendheid. Hierbij ging het niet om menselijke fouten, maar om procesveiligheidsmaatregelen die de verstrekkende gevolgen van het vrijkomen van gevaarlijke stoffen konden aanpakken en bezorgdheid weg konden nemen bij burgers. De chemische procesindustrie groeide enorm, wat resulteerde in complexere processen die leidden tot verwoestende branden, explosies en het vrijkomen van giftige stoffen, vaak met aanzienlijke gevolgen voor de omgeving en enorme financiële schade tot gevolg.

De **engineering benadering** kwam centraal te staan bij het aanpakken van veiligheidskwesties, waarbij de focus werd verlegd naar het voorkomen of minimaliseren van de gevolgen van incidenten met gevaarlijke stoffen. Verschillende tools werden ontwikkeld om de betrouwbaarheid van apparatuur en processen te verbeteren, zoals FMEA (Faalmodus en Effectanalyse), Foutenboomanalyse, HAZOP (Hazard and Operability studies) en energieanalyse.

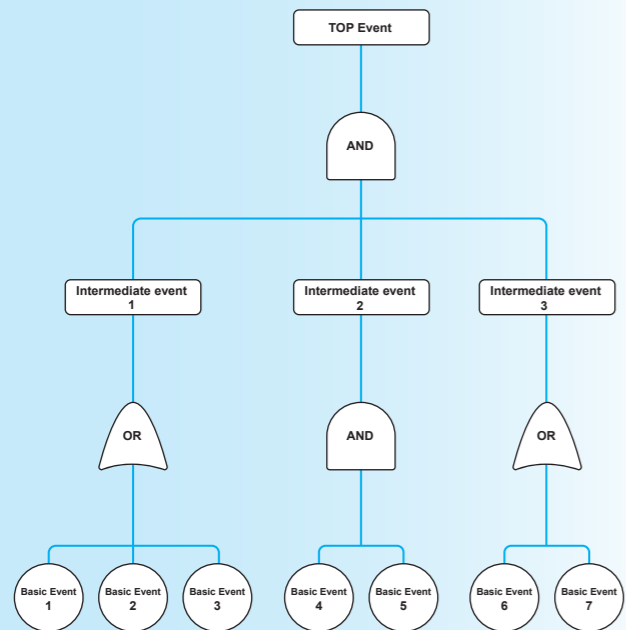
1950-1970

**Faalmodus en Effectanalyse (FMEA)** is een methode voor het evalueren van de impact van fouten in systeemcomponenten op de werking of de bedrijfsvoeringskwaliteit van het systeem. FMEA werd voor het eerst beschreven in een militair document aan het eind van de jaren '40 en speelde een belangrijke rol in het Apollo-project in de jaren '60.



Overzicht van het FMEA-proces en een schematische weergave van FMEA zoals toegepast op een chemisch proces

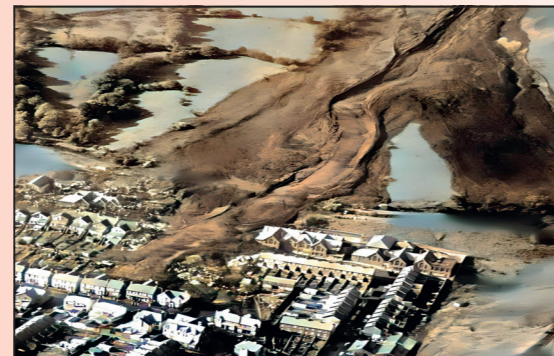
**Foutenboomanalyse** is een methode die zijn oorsprong vond in de militaire sector en werd ontwikkeld als reactie op grote ongevallen, zoals de ontploffing van raketten in 1958 in New Jersey, VS. De Amerikaanse luchtmacht gebruikte foutenboomanalyse om het onbedoeld lanceren van intercontinentale raketten te voorkomen. Deze methode gaat uit van een boomstructuur om events die leiden tot een ongewenst topevent logisch te structureren. De methode wordt voornamelijk toegepast in situaties met een zeer hoog risico, zoals in de nucleaire en militaire sector. Het gebruik van foutenboomanalyse om onbedoelde raketlanceringen te voorkomen stuitte op bezwaren vanwege mogelijke vertragingen tijdens noodsituaties.



Schematische weergave van een foutenboomanalyse van een top event.

**Deze periode in het Verenigd Koninkrijk**

Het Verenigd Koninkrijk beleefde op 21 oktober 1966 een van de grootste ongelukken uit de jaren '60 toen 116 kinderen en 28 volwassenen om het leven kwamen door het instorten van een mijnsteenbergt in het Welshe dorp Aberfan. Het was het eerste grote ongeluk dat op grote schaal op televisie werd uitgezonden in het Verenigd Koninkrijk.



Luchtfoto van de nasleep van de ramp in Aberfan

**HAZOP**, in 1963 ontwikkeld door Imperial Chemical Industries Ltd (ICI), vindt zijn oorsprong in de procesindustrie en staat voor *hazard and operability analysis*. Het is een formele, systematische evaluatiemethode om ontwerpafwijkingen en mogelijke procesafwijkingen in nieuwe of bestaande installaties te identificeren. Tijdens HAZOP-sessies bespreken experts uit verschillende disciplines de ontwerpspecificaties van elk procesonderdeel, aan de hand van een *Piping and Instrumentation Diagram* (P&ID). De experts onderzoeken procesveiligheidsvraagstukken waarbij richtlijnen en procesparameters worden overwogen om afwijkingen te identificeren en worden toegepast op materialen, productiefuncties en lay-out problemen.

Node	Deviation	Possible causes	Consequences	Existing Safeguards	Additional Safeguards	Recommendations
Input Valve	More Flow	Valve fails to close automatically	Overflow of tank	Automatic shutdown linked to level sensor, Visual level indicator for operator	Regular maintenance and testing of valve and sensor	Implement routine inspection and maintenance schedule for valves and sensors
Input Valve	Less Flow	Partial blockage or malfunction	Incomplete filling, delay in process	Implement pre-filling checks for blockages	Implement pre-filling checks for blockages	Establish protocol for regular inspection and cleaning of input valve
Liquid Level Sensor (Visual)	No Indication	Sensor malfunction or obstruction	Operator unaware of actual liquid level	Regular cleaning and inspection of visual sensor	Regular cleaning and inspection of visual sensor	Introduce redundancy with another visual indicator
Liquid Level Sensor (Automatic)	Incorrect Reading	Sensor failure, miscalibration	Automatic valve fails to close at correct level, risk of overflow or underfilling	Regular calibration checks	Regular calibration checks	Enhance sensor calibration frequency and accuracy checks
Output Valve	No Operation	Valve stuck or jammed	Inability to discharge contents	Regular functional checks	Regular functional checks	Ensure routine maintenance and checks for output valve functionality

Een eenvoudig voorbeeld van een HAZOP-tabel voor het vullen van een tank.

**Tijdens deze periode in Nederland**

Willem Winsemius (1917–1990) heeft een belangrijke bijdrage geleverd aan inzicht in arbeidsongevallen in Nederland. Geïnspireerd door Britse ergonomen ontwikkelde hij de 'taakdynamiek', een theorie die uitgaat van de actieve en dynamische aard van de oorzaken van ongevallen. Na een uitgebreid onderzoek van 1300 arbeidsongevallen bij Koninklijke Hoogovens tussen 1946 en 1948, achterhaalde Winsemius de invloed van specifieke werkomgevingsfactoren en de complexiteit van ongevallen.

De taakdynamiek biedt inzicht in ongevallen door de onderliggende acties te analyseren, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen drie actiepaden: een iets riskanter maar sneller pad, een veiliger maar minder snel pad, of een zeer riskant pad. Procesverstoringen leiden altijd tot een opmerkelijk hoge taakdynamiek, waardoor de werknemer intuïtief kiest voor het snelste, meest risicovolle actiepad. Winsemius legde de nadruk op het minimaliseren van procesverstoringen, het creëren van comfortabele werkomgevingen en de implicaties ervan voor het ontwerp van machines.

In de jaren zestig was voor het Nederlandse tijdschrift De Veiligheid een hoofdrol weggelegd in het bevorderen van het veiligheidsbewustzijn door in te gaan op onderwerpen zoals *accident proneness theory* en de metaforen van Heinrich. Veiligheidseducatie en veiligheidsposters hebben in Nederland veel aandacht gekregen. De Nederlandse Gezondheidsraad introduceerde Haddons model en een classificatiesysteem voor oorzaken van letsel. Het tijdschrift diende als een waardevolle bron voor professionals. De Nederlandse artikelen putten inspiratie uit Duitse, Amerikaanse en Britse bronnen. Na het bezoek van Lateiner aan Nederland werd ook zijn methode omarmd, met gevolgen voor de opleidings- en toetsingseisen voor veiligheidsprofessionals. Er werden veiligheidscommissies en -diensten opgericht, waarbij arbeidshygiënist en veiligheidsinspecteurs samenwerkten. Hogere leidinggevenden en managers gingen zich geleidelijk meer bezig houden met bedrijfs-

veiligheid. In de jaren '60 werd de basis gelegd voor het veiligheidsmanagementsysteem. Er ontstond kritiek op de concepten van Heinrich, waarbij Winsemius vooral nadruk legde op de beperkingen van de testen voor het identificeren van werknemers met een verhoogd risico op ongevallen. De discussies spitsten zich toe op aangepast werk en de dynamische relatie tussen werk en werknemers voor optimale veiligheid.



Poster uit 1957.



Poster uit 1966.



Poster uit 1955.



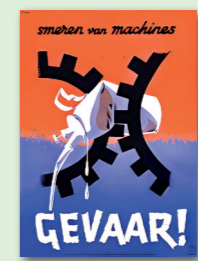
Poster uit 1954.



Poster uit 1956.



Poster uit 1962.



Poster uit 1956.



Poster uit 1955.



Poster uit 1963.

1950-1970