

Seminario tecnico: “Il rischio dovuto a eventi estremi naturali negli impianti industriali”

L'integrazione dei rischi da eventi naturali estremi nella PHA



Relatore:

Stefano Matteucci

Membro della commissione Valutazione e mitigazione dei rischi da eventi naturali negli impianti industriali

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, P.zza della Repubblica 59 – Roma 25/01/2024



Seminario tecnico: “Il rischio dovuto a eventi estremi naturali negli impianti industriali”

Rischio di incidenti rilevanti: un esempio

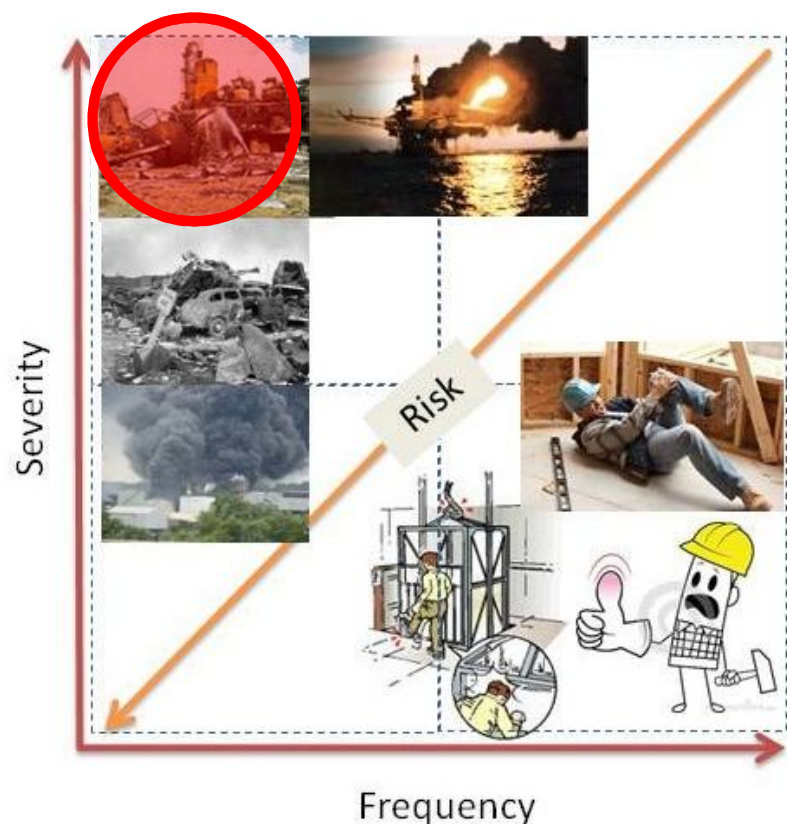
Jiangsu, CHINA - Marzo 2019



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, P.zza della Repubblica 59 – Roma 25/01/2024

Seminario tecnico: “Il rischio dovuto a eventi estremi naturali negli impianti industriali”

Un approccio specifico per rischi particolari

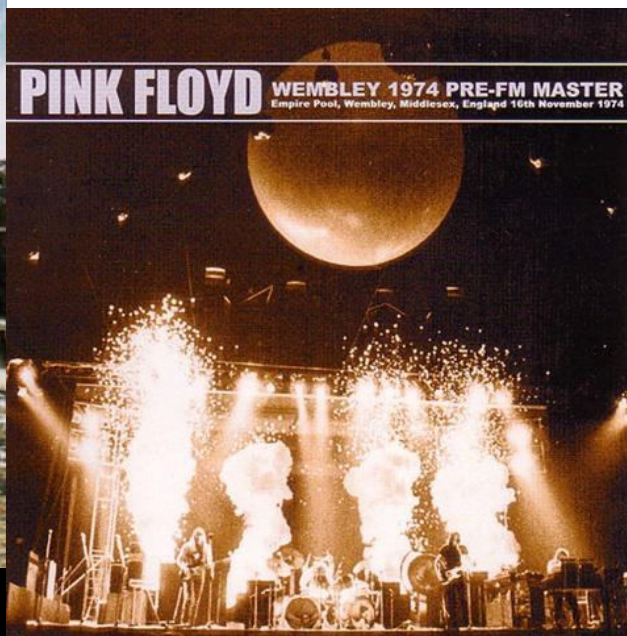


Sicurezza occupazionale	SICUREZZA DI PROCESSO
Cadute	Esplosioni fisiche e chimiche
Tagli	Decessi multipli
Ustioni	Sviluppo di nubi tossiche
Contusioni	Disastri ambientali
Fratture	...
....	

Process Hazard Analysis
(HazOp, LOPA, FMECA, What-If,...)

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, P.zza della Repubblica 59 – Roma 25/01/2024

Seminario tecnico: “Il rischio dovuto a eventi estremi naturali negli impianti industriali”



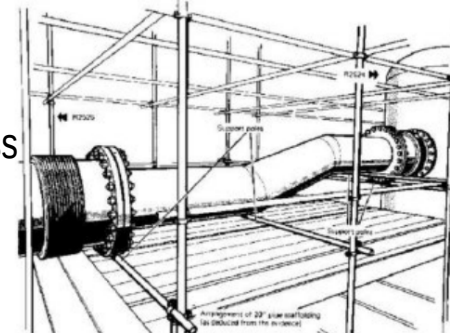
Gli eventi che hanno fatto storia...

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, P.zza della Repubblica 59 – Roma 25/01/2024

Seminario tecnico: “Il rischio dovuto a eventi estremi naturali negli impianti industriali”

Flixborough (UK) – 1° Giugno 1974 – L’IMMAGINAZIONE AL POTERE

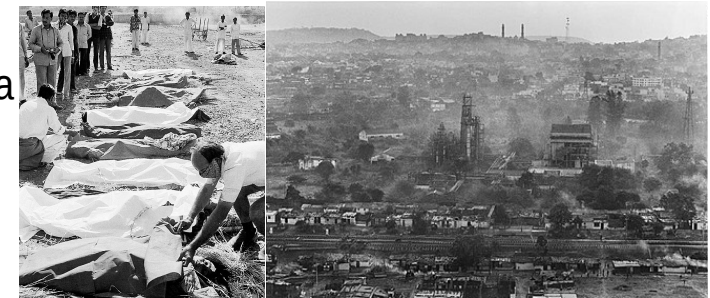
Esplosione di una nube di cicloesano rilasciata per rottura di una tubazione provvisoria realizzata per motivi di business continuity (bypass reattore in manutenzione). L’ingegnere addetto ai calcoli aveva dato le dimissioni da un anno senza essere rimpiazzato. Nessun MoC o MI.
Bilancio: 36 morti, 89 feriti, 1800 abitazioni e 167 imprese danneggiate



Seveso (IT) – 10 Luglio 1976 – I DISPOSITIVI DI SICUREZZA HANNO FUNZIONATO
Rilascio da dischi di scoppio di tetraclorodibenzodiossina (TCDD) formatasi per reazione inattesa (ma prevedibile) ad alta temperatura
Bilancio: 240 colpiti da cloracne, imprecisato numero di capi di bestiame e colture compromesse

Bhopal (India) – 3 Dicembre 1984 – CHE VUOI CHE SUCCEDA, STACCA TUTTO...

Vapori generati da reazione con acqua di 40 t di isocianato di metile, penetrata in un serbatoio lasciato pieno in un sito dismesso, con dispositivi di sicurezza disattivati (valvole di sicurezza, torcia, dighe, refrigeratori, antincendio).
Morti: 3900-15000 (mai accertata la cifra esatta). Contaminati: ca. 558.000
Falde ancora con inquinanti superiori a 500 volte il livello massimo



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, P.zza della Repubblica 59 – Roma 25/01/2024



Seminario tecnico: “Il rischio dovuto a eventi estremi naturali negli impianti industriali”

2018: un anno nero – non solo Seveso



Livorno – 28 Marzo 2018 – CARTA T(C)ANTA E (CHISSA' PERCHE') GAS ESPLODE

Porto di Livorno – **Neri Depositi (STABILIMENTO DI SOGLIA SUPERIORE SEVESO)**

Esplosione al passo d'uomo inferiore di una nube di vapori di acetato di etile. Probabile innesco da cariche elettrostatiche o campi magnetici

Bilancio: **2 morti**



Treviglio – 1° Aprile 2018 – ODORE DI BRUCIATO, VA UN PO' A VEDERE...

Esplosione di polveri in ambiente confinato

Nessun dispositivo contro le esplosioni interne (PHA, questa sconosciuta)

Bilancio: **2 morti**



Milano – 18 Gennaio 2018 – UNO SOLO, MA FATALE (in 60 anni)

Soffocamento da gas inerte (Elio)

Valvola rotta e rilevatore di ossigeno non funzionante, allarme scollegato (o trascurato), nessun interblocco o interblocco bypassato. Bilancio: **4 morti**

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, P.zza della Repubblica 59 – Roma 25/01/2024

Seminario tecnico: “Il rischio dovuto a eventi estremi naturali negli impianti industriali”



D.Lgs. 105/15

Attuazione della direttiva 2012/18/UE relativa al controllo del pericolo di incidenti rilevanti connessi con sostanze pericolose

Il Decreto non prevede uno standard univoco ma chiede che il Sistema risponda allo stato dell'arte in materia, fornendo esempi di alcune tipologie.

UNI EN ISO 45001

UNI EN ISO 14001

UNI EN ISO 11226 (Audit)



OSHA STANDARD 29CFR1910.119

“Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals” (PSM) – Guidelines 3132, 3133

- 1. Process Safety Information (PSI)**
- 2. Process Hazard Analysis (PHA: HazOp, FMECA, ecc.)**
3. Operating Procedures (OP)
4. Employee Participation
5. Training
6. Contractors
7. Pre-Startup Safety Review (PSSR)
8. Mechanical Integrity (MI)
9. Hot Work Permits
10. Management of Change (MoC)
11. Incident Investigation
12. Emergency Planning and Response Plan (EPRP)
13. Compliance Audit
14. Trade secrets

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, P.zza della Repubblica 59 – Roma 25/01/2024

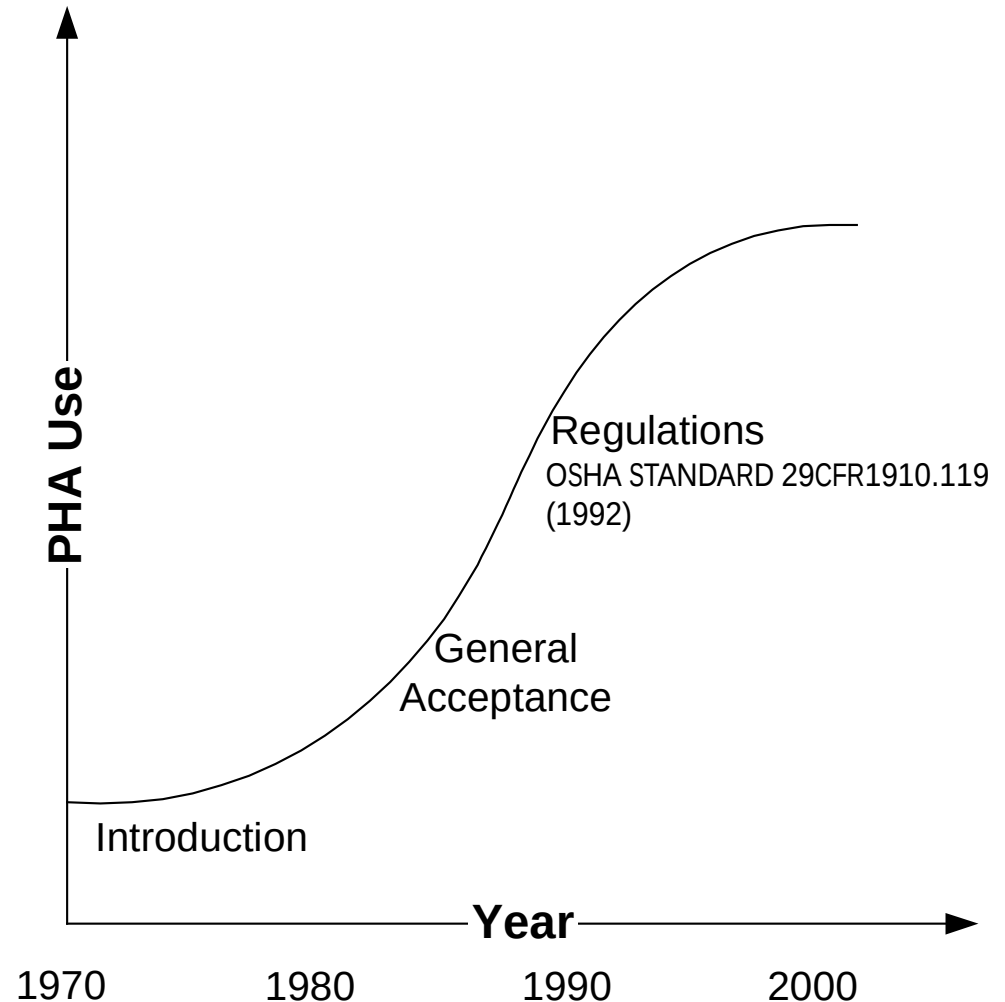
Seminario tecnico: “Il rischio dovuto a eventi estremi naturali negli impianti industriali”

Process Hazard Analysis (PHA)

A PHA is an **organized** and **systematic** effort to identify and analyze the significance of potential hazards associated with the **processing or handling of highly hazardous chemicals** (OSHA)

HazOp (Hazard & Operability Study)

A systematic **qualitative (?) technique to identify process hazards and potential operating problems** using a series of guide words to study process deviations. A HazOp is used to question every part of a process to discover what **deviations** from the intention of the design can occur and what their **causes** and **consequences** may be (AIChE - CCPS)



Seminario tecnico: “Il rischio dovuto a eventi estremi naturali negli impianti industriali”

DOVE VOGLIAMO ARRIVARE...

DEVIATION:

CAUSES		CONSEQUENCES						SAFEGUARDS						RECOMMENDATIONS					
Node	Description	Description	CAT	S	LO	RRN	Risk Class	Description	CAT	S	LO	RRN	Risk Class	Description	CAT	S	L	RRN	Risk Class

Example of semi quantitative HAZOP form

Node	Deviation	Cause	Consequence	Potential risk			Existing Safeguards and PFD	Mitigated Risk			Additional safeguard	Reduced Risk		
				L p	C p	R p		L m	C m	R m		L r	C r	R r
Drilling in reservoir	More mud level (kick)	Operational error in mud density preparation ($5 \cdot 10^{-2}$)	High level in tank; mud kick; blow-out	6	5	3	Specific training on mud preparation (10^{-1}); High mud level alarm and Annular BOP(10^{-2})	3	5	2	Pipe rams ($8,73 \cdot 10^{-2}$)	2	5	2

Cristina Gilardi, Mauro Gotti (DEKRA Cilworth) in Chemical Engineering Transactions, Vol. 13 - 2013

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, P.zza della Repubblica 59 – Roma 25/01/2024



Seminario tecnico: “Il rischio dovuto a eventi estremi naturali negli impianti industriali”

QRA - scenari incidentali estremi Semi-quantitative HazOp o LOPA: Layers Of Protection Analysis

LOPA SUMMARY SHEET			
Process:		Date:	
Scenario Source:			
Analyst(s):			
Scenario Number:	Scenario Description:	Equipment ID:	
Item	Description	Probability	Frequency (per year)
Consequence			
Initiating Event			
Enabling Event or Condition			
Conditional Modifiers (if applicable)			
	Probability of ignition		
	Probability of personnel in affected area		
	Probability of fatal injury		
	Others		
Frequency of Unmitigated Consequence			
Independent Protection Layers			
Safeguards (non-IPLs)			
Total PFD for all IPLs			
Frequency of Mitigated Consequence			
Risk Tolerance Criteria:			1,00E-05
Actions Required:			
Notes:			

Copyright ©2002, Primattech Inc. All rights reserved.

$$f \text{ (initiating event)} \times P_i \text{ (conditional modifiers)}_i \times P_i \text{ PFD}_i < \text{Soglia tolleranza rischio}$$

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, P.zza della Repubblica 59 – Roma 25/01/2024



Seminario tecnico: “Il rischio dovuto a eventi estremi naturali negli impianti industriali”

PHA (HazOp) in breve

1. Costituzione del team multidisciplinare (Chairman-Facilitator & Scribe, EHS, Engineering, Production, Maintenance, Operating personnel)
2. Organizzazione, finalizzazione e verbalizzazione delle riunioni, gestione pendings e attribuzione azioni
3. Raccolta di documentazione e informazioni (Process Safety Information-Schemi, D/S, Materiali, Procedure)
4. Suddivisione del processo/impianto in nodi
5. Identificazione delle parole chiave e dei parametri da combinare (identificazione delle deviazioni)
6. Definizione delle deviazioni per ogni nodo
7. Identificazione delle cause e delle conseguenze delle deviazioni
8. Valutazione del rischio delle deviazioni (qualitativa o semiquantitativa)
9. Management Action Plan
10. Identificazione componenti e loop di controllo critici
(SCD: Safety Critical Devices, SCC: Safety Critical Controls)

- Organizzazione
- Operazioni preliminari
- Analisi PHA (HazOp)
- Output & Benefits



Seminario tecnico: “Il rischio dovuto a eventi estremi naturali negli impianti industriali”

PSI: Process Safety Information

SERIE DI **INFORMAZIONI AGGIORNATE** RELATIVE A MATERIE PRIME, CHIMICI AUSILIARI, CONDIZIONI OPERATIVE, APPARECCHIATURE E COMPONENTI CHE CONSENTONO L'ANALISI DEL RISCHIO

A. Caratteristiche chimiche

A1. Identificazione dei composti

A2. Proprietà fisiche

A3. Caratteristiche tossicologiche, inclusa REATTIVITA'

A4. Pericolosità fisica (incendio, esplosione, REATTIVITA')

A5. Caratteristiche ecologiche e ambientali

B. Caratteristiche del processo

B1. Informazioni generali (diagrammi a blocchi, schemi di processo)

B2. Considerazioni di sicurezza

Condizioni normali

Condizioni anomale

C. Caratteristiche delle apparecchiature e degli impianti

Informazioni sui sistemi di sicurezza e controllo di processo

Logica degli interblocchi

Sistemi di monitoraggio

Sistemi di shutdown in emergenza

Sistemi di depressurizzazione e relativa base di progetto

Sistemi di rilascio delle emissioni e relative basi di progetto

Piping and instrumentation diagram (P&ID)

Specifiche delle apparecchiature

Materiali da costruzione

Codici di progettazione e buone pratiche di ingegneria (p.es. per recipienti in pressione, serbatoi di stoccaggio, tubazioni, pompe)

Standards

Classificazione aree (ATEX)

Dimensioni fisiche, materiali da costruzione di piping, guarnizioni, O-rings, valvole (classi tubazioni)

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, P.zza della Repubblica 59 – Roma 25/01/2024



Seminario tecnico: “Il rischio dovuto a eventi estremi naturali negli impianti industriali”

PSI: Process Safety Information in caso di eventi naturali estremi

serie di informazioni aggiornate relative a materie prime, chimici ausiliari, condizioni operative, apparecchiature e componenti che consentono l'analisi del rischio...

... **e poi?**

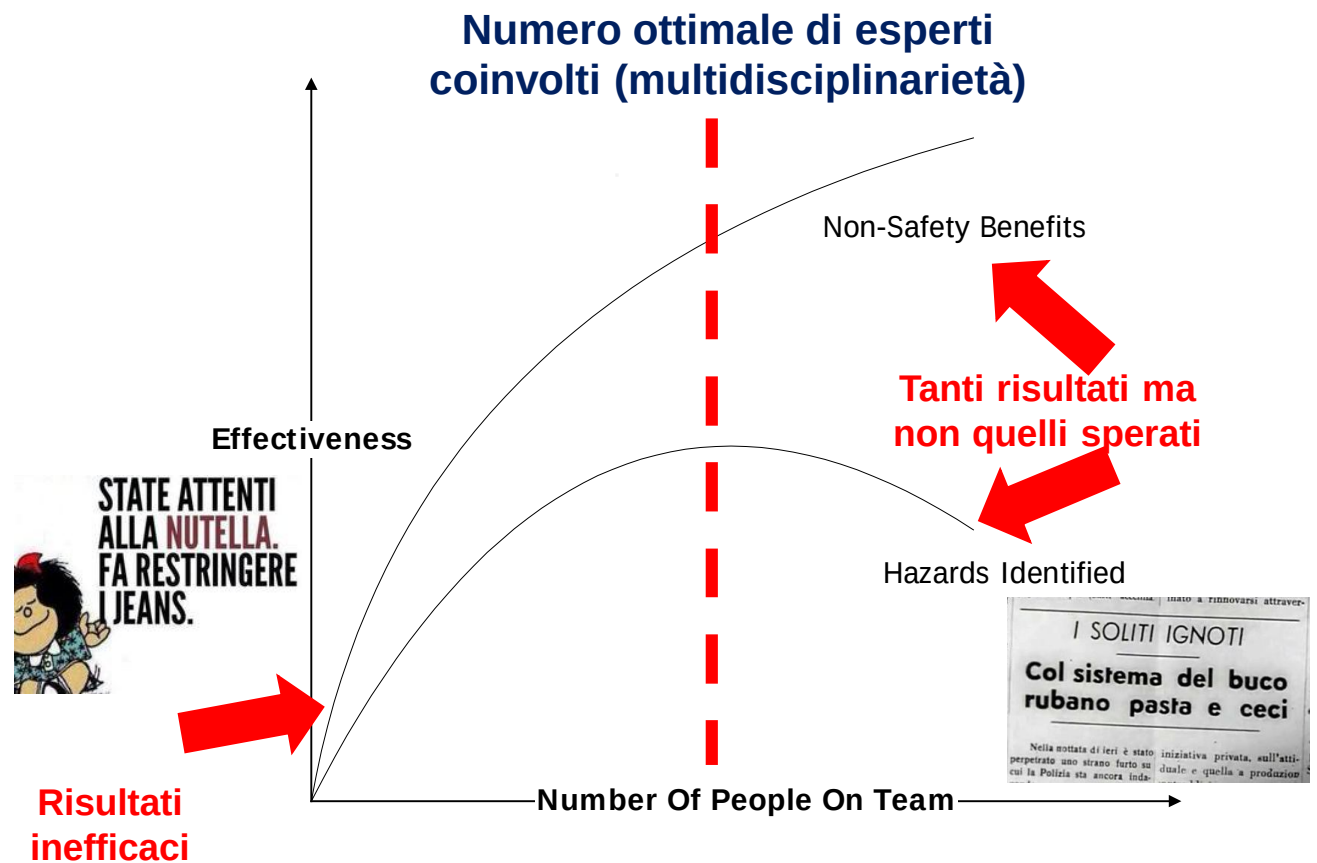
- Dati di sismicità
- Dati pluviometrici
- Densità di fulminazione
- Dati morfologici del territorio
- Velocità e direzione del vento (a terra e in quota)
- Comportamento di strutture, apparecchiature e sistemi alle sollecitazioni dovute ad eventi naturali estremi: **PFD (Probability of Failure on Demand in caso di eventi naturali estremi)**

ANALISI DI INCIDENTI AVVENUTI A CAUSA DI EVENTI NATURALI ESTREMI

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, P.zza della Repubblica 59 – Roma 25/01/2024

Seminario tecnico: “Il rischio dovuto a eventi estremi naturali negli impianti industriali”

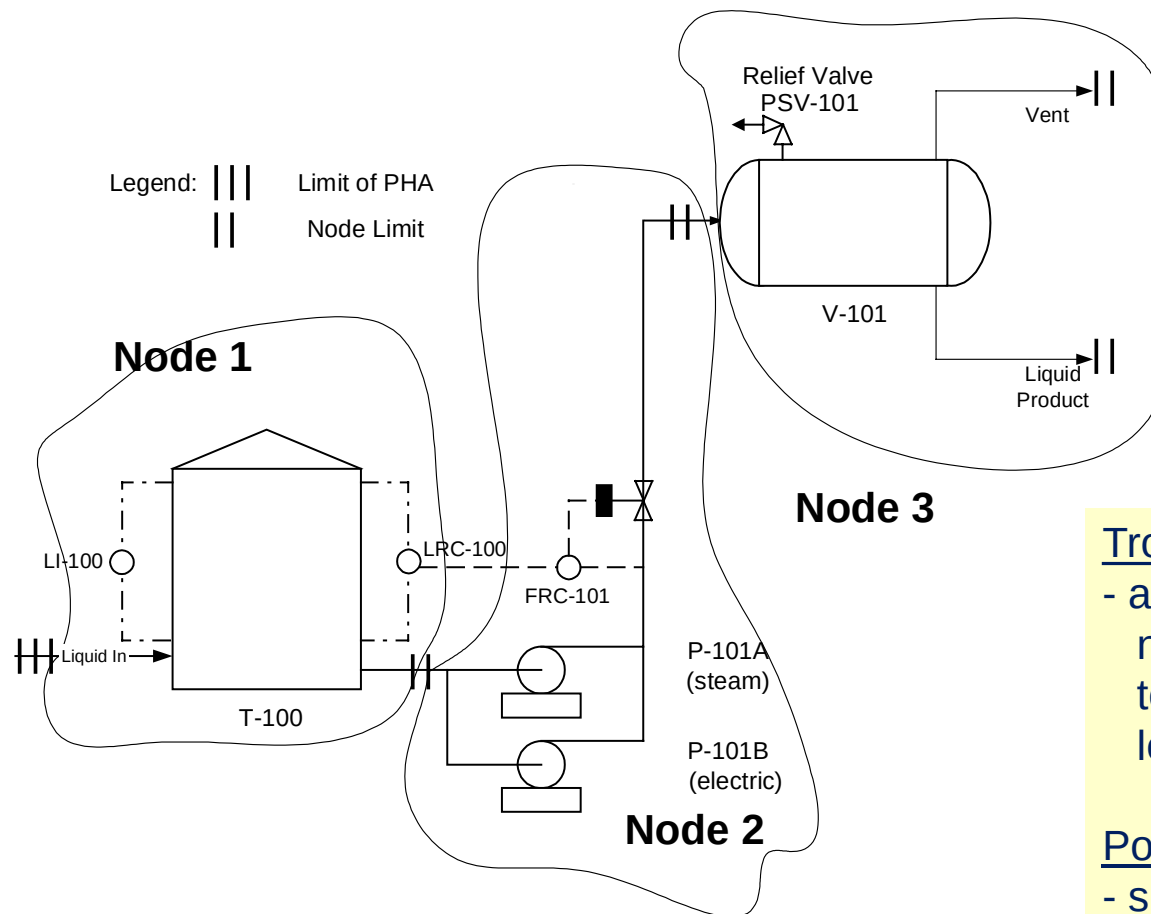
1. IL TEAM



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, P.zza della Repubblica 59 – Roma 25/01/2024

Seminario tecnico: “Il rischio dovuto a eventi estremi naturali negli impianti industriali”

2. LA SUDDIVISIONE IN NODI



Troppi nodi:

- allungamento dei tempi, possibilità di cadere nel “copia e incolla” acritico per abbreviare i tempi, troppe cross-references, difficoltà di lettura dell’analisi

Pochi nodi:

- si può perdere qualche pezzo (dettaglio)...

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, P.zza della Repubblica 59 – Roma 25/01/2024

Seminario tecnico: “Il rischio dovuto a eventi estremi naturali negli impianti industriali”

3. LE DEVIAZIONI

		GUIDEWORD				
PARAMETER		NO	MORE/HIGH			
		NOT	HIGHER	LESS/LOW	REVERSE	OTHER THAN
		NONE	GREATER	LOWER	NEGATIVE	WRONG
	FLOW	NO FLOW	HIGH FLOW	LOW FLOW	REVERSE FLOW	
	TEMPERATURE		HIGH TEMPERATURE	LOW TEMPERATURE		
	PRESSURE		HIGH PRESSURE	LOW PRESSURE	NEGATIVE PRESSURE	
	CONCENTRATION		HIGH CONCENTRATION	LOW CONCENTRATION		
	pH		HIGH pH	LOW pH		
	VISCOSITY		HIGH VISCOSITY	LOW VISCOSITY		
	AGITATION	NO AGITATION	HIGH AGITATION	LOW AGITATION		
	VOLUME		HIGH VOLUME	LOW VOLUME		
	REACTION	NO REACTION	MORE REACTION	LESS REACTION		WRONG REACTION
	CONTAMINATION		HIGH CONTAMINATION			
	RELIEF	NO RELIEF		LOW RELIEF		
	POWER	NO POWER	HIGH POWER	LOW POWER		
	CORROSION/EROSION		HIGH CORROSION			

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, P.zza della Repubblica 59 – Roma 25/01/2024

Seminario tecnico: “Il rischio dovuto a eventi estremi naturali negli impianti industriali”

4. LA MATRICE DI RISCHIO (PxD)

LIKELIHOOD	8	Very frequent, 1	3	3	3	3	3
	7	Frequent, 10^{-1} to 1	2	3	3	3	3
	6	Occasional, 10^{-2} to 10^{-1}	2	2	3	3	3
	5	Possible, 10^{-3} to 10^{-2}	1	2	2	3	3
	4	Rare, 10^{-4} to 10^{-3}	1	1	2	2	3
	3	Extremely rare, 10^{-5} to 10^{-4}	1	1	1	2	2
	2	Unlikely, 10^{-6} to 10^{-5}	1	1	1	1	2
	1	Very unlikely, $< 10^{-6}$	1	1	1	1	1
			1	2	3	4	5
			Moderate	Serious	Extensive	Very extensive	Catastrophic
SEVERITY							

Score	Definition	Description
1	Tolerable risk	The scenarios resulting in a risk level 1 with a moderate or serious severity should be reviewed as part of the workplace risk assessment
2	ALARP approach	Scenarios resulting in a risk level 2 require an ALARP approach ("As Low As Reasonably Practicable"): it must be demonstrated that it is not possible to reduce the risk level to an economically and socially acceptable cost.
3	Unacceptable risk	The risk cannot be accepted under any conditions; prevention or mitigation measure are needed

Cristina Gilardi, Mauro Gotti (DEKRA Cilworth) in Chemical Engineering Transactions, Vol. 13 - 2013

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, P.zza della Repubblica 59 – Roma 25/01/2024

Seminario tecnico: “Il rischio dovuto a eventi estremi naturali negli impianti industriali”

4. LA MATRICE DI RISCHIO (PxD)

Severity	Consequence on people	Consequences on the environment	Economical impact
1 Moderate	Internal: medical treatment. External: no significant effects	Single permit overcoming, minor onsite environmental damage/contamination (<€80k cleanup cost)	<€250k
2 Serious	Internal: major injury External: reversible effects	Federal/state reportable quantity release, multiple permit overcoming, significant on-site environmental damage/contamination (€80k to €300k cleanup cost)	€250k -€2,5M
3 Extensive	Internal: multiple major injuries – fatality External: irreversible effects, public shelter in place	Major on-site environmental damage/contamination (>€300k cleanup cost), limited off-site environmental damage/contamination (<24 hr response)	€2,5M -€10M
4 Very extensive	Internal: multiple fatalities External: irreversible effects, fatality, public evacuation	Significant off-site environmental damage/contamination. short term impact (1 day – 7 day response), limited fish kill/river impact/ground water contamination	€10M -€100M
5 Catastrophic	Internal: many fatalities External: multiple fatalities	Major off-site environmental damage/contamination, long term impact (>7 day response), significant fish kill/river impact/drinking water supply impact	> €100M

Cristina Gilardi, Mauro Gotti (DEKRA Cilworth) in Chemical Engineering Transactions, Vol. 13 - 2013

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, P.zza della Repubblica 59 – Roma 25/01/2024



Seminario tecnico: “Il rischio dovuto a eventi estremi naturali negli impianti industriali”

4. LA MATRICE DI RISCHIO (PxD)

Score	Definition	Likelihood [events/y]	Description
8	Very frequent	1	May happen at least once a year
7	Frequent	10^{-1} to 1	May happen several times over 10 years of life cycle of an installation
6	Occasional	10^{-2} to 10^{-1}	May happen one time over the life cycle of an installation
5	Possible	10^{-3} to 10^{-2}	may happen one over 20 to 30 years of life cycle and this for 10 to 20 similar installations
4	Rare	10^{-4} to 10^{-3}	May happen once every year for 1,000 similar units or an event that may occur once over 20 to 30 years of life cycle and this for 100 to 200 similar installations
3	Extremely rare	10^{-5} to 10^{-4}	Has already happened in the industry but that was subject to corrective measures
2	Unlikely	10^{-6} to 10^{-5}	A scenario that is physically imaginable but that has never happened
1	Extremely rare	Below 10^{-6}	

Cristina Gilardi, Mauro Gotti (DEKRA Cilworth) in Chemical Engineering Transactions, Vol. 13 - 2013



Seminario tecnico: “Il rischio dovuto a eventi estremi naturali negli impianti industriali”

FONTI DI INFORMAZIONE

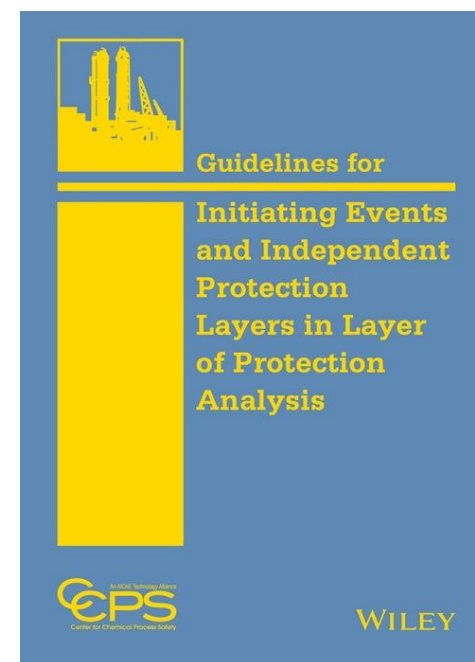
Initiating event	Failure rate [event/year]	Source
Leakage from flange, < 2", small leakage	$3,96 \cdot 10^{-4}$	
Leakage from flange, < 2", medium leakage	$1,31 \cdot 10^{-4}$	
Processing piping, >2", small leakage	$1,14 \cdot 10^{-5}$	
Processing piping, >2", medium leakage	$2,82 \cdot 10^{-6}$	
Processing piping, >2", large leakage	$1,31 \cdot 10^{-6}$	E&P forum, Process release and ignition
Probability of ignition, worldwide, blowout	0,3 (probability)	
Probability of ignition, North Sea platform, small gas leak	0,005 (probability)	
Probability of ignition, North Sea platform, small oil leak	0,03 (probability)	
Probability of ignition, Gulf of Mexico platform, gas	0,8 (probability)	
Probability of ignition, Gulf of Mexico, oil	0,07 (probability)	
Probability of blow-out, US historical offshore, exploration	0,0061 (probability)	E&P forum, Blowouts
Probability of blow-out, US historical offshore, production	0,0023 (probability)	
BLOW OUT PREVENTERS (BOP)		
Annular BOP, leakage in closed positions	0,92	
Pipe rams, fail to fully open	$8,7 \cdot 10^{-2}$ (probability)	E&P form, Blowout prevention equipment
Shear/blind rams, premature partially closure	$1,5 \cdot 10^{-1}$	

Cristina Gilardi, Mauro Gotti (DEKRA Cilworth) in Chemical Engineering Transactions, Vol. 13 - 2013

OREDA - Offshore Reliability Data Handbook 5th Edition

E&P Forum – Quantitative risk assessment data directory, report 11.8/250, 1996

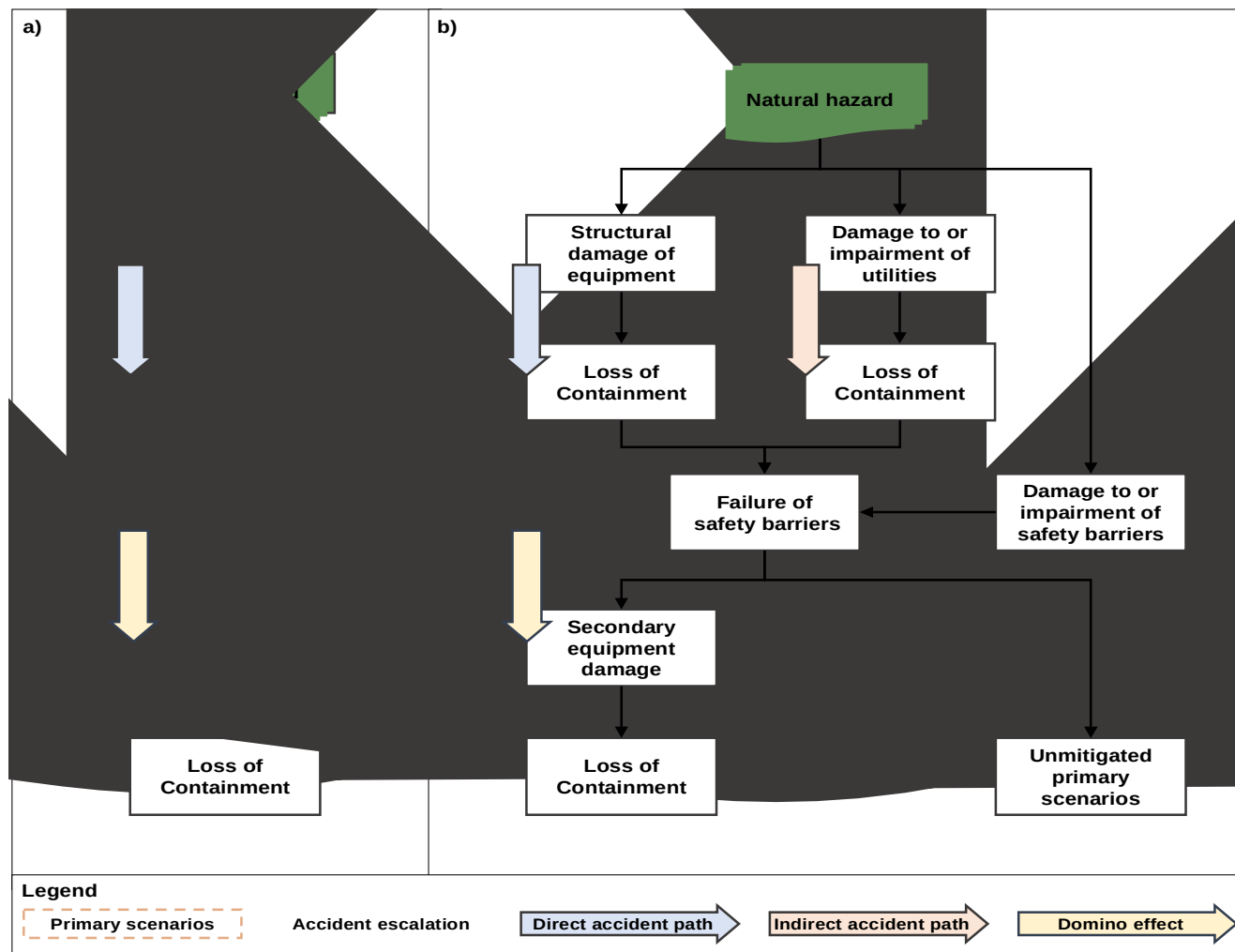
OGP - International association of oil and gas producers, risk assessment data directory, 2010



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, P.zza della Repubblica 59 – Roma 25/01/2024

Seminario tecnico: “Il rischio dovuto a eventi estremi naturali negli impianti industriali”

EVENTI NATURALI ESTREMI – L'EVOLUZIONE DELL'APPROCCIO

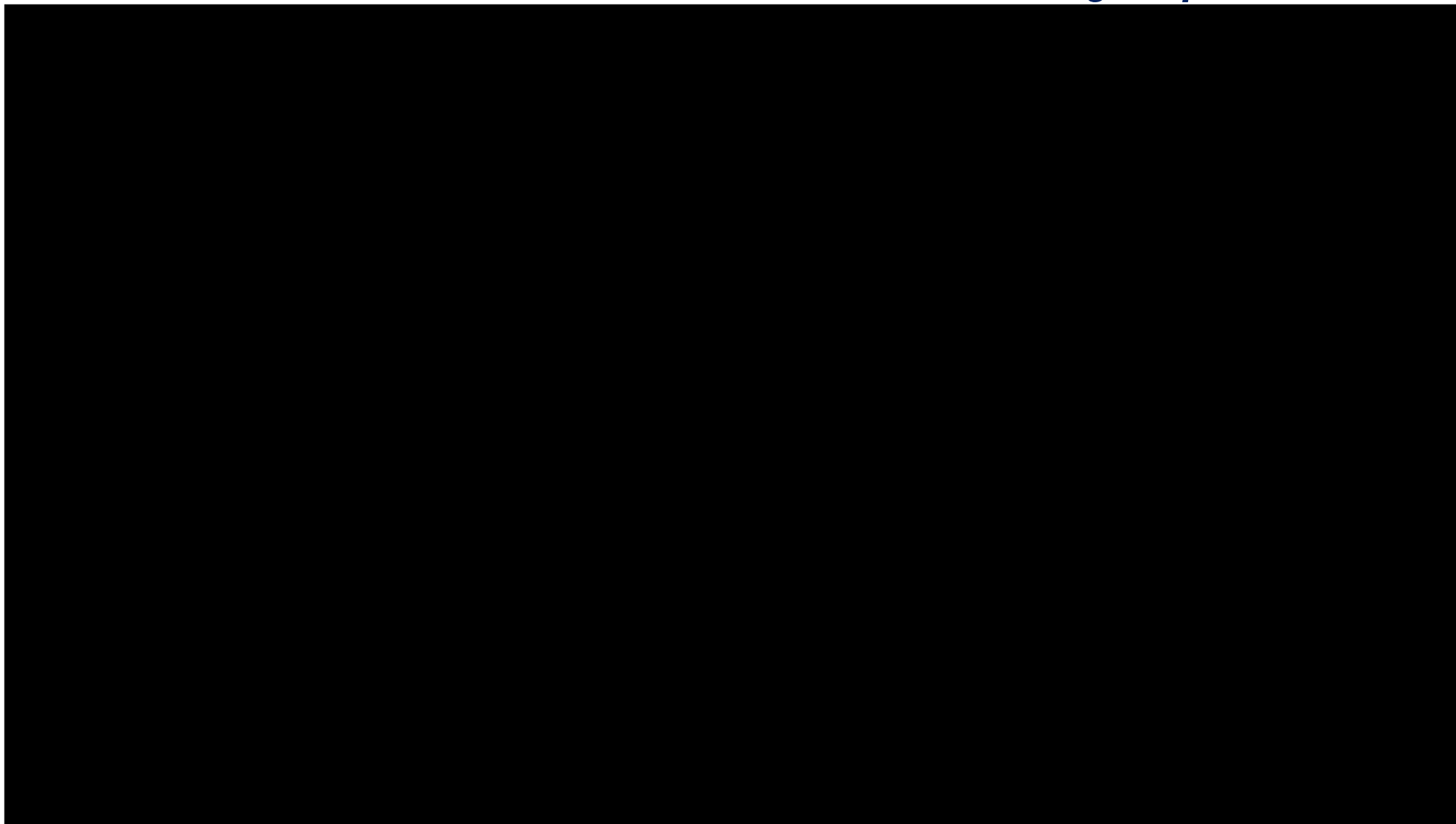


Alessio Misuri, Valerio Cozzani (DICAM, Univ. BO)
in Chemical Engineering Transactions, Vol. 90 - 2022

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, P.zza della Repubblica 59 – Roma 25/01/2024



Seminario tecnico: “Il rischio dovuto a eventi estremi naturali negli impianti industriali”

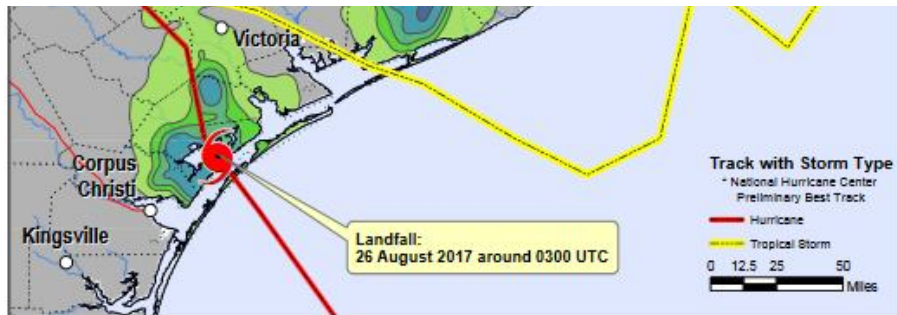


Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, P.zza della Repubblica 59 – Roma 25/01/2024

Seminario tecnico: “Il rischio dovuto a eventi estremi naturali negli impianti industriali”

FATTI E LEZIONI FONDAMENTALI

- Arkema disponeva di un sistema di gestione della sicurezza di processo (**PSM**) e di una Process Hazard Analysis (**PHA**), che **non includeva il rischio di allagamento**
- E' stato messo in atto il **piano di emergenza interno esistente** per l'alluvione, ma questo ha richiesto **significativi adattamenti** (136 t di movimentazioni manuali) data l'eccezionalità della situazione
- Le **fonti istituzionali preposte all'informazione** sugli eventi estremi **avevano fornito linee guida troppo generiche** per il controllo del rischio alluvione, senza alcun requisito riguardante le misure che avrebbero aiutato Arkema a fronteggiare la situazione
- Devono essere valutati i **rischi connessi con eventi naturali** con **tempi di ritorno di 100 e 500 anni**, inclusi i terremoti
- Deve essere valutata **l'adeguatezza delle barriere di sicurezza in caso di eventi naturali estremi**

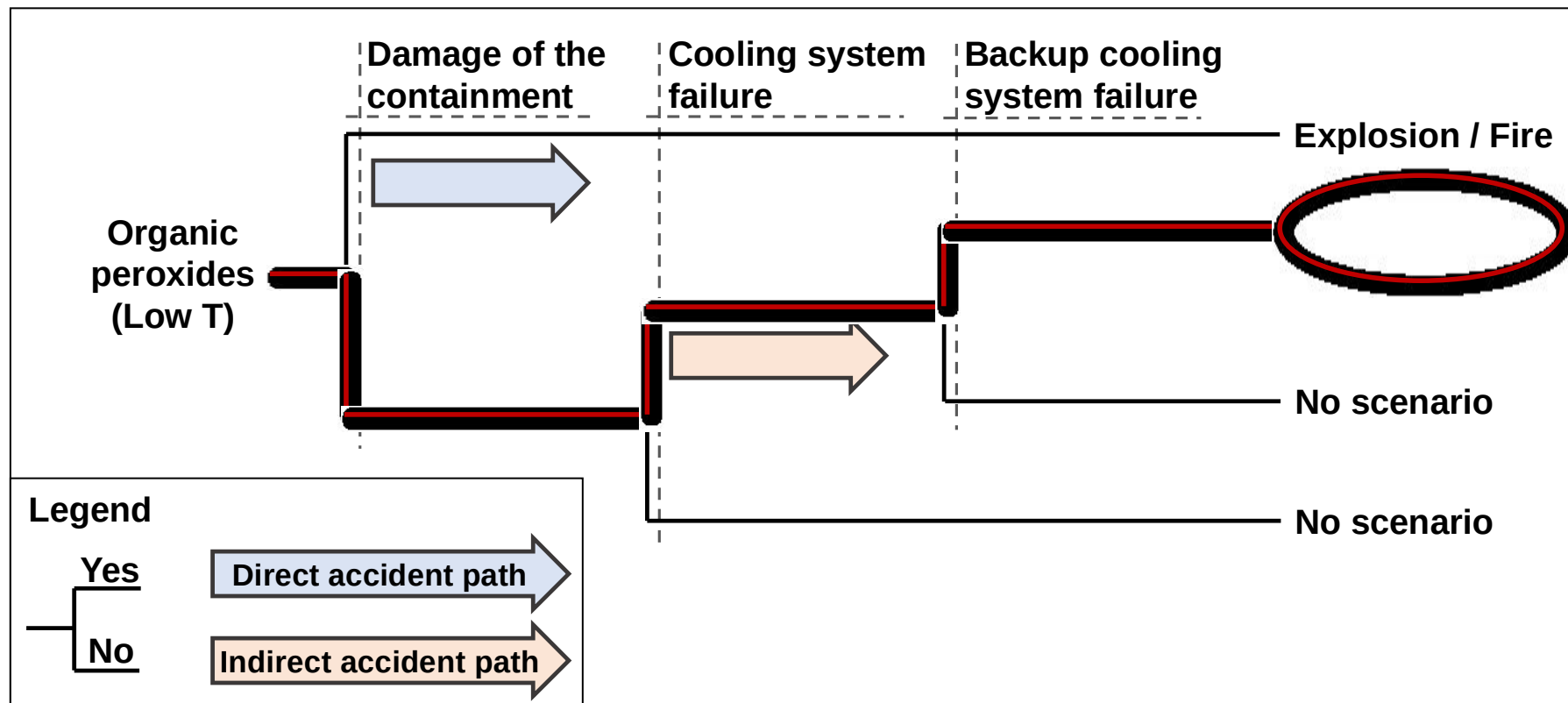


Hurricane Harvey, 25 - 31 August 2017
Annual Exceedance Probabilities (AEPs) for the Worst Case 4-day Rainfall

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, P.zza della Repubblica 59 – Roma 25/01/2024

Seminario tecnico: “Il rischio dovuto a eventi estremi naturali negli impianti industriali”

SCENARI DI RISCHIO NATECH – L'ESEMPIO DI ARKEMA



Alessio Misuri, Valerio Cozzani (DICAM, Università di Bologna) in Chemical Engineering Transactions, Vol. 90 - 2022

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, P.zza della Repubblica 59 – Roma 25/01/2024

Seminario tecnico: “Il rischio dovuto a eventi estremi naturali negli impianti industriali”

Modification of safety barrier performance due to natural event

a) L0 - Level 0 assessment (low uncertainty)

4.2a) Boolean approach (Normal performance / Not working)

b) L1 - Level 1 assessment (medium uncertainty)

4.2b.1) Performance modification factors (Expert elicitation)

4.2b.2) Assessment of modified availability

4.2b.3) Assessment of modified effectiveness

c) L2 - Level 2 assessment (high uncertainty)

4.2c.1) FTA focused on natural hazards

4.2c.1) Assessment of modified performance

Baseline barrier performance		
Parameter	Definition	Description
$PFD_{0,k}$	Probability of failure on demand	Probability that the k -th barrier will not be available when required to perform its function.
$\eta_{0,k}$	Effectiveness	Conditional probability the k -th barrier is able to perform its safety function after successful activation.
Modification of safety barrier performance due to natural event*		
Level	Description	Performance modification
L0	Application of rules-of-thumb to justify with confidence if the barrier should be considered affected or operating normally during the natural event. Suitable for simple barriers (low-uncertainty situation).	Is the k -th barrier deemed affected? - NO: $PFD_{0,k}$ and $\eta_{0,k}$ - YES: - o Active barriers: $PFD_{j,k} = 1$ - o Passive barriers: $\eta_{j,k} = 0$
L1	Application of performance modification factors ϕ developed in [59]. Suitable for a broad set of barriers, from passive barriers to the simpler active systems (medium-uncertainty situation).	For the k -th active barrier: - $PFD_{j,k} = 1 \mid (\phi_{j,k} - 1)(1 - PFD_{0,k})$ - $\eta_{j,k} = \eta_{0,k}$ For the k -th passive barrier: - $\eta_{j,k} = (1 - \phi_{j,k}) \eta_{0,k}$ with $\phi_{j,k}$ for the k-th barrier during the j-th natural event
L2	Analysis of barrier architecture through the application of a fault tree analysis (FTA) focused on the possible failure of subsystems during the reference natural event. Suitable for complex active barriers (high-uncertainty situation).	For the k -th active barrier: - $Q_j(MCS_{m,k}) = \prod_p (q_{p,0} + \delta_{p,j}(1 - q_{p,0}))$ - $PFD_{j,k} = 1 - \prod_m (1 - Q_j(MCS_{m,k}))$ with - $Q_j(MCS_{m,k})$ unavailability of the m-th minimal cut set (MCS) identified from the FTA - $q_{p,0}$ is the probability of the p-th basic event in the m-th MCS - $\delta_{p,j} = 1$ if the p-th basic event involves one of the vulnerable barrier subsystems identified for the j-th natural event (otherwise, $\delta_{p,j} = 0$).

A.Misuri, F. Ricci, R.Sorichetti, V.Cozzani (LISES, DICAM - Università di Bologna) in *Reliability Engineering and System Safety* 235 (2023)

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, P.zza della Repubblica 59 – Roma 25/01/2024



Seminario tecnico: “Il rischio dovuto a eventi estremi naturali negli impianti industriali”

Altro tipo di lezioni...

- Le analisi incidentali ufficiali, eseguite da organismi istituzionali, sono uno strumento fondamentale per progettisti di impianti, di sistemi gestionali e valutatori
- E' auspicabile che tali analisi siano pubbliche, facilmente accessibili e possibilmente centralizzate in un unico sito
- E' necessario che le analisi incidentali siano rese disponibili in tempi brevi, compatibili con l'aumento della frequenza degli eventi naturali estremi, oltre che con la particolare urgenza dettata dal concetto di prevenzione de incidenti rilevanti (incidente Arkema: Agosto 2017, final report CSB: Maggio 2018)
- Deve essere chiaro dove reperire le informazioni di base necessarie per le analisi
- Le raccomandazioni a seguito di audit da parte di organismi preposti ed il relativo stato di attuazione devono essere rese pubbliche
- ...



Seminario tecnico: “Il rischio dovuto a eventi estremi naturali negli impianti industriali”

Esempio di raccomandazione resa pubblica (CSB)

Center for Chemical Process Safety (CCPS) (1 Recommendations) ▲

Open: 0% | Closed: 100%

[View Investigation](#)

Final Report Released On: May 24, 2018

2017-08-I-TX-4

Develop broad and comprehensive guidance to help companies assess their U.S. facility risk from all types of potential extreme weather events. Guidance should address the issues identified in this report and cover actions required to prepare for extreme weather, resiliency and protection of physical infrastructure and personnel during extreme weather, as well as recovery operations following an extreme weather event, where appropriate. Include guidance for each of the following:

- Addressing common mode failures of critical safeguards or equipment that could be caused by extreme weather events, including but not limited to flooding. For flooding scenarios, sufficient independent layers of protection should be available if floodwater heights reach the facility.
- Evaluating facility susceptibility to potential extreme weather events. Relevant safety information such as flood maps should be incorporated as process safety information.
- Involving relevant professional disciplines, including engineering disciplines, to help ensure risk assessments and process hazard analyses are as robust as practicable for any given facility.

Status: [Closed - Acceptable Action](#)

 [Recommendation Status Change Summary](#)

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, P.zza della Repubblica 59 – Roma 25/01/2024



Seminario tecnico: “Il rischio dovuto a eventi estremi naturali negli impianti industriali”

Fonti di informazioni e dati

- Classificazione sismica: <https://rischi.protezionecivile.gov.it/it/sismico/attivita/classificazione-sismica/>
- Densità di fulminazione: <https://mycatalogo.ceinorme.it/software/item/00M000224E>
- Dati per rischio meteo, idrogeologico e idraulico Regione Lazio: https://protezionecivile.regione.lazio.it/sites/default/files/2021-10/1-Direttive%20Allertamento%20Lazio%20DGR_865_2019_0.pdf
- Dati e indicatori ambientali e territoriali (ISPRA): <https://www.isprambiente.gov.it/it/banche-dati>
- Dati meteo ufficiali: <https://www.meteoam.it/it/dati-e-prodotti>
- Dati climatici globali online: <https://www.ncdc.noaa.gov/cdo-web/>
- Onshore&Offshore reliability data: <https://oreda.com>
- CCPS (AIChE) – Center for Chemical Process Safety: <https://www.aiche.org/ccps>
- CSB – Chemical Safety Board: <https://www.csb.gov>

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, P.zza della Repubblica 59 – Roma 25/01/2024



Seminario tecnico: “Il rischio dovuto a eventi estremi naturali negli impianti industriali”

*Grazie
per
l'attenzione*



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, P.zza della Repubblica 59 – Roma 25/01/2024



Seminario tecnico: “Il rischio dovuto a eventi estremi naturali negli impianti industriali”

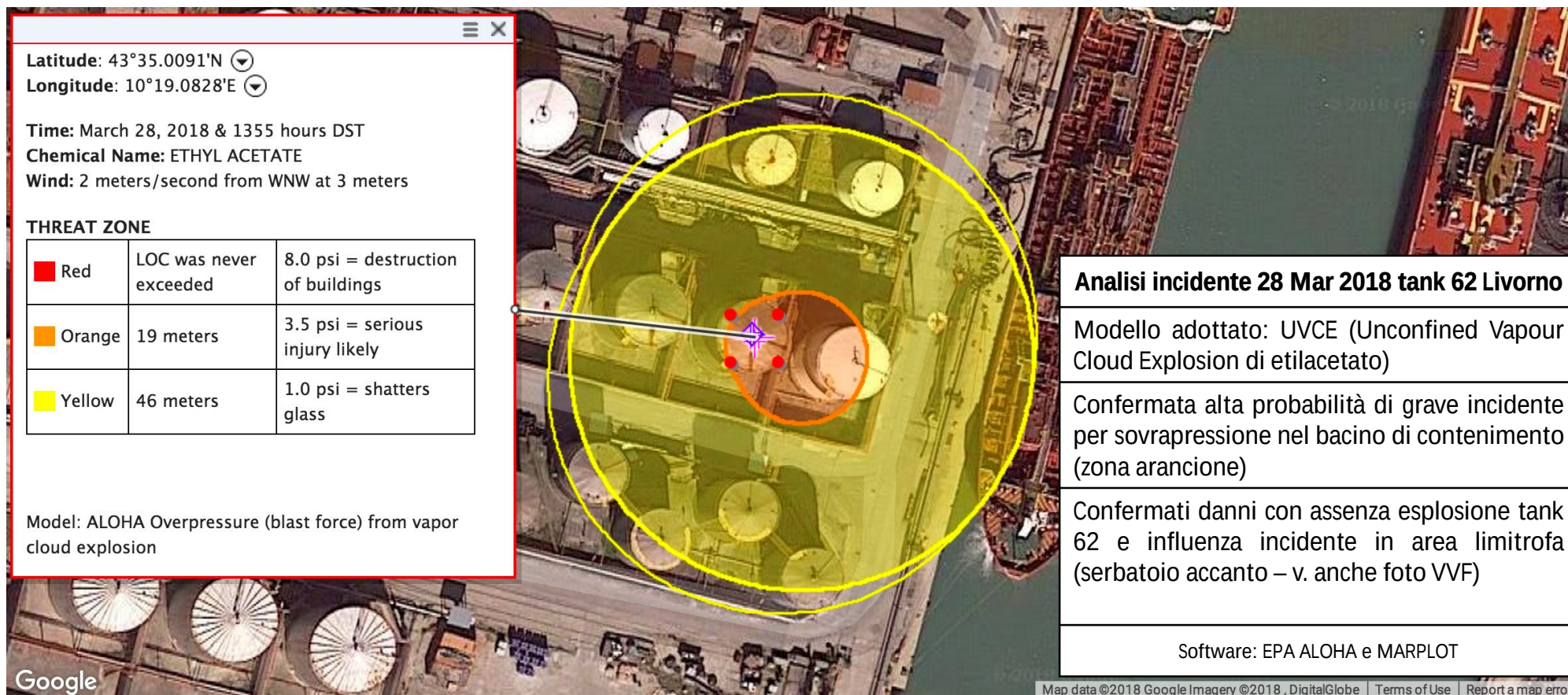
BACKUP

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, P.zza della Repubblica 59 – Roma 25/01/2024



Seminario tecnico: “Il rischio dovuto a eventi estremi naturali negli impianti industriali”

Livorno 2018 – Simulazione ipotesi UVCE

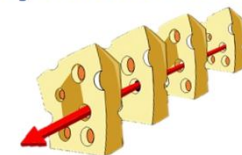


Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, P.zza della Repubblica 59 – Roma 25/01/2024



Seminario tecnico: “Il rischio dovuto a eventi estremi naturali negli impianti industriali”

FLIXBOROUGH 1974



FATTI RIVELATORI...

...DI UN SISTEMA MNCANTE O BUCATO IN PARTENZA

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">• La modifica è stata programmata come se fosse un normale intervento idraulico | <ul style="list-style-type: none">• Gestione cambiamenti inesistente (10.MoC) |
| <ul style="list-style-type: none">• Intervento non progettato | <ul style="list-style-type: none">• Nessun calcolo, no P&ID, nessuna norma tecnica seguita. Dov'è l'ingegneria? (1. PSI) |
| <ul style="list-style-type: none">• Mancato rimpiazzo di competenze | <ul style="list-style-type: none">• Ignoranza totale su processo e impianto a tutti i livelli (5.Training)• Scollegamento: ognuno fa il suo e non comunica nulla agli altri (4.Employee participation) |
| <ul style="list-style-type: none">• Non è stata investigata la causa della rottura del reattore bypassato (cricche di 15 cm per dilatazione termica non compensata) | <ul style="list-style-type: none">• Qualcuno ha segnalato anomalie durante il funzionamento? (4.Employee participation)• Nessuna indagine a seguito di un danneggiamento (11.Incident investigation, 8.Mechanical Integrity program) |
| <ul style="list-style-type: none">• E' stata data priorità al fattore produttività | <ul style="list-style-type: none">• Non si sono voluti vedere i pericoli (1. PHST-HazId) |
| <ul style="list-style-type: none">• Requisiti minimi mancanti | <ul style="list-style-type: none">• Nessun check pre-riavviamento (7.PSSR) |

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, P.zza della Repubblica 59 – Roma 25/01/2024

Seminario tecnico: “Il rischio dovuto a eventi estremi naturali negli impianti industriali”

Timeline Related to Arkema Inc. Chemical Plant Fires 2017



Link al filmato ufficiale dell'investigazione - <https://www.youtube.com/watch?v=jtWyBMwRt-A>

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, P.zza della Repubblica 59 – Roma 25/01/2024