

# Corso di aggiornamento Rischio stress lavoro correlato e gestione del fattore umano per la SSL



**ESERCITAZIONE**

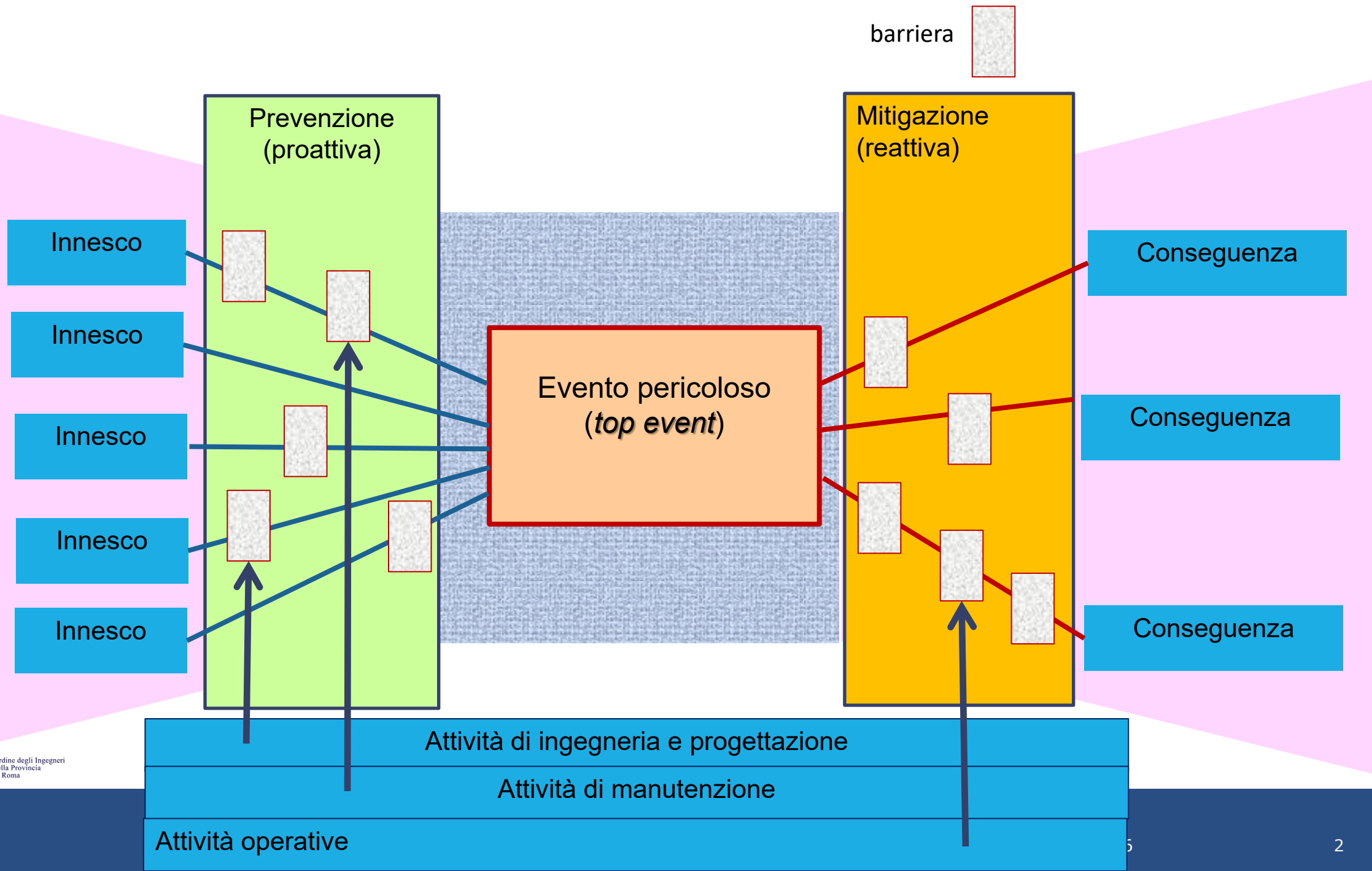
## **Fault Tree Analysis - FTA**

28 gennaio 2026

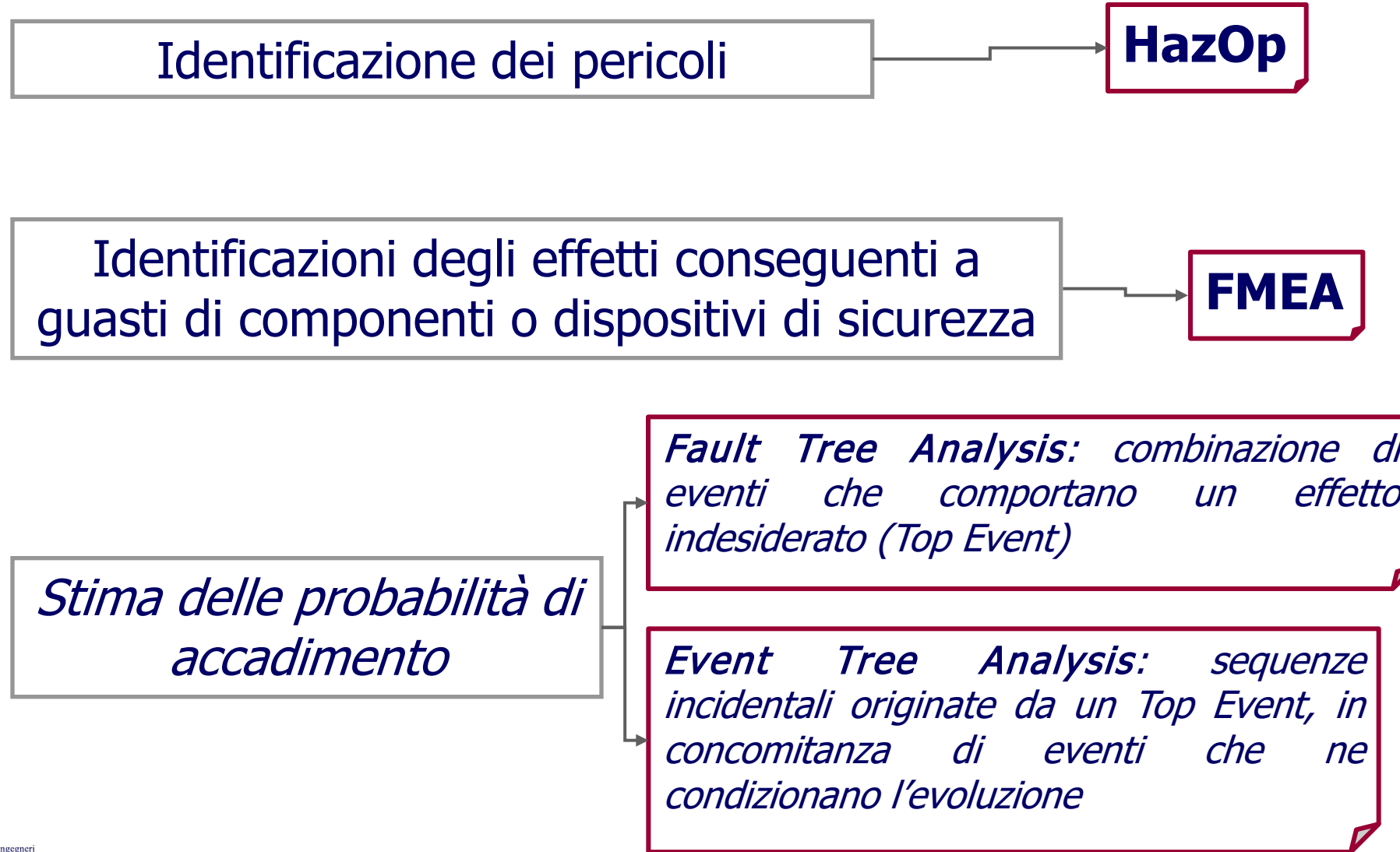
Paolo Fioretti



Ordine degli Ingegneri  
della Provincia  
di Roma

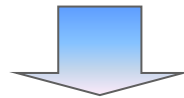


# Analisi dei rischi - strumenti operativi

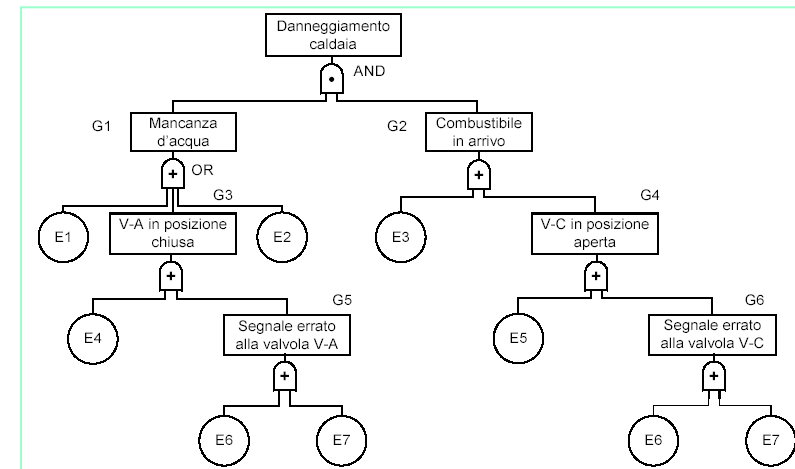


# L'FTA: la metodologia

- E' UN MODELLO GRAFICO/LOGICO ILLUSTRANTE COMBINAZIONI DI ROTTURE CHE DETERMINANO UN GUASTO DI PARTICOLARE INTERESSE (TOP EVENT).
  - OGNUNA DELLE CAUSE IMMEDIATE È ULTERIORMENTE ESAMINATA FINO AD IDENTIFICARE LE CAUSE BASILARI DI OGNI EVENTO DI GUASTO.
  - E' UNA TECNICA DEDUTTIVA CHE:
    - inizia con un incidente o con un evento indesiderabile da evitare;
    - procede identificandone le cause immediate in una fase iniziale.
- **«TOP-DOWN»**



L'albero finale mostra le relazioni logiche fra gli eventi di base e l'evento principale selezionato per l'analisi



# L'FTA : caratteristiche

**Obiettivi:** identificazione della sequenza logica di cause iniziali e intermedie per determinare la possibilità di accadimento di un evento.

**Metodologia:** è una tecnica per l'analisi di sistemi complessi basata su una traslazione grafica delle relazioni logiche fra eventi di guasto che, col loro verificarsi, portano alla realizzazione di un evento di particolare interesse.

**Pro:** capacità di analizzare l'evento principale studiando le possibili combinazioni di eventi intermedi; individuazione degli elementi critici che più favoriscono l'incidente; possibilità di individuazione degli errori umani e delle cause comuni di guasto.

**Contro:** onere nell'applicazione dettagliata difficoltà di elaborazione nel caso di sviluppi paralleli e contemporanei o cause comuni di guasto; soggettività nella valutazione di alcune opzioni.

# FTA: Definizioni\*

**EVENTI PRINCIPALI:** SITUAZIONI DI PERICOLO GENERALMENTE IDENTIFICABILI MEDIANTE TECNICHE DI VALUTAZIONE DEI RISCHI QUALI WHAT IF, HAZOP, ETC.

**GUASTI/EVENTI BASE:** RAPPRESENTANO ROTTURE DEI COMPONENTI O ERRORI UMANI.

**NEAR MISS\***

ROTTURE: sono i malfunzionamenti che richiedono la riparazione del componente prima che possa riprendere il corretto funzionamento.

GUASTI: sono i malfunzionamenti destinati ad estinguersi autonomamente al momento del ripristino delle condizioni di funzionamento di progetto.

**Ipotesi: I componenti possono assumere soltanto due stati**

Funzionamento regolare  $\Rightarrow$  Prestazioni = 100%

Malfunzionamento = guasto  $\Rightarrow$  Prestazioni = 0 %

\* FAULT non solo un guasto

# L'FTA: Tipologie di guasti

G. PRIMARI: SI VERIFICANO QUANDO UN COMPONENTE OPERA NELL'AMBIENTE CUI È DESTINATO (CONDIZIONI DI PROGETTO).

G. SECONDARI: accadono quando il componente non opera nelle condizioni di progetto. Non sono responsabili della rottura dei sistemi e degli impianti.



G. DI COMANDO: sono malfunzionamenti del sistema in cui il componente è stato inserito. Il suo malfunzionamento è dovuto ad un effetto/azione non richiesto dal sistema albero dei guasti.

# L'FTA: le variabili

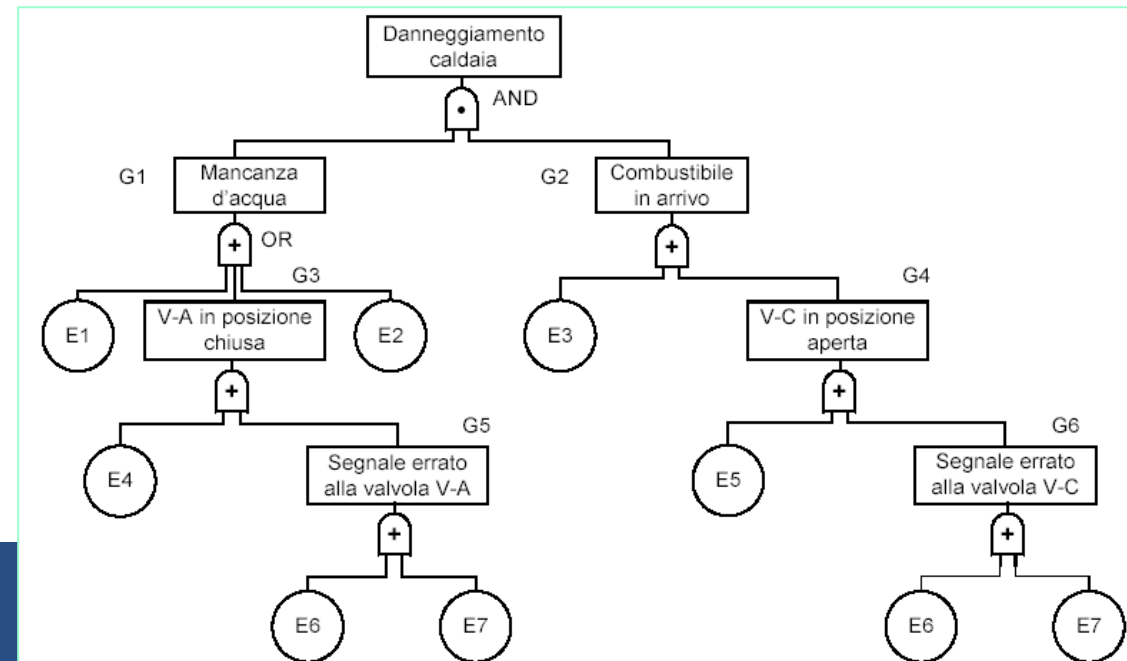
**Cut Set:** Lista delle combinazioni (failure list) che possono determinare l'evento principale in esame.

**Minimal Cut Set (MCS):** è definita la più **probabile** combinazione di rotture che, accadendo contemporaneamente, in sequenza, determinano l'evento principale (Top Event). Esempi di Eventi e Modalità di guasto nel minimal cut set sono la rottura delle attrezzature, gli errori umani, etc.

**Top Event (TE):** evento principale le cui conseguenze **potenziali** sono di primaria importanza\*

**Gates:** operatori logico nel quale si combinano le sequenze di Fault secondo regole probabilistiche: definiscono la relazione logica tra gli eventi di input (le cause) e l'evento di output (l'effetto o l'evento di livello superiore). In termini semplici, il gate determina quante e quali condizioni devono verificarsi affinché il guasto si propaghi verso l'alto nell'albero.

\* trattando di near miss





# L'FTA : pro e contro

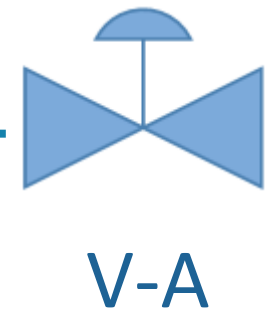
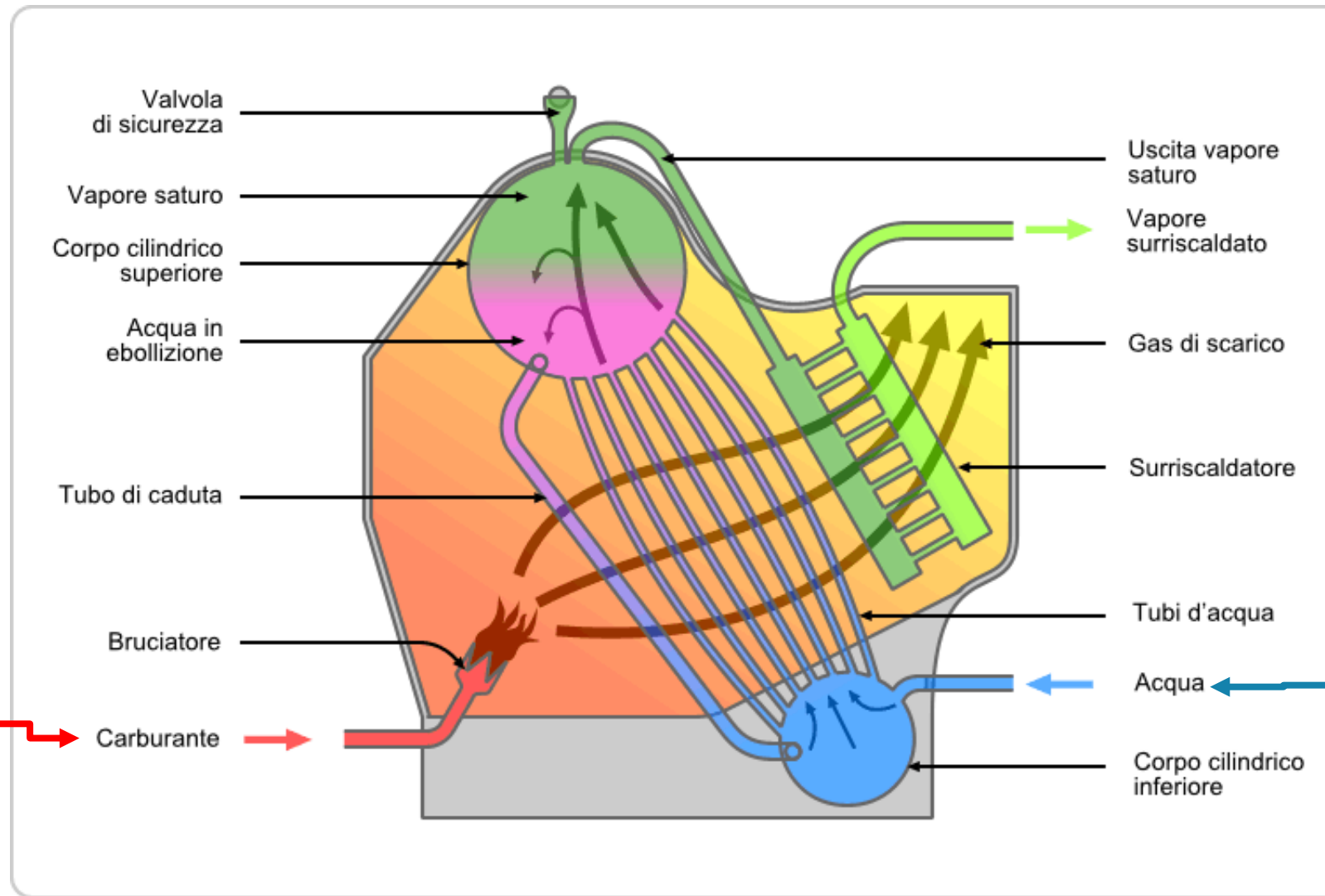
## Vantaggi:

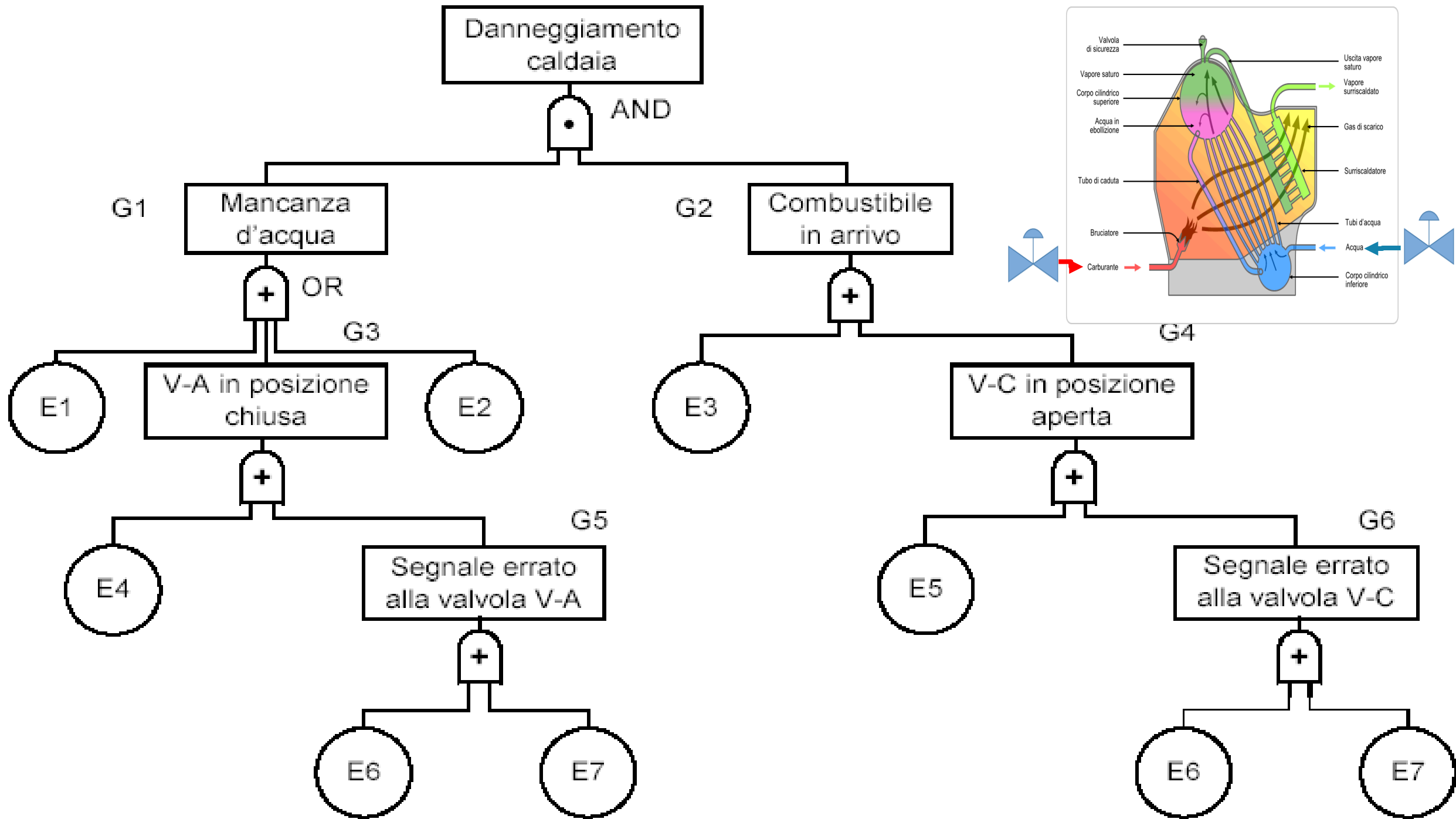
- ↵ Individua i punti critici che favoriscono di più un potenziale incidente
- ↵ Consente di individuare gli interventi di prevenzione per ridurre il rischio
- ↵ Utile per lo studio degli errori umani e delle cause comuni di guasto
- ↵ Il risultato qualitativo è potenzialmente anche quantitativo

## Svantaggi:

- ↵ Può essere molto oneroso in termini di risorse se applicato dettagliatamente

## Esempio: generatore di vapore a tubi d'acqua





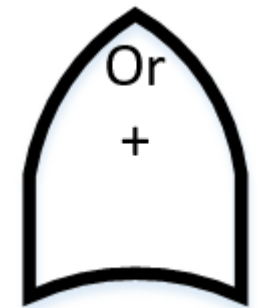
# Valutare le probabilità di accadimento

p (probabilità) compresa tra 0 e 1

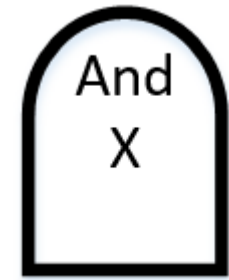
(n.b.  $p = \text{numero dei Fault} / \text{numero dei Fault possibili o registrati in alternativa frequenza numero di Fault/anno}$ )

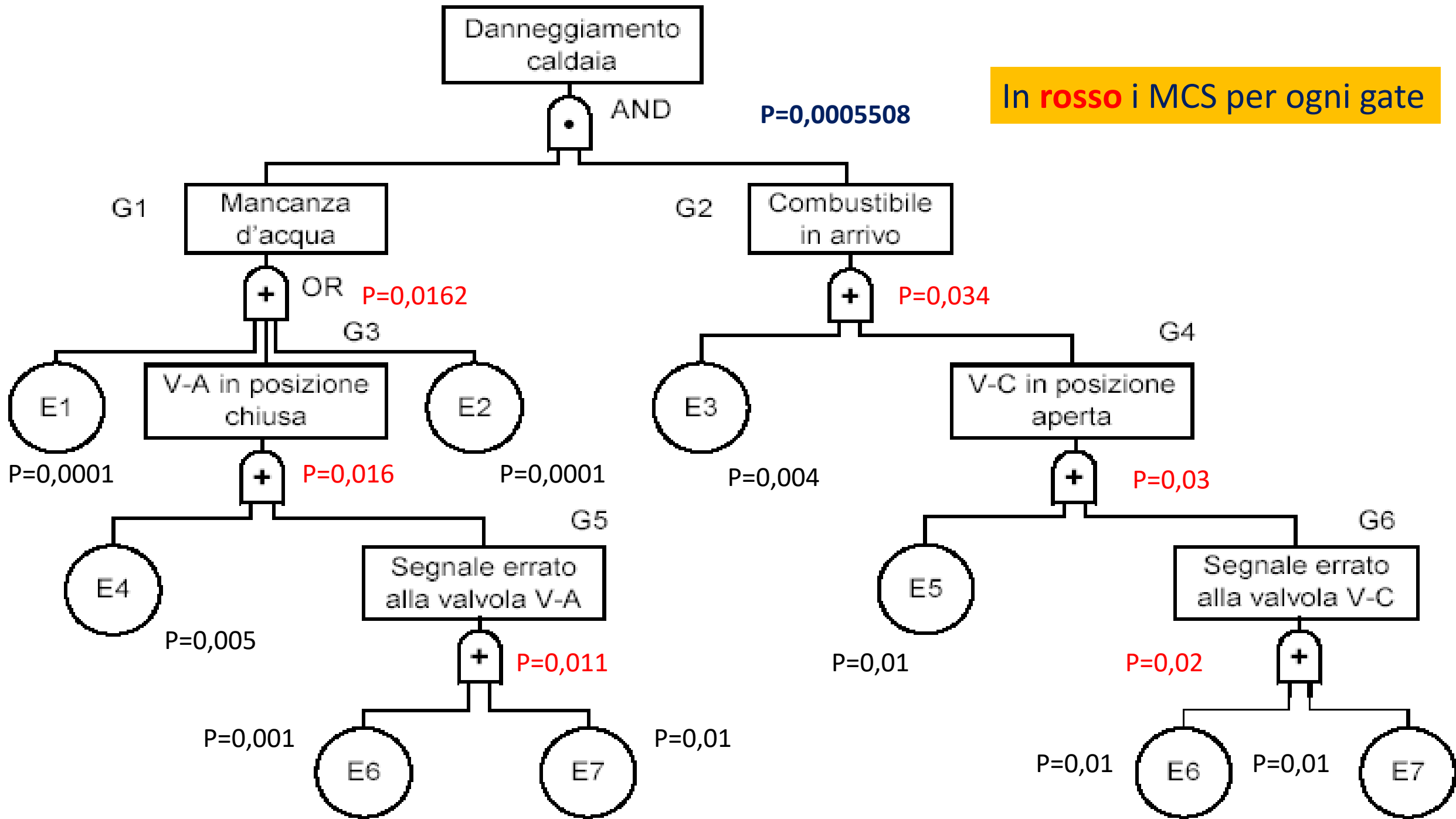
## Regole di combinazione nelle Porte (Gate)

-eventi indipendenti:  $P = P_1 + P_2$ :



-eventi necessari=  $P = P_1 \times P_2$

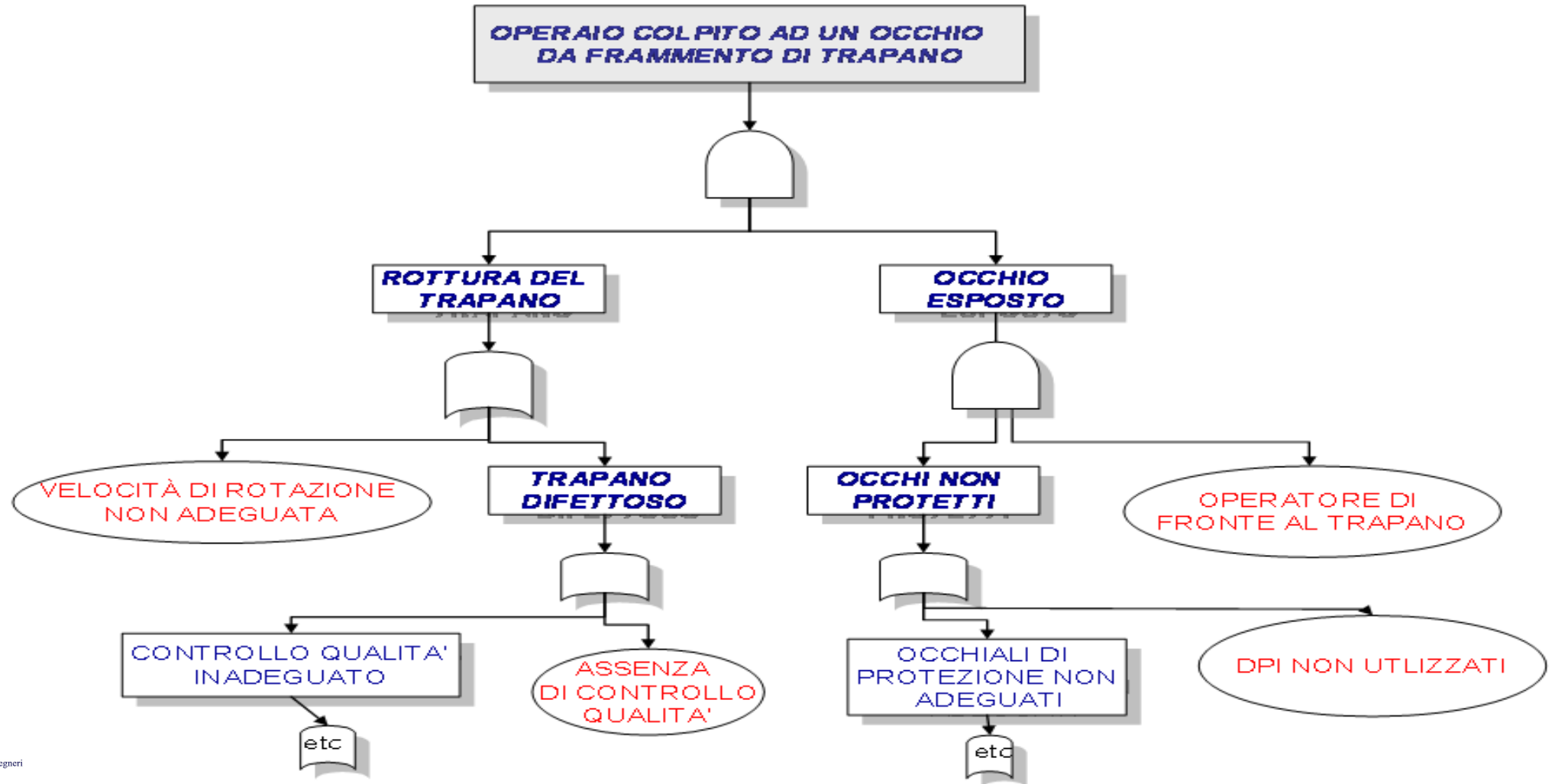




## Esempi di probabilità (da banche dati)

- mancanza alimentazione elettrica: 0,01
- guasto valvole di controllo: 0,002
- mancato allarme (automatico): 0,0001
- mancato intervento operatore: 0,1
- mancato intervento PSV 0,00001

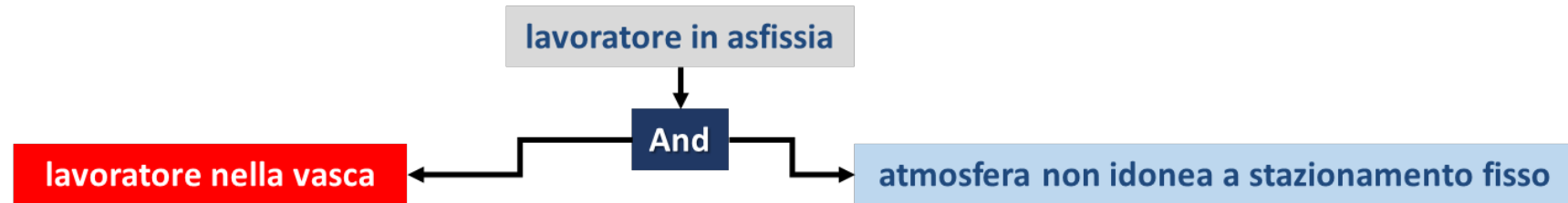
## Risalire alle cause radice



# Incidenti e cause radice

## Caso

Lavoratore sviene all'interno di vasca di fanghi da verniciatura. Viene recuperato dall'interno senza conseguenze ma con un principio di asfissia.

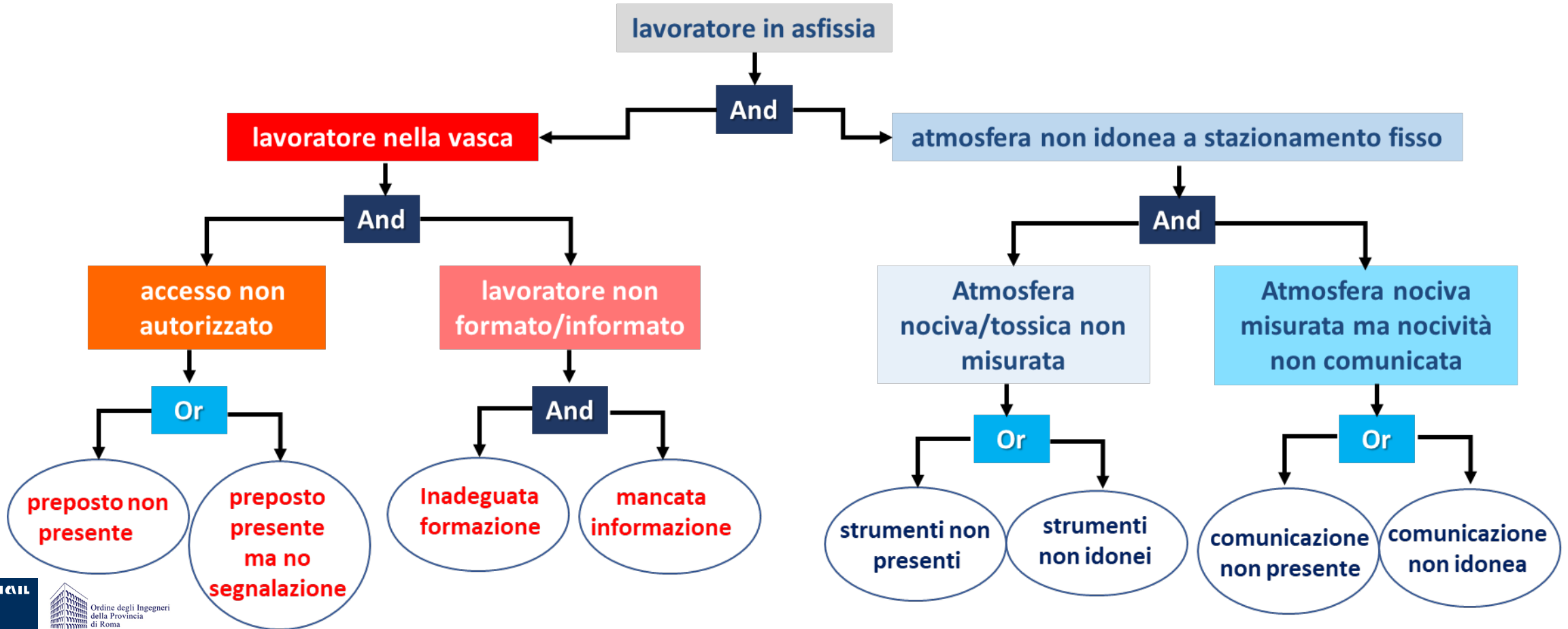




# Incidenti e cause radice

## Caso

Lavoratore sviene all'interno di vasca di fanghi da verniciatura. Viene recuperato dall'interno senza conseguenze ma con un principio di asfissia.



# *Ora i «near miss»*

*Paolo Fioretti*

INAIL

E-mail: [p.fioretti@inail.it](mailto:p.fioretti@inail.it)