

# Visie van een erflater van het vakgebied: verleden, heden en toekomst van de (toegepaste) arbowetenschappen

**Toen en nu:**

**Delft 1974 versus 2019, meer dan vier decennia en zestien Loss Prevention Symposia verder!**

*Hans Pasman<sup>1</sup>*

*Vrije vertaling van de in het Engels gehouden afsluitende voordracht van Hans Pasman op het Loss prevention Symposium, 16 – 19 juni, 2019 in de Aula van de TU Delft.*

Omdat ik toen een (hardwerkende) junior in de Organisatiecommissie was (met bijnaam Zoef, de haas) en een (bedaarde) senior nu, kan ik uit de eerste hand enkele observaties aanreiken die u wellicht interessant zal vinden.

Tweede helft zestiger jaren en het eerste deel van de jaren '70 vond een snelle expansie en opschaling plaats van de procesindustrie in het havengebied van Rotterdam evenals in andere regio's van Europa. Dit bracht een snelle toename van de welvaart, maar als gevolg van de talrijke explosies, branden en gifwolken ontstond onrust en protest tegen verdere groei. Ingenieurs in de industrie werden veiligheidsbewust. Dit gaf de stoot tot het eerste 1974 symposium, maar het kwam niet zomaar uit de lucht vallen. In 1971 had de Engelse "Institution of Chemical Engineers" in Newcastle een eerste internationaal symposium met de titel "Major Loss Prevention in the Process Industries" georganiseerd, dat was bijgewoond door een aantal Nederlanders en andere Europeanen (zie figuur 1). Dit symposium bevatte een aantal bijdragen die ogen openden, bijv. over gevarenanalyse (Trevor Kletz), betrouwbaarheids-engineering (Frank Lees) en bescherming. Diverse concepten en aanpakken werden gepresenteerd en terugkijkend is vast te stellen dat het pijlers voor Loss Prevention zijn geworden. Dit symposium is de IChemE serie van Hazards symposia geworden, waarvan die van dit jaar onlangs in Birmingham is gehouden. In 1971 was er in ieder geval enthousiasme en een idee dat er op Europese schaal iets moest worden gedaan. Het initiatief werd genomen om onder auspiciën van de European Federation of Chemical Engineering een Working Party on Loss Prevention op te richten met als onmiddellijke en concrete taak een eerste symposium in 1974 in Delft te organiseren. De heer (Piet) Klaassen van Shell Chemicals, Den Haag was een geestdriftig aanzetter van dit idee.

Wijnen de heer Buschmann bood aan de plaatselijke organisatiecommissie voor te zitten. In die tijd was het nog niet gebruikelijk elkaar met de voornaam aan te spreken. Als adviseur van de Arbeids- en Scheepvaartinspectie genoot de heer Christian Buschmann veel respect. Het was een

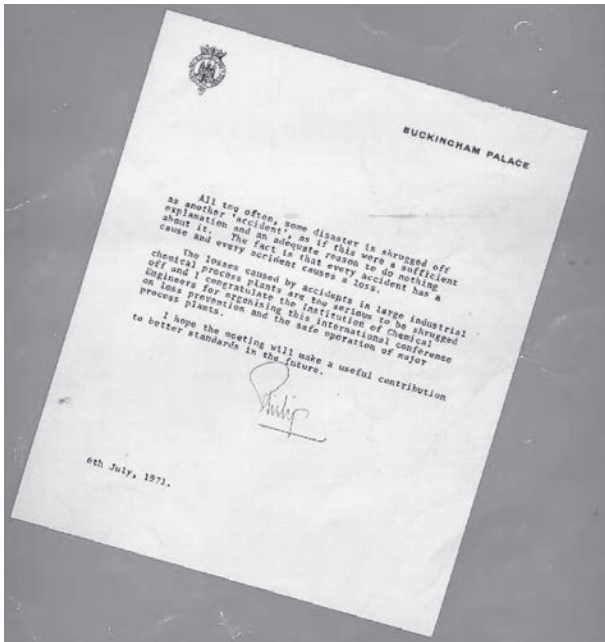
man met autoriteit, die als nodig direct toegang had tot de Raad van Bestuur van Shell en van andere bedrijven. We kregen veel bijval voor het symposium en we hadden een flinke opkomst in deze zelfde zaal van de TU Aula waar we nu zijn. De organisatiecommissie was nogal bezorgd dat er juist voor het symposium een ongeval zou plaatsvinden, want de pers was ook actief in die dagen en de bevolking was door de slechte ervaringen in Maassluis en elders kritisch. Echter het toeval wilde dat op de zaterdag, de dag na het symposium, de catastrofale explosie van de DSM Nypro plant in Flixborough, UK plaatsvond.

In 1974 hadden we een stevig Elsevier symposiumboek met alle bijdragen en zelfs van de daarbij gevoerde discussies (Buschmann, 1974; zie figuur 2). Thans zou zo'n uitgave de deelnemingsprijs aan een symposium onverantwoord ver opdrijven!

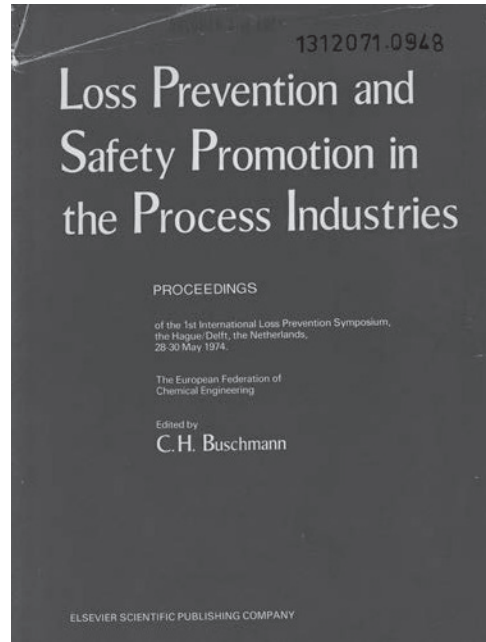
In zijn nawoord citeerde de heer Buschmann de "Club van Rome", dat de minstens voor de komende 25 jaren in aantallen toenemende mensheid te maken zou krijgen met verminderende hulpbronnen van energie en materialen, en dat het zou worden overspoeld met afval. De mensheid stond daarom voor het dilemma: moet de groei gestopt worden? Dat zou echter een groot deel van de wereldbevolking in armoede doen laten, wat ook niet acceptabel was. De procesindustrie zou derhalve de taak hebben de diverse materialen, vezels, kustmest, synthetische eiwitten, voedingsadditieven, en bovendien nieuwe energiedragers te produceren die de thans gebruikelijke brandstoffen zouden vervangen. Buschmann vergeleek ons met een andere planeet waar de kernenergie beheerst werd benut en het zou interessant zijn een discussie te voeren over het aantal ongevalsdoden bij onze en hun technologie. Hebben we niet thans nog dezelfde soort vragen? En is plotseling kernenergie niet terug op de agenda?

De heer Buschmann benadrukte dat we ons bewust zouden worden van tweede en derde-orde schade-effecten. Het zou technologie ook middenin het politieke debat brengen. Het eerste doel nu is het vertrouwen van het publiek terug te winnen. We zouden voldoende data moeten verzamelen om betrouwbaarheid te voorspellen en te kunnen aantonen dat een systeem voldoende veilig is. Kwantificering van veiligheid is noodzaak. Tijdens het symposium was terzijde ook een discussie of een risicoanalyse

<sup>1</sup> Research Professor aan het TEES Mary Kay O'Connor Process Safety Center van het Artie McFerrin Chemical Engineering department van de Texas A&M University, Emeritus Hoogleraar Chemical Risk Management aan de TU Delft



Figuur 1 Titelblad met boodschap van Prins Philip van het 1971 Loss Prevention Symposium boek van de IChemE in Newcastle upon Tyne.



Figuur 2 Titelblad van het 1974 symposium boek van het in Delft georganiseerde symposium

zoals in het toen nog WASH-1400 concept rapport “The Reactor Safety Study” was beschreven, soelaas zou bieden. De heer Buschmann trok de conclusie dat kwantificering van risico een hoofdthema van verdere ontwikkeling zou worden. En dat is wat hij de jaren daarop nastreefde, wat leidde tot de Rijnmond COVO studie (1981)! En zouden we niet in de wereld een centrale databank moeten hebben? En zouden we als Werkgroep daarin niet een taak hebben? Hebben we nu, 45 jaren later, wel zo’n databank? Ik ben bang van niet, maar er is meer dan in 1974, ofschoon er veel ruimte is voor verbetering en differentiatie in toepassing.

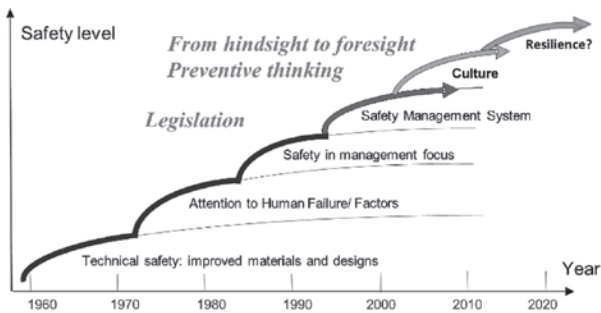
Het programma van het symposium had uiteenlopende thema’s en onderwerpen (zie tabel 1). Zoals uit de tabel blijkt, zijn de huidige thema’s op een hoger abstractie-

niveau geformuleerd en is de terminologie anders, maar de 1974 onderwerpen zijn er nog steeds, weliswaar vaak verstopt onder het thema. Anders gezegd geen van deze onderwerpen zijn tot een afdoende niveau ontwikkeld! In 1974 was bijvoorbeeld nr. 3 HAZOP een relatief nieuw onderwerp. In het 1971 Newcastle symposium was de techniek voor het eerst door Mr. Houston als operabiliteitsstudie gepresenteerd, ofschoon het in gevarenanalyse werd toegepast. In toenemende mate zijn echter de beperkingen ervan blootgelegd.

Er waren geen parallelsessies in het symposium. Dit werd toen beschouwd als een verfoeilijk concept! Er werden 46 presentaties gehouden en twee ronde-tafeldiscussies. De presentaties mochten echter niet langer duren dan 10 minuten. Zo’n 500 deelnemers uit 17 landen waren er, de meeste uit de industrie, hoofdzakelijk uit Europa, en

Tabel 1 Vergelijking van thema’s en onderwerpen toen en nu

TOEN	NU
1 Richtlijnen veilig ontwerp	Management en communicatie van risico en veiligheid
2 Veiligheidsorganisatie	Mens- en organisatiefactoren van risico en veiligheid
3 Gevaren en operabiliteitsstudies (HAZOP)	Procesveiligheid engineering en technologisch innovatie
4 Betrouwbaarheid engineering	Fysieke en cyber security in bedrijven
5 Planning noodmaatregelen	
6 Verzekeringsaspecten	
7 Gas-, dampwolk- en stofexplosies	Branden, explosies en giftige spills
8 Transport en opslag vloeibaar gemaakte gassen	
9 Gaswolk dispersie in de atmosfeer	Simulatie en modellering voor veiliger proces
10 Explosiviteit, test procedures en resultaten	
11 Loss prevention door ontwerp	
12 Case studies en andere onderwerpen	Leren van ongevallen en kennisoverdracht
13 Ronde tafel discussies	Leiderschap, bestuur en wettelijke problematiek i.v.m. risico’s



Figuur 3 Toenemend veiligheidsniveau in de tijd. Deze figuur werd voor het eerst in 1995 op het LP Symposium in Antwerpen vertoond door Ir Koos Visser, toen Shell en veel later OVV, en thans aangevuld door de huidige auteur.

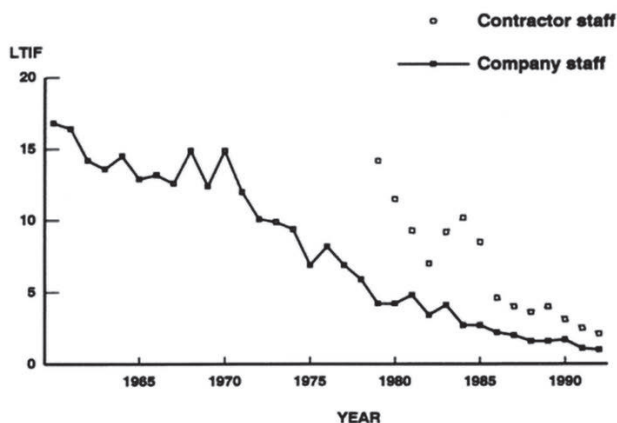
enkele uit de Verenigde Staten en Canada en zelfs één uit Zuid-Afrika.

Als we de samenstelling van affiliaties van de deelnemers zouden bekijken van toen en nu, is duidelijk een geleidelijke verschuiving te zien naar deelneming door consultants en academici ten koste van industrie deelnemers. Representanten van overheidsorganisaties zijn er altijd geweest maar altijd in bescheiden aantal. De verschuiving zie je ook in de samenstelling van de EFCE Working Party. De verschuiving heeft diverse oorzaken:

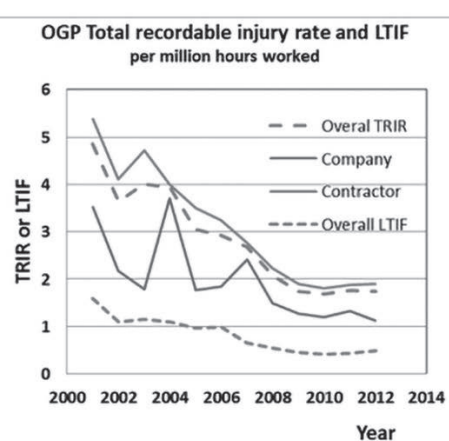
1. Zoals bekend steeg het veiligheidsniveau over de jaren en nam de ongevalsfrequentie af (zie figuur 3 en figuur 4). Dit is vooral het geval met persoonlijke veiligheid, maar minder met procesveiligheid. Maar veel van de inspanning verschoof van onderzoek achteraf, zoals we deden in de jaren '70 geconfronteerd met onbekende fenomenen: begrippen zoals weglloopreactie ('runaway') en dampwolkexplosie ('vapor cloud explosion') bestonden nog niet, naar preventief werk. Preventie vergt inzicht, berekeningen en voorspellende risicoanalyse, en dus in toenemende mate wetenschappelijke methodes. Dit vereist de hulp van academici. Deze trend is verder versterkt door het bewustzijn dat menselijke en organisatie factoren en management

een sterke invloed hebben, terwijl waar mogelijk deze invloed voor de predictie gekwantificeerd zou moeten worden. Ik kom daar later nog op terug.

2. Het werd duidelijk dat ingenieurs en in ieder geval de chemische, de principes van persoonlijke en procesveiligheid in hun opleiding zouden moeten krijgen, bijv. in het jaar voorafgaand aan hun bachelor graad (toen kandidaatsniveau). Dit gaf op diverse universiteiten aanleiding voor professoren om een college hierover te beginnen, waar in veel gevallen ook industriedeskundigen voor gevraagd werden aspecten toe te lichten. Opleiding moet hand in hand gaan met promotieonderzoek, wat zal floreren indien industrie de universiteit laat zien welke problemen het heeft. Veiligheid werd een heel breed specialisme dat zich uitstrekte over vele disciplines van engineering via risicoanalyse tot psychologie, management en cultuur, en omdat zoals we zullen zien, dat al deze aspecten interacteren, vereist het op specialisme gebaseerde generalisten om de problemen op juiste wijze op te lossen, dus meer consultants.
3. Concurrentie in de wereld is toegenomen. In de jaren '90 verscheen het buzzword 'downsizing', wat niets van doen had met verminderende productie maar met het doen van hetzelfde werk met minder mensen, terwijl tegelijkertijd het bonussysteem werd ingevoerd. In kosten werd gesneden en researchers die altijd al 'economy' vlogen, zagen ineens hun industriebekenden naast zich zitten, terwijl voorheen businessclass de norm was geweest. Bedrijven werden terughoudender meer geld in preventiemaatregelen te stoppen dan de wet gebod en in vergelijking met wat collega-bedrijven deden. Het zette ook industrie vertegenwoordigers onder druk hun deelname in Working Party bijeenkomsten en conferenties te beperken. Aan de ander kant is het voor academici noodzaak in bijeenkomsten gedachtewisselingen te kunnen hebben, terwijl tezeldertijd het internet en de mogelijkheden die wetenschappelijke bladen creëerden, effectiviteit en vooruitgang versterkten. Alles bij elkaar resulteert



Shell company 1960-1995 and sub-contractors



Int'l Oil & Gas Producers 2000-14

Figuur 4 Afnemende ongevalsfrequentie

het in een toenemend haat tussen wat mogelijk is op basis van de laatste kennis en wat in feite wordt toegepast. (Hoor ik gegrom of is er applaus?)

Na deze algemeenheden zal ik wat dieper ingaan op de inhoud van wat ons toen bezighield en wat thans. Ik zal daarom in de hutspot van papers wat papers eruit halen. Bij het paper ziftingsproces was er dat van Mr. Webster met de aanstekelijke titel: "Safety is a money spinner", waaraan een deel van de commissie zich nogal stoorde. In veiligheidszaken moest geld geen rol spelen. Als er iets onveilig ontdekt was, dan moest het worden aangepast en veilig gemaakt. Na verhitte discussie werd besloten de paper aan te houden maar de heer Webster te vragen de titel te wijzigen. Hij veranderde het in: "Safety is good business", dat acceptabel werd gevonden. Er zijn nog steeds weinig goed gefundeerde artikelen over de kosten van veiligheid tegen de kosten van een ongeval. Twintig jaren geleden heb ik zelf getracht een bijdrage te leveren (Pasman, 2000), terwijl recent Prof. Genserik Reniers, de organisator van het huidige symposium, het boek "Operational Safety Economics" gepubliceerd heeft (Reniers en Noël van Erp, 2016). Gelukkig vond ik onder de titels van dit symposium er twee gewijd aan 'cost-effectiveness/cost-benefit'. We moeten ons echter bewust zijn dat de top beslissers veiligheidsmaatregelen nog vaak als kosten zien en niet als investering. Het 1974 symposium bevatte ook twee bijdragen op het gebied van verzekering, dat gerelateerd is aan kosteneffectiviteit; in het huidige hebben we er geen.

Onder het hoofd "Guideline for safe design" rapporteerde de Nederlandse commissie van industrievertegenwoordigers, voorgezeten door de Arbeidsinspectie, een uitgebreide lijst van observaties. Deze bijdrage die verreweg de langste was van allemaal, bevatte een uiterst nuttige checklist van zaken die bij ontwerp van een fabriek, zijn infrastructuur en lay-out in beschouwing dienen te worden genomen. In "Loss prevention through design" werden papers gepresenteerd over alarmen en drukaflaat, alsmede een paper van wijlen Trevor Kletz over mythen in de procesindustrie, waarin Trevor op zijn typisch spottende manier de ene mythe na de andere debiteerde, zoals "een op juiste wijze gedimensioneerde en onderhouden drukaflaatklep verhindert dat een vat kan openbarsten", waarna hij een aantal voorbeelden aanhaalde hoe ondanks zo'n klep het vat explodeerde, en "goed getrainde en gemotiveerde operators zouden geen fouten maken". "In het ontwerpen van fabrieken moeten we aannemen dat de operator doet wat vereist is (tenminste indien het binnen zijn fysieke en mentale macht ligt en hij de tijd krijgt om het te uit te voeren)", wat gevolgd werd met voorbeelden hoe dat faalde! En een laatste: "Indien een stof een hoog vlampunt heeft, is het veilig en zal het niet exploderen"! We missen Trevor. De laatste keer dat ik hem heb horen spreken vroeg hij zich retorisch af waarom ingenieurs risicoanalyses moeten doen voor tot actie over te gaan, terwijl blijkbaar top-management hele bedrijven kan

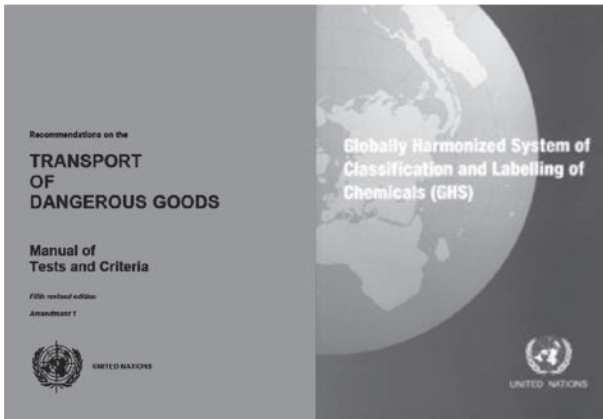
verkopen (delen van ICI natuurlijk) zonder in enig opzicht het risico te bezien wat ze daarbij nemen.

Thema's die nog steeds aandacht trekken zijn *wolkdispersie en gas-, stof- en dampwolkexplosie*. Op dit symposium is het fenomeen van de stofexplosie behandeld in een overweldigend aantal bijdragen en wordt het eindelijk ook op fundamentele wijze benaderd. De noodzaak voor een dergelijke fundamentele benadering was al decenia geleden opgebracht, maar slechts recent loopt er systematisch experimenteel onderzoek, berekening en simulatie. Als gevolg van de dampwolkexplosie in de Shell Pernis raffinaderij in 1968 waren we in 1974 aan het prille begin van dampwolkexplosie onderzoek. In feite ging de bijdrage toen vooral over het verschijnsel van de gasdetonatie, terwijl zoals op dit symposium gepresenteerd door Andrzej Pekalski, het pas heel recent duidelijk en bewezen werd dat een heel uitgebreide wolk in windstil weer tot detonatie kan komen. Goed om op te merken is het veelomvattende paper toen van wijlen Dr. Bartknecht, pionier in gas en stofexplosie karakterisering in het 1 m<sup>3</sup> vat en methoden om de effecten te voorkomen of te dempen. Er waren ook bijdragen over druk aflaten, zoals ook op dit symposium. De "venting" experimenten met waterstoflucht in het splinternieuwe 1 m<sup>3</sup> vat initieerde ikzelf bij TNO gedurende de zomer voorafgaand aan het symposium, toen veel mensen op vakantie waren (de proeven maakten nogal wat lawaai!). Ik denk er nog steeds met plezier aan terug.

In die dagen in 1974 was er ook een pril begin met dispersiemodellen en berekeningen; zware gassen en dampen zoals ammoniak, chloor en LPG waren meteen in het brandpunt van de belangstelling. Dr. Van Ulden van het KNMI ontwikkelde het eerste model en de heer Buschmann liet een proef doen op een stuk ingepolderd land 30 km ten westen van Rotterdam met 1 ton Freon (het ozongat was nog niet ontdekt) als simulant voor chloor. De huidige Jack Rabbitt tests in de VS tot 20 ton echt chloor laten deze start volledig in de schaduw, maar dit eerste resultaat gaf ons een indruk. Ook nu nog hebben we papers over dispersie; verschillende aspecten zijn niet voldoende bekend en de predictie nauwkeurigheid, zeker wat betreft de nabij-effecten en een bebouwde omgeving laat te wensen over.

Wat in de huidige terminologie een industrie cluster wordt genoemd, heette toen een 'industrie conurbatie'. Het sloeg op Teesside in Engeland. Het probleem om op te lossen was duidelijk: wat te doen in geval van een groot ongeval? Nog twee papers over noodplannen werden gepresenteerd, terwijl er vier op dit symposium zijn die verschillende aspecten behandelen.

Door voorzitter en secretaris werden de activiteiten van IGUS, de International Group of experts on the explosion risks of Substances (IGUS), werd het *testen van eigenschappen van gevaarlijke vloeistoffen en vaste stoffen*



Figuur 5 Eigenschappen van gevaarlijke stoffen

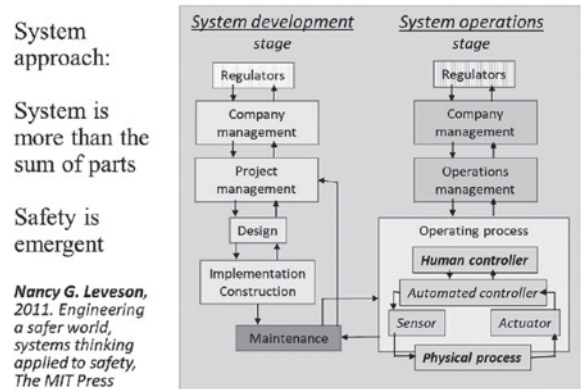
door leden van IGUS, uitgelegd. IGUS was opgezet door de OESO; de groep is nog steeds zeer actief en zoekt al jaren technische problemen uit voordat deze worden geabsorbeerd en opgenomen in de "Recommendations on the Transport of Dangerous Goods" dat nu onder de paraplu van het "Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals" (GHS) functioneert (zie figuur 5). De EU REACH voorschriften maken tot testmethodeontwikkeling voor het representatief beproeven van kleine hoeveelheden dwingt, zoals we uit de huidige bijdragen kunnen opmaken, met het intrinsieke probleem van hoe met zo'n kleine hoeveelheid een stationaire toestand na initiatie is vast te stellen.

Bij het eerste Delftse symposium werd aan betrouwbaarheidsbepaling en faalfrequenties aandacht gegeven, inclusief 'human error' dat toen al werd beschouwd als heel onzeker vanwege alle invloeden die daarop kunnen inwerken. En ja, daar was ook dat ene paper over risicoanalyse in de kernindustrie. Thans vormt "risk assessment" het grootste aandeel van de bijdragen.

Wijlen Rogier Grollier-Baron, lange tijd een van de twee Franse vertegenwoordigers, vroeg me in 1992 toen ik voorzitter was van de symposiumcommissie op Sicilië (met de Etna die vuurspuwde en alle hotel nooddeuren op slot!), op een kritiserende toon, "wat is er eigenlijk nog nieuw"? Waarbij hij suggereerde dat we wellicht aan het eind waren van vernieuwing en innovatie. En in zekere zin had hij gelijk, voortgang was traag. HAZOP begon echt toegepast te worden begin jaren '80, het veiligheidsmanagement system in de jaren '90, LOPA midden negentiger jaren en het concept van het socio-technische systeem pas begin deze eeuw (zie figuur 6). Terugblikkend vraag je je af, waarom kunnen we het niet sneller?

In conclusie, zoals opgemerkt was de procesveiligheidsgemeenschap aanvankelijk bezig met het verklaren van de oorzaken van een ongeval. Er was geen gebrek aan "case histories" en het presenteren ervan werd zeer gewaardeerd. Achteraf kijkend is echter veel gemakkelijker dan wat is werkelijk nog namelijk preventie en dat is in onze naam "Loss Prevention". Dit vergt veel meer inspanning.

## Milestones: HAZOP - SMS - LOPA - STS



Figuur 6 Mijlpalen ontwikkeling van methoden

Het is een zaak van een predictie maken in een oceaan van mogelijkheden en onzekerheid. Pas de laatste decennia krijgen we een beter inzicht in de complexiteit van interacties van organisatie, mensen, procedures, installatie en stoffen. In 1974, ondanks het programma punt "Hazard and Operability Studies" met de verwachting van de presentatie van een HAZOP-team verslag, was er geen. In plaats daarvan waren er een aantal studies over de gevaren van elektrostatische oplading net zoals nu. Maar HAZOP-rapportages kwamen later en een kritische beschouwing van de resultaten veel later. Vanaf 1990 tot 2018 waren er artikelen over de ernstige incompleetheit van gevaarsscenario's. Maar systeembenadering, gestandaardiseerde digitalisering van P&ID en het gebruik maken van alle mogelijkheden van computersimulatie en automatisering zal verbetering opleveren. In dit tijdperk van Big data & Analytics wordt er veel mogelijk waar data en gereedschappen tevoren niet voorhanden waren. We kunnen nu diverse soorten indicator informatie hebben, terwijl kunstmatige intelligentie ons technieken en gereedschappen aanreikt om met aleatorische en epistemische onzekerheid om te gaan. Een goed voorbeeld is de verschillende wijzen waarop we expert opinie op een verantwoorde manier kunnen gebruiken. Ik ben dus optimistisch, een flink aantal nieuwe en verbeterde methodes voor "early warning", predictie van het actuele risico en verzekering van de veiligheid, zowel vanuit het gezichtspunt van ontwerp als in de dynamische situatie van de bedrijfsvoering komen in de komende jaren beschikbaar. Maar er zijn ook nieuwe bedreigingen zoals cyber. En uiteindelijk zal het bepalen en het versterken van de veerkracht van het bedrijf (de "resilience") dekking geven tegen onverwachte gevaren.

Ik dank u voor u aandacht.

### Literatuur

Buschmann CH. (editor) (1974) Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries, Proceedings of the 1st International Loss Prevention Symposium, the Hague/Delft, 28-30 May 1974, The European Federation of Chemical Engineering, Elsevier Scientific Publishing Company.

COVO Commission. (1981). Risk analysis of six potentially hazardous industrial objects in the Rijnmond area, a pilot study. A Report to the Rijnmond Public Authority, Central Environmental Control Agency, Schiedam, The Netherlands. Dordrecht, The Netherlands: D. Reidel Publishing Co, ISBN 90 277 1393 6.

Pasman HJ. (2000) Risk informed resource allocation policy: safety can save costs. *Journal of Hazardous Materials* 71, 375-394.  
Reniers GLL, Noël van Erp HR. (2016). Approach focused on the Chemical and Process Industries, Wiley, ISBN 9781118871126.