



TORINO 8-9 GIUGNO 2018

**PREV
IN
TO18**

Analisi del rischio in ambito industriale

Luca Marmo, Luca Fiorentini

Cattedra di Sicurezza nei Processi Industriali
Politecnico di Torino
Dipartimento di Scienza Applicata e Tecnologia

TECSA srl, Pero (MI)
Direttore Esecutivo



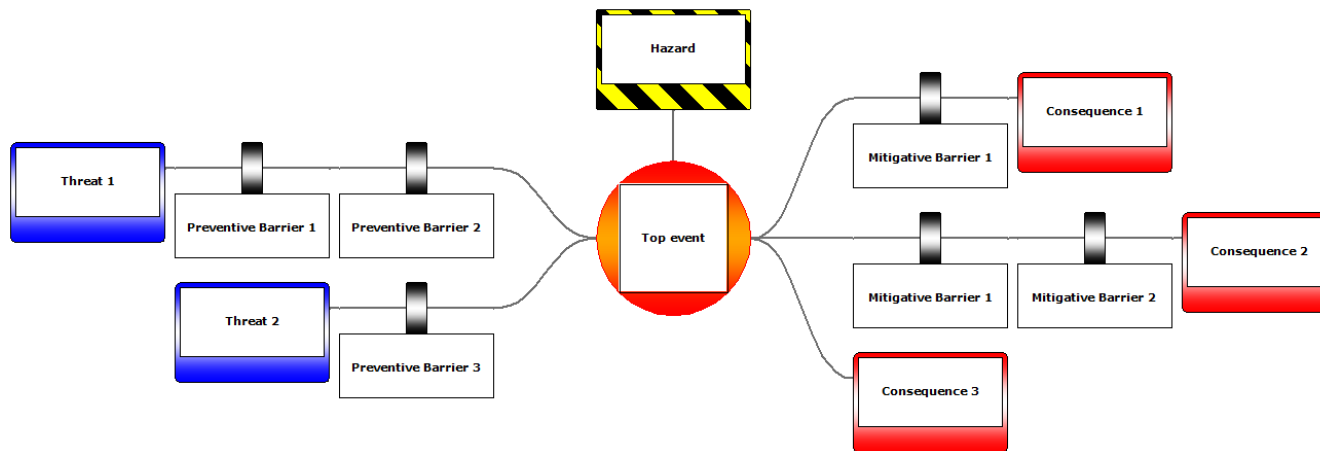


TORINO 8-9 GIUGNO 2018

PREV
IN
TO 18

1. Introduzione

BowTie: **strumento** di analisi del rischio dalla caratteristica forma a «farfallino»



BowTie: **metodologia** di analisi del rischio (quantificazione frequenze)





TORINO 8-9 GIUGNO 2018

**PREV
IN
TO 18**

1. Introduzione

I metodi basati sul Bow-Tie hanno origine negli anni settanta a partire dai più conosciuti diagrammi causa conseguenze (CCD) successivamente adattati (1979, David Gill, Imperial Chemical Industries) per l'impiego ai fini della investigazione post incidentale.

Ottennero una vastissima diffusione nei primi anni novanta quando, a seguito dell'incidente occorso a bordo della piattaforma Piper Alpha (Mare del Nord, 6 luglio 1988, 167 morti), la società Royal Dutch/Shell Group mise a punto, codificandone il flusso di applicazione, una tecnica per migliorare la gestione, negli anni a venire, delle attività di analisi del rischio.

L'applicazione della metodologia si estese rapidamente ad altre società e ad altri campi ed in primis, nel mondo anglosassone, a tutti quei casi ove era evidente la complessità della realtà da analizzarsi e le peculiarità di alcune installazioni (es. le infrastrutture di trasporto), tipo la presenza di moltitudini di persone, sottoservizi speciali, etc.

Al momento, sono estesamente impiegati nell'analisi del **rischio industriale** e del **rischio d'incendio**.





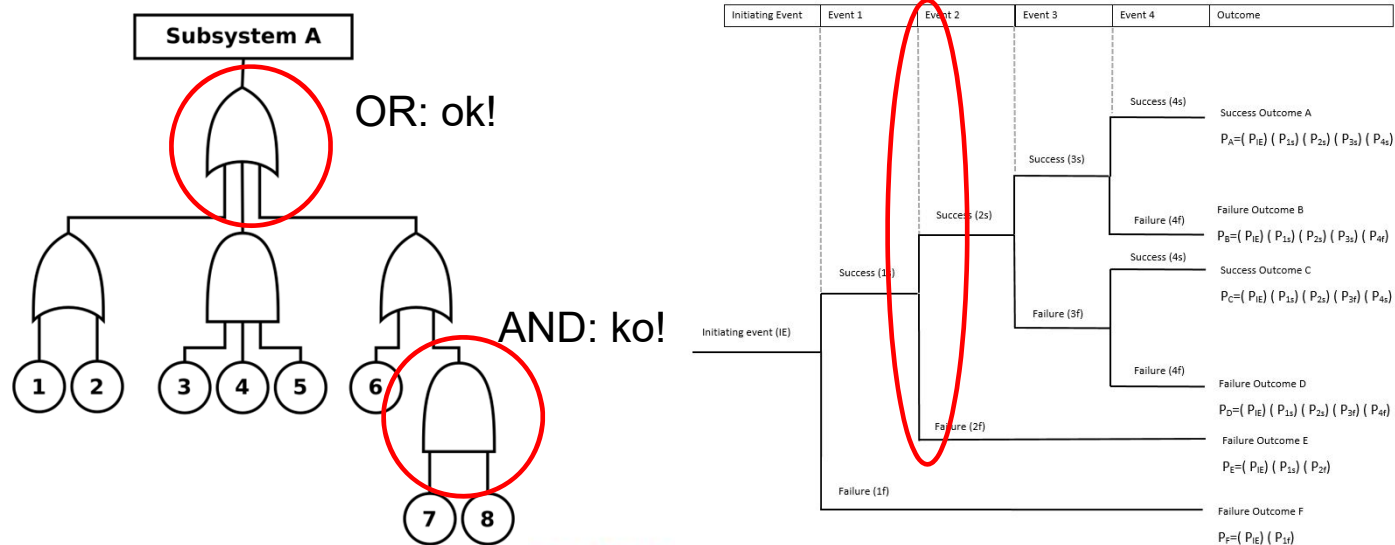
TORINO 8-9 GIUGNO 2018

PREV
IN
TO 18

1. Introduzione

BowTie = Albero dei guasti + Albero degli eventi

Vero, ma occorre prestare attenzione alle combinazioni logiche delle cause e degli eventi.





TORINO 8-9 GIUGNO 2018

**PREV
IN
TO18**

2. Normativa tecnica

CCPS. Guidelines for enabling conditions and conditional modifiers in layers of protection analysis. Wiley; 2013.

CCPS. Guidelines for initiating events and independent protection layers in layer of protection analysis. Wiley; 2015.

CCPS. Layer of Protection Analysis: Simplified Process Risk Assessment. New York: Wiley; 2011.

CCPS. Process Safety Glossary: Bow Tie Diagram. Available online at www.aiche.org/ccps/resources/glossary/process-safety-glossary/bow-tie-diagram; last access on April, 30th 2018.

CCPS. Project 237: Guidelines for Barrier Risk Management (Bow Tie Analysis), 2017 (in progress).

ISO 17776:2016. Petroleum and natural gas industries – Offshore production installations – Major accident hazard management during the design of new installations; 2016.

IEC 31010:2009. Risk management – Risk assessment techniques; 2009.

ISO 31000:2018. Risk management – Guidelines; 2018.

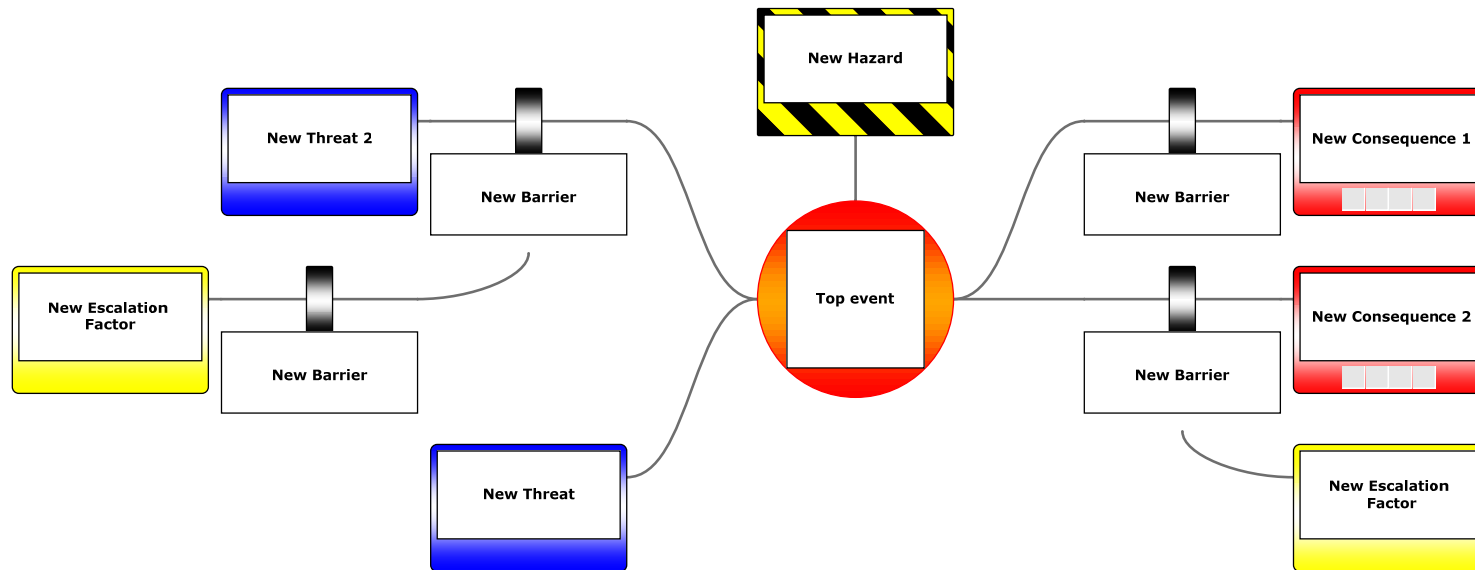




TORINO 8-9 GIUGNO 2018

PREV
IN
TO18

3. Elementi tipici di un BowTie

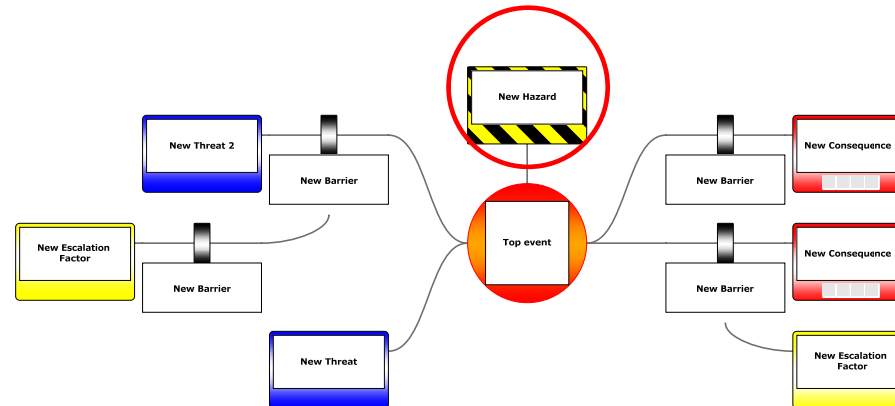




TORINO 8-9 GIUGNO 2018

PREV
IN
TO18

3.1. Hazard



La parola «pericolo» suggerisce qualcosa di non voluto. Indica una condizione (un'attività o uno stato di qualcosa) **potenzialmente** in grado di generare conseguenze indesiderate È insita nelle attività produttive.

Es: idrocarburi in pressione, tensione > 440 V, ecc...

Il «pericolo» deve essere gestito: finché è sotto controllo, è tutto ok.

Suggerimento!

Usa la classificazione dell'**ISO 17776** sui possibili pericoli.

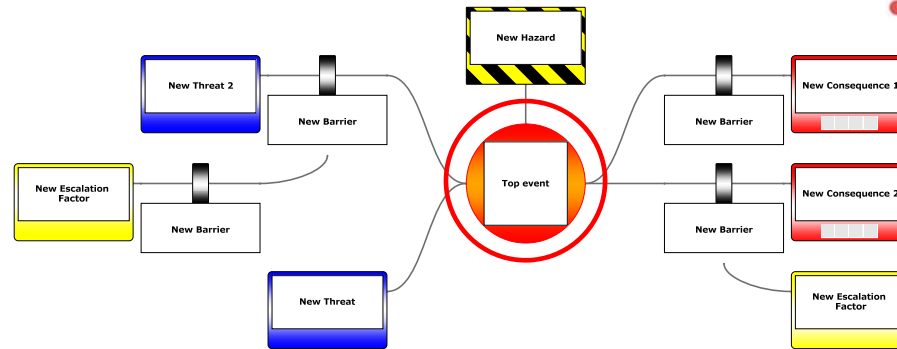




TORINO 8-9 GIUGNO 2018

PREV
IN
TO18

3.2. Top event



Certe cause possono determinare una deviazione o una **perdita di controllo** sul pericolo. Tale evento è il top event.

Es: Perdita di contenimento del blend, perdita di controllo elicottero, ecc...

Non è ancora un incidente grave (*major accident*), ma se non mitigato correttamente può evolvere in una o più conseguenze non volute (incendio, esplosione...).

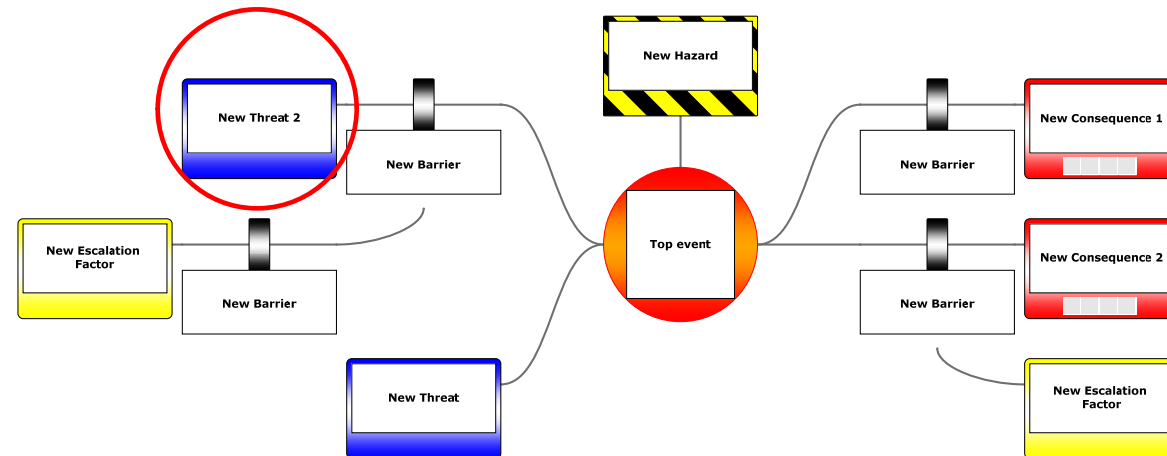




TORINO 8-9 GIUGNO 2018

PREV
IN
TO 18

3.3. Cause



Le «cause» (ma in inglese *threats*, minacce) sono i fattori che **potrebbero** causare il top event.

Ogni causa individuata deve avere la potenzialità di causare **autonomamente** il top event.

Es: corrosione, deviazioni di processo, collisioni nave, collisioni elicottero, ecc...

Le cause sono cioè **indipendenti** l'una dall'altra (nell'analisi LOPA, si combinano **solamente tramite porte OR**).

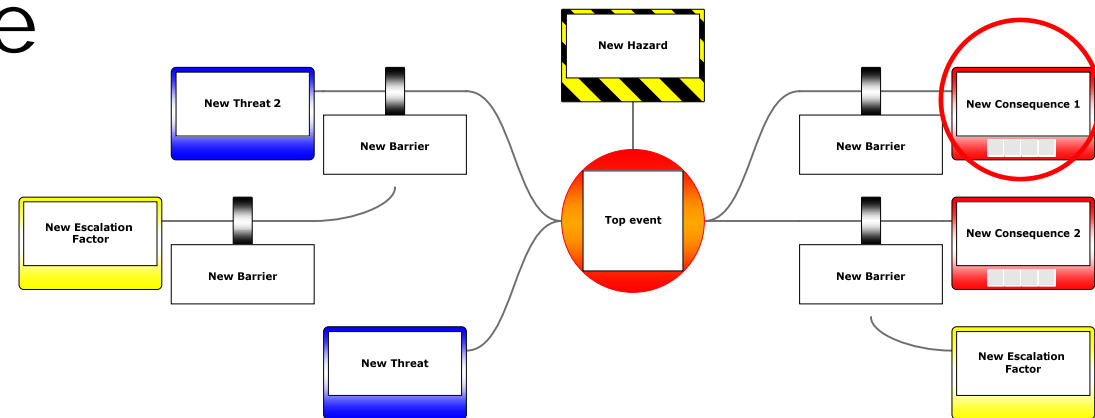




TORINO 8-9 GIUGNO 2018

PREV
IN
TO 18

3.4. Conseguenze



Una conseguenza è un potenziale evento risultante dalla perdita di controllo su un pericolo (cioè da un top event), che **implica direttamente una perdita o un danno**.

Es. pool fire in coperta, oil spill in mare, caduta elicottero in mare

Si tratta di quegli eventi che un'organizzazione vuole evitare a tutti i costi (o, meglio, ai costi giustificati da uno studio ALARP).

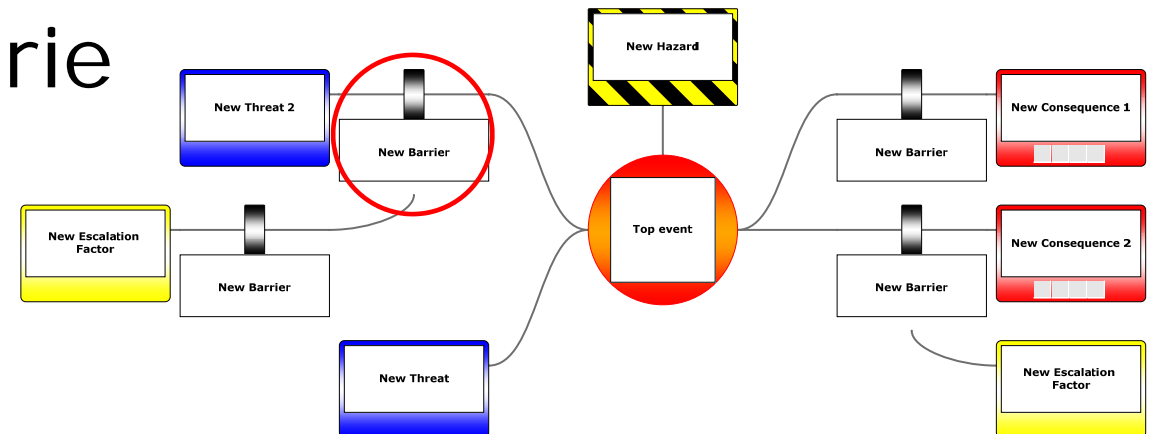




TORINO 8-9 GIUGNO 2018

PREV
IN
TO18

3.5. Barriere primarie



Il *risk management* è incentrato sul controllo del rischio. Ciò viene fatto piazzando le barriere (o misure di controllo) per prevenire o mitigare certi eventi.

Una barriera può essere qualsiasi misura presa contro una «forza» indesiderata, al fine di mantenere un desiderato stato.

Nei BT, si distinguono barriere preventive (sx) e barriere mitigative (dx).

Es: Piano di ispezione e manutenzione (preventiva);

Es: Bacino di contenimento (mitigativa).

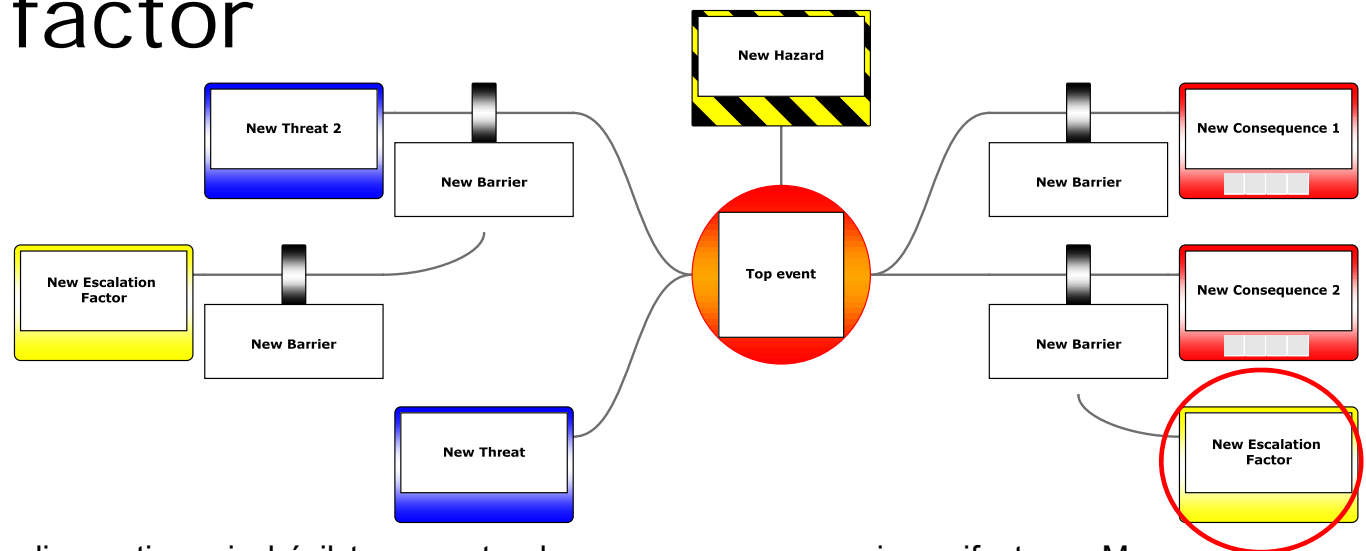




TORINO 8-9 GIUGNO 2018

PREV
IN
TO 18

3.6. Escalation factor



Idealmente, una barriera arresta il flusso degli eventi, cosicché il top event o la conseguenza non si manifestano. Ma nessuna barriera è efficace al 100%. Sotto certe condizioni, una barriera può fallire. Queste condizioni sono chiamate «escalation factor».

Es: condizioni meteomarine avverse (impediscono esecuzione dei piani di emergenza antinquinamento); mancanza di energia elettrica; mancanza di aria strumenti.

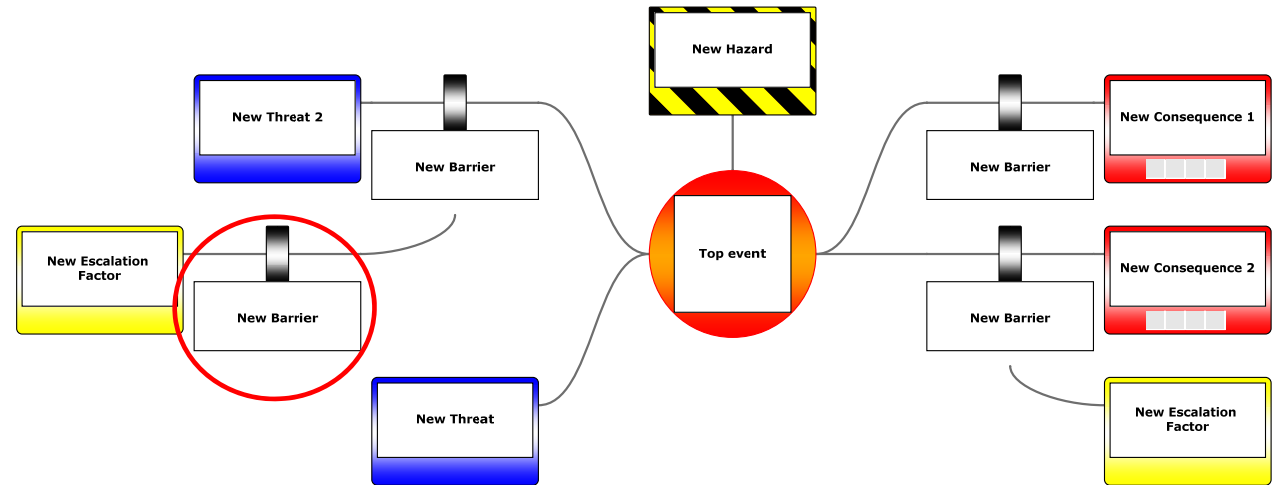




TORINO 8-9 GIUGNO 2018

**PREV
IN
TO18**

3.7. Barriere secondarie



A garanzia che un escalation factor non minacci la barriera primaria, possono essere individuate le c.d. barriere secondarie.

Es: diesel generatore di emergenza, pompa antincendio di emergenza, utilizzo del disperdente previa autorizzazione ministeriale





TORINO 8-9 GIUGNO 2018

**PREV
IN
TO18**

4. Linee guida AIChE - CCPS

L'utilizzo estensivo e non regolamentato dei bowtie, ha portato ad applicazioni incorrette. L'AIChE (CCPS) è intervenuta, promulgando le prime linee guida ufficiali.

I principali indirizzi applicativi riguardano:

- Specificità degli elementi (cause, conseguenze, hazard, top event);
- Indipendenza delle cause;
- Non confondere una barriera fallita con una causa;
- Definizione dei tipi di barriera;
- Criteri di validità di una barriera;
- Utilizzo corretto degli escalation factors e delle barriere secondarie;
- *Barrier management.*





TORINO 8-9 GIUGNO 2018



Specificità degli elementi

Esempi

Poor Hazard	Better Hazard
Electricity	Electrical machine at > 440 V
Storage tank	Oil in storage tank
Oil	Oil under pressure
Helicopter	Transport personnel via helicopter to/from site
Chlorine	Pressurized chlorine (10 tonnes) in storage

Poor Top Event	Better Top Event
Slipping	Falling from height
Overflow	Gasoline escape from tank
Helicopter crash	Loss of control of helicopter
Random rupture	Loss of primary containment
Storm	Personnel exposed to catastrophic event



TORINO 8-9 GIUGNO 2018

PREV
IN
TO18

Definizione dei tipi di barriera



Barrier type	Detect	Decide	Act
Passive Hardware	N/A	N/A	N/A
Active Hardware	Technology	Technology	Technology
Active Human	Human	Human	Human
Hardware + Human	Technology/Human	Technology/Human	Technology/Human
Continuous Hardware	N/A	N/A	Technology





TORINO 8-9 GIUGNO 2018

**PREV
IN
TO18**

Criteri di validità di una barriera

- **Pienamente funzionante:** la barriera è capace di prevenire il *top event* o di mitigare una *conseguenza*, agendo come e quando previsto, con un effetto misurabile.
- **Indipendente:** la barriera ha un impatto diretto e indipendente sulla causa, top event, o conseguenza. L'indipendenza esclude quelle barriere che condividono cause comuni di guasto o modi di fallimento.
- **Valutabile:** la barriera deve poter essere valutata per verificare le sue prestazioni attese (probabilità di fallimento della barriera, PFD).





TORINO 8-9 GIUGNO 2018

**PREV
IN
TO18**

5. Analisi LOPA con i BowTie

È possibile quantificare i BT, usando l'analisi dei livelli di protezione indipendenti (LOPA).

Input: frequenze cause, Probabilità di fallimento su richiesta (PFD) barriere;

Output: frequenze top event e conseguenze.

Rule-sets:

- frequenze cause in OR (somma);
- Frequenza top event = frequenza cause * PFD barriere (su ogni singola linea);
- Frequenza conseguenza = frequenza top event * PFD barriere (su ogni singola linea).

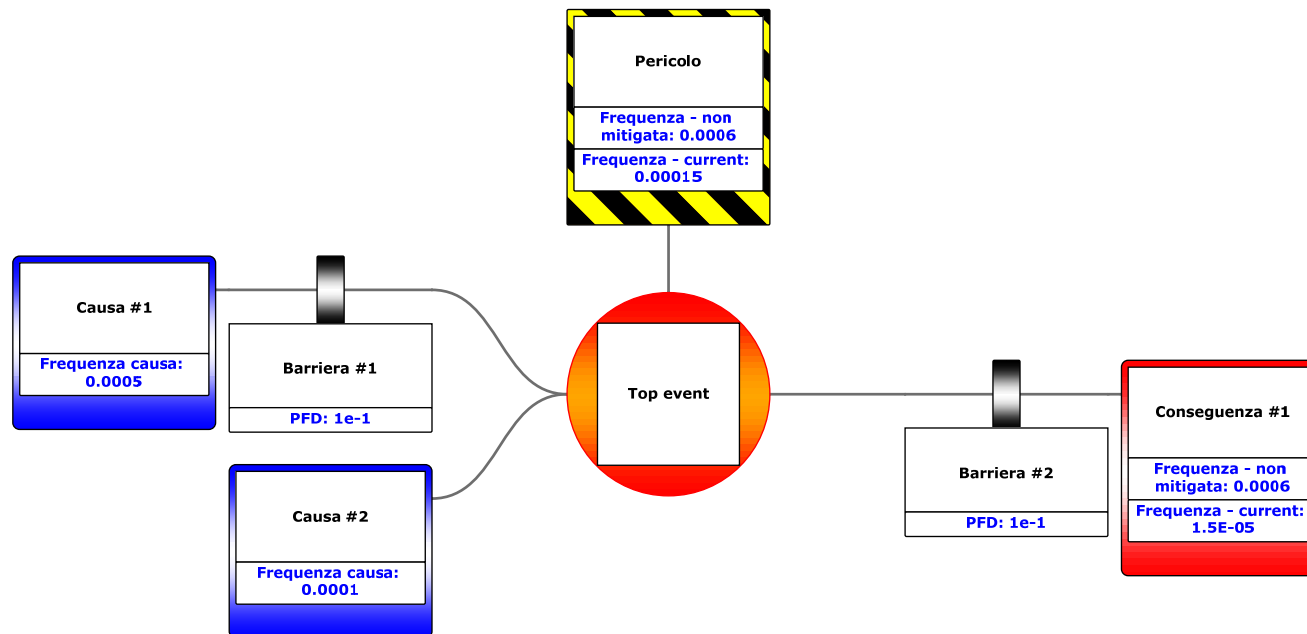




TORINO 8-9 GIUGNO 2018

PREV
IN
TO18

5. Analisi LOPA con i BowTie





TORINO 8-9 GIUGNO 2018



Riferimenti bibliografici

Bruce K. Vaughen, P.E., Kenneth Bloch. Use the Bow Tie Diagram to Help Reduce Process Safety Risks. CEP Magazine (An AIChE Publication); 2016.

Luca Fiorentini, Luca Marmo. Principles of Forensic Engineering Applied to Industrial Accidents. Wiley, Chichester UK; 2018.





TORINO 8-9 GIUGNO 2018

**PREV
IN
TO18**

Riferimenti bibliografici



CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS

VOL. 67, 2018

Guest Editors: Valerio Cozzani, Bruno Fabiano, Davide Manca
Copyright © 2018, AIDIC Servizi S.r.l.
ISBN 978-88-95608-64-8; ISSN 2283-9216



The Italian Association
of Chemical Engineering
Online at www.aidic.it/cet

Sound barriers management in process safety: Bow-Tie
approach according to the first official AIChE - CCPS
guidelines

Luca Fiorentini ^{*a}, Luca Marmo ^b

^a TECSA S.r.l.

^b Politecnico di Torino
luca.fiorentini@tecsasrl.it



CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS

VOL. 67, 2018

Guest Editors: Valerio Cozzani, Bruno Fabiano, Davide Manca
Copyright © 2018, AIDIC Servizi S.r.l.
ISBN 978-88-95608-64-8; ISSN 2283-9216



The Italian Association
of Chemical Engineering
Online at www.aidic.it/cet

“Offshore Directive” on Major Accidents: a barrier-based
safety management system built on shared ontologies and
taxonomies. Real applications in Italy

Luca Fiorentini^a, Giovanni Pinetti^a, Rosario Sicari^a, Marta Farinella^a, Luca Marmo^b

^a TECSA S.r.l.

^b Politecnico di Torino
giovanni.pinetti@tecsasrl.it

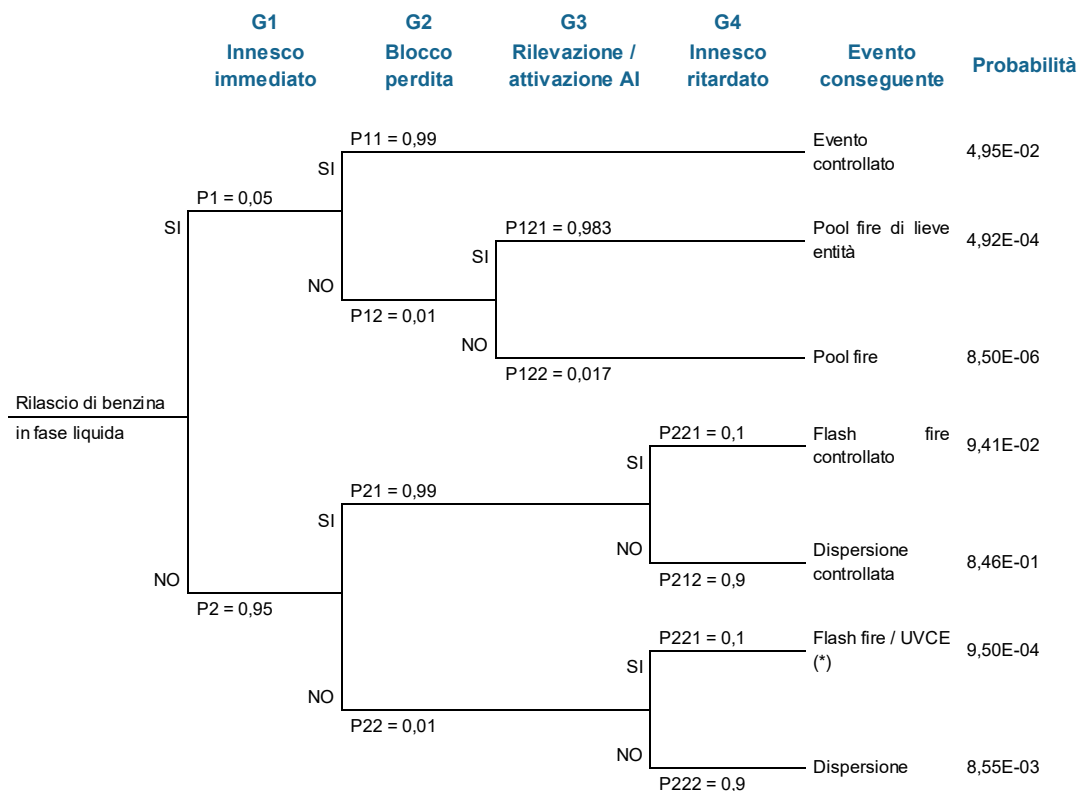




TORINO 8-9 GIUGNO 2018

**PREV
IN
TO18**

Da albero degli eventi...

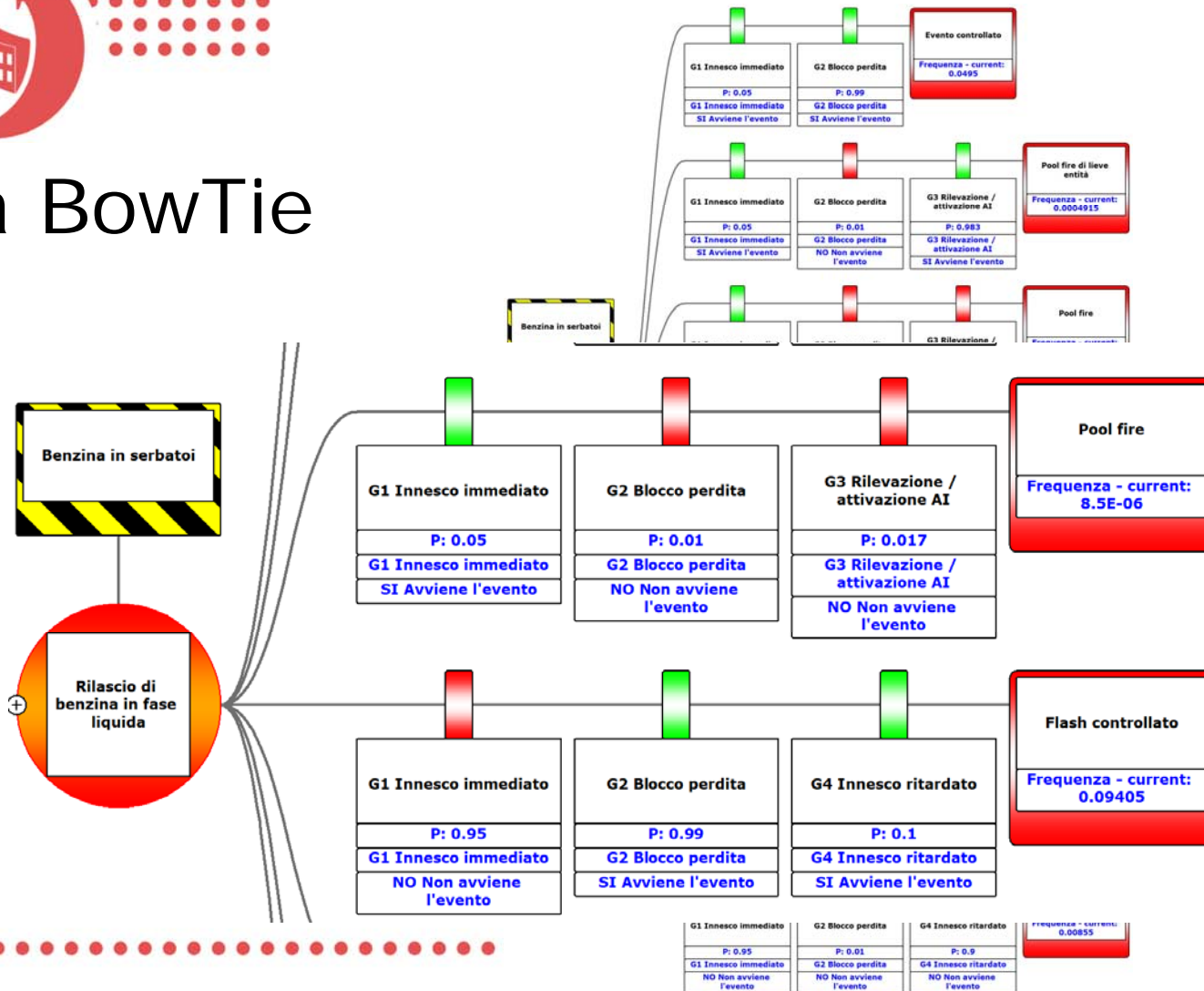




TORINO 8-9 GIUGNO 2018

**PREV
IN
TO18**

... a BowTie

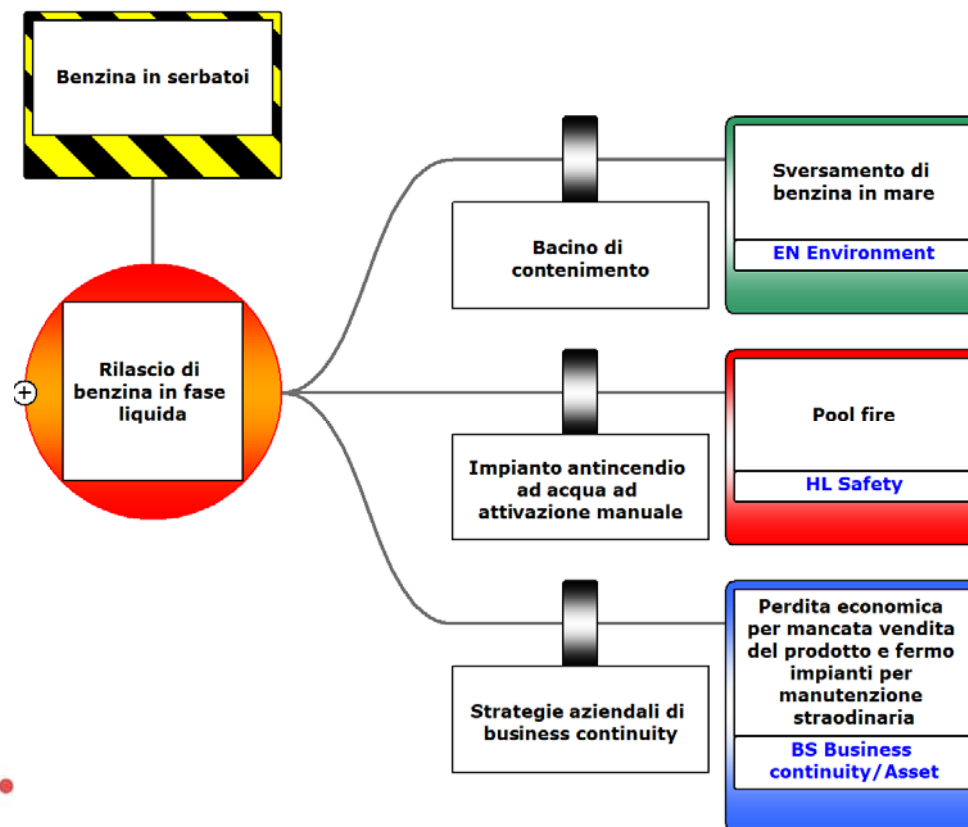




TORINO 8-9 GIUGNO 2018

**PREV
IN
TO18**

Tipi di conseguenze in un BowTie

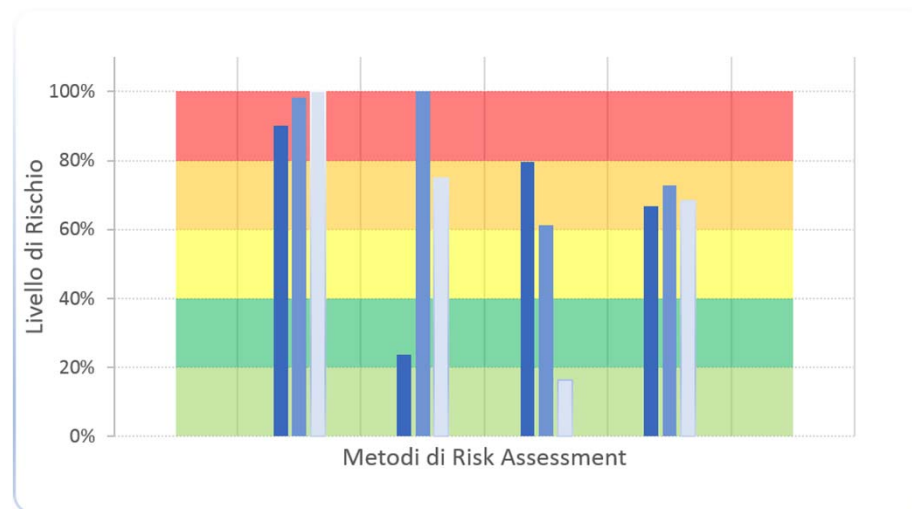
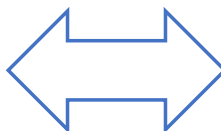
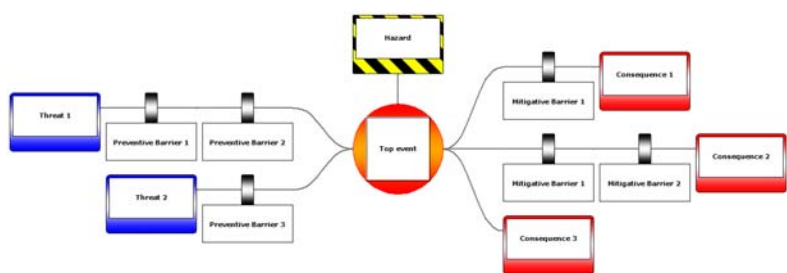




TORINO 8-9 GIUGNO 2018

PREV
IN
TO18

Bow-Tie & Indicizzazione del Rischio

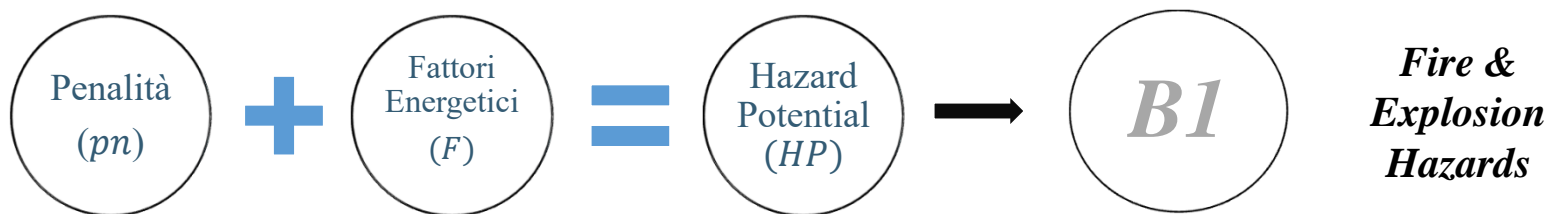




TORINO 8-9 GIUGNO 2018

**PREV
IN
TO18**

SW&HI: Safety Weighted Hazard Index



$HP = f(\text{Parametri di processo, sostanze, condizioni operative e strutturali impianto})$

Fattori di Credito A

- Piano per le Emergenze
- Sistemi di controllo/emergenza
- Sistemi di rilevamento
- Caratterizzazione tipo processo
- Caratteristiche operatore
- Affidabilità apparecchiature

$$SW\&HI = B1/A$$

<i>Indice</i>	<i>Livello di rischio</i>
>20	Estremo
10 ÷ 20	Alto
5 ÷ 10	Moderato
1 ÷ 5	Basso
0 ÷ 1	Lieve



TORINO 8-9 GIUGNO 2018

**PREV
IN
TO18**

Unità Logica

1. Suddivisione dell'impianto in Unità Logiche
2. Individuazione della sostanza 'chiave' pericolosa
3. Caratteristiche speciali della sostanza
4. Pericoli Generali dell'unità
5. Pericoli Speciali dell'unità
6. Caratterizzazione strutturale del sito

Key Material

- Sostanze: pericolo di F&E, rilascio tossico

Penalità

- Tipologia di processi
- Condizioni operative

Crediti

- Sistemi prevenzione & protezione
- SGS Antincendio

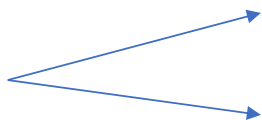
Indice di Rischio



TORINO 8-9 GIUGNO 2018

**PREV
IN
TO18**

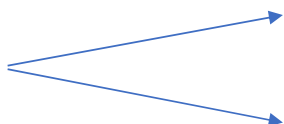
Penalità



Aumentano il livello di Rischio

- Sostanze
- Caratteristiche strutturali
- Caratteristiche del processo

Crediti



Diminuiscono il livello di Rischio

- Livello di protezione delle apparecchiature e personale
- Sistemi di prevenzione/controllo
- Sistem di gestione della sicurezza



TORINO 8-9 GIUGNO 2018

PREV
IN
TO 18

Caso studio: Thyssen-Krupp

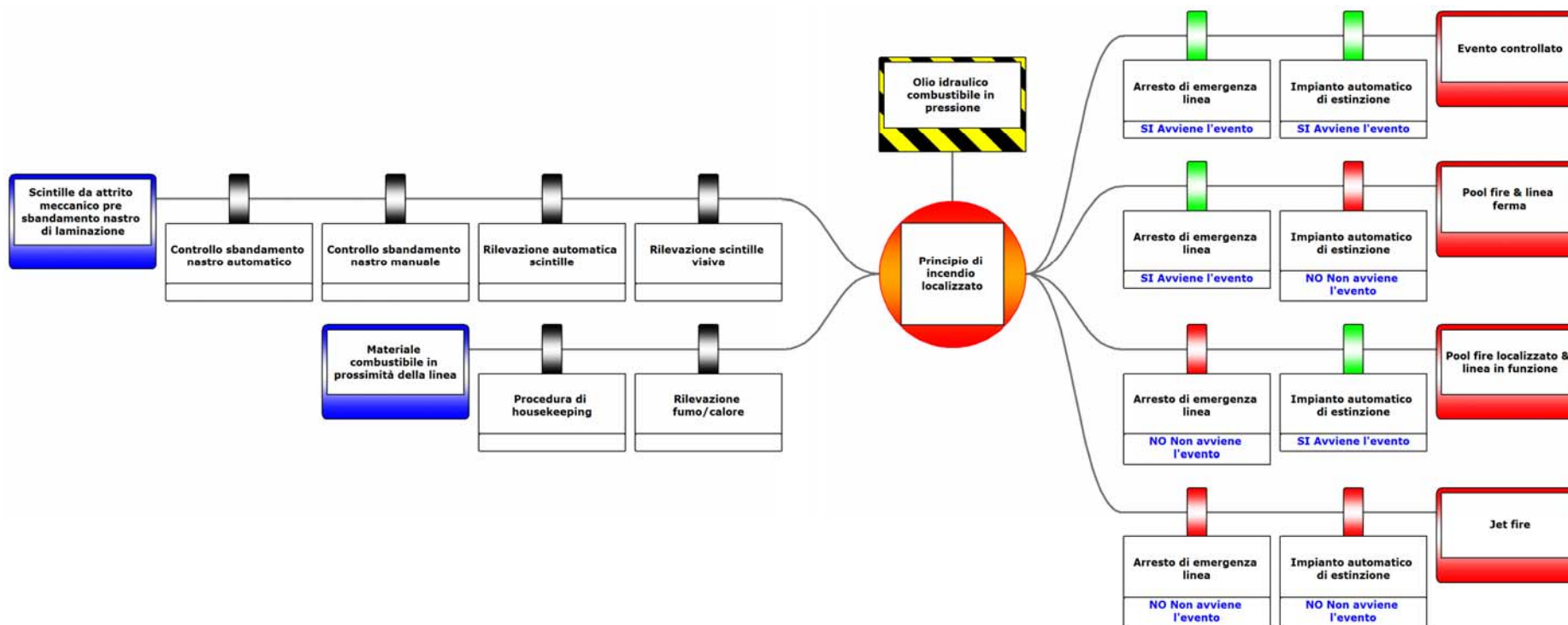
- **Evento:** Jet Fire
- **Pericolo:**
 - Olio idraulico in pressione
- **Cause dirette:** Sbandamento nastro di laminazione, scintille meccaniche, principio di incendio materiali combustibili
- **Stato delle Barriere**
 - Assenza di addestramento personale in caso di Emergenza;
 - Assenza di HAZID
 - Assenza di Arresto automatico/sistema di spegnimento automatico





TORINO 8-9 GIUGNO 2018

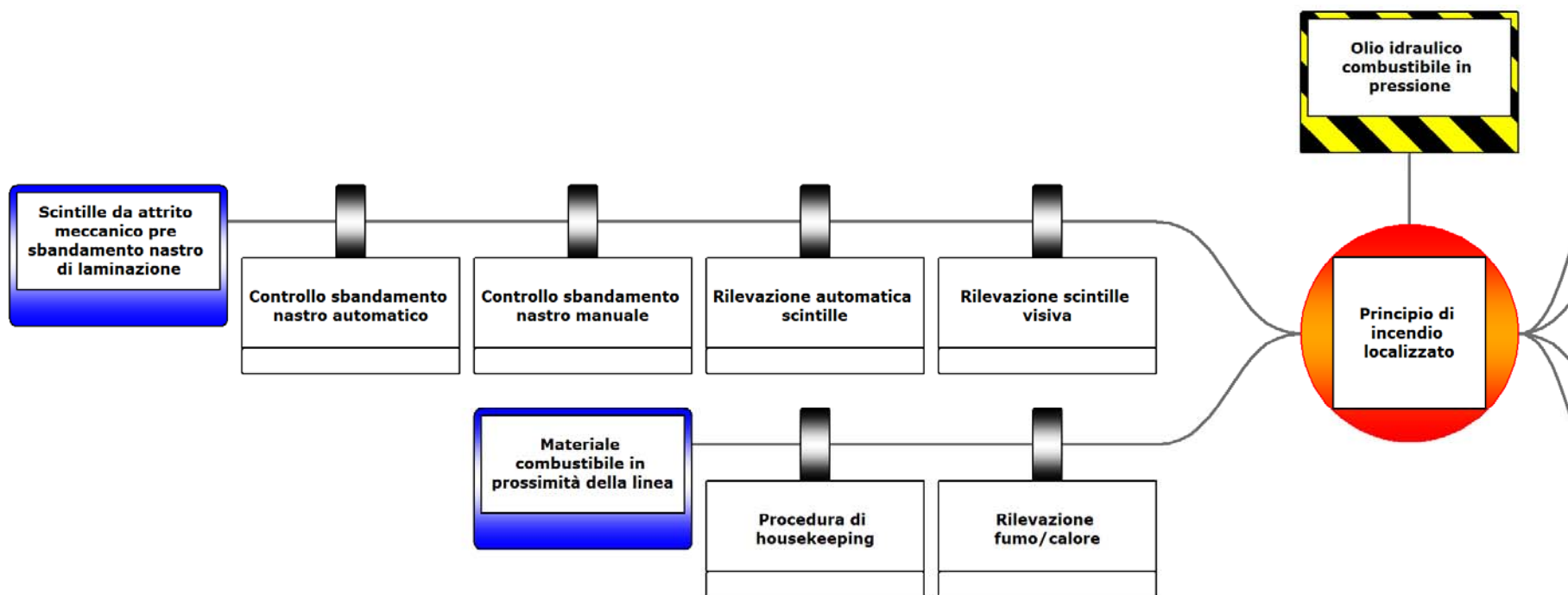
PREV
IN
TO 18





TORINO 8-9 GIUGNO 2018

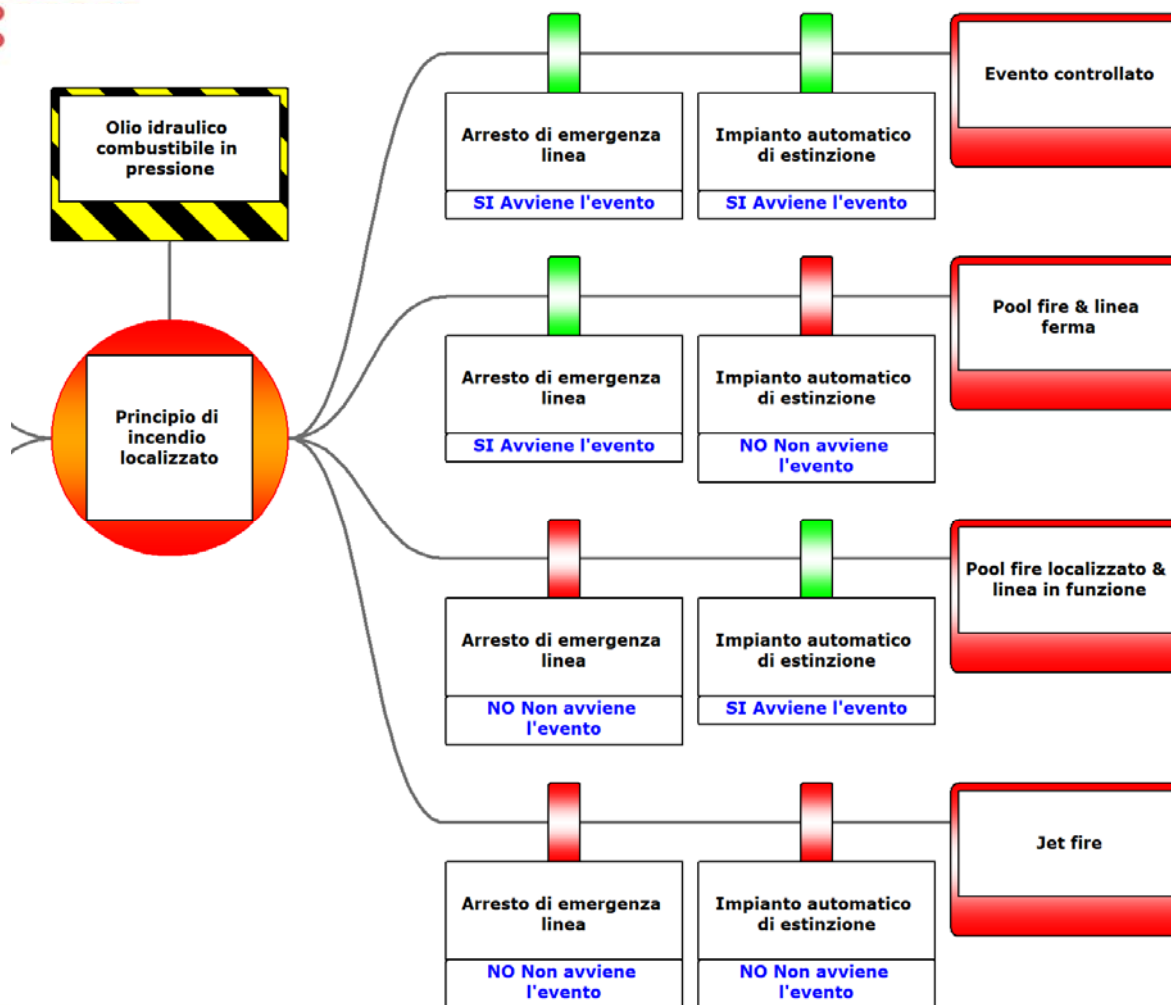
**PREV
IN
TO 18**





TORINO 8-9 GIUGNO 2018

PREV
IN
TO18



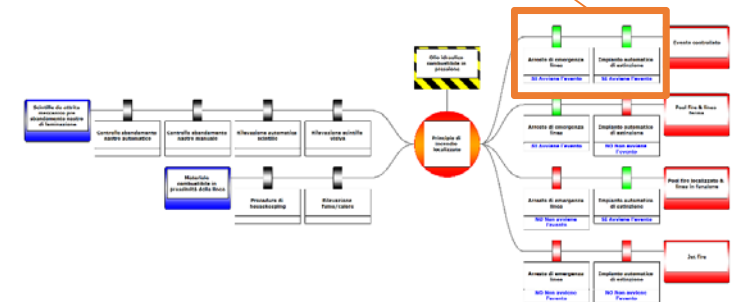


TORINO 8-9 GIUGNO 2018

**PREV
IN
TO18**

Barriere mitigative

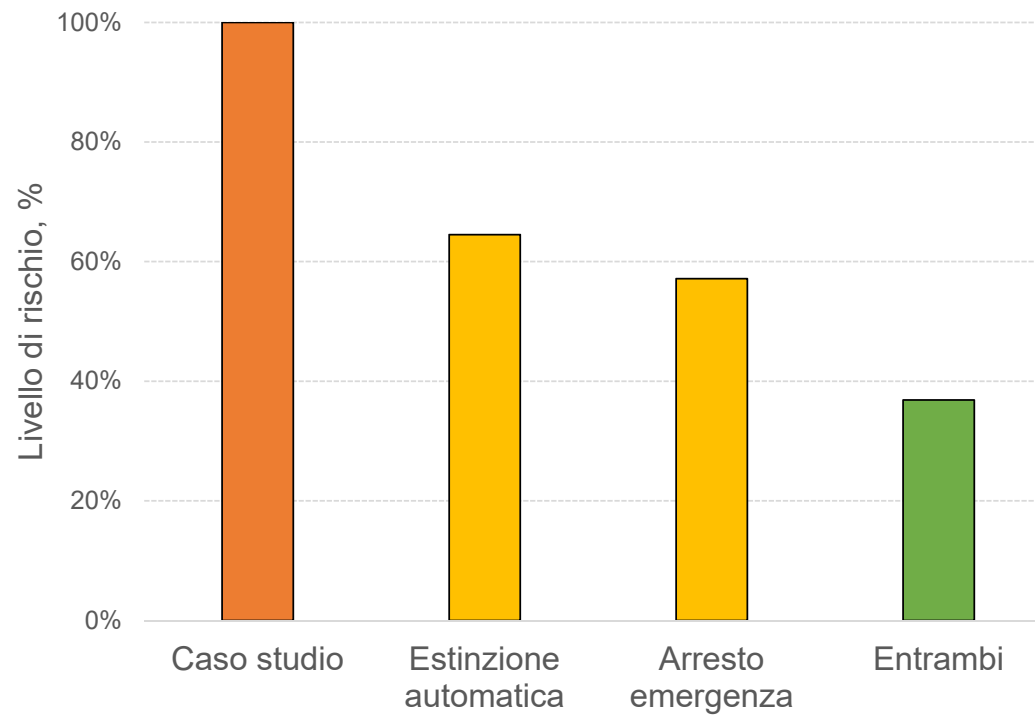
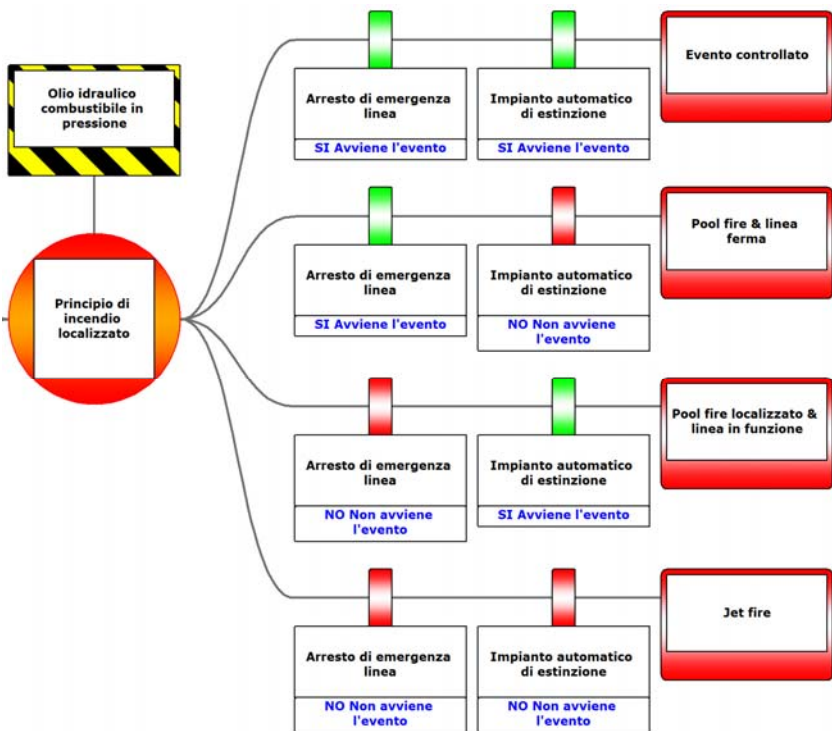
- Piano per le Emergenze
- Sistemi di controllo/emergenza
- Sistemi di rilevamento
- Automatizzazione del processo
- Caratteristiche operatore
- Affidabilità apparecchiature





TORINO 8-9 GIUGNO 2018

PREV
IN
TO18





TORINO 8-9 GIUGNO 2018

PREV
IN
TO18

Sviluppo METODO
FLAME-IMPIANTI

SW&HI

- ✓ Calcolo differenziato in base al **tipo di Unità**;
- ✓ Penalità delle condizioni operative (T, p, ...) correlate al tipo di sostanza
- ✓ **Fattori Energetici (F)** definiti per Fluidi, ma **adattabili per Solidi**
- ✓ SW&HI carente per valutazione di **unità con sostanze Solide**
- ✓ Permette **modifiche nella struttura di calcolo.**

Integrazione e modifica
del metodo SW&HI in
FLAME-Impianti

$$HP = (F1 + pn1 + F * pn2 + F4 * pn9 * pn10) * pn3 * pn4 * pn5 * pn6 * pn7 * pn8 * pn_{gr} * pn_{ox} * pn_{exp}$$

- ✓ Valutazione pericoli derivanti da solidi combustibili, ossidanti, esplosivi



TORINO 8-9 GIUGNO 2018

**PREV
IN
TO 18**

Riferimenti bibliografici

*CISAP 8 – International Conference on Safety & Environment in Process & Power Industry
Milano, 12-14 Settembre 2018*

**DEVELOPMENT AND APPLICATION OF FIRE & EXPLOSION RISK INDEX METHODS TO
CHEMICAL PROCESS PLANTS.**

Enrico Danzi^a, Giacomo Bergamo^a, Luca Fiorentini^b, Luca Marmo^a

^a Politecnico di Torino - Department of Applied Science and Technology
^b TECSA S.r.l.

F. I. Khan, T. Husain, and S. A. Abbasi, “*Safety Weighted Hazard Index (SWeHI): A New, User-friendly Tool for Swift yet Comprehensive Hazard Identification and Safety Evaluation in Chemical Process Industries,*” *Process Saf. Environ. Prot.*, vol. **79**, no. 2, pp. 65–80, 2001





TORINO 8-9 GIUGNO 2018

**PREV
IN
TO 18**

Grazie



Tecnofire
DETECTION
by Tecnoalarm

SEBINO
FIRE AND SECURITY

 **NamirialSpa**
Soluzioni Software per l'Edilizia

**FASSA
BORTOLO**
QUALITÀ PER L'EDILIZIA

sacop
PROTEZIONE PASSIVE ATTIVA