

AiFOS

Associazione Italiana Formatori ed
Operatori della Sicurezza sul Lavoro



BUREAU
VERITAS

WEBINAR GRATUITO

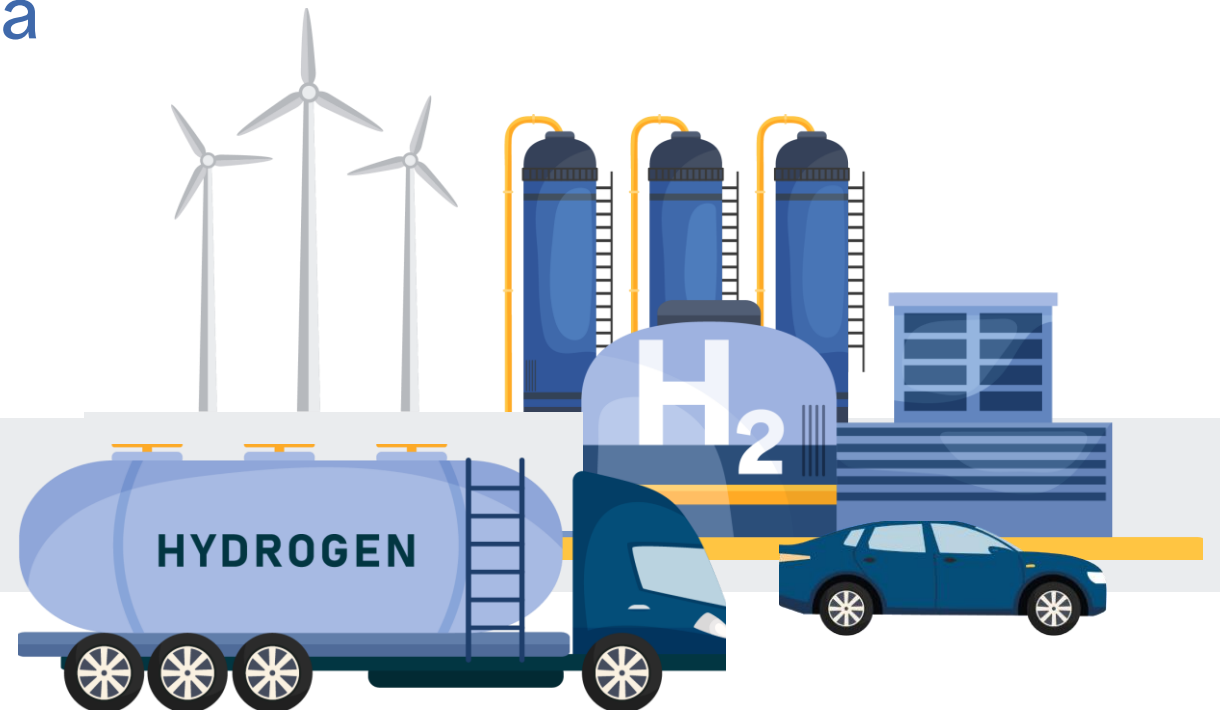
SICUREZZA DEGLI IMPIANTI A IDROGENO

Strumenti, metodologie e strategie
essenziali per garantire la sicurezza
nell'uso dell'idrogeno

30 ottobre 2024

dalle 15.00 alle 17.00

Relatori: Simone Mausoli, Giuseppe
Signoretta, Fabio Magrassi



BUREAU VERITAS NEL MONDO



€5.9
miliardi

FATTURATO 2023



83.000
dipendenti*



400.000
clienti



~1.600
uffici e
laboratori

IN 140 PAESI

FATTURATO E DIPENDENTI

PER AREA GEOGRAFICA*

18% 10%
del personale mondiale

NORD AMERICA

35% 22%
del personale mondiale

EUROPA

28% 40%
del personale mondiale

ASIA-PACIFICO

9% 10%
del personale mondiale

AFRICA E MEDIO ORIENTE

10% 18%
del personale mondiale

AMERICA LATINA

BUREAU VERITAS IN ITALIA

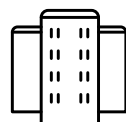
PRESENTE DAL 1839

VALORE DELLA
PRODUZIONE



€ 182
milioni

UFFICI



21

DIPENDENTI



~ 1.000

TECNICI E
VALUTATORI



~ 900

CLIENTI



20.000



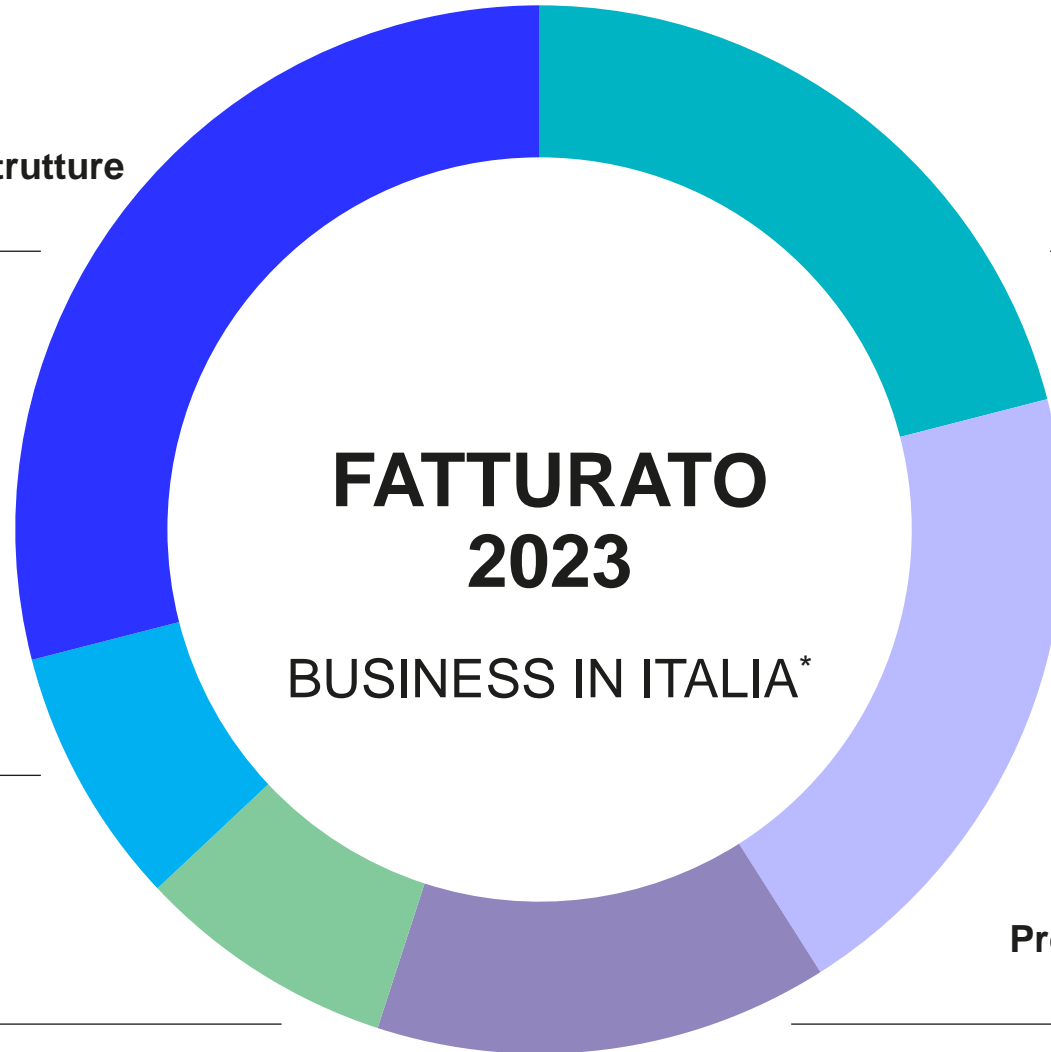
15% Edilizia e infrastrutture



10% Marine & Offshore



28% Certificazione



Agroalimentare e
materie prime

6%



Industria

33%



Prodotti di consumo

8%

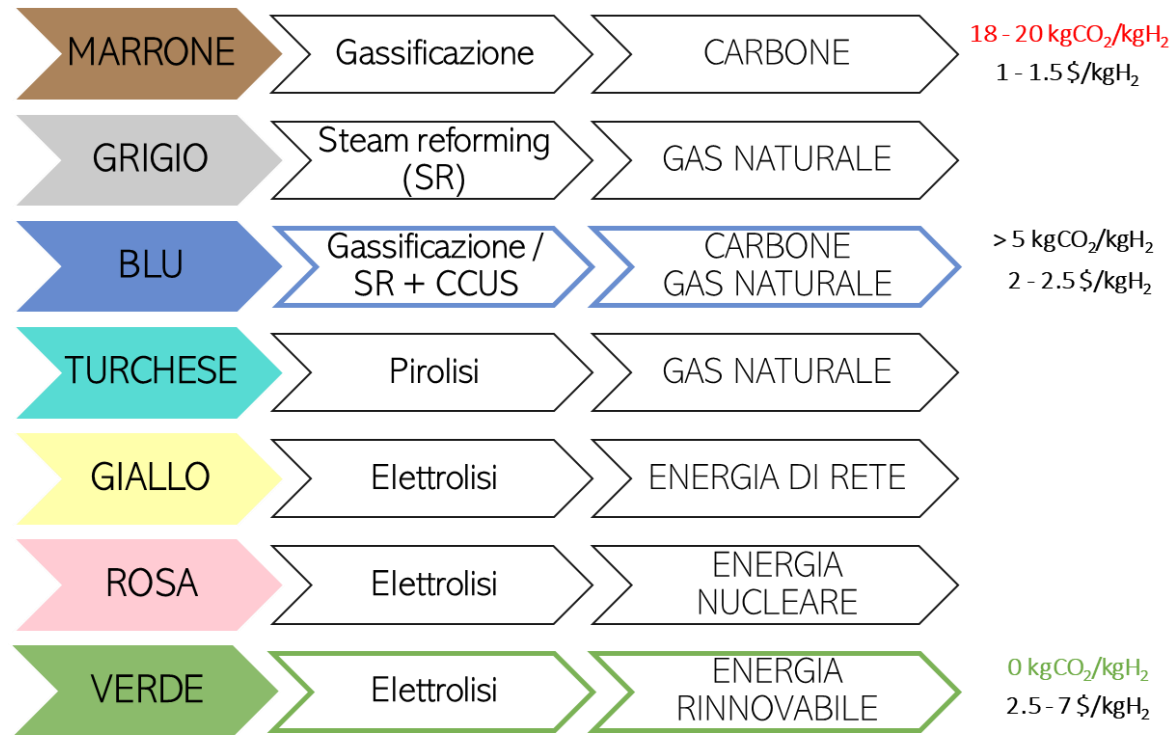


Nozioni di base

- L'idrogeno è il componente più leggero e abbondante della materia (90%)
- È il carburante delle stelle, grazie al quale ogni giorno il nostro pianeta riceve l'energia rinnovabile dal Sole
- È disponibile perlopiù in forma di gas. Non è quasi mai disponibile da solo in natura, pertanto va spesa dell'energia per «estrarlo» dagli altri elementi
- L'idrogeno è un vettore energetico.
- L'idrogeno è il carburante con la maggiore densità energetica
- (1 kg di idrogeno vs 2.5 kg di metano, 3 kg di benzina verde)
- L'energia elettrica può essere facilmente convertita in idrogeno
- L'idrogeno può essere convertito con elevata efficienza
- (20-35 % motori termici, H₂: 60 % energia chimica → motrice)
- L'idrogeno è ampiamente utilizzato nell'industria
- ed è una sostanza di primaria importanza per molti settori produttivi (es. ammoniaca)
- Comunque lo si usi, non produce emissioni inquinanti o climalteranti (idealmente zero emissioni di CO₂)



I Colori dell'Idrogeno



I NUMERI DELL'IDROGENO (IEA, 2021)
Produzione annuale 70 MtH₂
Sorgenti 76% gas naturale, 23% carbone
Emissioni 830 MtCO₂/anno (~ UK + Indonesia) di cui catturate 130 MtCO₂/anno



GLI OBIETTIVI DELL'EU

Emissioni ridotte della metà entro il 2030 (H₂ BLU)
Economia «Carbon-neutral» entro il 2050 (H₂ VERDE)

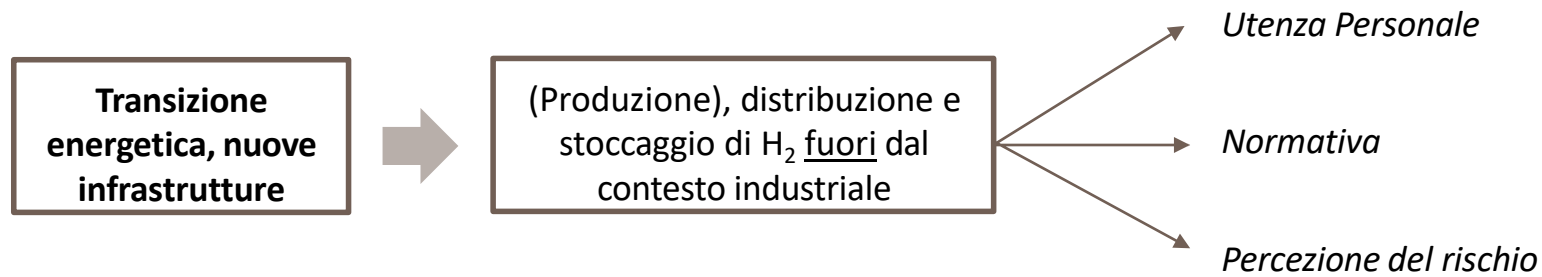


Utilizzo industriale vs non-industriale dell'H₂

L'idrogeno può essere un efficace *carrier* di energia se reso competitivo e connesso con un'infrastruttura sicura ed estesa per rifornire l'utenza finale.

L'industria ha maturato notevole esperienza nella manipolazione di sostanze pericolose, tra cui l'idrogeno, attraverso:

- *Know-how*
- Addestramento ed educazione del personale
- Metodologie di analisi del rischio
- Casistica storica incidentale (l'idrogeno è noto per essere alla base di violenti incidenti)



Problematiche e sfide nell'utilizzo non-industriale dell'H₂

Mentre nell'industria l'utilizzo sicuro dell'idrogeno è pratica consolidata, in contesti «non industriali» esistono problemi fondamentali di valutazione, percezione e gestione della sicurezza.

L'applicazione dell'idrogeno in contesti «non industriali» è molto variegata:

- Combustibile alternativo per auto trazione
- Applicazioni domestiche
- Stoccaggio

Gli scenari incidentali tuttavia sono rimangono i medesimi e legati a:

- Effetti fisiologici
- Effetti fisici
- Effetti chimici

Lo scenario comunque più critico è la formazione di una miscela infiammabile idrogeno-aria con successivo innesco che potrebbe dare origine ad un incendio o esplosione.

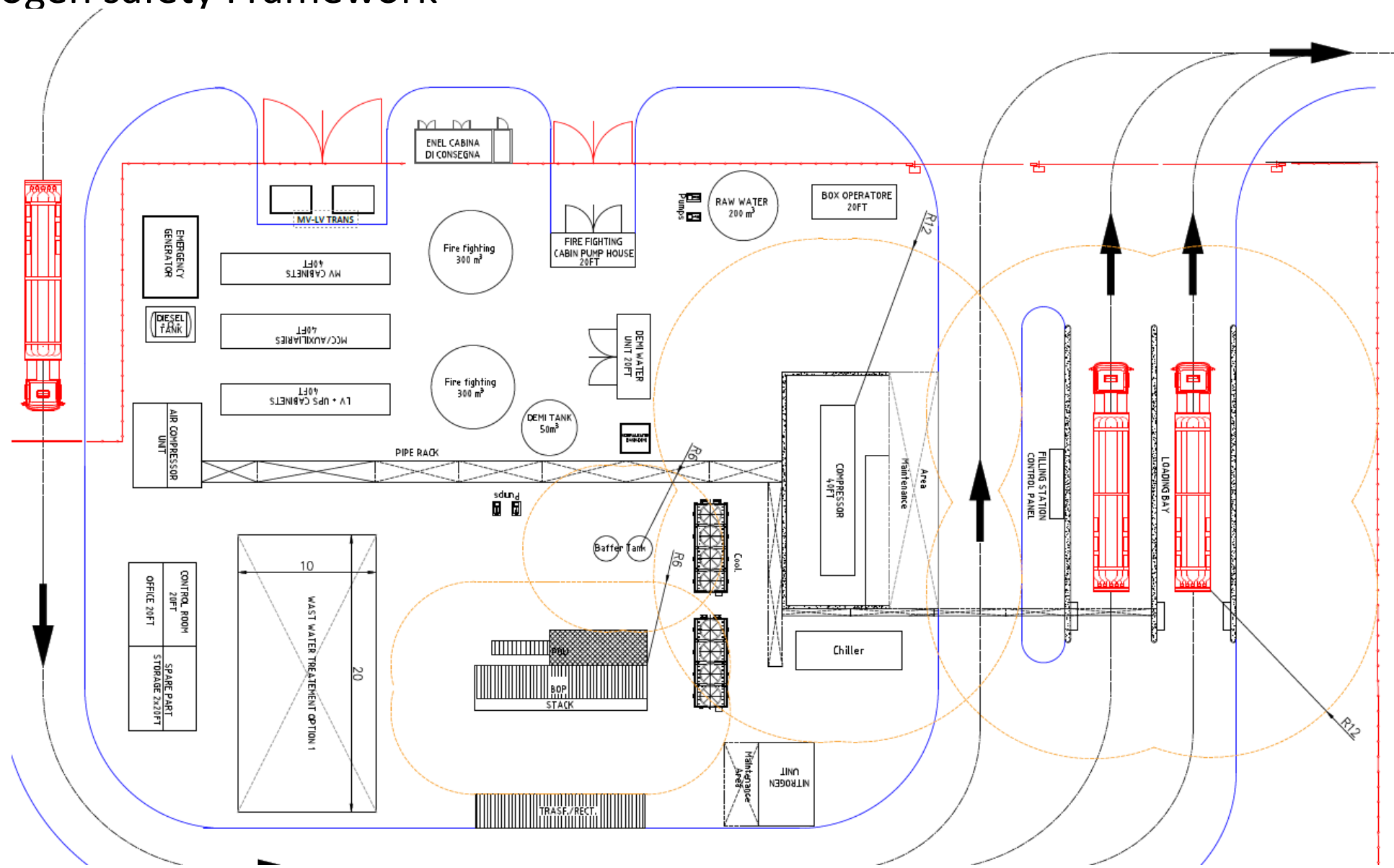
In generale, il rilascio di idrogeno avviene per ragioni accidentali.

Incidenti e scenario di rischio con H₂

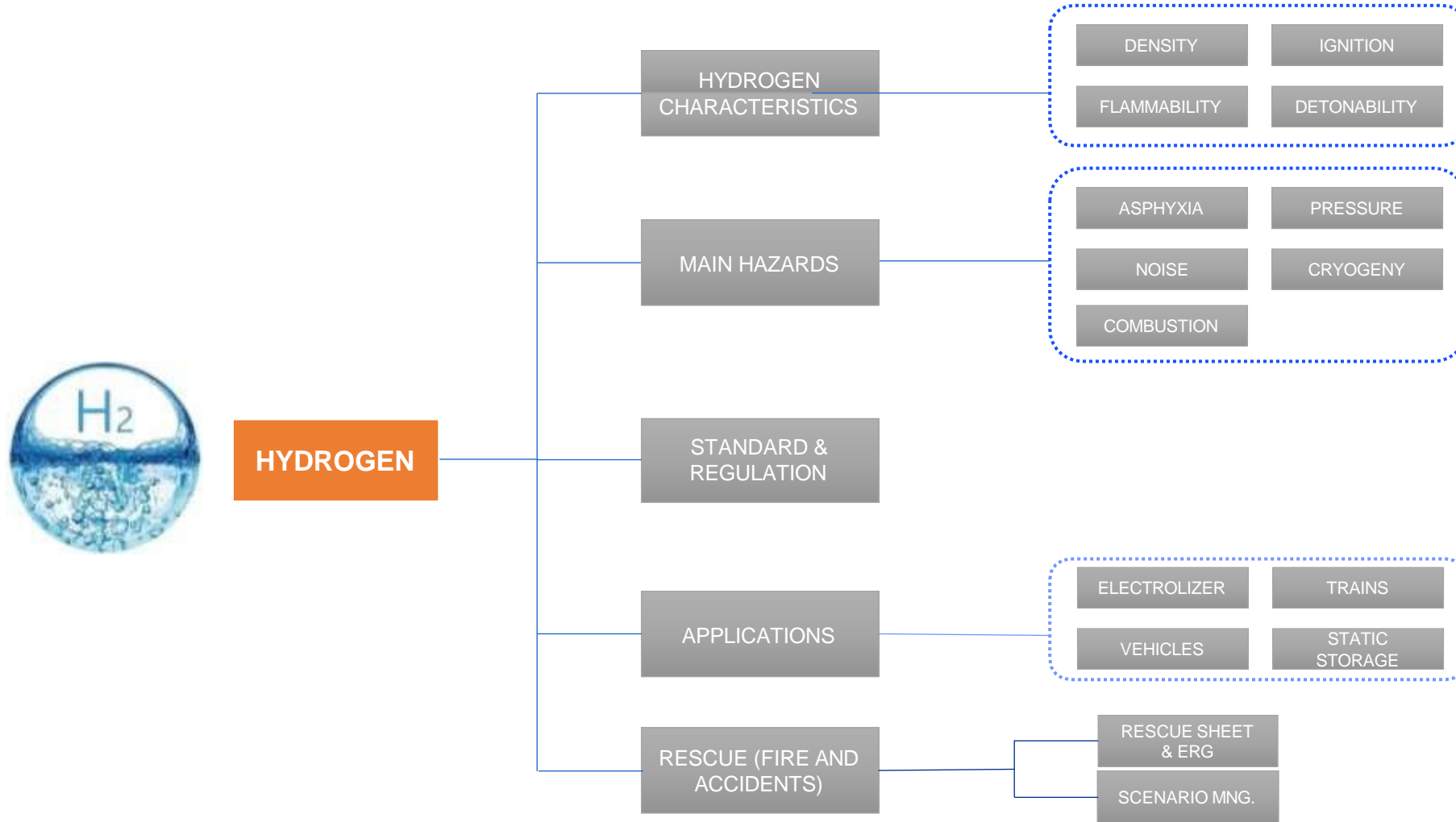
Numerose statistiche mostrano che gli scenari di incidente con coinvolgimento di H₂ nel contesto industriale e dei trasporti non è trascurabile, le principali cause includono:

- danneggiamento meccanico/guasto della componentistica
- infragilimento (*hydrogen embrittlement*) del materiale costruttivo
- incompatibilità tra materiali
- sovrappressione con rottura/perdita di contenimento
- attacco chimico a bassa temperatura (stoccaggio)
- esplosioni
- errore umano durante le procedure e la manipolazione di H₂
- percezione alterata del rischio ovvero sottovalutazione del rischio

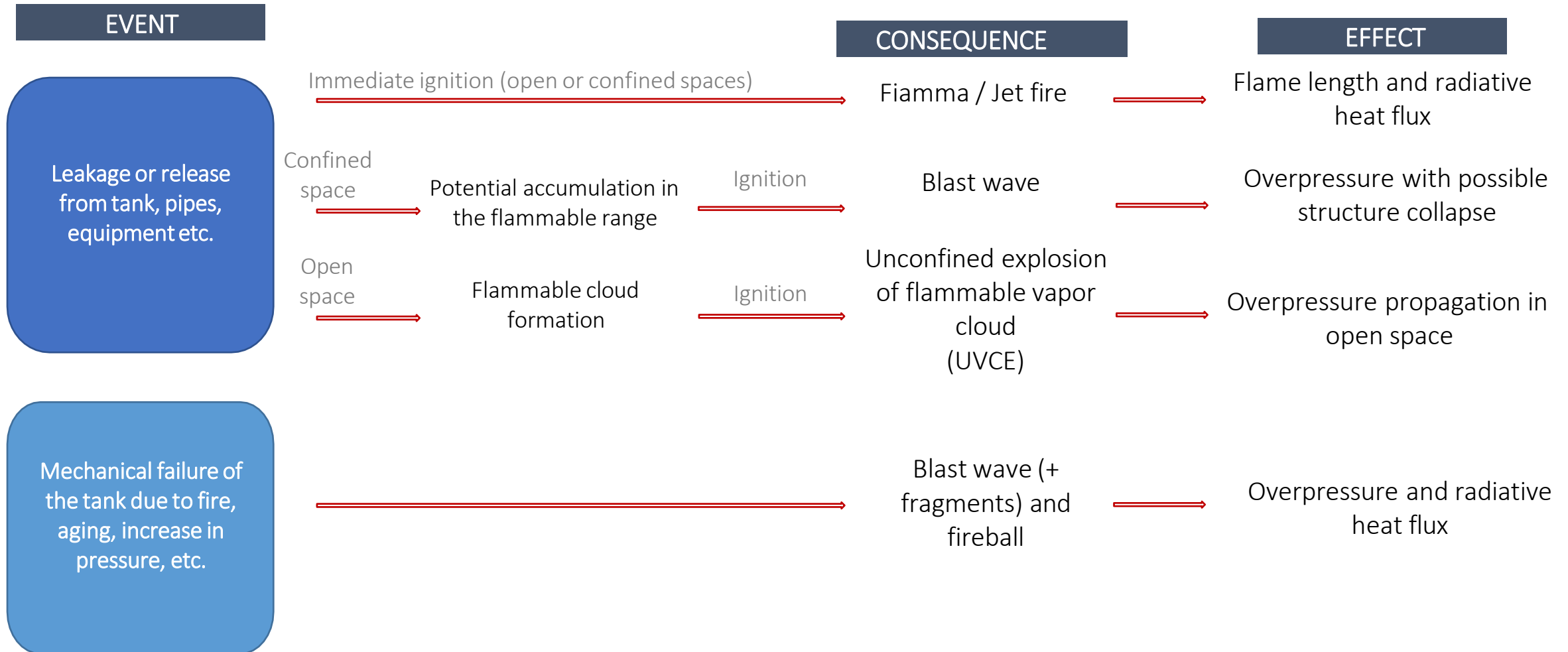
- Hydrogen safety Framework



Hydrogen safety Framework



• HYDROGEN SAFETY – RISK ANALYSIS



- Regolamentazione e normative

- **Hydrogen standardization landscape**
- L'uso dell'idrogeno nell'industria non è nuovo (il reforming a vapore viene utilizzato da decenni), ma la transizione energetica ha favorito lo sviluppo di tecnologie di produzione di idrogeno ecologico. La transizione energetica ha dato impulso allo sviluppo di tecnologie verdi per la produzione di idrogeno.
- Questo rapido sviluppo sta portando a una maggiore sensibilità per l'uso sicuro dell'idrogeno, anche in considerazione dei suoi possibili usi civili (ad esempio, l'alimentazione di caldaie domestiche).
- Considerando anche i suoi possibili usi civili (ad esempio, l'alimentazione di caldaie domestiche, apparecchi di cottura, ecc.)
- È quindi essenziale conoscere e comprendere le caratteristiche dell'idrogeno per valutare correttamente le misure di prevenzione e protezione da attuare.
- Anche se nei decenni passati sono state emanate norme tecniche sulle tecnologie dell'idrogeno, a causa dell'attuale rapido sviluppo, in alcuni casi le applicazioni non sono coperte dalle norme esistenti.
- È utile analizzare le norme e i regolamenti esistenti per confrontare le misure di sicurezza e valutare se e come differiscono.

- **Hydrogen standardization landscape**
- Il quadro normativo europeo sull'idrogeno deve ovviamente allinearsi alle politiche europee sancite dal quadro legislativo generale dell'UE relativo alla legge sul clima e al Green Deal, ed essere ulteriormente integrato nel quadro normativo più tecnico volto a decarbonizzare settori specifici (industria, mobilità e trasporti, ecc.).
- Per quanto riguarda le politiche generali dell'UE in materia di clima ed energia, si possono citare i seguenti atti legislativi a titolo esemplificativo:
 - Legge europea sul clima
 - Strategia dell'UE per l'idrogeno
 - Pacchetto FitFor55
 - Direttiva sulle energie rinnovabili
 - Pacchetto idrogeno e mercato del gas decarbonizzato
 - Piano REPowerEU e acceleratore dell'idrogeno

- **Hydrogen standardization - confronto**

Confrontando queste normative si possono individuare alcune misure comuni, indipendentemente dalla tecnologia degli elettrolizzatori e dalle caratteristiche specifiche del progetto (ad esempio quantità di idrogeno, pressioni, processo, ecc.), che possono essere considerate “standard”:

- Sistema di rilevamento H₂;
- Sistema di arresto di emergenza (ESS);
- sprinkler/scarichi sui depositi di H₂;
- adeguata reazione al fuoco dei materiali;
- distanze di separazione dai depositi;
- classificazione delle aree pericolose e valutazione del rischio (ATEX);
- sistemi di ventilazione nel recinto degli elettrolizzatori.

Questi risultati sono stati presi in considerazione per sviluppare l'ultima normativa italiana per la produzione di idrogeno (D.M. 7/7/2023)

- **Regolamento Italiano idrogeno**

- Il primo regolamento italiano sull'idrogeno è stato il D.M. 31/08/2006 “Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio degli impianti di distribuzione di idrogeno per autotrazione”.
- **È stato sostituito dal D.M. 23/10/2018 “Regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio degli impianti di distribuzione di idrogeno per autotrazione”, tuttora in vigore.**
- **Fino al luglio 2023, il D.M. 23/10/2018 era l'unica normativa italiana sugli impianti a idrogeno, ma il suo campo di applicazione era limitato all'erogazione per autotrazione (anche se includeva la produzione per elettrolisi, gli stoccaggi, i compressori, ecc.)**

- **Regolamento Italiano idrogeno**

- Poiché il campo di applicazione del D.M. 23/10/2018 era limitato, è stato pubblicato un nuovo regolamento, il D.M. 7/7/2023 “Regola tecnica di prevenzione incendi per l'individuazione delle metodologie di analisi dei rischi e delle misure di sicurezza antincendio da adottare nella progettazione, costruzione ed esercizio degli impianti di produzione di idrogeno mediante elettrolisi e dei relativi sistemi di stoccaggio”.
- Nello sviluppo di questo nuovo regolamento, è stato preso come base il D.M. 23/10/2018, ma molti aspetti sono stati approfonditi attraverso l'analisi di regolamenti, codici e standard internazionali.

- Regolamento Italiano idrogeno

D.M. 23.10.2018

- È applicabile ai sistemi di erogazione per autoveicoli
- Sono previsti carri cisterna per l'alimentazione dell'impianto
- le distanze di sicurezza sono indicate per ogni tipo di attrezzatura (ad es. stoccaggio, compressori, ecc.) indipendentemente dalla pressione

D.M. 7/7/2023

- è applicabile in tutti gli altri casi diversi dall'erogazione.
- Sono previsti carri cisterna per il carico
- sono previste distanze di sicurezza per i livelli di pressione delle apparecchiature

È interessante sottolineare che alcune apparecchiature sono incluse in entrambi i regolamenti:

elettrolizzatori; compressori unità di stoccaggio (serbatoi, pacchi bombole);carri cisterna.

- Hydrogen standardization - INTERNAZIONALI
- I più importanti standard esistenti sull'idrogeno a livello internazionale sono:
- **NFPA 2 “Hydrogen Technologies Code”** (first edition 2011, latest 2023)
- **UK Health and Safety Executive “Installation permitting guidance for hydrogen and fuel cell stationary applications”** (2009)
- **CAN/BNQ 1784-000/2022 “Canadian Hydrogen Installation Code”** (first edition 2007, latest 2022)
- **FM Global Property Loss Prevention Data Sheet 7-91 “Hydrogen”** (first edition 1984, edition 2024)
- **ISO 22734 “Hydrogen generators using water electrolysis Industrial, commercial, and residential applications”** (first edition 2008, latest 2019)

• Hydrogen standardization - confronto

	ISO 22734	NFPA 2	HSE IPG	CAN/BNQ 1784	FM GLOBAL DS 7-91
Hydrogen detectors	According to manufacturer's risk assessment	For hydrogen generator	Yes	In indoor areas	In indoor areas (if hydrogen cylinders are not installed in gas cabinets)
Fire Detectors	?	For hydrogen generator	For hydrogen generator	For indoor storage	?
Fire Alarm	?	Manual	For hydrogen generator	Yes	?
Emergency Shutdown Device (ESD)	Start at: 50% LEL , ventilation malfunction	Start at: 25% LEL , fire alarm, ventilation malfunction, ESD activation	Start at: 10% LEL , ventilation malfunction	Start at 40% LEL	Start at 25% LEL , release in dispensing areas
Automatic extinguishing systems	?	Sprinkler for hazardous occupancies	Water spray for storage, grouped piping and pumps	Water spray	Sprinkler for dispensing areas and HEE
Fire Hydrants	?	?	?	?	Yes

• Hydrogen standardization - confronto

	ISO 22734	NFPA 2	HSE IPG	CAN/BNQ 1784	FM GLOBAL DS 7-91
Fire Reaction	Enclosure and insulating materials with proper flammability classification	Hydrogen Equipment Enclosures of non-combustible materials	Vessel supports of non-combustible material	Hydrogen rooms of non-combustible material	Hydrogen Equipment Enclosures and storage support in non-combustible building
Fire Resistance	?	From 30 to 120 minutes	30 minutes for Hydrogen Equipment Enclosures	120 minutes for indoor storage	120 minutes for Hydrogen Equipment Enclosures and storage supports
Separation Distances	?	From 0 to 68 m	T.B.D. case-by-case	From 0 to 5 m	From 4,6 to 30 m
Fire Barriers	?	From 30 to 120 minutes to reduce separation distances	Blast walls	120 minutes to reduce separation distances	?

- Hydrogen standardization - confronto

	ISO 22734	NFPA 2	HSE IPG	CAN/BNQ 1784	FM GLOBAL DS 7-91
Area classification	According to IEC 60079-10-1	According to NFPA 69	According to IEC 60079-10-1	According to IEC 60079-10-1	According to FM Data Sheet 5-1
Ventilation	Natural or mechanical	Mechanical for HEE	Natural or mechanical	Natural or mechanical	Mechanical
Materials	Suitable for hydrogen (ISO/TR 15916, ISO 11114-4)	According to ASME B31.12	Suitable for hydrogen	According to ASME B31.12 and ISO/TR 15916	?

- norme internazionali

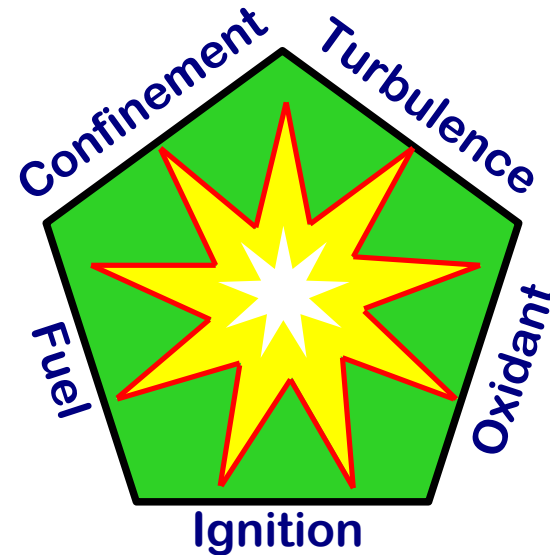
Infine, i seguenti sono esempi di normative più tecniche che fanno uso di standard armonizzati europei per la loro attuazione:

- ATEX - Equipment for potentially explosive atmospheres directive 2024/34/EU
- PED & Machine directive - Pressure equipment Directive 2014/68/EU
- RCS H2 Safety - Hydrogen and Decarbonised Gas package

- ATEX (Atmosfera Esplosiva)

- Cenni sul pericolo di esplosione

Si tratta della rapida combustione di una sostanza combustibile, che si trova in proporzioni ideali con il comburente, cosicché la velocità della combustione è elevata ed il fenomeno assume carattere esplosivo (condizioni atmosferiche)



La norma UNI EN 1127-1 individua n.13 diversi tipi di sorgenti di accensione efficaci:

<i>Hot surfaces</i>
<i>Mechanical sparks</i>
<i>Flames, hot gases</i>
<i>Electrical sparks</i>
<i>Stray electric currents and cathodic corrosion protection</i>
<i>Static electricity</i>
<i>Lightning</i>
<i>Electromagnetic waves</i>
<i>Ionizing radiation</i>
<i>High frequency radiation</i>
<i>Ultrasonic</i>
<i>Adiabatic compression</i>
<i>Chemical reaction</i>

- Cenni sul pericolo di esplosione

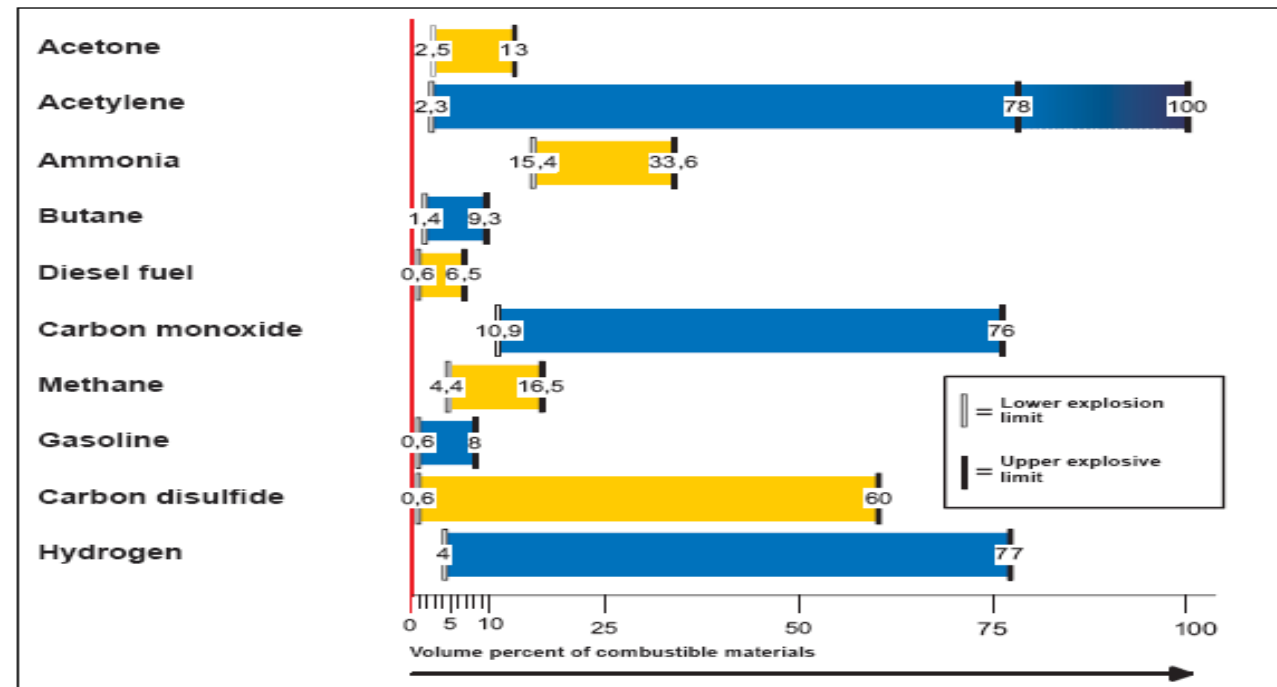
GAS e VAPORI: caratteristiche fisico/chimiche influenti per l'esplosione.

Esempi limiti di esplosione ed Energia Minima di accensione:

SOSTANZA	LEL%	UEL%
Metano	5	15
Benzina	0,6	8,0
Gasolio	0,6	6,5
Propano	2,1	9,5
Idrogeno	4	75,6
Acetilene	2,5	100

**Lower
Explosive
Limit**

**Upper
Explosive
Limit**



L'**Idrogeno** si accende e brucia più facilmente della benzina o del diesel, la fiamma dell'idrogeno è invisibile.

Anche una scintilla di elettricità statica dal dito di una persona è sufficiente a provocare un'esplosione in presenza di Idrogeno.

• VENTILAZIONE

Ventilazione

Obiettivi della Ventilazione

- Rimozione dei Vapori di Idrogeno: Prevenire l'accumulo di concentrazioni pericolose di idrogeno che possono portare a esplosioni.
- Diluzione delle Atmosfere Esplosive: Ridurre la concentrazione di idrogeno al di sotto del limite inferiore di esplosività (LEL).
- Miglioramento della Sicurezza: Fornire un ambiente di lavoro sicuro minimizzando i rischi di incendio ed esplosione.

Progettazione della Ventilazione

- Calcolo del Rischio: Valutazione della quantità di idrogeno potenzialmente rilasciata e della velocità di dispersione.
- Dimensionamento dei Sistemi: Dimensionare adeguatamente ventole e estrattori per garantire un ricambio d'aria sufficiente.
- Punti Critici: Installare sistemi di ventilazione nei punti critici dove è più probabile il rilascio di idrogeno (vicino a valvole, giunzioni, ecc.).

• RILEVAMENTO

Rilevamento e Monitoraggio

Posizionamento dei Sensori:

- **Punti Critici:** Installazione vicino a valvole, giunzioni, serbatoi e altre aree ad alto rischio.
- **Altezza di Installazione:** Per l'idrogeno, che è più leggero dell'aria, i sensori dovrebbero essere posizionati nella parte alta degli ambienti.
- **Zone di Ventilazione:** Vicino ai punti di ventilazione per rilevare efficacemente eventuali perdite.



Sistemi di Allarme

- **Allarmi Sonori:** Sirene e avvisatori acustici per allertare il personale in caso di rilevazione di gas.
- **Allarmi Visivi:** Luci stroboscopiche e segnalatori visivi per ambienti rumorosi dove gli allarmi sonori potrebbero non essere sufficienti.
- **Interfacce Uomo-Macchina (HMI):** Schermi e pannelli di controllo che mostrano letture in tempo reale e storiche dei livelli di gas.



- PED (Pressure Equipment Directive)
- & Machine Directive

- LA NUOVA DIRETTIVA PED 2014/68/UE

La direttiva PED (Pressure Equipment Directive) è una normativa dell'Unione Europea che stabilisce i requisiti essenziali di sicurezza per la progettazione, la fabbricazione, e la conformità delle attrezzature a pressione. La direttiva è stata introdotta per armonizzare le normative nazionali in materia di attrezzature a pressione, garantendo un elevato livello di sicurezza e facilitando la libera circolazione di tali prodotti all'interno del mercato europeo.

Principali Obiettivi della PED:

- Garantire la sicurezza delle attrezzature a pressione durante il loro ciclo di vita.
- Promuovere la libera circolazione delle attrezzature a pressione all'interno del mercato unico europeo.
- Stabilire requisiti essenziali di sicurezza per la progettazione, la fabbricazione, le prove e l'ispezione delle attrezzature a pressione.

- LA NUOVA DIRETTIVA PED 2014/68/UE

Applicazione della PED in Campo Idrogeno

L'idrogeno è un gas che viene stoccato e trasportato sotto alta pressione, il che lo rende un settore particolarmente rilevante per l'applicazione della normativa PED. Ecco come la PED si applica nel contesto dell'idrogeno:

1. Progettazione delle Attrezzature

- **Serbatoi di Stoccaggio:** I serbatoi utilizzati per immagazzinare idrogeno sotto pressione devono essere progettati per resistere alle pressioni operative previste. Devono essere realizzati con materiali idonei che possono sopportare la corrosione causata dall'idrogeno.

- **Tubi e Valvole:** Le tubazioni e le valvole utilizzate nei sistemi a idrogeno devono essere progettate per prevenire perdite e garantire la sicurezza operativa.

2. Fabbricazione

- **Controllo della Qualità:** Durante la fabbricazione, devono essere seguiti rigorosi controlli di qualità per garantire che le attrezzature a pressione soddisfino i requisiti di sicurezza stabiliti dalla PED.

- **Processi di Saldatura:** La saldatura dei componenti delle attrezzature a pressione deve essere eseguita secondo standard specifici per garantire l'integrità strutturale.

- Direttiva macchine 2006/42/CE

La Direttiva 2006/42/CE, meglio conosciuta come “Direttiva Macchine”, è una direttiva di prodotto che regola la fabbricazione, l'immissione nel mercato e la messa in servizio delle macchine così come definite all'art. 1.1 della Direttiva medesima.

Campi applicazione:

- Macchine
- Attrezzature Intercambiabili
- Componenti Di Sicurezza
- Accessori Di Sollevamento
- Catene, Funi E Cinghie
- Dispositivi Amovibili Di Trasmissione Meccanica
- Quasi Macchine



DIRETTIVA MACCHINE
2006/42/CE - D.LGS. 17/2010

- RCS H2 Safety

- Regulations, Codes, and Standards (RCS) – h2 safety
- L'RCS H2 safety è stato organizzato in base alle applicazioni dell'idrogeno e/o ai segmenti della catena di approvvigionamento, qui chiamati cluster:
 - produzione di idrogeno
 - infrastrutture per l'idrogeno (trasporto, stoccaggio, consegna)
 - trasmissione e distribuzione (T&D)
 - applicazioni industriali
 - mobilità
 - energia
 - integrazione settoriale, compreso il settore della produzione di energia
 - applicazioni residenziali
 - Cross-cutting sectors
- Ciascuna sezione del cluster fornisce una breve introduzione sulle tecnologie/settori coinvolti, il riferimento al quadro normativo specifico (RCS - regolamenti, codici e standard) e, infine, il riferimento al quadro normativo specifico (RCS - regolamenti, codici e standard).

- **RCS – hydrogen production**
- L'idrogeno e i suoi vettori richiedono un sistema di standardizzazione comune a livello globale per evitare la frammentazione del mercato o le barriere al commercio transfrontaliero.
- La fase di produzione comprende la purificazione e la compressione ed eventualmente lo stoccaggio nel sito di produzione. A partire dalla fase di produzione, altre fasi della catena del valore sono rilevanti e devono essere prese in considerazione, come il trasporto, la distribuzione, lo stoccaggio, la trasformazione o gli usi finali dell'idrogeno.
- Quadro giuridico e normativo Le basi per questa transizione saranno sviluppate principalmente attraverso il pacchetto FitFor55 e il pacchetto idrogeno e mercato del gas decarbonizzato, ma anche con altre normative.
- Una serie di procedure e certificazioni legali, regolamentari e standardizzate sono essenziali per abilitare gli impianti e le attrezzature di produzione lungo il processo e per garantire che l'idrogeno prodotto soddisfi requisiti di qualità e di emissione prestabiliti, comprese le definizioni quantitative di idrogeno a basse emissioni di carbonio e di idrogeno rinnovabile, una solida metodologia e regole di contabilizzazione delle emissioni di gas serra dell'idrogeno prodotto.
- Quadro di standardizzazione I livelli europeo e internazionale sono le principali fonti di standardizzazione per la produzione di idrogeno. Per l'ulteriore sviluppo di standard europei, è importante che la potenziale bozza di richiesta di standardizzazione sull'idrogeno in preparazione tra il CEN e la DG Energia venga aggiornata e che vengano pubblicate ulteriori richieste, se necessario.



1

Presentazione dei tool di valutazione del rischio
e azioni di mitigazione

- Incidenti e scenario di rischio con H₂

Numerose statistiche mostrano che gli scenari di incidente con coinvolgimento di H₂ nel contesto industriale e dei trasporti non è trascurabile, le principali cause includono:

- danneggiamento meccanico/guasto della componentistica
- infragilimento (*hydrogen embrittlement*) del materiale costruttivo
- incompatibilità tra materiali
- sovrappressione con rottura/perdita di contenimento
- attacco chimico a bassa temperatura (stoccaggio)
- esplosioni
- errore umano durante le procedure e la manipolazione di H₂
- percezione alterata del rischio ovvero sottovalutazione del rischio

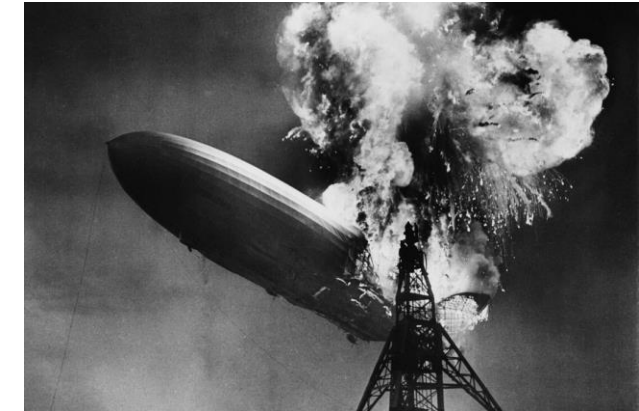
• Statistiche incidentali - principali conseguenze

213 casi di incidente (sostanza
primaria: idrogeno)



84% dei casi con incendio/esplosione 48%
di quelli mortali in sede di manutenzione
70% fattore umano

- Morte (12%)
- Ferimento serio (13%)
- Ferimento lieve (33%)
- Danneggiamento interno (86%)
- Danneggiamento esterno (8%)
- Evacuazione della popolazione (4%)
- Perdita di produzione/dell'esperimento (42%)



• Incidentalità da H2

La causa principale di incidentalità è l'errore umano: 26 % degli incidenti.

In particolare:

- Condizioni di lavoro inadeguate durante l'installazione, manutenzione, fabbricazione e pulizia.
- Carenza di addestramento e formazione, carenza di istruzioni operative corrette.

L'esecuzione non corretta di procedure è stata responsabile del 25 % degli incidenti.

Difetti di progettazione della componentistica, dei sistemi e della sicurezza: 22 %.

- Scelta impropria di materiali.
- Dimensionamento non corretto dei dispositivi di sicurezza.
- Protezione insufficiente contro le esplosioni (misure di protezione).
- Analisi di sicurezza carenti o parziali (14 % degli incidenti).

Altre cause includono contaminazione, incompatibilità o danneggiamento dei materiali.

Obiettivo n. 1

Minimizzare la possibilità di errore umano

Obiettivo n. 2

Garantire la sicurezza in caso di errore umano

- Considerazioni sugli scenari con idrogeno

Jet–fire

Da una perdita e con innesco.
 La principale problematica è l'impingement di superfici.

Esplosione

Da una perdita che si accumula in uno spazio confinato.
 In caso di innesco, si ha esplosione con danneggiamento e/o impatto su persone.

Incendio

Da un accumulo verso il soffitto di idrogeno. Con innesco, non è in grado di generale sufficiente sovrappressione.
 Molto pericoloso nel caso di afflusso di ossigeno.

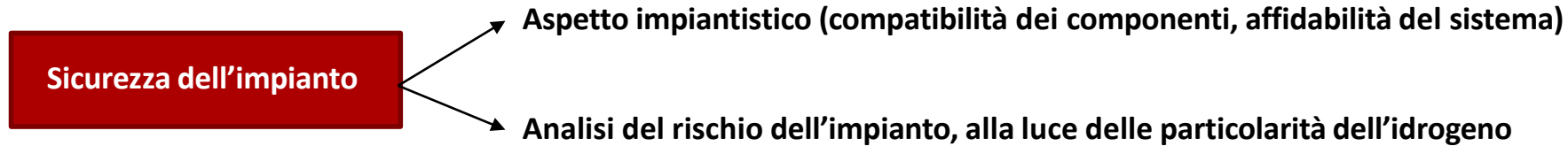
Asfissia

Da una perdita che si accumula in uno spazio confinato.
 La persona potrebbe svenire e/o morire.

**Nessun
 effetto**

Lo scenario più frequente.
 Se la quantità è molto ridotta, generalmente non brucia.
 Se la quantità è notevole ma non ci sono persone, l'effetto è sostanzialmente nullo (se non c'è esplosione).

- Analisi del rischio di impianti operanti con H₂



L'analista del rischio dispone di archivi con dati sistematici su eventi indesiderati legati all'idrogeno: <https://odin.jrc.ec.europa.eu/> (Online Data & Information Network for Energy - ODIN) su database aperto H.I.A.D. (Hydrogen Incidents and Accidents Database).

Punti critici da considerare

Il rifornimento a 700 bar è diventato lo standard mondiale.
 Omologazione dei recipienti in pressione secondo normativa.
 La produzione avverrà sempre più frequentemente in loco (containers).
 Lo stoccaggio di idrogeno in ambiente chiuso richiede un'elettronica complessa ed è da considerarsi meno sicuro di uno stoccaggio all'aperto con protezione fisica e controllo dell'accesso al sito.
 Il trasporto avviene principalmente con carri bombolai (pressione limitata).

Le aziende costruttrici dovranno contribuire allo sviluppo con il proprio *know-how*.

• Strumenti di analisi del rischio di impianti operanti con H2

Approccio metodologico di base:
D. Lgs. n. 105/2015

EVENTO INDESIDERATO

Valutazione della frequenza

Albero dei guasti, albero degli eventi, statistiche proprietarie

Valutazione della gravità

Modellazione dei rilasci, degli incendi e delle esplosioni di idrogeno

L'identificazione degli eventi indesiderati, invece, si basa su un'attività di identificazione dei pericoli e dei rischi (HAZID):

- Analisi HAZOP (analisi di operabilità, BS IEC 61882)
- Analisi FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*, BS EN IEC 60812)
- Analisi bibliografica e dati storici

Questo passaggio consente di identificare una serie di eventi apicali e di modi di guasto più critici che sono poi sviluppati dettagliatamente nelle fasi di valutazione del rischio.

• Tool valutazione del rischio

HAZID (Hazard Identification)

Quando: All'inizio del progetto, durante la fase di progettazione preliminare.

Obiettivo: Identificare in modo sistematico e preliminare tutti i potenziali pericoli associati al progetto.

Approccio:

- **Qualitativo:** Utilizza brainstorming, checklist e altre tecniche per identificare pericoli.
- **Ampio spettro:** Copre tutti i tipi di pericoli, inclusi quelli legati alla sicurezza, alla salute, all'ambiente, ecc.

Output: Una lista di pericoli identificati, con raccomandazioni per ulteriori analisi o per misure preventive immediate.

2. HAZOP (Hazard and Operability Study)

Quando: Dopo la fase di progettazione preliminare, durante la progettazione dettagliata.

Obiettivo: Identificare problemi di sicurezza e operabilità attraverso l'analisi delle deviazioni dalle condizioni operative normali.

Approccio:

Sistematico e dettagliato: Utilizza parole guida per esplorare ogni parte del processo.

Multidisciplinare: Coinvolge un team di esperti provenienti da diverse discipline.

Output: Un elenco di deviazioni identificate, con analisi delle cause, conseguenze e azioni correttive o preventive proposte.

FMEA (Failure Modes and Effects Analysis)

Quando: Dopo la fase di progettazione dettagliata, durante la fase di sviluppo e prima della produzione.

Obiettivo: Identificare e analizzare i potenziali modi di guasto di componenti specifici e i loro effetti sul sistema.

Approccio:

Sistematico e quantitativo: Valuta la severità (S), la probabilità (O) e la rilevabilità (D) dei guasti per calcolare il numero di priorità del rischio (RPN).

Componenti specifici: Si concentra sui singoli componenti del sistema.

Output: Una lista di modi di guasto identificati, con analisi delle cause, degli effetti e delle azioni di mitigazione necessarie.

- Tool valutazione del rischio

Ordine Raccomandato

- 1.HAZID:** Eseguito all'inizio per identificare i pericoli a livello globale e preparare il terreno per analisi più dettagliate.
- 2.HAZOP:** Segue il HAZID, concentrandosi sulle deviazioni operative in dettaglio durante la progettazione dettagliata.
- 3.FMEA:** Completa l'analisi dei rischi concentrandosi sui guasti specifici dei componenti, fornendo un'analisi quantitativa durante la fase di sviluppo e prima della produzione.

Integrazione dei Metodi

- **Integrazione dei Risultati:** I risultati di ciascuna analisi dovrebbero essere integrati per fornire una visione complessiva dei rischi. Le informazioni raccolte nel HAZID possono informare il HAZOP, e i risultati del HAZOP possono aiutare a focalizzare la FMEA sui componenti più critici.
- **Aggiornamenti Continui:** Le analisi dovrebbero essere riviste e aggiornate continuamente durante il ciclo di vita del progetto, soprattutto quando vengono introdotte modifiche significative al design o alle operazioni.



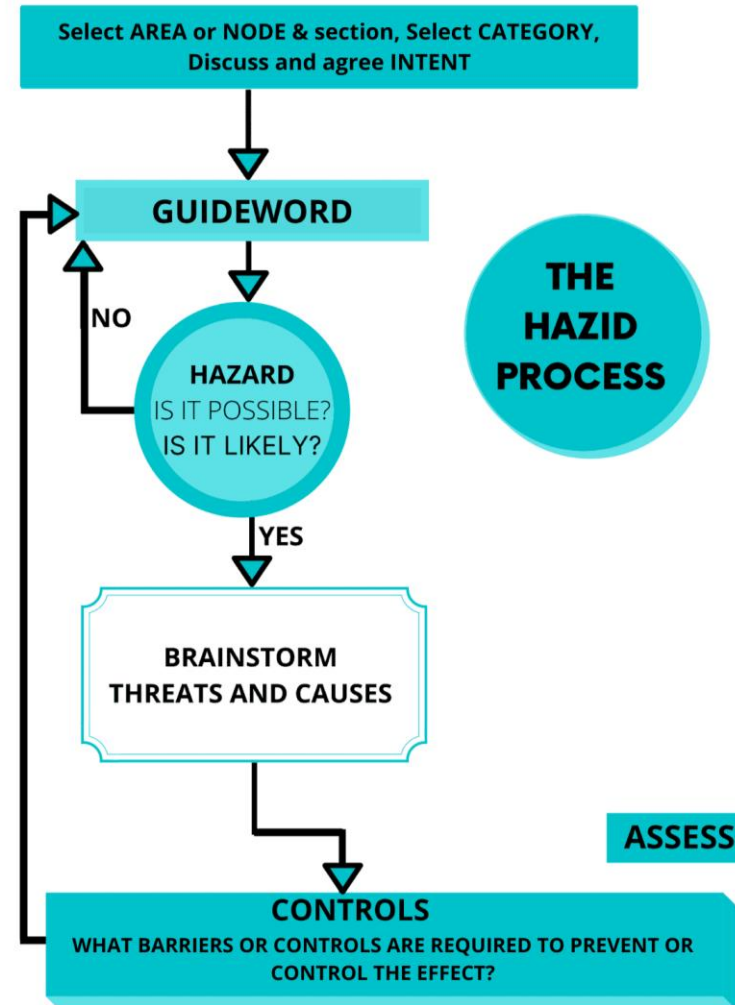


1.1

HAZID



IDENTIFY



ASSESS

- Hazid
- La maggior parte delle autorità governative preposte al rilascio delle licenze richiede alle società di svolgere studi in materia di salute, sicurezza e ambiente (HSE) durante la progettazione degli impianti, prima della costruzione e durante il funzionamento.
- Gli studi sui rischi eseguiti nelle ultime fasi della progettazione, come gli studi HAZOP, spesso identificano problemi di sicurezza e ambientali che possono causare ritardi nel progetto o costose modifiche alla progettazione.
- Di conseguenza, è ottimale avere uno studio dei rischi già durante la fase iniziale della progettazione in modo che i rischi possano essere evitati o ridotti.

IDENTIFY

Select AREA or NODE & section, Select CATEGORY,
Discuss and agree INTENT

GUIDEWORD

HAZARD
IS IT POSSIBLE?
IS IT LIKELY?

THE HAZID PROCESS

BRAINSTORM
THREATS AND CAUSES

ASSESS

CONTROLS
WHAT BARRIERS OR CONTROLS ARE REQUIRED TO PREVENT OR
CONTROL THE EFFECT?



- Hazid
- Lo studio HAZID è uno strumento per l'identificazione dei pericoli, utilizzato all'inizio di un progetto, non appena i diagrammi di flusso del processo, i bilanci del calore e dei materiali e i layout dell'impianto sono resi disponibili.
- Sono inoltre necessari i dati dell'infrastruttura del sito, le condizioni meteorologiche e i dati geotecnici, che possono essere una fonte di pericoli esterni.
- La metodologia è uno strumento di progettazione, che aiuta ad organizzare i documenti in ambito HSE in un progetto.
- La tecnica di brainstorming coinvolge tipicamente le discipline di ingegneria del designer e del cliente, il team di gestione del progetto, di commissioning e di operation.
- I principali risultati e le classificazioni di rischio aiutano a garantire la conformità HSE e fanno parte del registro dei rischi del progetto richiesto da molte autorità per il rilascio delle licenze.

- **Hazid**
- **Cos'è HAZID?**
- HAZID (Hazard Identification) è una metodologia utilizzata per identificare potenziali pericoli in fase di progettazione e operazioni di impianti.
- È un processo sistematico per analizzare i rischi e migliorare la sicurezza.
- **l'importanza della Metodologia HAZID negli Impianti ad Idrogeno**
- Gli impianti ad idrogeno presentano rischi specifici a causa della natura altamente infiammabile dell'idrogeno.
- Utilizzare HAZID aiuta a prevenire incidenti e migliorare la sicurezza operativa tramite l'identificazione precoce. L'HAZID consente di implementare misure preventive efficaci già dalle prime fasi di progetto.



Momento Chiave per Eseguire l'Analisi HAZID

Fase di Progettazione

- **Inizio del Progetto:** Durante la fase iniziale del progetto per identificare e mitigare i rischi potenziali sin dall'inizio.
- **Progettazione di Dettaglio:** Prima della finalizzazione dei disegni di dettaglio per assicurare che tutte le misure di sicurezza siano integrate nel design.

Risk Classification Matrix

Risk Classification ENVIRONMENT		Refer to the Type 26 Project Product Environmental Management Plan T26T7594					
Risk Classification PERSONNEL		More than 100 deaths	10 to 100 deaths	1 to 10 deaths	Permanent RIDDOR	Recoverable RIDDOR	Non-RIDDOR
Frequency Definition*	Accident Frequency	Catastrophic	Disastorous	Critical	Major	Marginal	Negligible
Likely to occur repeatedly on the ship during its life	Frequent >10 ⁻¹	A	A	A	A	A	C
Likely to occur from time to time on the ship during its life	Probable 10 ⁻¹ – 10 ⁻²	A	A	A	A	B	C
May occur once on the ship during its life	Occasional 10 ⁻² – 10 ⁻³	A	A	A	B	C	D
Unlikely to occur on the ship during its life	Remote 10 ⁻³ – 10 ⁻⁴	A	A	B	C	C	D
Very unlikely to occur on the ship during its life	Improbable 10 ⁻⁴ – 10 ⁻⁵	A	B	C	C	D	D
Extremely unlikely to occur on the ship during its life	Highly improbable 10 ⁻⁵ – 10 ⁻⁶	B	C	C	D	D	D
Extremely rare event	Incredible <10 ⁻⁶	C	D	D	D	D	D

Likelihood	5	5	10	15	20	25	<table border="1"> <tr><th>Risk</th></tr> <tr><td>High</td></tr> <tr><td>Medium</td></tr> <tr><td>Low</td></tr> </table>	Risk	High	Medium	Low
	Risk										
	High										
	Medium										
	Low										
	4	4	8	12	16	20					
3	3	6	9	12	15						
2	2	4	6	8	10						
1	1	2	3	4	5						
		1	2	3	4	5					
		Severity									

- Hazid
- **Definizione dei Principi Base:**
- L'HAZID è una metodologia sistematica per identificare potenziali pericoli in un impianto o processo.
- Mira a migliorare la sicurezza attraverso l'identificazione precoce dei rischi e l'implementazione di misure preventive.
- L'identificazione dei Pericoli avviene tramite l'utilizzo di tecniche come brainstorming, checklist, e analisi delle deviazioni.
- È necessario il coinvolgimento di un team multidisciplinare per garantire una valutazione completa.
- La Valutazione dei Rischi viene effettuata tramite un'analisi qualitativa e quantitativa dei rischi identificati.
- L'utilizzo di matrici di rischio è la base dell'HAZID e serve a classificare i pericoli in base alla loro probabilità e gravità.
- Sviluppo di piani di azione per mitigare i rischi identificati.



- Hazid
- **Normative Internazionali e Europee Applicabili**
- **ISO 31000: Gestione del Rischio**
- Fornisce principi e linee guida generali sulla gestione del rischio.
- Applicabile a qualsiasi organizzazione indipendentemente dalle dimensioni, attività o settore.
- **ISO/TR 31004: Implementazione della Gestione del Rischio**
- Guida pratica per implementare ISO 31000.
- Offre esempi di buone pratiche per l'implementazione efficace della gestione del rischio.
- **IEC 61511: Sicurezza Funzionale**
- Standard per la sicurezza funzionale degli strumenti di sicurezza nei settori dell'industria di processo.
- Descrive le esigenze per la gestione della sicurezza strumentale durante l'intero ciclo di vita di un impianto.
- **Direttive Specifiche per l'Idrogeno**
- **Direttiva ATEX 2014/34/UE**
- Regola apparecchiature e sistemi di protezione destinati a essere utilizzati in atmosfere potenzialmente esplosive.
- Include requisiti di sicurezza per la progettazione, fabbricazione e messa in servizio di tali apparecchiature.
- **Regolamento (UE) 2020/740**
- Stabilisce requisiti di sicurezza per le apparecchiature a idrogeno.
- Include disposizioni specifiche per garantire la sicurezza dei sistemi di stoccaggio e distribuzione dell'idrogeno.
- **ISO 16110: Produzione di Idrogeno e Impianti di Trattamento**
- Norme per la sicurezza, progettazione e funzionamento degli impianti di produzione e trattamento dell'idrogeno.
- Copre aspetti legati alla sicurezza operativa e alla gestione dei rischi specifici dell'idrogeno



- Hazid
- **TEAM HAZID**
- **Professionisti con una profonda conoscenza dei processi industriali e operativi.**
- Esperti di Processo: Professionisti con una profonda conoscenza del processo industriale e operativo
- Ingegneri di Sicurezza: Specialisti nella sicurezza industriale e nella gestione dei rischi.
- Operatori dell'Impianto: Personale operativo con esperienza pratica nell'utilizzo e manutenzione dell'impianto.
- Specialisti HAZID: Esperti nella metodologia HAZID e nelle tecniche di identificazione dei pericoli
- **Ruoli e Responsabilità**
- Leader del Team: Coordina l'analisi e guida le discussioni.
- Scribe: Documenta i risultati e le raccomandazioni.
- Esperti Tecnici: Forniscono conoscenze specialistiche sui processi e sulle apparecchiature.
- Analisti di Rischio: Valutano i rischi e propongono misure di mitigazione.
- **Competenze Richieste**
- Conoscenza approfondita dei processi e delle operazioni dell'impianto.
- Esperienza nella gestione dei rischi e nella sicurezza industriale.
- Capacità di analisi critica e problem-solving.
- Abilità di comunicazione e lavoro di squadra.



System analysed in
the HAZID

• Hazid – ESEMPIO

HAZID Report

Node: Night Sleeping in the Bedroom ←

Section: 1. External and environmental Hazards

Category	Guide Word	Threats	Hazards	Safeguards	HAZID Recommendations	Responsibility	Remark
1. Natural and Environmental Hazards	1. Climate Extremes	Very hot day	Potential for sleepless night due to high temperature	Air conditioning system			
		Storm	Potential for sleepless night due to wind, rain and thunders	Soundproof windows			
	2. Earthquakes	Earthquake	Potential for bedroom collapse	Bedroom is designed according to latest NTC			
2. Environmental impact	1. Generation of noise and disturbance to the ecosystem	Loudly snore	Potential for partner wakes up		1. Remember to eat a light dinner	Sleeper	
3. Hazards resulting from human activities	1. Security Problems	Burglars break into the house	Be robbed and potentially injured/killed	Front door locked	2. Install a security system	Home owner	
	2. Proximity to high-risk facilities	To be elbowed by your partner	Potential for injury	Sleeping in a corner of the bed	3. Provide adequate PPE	Sleeper	
4. Infrastructure	1. Access to emergency services	Needing to use the bathroom without waking up those who are sleeping	Potential for tripping on obstacle in the dark		4. Ensure the access to the emergency services are free from obstacle before going to sleep	Sleeper	

Section: 2. Hazards within the facility

Category	Guide Word	Threats	Hazards	Safeguards	HAZID Recommendations	Responsibility	Remark
1. Control methods / Philosophies	1. Maintenance	Bed springs worn-out	Improper rest and potential for back pain	Periodically flip of the mattress	5. Ensure to change the mattress every 10 years	Sleeper	
2. Process	1. Pressure deviation	Getting fat	Mattress spring over stressed leading to bed springs worn-out. See Hazards under Maintenance Guide Word	Enjoying mediterranean diet			
				Periodically flip of the mattress			



- Hazid – monitoraggio continuo

- **Identificazione Tempestiva di Nuovi Rischi e Anomalie Operative:**

- Monitorare continuamente le operazioni per rilevare immediatamente qualsiasi deviazione o nuovo rischio.
- Permette di intervenire rapidamente per mitigare i rischi prima che si trasformino in incidenti.

- **Assicurare che le Misure di Sicurezza siano Efficaci e Aggiornate:**

- Valutare costantemente l'efficacia delle misure di sicurezza implementate.
- Adattare le misure in risposta a nuove informazioni, tecnologie o cambiamenti nel processo.

- **Migliorare la Risposta agli Incidenti attraverso un Feedback Continuo:**

- Utilizzare i dati raccolti dal monitoraggio per migliorare le procedure di emergenza.
- Rafforzare la preparazione e la risposta agli incidenti attraverso l'apprendimento continuo

- **Implementazione di Nuove Tecnologie e Procedure di Sicurezza:**

- Adottare tecnologie avanzate e nuove procedure per migliorare la sicurezza operativa.
- Formazione Continua del Personale sulle Nuove Misure
- Documentare accuratamente tutte le modifiche alle misure di sicurezza e comunicarle a tutti i livelli dell'organizzazione

- **Frequenza delle Revisioni HAZID**

- **Revisioni Periodiche Programmate:**

- Eseguire revisioni HAZID regolarmente, ad esempio annualmente o semestralmente, per mantenere un alto livello di sicurezza.

- **Revisioni Ad Hoc in Risposta a Modifiche Significative o Incidenti:**

- Condurre revisioni HAZID in caso di modifiche significative nel processo, nuove installazioni o incidenti rilevanti.

- **Coinvolgimento di Tutte le Parti Interessate nelle Revisioni:**

- Assicurare la partecipazione di tutte le figure chiave, inclusi operatori, ingegneri e manager, per ottenere una valutazione completa e accurata.

- Hazid

Vantaggi dell'utilizzo di HAZID

- **Identificazione Precoce dei Pericoli:**

- Consente di rilevare potenziali rischi in una fase iniziale del progetto o del processo operativo.
- Migliora la possibilità di prevenire incidenti e minimizzare le conseguenze negative.

- **Miglioramento della Sicurezza Operativa:**

- Implementazione di misure preventive che aumentano la sicurezza complessiva dell'impianto.
- Riduzione del numero e della gravità degli incidenti operativi.

- **Conformità alle Normative e Standard di Sicurezza:**

- Assicura che l'impianto rispetti tutte le normative e gli standard di sicurezza applicabili.
- Facilita l'ottenimento delle certificazioni di sicurezza richieste.

- **Riduzione dei Costi Associati a Incidenti e Guasti:**

- Previene i costi elevati associati a incidenti, come danni alle apparecchiature, interruzioni della produzione e spese legali.
- Migliora l'efficienza operativa riducendo i tempi di fermo e manutenzione.

Limiti e Criticità HAZID

- **Richiede Tempo e Risorse Significative:**

- L'analisi HAZID può essere un processo lungo e complesso che richiede l'impiego di molte risorse.
- Necessità di coordinare un team multidisciplinare e di raccogliere informazioni dettagliate.

- **Dipendenza dalle Competenze del Team:**

- L'efficacia dell'HAZID dipende fortemente dalle competenze e dall'esperienza dei membri del team.
- La mancanza di conoscenze specifiche può portare a una valutazione incompleta dei rischi.

- **Possibilità di Trascurare Pericoli Non Evidenti:**

- Alcuni pericoli potrebbero non essere identificati se non sono immediatamente evidenti o se mancano dati sufficienti.
- Dipendenza dalle tecniche utilizzate e dalla capacità del team di anticipare scenari improbabili ma possibili.



1.2

HAZOP



- L'analisi hazop

La tecnica HAZOP viene normalmente applicata:

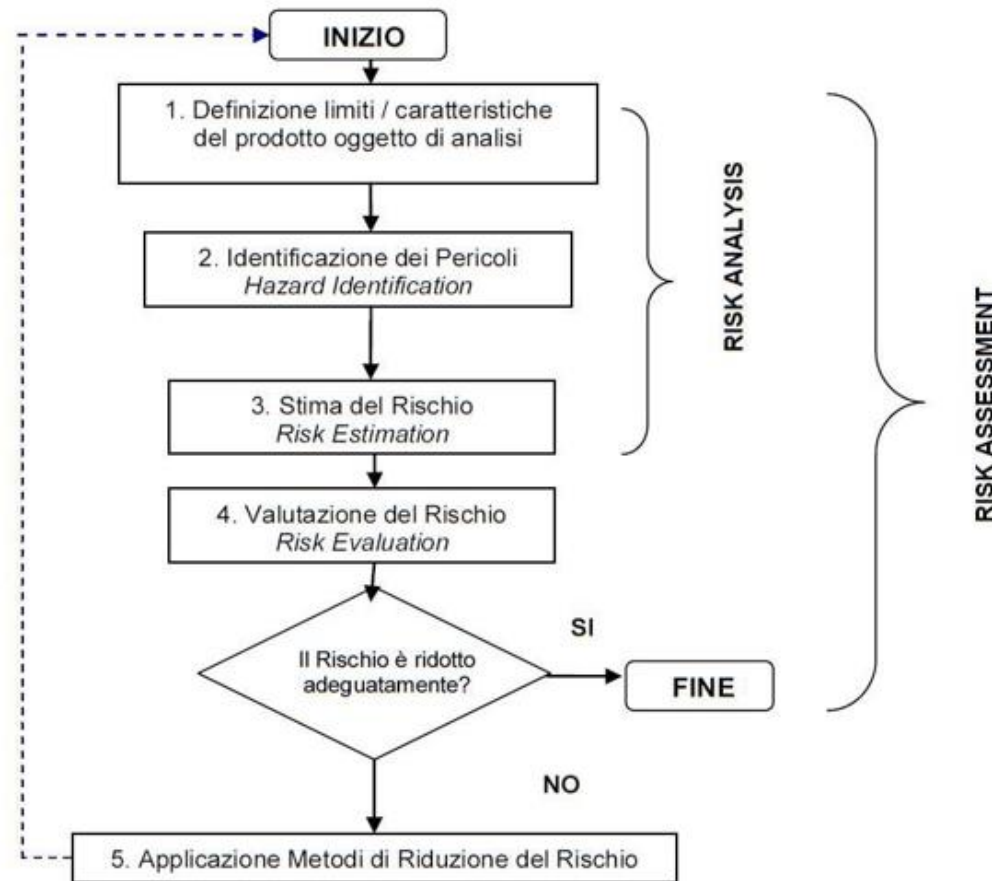
- nelle fasi avanzate della progettazione di un nuovo impianto, quando sono disponibili informazioni adeguate sulle quali impostare l'analisi (ma può essere positivamente applicata anche al progetto preliminare).
- ad impianti esistenti, sia per verifica che per valutare eventuali modifiche.
- nella valutazione dei rischi industriali, preliminarmente al calcolo quantitativo di guasti, eventi e conseguenze.

- **Concetti base**

- **PERICOLO:** Il pericolo è una caratteristica peculiare di una sostanza, di una condizione, di un'attività che ha la possibilità di causare danno alle persone, alla proprietà, all'ambiente. È una proprietà che non può essere soggetta a misura quantitativa.
- **RISCHIO:** Il rischio esprime la probabilità che dall'esposizione ad un pericolo derivi un danno alle persone, all'ambiente o alle cose. Il rischio può essere misurato quantitativamente e corrisponde alla combinazione della probabilità di accadimento di un danno e della gravità del medesimo danno.
 - **RISCHIO = (PROBABILITÀ DI ACCADIMENTO) X (ENTITÀ DELLE CONSEGUENZE)**
- **PROBABILITÀ:** La probabilità è un concetto introdotto per quantificare le possibilità che eventi incerti futuri possano realizzarsi.
- **CONSEGUENZA:** La conseguenza è ciò che deriva, dipende, risulta da una premessa. È la reazione ad un evento precedente. Per un evento che comporta danni può essere espressa come effetto sulla salute (malattia, infortunio, morte), sull'ambiente (inquinamenti dell'aria, dell'acqua, del suolo, del sottosuolo), sulla proprietà (danni agli impianti, alle strutture, alle apparecchiature).

- STD30043 – linee guida Analisi dei pericoli e dei rischi

- La linea guida indica come eseguire l'analisi dei rischi e dei pericoli del prodotto fornito, considerando gli obiettivi di sicurezza prefissati per l'intero ciclo di vita del



- Sequenza delle fasi di analisi

1. **DEFINIZIONE LIVELLI DI ACCETTABILITA' DEL RISCHIO**

2. **DEFINIZIONE LIMITI / CARATTERISTICHE DEL PRODOTTO OGGETTO DI ANALISI**

3. **IDENTIFICAZIONE DEI PERICOLI (*Hazard Identification - HAZOP*)**

- 3.1 Scelta parametri di processo e parole chiave
- 3.2 Definizione sezione e condizioni di analisi
- 3.3 Sequenza di applicazione HAZOP

4. **STIMA DEL RISCHIO (*Risk Estimation*)**

- 4.1 Stima della Probabilità (W)
- 4.2 Stima delle Conseguenze (parametri severità C; E; L)
- 4.3 Stima del parametro Occupazione (F)
- 4.4 Stima del parametro Evitabilità (P)

5. **VALUTAZIONE DEL RISCHIO (*Risk Evaluation*)**

6. **APPLICAZIONE METODI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO**

- Esempio di matrice di accettabilità
- Danni alle PERSONE – Rischio RP

Conseguenze	Severità C	Classe (F+W+P)				
		4	5-7	8-10	11-13	14-16
Catastrofiche	4					
Maggiori	3					
Moderate	2					
Minori	1					
Insignificanti	0					

Occupazione (F)		Probabilità (W)		Evitabilità (P)	
≥ 1 per ora	6	Molto alta	5		
da < 1 per ora a ≥ 1 per giorno	5	Probabile	4		
da < 1 per giorno a ≥ 1 per settimana	4	Possibile	3	Impossibile	5
da < 1 per settimana a ≥ 1 per mese	3	Rara	2	Possibile	3
< 1 per mese	2	Trascurabile	1	Probabile	1

- Esempio di matrice di accettabilità
- Danni AMBIENTALI – Rischio RE

Conseguenze	Severità E	W				
		1	2	3	4	5
Catastrofiche	4	Yellow	Red	Red	Red	Red
Maggiori	3	Green	Yellow	Red	Red	Red
Moderate	2	Green	Green	Yellow	Red	Red
Minori	1	Green	Green	Green	Yellow	Red
Insignificanti	0	Green	Green	Green	Green	Green

Probabilità (W)	
Molto alta	5
Probabile	4
Possibile	3
Rara	2
Trascurabile	1

Un danno ambientale oltre che provocare danni economici rilevanti può avere un impatto sull'immagine pubblica dell'Azienda.

Per la valutazione dei rischi possibili all'ambiente si considerano i danni temporanei / permanenti all'ambiente in termini di rilascio di sostanze:

GASSOSE: rilascio di gas e vapori tossici e/o infiammabili, aerosol,

LIQUIDE: fuliggini, ecc. inquinanti o meno la falda freatica, fiumi, mare, ecc.

SOLIDE: ricaduta sostanze solide / frammenti per esplosione, incendio, ecc.

- Esempio di matrice di accettabilità
- Danni ECONOMICI – Rischio RL

Conseguenze	Severità L	W				
		1	2	3	4	5
Catastrofiche	4	Yellow	Red	Red	Red	Red
Maggiori	3	Green	Yellow	Red	Red	Red
Moderate	2	Green	Green	Yellow	Red	Red
Minori	1	Green	Green	Green	Yellow	Red
Insignificanti	0	Green	Green	Green	Green	Green

Probabilità (W)	
Molto alta	5
Probabile	4
Possibile	3
Rara	2
Trascurabile	1

Per quanto riguarda gli effetti relativi ai DANNI ECONOMICI deve essere valutata, caso per caso, se richiesta e/o necessaria la considerazione dei medesimi nell’ambito dell’analisi dei pericoli e dei rischi eseguita.

La perdita di beni o di produzione dell’impianto può essere stimata considerando le seguenti voci:

$$\text{Perdita Totale} = (\text{“Perdita di Produzione”} + \text{“Costi”})$$

Dove:

Perdita di Produzione = introito differito (produzione ferma o ridotta) più il valore del prodotto perduto;

Costi = Costi (di Ritrattamento + di Riparazione + di Risarcimento del Personale)

- Costi di Ritrattamento: costi (energia, stoccaggio ecc.) per riprocessare il prodotto fuori specifica;
- Costi di Riparazione: costi per riparare i danni o sostituire le apparecchiature;
- Costi di Risarcimento del Personale: costi del personale coinvolto nell’incidente.

- esempio matrice di accettabilità

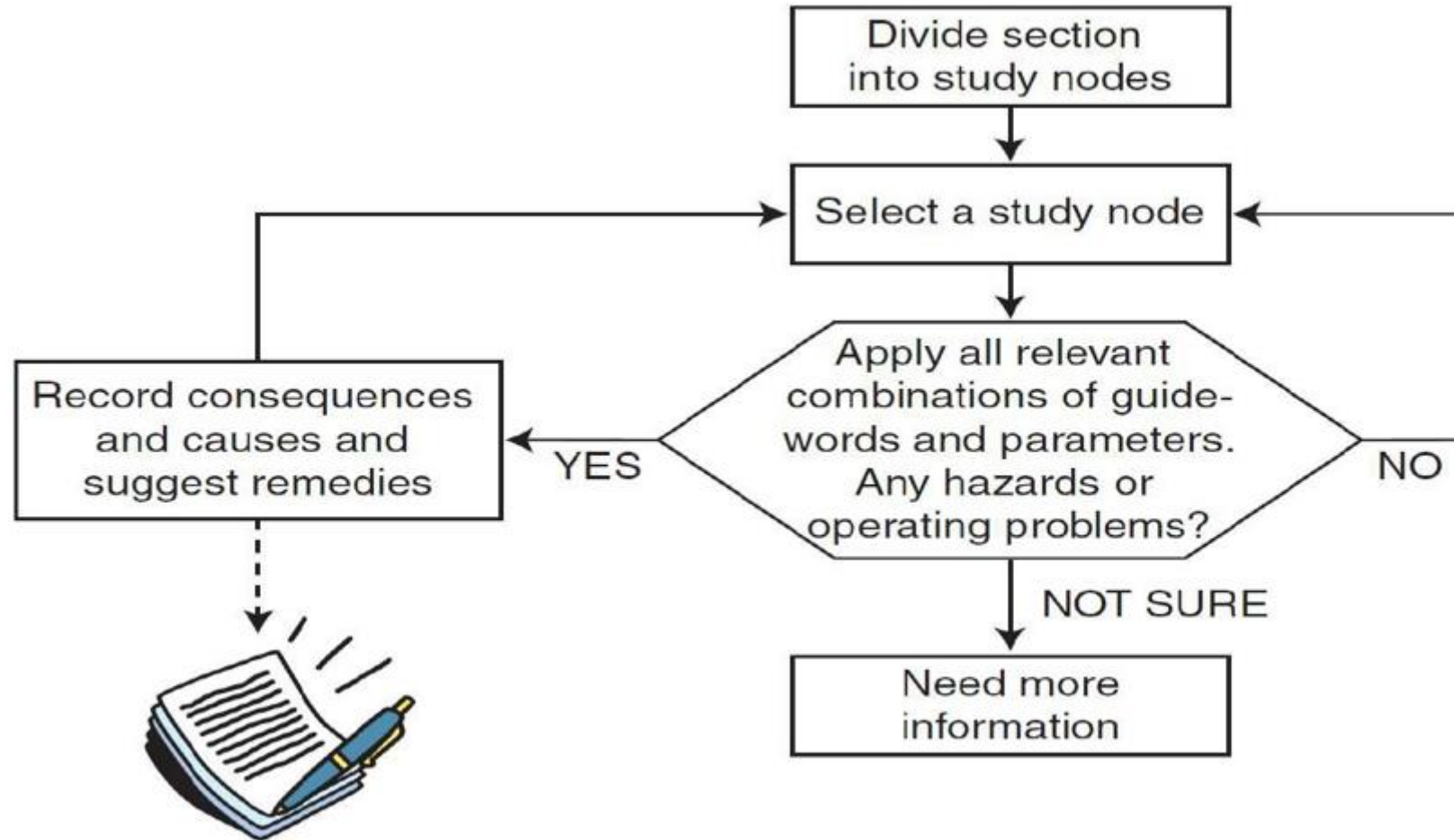
Colore in MATRICE	Definizione del Rischio R	Accettabilità del rischio R
	Rischio ACCETTABILE	Rischio accettabile
	Rischio TOLLERABILE	Area ALARP (<i>As Low As Reasonably Possible</i>): il rischio è tollerabile se il costo associato ad una sua riduzione è sproporzionato rispetto ai benefici ottenibili.
	Rischio NON ACCETTABILE	Rischio non accettabile (rivedere le scelte progettuali e/o costruttive)

- Il gruppo di lavoro: componenti e ruoli
- Il gruppo di lavoro comprende:
 - **Hazop Leader / Chairman**
 - **Segretario (Scribe)**
 - **Progettisti (nelle varie discipline)**
 - **Operativi**
 - **Manutentori**
 - **Fornitori apparecchiature principali/critiche**
 - **Eventuali altri specialisti**
- In verde: componenti del Team

- hazop – nodi e parametri
- Il processo viene analizzato dividendolo in NODI.
- Il NODO è una parte elementare del processo – un reattore, uno scambiatore, una linea di trasferimento – che comprende i dispositivi necessari al suo funzionamento (apparecchi, valvole, sistemi di regolazione e sicurezza ...).
- Per ogni nodo vengono valutate le possibili deviazioni dei parametri di funzionamento rispetto ai valori di progetto.
- L'insieme dei nodi deve comprendere TUTTI i dispositivi e le apparecchiature riportate sui P&ID di riferimento
- Ogni nodo viene caratterizzato da alcuni fattori definiti PARAMETRI, che possono essere raggruppati secondo macro categorie.

OPERATIVI	DI AZIONE	FISICI E CHIMICO/FISICI	DI CONTROLLO
Portata	Agitazione	Viscosità	Misura
Pressione	Miscelazione	Dimensioni particelle	Comunicazione
Temperatura	Separazione	Tempo	Sequenza
Livello	Addizione	Fase	Segnale
Quantità	Reazione	Velocità	Avvio/Arresto
	Trasferimento	Composizione	

- Hazop – schema logico



- Hazop – vantaggi e svantaggi

- **VANTAGGI:**

- - Migliora il processo (meno rischi e imprevisti)
- - Migliora le procedure (complete e logiche)
- - Aumenta la consapevolezza delle figure coinvolte
- - Costituisce al team building

- **SVANTAGGI:**

- - Richiede tempo.
- - È un processo ripetitivo.
- - Il Gruppo di lavoro si deve dedicare all'attività di analisi, estraniandosi dalle altre attività.

- **POSSIBILI OSTACOLI:**

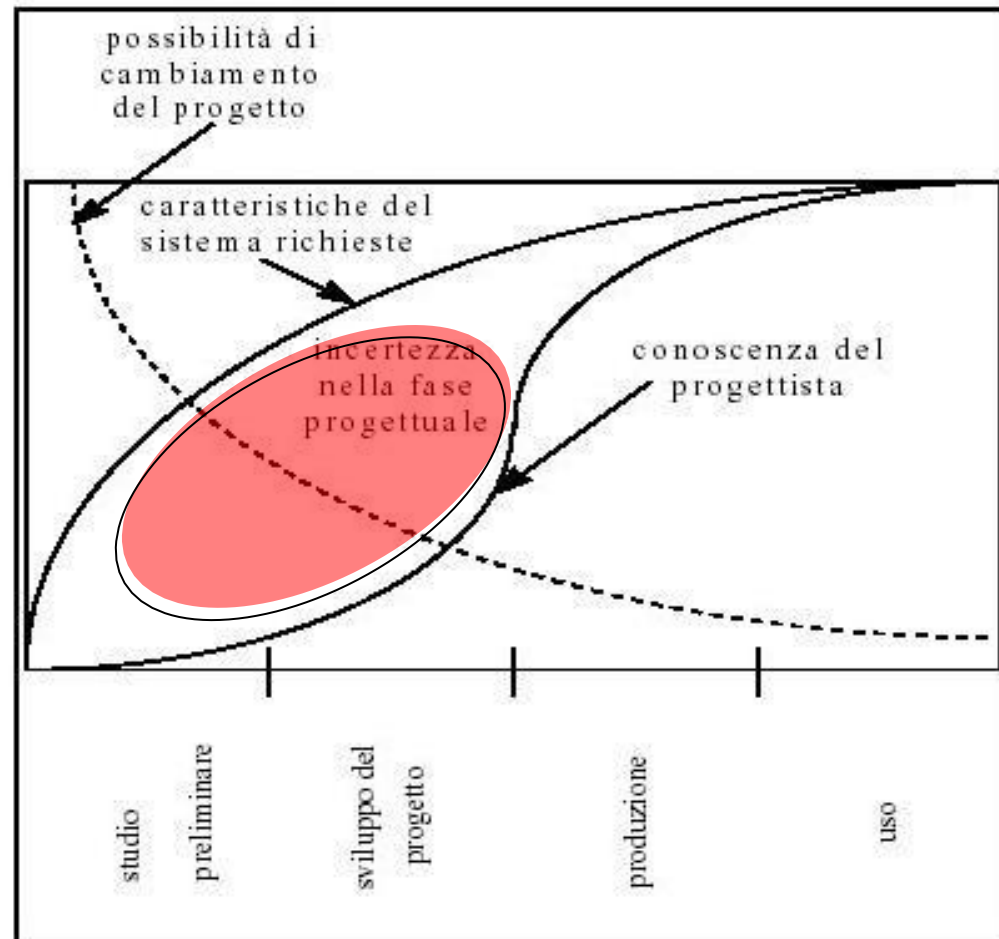
- Le discussioni prolungate sui dettagli.
- La difesa strenua di configurazioni sentite come "proprie".
- La discussione egemonizzata da alcuni componenti del team.
- Il considerarla una perdita di tempo.
- L'approccio "Questo non è un problema..." rispetto alle domande poste.
- Estraniarsi spesso dal Gruppo per dedicarsi alla gestione di altri problemi operativi quotidiani.



1.3

Failure Mode and Effect Analysis

- FMEA
- Quadro generale dell'andamento di un generico processo di progettazione di un nuovo prodotto



- FMEA

La FMEA (Failure Modes and Effects Analysis) è una metodologia sistematica utilizzata per identificare e analizzare i potenziali modi di guasto di un sistema, un processo o un prodotto e i loro effetti. Lo scopo principale della FMEA è di prevenire i guasti identificando le cause e implementando azioni correttive prima che i guasti possano verificarsi. La FMEA si concentra su:

- 1. Identificazione dei modi di guasto:** I potenziali modi in cui un componente o un sistema può fallire.
- 2. Valutazione degli effetti:** Le conseguenze di tali guasti.
- 3. Determinazione delle cause:** Le cause che portano a tali guasti.
- 4. Prioritizzazione del rischio:** Classificazione dei guasti in base alla loro severità, probabilità di accadimento e rilevanza.
- 5. Sviluppo di azioni correttive:** Misure per eliminare o mitigare i guasti identificati.

- **FMEA**

Nel campo dell'idrogeno, la FMEA è particolarmente utile per garantire la sicurezza e l'affidabilità degli impianti e delle apparecchiature utilizzate nella produzione, stoccaggio, distribuzione e utilizzo dell'idrogeno. Ecco come la FMEA si applica specificamente a questo settore:

1. Identificazione dei Componenti Critici

- **Elettrolizzatori:** Componenti chiave come le celle elettrolitiche, le membrane, i sistemi di raffreddamento e i dispositivi di controllo.
- **Serbatoi di Stoccaggio:** Serbatoi ad alta pressione, valvole, dispositivi di sicurezza.
- **Tubi e Conduiture:** Linee di distribuzione dell'idrogeno, raccordi, guarnizioni.

2. Identificazione dei Modi di Guasto

- **Perdite di Idrogeno:** Dovute a guarnizioni difettose, saldature deboli, valvole malfunzionanti.
- **Guasti dei Sistemi di Controllo:** Malfunzionamenti nei sensori di pressione e temperatura, errori nei software di controllo.
- **Corrosione:** Degradazione dei materiali dovuta all'esposizione all'idrogeno.
- **Sovrappressione:** Guasti dei dispositivi di sicurezza che portano a condizioni di sovrappressione.

- FMEA

3. Analisi degli Effetti

- **Sicurezza:** Esplosioni, incendi, fughe di gas tossici.
- **Affidabilità:** Interruzione della produzione di idrogeno, riduzione della vita utile delle apparecchiature.
- **Ambiente:** Impatti ambientali dovuti a fughe di idrogeno o altri incidenti.

4. Determinazione delle Cause

- **Materiali Inadeguati:** Utilizzo di materiali non compatibili con l'idrogeno.
- **Progettazione Scadente:** Errori nella progettazione che non tengono conto delle specificità dell'idrogeno.
- **Manutenzione Insufficiente:** Mancanza di manutenzione regolare e ispezioni periodiche.

5. Valutazione e Prioritizzazione del Rischio

- **Severità (S):** Valutazione dell'impatto di ciascun modo di guasto.
- **Probabilità (O):** Frequenza con cui si può verificare un guasto.
- **Rilevabilità (D):** Capacità di rilevare un guasto prima che si verifichi.

Il rischio viene calcolato come RPN (Risk Priority Number) = $S \times O \times D$. I guasti con il punteggio più alto vengono prioritizzati per azioni correttive.

- FMEA

6. Sviluppo di Azioni Correttive

- **Progettazione Migliorata:** Modifiche al design per prevenire guasti.
- **Materiali Avanzati:** Utilizzo di materiali resistenti alla corrosione e compatibili con l'idrogeno.
- **Manutenzione Proattiva:** Programmi di manutenzione regolari e ispezioni dettagliate.
- **Sistemi di Monitoraggio:** Implementazione di sensori e sistemi di monitoraggio per rilevare guasti potenziali in anticipo.

Esempio di Applicazione della FMEA a un Sistema di Stoccaggio di Idrogeno

- 1. Identificazione dei Componenti:** Serbatoio di stoccaggio, valvole di sicurezza, tubazioni.
- 2. Modi di Guasto:** Perdita di idrogeno dal serbatoio, guasto della valvola di sicurezza, rottura delle tubazioni.
- 3. Effetti:** Esplosione, incendio, rilascio di idrogeno nell'ambiente.
- 4. Cause:** Materiali difettosi, errata installazione, mancata manutenzione.
- 5. Valutazione del Rischio:** Calcolo del RPN per ogni modo di guasto.
- 6. Azioni Correttive:** Sostituzione dei materiali difettosi, revisione delle procedure di installazione, implementazione di un programma di manutenzione.

- Punti di debolezza - fmea

La soggettività insita nell'attribuzione dei valori ai tre indici di Severity, Occurrence e Detection

L'incapacità di valutare il differente peso con cui Severity, Occurrence e Detection possono gravare sulla criticità della singola tipologia di guasto: la FMEA livella in modo semplicistico il loro contributo, uguagliandolo

La ripetitività con cui si presentano all'interno del proprio range i *Risk Priority Number* (R.P.N.) prodotti da tutte le distinte terne di valori di Severity, Occurrence e Detection

La difficoltà di valutare nella sua complessità l'intero scenario di guasto nelle mutue interazioni fra i componenti coinvolti

La mancanza di un supporto decisionale capace di produrre una Criticality Item List che tenga conto non solo della gravità di una failure, bensì anche dell'efficienza economica degli interventi correttivi da adottare (non deducibili da confronti tra valori del RPN)

La mancanza di espliciti riferimenti relativi al deterioramento del prodotto (informazioni *time oriented*) spesso utili soprattutto per il settore idrogeno

Il lungo tempo e gli sforzi necessari a livello aziendale (lungi brainstorming, spese di training per il personale, ecc.) per sviluppare e gestire la FMEA che la rende un'analisi proibitiva, soprattutto per aziende di medio-piccole dimensioni, a fronte di risultati troppo spesso inconsistenti ed incompleti



1.4

SIL (Safety Integrity Level)

- Normativa SIL (Safety Integrity Level)

La normativa SIL (Safety Integrity Level) è uno standard internazionale che quantifica il livello di riduzione del rischio fornito da una funzione di sicurezza. SIL è definito da una serie di standard internazionali come IEC 61508, IEC 61511 e IEC 62061. Questi standard descrivono i requisiti per la progettazione, l'implementazione, l'operazione e la manutenzione dei sistemi di sicurezza funzionale.

Livelli di Integrità della Sicurezza (SIL)

I livelli SIL sono classificati da 1 a 4, con SIL 4 che rappresenta il livello più alto di integrità della sicurezza. Ogni livello corrisponde a una probabilità massima di fallimento su richiesta (**PFH**) o a una frequenza di fallimento per ora (**PFH**) per le funzioni di sicurezza.

- **SIL 1:** Riduzione del rischio di base (PFH: 0.1 - 0.01)
- **SIL 2:** Riduzione del rischio moderata (PFH: 0.01 - 0.001)
- **SIL 3:** Riduzione del rischio alta (PFH: 0.001 - 0.0001)
- **SIL 4:** Riduzione del rischio molto alta (PFH: 0.0001 - 0.00001)

- Normativa SIL (Safety Integrity Level) – settore idrogeno

- 1. Progettazione di Sistemi di Sicurezza:** Nel contesto degli impianti di produzione, stoccaggio e distribuzione dell'idrogeno, i sistemi di sicurezza devono essere progettati per soddisfare specifici livelli SIL. Questo include:
 - **Sistemi di controllo e interblocco:** Per prevenire operazioni pericolose.
 - **Sistemi di rilevamento e allarme:** Per la rilevazione di fughe di idrogeno e l'attivazione di allarmi.
 - **Valvole di sicurezza e sistemi di scarico:** Per ridurre la pressione in caso di sovraccarico.

- Normativa SIL (Safety Integrity Level) – settore idrogeno

2. Analisi del Rischio e Determinazione del SIL: L'analisi del rischio è cruciale per determinare il livello SIL richiesto per ogni funzione di sicurezza. Questo processo include:

- **Identificazione dei pericoli:** Utilizzo di metodologie come HAZOP e HAZID per identificare i pericoli associati all'idrogeno.
- **Valutazione del rischio:** Determinare la severità, la frequenza e la probabilità dei rischi identificati.
- **Assegnazione dei livelli SIL:** Basato sull'analisi del rischio, assegnare un livello SIL adeguato alle funzioni di sicurezza.

- Normativa SIL (Safety Integrity Level) – settore idrogeno

3. Implementazione e Validazione: Una volta determinati i requisiti SIL, i sistemi devono essere progettati e implementati per soddisfare questi requisiti. Questo include:

- **Progettazione hardware e software:** Garantire che i componenti utilizzati siano certificati per il livello SIL richiesto.
- **Test e validazione:** Eseguire test per verificare che il sistema soddisfi i requisiti di sicurezza funzionale.

4. Manutenzione e Monitoraggio: Per mantenere il livello di integrità della sicurezza durante il ciclo di vita dell'impianto:

- **Manutenzione preventiva:** Programmare e eseguire manutenzioni regolari per assicurare il funzionamento corretto dei sistemi di sicurezza.
- **Monitoraggio continuo:** Utilizzare sistemi di monitoraggio per rilevare e correggere eventuali deviazioni dai requisiti di sicurezza.

- Normativa SIL (Safety Integrity Level) – settore idrogeno

Esempio di Applicazione SIL in un Impianto di Produzione di Idrogeno

- 1. Identificazione del Pericolo:** Durante un'analisi HAZOP, si identifica che una fuga di idrogeno può portare a un'esplosione.
- 2. Analisi del Rischio:** Valutazione della probabilità e delle conseguenze di una fuga di idrogeno.
- 3. Assegnazione del SIL: Ex:** Determinato che è necessario un SIL 2 per il sistema di rilevazione di fughe e allarmi.
- 4. Progettazione del Sistema:** Implementazione di sensori di idrogeno certificati SIL 2, collegati a un sistema di allarme e interblocco.
- 5. Test e Validazione:** Test del sistema per assicurare che rileva correttamente le fughe di idrogeno e attiva gli allarmi.
- 6. Manutenzione e Monitoraggio:** Manutenzione regolare dei sensori e monitoraggio continuo del sistema per garantire la sua efficacia.

- **Determinazione del livello di integrità di sicurezza (sil)**

Scopo della linea guida: indica come determinare i livelli di integrità di sicurezza (SIL – safety integrity level) di funzioni strumentate di sicurezza (SIC) secondo i principi degli standard IEC 61511 (1 ... 3) e IEC 61508 (1 ... 7).

È parte della **sicurezza complessiva** di un sistema.

Il livello di rischio di guasto del sistema è valutato con un approccio probabilistico, in funzione della frequenza o probabilità di accadimento del guasto e della gravità delle conseguenze del guasto stesso.

Il rischio può essere ridotto a livelli accettabili con vari strumenti – ad esempio con dispositivi meccanici – o con l'utilizzo di **sistemi di sicurezza elettrici, elettronici o elettronici programmabili (E/E/PES)**.

L'azione svolta dal sistema di sicurezza è definita **funzione di sicurezza**.

L'applicazione dei principi della sicurezza funzionale garantisce che il sistema E/E/PES scelto offra la riduzione del rischio desiderata.

• Principi base della sicurezza funzionale

- Un sistema relativo alla sicurezza deve funzionare correttamente oppure guastarsi in modo prevedibile e sicuro considerando che:
 - Il rischio zero non può essere raggiunto;
 - i livelli di rischio non accettabili devono essere ridotti (ALARP);
 - un livello di sicurezza ottimale, anche dal punto di vista dei costi, viene raggiunto se pensato sull'intero ciclo di vita dei sistemi.
- **Safety Instrumented System (SIS)**: Sistema strumentato utilizzato per realizzare una o più funzioni strumentate di sicurezza (SIF). Un SIS è composto da una combinazione di sensore(i), risolutore(i) logico(i) ed elemento(i) finale(i).

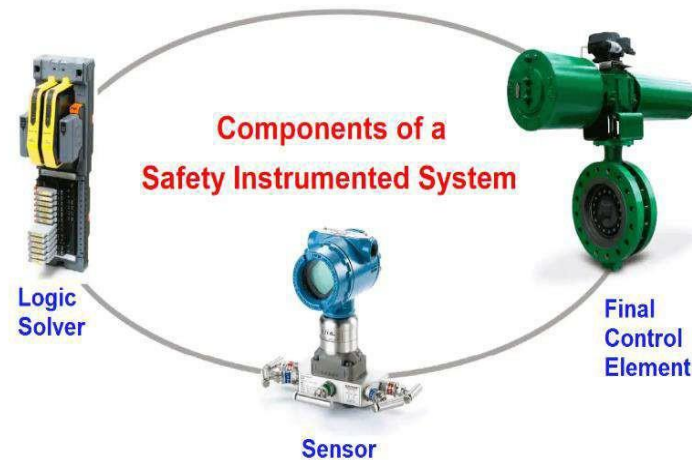
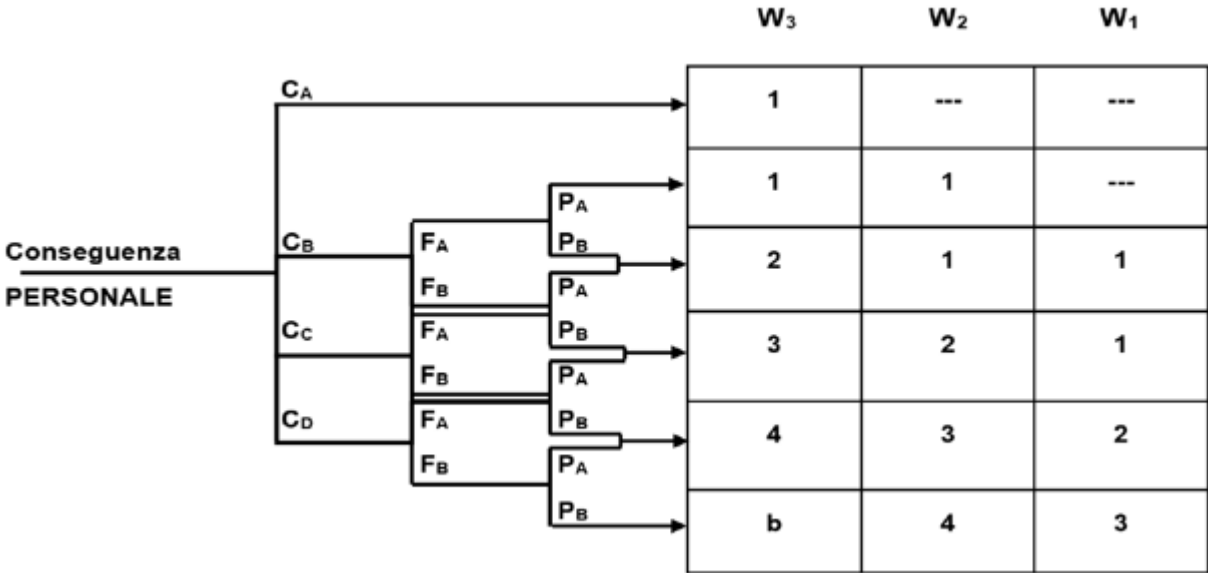


Image Courtesy: Emerson

• DEFINIZIONI

- **Funzione di Sicurezza Strumentale (SIF):** Funzione di Sicurezza con un livello di integrità di sicurezza specificato, necessario per ottenere la sicurezza funzionale desiderata. Una funzione strumentata di sicurezza può essere sia una funzione di protezione strumentata di sicurezza, sia una funzione di controllo strumentata di sicurezza.
- **Safety Integrity Level (SIL):** Livello discreto (uno di quattro) per specificare i requisiti di integrità di sicurezza delle funzioni strumentate di sicurezza, da allocare nei sistemi strumentati di sicurezza. Il livello d'integrità di sicurezza 4 corrisponde al più alto grado di integrità di sicurezza; il livello 1 corrisponde al più basso.
- **Probabilità media di Fallimento su Domanda (PFD):** esprime la probabilità di un guasto pericoloso di un sistema (o sottosistema) di sicurezza su richiesta (Probability of Failure on Demand).
- **Probabilità media di Fallimento per ora (PFH):** esprime la probabilità di un guasto pericoloso di un sistema (o sottosistema) di sicurezza per ora su richiesta (Probability of Failure per hour).
- **Basic Process Control System (BPCS):** sistema che gestisce il controllo e il monitoraggio del processo per un sistema. Richiede input da sensori e strumentazioni di processo per fornire un output basato su una strategia di controllo definita: è di fatto responsabile del corretto funzionamento dell'impianto

- Grafi di rischio calibrati – sicurezza del personale
- GRAFI DI RISCHIO CALIBRATI: in funzione dei diversi parametri di rischio coinvolti, si hanno differenti grafi da applicare.
- 1. Conseguenze relative alla sicurezza del personale



Legenda: 1 = SIL 1 – 2 = SIL 2 – 3 = SIL 3 – 4 = SIL 4
 b = una sola SIF non è sufficiente
 --- = nessun requisito di sicurezza

- Gruppo di lavoro – componenti e ruoli
- Il Gruppo di Lavoro, in maniera simile all'analisi HAZOP comprende:
 - **Team Leader / Chairman**
 - **Segretario (Scribe)**
 - **Progettisti (nelle varie discipline)**
 - **Operativi**
 - **Manutentori**
 - **Fornitori apparecchiature principali/critiche**
 - **Eventuali altri specialisti**
- In verde: componenti del Team

AiFOS

Associazione Italiana Formatori ed
Operatori della Sicurezza sul Lavoro



BUREAU
VERITAS

Grazie per l'attenzione

