

CORSO DI AGGIORNAMENTO  
RISCHIO STRESS LAVORO CORRELATO E GESTIONE DEL FATTORE UMANO PER LA SSL



28 gennaio 2026

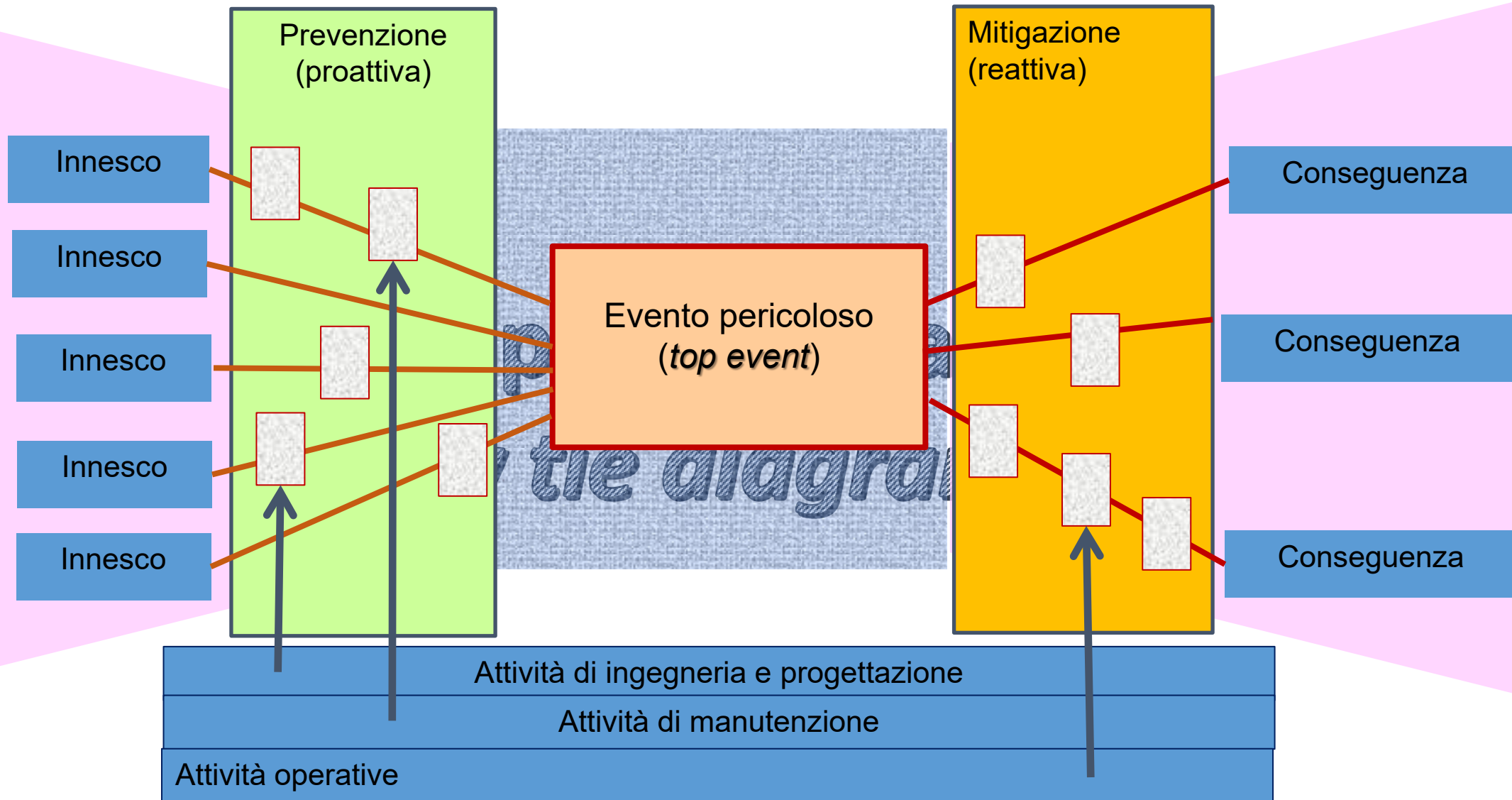


## **ANALISI DEGLI INCIDENTI, NEAR MISS ED ERRORI UMANI**

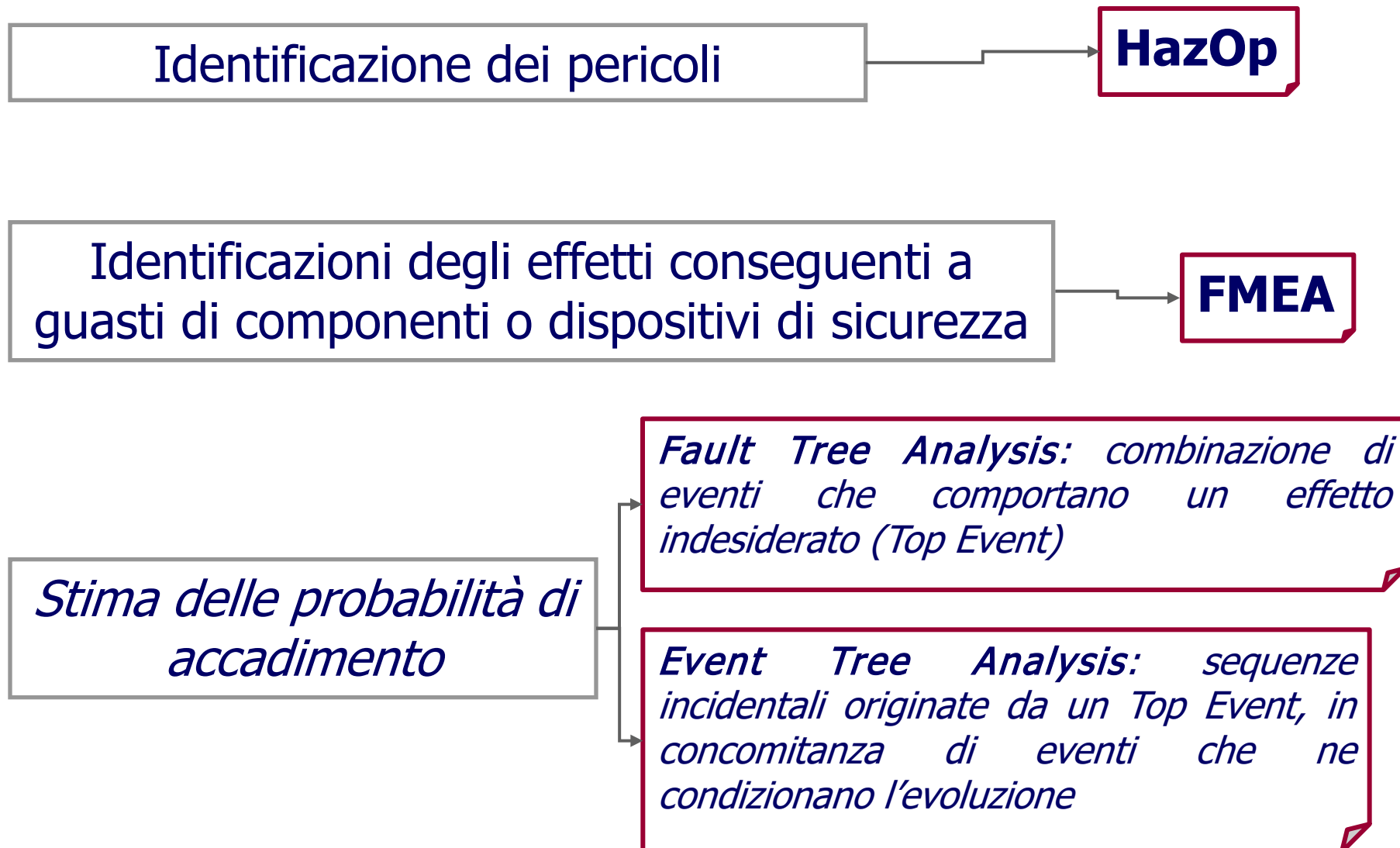
### **1- Panoramica**

Paolo Fioretti  
INAAIL

Pericoli e minacce



# Gli strumenti operativi



# **Hazard and Operability Analysis - HAZOP**

# HAZOP: caratteristiche

**Obiettivi:** identificazione sistematica delle cause e delle conseguenze dovute a possibili deviazioni del funzionamento dai valori di progetto. Definizione delle azioni da intraprendere per l'evidenziazione ed il contenimento delle conseguenze.

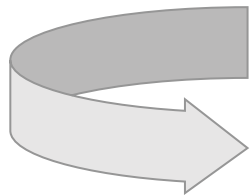
**Metodologia:** analisi sistematica di specifici punti dell'impianto (componenti o procedure operative). Per ciascuno si considerano le possibili deviazioni dai valori di progetto.

**Pro:** affidabilità, qualità e completezza. È la tecnica più completa. Capacità di individuare anche sorgenti di rischio legate a sequenze di eventi. Output chiaro e completo.

**Contro:** composizione eterogenea del team con conoscenze relative a: progettazione, processo, materiali, chimica, tossicologia. Risorse umane. Tempi e costi elevati.

# L'HAZOP: obiettivi

1. E' stata sviluppata inizialmente per l'identificazione dei pericoli connessi con tecnologie innovative.
2. Consente di identificare e valutare **pericoli inerenti la sicurezza di sezioni di processo** che possono compromettere la capacità dell'impianto di raggiungere le prestazioni predefinite.



Scopo dell'HAZOP è la revisione di processi industriali e di procedure operative in modo da definire se le deviazioni del processo dalle condizioni di progetto possono determinare conseguenze indesiderabili.

Il risultato è l'individuazione delle cause potenziali, delle conseguenze delle deviazioni, delle misure di sicurezza esistenti a protezione.

Possono essere formulate raccomandazioni a sviluppare studi più approfonditi su aree dove non è stato possibile giungere a conclusioni per mancanza di dettagliate informazioni.

## L'HAZOP: caratteristiche

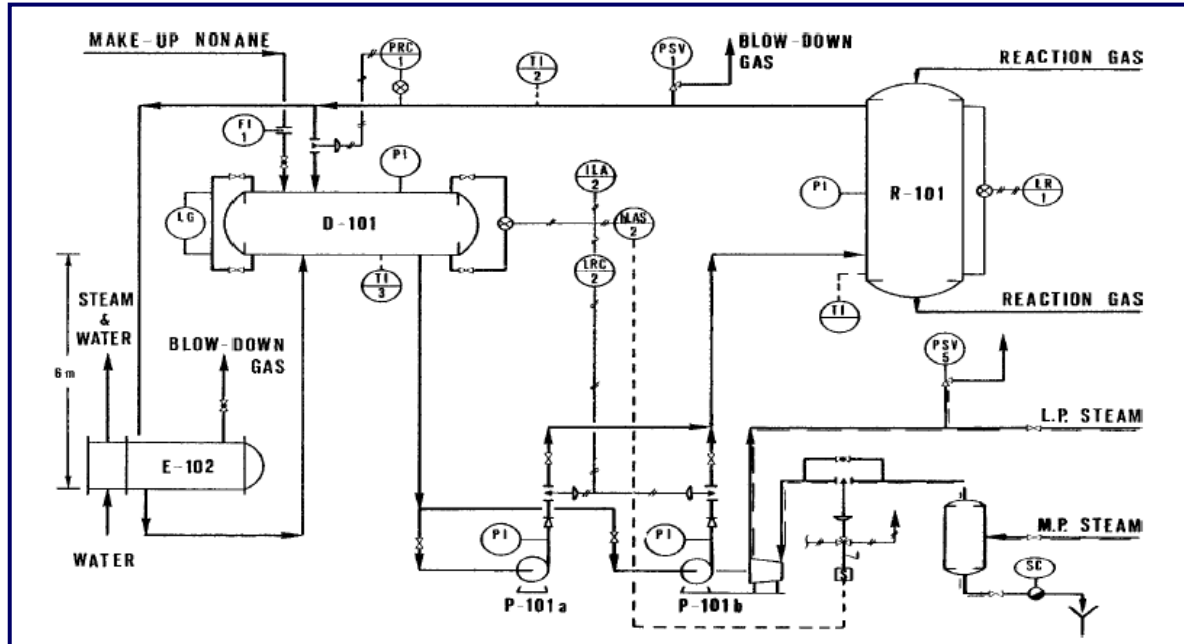
1. Identifica gli eventi iniziatori della condizione peggiore ipotizzabile.
2. E' una tecnica induttivo-deduttiva
3. Il risultato consiste nell'identificazione dei rischi e dei problemi operativi.
4. E' particolarmente adatta per l'industria di processo e ottima dal punto di vista economico se applicata ad un nuovo impianto.
5. Il team deve essere composto da 5-7 tecnici.



E' un metodo molto articolato che garantisce un alto livello di completezza;  
Non studia solo i singoli items ma anche le loro interrelazioni con la struttura;

# L'HAZOP: risorse richieste

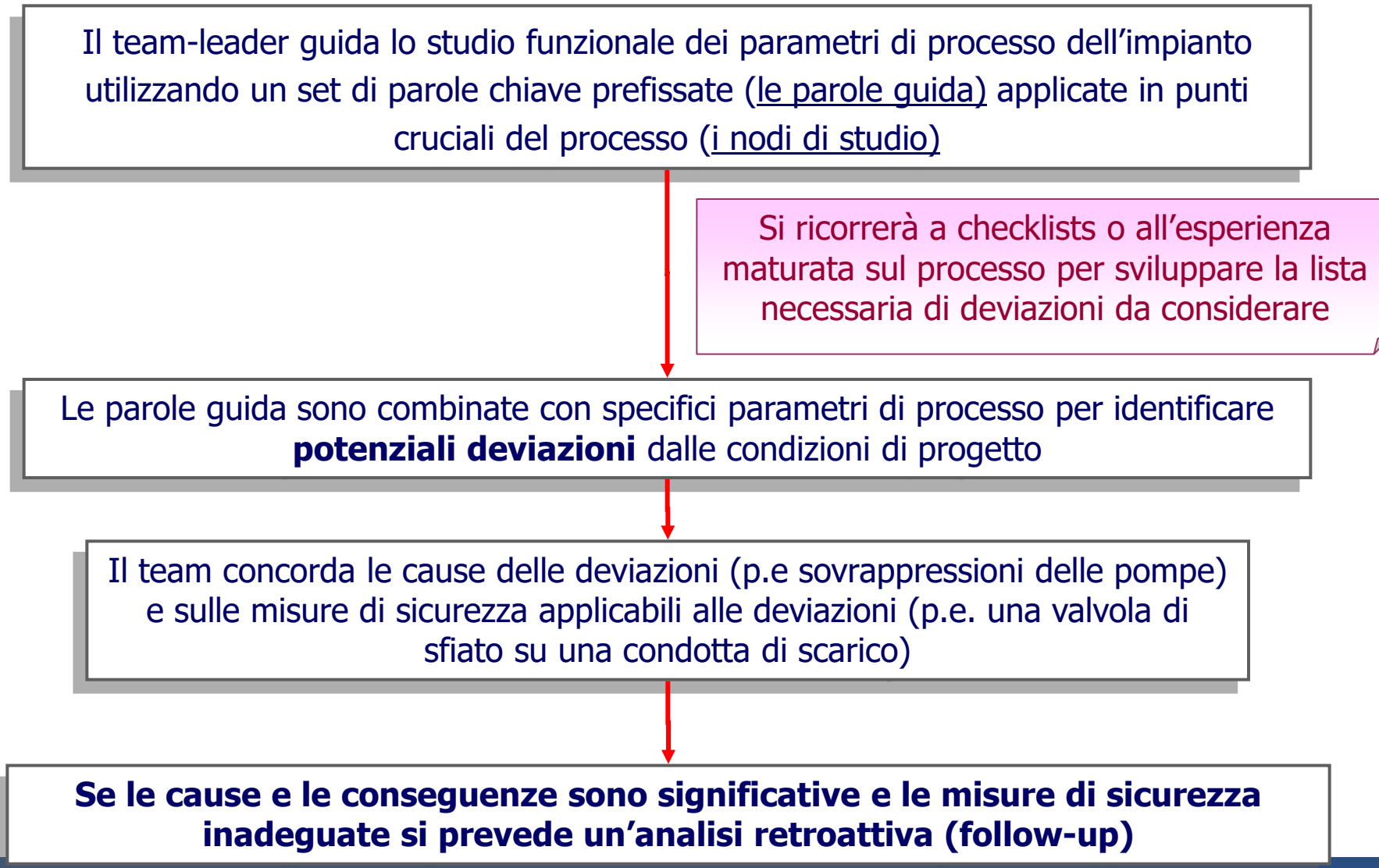
1. Accurati ed aggiornati diagrammi P&I o documenti tecnici equivalenti ed altre dettagliate informazioni inerenti i processi e le procedure operative



2. Una profonda conoscenza del processo, della strumentazione, e delle modalità di conduzione dell'impianto. Tali informazioni sono generalmente fornite dai membri del team con attinenza alle relative aree di competenza.



# L'HAZOP: le fasi di sviluppo

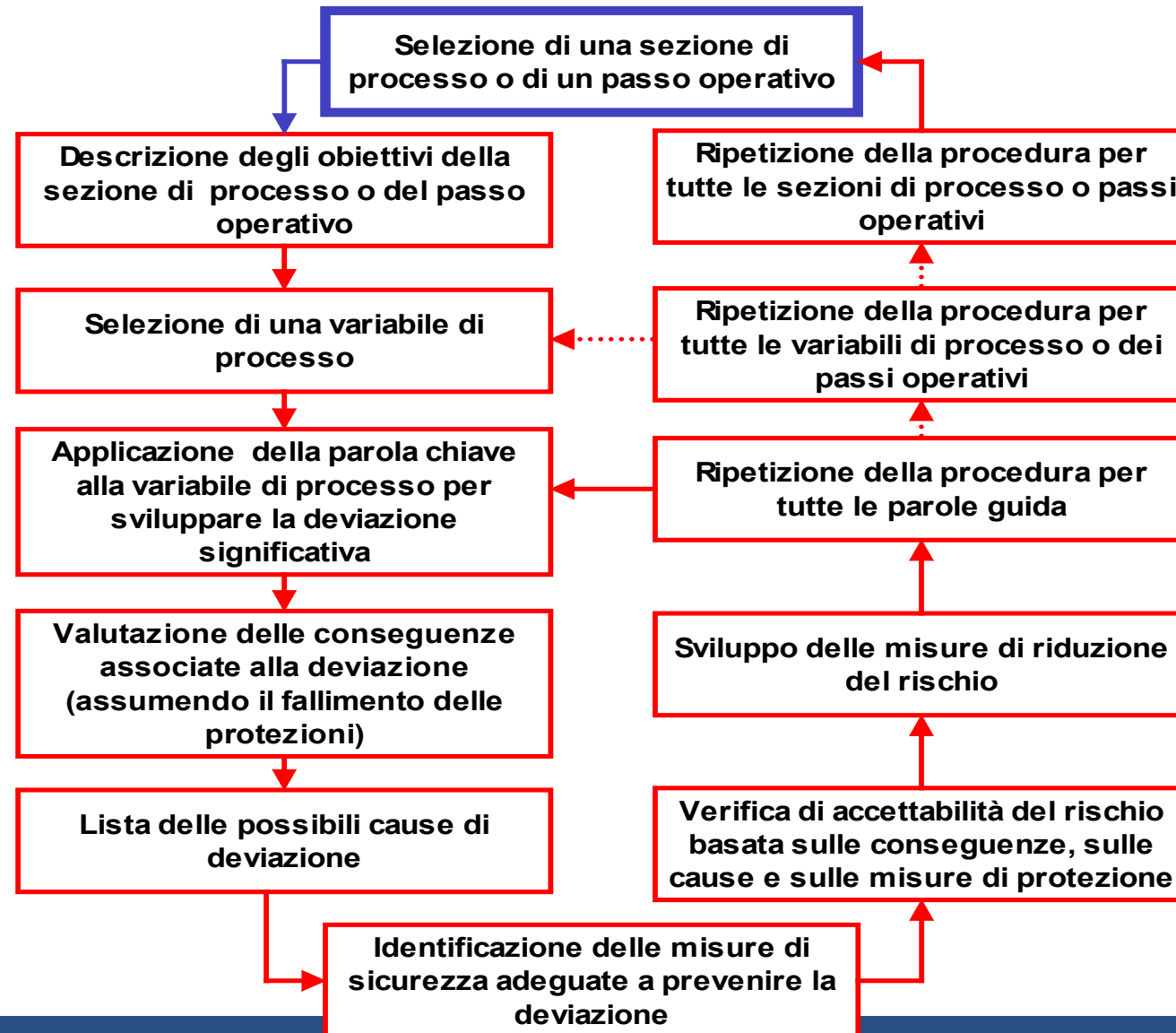


# L'HAZOP: le parole guida

PAROLA GUIDA	DESCRIZIONE
Non	Indica una mancanza: è la negazione completa della funzione prevista
Più' / Troppo / Alto / Superiore a	Aumento di tipo quantitativo di una grandezza, stato fisico o azione
Meno/ Poco / Basso / Inferiore a	Diminuzione di tipo quantitativo
Invece / Altro	Sostituzione; capita qualcosa di completamente diverso da ciò che ci si attendeva

Parole Guida		Parametro		Deviazione
NO	+	FLUSSO	=	<b>NO FLUSSO</b>
MAGGIORE	+	PRESSIONE	=	<b>ALTA PRESSIONE</b>
COME	+	UNA FASE	=	<b>DUE FASI</b>

# L'HAZOP: il diagramma di flusso



# L'HAZOP: modalità di registrazione

Team:.....			<b>Numero di report:.....</b>		
Data Meeting:.....			<b>Numero di revisione:.....</b>		
Descrizione del nodo di studio, sezione di processo o passo operativo. Definizione degli obiettivi progettuali					
Item N.	Deviazione	Causa	Conseguenza	Mis. di Sicurezza	Azione

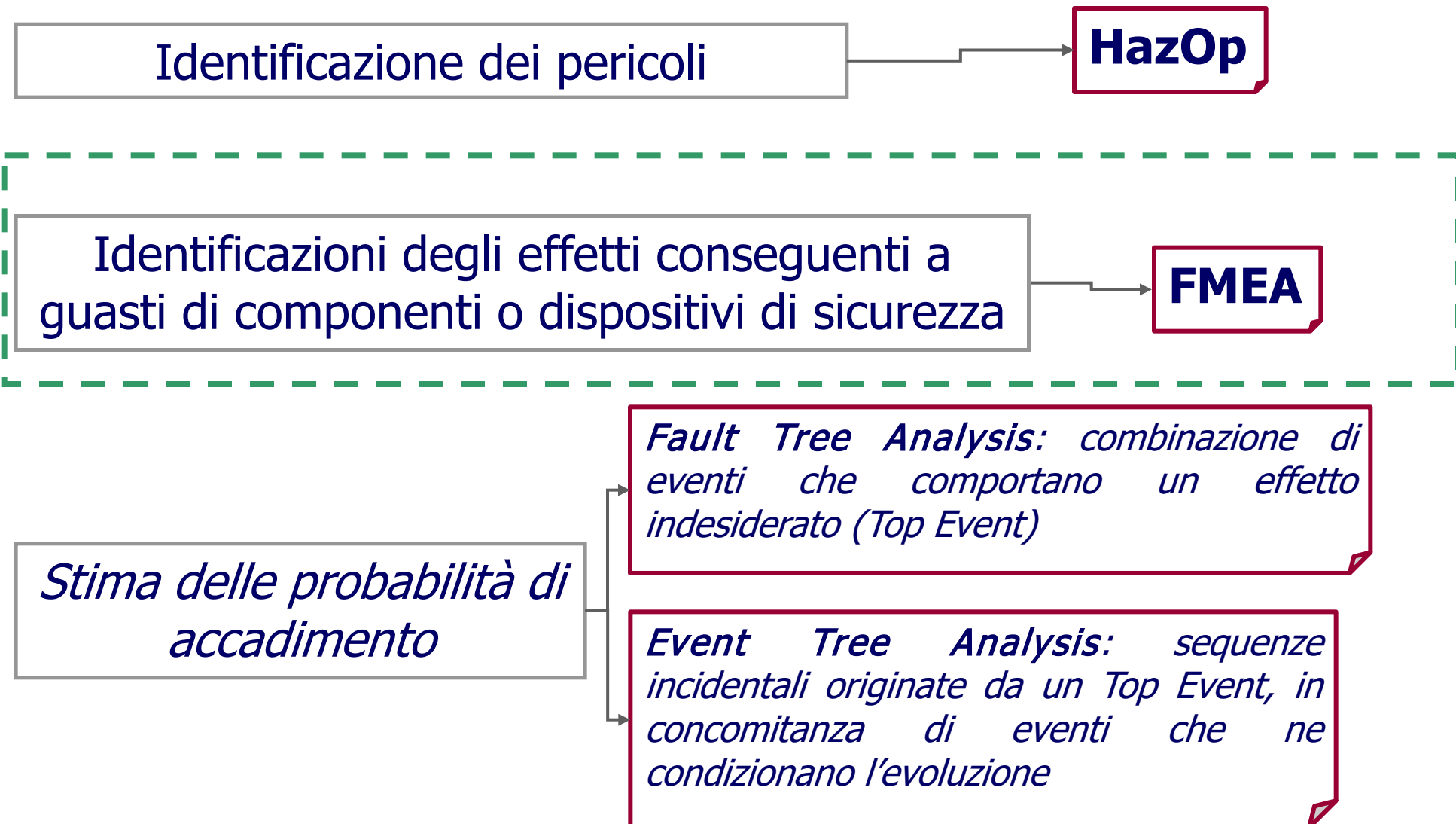
# Esempi di modalità di registrazione

Team:			Numero di report: 1		
Data Meeting: 8 Aprile 2002			Numero di revisione: 1		
Item N.	Deviazione	Causa	Conseguenza	Mis. di Sicur.	Azione
<b>1.0 Serbatoio di accumulo di ammoniaca. Stoccaggio in condizioni di sicurezza a pressione e temperatura ambiente.</b>					
<b>1.1</b>	Elevato Livello	Mancato scarico di ammoniaca dal serbatoio.	Potenziale rilascio di ammoniaca in atmosfera.	Indicatore di livello sul serbatoio.	Revisione del processo di alimentazione di ammoniaca per assicurare volume sufficiente.
		Malfunz. indicatore di livello.		Valvola di sic. per scarico in atmosfera.	Inviare lo scarico di sicurezza in un depuratore (scrubber).
					Inserire un allarme di livello indipendente per il serbatoio.

# Esempi di modalità di registrazione

Item N.	Deviazione	Causa	Conseguenza	Mis. di Sicur.	Azione
<b>3.0 Serbatoio di accumulo della soluzione acida. Contenimento soluzione a condizioni di temperatura e pressione ambiente.</b>					
<b>3.7</b>	Bassa concentraz. di acido fosforico	Bassa concentraz. dell'acido da fornitore.	Presenza di ammoniaca non reagita nel reattore e conseguente invio nel serbatoio di accumulo con possibilità di rilascio nell'area di lavoro.	Procedura di controllo delle fasi di scarico e trasferimento dell'acido.	Procedure di scarico opportune e sistema di identificazione ( <i>labelling</i> )
		Errore nella procedura di carico del serbatoio.		Sensore di presenza di ammoniaca e sistema di allarme.	Verificare la concentrazione di acido fosf. prima del processo.
					Assicurare l'adeguata ventilazione dei locali.

# Gli strumenti operativi



# **Failure Mode Effects and Analysis- FMEA**



# La tecnica FMEA

E' un potente strumento di analisi nel campo di **verifica** (affidabilistico e/o della sicurezza) della qualità di un progetto.

E' una tecnica affidabilistica di tipo induttivo: si analizza il guasto e poi gli eventi che questo può causare

È una tecnica di tipo bottom-up: si parte dalla struttura elementare e si procede verso i livelli superiori, indicando le modalità di guasto e le conseguenze che ne derivano.

La tecnica è **qualitativa**.

L'analisi inizia a **livello di componente**:

1. per determinare cosa potrebbe "andar male"
2. analizza le cause
3. valuta quali sono gli effetti sul sistema.

# FMEA: caratteristiche

**Obiettivi:** individuazione, tramite un metodo sistematico, delle cause che possono originare il guasto di un componente e degli effetti che tali guasti possono provocare sul sistema complessivo.

**Metodologia:** si applica in modo sistematico ad ogni componente dell'impianto. Occorre conoscere anche le interazioni tra i singoli componenti del sistema analizzato, nonché i legami tra: apparecchiatura–sistema di alimentazione–strumentazione.

**Pro:** capacità di rilevare singoli eventi. Facilità di comunicazione e di utilizzo dei risultati.

**Contro:** analisi incentrata sul singolo componente. Dipendenza dal team che conduce l'analisi. Eccessiva soggettività delle valutazioni quantitative.

# La FMEA: Campi di applicazione

E' il metodo più diffuso di analisi e di validazione del progetto di un prodotto industriale (elettronico, meccanico, ecc.). E' esplicitamente prevista dalla norma UNI EN 29004 relativa alla garanzia di qualità della progettazione.

La disponibilità di informazioni relative ai modi in cui un oggetto o un impianto può danneggiarsi consente di analizzare e migliorare altre caratteristiche del prodotto **non connesse direttamente alla sicurezza nella fase d'uso.**

L'aggiunta di una **Analisi di Criticità** (FMECA, Failure Mode, Effects and Criticality Analysis) permette di quantificare la gravità degli effetti di ciascun modo di guasto e, di classificare tutti i modi di guasto previsti in base ad un indice di criticità.

# La FMECA: Definizioni

La gravità è l'impatto relativo alla sicurezza e alla prestazione funzionale

**S = 10** → Incidenti di multipla fatalità o un guasto con gravi conseguenze

**S=1** → Danni trascurabili

La frequenza è la probabilità di accadimento

**F = 10** → **Evento certo**

$$\text{Indice di criticità (IdC)} = F \bullet S \bullet R$$

La rilevabilità è indice di quanto il difetto può essere individuato nel processo

**R = 10** → **Evento non rilevabile**

**R=1** → **Evento rilevabile**

# La FMEA: Fasi di sviluppo

Analisi degli effetti di guasto  
(FEA)



Analisi del sistema ed  
identificazione di tutti i  
suoi componenti

Valutazione delle modalità di  
guasto (FMEA)



Stima, per ogni componente  
dei possibili guasti, degli  
effetti che essi producono sul  
sistema e le relative cause

*Analisi di criticità*



L'attribuzione di opportuni  
indici di valutazione per ogni  
causa.

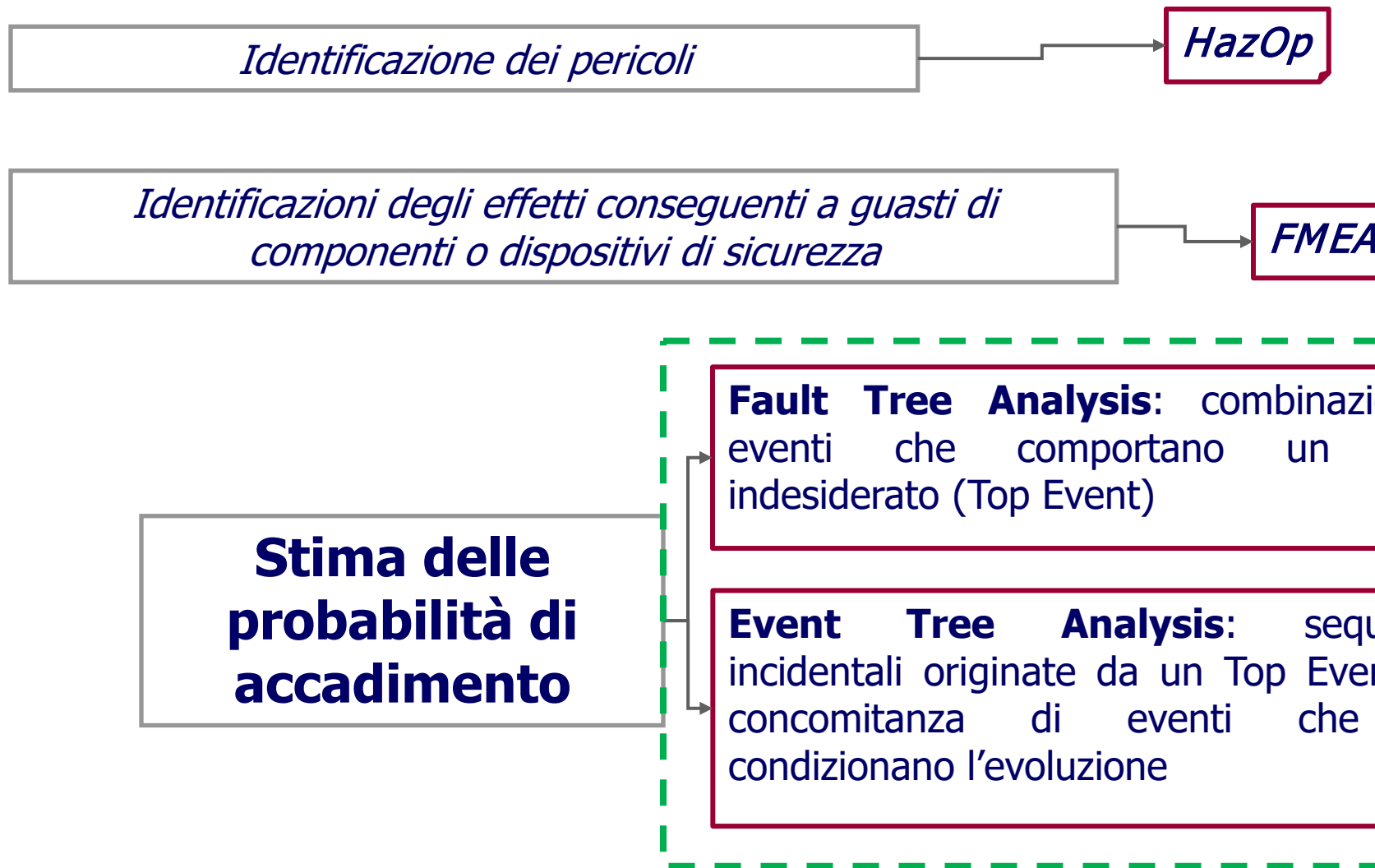
# La FMEA : Informazioni principali

1. Numero di identificazione del componente: permette un'impostazione sistematica del problema in esame.
2. Funzioni del componente: la descrizione delle funzioni che i vari componenti devono svolgere è importante per capire il non funzionamento del sistema, ed individuare quindi i "modi di guasto".
3. Modi di guasto: *individuare i modi di guasto richiede l'individuazione delle cause che possano impedire lo svolgimento corretto delle funzioni del componente o del sistema.*
4. Cause di guasto: *individuare le cause all'origine dei guasti contribuisce ad eliminarle con la revisione del progetto.*
5. Effetti di guasto: individuare l'effetto che il guasto del componente produce sul sistema dà un'idea del rischio che viene generato dal guasto.
6. Azioni Correttive: individuare metodi e strumenti per ridurre il rischio.

## La FMEA: registrazione di esempio

<b>Identificazione</b>	Linea di collegamento fra serbatoio S1 e reattore R.
<b>Componente</b>	Valvola V1 di comunicazione posta tra contenitore della sostanza A e reattore
<b>Descrizione</b>	Stato di conduzione normale è : valvola V1 normalmente aperta per permettere il deflusso della sostanza A
<b>Modi di guasto</b>	valvola V1 rimane completamente aperta quando era richiesta la chiusura
<b>Effetti</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• flusso verso il reattore della sostanza A quando questo non richiesto</li><li>• alta pressione nel reattore R</li><li>• alta temperatura nel reattore R</li><li>• prodotto finale non buono perché ricco della sostanza A</li><li>• alto livello nel serbatoio finale F di raccolta</li><li>• pericolo per la presenza della sostanza A nella zona di lavoro.</li></ul>
<b>Sistema di protezione</b>	<ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> misuratore di portata posto sulla linea, capace di registrare incrementi indesiderati della sostanza A e avvertire per mezzo di allarme;</li><li><input type="checkbox"/> sistema di aerazione capace di espellere dalla zona lavoro la presenza della sostanza A quando questa si disperde in aria</li></ul>
<b>Intervento</b>	Aggiunta valvola di sfiato verso l'esterno sul reattore; Aggiunta misuratore di temperatura collegato ad un allarme, ecc

# Gli strumenti operativi

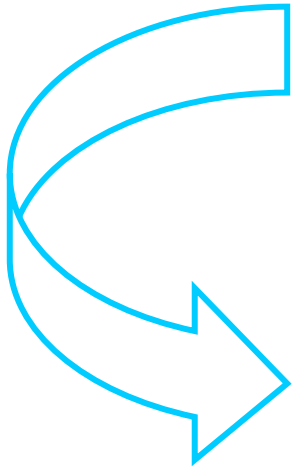




# Obiettivo principale



Si focalizzano sulla stima delle probabilità di accadimento



Banche dati  
Review storiche  
Fault Tree Analysis (FTA)  
Event Tree Analysis (ETA)




# **Fault Tree Analysis – FTA**

**(segue esercitazione)**

# **Event Tree Analysis - ETA**

*(Albero degli eventi o delle  
conseguenze)*

# L'ETA: generalità

- ❑ E' un **processo induttivo** nel quale lo studio ha inizio con un evento iniziale e prosegue con la definizione delle possibili conseguenze dell'evento fino ai potenziali incidenti considerando sia il funzionamento corretto sia quello errato delle diverse funzioni di sicurezza coinvolte.
- ❑ Valuta la potenzialità di un incidente risultante da un guasto o da una rottura di tipo generale degli impianti di processo
- ❑ L'Albero degli Eventi parte dalla causa iniziale di un eventuale incidente e procede fino a determinarne tutte le possibili conseguenze finali:
  -  ripristino delle condizioni di funzionamento degli impianti
  -  interruzione del funzionamento degli impianti
  -  guasto degli impianti ed eventuali disastri...

# ETA : caratteristiche

**Obiettivi:** costruzione delle possibili evoluzioni di una condizione potenzialmente pericolosa; identificazione di un percorso evolutivo per ogni fase considerata.

**Metodologia:** approccio ordinato e sistematico che consente di valutare correttamente i molti fattori che potrebbero influenzare il corso dei potenziali incidenti.

**Pro:** capacità di rilevare lo sviluppo cronologico degli incidenti susseguenti un evento iniziale, in base alle risposte dei dispositivi di sicurezza; capacità di identificazione delle scelte critiche che incidono sullo sviluppo dell'evento iniziatore.

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

# L'ETA: principali caratteristiche

Costruisce le possibili evoluzioni di una condizione potenzialmente pericolosa

Individua un percorso evolutivo per ogni fase considerata

## Vantaggi:

- ↙ Evidenzia lo sviluppo cronologico degli incidenti in base alle risposte dei dispositivi di sicurezza
- ↙ Consente di individuare le scelte critiche che influenzano maggiormente l'evento iniziatore

## Svantaggi:

- ↙ Nel caso di cause comuni di guasto o di sviluppi contemporanei, presenta difficoltà di elaborazione
- ↙ La valutazione di alcune opzioni può essere fortemente soggettiva

# L'ETA: analisi dei risultati

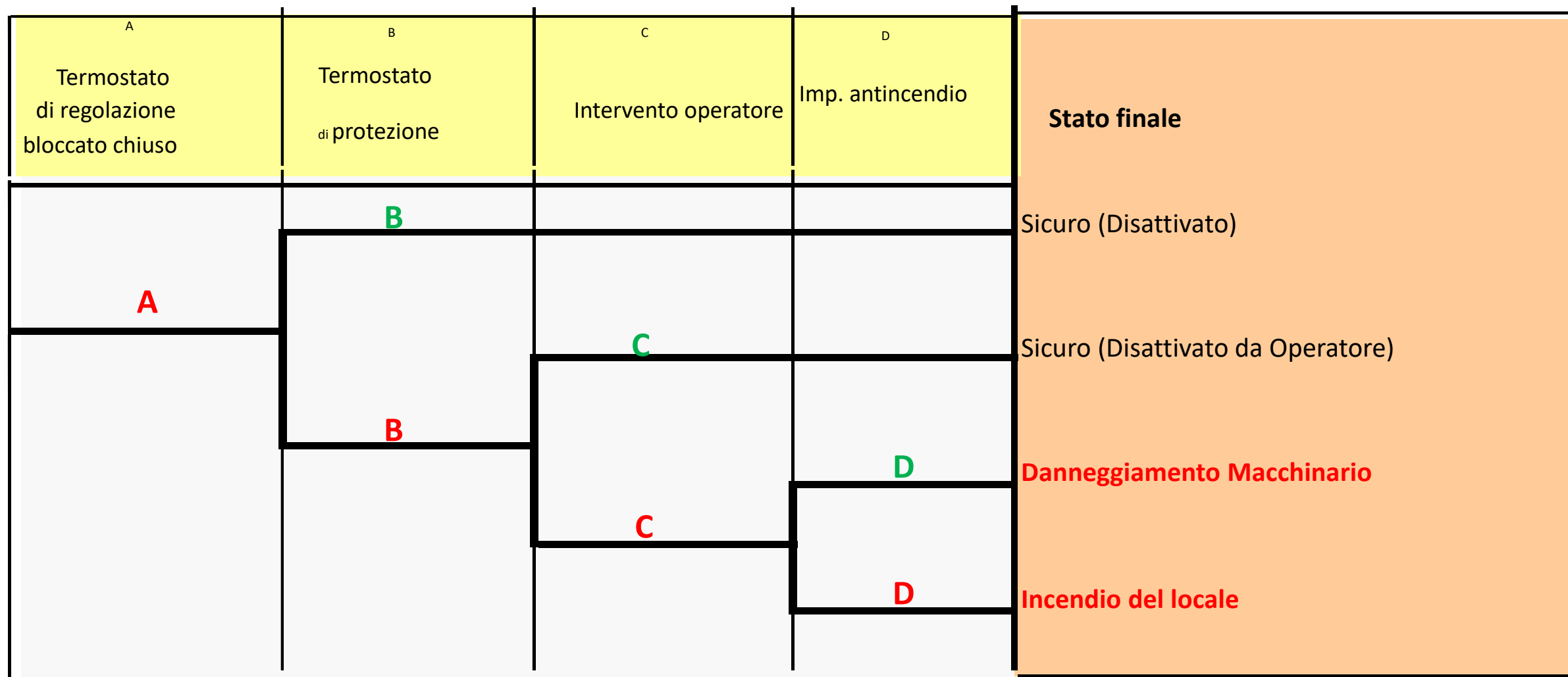
Ogni ramo rappresenta una singola ed unica sequenza di incidente cioè un set di relazioni che correlano le varie funzioni di sicurezza.

A Termostato di regolazione bloccato chiuso	B Termostato di protezione	C Intervento	D Imp.antinc endio	Stato finale
$\bar{A}$	B			Sicuro (Disattivato)
	$\bar{B}$	C		Sicuro (Disattivato da Operatore)
		$\bar{C}$	D	Danneggiamento Macchinario
			$\bar{D}$	Incendio del locale



Ogni ramo finale è individuato da una combinazione unica di eventi successivi che determinano lo stato finale (condizioni di sicurezza o di pericolo).

1. La descrizione delle diverse sequenze evolutive dell'evento iniziale consente di definire una scala di priorità per i diversi incidenti basata sull'efficacia delle procedure adottate.
2. E' possibile identificare e valutare gli eventi contraddistinti da maggior rischio per adottare misure di intervento ottimali (p.e. procedure operative di intervento e/o da diverse configurazioni dei sistemi di sicurezza)





...infine

# DIAGRAMMA DI FLUSSO DELL'INGEGNERE

