DRIVERS

Approccio combinato
data-driven ed experience-driven
all'analisi del rischio sistemico

Università di Genova | DICCA DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, CHIMICA E AMBIENTALE

COMUNE DI GENOVA | CON IL PATROCINIO DI: **COMUNE DI GENOVA**

Ordine Ingegneri Genova | EVENTO PATROCINATO E ACCREDITATO DALL'**ORDINE DEGLI INGEGNERI DI GENOVA**

GENOVA **15 GENNAIO 2024**

WORKSHOP DEDICATO AL PROGETTO **DRIVERS**

ANALISI DEI RISCHI EMERGENTI IN CONTESTI INDUSTRIALI E PORTUALI:

OPPORTUNITÀ E SFIDE CONNESSE ALL'INTEGRAZIONE DI NUOVI VETTORI ENERGETICI E DIGITALIZZAZIONE

PARTNER DI PROGETTO

UCBM
UNIVERSITÀ CAMPUS BIO-MEDICO DI ROMA

INAIL
ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO

Università degli Studi di Messina

RAZIONALE SCIENTIFICO

Il Dipartimento di Ingegneria Civile Chimica e Ambientale dell'Università degli Studi di Genova propone un **evento scientifico di tipo seminariale**, da erogare gratuitamente relativo a tematiche di interesse per l'Industria, l'Accademia e la Comunità tutta, mirato alla disamina ed approfondimento della necessaria innovazione degli strumenti, fattori e criteri dell'Analisi di Rischio onde affrontare le sfide e cogliere le opportunità originate dai cambiamenti esponenziali che caratterizzano la nostra società.

Tra questi assume particolare rilevanza nel territorio ligure la transizione energetica e le relative implicazioni e scelte strategiche. Il workshop si inserisce nel contesto del progetto "**DRIVERS- Approccio combinato data-driven ed experience-driven all'analisi del rischio sistemico**", finanziato dall'INAIL tramite il Bando Ricerche in Collaborazione (BRiC -2021) e finalizzato a fornire nuovi strumenti per il rafforzamento delle capacità di risposta ai cambiamenti "esponenziali", attraverso un approccio dinamico e integrato al risk management.

L'evento promosso e coordinato dal Prof. Bruno Fabiano, Professore Ordinario di Impianti Chimici dell'Università degli Studi di Genova, prevede una giornata di discussione su tematiche relative all'integrazione dei nuovi vettori energetici quali idrogeno e GNL con impianti, infrastrutture, combustibili e processi esistenti, nonché alla contemporanea necessità di adattamento ai cambiamenti imposti dal crescente sviluppo della digitalizzazione e dagli effetti dei cambiamenti climatici.

La giornata, programmata in data **15 gennaio 2024**, sarà strutturata in una sessione di interventi che forniranno il contesto scientifico del problema, delle soluzioni e delle implicazioni e una successiva tavola rotonda, pianificata nel pomeriggio dello stesso giorno, atta a promuovere la discussione tra gli esperti del settore e la Comunità. Il Workshop ha carattere informativo e divulgativo ed è rivolto a Professionisti del Settore, ricercatori Universitari e membri della Comunità e degli Enti regolatori e di controllo.

Sono previsti interventi da parte dei tre partner universitari di progetto (Università di Genova Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale DICCA), Campus Bio-medico di Roma e Università di Messina), di INAIL Roma, da rappresentanti della componente industriale (Iplom, GNL Med) e portuale del territorio Ligure, esponenti dell'Ordine degli Ingegneri ed esperti del settore.

L'evento, il cui principale obiettivo è la disseminazione e la promozione di un concreto dibattito sulle tematiche in oggetto, è patrocinato dal Comune di Genova ed accreditato dall'Ordine Ingegneri di Genova.

Sommario

Programma della giornata

La sicurezza del lavoro attraverso la transizione energetica, la transizione digitale e i cambiamenti climatici
Silvia Ansaldi *(INAIL, DIT, Monte Porzio Catone (RM))*

Analisi del rischio sistemico nel contesto della transizione energetica
Bruno Fabiano, Tomaso Vairo *(Università di Genova)*

Transizione energetica: approccio teorico-sperimentale ai rischi connessi ai nuovi carburanti
Maria Francesca Milazzo *(Università di Messina)*

Un approccio pro-attivo alla cybersecurity degli impianti industriali
Roberto Setola *(Università Campus Bio-Medico, Roma)*

Analisi di rischio per FSRU. Metodi e considerazioni
Fabio Dattilo *(Già dirigente generale Ministero dell'Interno Capo del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, Università di Padova)*

Un deposito di piccola taglia di GNL e BioGNL nel sistema portuale di Genova e Savona
Alessandro Manfredi *(GNL MED S.r.l., Genova)*

Come potrà cambiare l'approccio alla gestione del rischio industriale di una raffineria od un deposito petrolifero, a fronte dell'incremento della complessità e dei rischi emergenti? L'esperienza di IPLOM
Gianfranco Peiretti *(IPLOM S.p.A., Busalla)*
Luca Fiorentini *(TECSA S.r.l., Milano)*

Rischi emergenti. Il punto di vista del settore Unem
Maria Virginia Coccia *(UNEM, Roma)*

PROGRAMMA

08:30 - 09:00 **Registrazione partecipanti**

09:00 - 09:30 Saluti Istituzionali ed apertura dei lavori

Università degli Studi di Genova

Angela Razzino
INAIL-Direzione regionale Liguria

Matteo Campora
Assessorato Transizione Ecologica, Trasporti, Mobilità Integrata, Ambiente, Rifiuti, Energia, Genova Smart City-Comune Genova

Enrico Sterpi
Ordine degli Ingegneri di Genova

CHAIRPERSON **Bruno Fabiano** *Università di Genova*

09:30 - 09:40 La sicurezza del lavoro attraverso la transizione energetica, la transizione digitale e i cambiamenti climatici
Silvia Ansaldi
INAIL, DIT, Monte Porzio Catone (RM)

09:40 - 10:05 Analisi del rischio sistemico nel contesto della transizione energetica
Bruno Fabiano, Tomaso Vairo
Università di Genova

10:05 - 10:30 Transizione energetica: approccio teorico-sperimentale ai rischi connessi ai nuovi carburanti
Maria Francesca Milazzo
Università di Messina

10:30 - 11:00 Un approccio pro-attivo alla cybersecurity degli impianti industriali
Roberto Setola
Università Campus Bio-Medico, Roma

11:00 - 11:45 Coffee break

CHAIRPERSON **Patrizia Agnello** *INAIL, Roma*

11:45 - 12:10 Analisi di rischio per FSRU. Metodi e considerazioni
Fabio Dattilo
Già dirigente generale Ministero dell'Interno Capo del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, Università di Padova

12:10 - 12:30 Un deposito di piccola taglia di GNL e BioGNL nel sistema portuale di Genova e Savona
Alessandro Manfredi
GNL MED S.r.l., Genova

12:30 - 12:50 Come potrà cambiare l'approccio alla gestione del rischio industriale di una raffineria od un deposito petrolifero, a fronte dell'incremento della complessità e dei rischi emergenti? L'esperienza di IPLOM
Gianfranco Peiretti
IPLOM S.p.A., Busalla

Luca Fiorentini
TECSA S.r.l., Milano

12:50 - 13:10 Rischi emergenti.
Il punto di vista del settore Unem
Maria Virginia Coccia *UNEM, Roma*

13:15 - 14:30 Pranzo

14:30 - 15:30 Tavola Rotonda

CHAIRPERSON **Donatella Giacopetti** UNEM, Roma

Patrizia Agnello
INAIL, DIT, Monte Porzio Catone (RM)

Irene Bonetti
Attilio Carmagnani "AC" S.p.a., Genova

Paolo Bragatto
Università Campus Bio-Medico, Roma

Fabio Dattilo
Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, Università di Padova

Gianfranco Peiretti
IPLOM S.p.A., Busalla

Andrea Rapuzzi
A-SIGN S.r.l., Genova

Enrico Sterpi
Ordine degli Ingegneri di Genova

DRIVERS

Approccio combinato
data-driven ed experience-driven
all'analisi del rischio sistemico

Università di Genova | DICCA DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, CHIMICA E AMBIENTALE

COMUNE DI GENOVA | CON IL PATROCINIO DI: COMUNE DI GENOVA

Ordine Ingegneri Genova | EVENTO PATROCINATO E ACCREDITATO DALL'ORDINE DEGLI INGEGNERI DI GENOVA

PARTNER DI PROGETTO

UCBM UNIVERSITÀ CAMPUS BIO-MEDICO DI ROMA

INAIL ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO

Università degli Studi di Messina

GENOVA **15 GENNAIO 2024**

WORKSHOP DEDICATO AL PROGETTO **DRIVERS**

ANALISI DEI RISCHI EMERGENTI IN CONTESTI INDUSTRIALI E PORTUALI:

OPPORTUNITÀ E SFIDE CONNESSE ALL'INTEGRAZIONE DI NUOVI VETTORI ENERGETICI E DIGITALIZZAZIONE

SILVIA M. ANSALDI – INAIL DIT

LA SICUREZZA DEL LAVORO ATTRAVERSO LE TRANSIZIONI ENERGETICA, DIGITALE, CAMBIAMENTI CLIMATICI

LA SICUREZZA DEL LAVORO ATTRAVERSO LA TRANSIZIONE ENERGETICA, LA TRANSIZIONE DIGITALE E I CAMBIAMENTI CLIMATICI

SILVIA MARIA ANSALDI - *INAIL, DIT, Monte Porzio Catone (RM)*

Stiamo affrontando cambiamenti esponenziali: energia e digitalizzazione offrono opportunità e pongono sfide, sullo sfondo incombono i cambiamenti climatici, la situazione geopolitica e le crisi sanitarie. La domanda è: in questi cambiamenti, come tenere conto della sicurezza del lavoro, intesa in senso largo di lavoratori, impianti e comunità? INAIL aveva posto queste sfide nel bando BRiC (Bando Ricerche in Collaborazione) 2021 e il progetto DRIVERS cerca di fornire risposte.
Nella presentazione si pongono le principali questioni alle quali i successivi relatori risponderanno.

SCENARIO: Cambiamenti esponenziali

Transizione energetica

Da utilizzo di fonti di produzione fossile a energie rinnovabili (più efficienti meno inquinanti)

Trasformazione digitale

Digitalizzazione favorisce le attività da remoto: aumento esposizione a minacce cyber, minore presenza lavoratori, riduzione capacità di *knowledge-transfer* fra i lavoratori

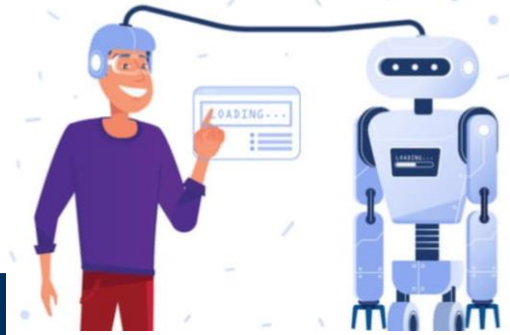
Cambiamenti climatici

Eventi estremi (frequenza e intensità) con impatti, potenziali e significativi, su funzionalità e strutture, conseguenze sulla **sicurezza dei lavoratori**

…e la SICUREZZA?

- In questi cambiamenti come tenere conto della **sicurezza**?

sicurezza del lavoro



sicurezza dei processi e degli impianti

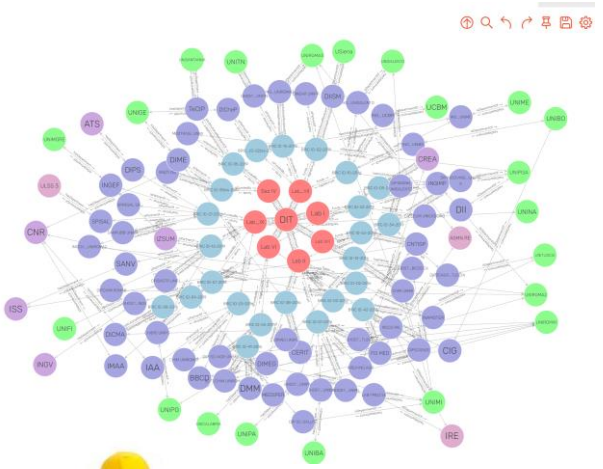
sicurezza della comunità

SICUREZZA: Requisito sociale di accettabilità

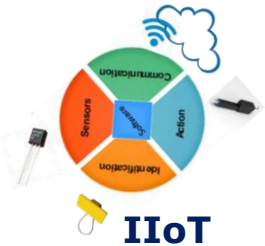
- La sicurezza deve essere presente fin dall'inizio del progetto e accompagnarlo durante tutto il ciclo di vita
- Sicurezza intrinseca?
- Soluzioni intrinsecamente più sicure

INAIL promuove e co-finanzia progetti di ricerca nel settore della sicurezza e igiene del lavoro

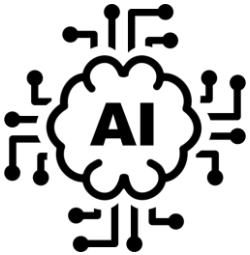
- Bandi di ricerca in Collaborazione (BRiC)
  - Università ed Enti di ricerca
- Bandi di progetti transnazionali (SAF€RA)
  - Istituti omologhi a Inail
  - Università ed Enti di Ricerca



Lavoratore



IIoT



RSPP

https://www.safera.eu/

…alcuni progetti…

BRiC

RECKON
Real-world, context-aware knowledge-based Lab: Definizione del Framework Operativo e Validazione Partecipata nell'Ambito Manifatturiero

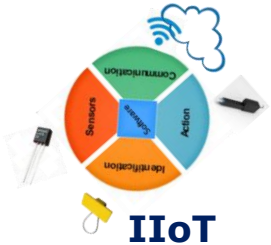
SMARTBENCH
2016

Sistemi Smart per stabilimenti industriali ad Alta Affidabilità. Sviluppo di sensori Emissioni Acustiche in rete per monitoraggio integrità; Etichette Smart per gestione verifiche attrezzature di lavoro; Sensore Virtuale per visualizzazione invecchiamento di impianti; "Internet delle Cose" per attività in ambienti ostili.

SENSE-RISC
2018

Sviluppo di abiti intelligENti Sensorizzati per prevenzione e mitigazione di RIschi per la SiCurezza dei lavoratori

PITSTOP
Piattaforma Immersiva per il Training STrutturato dell'Operatore



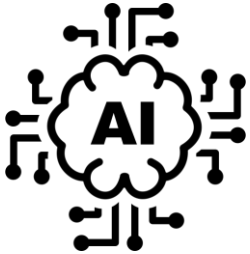
IIoT

DYNRISK
Analisi di rischio dinamiche integrate con dati provenienti da tecnologie abilitanti per la gestione di eventi critici derivanti da fattori emergenti

MAC4PRO
Manutenzione intelligente (smart maintenance) di impianti industriali e opere civili mediante tecnologie di monitoraggio 4.0 e approcci prognostici

2019

CP-SEC
Sistema Cyber-Fisico per la sicurezza in stabilimenti PIR, integrazione di tecnologie di localizzazione di persone e mezzi e di sistemi di sensori distribuiti



SAF€RA

4STER
Integrated Management of Safety and Security Synergies in Seveso Plants

2018

H(CS)2I
A framework for the development of Human-Centred Safety Crowd-Sensitive Indicators in Enterprises

GrapHazard
2020

Hazard characterization of graphene-based nanomaterials in energy production and storage

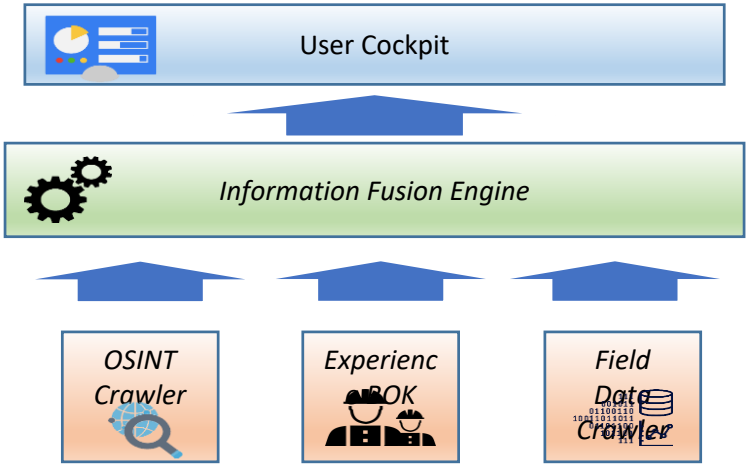
RESMOD
2021

RESilience enhancement MODel

BRiC ID03/2021 – DRIVERS

Approccio combinato data-driven ed experience-driven all'analisi del rischio sistemico

Sviluppo di uno strumento di supporto alla valutazione dei **rischi "emergenti"** mediante una soluzione che **integri** le conoscenze degli **esperti** con la disponibilità di **dati**, siano essi provenienti dal campo che da fonti aperte



Nuovi carburanti

Nuove linee di produzione (green energy)

Nuovi materiali

Vecchi materiali

Infrastrutture critiche

Cyber attack

Impatto sulle funzionalità

Minore presenza personale

EXECUTIVE

Knowledge-transfer

CULTURA e CLIMA della SICUREZZA

- Valorizzare e sfruttare le competenze acquisite
- Banche dati incidentali/quasi-incidentali (esperienze operative), patrimonio aziendale, di associazione, nazionale
- Norme tecniche

Associazioni di categoria

Enti di controllo

Accademia Ricerca

Consulenti

Gestori RSPP lavoratori

Normatori

CULTURA e CLIMA della SICUREZZA (cont.)

- Valorizzare la cultura della sicurezza acquisita nel tempo, indipendentemente dalle scelte
- Non diminuire i livelli di sicurezza raggiunti
- Valorizzare la conoscenza e la capacità di decidere negli ambiti di

sicurezza del lavoro, sicurezza dei processi, sicurezza dei materiali

La transizione ricomincia da 3!

Grazie per l'attenzione
e
buon workshop!

LA SICUREZZA DEL LAVORO ATTRAVERSO LE TRANSIZIONI ENERGETICA, DIGITALE, CAMBIAMENTI CLIMATICI

s.ansaldi@inail.it

DRIVERS

Approccio combinato
data-driven ed experience-driven
all'analisi del rischio sistemico

Università di Genova | DICCA DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, CHIMICA E AMBIENTALE

COMUNE DI GENOVA | CON IL PATROCINIO DI: COMUNE DI GENOVA

Ordine Ingegneri Genova | EVENTO PATROCINATO E ACCREDITATO DALL'ORDINE DEGLI INGEGNERI DI GENOVA

PARTNER DI PROGETTO

UCBM UNIVERSITÀ CAMPUS BIO-MEDICO DI ROMA

INAIL ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO

Università degli Studi di Messina

GENOVA **15 GENNAIO 2024**

WORKSHOP DEDICATO AL PROGETTO **DRIVERS**

ANALISI DEI RISCHI EMERGENTI IN CONTESTI INDUSTRIALI E PORTUALI:

OPPORTUNITÀ E SFIDE CONNESSE ALL'INTEGRAZIONE DI NUOVI VETTORI ENERGETICI E DIGITALIZZAZIONE

Bruno Fabiano- DICCA, UniGe

Tomaso Vairo- DICCA, UniGe

I rischi emergenti nella transizione energetica
Analisi delle vulnerabilità sistemiche

ANALISI DEL RISCHIO SISTEMICO NEL CONTESTO DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA

BRUNO FABIANO, TOMASO VAIRO – *Università degli Studi di Genova*

I porti del Mediterraneo sono oggetto di una radicale trasformazione verso hub digitali ed energetici, addizionali a quelli logistici, e tendono ad assumere un ruolo sempre più strategico nella transizione energetica, anche in relazione all'attuale contesto geopolitico. La transizione verso fonti di energia rinnovabili e sostenibili rappresenta un complesso processo multifattoriale che pone alle organizzazioni socio-tecnologiche una serie di rischi potenziali ed introduce incertezze di tipo sia aleatorio, sia epistemico. Tecniche avanzate basate su AI e ML (machine learning) possono fornire in tale ambito un supporto affidabile nei processi decisionali, orientando le scelte verso una pianificazione maggiormente "risk-informed and safety-responsible".

Lo studio esplora l'applicazione di tecniche di apprendimento automatico volte all'identificazione dei fattori di rischio emergente connesso con la transizione energetica. Il modello predittivo DRIVERS, basato su algoritmi di Gradient Boosting, è addestrato su un variegato insieme di dati, derivato da questionari dettagliati, modelli di tipo "fishbone" e risultati dell'esperienza operativa di impianti a rischio di incidente rilevante. Segnatamente, i dati ottenuti mediante questionari forniscono una valutazione completa delle percezioni dei soggetti coinvolti nel processo di transizione energetica e l'elaborazione dei dati da siti pilota offrono una visione pratica e basata sulla realtà operativa degli stessi soggetti. Sulla base di un approccio combinato "data and experience driven", il modello è stato sviluppato per analizzare dati complessi e multi-dimensionali, comprendere le relazioni non lineari e interattive tra vari fattori e prevedere i potenziali rischi con una maggiore precisione. Inoltre, l'analisi dell'importanza delle "features" consente di identificare i fattori acceleranti e mitigativi più rilevanti per l'identificazione dei rischi emergenti e conseguentemente i precursori significativi di incidenti e quasi incidenti, permettendo così alle organizzazioni di intercettarli prima che si avviino le sequenze incidentali. Vengono presentati i risultati ottenuti in applicazione pilota, evidenziando come il modello DRIVERS pervenga a prestazioni statistiche eccellenti nell'identificazione dei fattori più rilevanti e dei precursori dei rischi emergenti associati alla transizione energetica. I risultati dell'applicazione confermano il ruolo fondamentale e determinante dell'apprendimento automatico nella gestione dei rischi e nella pianificazione strategica dei sistemi complessi.

Agenda

Introduzione alla QRA

I rischi emergenti nei sistemi socio-tecnologici

I presupposti teorici per lo sviluppo del modello

- L'incertezza
- Dai dati alla conoscenza
- Il modello GBDT

Applicazione pilota

Conclusioni

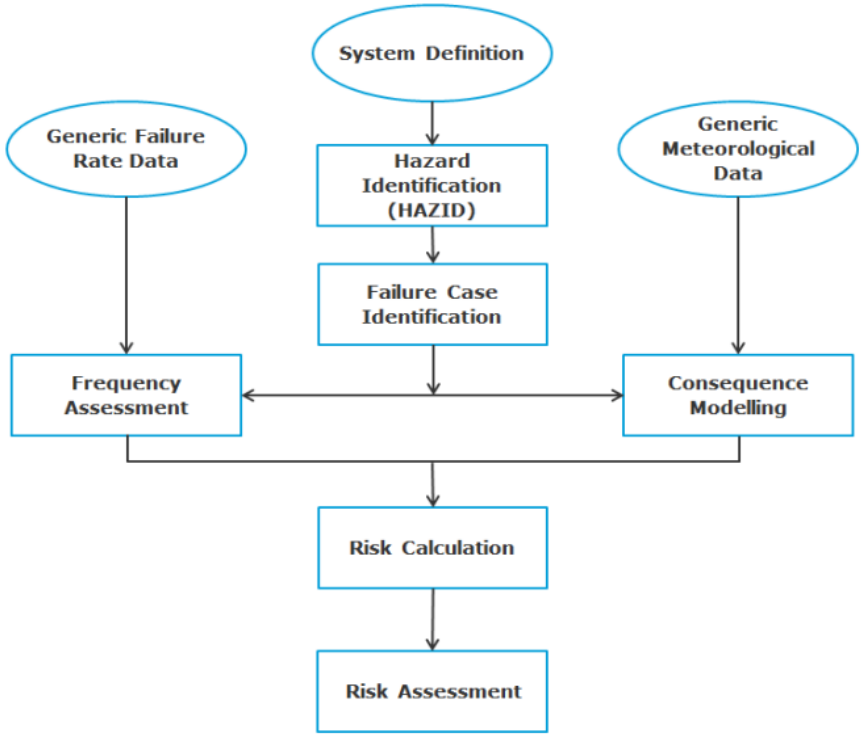
Evoluzione dell'analisi di rischio (QRA)

E' riconosciuto che QRA può essre affetta da limitazioni tali da limitarne l'efficacia, in particolare in relazione ai DATI

Le principali incertezze sono connesse alla probabilità e alle interdipendenze degli eventi di base nel Fault Tree (FT) e degli eventi nell'Event Tree che in contesti di rischi emergenti a **insufficiente base dati statistica e conoscenza.**

Ne consegue che tale analisi può pervenire a risultati esatti, ma spesso non realistici, non di rado eccessivamente conservativi.

Fasi QRA



Rischio - Risk

Valutazione dell'esistenza e delle conseguenze di una deviazione non desiderata nel sistema al tempo t

Risk (t) = Scenario {situazione indesiderata & impatto}

$$\mathrm{Risk(t)} = \mathrm{S(t)\{f(t).M(t)\}}$$

Safety - Sicurezza

Assenza di una situazione non desiderata nel Sistema al tempo t

$$\mathrm{Safety(t)}\ \alpha\ \frac{1}{\mathrm{Risk\ (t)}}$$

Limiti della QRA

Alcuni esempi di incertezza

Negli studi HazOp

- Scopo e obiettivo dell'analisi non chiaro
- Materiale di origine inaccurato, assunzioni errate
- Mancanza di immaginazione possibili deviazioni.
- Mancanza di conoscenza o esperienza dell'analista

Nel complessivo processo

- Incertezza del modello a causa della sua semplicità
- Dati mancanti, dati errati
- Errori nell'analisi del rischio; soggettività nel livello accettabile di rischio
- Inconsapevolezza della dipendenza della processo decisionale anche dalle informazioni sull'entità dell'incertezza.
- Il rischio non è sempre: Cons. × Prob.

Scenario knowledge of analyst

*Rumsfeld quadrant **

K = Known; U = Unknown

UK	**UU** **Black swan**
KK	**KU** **Perfect storm**

* " … as we know, there are known knowns; there are things we know we know. We also know there are known unknowns; that is to say we know there are some things we do not know. But there are also unknown unknowns e the ones we don't know we don't know…" Donald Rumsfeld, US Secretary of Defence - News transcript DoD news briefing February 12 , 2002.

Ingegneria della Resilienza e Machine Learning

Protezione / Reazione	→	Perdita di funzionalità. Guasto già avvenuto (ex. ETA)
Prevenzione / Analisi	→	Incertezze (ex. FTA)

Andando avanti!

Predizione/monitoraggio puntuale	→	I problemi sono rilevati dopo precursori rilevanti
Proattivo / Resiliente	→	Basato sulle condizioni in tempo reale. Rilevamento precoce dei segnali deboli

Ingegneria della Resilienza e Machine Learning

Protezione / Reazione	Perdita di funzionalità. Guasto già avvenuto (ex. FTA)
Prevenzione / Analisi	Incertezze (ex. FTA)

Basato sulle Conseguenze

Basato sul rischio

Andando avanti!

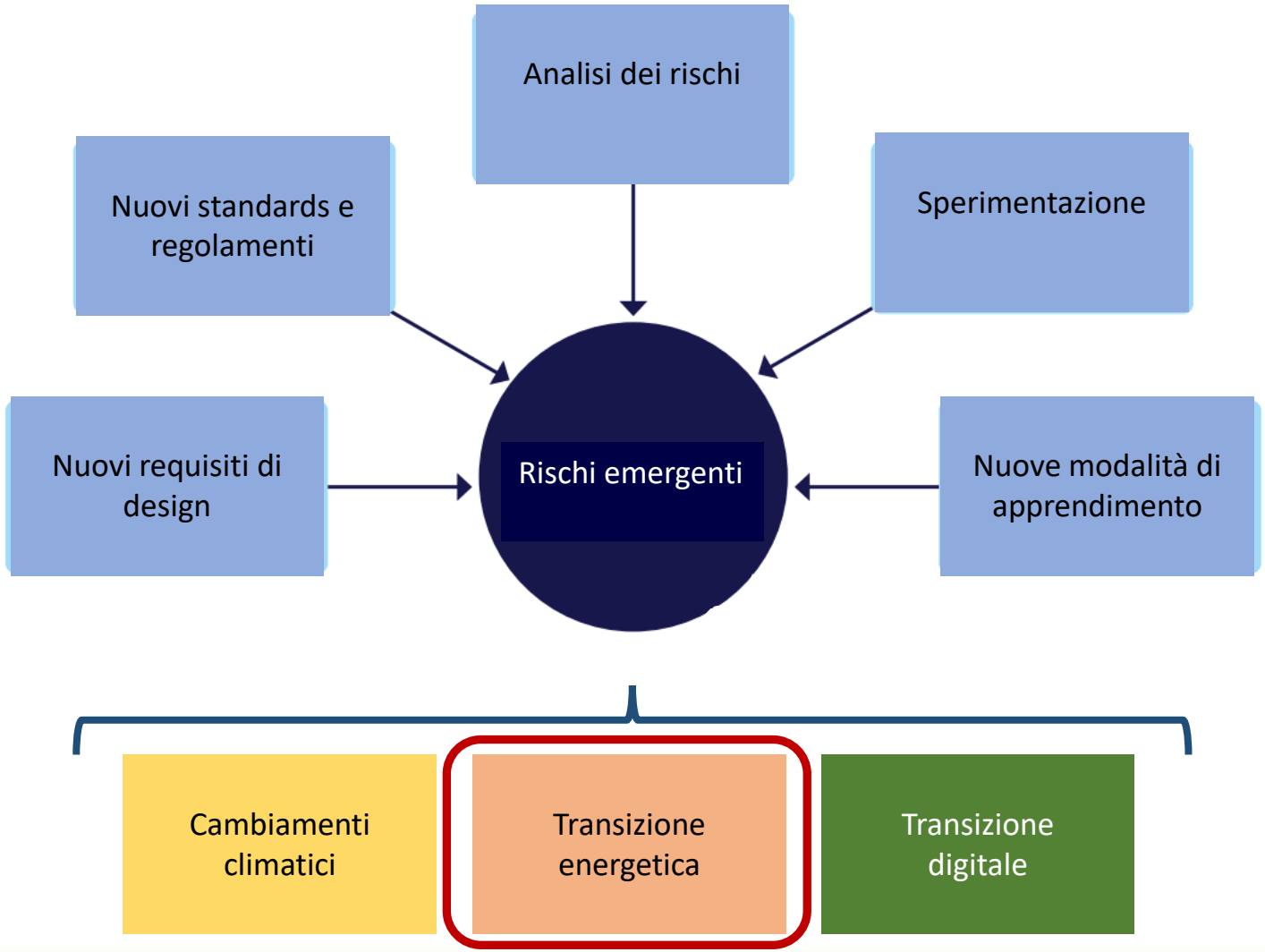
Predizione/monitoraggio puntuale	I problemi sono rilevati dopo precursori rilevanti
Proattivo / Resiliente	Basato sulle condizioni in tempo reale. Rilevamento precoce dei segnali deboli

DATA DRIVEN

Basato sulla resilienza

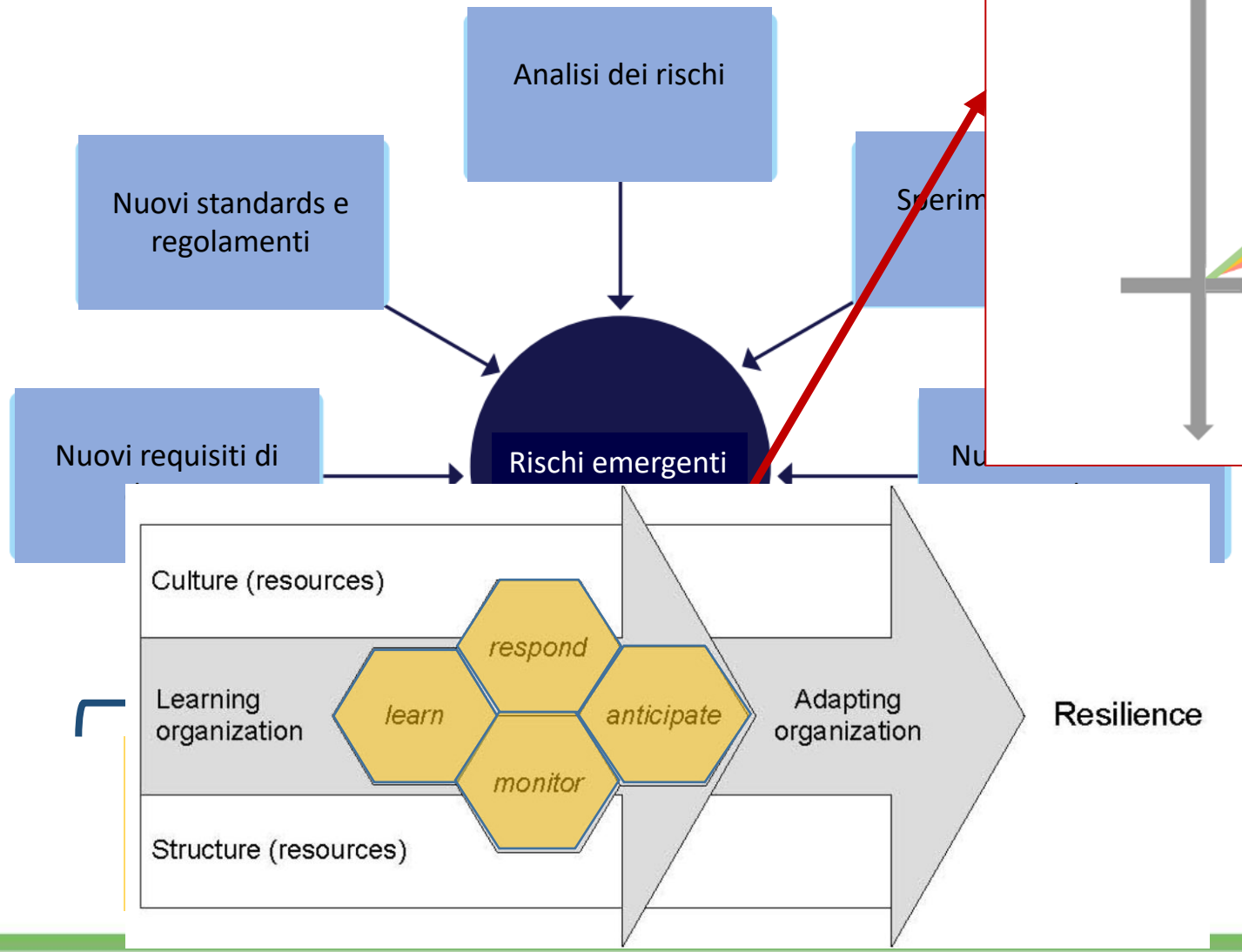
I Rischi emergenti

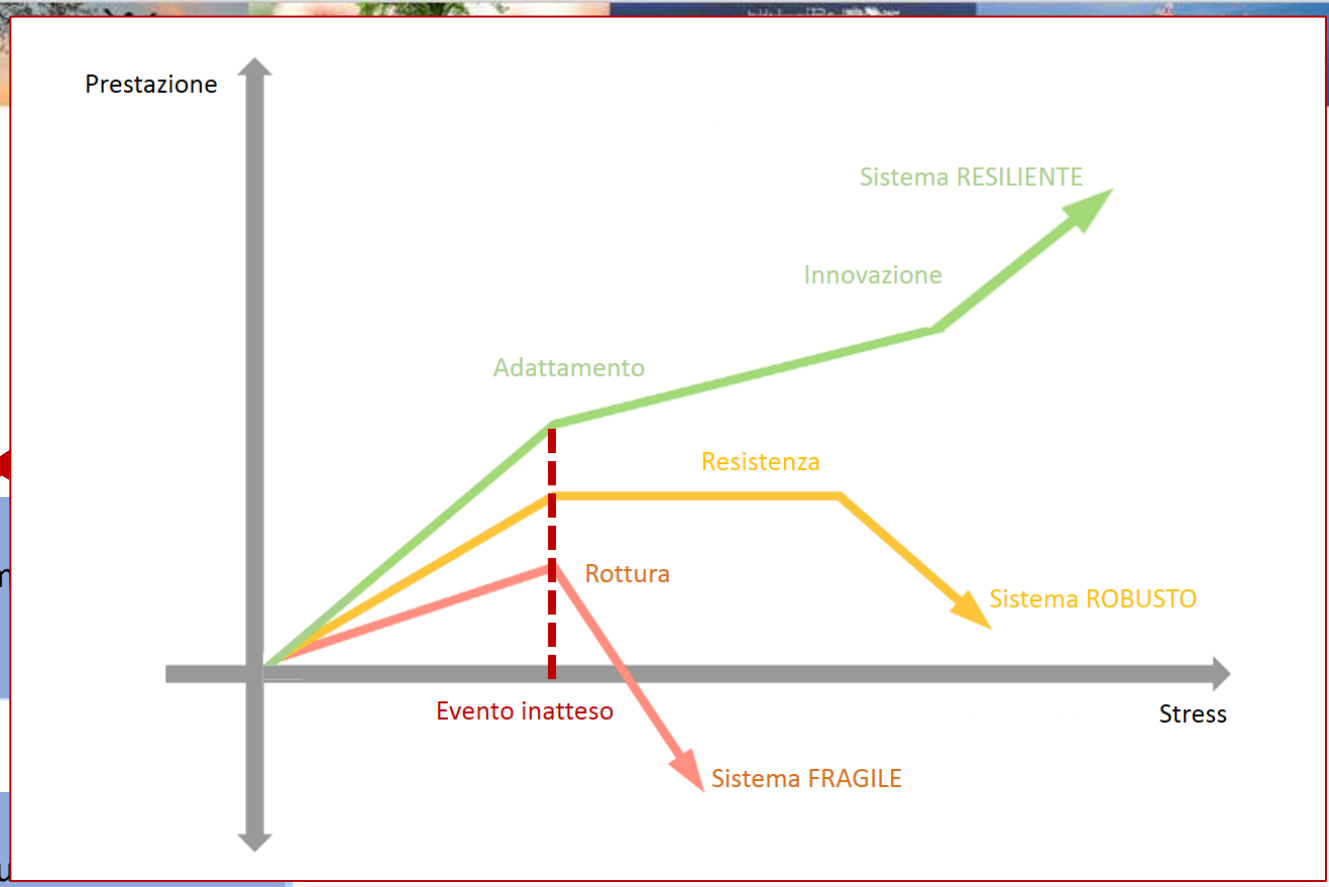
Come affrontare l'incertezza



I Rischi emergenti

Come affrontare l'incertezza



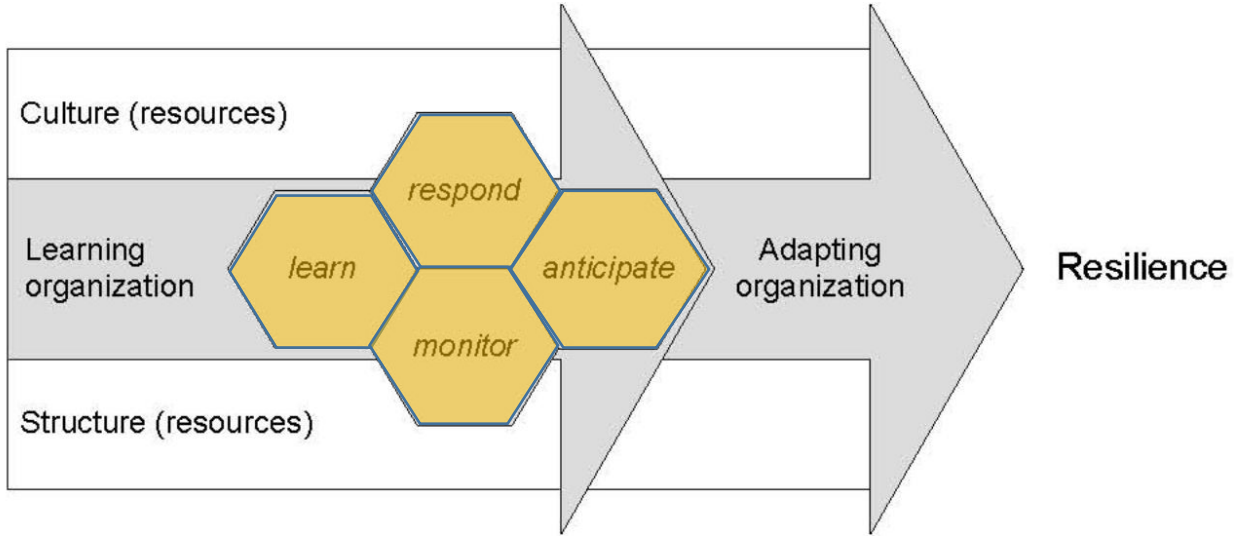


Concetti chiave:

MONITORAGGIO
APPRENDIMENTO
ANTICIPAZIONE
RISPOSTA

I Rischi emergenti

Come affrontare l'incertezza

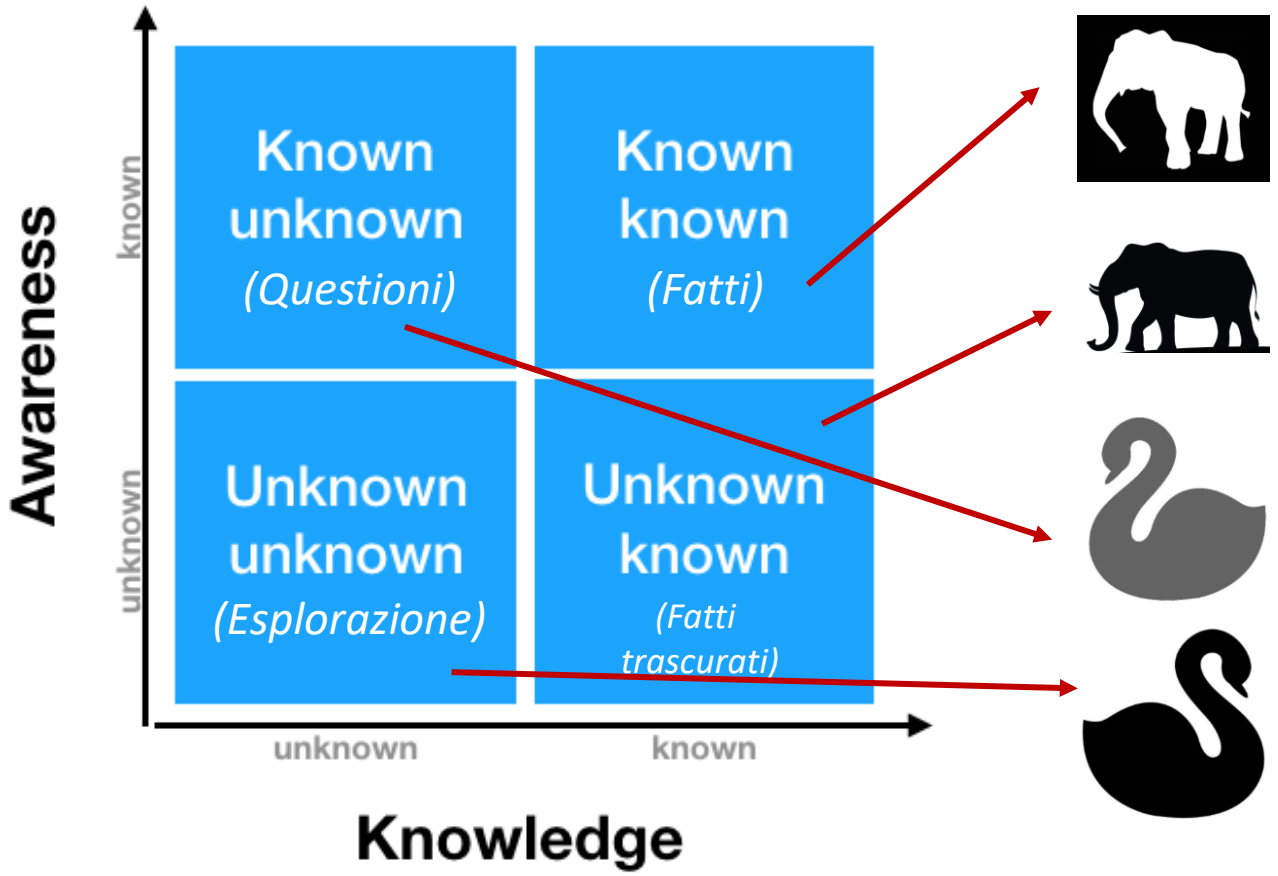


Concetti chiave:

MONITORAGGIO
APPRENDIMENTO
ANTICIPAZIONE
RISPOSTA

L'incertezza

Inferenza, cigni ed elefanti



Cosa sappiamo?

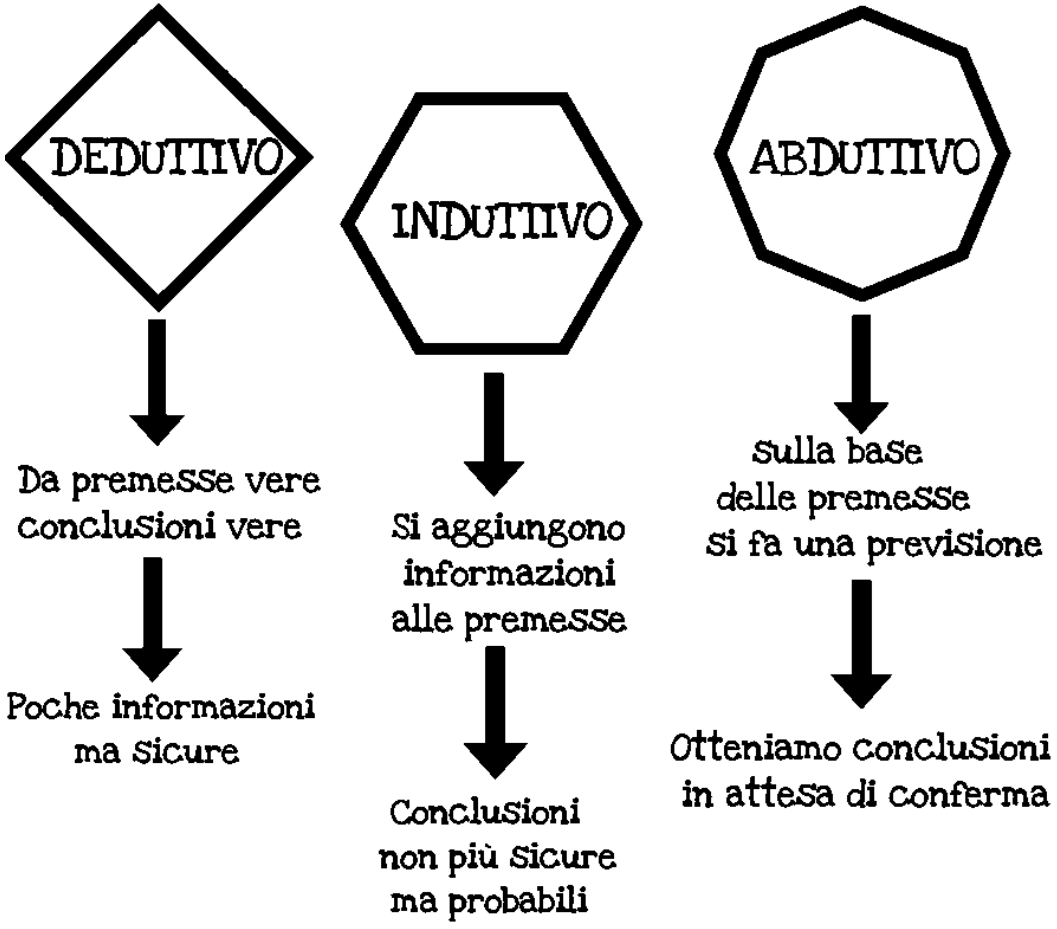
Elefanti bianchi: rischi noti, ovvi

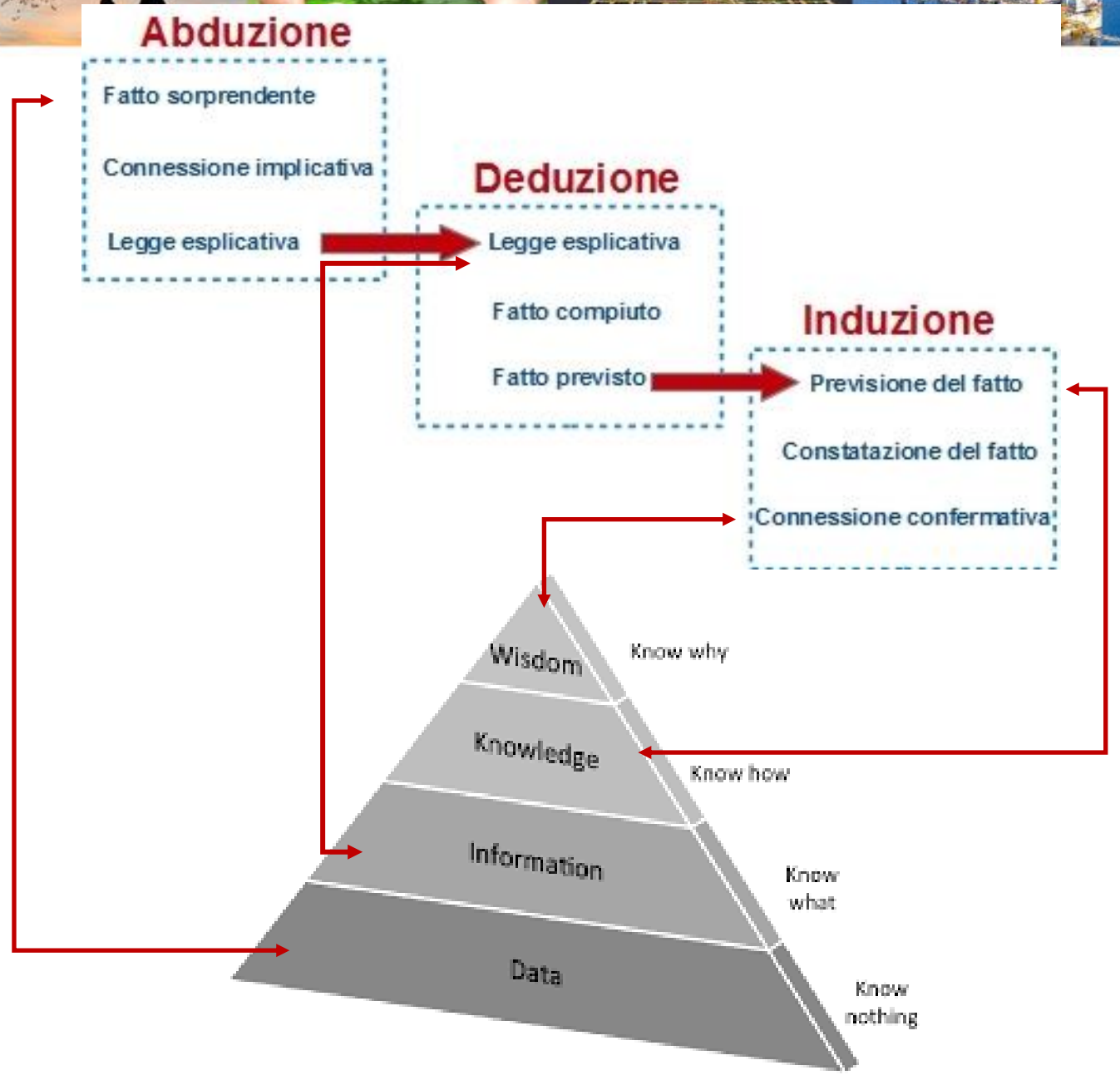
Elefanti neri: Eventi probabili, con impatto elevato, il cui pericolo è tuttavia non considerato

QUI È NECESSARIO RIDURRE L'INCERTEZZA

Dai dati alla conoscenza

Ovvero, come ridurre l'incertezza!

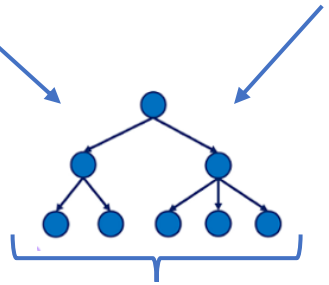




Dai dati alla conoscenza

La costruzione del modello DRIVERS

INPUT



OUTPUT

Che modello?

?

INPUT

Parametri operativi e di sicurezza (DATA)

- Probabilità di fallimenti;
- Concatenazione logica degli eventi;
- Scenari incidentali ed impatti;
- Parametri operativi di impianto;
- Parametri organizzativi e gestionali

Parametri basati sulla conoscenza / esperienza (EXPERIENCE)

- Indicatori da Fishbones;
- Check list preliminari per l'identificazione del rischio;
- questionari su esperienza nella gestione degli scenari emergenti;
- Pesi determinati per ogni fattore;
- Classificazione

OUTPUT

Il modello, alimentato da un data-set combinato (DATA+EXPERIENCE), produrrà:

- Identificazione di eventi precursori;
- Categorizzazione degli scenari di rischio emergenti;
- Identificazione delle priorità di gestione dei rischi emergenti;
  - Azioni tecniche;
  - Azioni organizzative.

Dai dati alla conoscenza

Il modello GBDT

- **Inizializzazione**: Si inizializza il modello con un valore costante

$$F_0(x) = \underset{\gamma}{argmin} \sum_{i=1}^{n} L(y_i, \gamma)$$

- **Iterazione** Per m=1, …, M:
  Calcolo dei residui

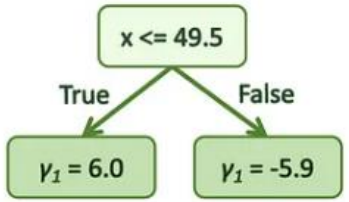
$$r_{im} = -\left[\frac{\partial L(y_i, F(x_i))}{\partial F(x_i)}\right]_{F(x)=F_{m-1}(x)} \quad for\ i = 1,\ldots,n$$

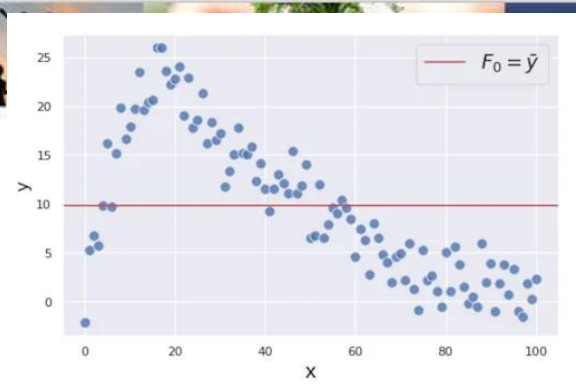
Addestramento: Con dataset e residui.
Creazione dei nodi Rjm per j=1, …, jm
Previsione

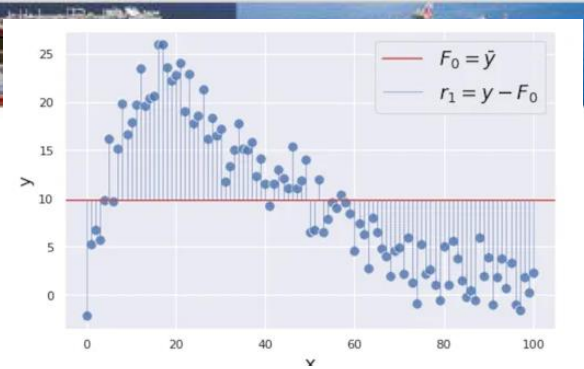
$$\gamma_{jm} = \underset{\gamma}{argmin} \sum_{x_i \in R_{jm}} L(y_i, F_{m-1}(x_i) + \gamma) \quad for\ j = 1,\ldots,J_m$$

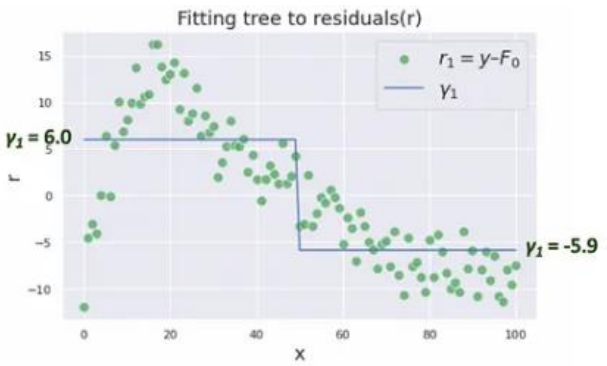
Aggiornamento del modello

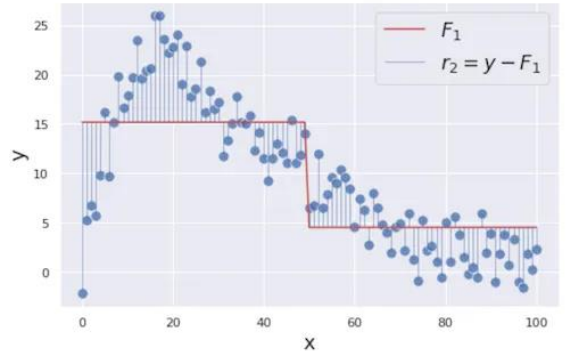
$$F_m(x) = F_{m-1}(x) + \nu \sum_{j=1}^{J_m} \gamma_{jm} 1(x \in R_{jm})$$

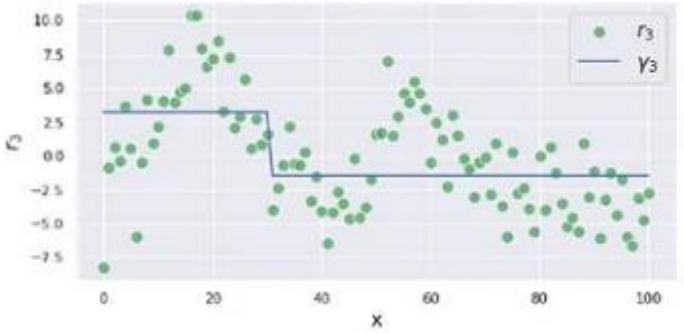


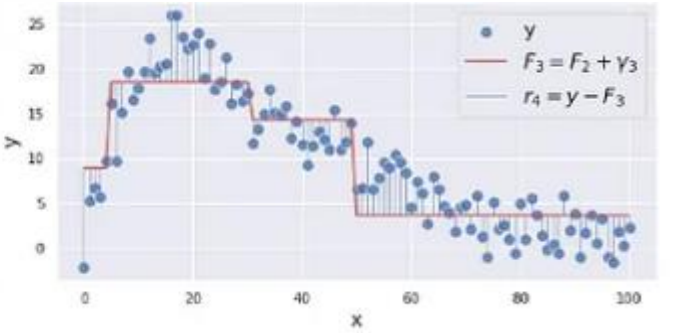


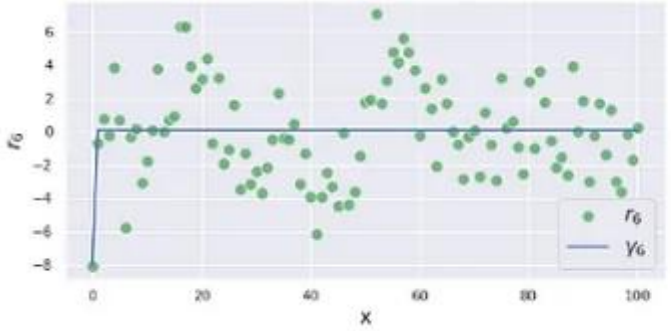


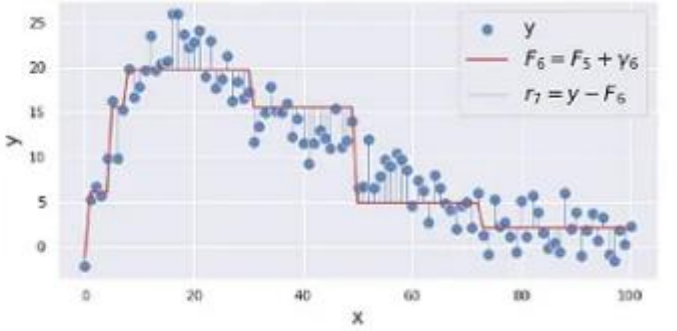












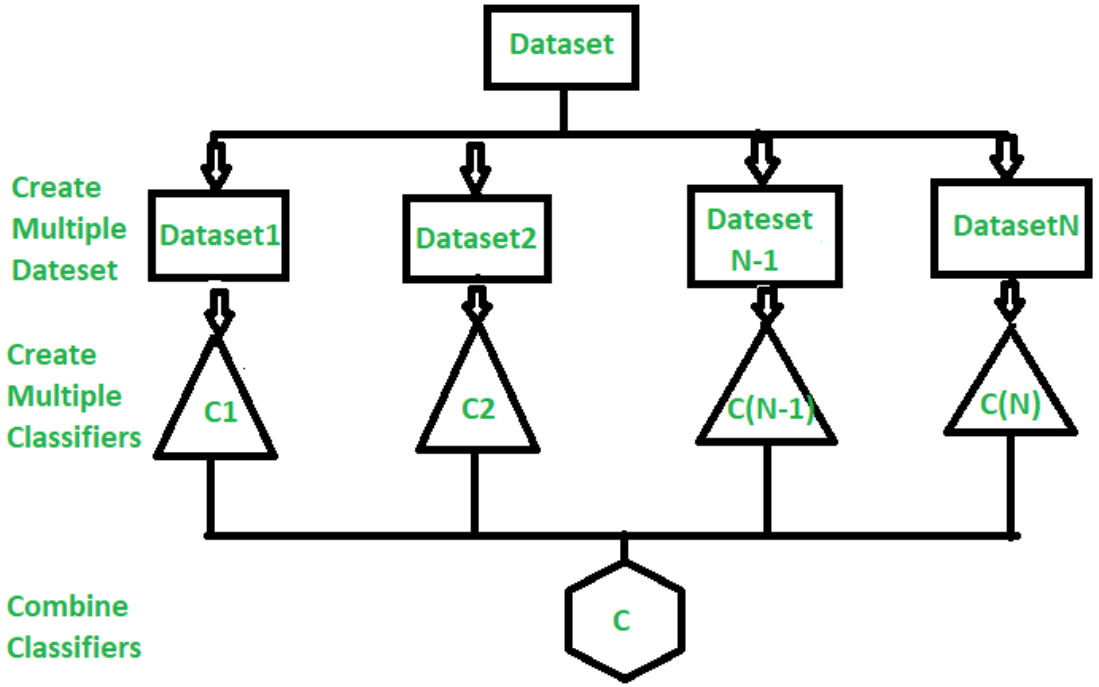
Il caso applicativo

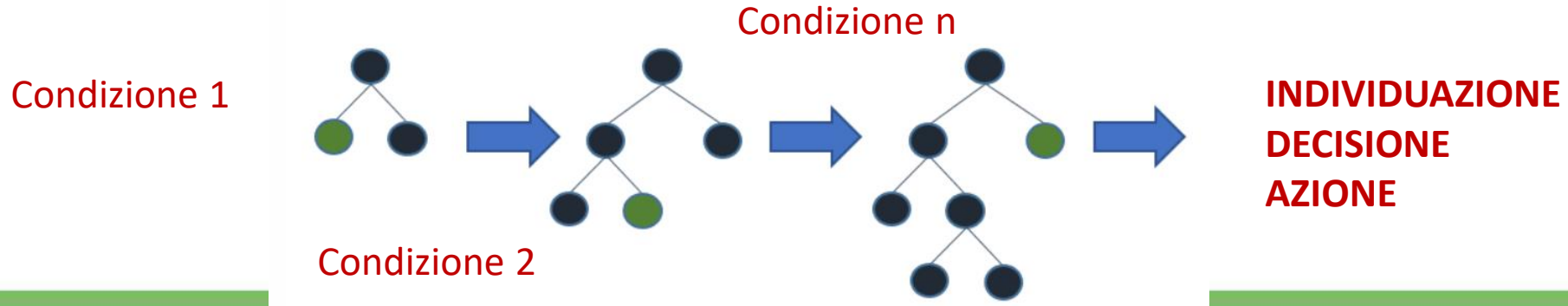
Il modello DRIVERS

1. Raccolta dati impiantistici
   - Esperienza operativa (incidenti, quasi incidenti, anomalie)
   - Parametri di affidabilità
   - Parametri operativi

2. Raccolta dati esperienziali
   - Questionari
   - Procedure
   - Check-list

3. Validazione output
   - Possibilità di individuare gli scenari di rischio emergenti
   - Possibilità di identificare, localizzare e intercettare I precursori di rischi emergenti
   - Possibilità di individuare e attuare le misure di gestione del rischio





Il caso applicativo

Pericolosità	sostanza	infiammabilità	a	classificazione GHS	da 1 a 4 (no; infiammabile; facilmente inf. ; estremamente inf.)
		Esplosività	a	classificazione GHS??	da 1 a 4 (no, modesta, elevata, estremamente elevata)
		tossicità per l'uomo e l'ambiente	a	classificazione GHS	da 1 a 4 (no, modesta, elevata, estremamente elevata)
		reattività (possibilità di reazioni incontrollate)	a	esiste il problema?	no/si
		rischio biologico	a	esiste il problema?	no/si
	processi	condizioni di stoccaggio materie prime e prodotti (pressione e temperatura)	a	confronto situazione convenzionale	da 1 a 3(condizioni più facili, confrontabili, più difficili)
		condizioni di processo (temperatura, pressione, ecc.)	a	confronto situazione convenzionale	da 1 a 3(condizioni più facili, confrontabili, più difficili)
		condizioni di stoccaggio e distribuzione (pressione e temperatura)	a	confronto situazione convenzionale	da 1 a 3(condizioni più facili, confrontabili, più difficili)
		rifiuti o sottoprodotti problematici (pericolosità e capacità di smaltimento)	a	confronto situazione convenzionale	da 1 a 3(diminuzione rifiuti, confrontabili, incremento)
	Impianti e Materiali	complessità impianti di produzione	a	confronto situazione convenzionale	da 1 a 3(impianti meno complessi, confrontabili, più complessi)
		complessità impianti di stoccaggio e trasferimento	a	confronto situazione convenzionale	da 1 a 3(impianti meno complessi, confrontabili, più complessi)
		complessità dei sistemi elettronici e informatici di regolazione e controllo	a	confronto situazione convenzionale	da 1 a 3(impianti meno complessi, confrontabili, più complessi)
		meccanismi di deterioramento dei sistemi di contenimento statici	a	difficoltà di controllo	da 1 a 4 (per nulla, poco, abbstanza, molto difficile)
		meccanismi di deterioramento dei sistemi dinamici	a	difficoltà di controllo	da 1 a 4 (per nulla, poco, abbstanza, molto difficile)
		meccanismi di deterioramento delle strutture	a	difficoltà di controllo	da 1 a 4 (per nulla, poco, abbstanza, molto difficile)
Contesto	logistica	strutture di stoccaggio strategiche	a	eventuale necessità di strutture particolari o di caverne	no/si
		modalità di distribuzione del prodotto	a	confronto situazione convenzionale	da 1 a 3(meno pericolosa, confrontabile, più pericolosa)
		riutilizzabilità delle pipeline	a	è realistica?	no/si
		riutilizzabilità delle navi	a	è realistica?	no/si
		riutilizzabilità dei mezzi terrestri (strada e ferrovia)	a	è realistica?	no/si
	interferenze	presenza di impianti in aree congestionate	a	esiste il problema?	no/si
		presenza impianti aree altamente urbanizzate	a	esiste il problema?	no/si
		presenza di impianti in aree ad alto pregio ambientale	a	esiste il problema?	no/si
		compatibilità impianti di disribuzione in contesto urbano	a	esiste il problema?	no/si
		pipeline in aree altamente vulnerabili	a	esiste il problema?	no/si
		interdipendenze nella filiera produttiva	a	esiste il problema?	no/si
		interferenze tecnologiche non incluse nella sezione transizione digitale	A	esiste il problema?	no/si
	sociali/politici/ finanziari	ostacoli di natura legislativa/regolamentare	a	tipologia	da 1 a 3 (no, solo difficoltà di applicazione, carenze legislative)
		pregiudizi politici a priori	a	tipologia	da 1 a 3 (nessuno, deboli, forti)
		conflittualità sindacale	a	tipologia	da 1 a 3 (nessuno, deboli, forti)
		conflittualità locale	a	tipologia	da 1 a 3 (nessuno, deboli, forti)
		vulnerabilità rispetto a furti/vadalismi	a	tipologia	da 1 a 3 (nessuno, deboli, forti)
		dipendenza da paesi politicamente instabili	a	tipologia	da 1 a 3 (nessuno, deboli, forti)
		invecchiamento impianti convenzionali ancora in esercizio	a	tipologia	da 1 a 3 (nessuno, deboli, forti)
		disinvestimenti sugli impianti ancora in esercizio	a	tipologia	da 1 a 3 (nessuno, deboli, forti)
tecnici	affidabilità	valutazione e gestione dei rischi	f	tipo di valutazione	da 1 a 3 (qualitativa, quantitativa/Seveso, dinamica)
		certificazione delle attrezzature secondo standard riconosciuti	f	tipo certificazione	da 1 a 3 (no, secondo norme tecniche, secondo obblighi legislativi)
		verifiche periodiche integrità/funzionalità attrezzature	f	tipo verifiche	da 1 a 3 (no, secondo norme tecniche, secondo obblighi legislativi)
		manutenibilità sistemi tecnici	f	confronto situazione convenzionale	da 1 a 3 (più difficile, confrontabile, più facile)
		ridondanza dei sistemi tecnici	f	confronto situazione convenzionale	da 1 a 3 (più difficile, confrontabile, più facile)
		tecniche di gestione del deterioramento/invecchiamento	f	tipo di approccio	da 1 a 3 (preventivo, predittivo risk based, proattivo dinamico)
	Innovazione	materiali innovativi impiegati per la sicurezza	f	utilizzo	da 1 a 3 (non utilizzato, migliorativo, risolutivo)
		sensoristica pervasiva per controllo invecchiamento	f	utilizzo	da 1 a 3 (non utilizzato, migliorativo, risolutivo)
		prognostica basata su intelligenza artificiale AI	f	utilizzo	da 1 a 3 (non utilizzato, migliorativo, risolutivo)
		tecnologie di ispezione basata su realtà aumentata AR	f	utilizzo	da 1 a 3 (non utilizzato, migliorativo, risolutivo)
		tecnologie di ispezione robotizzate	f	utilizzo	da 1 a 3 (non utilizzato, migliorativo, risolutivo)
umani organizzativi	conoscenza	conoscenza processistica	f	livello conoscenza	da 1 a 3 (poche ricerche, risultati consolidati, codificata in LG standard)
		conoscenza impiantistica	f	livello conoscenza	da 1 a 3 (poche ricerche, risultati consolidati, codificata in LG standard)
		conoscenza gestionale-organizzativa	f	livello conoscenza	da 1 a 3 (poche ricerche, risultati consolidati, codificata in LG standard)
	cultura	formazione tecnico-scientifica	f	numero di laureati con specifica formazione	da 1 a 3 (pochissimi, alcuni, molto comuni)
		formazione tecnico-professionale	f	numero di diplomati con specifica formazione	da 1 a 3 (pochissimi, alcuni, molto comuni)
		aggiornamento e formazione continua	f	numero corsi ad hoc	da 1 a 3 (pochissimi, alcuni, molto comuni)
		esperienza in settori affini	f	trasferibilità esperienza in contesto innovativo	si/no
		certificazione profili professionali specialistici	f	possibilità di certificazione	si/no
		esercitazioni di emergenza	f	sono nella prassi?	da 1 a 3 (no, occasionali/parziali, prassi comune)
		discussione dei quasi incidenti	f	sono nella prassi?	da 1 a 3 (no, occasionali/parziali, prassi comune)
		gestione comportamenti lavoratori	f	sono nella prassi?	da 1 a 3 (no, parziali, strutturata BBS o simili)
		livello culturale degli enti di controllo	f	quanto adeguato?	da 1 a 3 (inadeguato, adeguato, proattivo)
	comunicazione	informazione alla popolazione	f	sono nella prassi?	da 1 a 3 (no, occasionali/parziali, prassi comune/Seveso)
		informazione lavoratori e terzi	f	sono nella prassi?	da 1 a 3 (no, occasionali/parziali, prassi comune/Seveso)
		informazione per l'emergenza interna	f	sono nella prassi?	da 1 a 3 (no, occasionali/parziali, prassi comune/Seveso)
		informazione per l'emergenza esterna	f	sono nella prassi?	da 1 a 3 (no, occasionali/parziali, prassi comune/Seveso)

Variabili categoriche di contesto (Indicatori)

Il caso applicativo

Descrizione Evento	Origine	Frequenza
Rilascio di GNL in mare	Deviazione di processo	5,1E-8
Rottura tetto per overfilling	Deviazione di processo	8,9E-9
Rottura tetto per Roll-over	Deviazione di processo	4,9E-7
Rilascio GNL da una linea del serbatoio	Rottura random	5,0E-7
Danni al compressore	Deviazione di processo	6,1E-9
Formazione di miscela esplosiva in camera di combustione gassificatori	Deviazione di processo	1.3E-7
Rilascio di GNL dalle pompe ad alta pressione	Rottura random + protezioni	1,05E-11
Uscita GNL dalla colonna	Deviazione di processo	2,0E-7
Rottura tubo gassificatore	Rottura random	1,6E-5
Danni al compressore	Deviazione di processo	5,6 E-6
Rilascio di GN da mandata	Rottura random	6,0E-6

Dall'analisi del rischio

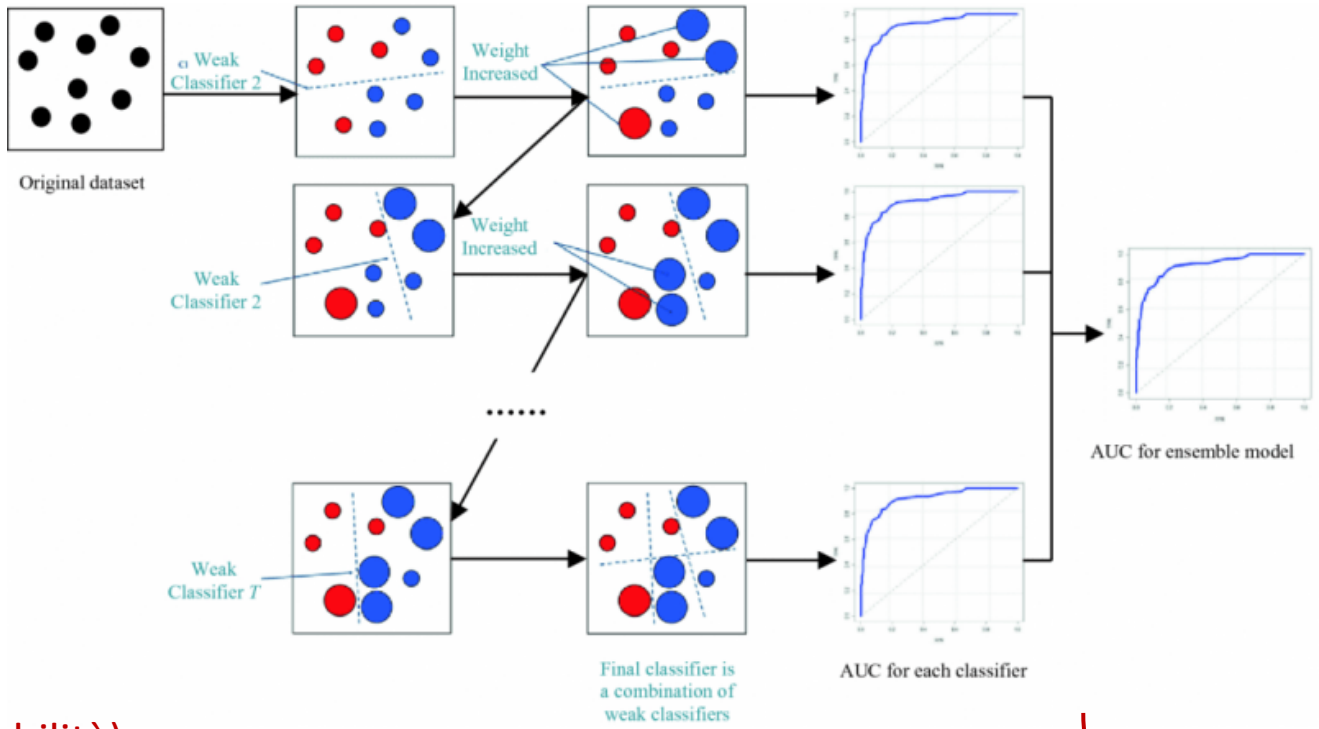
Elemento coinvolto	Inc.	N.M.	A	MNC	mNC	categorie
Organizzazione e personale	-	1	-	-	-	• Formazione • Controllo di processo
Identificazione pericoli	-	-	-	-	1	• Procedure
Controllo operativo	-	2	5	2	1	• Riscontri • Controllo di processo
MoC	-	1	-	-	1	• Procedure
Pianificazione di emergenza	-	-	1	1	-	• Gestione eventi
Controllo delle prestazioni	-	-	-	-	1	• Indicatori
Controllo e revisione	-	-	-	-	-	-

Dall'esperienza operativa (ultimi 5 anni)

Variabili categoriche operative

Il caso applicativo

Fattori acceleranti
Fattori frenanti
Probabilità a priori analisi rischio
Probabilità a posteriori esperienza operativa



Priorità interventi

Predittori più forti

Fattori acceleranti: Sostanza (infiammabilità)
Condizioni di stoccaggio
Fattori frenanti: Affidabilità
Conoscenza
Cultura
Fattori di influenza principale: Formazione
Controllo operativo
Precursori: Deviazioni di processo

Classificatori principali

Classificazione

Il caso applicativo

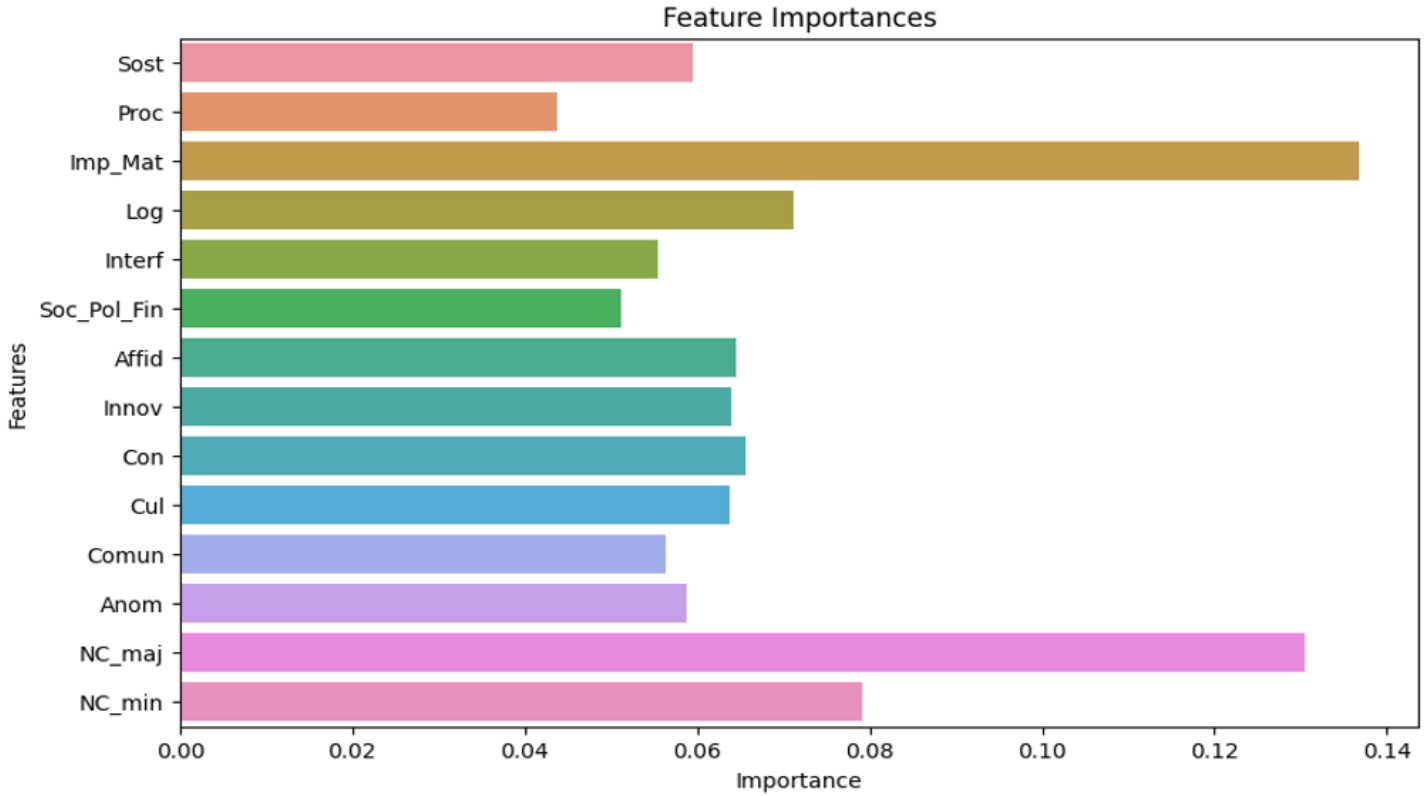
I risultati

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(y_{test} - y_{pred})^2}{N-P}} = 0.1$$

y_test = valore effettivo per l'iesima osservazione
Y_pred = valore previsto per l'iesima osservazione
N = numero di osservazioni
P = numero di stime dei parametri

$$R^2 = \frac{Variance\ explained\ by\ the\ model}{Total\ variance} = 0.78$$

Explainable AI



Conclusioni

- Esaminando un insieme completo di fattori e sottofattori, sono stati identificati i **fattori più rilevanti** nel contesto esaminato.

- Il modello mostra una **notevole capacità predittiva** in termini di accuratezza e precisione (**RMSE=0,1, R2=0,78**).

- L'analisi dell'importanza delle features ha rivelato l'importanza di fattori quali i livelli di pericolo, gli aspetti contestuali, le considerazioni tecniche, i fattori umani e organizzativi, nonché le anomalie e i problemi di non conformità.

- Il **fattore accelerante** più importante è risultato essere quello relativo a **caratteristiche dell'impianto e dei materiali**. Questo dato conferma il ruolo rilevante delle **caratteristiche tecnologiche** e delle **barriere preventive e mitigative** nel determinare i risultati finali in termini di sicurezza.

- L'importanza nettamente superiore delle **non conformità maggiori** evidenzia il ruolo rilevante delle procedure organizzative e operative nel rispondere agli eventi inattesi.

- Il modello predittivo sviluppato in questo studio fornisce un valido strumento per prevedere incidenti e quasi incidenti sulla base dei fattori identificati, e fornisce uno strumento per prendere decisioni in condizioni di incertezza.

Thank You

DRIVERS

Approccio combinato
data-driven ed experience-driven
all'analisi del rischio sistemico

Università di Genova | DICCA DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, CHIMICA E AMBIENTALE

Bruno Fabiano
Tomaso Vairo

DRIVERS

Approccio combinato
data-driven ed experience-driven
all'analisi del rischio sistemico

Università di Genova | DICCA DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, CHIMICA E AMBIENTALE

COMUNE DI GENOVA | CON IL PATROCINIO DI: COMUNE DI GENOVA

Ordine Ingegneri Genova | EVENTO PATROCINATO E ACCREDITATO DALL'ORDINE DEGLI INGEGNERI DI GENOVA

PARTNER DI PROGETTO

UCBM UNIVERSITÀ CAMPUS BIO-MEDICO DI ROMA

INAIL ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO

Università degli Studi di Messina

GENOVA **15 GENNAIO 2024**

WORKSHOP DEDICATO AL PROGETTO **DRIVERS**

ANALISI DEI RISCHI EMERGENTI IN CONTESTI INDUSTRIALI E PORTUALI:

OPPORTUNITÀ E SFIDE CONNESSE ALL'INTEGRAZIONE DI NUOVI VETTORI ENERGETICI E DIGITALIZZAZIONE

MARIA FRANCESCA MILAZZO
UNIVERSITA' DI MESSINA

TRANSIZIONE ENERGETICA:
APPROCCIO TEORICO-SPERIMENTALE AI RISCHI CONNESSI AI NUOVI CARBURANTI

TRANSIZIONE ENERGETICA: APPROCCIO TEORICO-SPERIMENTALE AI RISCHI CONNESSI AI NUOVI CARBURANTI

MARIA FRANCESCA MILAZZO- *Università di Messina*

La transizione energetica globale in corso è guidata da una confluenza di imposizioni ambientali, economici e sociali. La transizione energetica non è semplicemente una scelta ma di un obiettivo globale guidato dalla necessità di affrontare il cambiamento climatico, garantire la sicurezza energetica, favorire la crescita economica, promuovere l'equità sociale e abbracciare l'innovazione tecnologica in accordo con l'Accordo di Parigi. In un tale contesto, l'uso di biocarburanti e dell'idrogeno è emerso come una soluzione promettente per conciliare la domanda di energia con i target ambientali.

I biocarburanti, derivati da materiali organici come piante, alghe e rifiuti, offrono un'alternativa rinnovabile e più sostenibile agli idrocarburi tradizionali. Essi contribuiscono alla riduzione delle emissioni di gas serra, poiché spesso rilasciano livelli inferiori di anidride carbonica durante la combustione rispetto ai combustibili fossili convenzionali. Tuttavia, lo stoccaggio e la movimentazione dei biocarburanti presentano sfide uniche, una delle quali è la comparsa di corrosione nei serbatoi di stoccaggio, in particolare sul fondo. L'interazione tra i biocarburanti e i materiali utilizzati nei serbatoi di stoccaggio può portare a vari meccanismi di corrosione, come la corrosione indotta dai microbi (MIC) e la corrosione chimica. Questa corrosione può comportare notevoli problemi economici e di sicurezza, incidendo sia sull'integrità delle infrastrutture di stoccaggio che sulla qualità del biocarburante immagazzinato. Le simulazioni di laboratorio hanno consentito di indagare l'influenza del POME (Palm Oil Mill Effluent) sulla velocità di corrosione dei fondi dei serbatoi di stoccaggio. L'acciaio al carbonio è stato considerato come materiale di riferimento. In tale contesto, l'indice TAN (Total Acid Number) a temperatura costante di 40°C e la perdita totale di metalli sono stati monitorati nel tempo.

Per quanto riguarda l'idrogeno, l'adozione diffusa dell'idrogeno puro deve affrontare sfide legate alle infrastrutture, allo stoccaggio e ai costi. La miscelazione H2/CH4 rappresenta un passo di transizione verso un futuro energetico a basse emissioni di carbonio. L'infragilimento da idrogeno è un fenomeno che influisce in modo significativo sull'integrità strutturale dei materiali, in particolare dei metalli, a causa dell'ingresso di atomi di idrogeno. Questo processo può comportare un notevole degrado delle proprietà meccaniche, inclusa una ridotta duttilità, un minore carico di snervamento e una ridotta resistenza alla trazione. All'interno del progetto, alcuni provini di acciaio (materiale costituente le tubazioni) sono stati sottoposti a cicli di trattamento con idrogeno a pressioni variabili tra 50 e 100 bar; i campioni trattati sono stati sottoposti a prove di trazione.

Contenuti

- Transizione Energetica e Rischi Associati
- Approccio Teorico-Sperimentale ai Rischi dovuti alla Transizione Energetica
- Caso 1: POME
- Caso 2: Idrogeno
- Risultati
- Conclusioni

Transizione Energetica

La transizione energetica consiste nel passaggio dall'utilizzo di fonti di produzione energetica non rinnovabili alle energie rinnovabili (più efficienti e meno inquinanti).

Il processo mira a cambiare il sistema di produzione, distribuzione e consumo di energia attraverso il risparmio energetico, l'economia sostenibile e l'uso di energia verde.

Scenari Emergenti

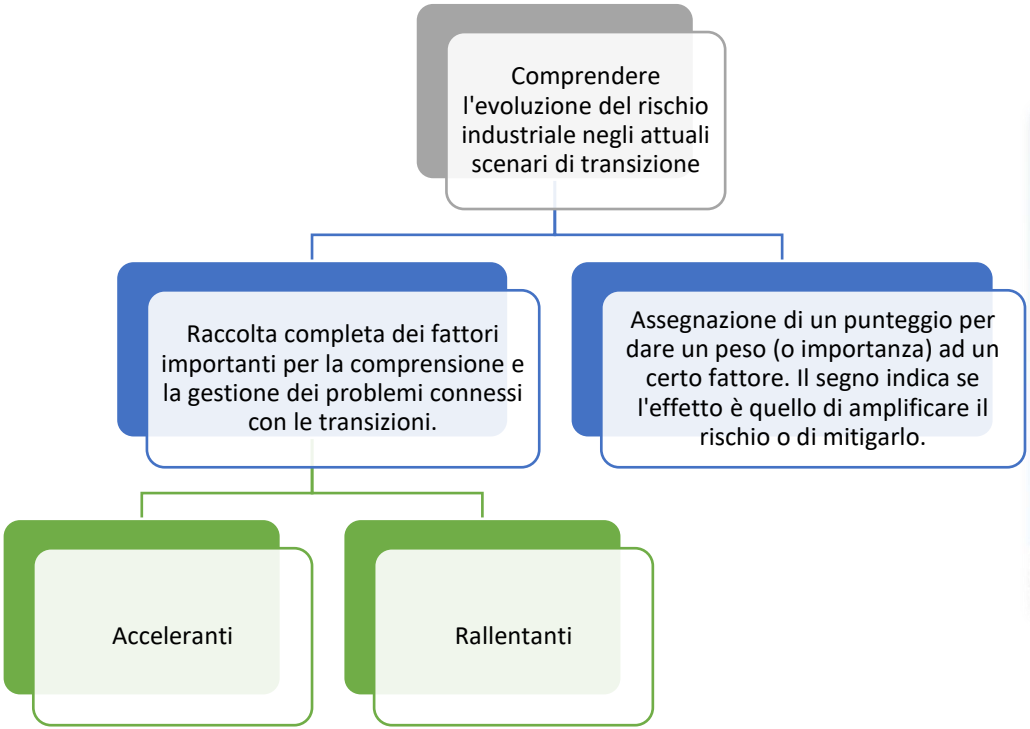
- Nuove linee produttive con rischi non conosciuti, integrate in settori già caratterizzati da propri specifici fattori di rischio;
- Perdita di interesse per filiere produttive tradizionali;
- La digitalizzazione facilita lo svolgimento del lavoro a distanza ma aumenta l'esposizione alle minacce informatiche (cyber-security). La minore presenza di personale ha impatti sulla sicurezza;
- Eventi climatici estremi possono coinvolgere anche impianti industriali con impatti potenzialmente significativi sulla funzionalità e sulle strutture con conseguenze sulla sicurezza dei lavoratori.

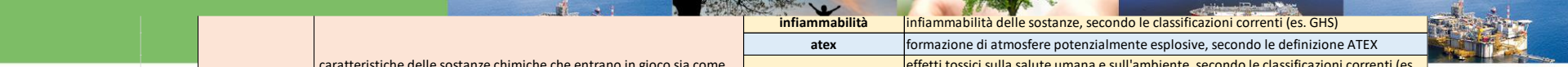
Rischi dovuti alla Transizione Energetica

Il deterioramento dovuto alla corrosione è causa di incidenti negli stabilimenti a rischio di incidenti rilevanti dove l'evento porta al rilascio di sostanze pericolose

Questi scenari devono essere inclusi nella risk assessment

Approccio Teorico-Sperimentale ai Rischi dovuti alla Transizione Energetica





Fattori Acceleranti

pericolosità sostanze	caratteristiche delle sostanze chimiche che entrano in gioco sia come materia prima, intermedio e prodotto finito e che hanno la potenzialità di determinare conseguenze negative (e.g. incidenti rilevanti in senso Seveso, inquinamento a lungo termine, malattie professionali)	**infiammabilità**	infiammabilità delle sostanze, secondo le classificazioni correnti (es. GHS)
		atex	formazione di atmosfere potenzialmente esplosive, secondo le definizione ATEX
		tossicità	effetti tossici sulla salute umana e sull'ambiente, secondo le classificazioni correnti (es. GHS)
		rischio biologico	rischio biologico (es. presenza di patogeni nelle materie prime utilizzate ecc.)
		cancerogenicità	effetti cancerogeno, teratogeno e mutageno secondo le definizioni correnti (es. GHS)
		scenari inusuali	scenari inusuali (es. rilasci ingenti di gas con effetto asfissiante, passaggi repentini di stato)
pericolosità processi	aspetti del ciclo produttivo che possono facilitare il verificarsi di conseguenze negative indesiderate.	**condizioni operative**	condizioni operative nello stoccaggio e distribuzione di materie prime e prodotti (es. stoccaggi in pressione, stoccaggi a basse temperature)
		condizioni di processo	condizioni di processo (es. temperatura o pressioni di esercizio elevate.)
		rifiuti	rifiuti o sottoprodotti problematici (es. rifiuti pericolosi da smaltire in siti diversi, scarti ingombranti di difficile gestione, ecc.)
		variabilità	variabilità delle caratteristiche delle materie prime (es. materie di origine vegetali con caratteristiche chimiche poco contrallabili, che inducono difficoltà di lavorazione)
Impianti e Materiali	caratteristiche di materiali costruttivi, attrezzature, macchinari, impianti e strutture, che hanno la potenzialità di facilitare il verificarsi di conseguenze negative indesiderate.	**complessità stoccaggio**	complessità impianti stoccaggio e distribuzione (es. neccessità di un insieme di vari sistemi tecnici per garantire la sicurezza)
		complessità produzione	complessità impianti di produzione (es. numerosità dei sistemi di contenimento primario statici e dinamic…)
		deterioramento	meccanismi di deterioramento dei sistemi di contenimento statici e dinamici e delle strutture (es. corrosione, erosione, fatica*)
		ciclo di vita	ciclo di vita, incluso smantellamento e dismissione impianti, materiali e prodotti (es. effetti di contaminazione che in futuro rendono complesso la dismissione di un impianto)
Interferenze	Possibili interferenze della filiera produttiva con le altre attività (produttivi, sociali, ricreative, ecc.) già presenti nel sistema territoriale, che possono causare incidenti o aumentare le conseguenze di eventuali incidenti	**riutilizzo**	riutilizzo di mezzi di trasporto e stoccaggio pre-esistenti (es. possibilità di utilizzare navi, serbatoi e pipeline già usate in passato, con possibile aumento della corrosione)
		logistica	logistica, incluse modalità di stoccaggio e trasporto (es. difficoltà nel trasporto in sicurezza dei prodotti, necessità di strutture sotterranee, ecc..)
		distribuzione	modalità di distribuzione finale (es. pericoli nell'utilizzo di stazioni di servizio da parte degli utenti finali)
		vulnerabilità	presenza di impianti di produzione, stoccaggio e distribuzione in aree vulnerabili (es. aree protette, aree agricole, centri storici)
		interdipendenza	interdipendenze nella filiera produttiva (es. dipendenza da particolari specialità chimiche, dipendenza da servizi qualificati, ecc.)
		congestione	presenza di impianti in aree congestionate (es. viabilità inadeguata, concentrazioni industriali, elevata urbanizzazione)
politica e società	Aspetti del contesto sociale, politico, economico e finanziari che possono avere ricadute negative sulle attività, ostacolandone il regolare sviluppo e/o favorendo situazioni potenzialmente pericolose	**ostacoli legislativi**	ostacoli di natura legislativa/regolamentare (es. procedure autorzzative farraginose, poteri in carico ad autorità concorrenti, ..)
		conflitti	conflitti di natura sociale e politica (es. movimenti pregiudizialmente ostili; conflitti sindacali, crisi occupazionali)
		invecchiamento	invecchiamento e disinvestimento impianti convenzionali ancora in esercizio (es. estensione estrem del tempo di vita utile di impianti convenzionali, in atteso del completamento dei nuovi)
		instabilità politica	indisponibilità di materie prime o complementari per instabilità politiche (es. utilizzo di materie prime provenienti in gran parte da un paese "difficile")

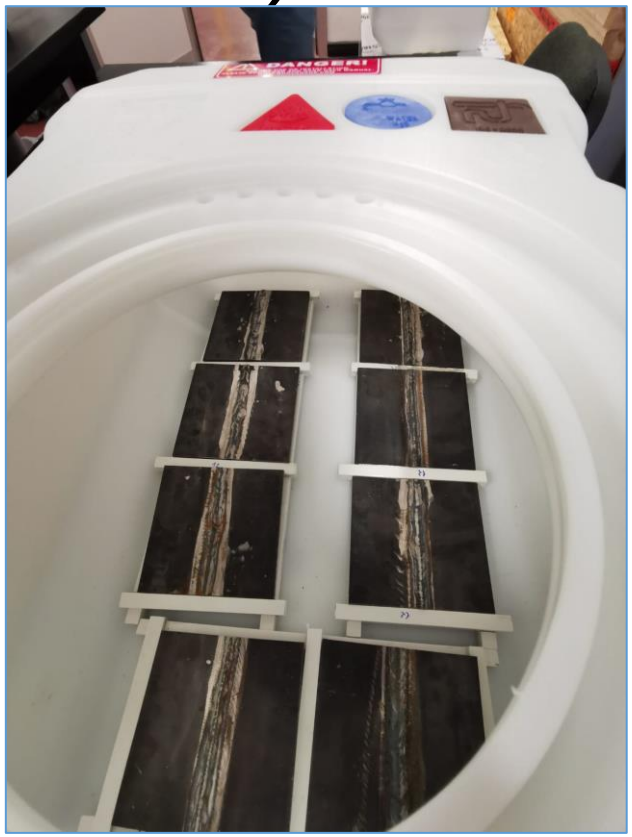
Fattori frenanti

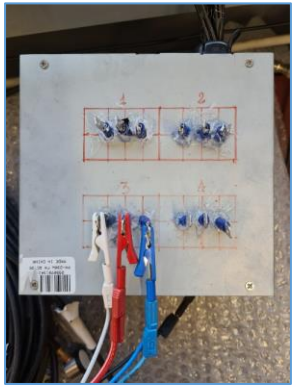
affidabilità	risorse personali e tecniche per gestire attrezzature, macchinari ed impianti in modo da eliminare la possibilità degli incidenti più gravi e minimizzare numero e gravità degli altri eventi indesiderati.	**gestione del rischio**	valutazione dell'affidabilità, valutazione dei rischi e loro gestione (es. utilizzo di metodi avanzati definiti da standard quali FMEA, LOPA, FTA/ETA, RBI)
		certificazione	certificazione e verifica delle attrezzature secondo standard accettati (es. tutte attrezzature certifica PED)
		manutenzione	manutenibilità sistemi tecnici (es. sistemi tecnici facilmente ispezionabili, riparabili, sostituibili, ecc)
		diagnostica	tecniche di rilevazione, diagnostica, previsione e gestione del deterioramento e dei guasti (es. efficaci tecniche standard per PND..)
		ridondanza	ridondanza dei sistemi tecnici (es. macchine rotanti in parallelo che entrano in funzione in casao di blocco ...)
Innovazione	disponibilità di tecnologie innovative efficaci che prevengono anomalie e incidenti o riducono le eventuali conseguenze	**materiali**	materiali innovativi impiegati per la sicurezza (es. materiali compositi più leggeri e resistenti per traporti più sicuri, nanomateriali per separazioni ...)
		sensorisica	sensoristica pervasiva per rilevazione, diagnostica, previsione e gestione del deterioramento (es. sensori UTM collegati wifi lungo tutta la pipeline...)
		prognostica	prognostica avanzata del deterioramento e del guasto (es. modelli prognostici basati su metodi AI; digital twin su cui simulare condizioni particolari di eserczio)
		ispezioni avanzate	tecnologie di ispezione avanzate (es. metodi robotizzati, realtà aumentata, realtà virtuale)
conoscenza	disponibilità di conoscenze solide, documentate e facilmente accessibili sugli aspetti di sicurezza e salute delle nuove sostanze, processi e impianti.	**conoscenza processistica**	conoscenza processistica (es. disponibilità di ricerche, linee guida, standard, libri, manuali, ecc)
		conoscenza impiantistica	conoscenza impiantistica (es. disponibilità di ricerche, linee guida, standard, libri, manuali, ecc)
		conoscenza sistemica	conoscenza analisi sistemica, inclusa affidabilità e rischio (es. disponibilità di ricerche, linee guida, standard, libri, manuali, ecc)
		conoscenza chimica	conoscenza caratteristiche chimiche, fisiche delle nuove sostanze e materiali e loro intereazioni ed effetti sull'uomo e sull'ambiente (es. disponibilità di ricerche, standard, ecc.)
cultura	attività svolte a diversi livelli per trasferire e verificare le conoscenze e renderle fruibili a tutti i soggetti coinvolti promuovendo la consapevolezza e favorendo un atteggiamento proattivo rispetto alla sicurezza	**formazione**	formazione specifica (corsi di laurea e dottorati ad hoc, corsi ad hoc negli istituti tecnici e professionale)
		esperienza	esperienza del personale e degli enti di controlli in settore o tecnologie affini, include eventuali certificazioni (es. personale con esperienza in impianti criogenici da impiegare nel settore GNL)
		esercitazione	esercitazione di emergenza mirate ai nuovi prodotti (esercitazioni con GNL, con batterie al litio ecc.)
		discussione	discussione e confronti con il personale anche con metodi formalizzati (e.g. BBS, osservazione comportamenti, sessioni analisi near miss)
		aggiornamento	aggiornamento del personale con corsi di addestramento (es. corsi interni, corsi da parte di consulenti specializzati)
		consultazione	consultazione e partecipazione dei lavoratori (es. valorizzazione degli RLS)
		collaborazione	collaborazione e scambi di esperienza/informazione ai vari livelli (es. associazioni datoriali, ordini professionali, reti informali, ecc)
comunicazione informazione	attività svolte a livello operativo per trasferire informazioni specifiche a soggetti affinchè possono avere il comportamento corretto nell'ambito del ruolo specifico.	**informazioni lavoratori**	informazione specifica su effetti su sicurezza dei nuovi prodotti a lavoratori e terzi (es. contractors)
		emergenza interna	informazione specifica per l'emergenza interna (destinati a lavoratori e contractors)
		emergenza esterna	informazione specifica per l'emergenza esterna (destinata agli amministratori comunali, alle associazioni, alle scuole, ecc.)
		comunicazione popolazione	comunicazione con la popolazione sui nuovi prodotti ed effetti su salute, sicurezza e ambiente (es. convegni locali, incontro con associazioni ambientaliste, incontri con gruppi organizzati ecc.)
		comunicazione media	comunicazione con i media (es. comunicati stampa, canali social)

Comprensione e Gestione dei Rischi: Necessità

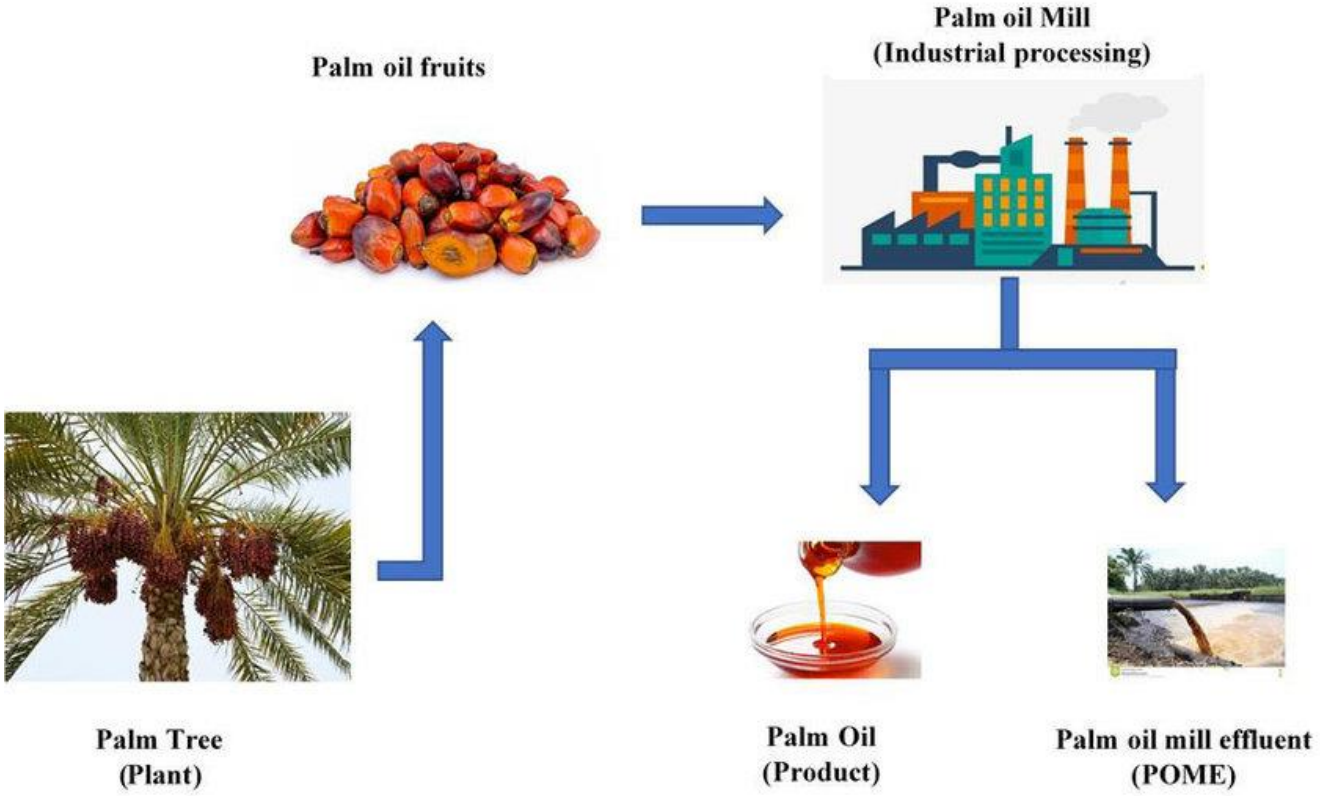
- Comprensione dei meccanismi di deterioramento:
  - Velocità di corrosione
  - Tipo di manifestazione del danno
  - Probabilità di Failure
- Deterioramento di strutture già sfruttate nel pregresso;
- Variabilità dei nuovi carburanti;
- Casi Studio: POME e Idrogeno.

Caso 1: POME (Palm oil mill effluent)





Caso 1: POME (Palm oil mill effluent)



Caso 1: POME (Palm oil mill effluent)

COMPOSIZIONE

Miscela di acidi carbossilici alifatici lineari da C 12 a C 22 e prevalentemente C16 e C18, olio di palma (acidi grassi, C16-18, C18 insaturi, esteri metilici), olio di soia, olio di girasole.

Denominazione	% p/p	n.CE	n.CAS	n.Indice	n.Registrazione	Classificazione
Miscela di acidi carbossilici alifatici lineari da C 12 a C 22 e prevalentemente C16 e C18	0-100	266-948-4	67701-30-8	-	Esente (Allegato V, punto 9 del Regolamento (CE) 1907/2006)	Non classificato
Olio di palma (cidi grassi, C16-18, C18 insaturi, esteri metilici	0-100	232-316-1	8007-75-3	-	Esente (Allegato V, punto 9 del Regolamento (CE) 1907/2006)	Non classificato
Olio di soia (gliceridi degli acidi grassi linoleico, oleico, palmitico e stearico, saturi ed insaturi (Soja hispida, Leguminosae)	0-100	232-274-4	8001-22-7	-	Esente (Allegato V, punto 9 del Regolamento (CE) 1907/2006)	Non classificato
Olio di girasole (gliceridi degli acidi grassi linoleico e oleico) saturi ed insaturi (Helianthus annuus, Compositae).	0-100	232-273-9	8001-21-6	-	Esente (Allegato V, punto 9 del Regolamento (CE) 1907/2006)	Non classificato

UTILIZZO

Uso industriale come carburante per motori per la produzione di energia elettrica, come combustibile per riscaldamento o come materia prima per la successiva trasformazione in biodiesel.

PROPRIETA' CHIMICO-FISICHE

a) stato fisico	Liquido a temperature >45 °C (CAS 67701-30-8)
b) colore	Chiaro
c) odore	Caratteristico
d) punto di fusione/punto di congelamento	40-45°C (CAS 67701-30-8) 33 °C -39 °C (CAS 8002-75-3)
e) punto di ebollizione o punto iniziale di ebollizione e intervallo di ebollizione	> 280°C (CAS 67701-30-8)
f) Infiammabilità	Liquido non infiammabile
g) limite inferiore e superiore di esplosività	Non applicabile
h) punto di infiammabilità	>220 °C (CAS 67701-30-8) >285 (CAS 8002-75-3)
i) temperatura di autoaccensione	Dato non disponiile
j) temperatura di decomposizione	Dato non disponiile
k) pH	Dato non disponiile
l) viscosità cinematica	38 mm^2/s (50 °C) (CAS 8002-75-3)
m) solubilità	Insolubili in acqua Generalmente e gli oli vegetali sono solubili nei principali solventi organici n-esano, cloroformio, etere di petrolio
n) coefficiente di ripartizione n-ottanolo/acqua (valore logaritmico):	Dato non disponiile
o) tensione di vapore	Dato non disponiile
p) densità e/o densità relativa	Densità: 0,8867 - 0,8900 g/ml (50 °C) (CAS 8002-75-3)
q) densità di vapore relativa	Dato non disponiile
r) caratteristiche delle particelle	Non applicabile ai liquidi

Risultati: POME

CRITICITÀ RISCONTRATE

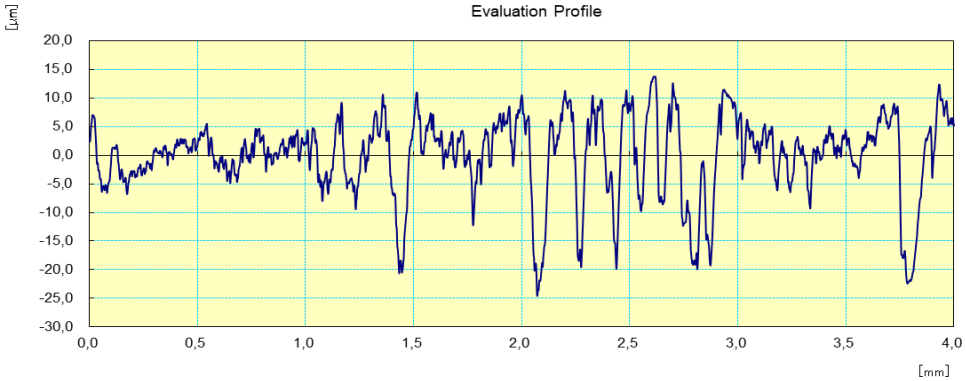
- ✓ Instabilità in presenza di luce
- ✓ Assorbimento acqua dall'aria
- ✓ Nessuna sperimentazione su aggressione materiali (acqua e MIC) riportata in letteratura
- ✓ Formazione di perossidi in presenza di ossigeno
- ✓ Materiale difficile da maneggiare

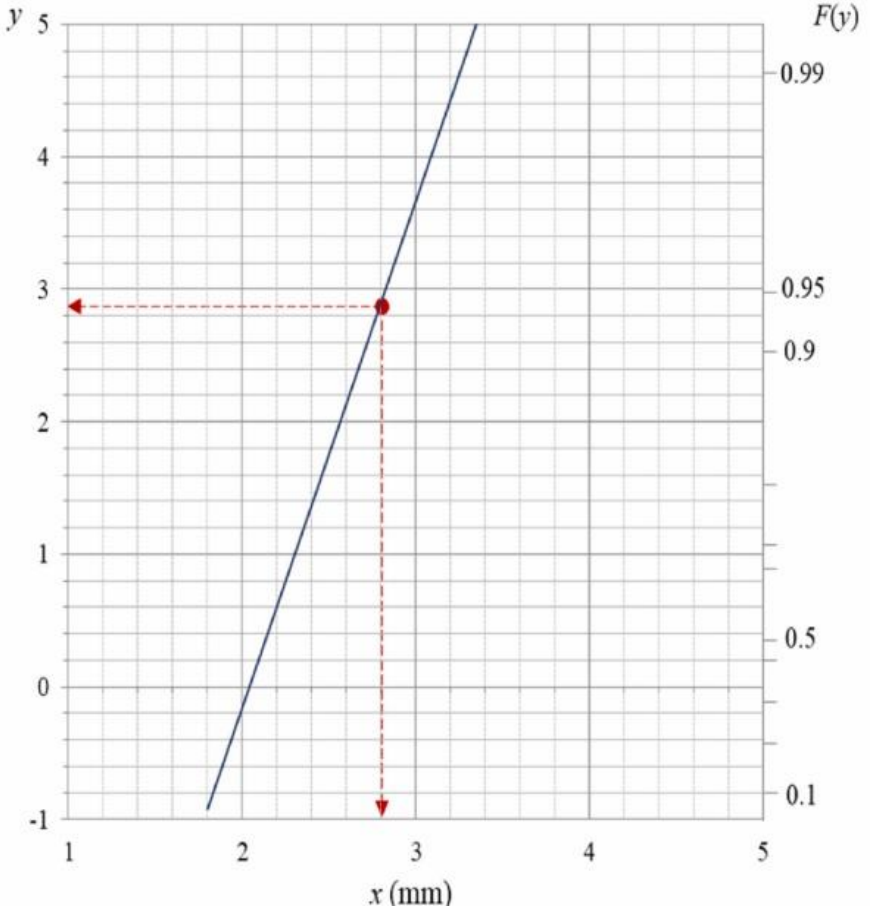
Risultati: POME

Gumbel Distribution

$$F(x) = e^{-e^{-\frac{(x-\beta)}{\alpha}}}$$

$$y = \frac{x-\beta}{\alpha}$$



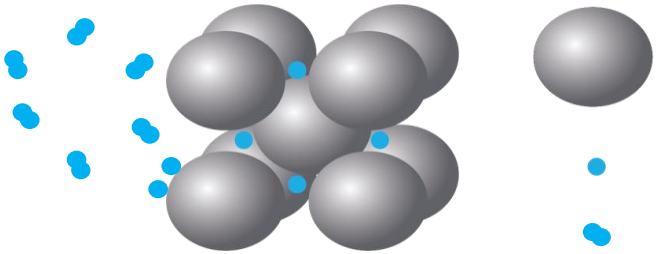


Caso 2: Idrogeno

FENOMENO
Perdita di proprietà meccaniche dovuta alla diffusione dell'idrogeno nel reticolo cristallino del metallo

MATERIALI E ATTREZZATURE SENSIBILI
Acciai al carbonio, acciai basso legati, acciai inossidabili serie 400 – unità di cracking catalitico, unità di hydrotreating, unità di alchilazione HF

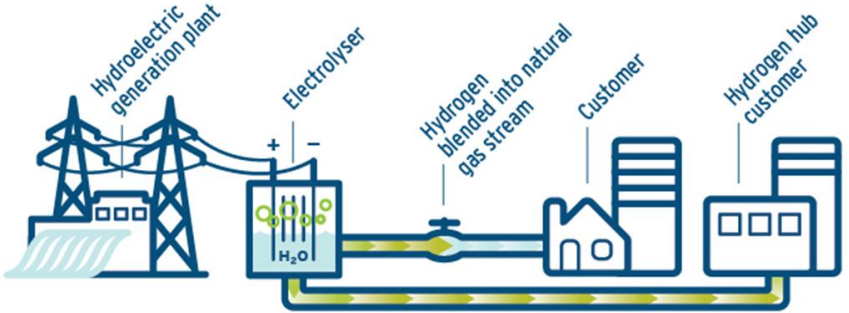
MORFOLOGIA
L'aspetto della frattura su scala microscopica è tipico di una frattura fragile



Ferro

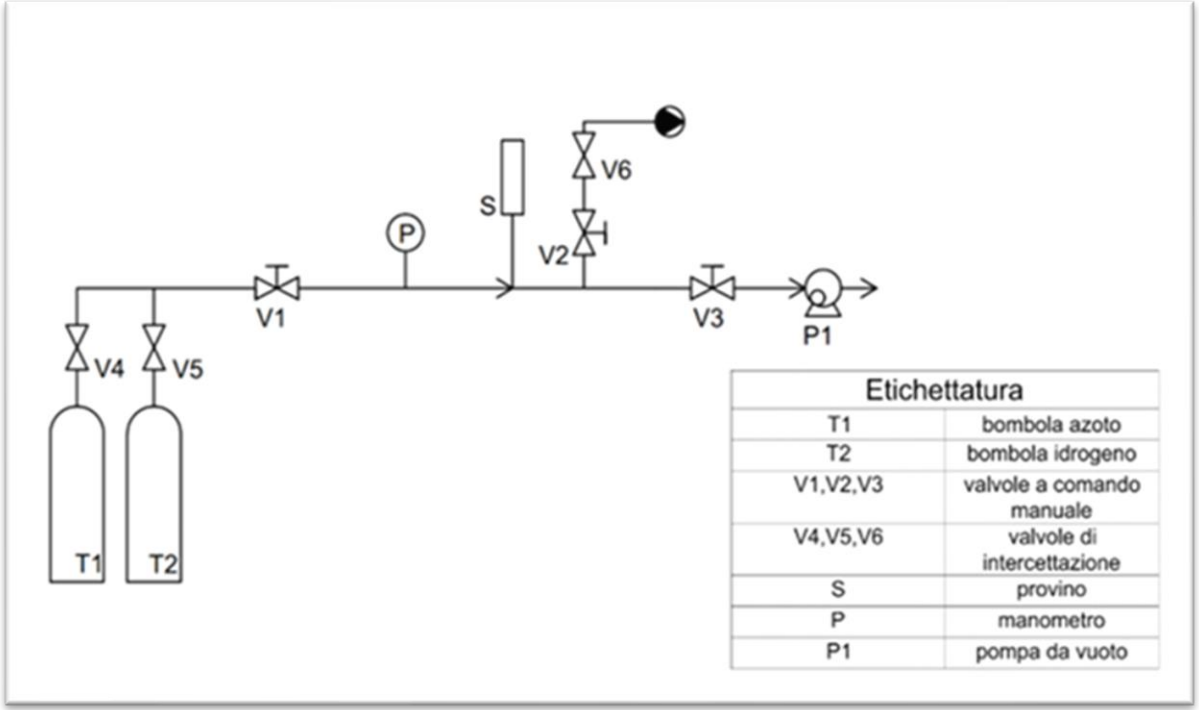
Idrogeno atomico

Idrogeno gassoso

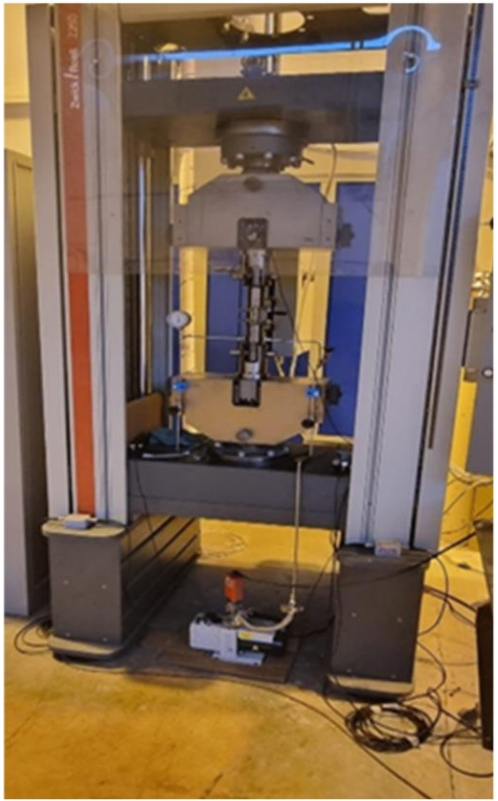


Caso 2: Idrogeno

Impianto



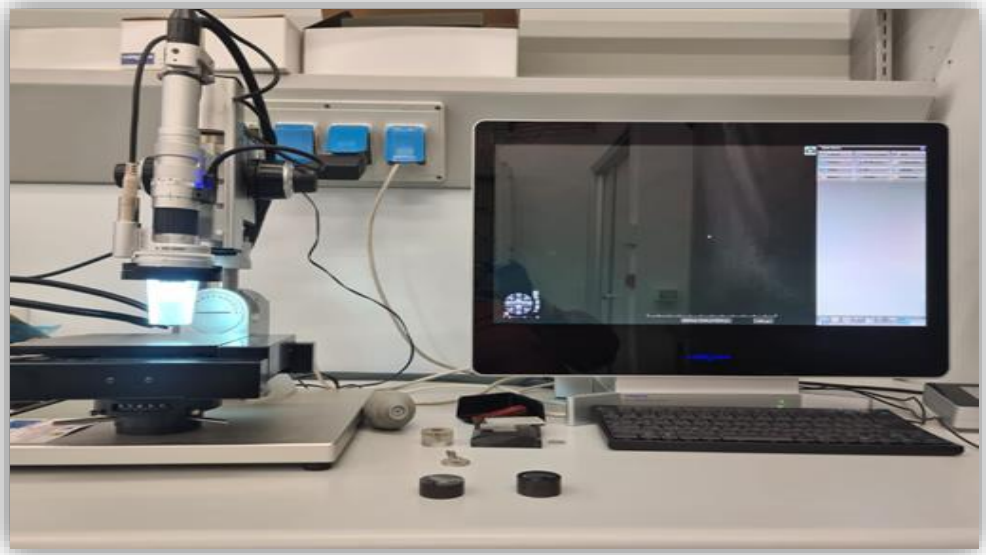
Etichettatura	
T1	bombola azoto
T2	bombola idrogeno
V1,V2,V3	valvole a comando manuale
V4,V5,V6	valvole di intercettazione
S	provino
P	manometro
P1	pompa da vuoto



Caso 2: Idrogeno

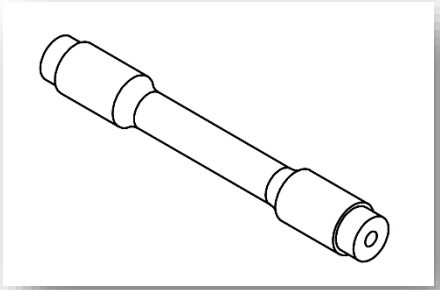
Microscopia a Scansione Elettronica

Microscopia Ottica

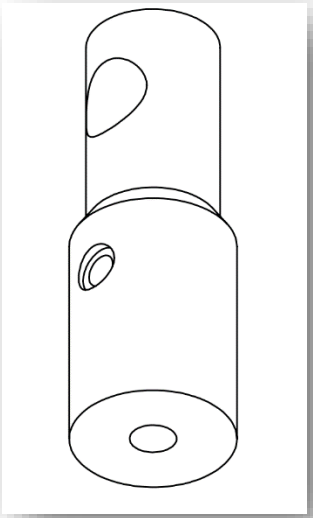


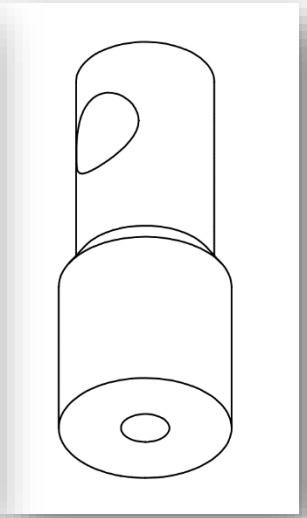
Caso 2: Idrogeno

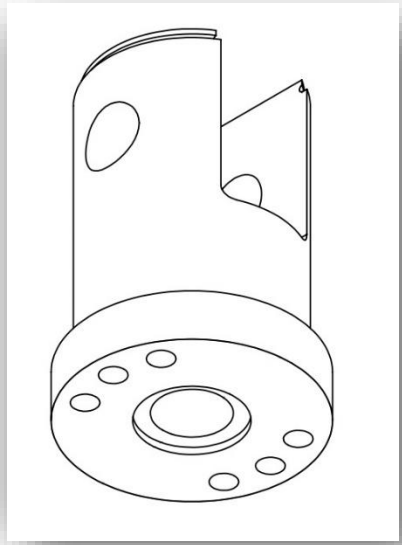
Campione



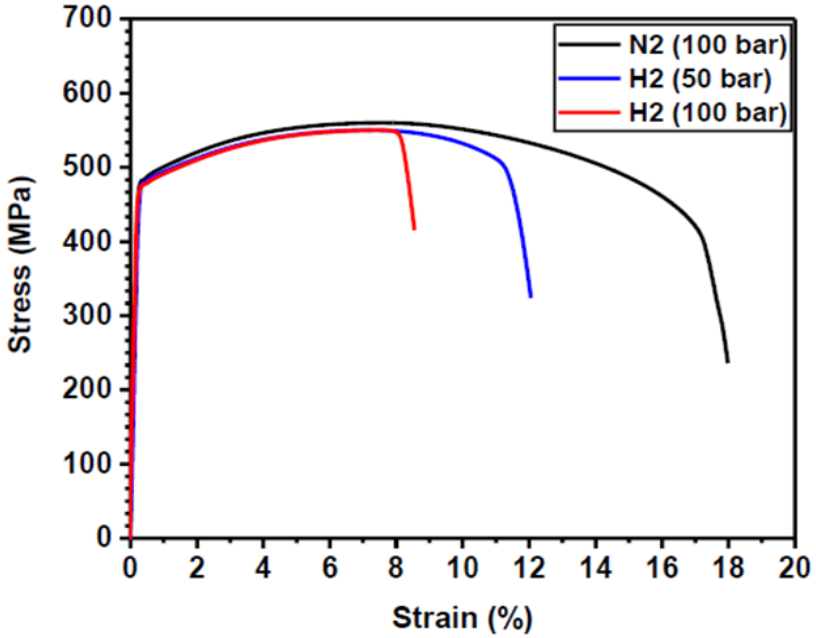
Supporti







Risultati: Idrogeno

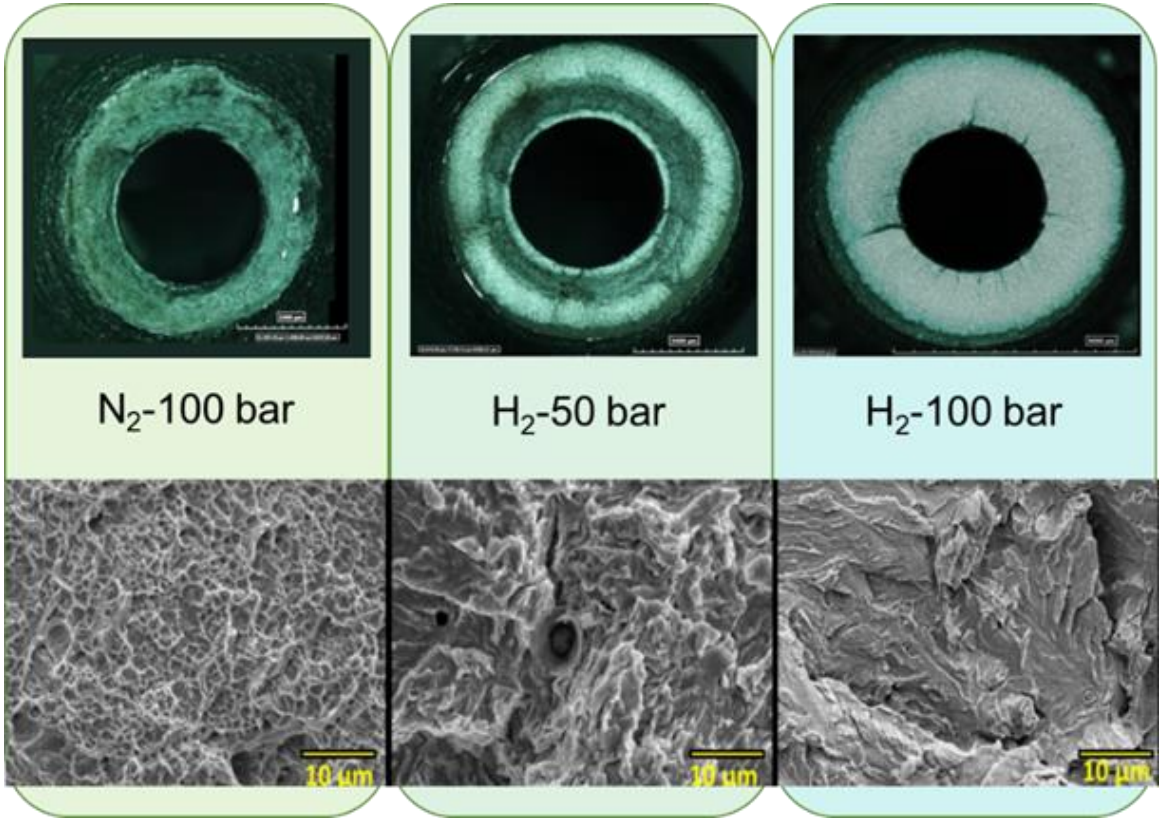


Risultati test di trazione: Significativa perdita di allungamento a rottura per il campione in acciaio testato in presenza di H_2 a 50 e 100 bar.

Risultati test sforzo-deformazione: Più alto sforzo a rottura per i campioni H_2-50 bar e soprattutto per H_2-100 bar, accompagnato da una diminuzione della deformazione a rottura (%).
Lo sforzo massimo e la relativa deformazione massima (%) sono confrontabili per tutti i campioni.

Sample	ε at $\sigma_{failure}$ (%)	$\sigma_{failure}$ (MPa)	ε at σ_{max} (%)	σ_{max} (MPa)
N_2-100 bar	17,98	236,07	7,45	550,05
H_2-50 bar	12,05	323,99	6,97	550,20
H_2-100 bar	8,55	415,35	7,67	560,16

Risultati: Idrogeno



Risultati indagine visiva e con SEM: Si evidenzia una maggiore strizione per il campione investigato in N_2.

Morfologia tipica della frattura fragile per i campioni testati in H_2.

Conclusioni

- La quantificazione dei fattori, che influenzano gli scenari di transizione, aiutano a gestire i rischi emergenti studiati nel progetto e la resilienza del sistema
- I casi studio (esperimenti progettati) contribuiscono ad aumentare la conoscenza sui rischi legati all’utilizzo dei nuovi combustibili in vista della transizione energetica.

DRIVERS

Approccio combinato
data-driven ed experience-driven
all'analisi del rischio sistemico

Università di Genova | DICCA DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, CHIMICA E AMBIENTALE

COMUNE DI GENOVA | CON IL PATROCINIO DI: COMUNE DI GENOVA

Ordine Ingegneri Genova | EVENTO PATROCINATO E ACCREDITATO DALL'ORDINE DEGLI INGEGNERI DI GENOVA

PARTNER DI PROGETTO

UCBM UNIVERSITÀ CAMPUS BIO-MEDICO DI ROMA

INAIL ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO

Università degli Studi di Messina

GENOVA **15 GENNAIO 2024**

WORKSHOP DEDICATO AL PROGETTO **DRIVERS**

ANALISI DEI RISCHI EMERGENTI IN CONTESTI INDUSTRIALI E PORTUALI:

OPPORTUNITÀ E SFIDE CONNESSE ALL'INTEGRAZIONE DI NUOVI VETTORI ENERGETICI E DIGITALIZZAZIONE

MARIA FRANCESCA MILAZZO
UNIVERSITA' DI MESSINA

GRAZIE PER L'ATTENZIONE!

DRIVERS

Approccio combinato data-driven ed experience-driven all'analisi del rischio sistemico

Università di Genova | DICCA DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, CHIMICA E AMBIENTALE

COMUNE DI GENOVA | CON IL PATROCINIO DI: COMUNE DI GENOVA

Ordine Ingegneri Genova | EVENTO PATROCINATO E ACCREDITATO DALL'ORDINE DEGLI INGEGNERI DI GENOVA

PARTNER DI PROGETTO UCBM UNIVERSITÀ CAMPUS BIO-MEDICO DI ROMA

INAIL ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO

Università degli Studi di Messina

GENOVA **15 GENNAIO 2024**

WORKSHOP DEDICATO AL PROGETTO **DRIVERS**

ANALISI DEI RISCHI EMERGENTI IN CONTESTI INDUSTRIALI E PORTUALI:

OPPORTUNITÀ E SFIDE CONNESSE ALL'INTEGRAZIONE DI NUOVI VETTORI ENERGETICI E DIGITALIZZAZIONE

Roberto Setola

Università Campus Bio-Medico di Roma

Un approccio pro-attivo alla cybersecurity degli impianti industriali

UN APPROCCIO PRO-ATTIVO ALLA CYBERSECURITY DEGLI IMPIANTI INDUSTRIALI

ROBERTO SETOLA – *Università Campus Bio-Medico di Roma*

La minaccia cyber è uno dei principali rischi emergenti i cui potenziali impatti possono incidere sul corretto funzionamento degli impianti, provocandone il blocco se non inducendo eventi catastrofici. Per ridurre il rischio è fondamentale avere un conoscenza aggiornata delle vulnerabilità che affliggono l'infrastruttura OT (Operational Technologies). A tal fine all'interno del progetto DRIVERS sono stati definiti un insieme di tool che consentono l'identificazione degli asset della rete OT, l'individuazione delle vulnerabilità dei singoli componenti e la valutazione del livello di criticità e del rischio associato.

INAIL

UNIVERSITÀ CAMPUS BIO-MEDICO DI ROMA

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA

STVDIORVM VNIVERSITAS MESSANAE

Approccio combinato
data-driven ed experience-driven
all'analisi del rischio sistemico

DRIVERS

www.EmergentRisk.it

Strengthening capabilities to respond to "**exponential" changes** through a **dynamic and integrated approach to risk management**:

DRIVERS

Combined data-driven and experience-driven approach to systemic risk analysis

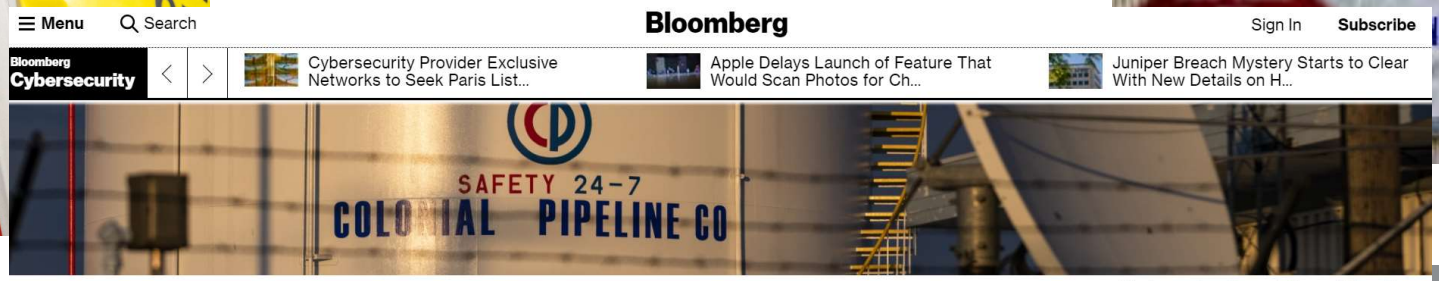
Climate changes

Energetic transition

Digital transformation

New scenario

- New lines of production (green energy) with risks that are not yet fully known (e.g., electric battery management or hydrogen use) will be integrated into industries already characterized by specific and proper risk factors (new types of interference);
- For entire traditional production chains there will be a loss of interest (accelerated aging) which could induce safety issues
- Extreme weather events such as windstorms, storm surges, etc. may also affect industrial plants with potential significant impacts on functionality and facilities with impacts on worker safety
- **Digitization** will significantly impact the way plants are managed by encouraging the *remote performance* of a number of activities that are now performed in the presence. This will result in fewer staff in the plants with possible impacts on the safety of workers and the plants themselves as well as a reduction in the capacity for ***knowledge -transfer*** between workers
- It will also increase the area of **exposure to cyber threats** (cyber-security)

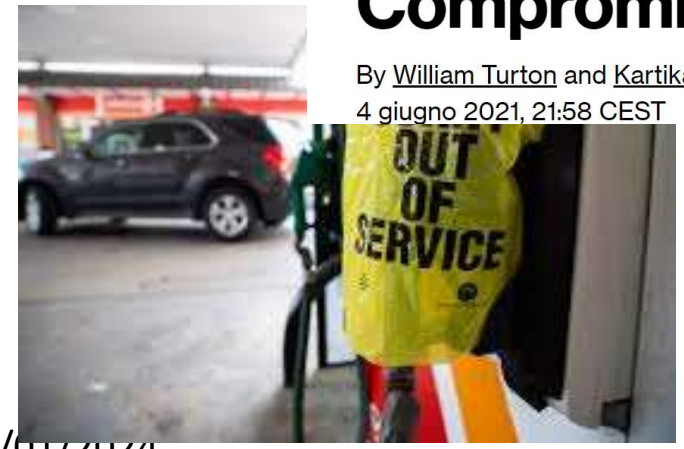


Photographer: Samuel Corum/Bloomberg

Cybersecurity

Hackers Breached Colonial Pipeline Using Compromised Password

By William Turton and Kartikay Mehrotra
4 giugno 2021, 21:58 CEST



REUTERS®

Iran petrol stations hit by cyberattack, oil minister says

Reuters

December 18, 2023 7:38 PM GMT+1 · Updated 18 days ago

A hacking group that Iran accuses of having links to Israel claimed it carried out the attack which disrupted services at about 70% of petrol stations across the country.

https://www.reuters.com/world/middle-east/software-problem-disrupts-iranian-gas-stations-fars-2023-12-18/

https://theconversation.com/major-cyberattack-on-australian-ports-suggests-sabotage-by-a-foreign-state-actor-217530

Major cyberattack on Australian ports suggests sabotage by a ‘foreign state actor’

Published: November 13, 2023 3.19am CET

A serious cyberattack at DP World affected critical systems used to coordinate shipping activity and disrupted operations at several of Australia’s largest ports

Triton: hackers take out safety systems in 'watershed' attack on energy plant

Sophisticated malware halts operations at power station in unprecedented attack which experts believe was state-sponsored

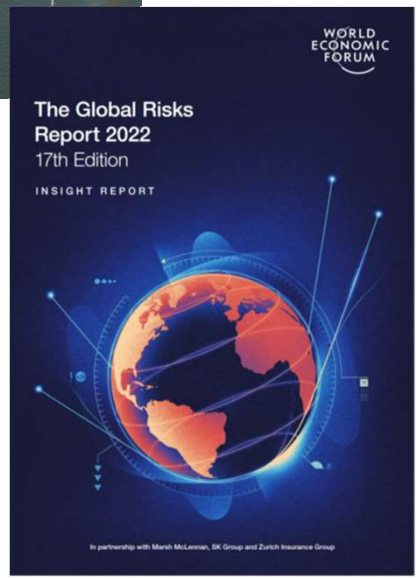
https://www.theguardian.com/technology/2017/dec/15/triton-hackers-malware-attack-safety-systems-energy-plant

BBC NEWS

European oil facilities hit by cyber-attacks

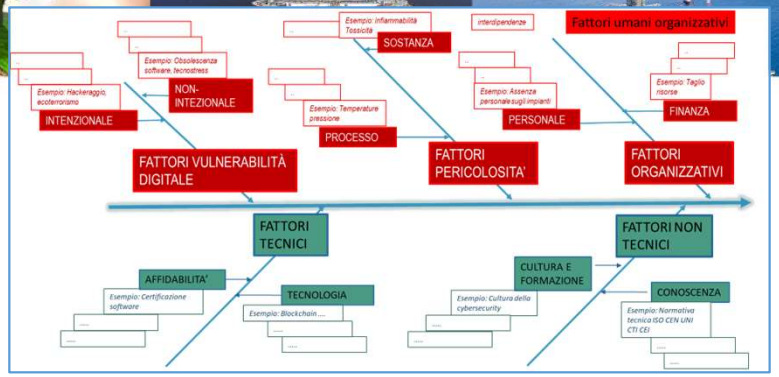
3 February 2022

https://www.bbc.com/news/technology-60250956



"*Attacks on large and strategic systems will carry cascading physical consequences across societies, while prevention will inevitably entail higher costs*".

Many factors influence the risk !

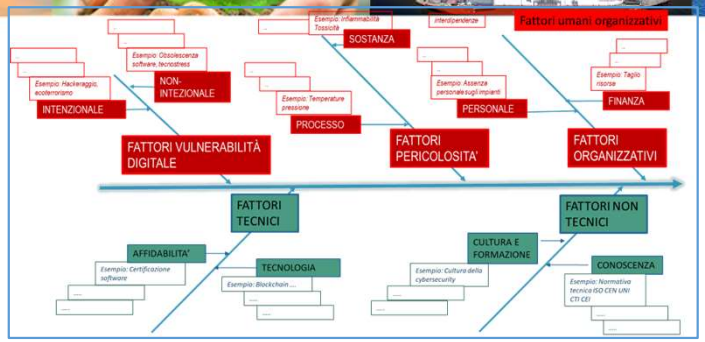


Digital Vulnerabilities	Accidental	6 subfactors
	Malicious	6 subfactors
Systems and Materials	Systems and Materials	5 subfactors
Context	Personnel	8 subfactors
	Social / Political	3 subfactors
Technical	Reliability	12 subfactors
	Innovation	8 subfactors
Human / Organizational	Knowledege	2 subfactors
	Culture	8 subfactors

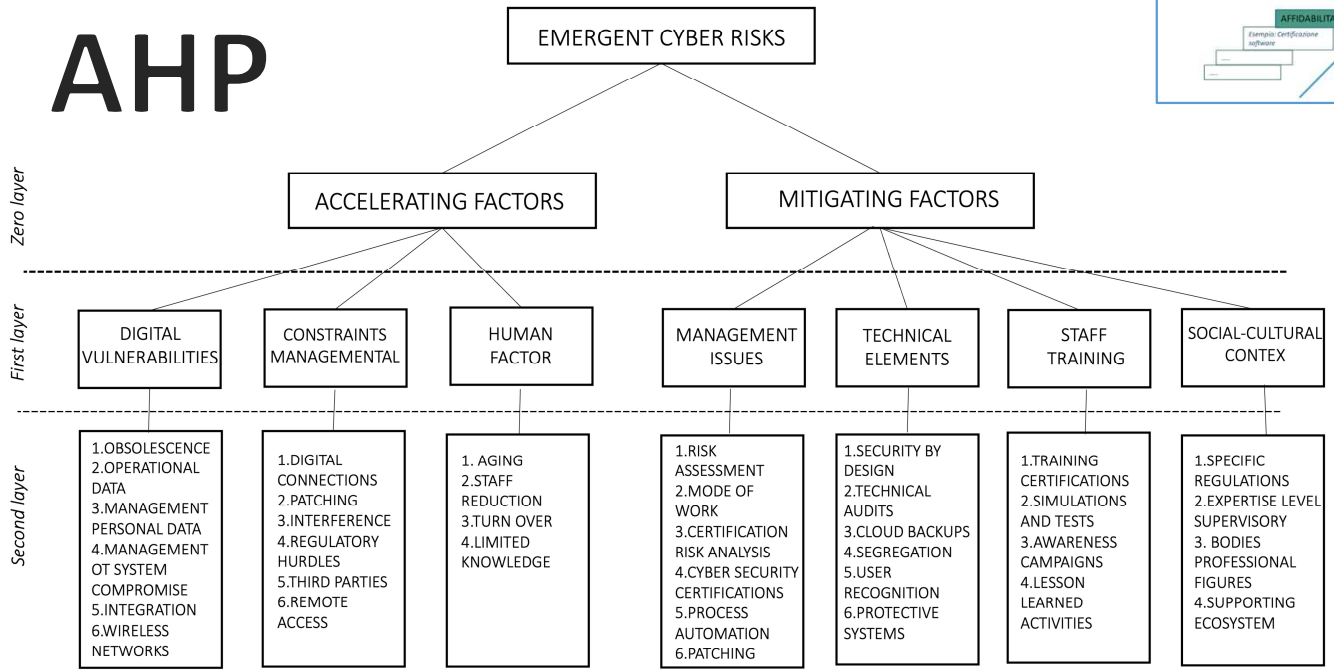
Up to 58 subfactors !

- Presence of active VPNs for activities carried out by suppliers
- Presence of active VPNs for activities carried out by employees/on-call
- System waste in the absence of remote monitoring solutions (physical/digital)
- System monitoring in the presence of remote monitoring solutions (physical/digital)
- lack of sense of belonging
- technostress
- interference with robots and automatic vehicles
- aging of personnel and organizations
- Presence of regulatory obstacles to the introduction of digital technologies
- Dependence on third parties for technology management
- Provision of a so-called essential service on a significant perimeter (% of market, population served, etc.)

Most critical factors

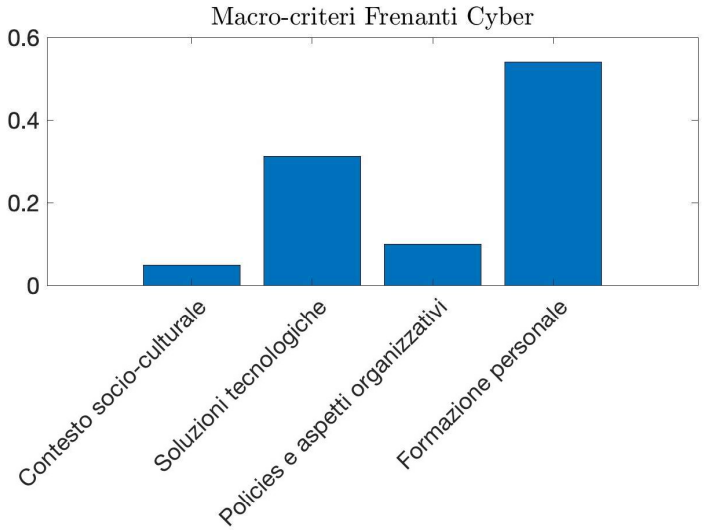


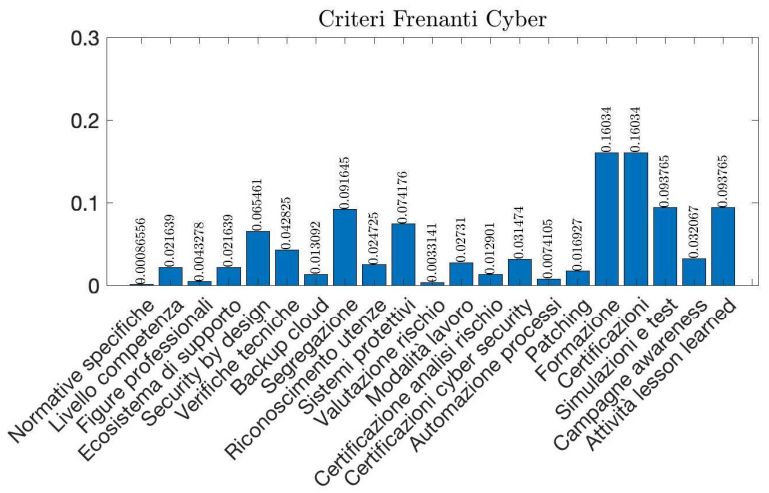
AHP

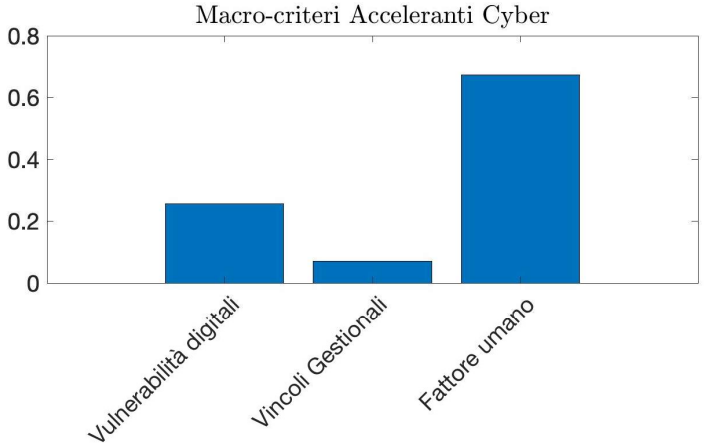


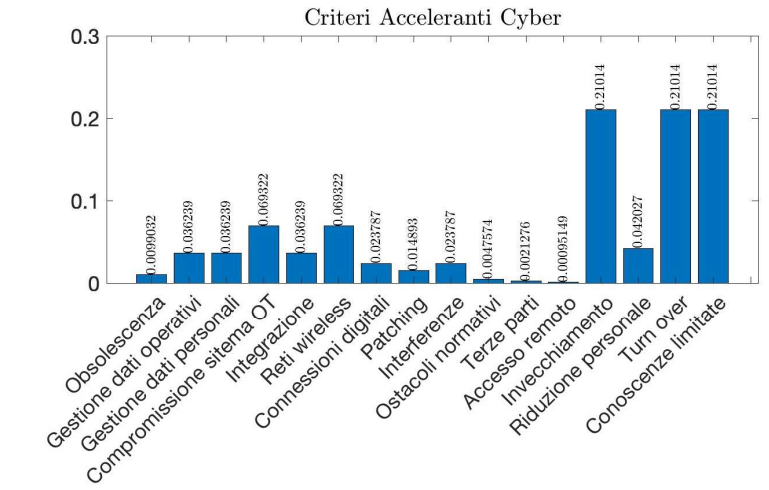
- 7 macro factors (3 acellerating and 4 mitigating)
- 36 factors (16 accellerating and 20 mitigating)

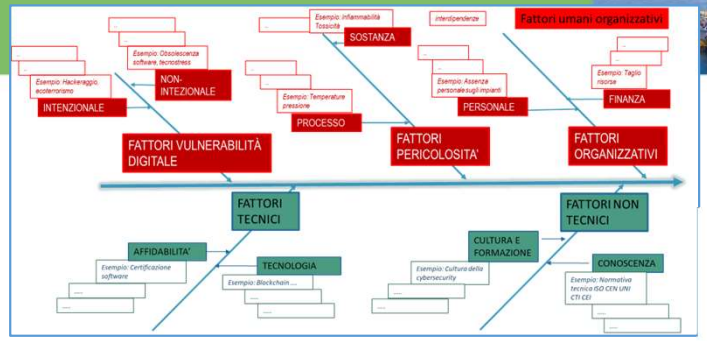
Risultati AHP – Transizione Digitale

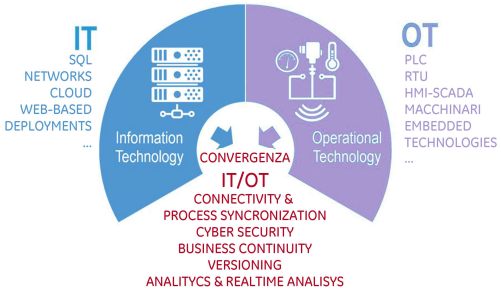


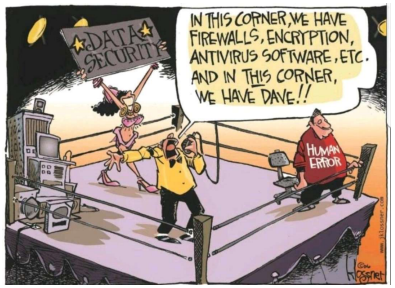












AHP

Accelerating macro-criteria	Accelerating micro-criteria	Weight
Digital Vulnerabilities	Obsolescence	0.0099
Digital Vulnerabilities	Operational data management	0.0362
Digital Vulnerabilities	Personal data management	0.0362
Digital Vulnerabilities	OT system compromise	0.0693
Digital Vulnerabilities	Integration	0.0362
Digital Vulnerabilities	Wireless networks	0.0693
Management constraints	Digital connections	0.0238
Management constraints	Patching	0.0149
Management constraints	Interference	0.0238
Management constraints	Legal barriers	0.0048
Management constraints	Third parties	0.0021
Management constraints	Remote access	0.0009
Human Factor	Aging	0.2101
Human Factor	Staff reduction	0.0420
Human Factor	Turn over	0.2101
Human Factor	Limited knowledge	0.2101

Analysis of cyber risks for OT

OWASP + AHP
Risk assesment

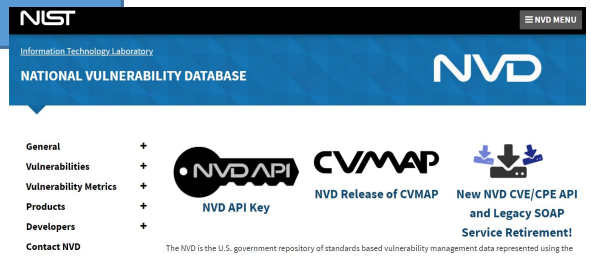
Risk ranking and crticality allert

CVSS

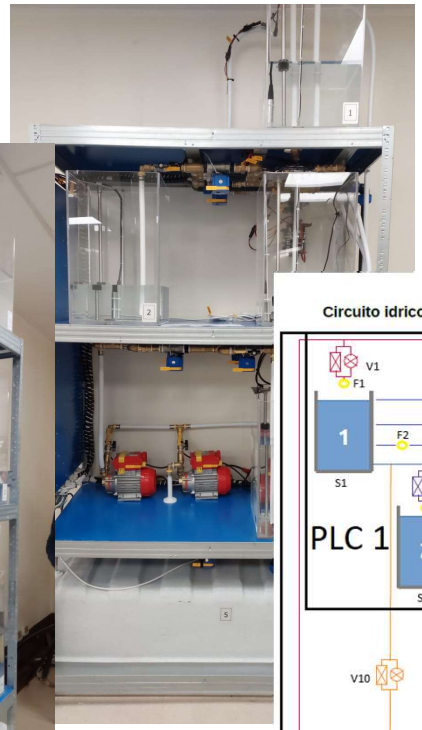
Inventory assesment

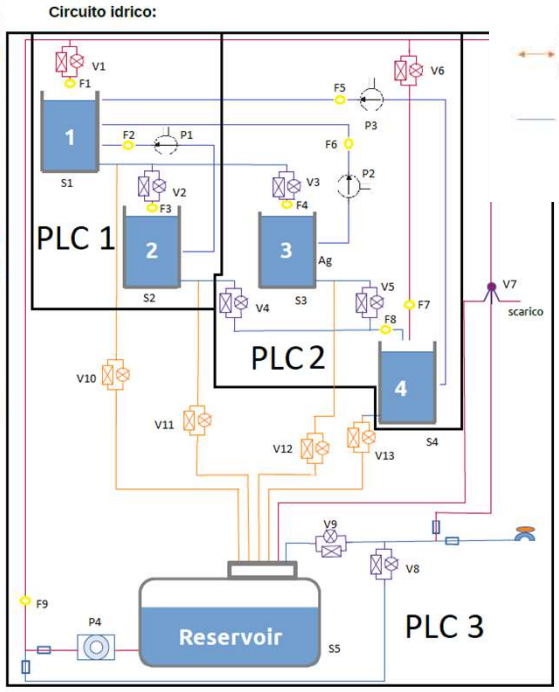
Vulnerability Analysis

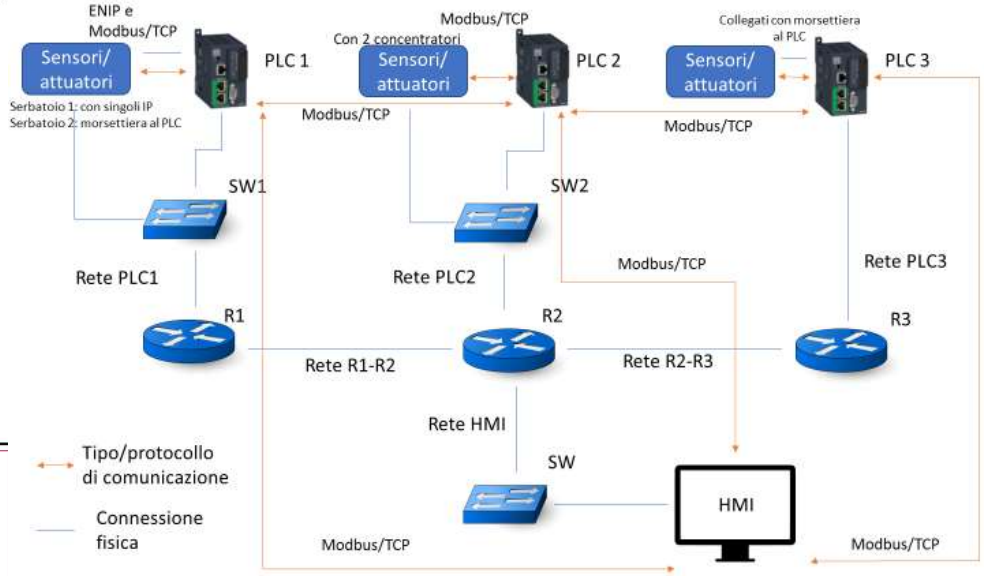
accountsservice	0.105-1ubuntu2.3	N/D	AccountsService could be made to crash or run programs as an administrator if it received a specially crafted command.
acpid	1:2.0.28-1ubuntu1	2.0.16 and earlier	Several security issues were fixed in acpid.
apport	2.20.9-0ubuntu7.27	N/D	Apport could be made to create files as the administrator.

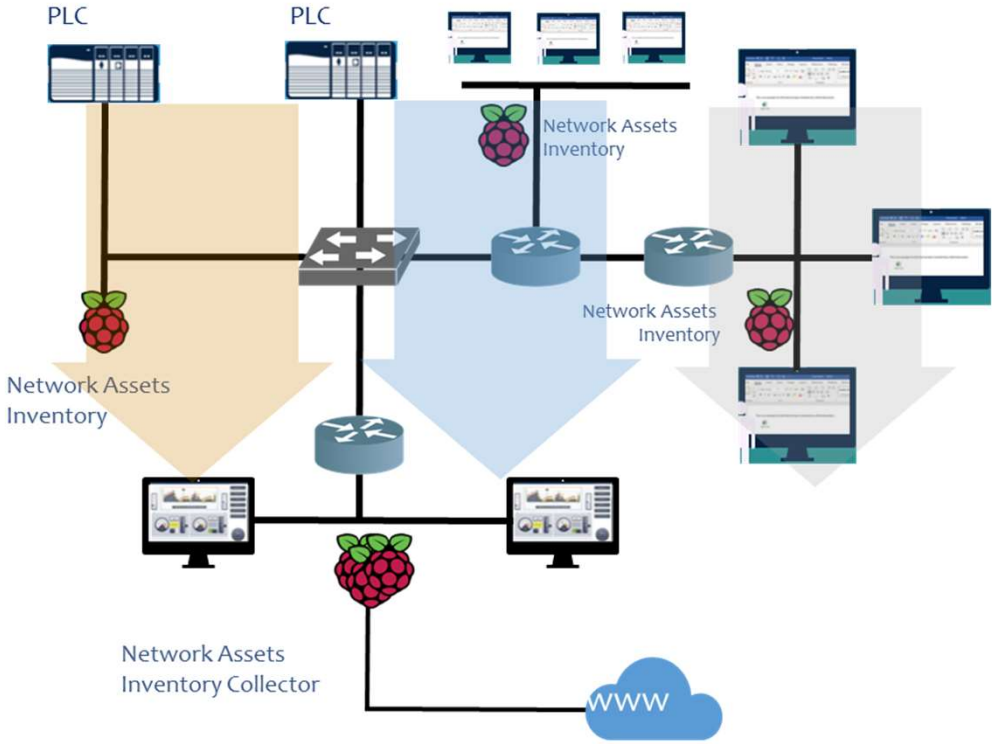


Drivers testbed





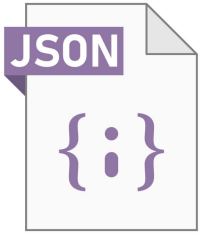




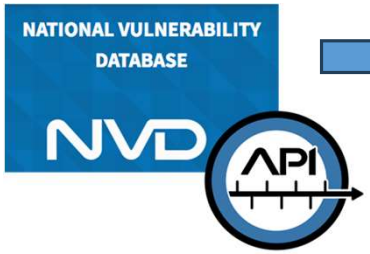
- Le **sonde** di rete sono basate su **Raspberry PI**
- Ogni sonda attraverso un **script Python** basato su **Nmap** interroga la sottorete in cui è installata
- Ogni **sonda** produce un report su **file Json** che viene inviato ad un collettore di rete


```
"192.168.101.10": {
  "osmatch": [],
  "ports": [
    {
      "protocol": "tcp",
      "portid": "502",
      "state": "open",
      "reason": "syn-ack",
      "reason_ttl": "64",
      "service": {
        "name": "mbap",
      },
    }
  ],
  "hostname": [],
  "mcaddress": {
    "addr": "00:80:F4:53:EB:77",
    "addrtype": "mac",
    "vendor": "Telemecanique Electrique"
  }
}
```


- Su ogni report sono riportate le **caratteristiche dei dispositivi** installati sulla sottorete in esame
- Il **collettore invia i file json alla piattaforma Drivers**



Identify elements in the architecture (Hw, SW, nd versions)



Check if there are known vulnerabilities affected any element

Acquire information about vulnerabilities

Estimate criticality via CVSS – base score

Rating	CVSS Score
None	0.0
Low	0.1-3.9
Medium	4.0-6.9
High	7.0-8.9
Critical	9.0-10.0

- La piattaforma DRIVERS interpreta il file json ed interroga i repository di CVEs
- Il collettore conosce la posizione di ciascuna sonda di rete
- Il collettore identifica la fonte tramite l'indirizzo IP e risale all'area di provenienza del file json
- Raccoglie informazioni su criticità sulla base del parametro «Base» del CVSS
- Il sistema verifica aggiornamenti con **cadenza giornaliera**
  - **L'operatore può specificare se sono state adottate misure per contrastare la minaccia (e in che % di maturità)**

Architettura

- **Vista macro** dell'infrastruttura monitorata
- Da considerarsi come oggetto **aggregato di più aree**

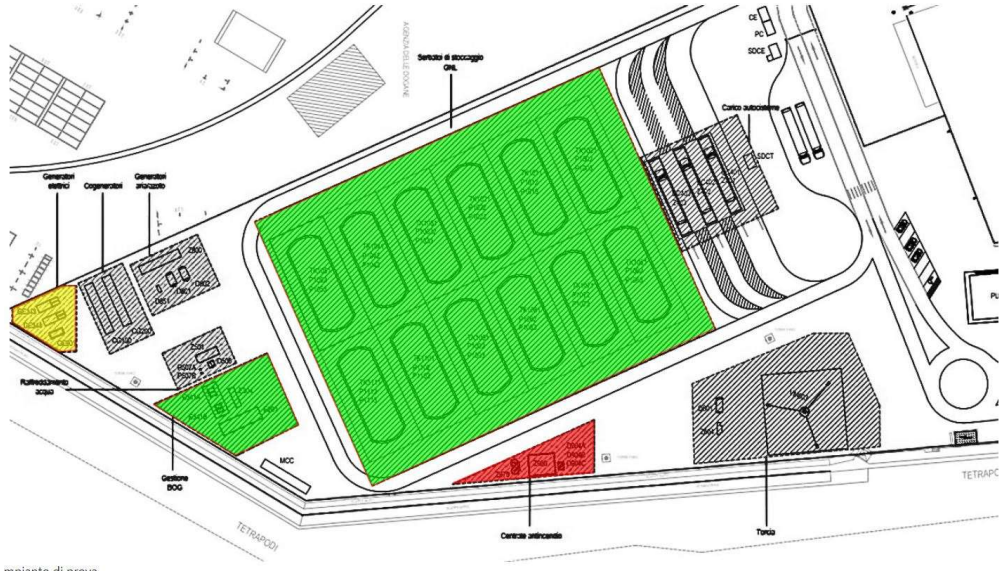
Impianto

- L'area è considerata come una **porzione dell'impianto**
- Ogni area è **geograficamente separata** dalle altre
- Un'area è soggetta a rischi meteorologici

Area

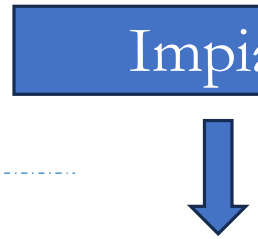
- Un device è rappresenta i**l più piccolo elemento strutturale** per il quale è possibile un indice di rischio di qualsiasi tipo
- Ogni device è **fisicamente separato** dagli altri ed

Devices



Architettura

- **Vista macro** dell'infrastruttura monitorata
- Da considerarsi come oggetto **aggregato di più aree**



Il livello di rischio di un impianto deriva dal livello di rischio delle sue aree

- L'area è considerata come una **porzione dell'impianto**
- Ogni area è **geograficamente separata** dalle altre
- Un'area è soggetta a rischi meteorologici

*Ha un suo livello intrinseco di rischio **climatico**, mentre eredita i livelli di rischio cyber, operativo e strategico*

- Un device è rappresenta i**l più piccolo elemento strutturale** per il quale è possibile un indice di rischio di qualsiasi tipo
- Ogni device è **fisicamente separato** dagli altri ed

*Ogni device si caratterizza per un proprio livello di rischio **operativo, cyber** e **strategico** e aggiornato con continuità*

Valutazione Rischio Cyber Device

Devices

Ha un suo indirizzo IP che lo identifica univocamente

Acquisisco inventory

Determino Vulnerabilità note via CVE

Per ogni CVE acquisto livello criticalità CVSS

Determino criticalità device

Associo il livello di criticalità massimo tenuto conto dell'eventuale presenza di azioni di mitigazione α^i

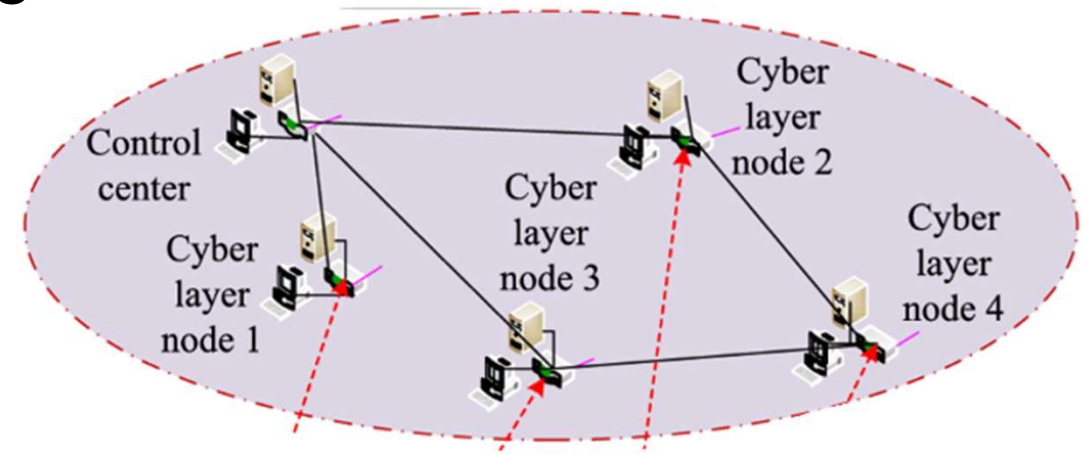
$$C_D^c = max_i\, \alpha^i C_{CVE}^i$$

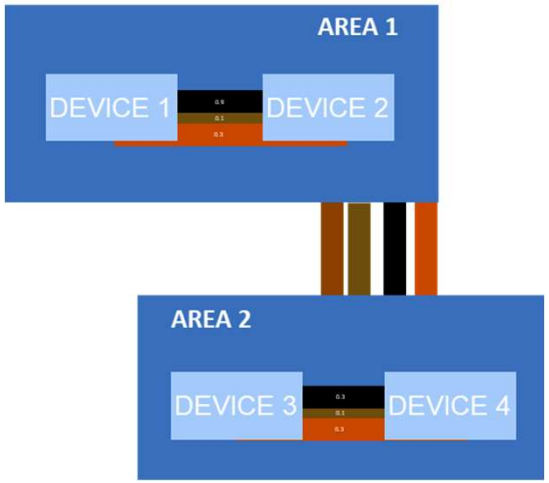
Cyber Impact I_D^C

Determino rischio device

$$R_D^C = I_D^C C_D^c$$

Dependecies





Link climatico

Link strategico

Link operativo

Link cyber

Valutazione Dipendenza Rischio Cyber

Devices

Determino rischio device «isolato»

$$R_D^C = I_D^C C_D^C$$

Determino effetto domino

$$I_D^{CD} = \sum \Delta_{ij} I_j^C$$

Associo il livello di impatto «trasmesso» come valore dei «Cyber Impact» di tutti i device direttamente influenzati I_j^C da un evento cyber del device D considerando il relativo fattore di trasmissione Δ_{ij}

Determino rischio device

Dove è un β^C parametro di attenuazione

$$R_D^C = \left(I_D^C + \beta^C \sum \Delta_{ij} I_j^C \right) \quad C_D^C$$

Valutazione Rischio Cyber Area

Area

- Determino rischio dei device afferenti Area
- Determino Rischio Area autonoma
- Determino effetto domino
- Determino rischio Area

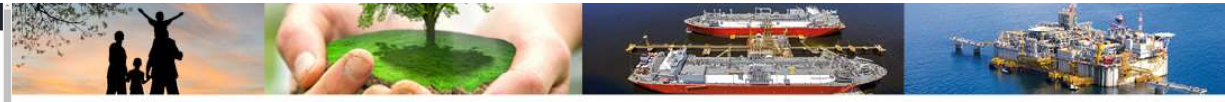
Associo il livello di rischio massimo massimo tenuto conto dell'impatto intrinseco dell'area

$$R_A^C = max_D\, R_D^C$$

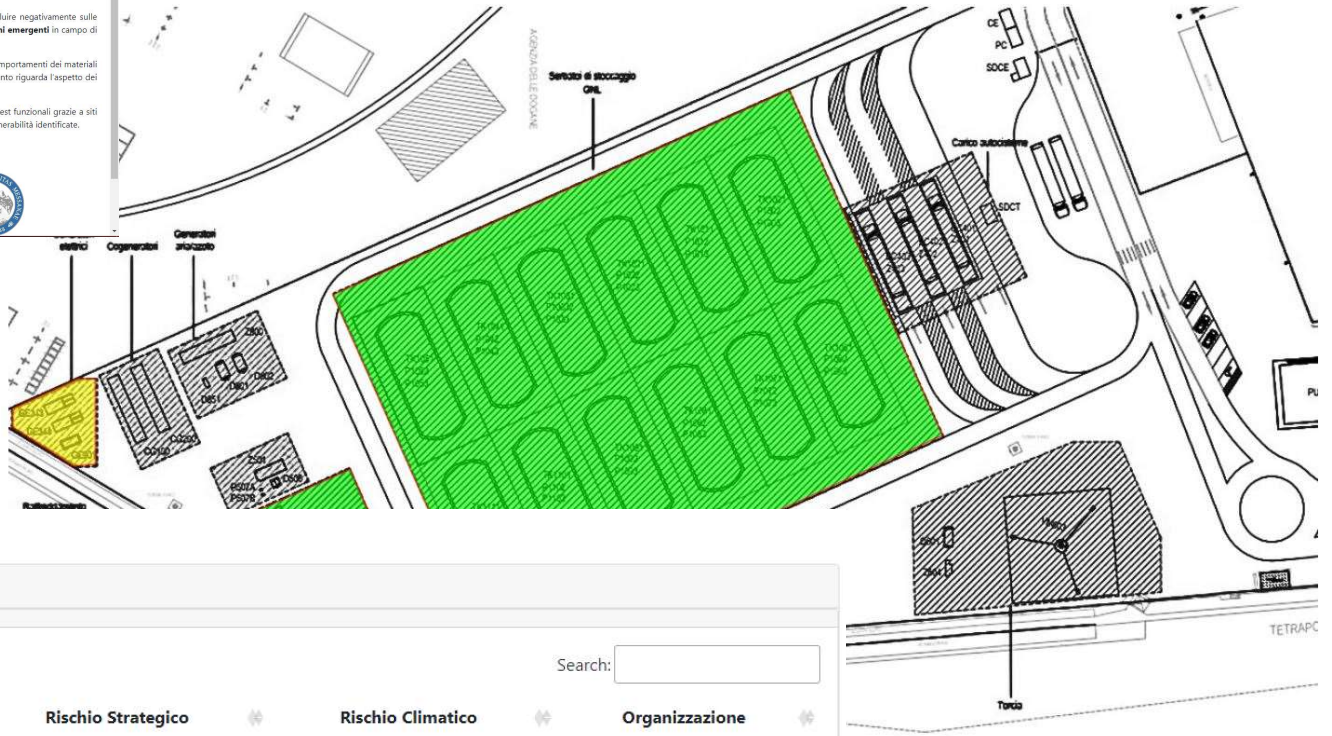
$$I_A^{CD} = \sum \Delta_{ij} I_j^{CA}$$

Associo il livello di impatto «trasmesso» come valore dei «Cyber Impact» di tutte le Aree direttamente influenzati I_j^{CA} da un evento cyber dell'Area A considerando il relativo fattore di trasmissione Δ_{ij}

$$R_A^C = \left(I_A^C + \beta^C \sum \Delta_{ij} I_j^{CA} \right) \quad R_A^C$$



Piattaforma DRIVERS



Dashboard

Impianti

Column visibility

Search:

Nome Impianto	Rischio Cyber	Rischio Operativo	Rischio Strategico	Rischio Climatico	Organizzazione
f2	0	0	0	0	ucbm
Impianto di prova	6.9	4.1	0	0	ucbm
Impianto di Genova	0	0	0	0	genova

Showing 1 to 3 of 3 entries

Previous 1 Next

1/5/2024

DRIVERS

Approccio combinato
data-driven ed experience-driven
all'analisi del rischio sistemico

www.EmergentRisk.it

thank you!

r.setola@unicampus.it

DRIVERS

Approccio combinato
data-driven ed experience-driven
all'analisi del rischio sistemico

Università di Genova | DICCA DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, CHIMICA E AMBIENTALE

COMUNE DI GENOVA | CON IL PATROCINIO DI: COMUNE DI GENOVA

Ordine Ingegneri Genova | EVENTO PATROCINATO E ACCREDITATO DALL'ORDINE DEGLI INGEGNERI DI GENOVA

PARTNER DI PROGETTO

UCBM UNIVERSITÀ CAMPUS BIO-MEDICO DI ROMA

INAIL ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO

Università degli Studi di Messina

GENOVA **15 GENNAIO 2024**

WORKSHOP DEDICATO AL PROGETTO **DRIVERS**

ANALISI DEI RISCHI EMERGENTI IN CONTESTI INDUSTRIALI E PORTUALI:

OPPORTUNITÀ E SFIDE CONNESSE ALL'INTEGRAZIONE DI NUOVI VETTORI ENERGETICI E DIGITALIZZAZIONE

ing. Fabio Dattilo

Capo del Corpo VVF emerito,
docente a contratto Unipd.

Analisi di rischio per FSRU.
Metodi e considerazioni

ANALISI DI RISCHIO PER FSRU. METODI E CONSIDERAZIONI

FABIO DATTILO - *Già dirigente generale Ministero dell'Interno Capo del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, Università di Padova*

I rigassificatori galleggianti o FSRU (Floating Storage and Regasification Units) sono dei terminali in grado di stoccare e rigassificare il gas naturale. Si tratta di navi collocate in prossimità di un'area portuale, in banchina o al largo, che ricevono gas naturale liquefatto (GNL) a una temperatura di -160°C da altre navi metaniere e lo rigassificano (ovvero lo portano allo stato gassoso) per poterlo immettere nella rete nazionale di trasporto del gas.
Questa tecnologia è particolarmente vantaggiosa se si pensa alla sua flessibilità nel caso di difficoltà di acquisizione del gas naturale tramite metanodotti in particolare durante situazione geopolitiche controverse.
Non è una tecnologia nuovissima dato che esistono già 48 FSRU operative al mondo, di cui 25 con una capacità di stoccaggio di GNL compresa tra 160 mila e 180 mila metri cubi.
La realizzazione del Terminale di Rigassificazione deve essere ovviamente preceduta da una accurata analisi di rischio attraverso l'utilizzo delle classiche metodologie atte a valutare i rischi connessi a potenziali incidenti rilevanti. Essenziale è valutare gli scenari di incidenti credibili e calcolare e la loro probabilità di accadimento e stimandone successivamente le conseguenze anche in termini di impatto con le zone prossime alla loro ubicazione sia nella fase di esercizio che di riempimento.
Gli scenari classici di riferimento sono:

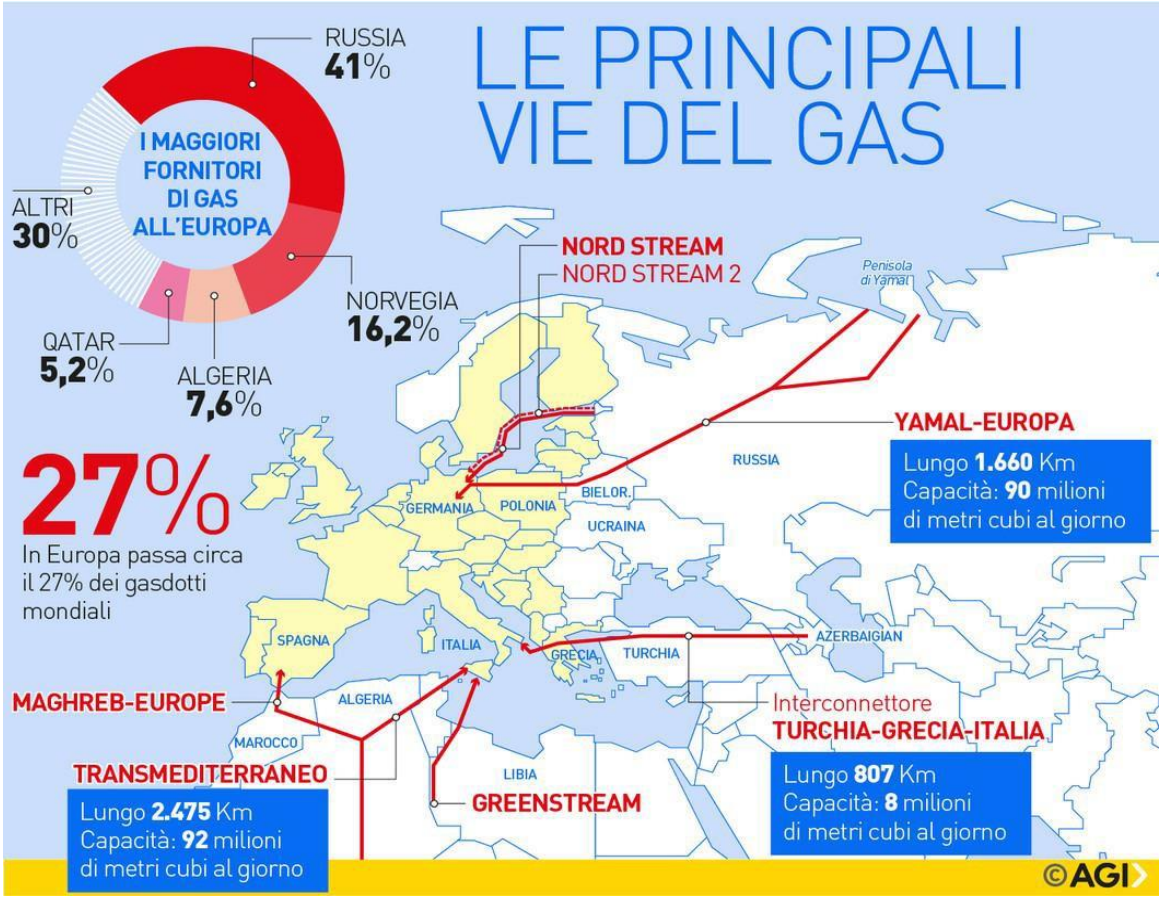
- Rilascio del gas compresso o liquefatto
- Jet Fire
- CVE
- Overfilling
- Boil off
- Roll over
- Compatibilità dei materiali a -160°C

La valutazione delle conseguenze deve tenere conto della vulnerabilità del territorio e della presenza di impatti individuali e sociali del rischio attraverso l'approccio italiano riassunto nella valutazione della compatibilità del rischio.

L'analisi di un caso riguarda l'ubicazione della FSRU potrebbe essere realizzata tramite ormeggio permanente alle banchine di un mezzo navale.
Dall'analisi emerge che la realizzazione di impianti di rigassificazione è una soluzione logica e razionale e tecnologicamente compatibile sia in termini di sicurezza che ambientali.
Si illustrerà come, per una corretta e serena valutazione, sia necessario evitare grossolane sottovalutazioni dei rischi o al contrario, facili "catastrofismi" utilizzando gli strumenti messi a punto dalla comunità scientifica e tesi ad accompagnare i processi decisionali attraverso la predisposizione di una metodologia che fornisca dati qualitativi e quantitativi e si proponga come strumento di supporto per le decisioni.

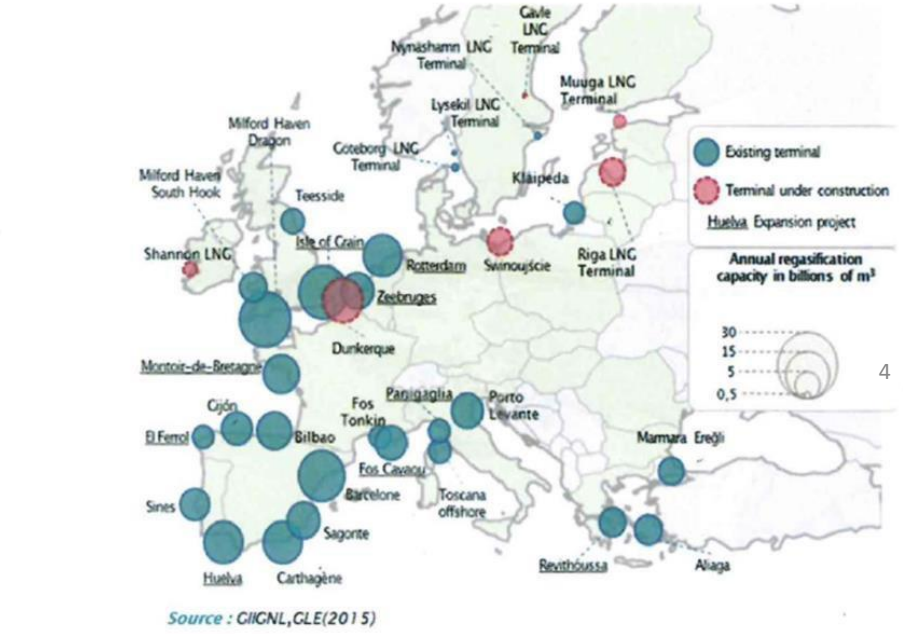
Evoluzione deI Mercato del Gas

Dati precedenti al 2022



GNL in Europa prima degli FSRU

Capacità di rigassificazione europea



Source : GIIGNL,GLE(2015)

FSRU NEL MONDO

(*Floating Storage and Regasification Unit*)

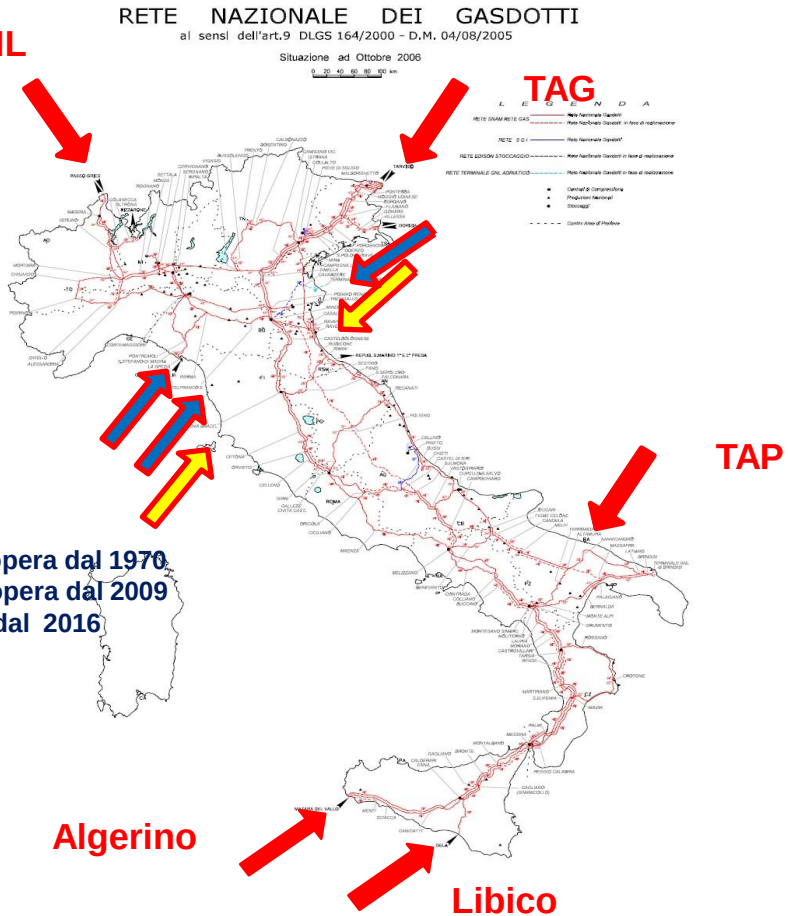
Esistono **48 FSRU operative al mondo**, di cui 25 con una capacità di stoccaggio di GNL compresa tra 160 mila e 180 mila metri cubi (*fonte Shipbroker*)

RIGASSIFICATORI IN ITALIA

Nota:

- Ravenna in fase di ultimazione
- Gioia Tauro e Porto Empedocle in fase di progettazione

Gasdotti



immissione di GNL

- Terminale di Panigaglia (SP) onshore che opera dal 1970
- Terminale di Porto Viro (RO) offshore che opera dal 2009
- Terminale di Livorno (LI)) FSU che opera dal 2016
- Piombino in opera dal 2023

Nuovi terminali FSU

- Ravenna (RA)

Rigassificatore di Panigaglia

Lo **stabilimento di rigassificazione di Panigaglia (SP)** è costituito dalle sezioni di **ricezione** (area di attracco delle navi metaniere, bracci di scarico e linea di trasferimento ai serbatoi), **stoccaggio, rigassificazione, recupero vapori, correzione del gas finale, sistemi ausiliari e di sicurezza**. Il GNL viene prelevato dalle metaniere ed inviato ai serbatoi di stoccaggio tramite una condotta che attraversa il pontile dell'impianto lungo 500 m.

Il terminale è entrato in esercizio nel 1970.

La sezione di stoccaggio è costituita da **due serbatoi di tipo cilindrico verticale** ognuno con una **capacità di 100.000 mc.**

Rigassificatore offshore OLT Porto Viro

Situato a **Porto Viro (RO)** nell'alto Mare Adriatico, a circa 15 km dalla costa veneta, il terminale è collegato alla rete di distribuzione nazionale tramite un metanodotto. **Appoggiato sul fondo marino a una profondità di circa 29 metri, è una piattaforma lunga complessivamente 375 metri e larga 115.**
Il ponte principale è a 18 metri sopra il livello del mare.
Il terminale è entrato in esercizio nel 2009 dopo un articolato iter autorizzativo e una fase di costruzione e avviamento, in gran parte avvenuta nel cantiere ad Algeciras nel sud della Spagna.
Quasi **4 miliardi di metri cubi di gas naturale** immessi nella rete nazionale (per un totale di circa 80 miliardi di metri cubi dal 2009 a oggi).
Il gas naturale liquefatto (GNL), scaricato dalle navi metaniere, è conservato allo stato liquido nei due serbatoi di stoccaggio, posti all'interno della struttura in cemento armato, a una temperatura di circa -162°C e a pressione prossima a quella atmosferica.
Per essere riconvertito allo stato gassoso, il GNL viene riscaldato con un processo di "vaporizzazione" a elevata efficienza energetica, quali l'utilizzo di acqua di mare - con una tecnologia (*ORV-Open Rack Vaporization*) molto collaudata nell'industria del GNL e ampiamente utilizzata in Europa - e il recupero del calore proveniente dalle turbine a gas utilizzate per la produzione di energia elettrica.
Dopo il processo di rigassificazione, il gas viene immesso nella rete nazionale gasdotti attraverso il metanodotto.

Rigassificatore Galleggiante FSRU Toscana a largo del Porto di Livorno

Il terminale **"FSRU Toscana"** è una struttura **offshore galleggiante** permanentemente ancorata al fondo marino, ad una profondità di circa 120 metri, **ubicata ad una distanza di circa 12 miglia nautiche dalla costa toscana**, di fronte **a Livorno (LI).**

Il terminale è entrato in esercizio nel 2016.

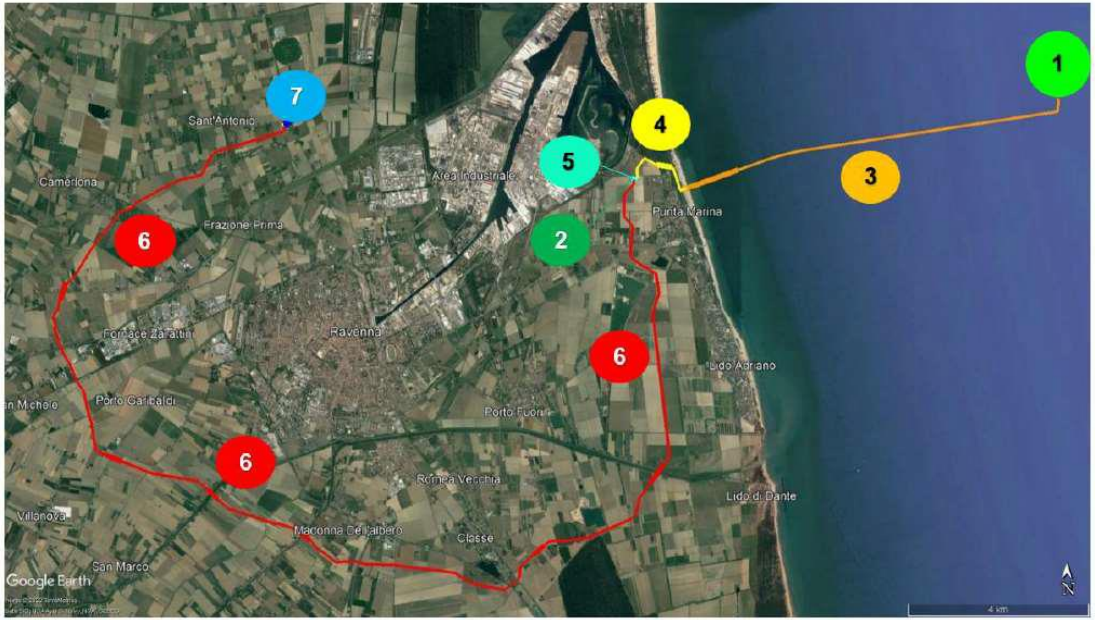
Il progetto di *OLT Offshore* LNG Toscana ha previsto la conversione di una nave metaniera – la "*Golar Frost*" – in un Terminale galleggiante di rigassificazione, Il Terminale è stato realizzato da Saipem S.p.A. I lavori, iniziati a giugno 2009 a Dubai, si sono conclusi a giugno 2013, quando il Terminale ha preso il largo per raggiungere le coste italiane. "FSRU Toscana" è arrivato a Livorno il 30 luglio 2013. Tale gasdotto è stato costruito ed è attualmente gestito da Snam Rete Gas A seguire, in data 20 dicembre 2013, OLT Offshore LNG Toscana ha avviato le attività commerciali. Infine, il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ha autorizzato l'Esercizio Definitivo dell'impianto in data 17 marzo 2015, a conclusione del collaudo effettuato dalla Commissione Interministeriale istituita ai sensi dell'art. 48 RCN (Regolamento Codice della Navigazione). Il **Terminale "FSRU Toscana" si inserisce nell'ambito dei terminali galleggianti offshore** – ve ne sono **48 operativi nel mondo** – che rappresenteranno l'opzione tecnologica maggiormente adottata nei prossimi anni.

Rigassificatore FSRU Porto di Piombino

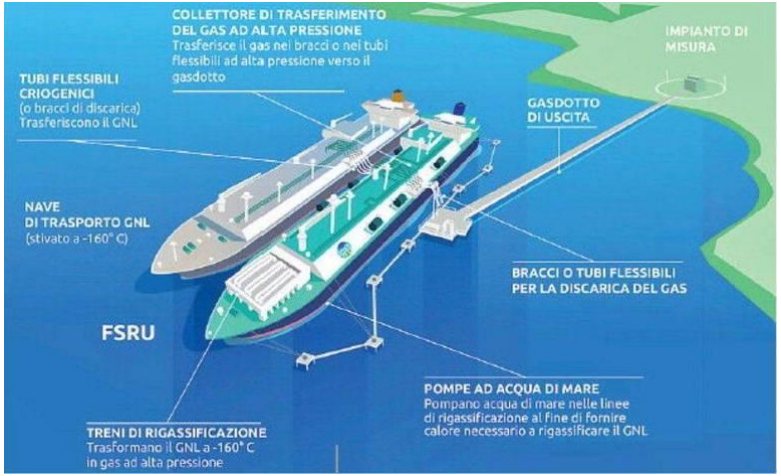
La FSRU Golar Tundra (che può essere anche nave metaniera) dopo 3 anni dovrà essere rilocata a Vado Ligure .
Ogni slot di discarica corrisponde ad una capacità di 171.920 metri cubi liquidi di GNL pari a circa 105 milioni di metri cubi (circa uno slot a settimana (43/anno)di gas per alimentare il metanodotto col quale è stato realizzato un nuovo collegamento fisso di circa 8 KM.)

Rigassificatore FSRU Ravenna

1. Piattaforma di ormeggio FSRU a circa 8,5 km dalla costa ed opere impiantistiche
2. Impianto di correzione Indice di Wobbe
3. Condotta tratto a mare DN650(26''), 8,5 km
4. Condotta tratto a terra DN650(26'') 2,5 km
5. Impianto di Filtraggio, Regolazione e Misura Fiscale (PDE)
6. Condotta tratto a terra DN900(36'') al Nodo di Ravenna, 31,5km
7. Nuova area trappole presso l'impianto del Nodo di Ravenna

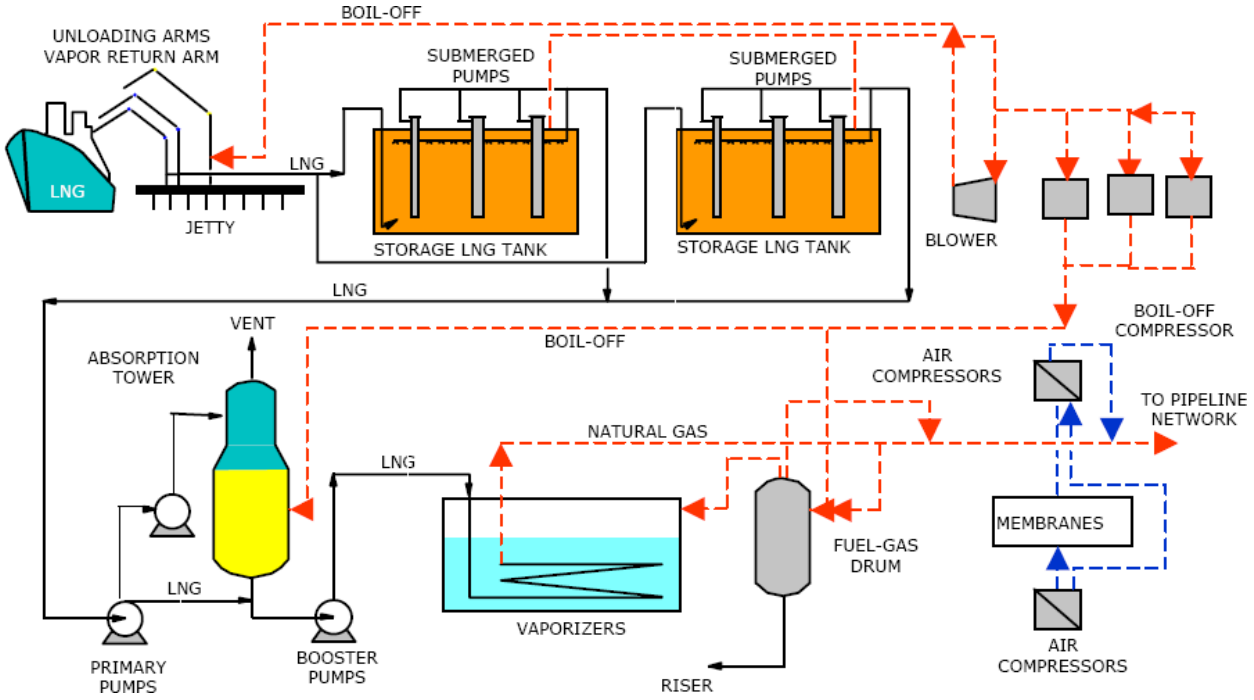


Rigassificatore FSRU Ravenna

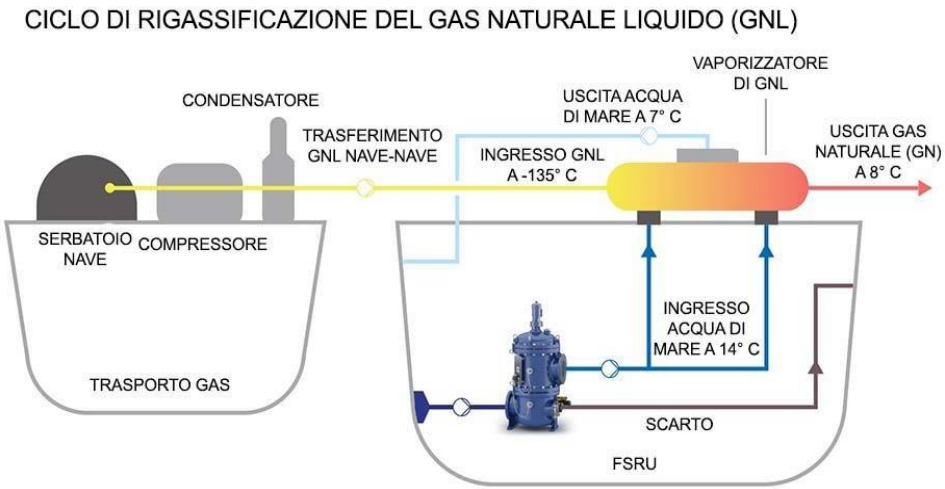


La nave, costruita nel 2015, ha una capacità di stoccaggio di circa 170.000 metri cubi di gas naturale liquefatto e una capacità di rigassificazione di circa 5 miliardi di metri cubi all'anno.

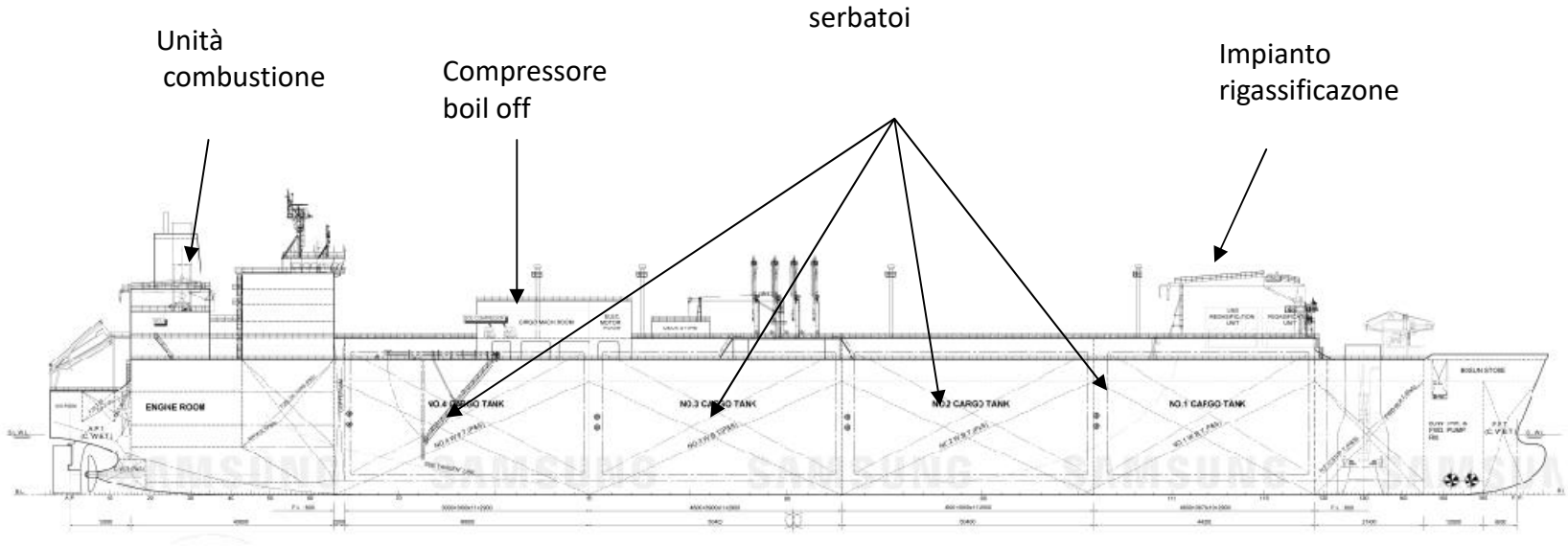
Descrizione del Processo di Rigassificazione (a terra)



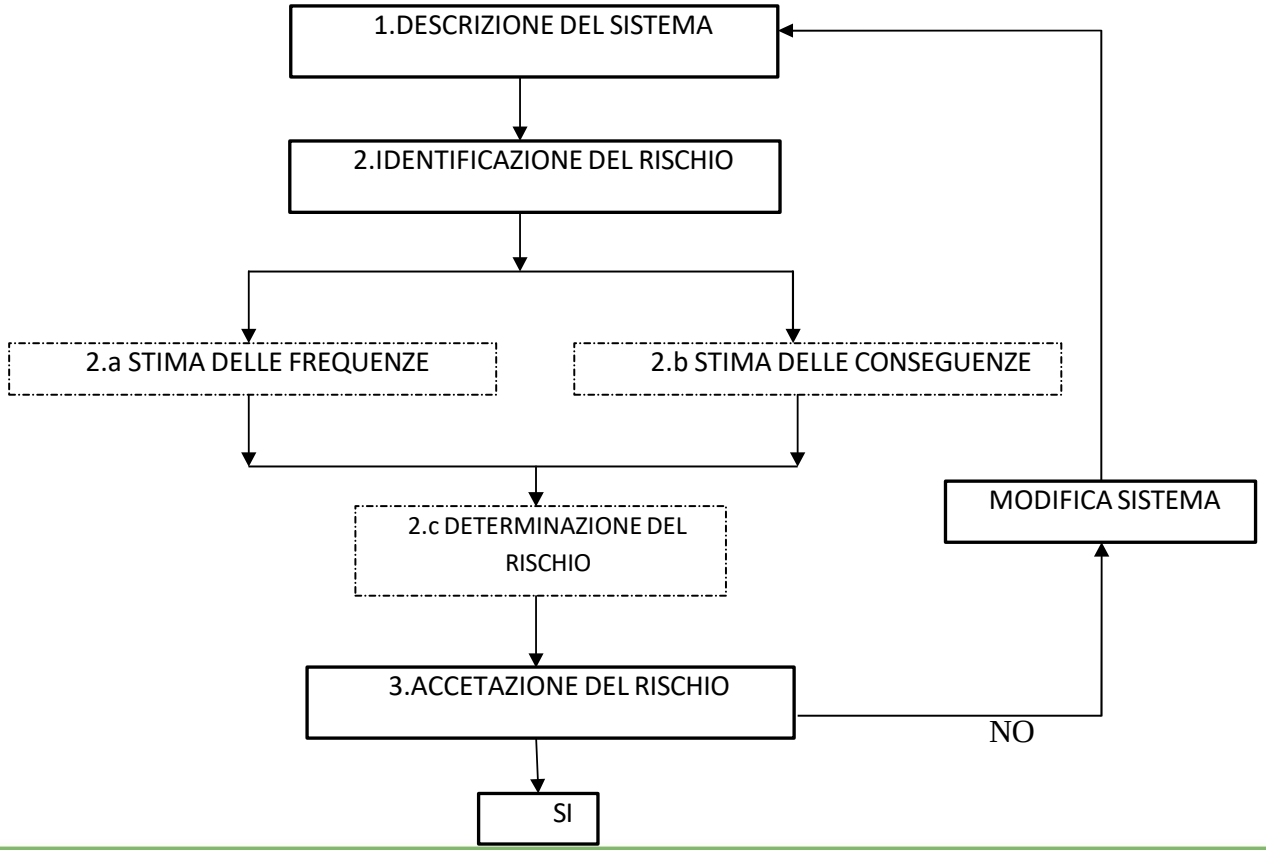
Schema per i rigassificatori FSRU



Elementi fondamentali della FSRU



Schema dei metodi da applicare per la valutazione dei Rischi connessi



Analisi del Rischio, scenari incidentali

- Rilascio del gas compresso o liquefatto
- Jet Fire
- CVE
- Overfilling
- Boil off
- Roll over
- Slosh in serbatoi parzialmente riempiti
- Compatibilità dei materiali a -160°C

CAUSE NATURALI (NaTech)

- *Tempeste, Fulminazioni, ecc.*
- *Maremoti*

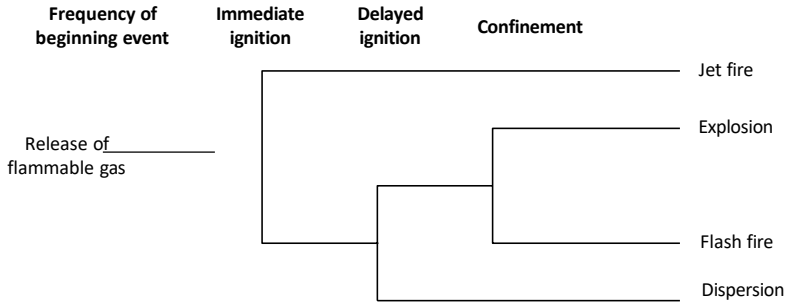
ALTRO

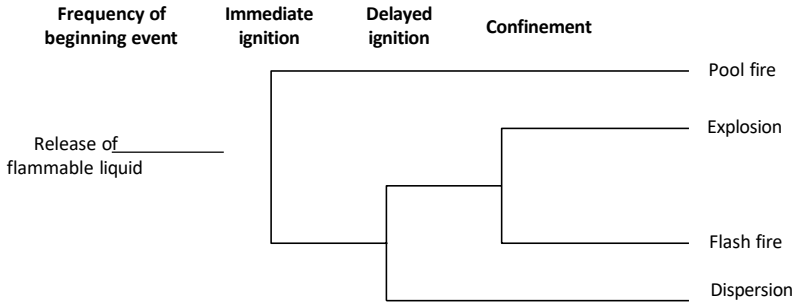
- *Collisioni fra natanti*

POSSIBILI TOP EVENT

- ✓ **Rilascio di Gas Naturale da Pressure Safety Valve (PSV) da serbatoi di stoccaggio**
- ✓ **Rilascio di Gas Naturale Liquefatto per rottura parziale linea di caricamento**
- ✓ **Rilascio di Gas Naturale Liquefatto per sganciamento dei bracci di carico**
- ✓ **Rilascio di Gas Naturale Liquefatto per rottura parziale dei bracci di carico**
- ✓ **Rilascio di Gas Naturale per rottura parziale linea BOG**
- ✓ **Rilascio di Gas Naturale Liquefatto per rottura parziale della linea di prelievo**
- ✓ **Rilascio di Gas Naturale Liquefatto per rottura parziale linea boosters**
- ✓ **Rilascio di Gas Naturale per rottura parziale linea Send Out**
- ✓ **Collisione fra natanti o fra natante e terminale**

Alberi degli eventi





Evento 9 – Rilascio GNL dalla linea esportazione gas a valle dei vaporizzatori

Evento 10 – Rilascio GNL dalle sezione *risers*nella torretta

Evento 8 – Rilascio GNL dovuto alla rottura di una tubazione del fascio tubiero dei vaporizzatori

Evento 7 – Rilascio GNL dalla linea ad alta pressione dalla linea ai vaporizzatori

Evento 2 – Rilascio GNL da un tubo di trasferimento ai serbatoi.

Evento 6 – Rilascio GNL da una linea di esportazione a bassa pressione

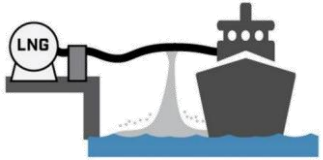
Evento 1 – Rilascio GNL dovuto alla rottura di un braccio di scarico

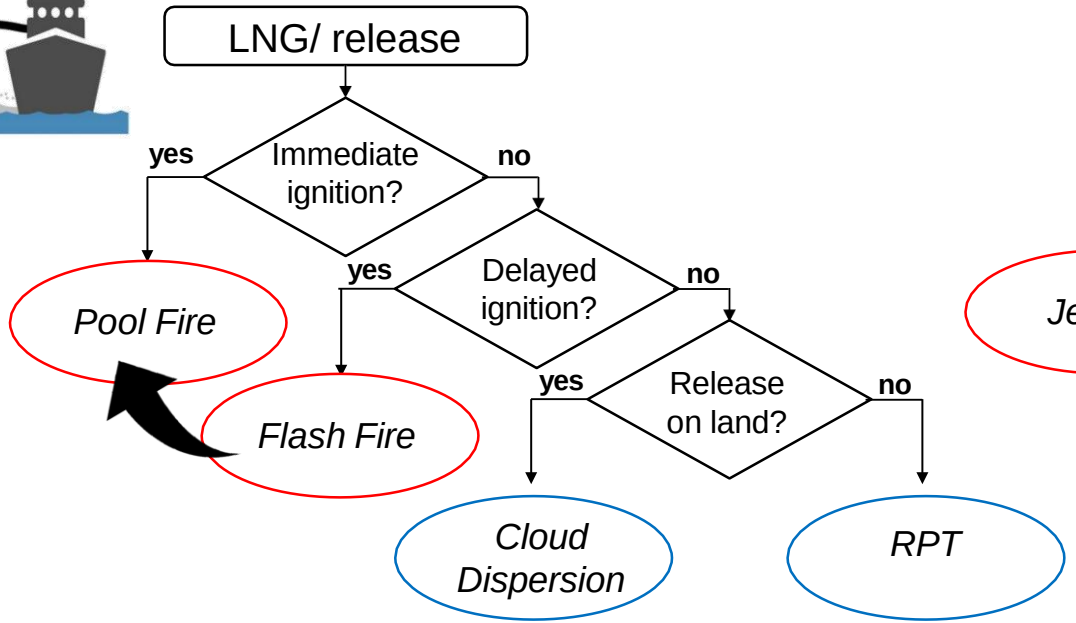
Evento 2 – Rilascio GNL dai serbatoi di stoccaggio

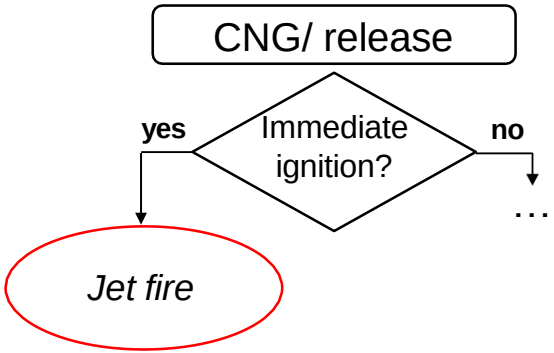
Evento 5 – Rilascio GNL dalla linea del compressore del BOG

Evento 4 – Rilascio GNL dalla linea ritorno vapori alla metaniera

- Lo studio presenta un'analisi esaustiva dell'uso di metano liquido e compresso;
- Sono state analizzate le possibili **conseguenze del rilascio accidentale** di questi combustibili:

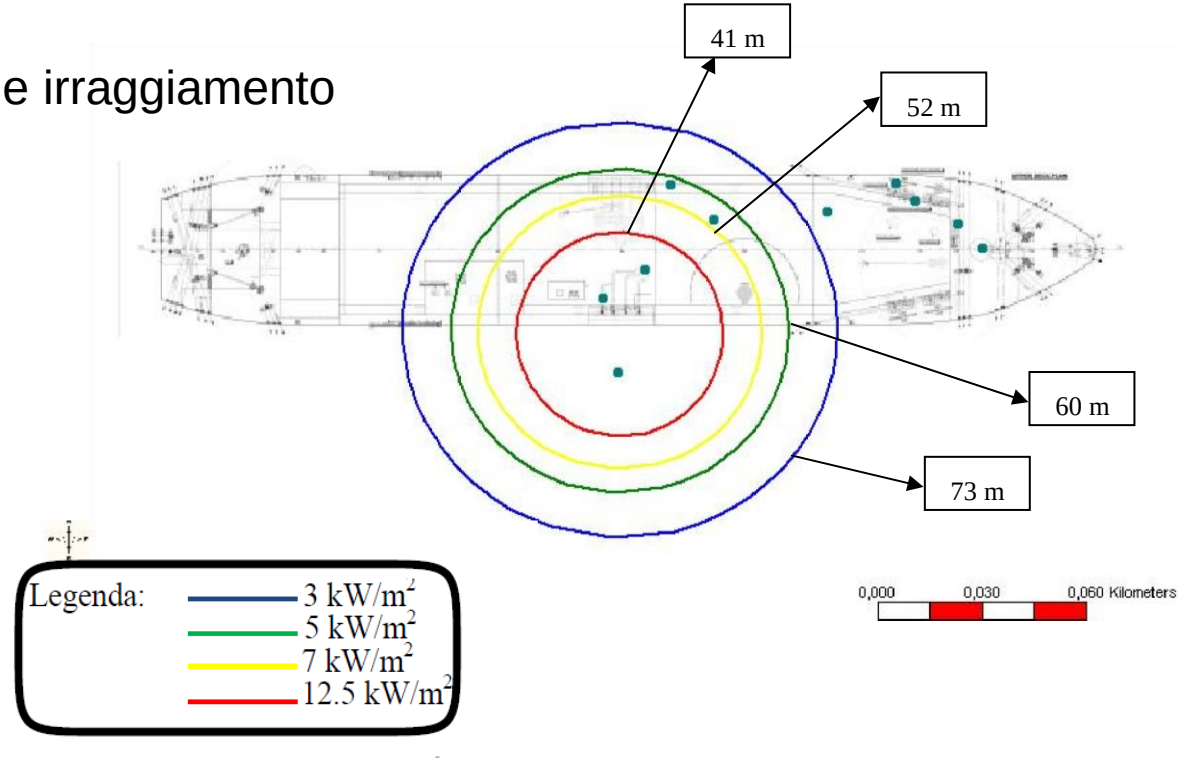






Tesi di dottorato unipd

Esempio:
valutazione irraggiamento



La valutazione delle Autorità preposte

(NOF, Progetto definitivo, Inizio attività)

- La legislazione è la stessa che si applica per tutti gli impianti dove sono contenute sostanze infiammabili in quantità superiori a quelle fissate dalla legge (**Direttiva "Seveso"**).
- In questi casi le Autorità Competenti (CTR da D.Lgs 105/2015) applicano più procedimenti per valutare la sicurezza dell'Impianto.
- Il progetto del Terminale viene quindi analizzato in un **Rapporto di Sicurezza**, sottoposto al **Comitato Tecnico Regionale** di cui fanno parte tutte le Autorità coinvolte nella valutazione della Sicurezza, **in primo luogo il CN-VVF**.
- **Sebbene l'esperienza storica non mostri casi di rilascio di GNL da nave o impianto, il Rapporto di Sicurezza deve mostrare che, anche in caso di un rilascio per cause non prevedibili, l''Impianto''sia compatibile con il territorio circostante (D.M. 9 maggio 2001)**

A questo scopo si:

- **Individuano i <u>pericoli</u> legati al Terminale;**
- **Valutano le <u>probabilità</u> che questi pericoli si realizzino;**
- **Valutano le <u>conseguenze</u> del realizzarsi dei pericoli;**
- **Infine si calcola il <u>Rischio locale per l'area circostante e se ne valuta la compatbilità.</u>**

L’Accettabilità del Rischio, la compatibilità sul territorio

- ✓ **Non può essere disgiunta da una accurata analisi qualitativa e quantitativa dei rischi;**
- ✓ **L’entità del rischio a cui la popolazione ed il territorio sono esposti deve essere comunicata con chiarezza e senza eccessivi allarmismi o sottovalutazioni;**
- ✓ **La consapevolezza del rischio a cui si è esposti sta alla base dei processi decisionali per la realizzazione di nuove opere.**

L’Accettabilità del Rischio

COME SI PROCEDE:

“valutazione del rischio, nel quale vengono effettuate delle valutazioni di compatibilità tra lo stabilimento e gli elementi territoriali effettivamente presenti, sulla base del rischio associato agli scenari incidentali specifici dello stabilimento in esame.”

METODO

- basato su parametri deterministici, nel quale, sulla base di distanze di danno tipiche e generiche, vengono fissate delle distanze di separazione tra stabilimenti e zone urbanizzate;

- basato sulla valutazione del rischio, nel quale vengono effettuate delle valutazioni di compatibilità tra lo stabilimento e gli elementi territoriali effettivamente presenti, sulla base del rischio associato agli scenari incidentali specifici dello stabilimento in esame.

Tabella 2 – Valori di soglia

Scenario incidentale	Elevata letalità	Inizio letalità	Lesioni irreversibili	Lesioni reversibili	Danni alle strutture / Effetti domino
	1	2	3	4	5
Incendio (radiazione termica stazionaria)	12,5 kW/m^2	7 kW/m^2	5 kW/m^2	3 kW/m^2	12,5 kW/m^2
BLEVE/Fireball (radiazione termica variabile)	Raggio fireball	350 kJ/m^2	200 kJ/m^2	125 kJ/m^2	200-800 m (*)
Flash-fire (radiazione termica istantanea)	LFL	½ LFL			
VCE (sovrapressione di picco)	0,3 bar (0,6 spazi aperti)	0,14 bar	0,07 bar	0,03 bar	0,3 bar
Rilascio tossico (dose assorbita)	LC50 (30min,hmn)		IDLH		

(*) secondo la tipologia del serbatoio

Tabella 3a– Categorie territoriali compatibili con gli stabilimenti

Classe di probabilità degli eventi	Categoria di effetti			
	Elevata letalità	Inizio letalità	Lesioni irreversibili	Lesioni reversibili
$< 10^{-6}$	DEF	CDEF	BCDEF	ABCDEF
$10^{-4} - 10^{-6}$	EF	DEF	CDEF	BCDEF
$10^{-3} - 10^{-4}$	F	EF	DEF	CDEF
$> 10^{-3}$	F	F	EF	DEF

Analisi storica di incidenti

Table 4. Major LNG Incidents[60]

Incident Date	Ship / Facility Name	Location	Ship Status	Injuries/ Fatalities	Ship/ Property Damage	LNG Spill/ Release	Comment
I944	East Ohio Gas LNG Tank	Cleveland	NA	128 deaths	NA	NA	Tank failure and no earthen berm. Vapor cloud formed and filled the surrounding streets and storm sewer system. Natural gas in the vaporizing LNG pool ignited.
1965		Canvey Island, UK	A transfer operation	1 seriously burned		Yes	
1965	Jules Vernet		Loading	No	Yes	Yes	Overfilling. Tank cover and deck fractures.
1965	Methane Princess		Disconnecting after discharge	No	Yes	Yes	Valve leakage. Deck fractures.
1971	LNG ship Esso Brega, La Spezia LNG Import Terminal	Italy	Unloading LNG into the storage tank	NA	NA	Yes	First documented LNG Rollover incident. Tank developed a sudden increase in pressure. LNG vapor discharged from the tank safety valves and vents. Tank roof slightly damaged. No ignition
1973	Texas Eastern Transmission, LNG Tank	Staten Island	NA	40 killed	No	No	Industrial incident unrelated to the presence of LNG. During the repairs, vapors associated with the cleaning process apparently ignited the mylar liner. Fire caused temperature in the tank to rise, generating enough pressure to dislodge a 6-inch thick concrete roof, which then fell on the workers in the tank.
1973		Canvey Island, UK	NA	No	Yes	Yes	Glass breakage. Small amount of LNG spilled upon a puddle of rainwater, and the resulting flameless vapor explosion, called a rapid phase transition (RPT), caused the loud "booms." No injuries resulted.
1974	Massachusetts		Loading	No	Yes	Yes	Valve leakage. Deck fractures.
1974	Methane Progress		In port	No	Yes	No	Touched bottom at Arzew.
1975	Philadelphia Gas Works		NA	No	Yes	NA	Not caused by LNG. An iso-pentane intermediate heat transfer fluid leak caught fire and burned the entire vaporizer area.
1977	Arzew	Algeria	NA	1 worker frozen to death	NA	Yes	Aluminum valve failure on contact with cryogenic temperatures. Wrong aluminum alloy on replacement valve. LNG released, but no vapor ignition.
1977	LNG Aquarius		Loading	No	No	Yes	Tank overfilled.
1979	Columbia Gas LNG Terminal	Cove Point, Maryland	NA	1 killed 1 seriously injured	Yes	Yes	An explosion occurred within an electrical substation. LNG leaked through LNG pump electrical penetration seal, vaporized, passed through 200 feet of underground electrical conduit, and entered the substation. Since natural gas was never expected in this building, there were no gas detectors installed in the building. The normal arcing contacts of a circuit breaker ignited the natural gas-air mixture, resulting in an explosion.
1979	Mostefa Ben-Boulaid Ship	?	Unloading	No	Yes	Yes	Valve leakage. Deck fractures.
1979	Pollenger Ship	?	Unloading	No	Yes	Yes	Valve leakage. Tank cover plate fractures.
1979	El Paso Paul Kayser Ship		At sea	No	Yes	No	Stranded. Severe damage to bottom, ballast tanks, motors water damaged, bottom of containment system set up.
1980	LNG Libra		At sea	No	Yes	No	Shaft moved against rudder. Tail shaft fractured.

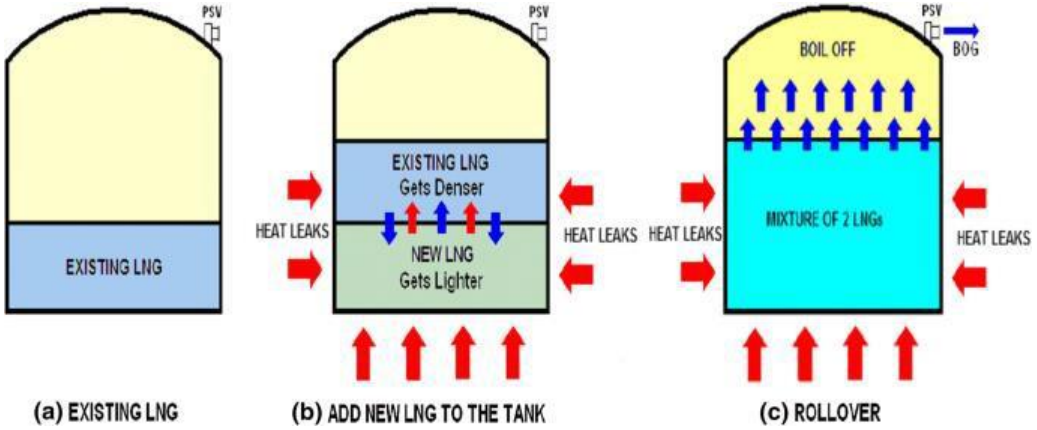
Analisi storica di incidenti

Incident Date	Ship / Facility Name	Location	Ship Status	Injuries/ Fatalities	Ship/ Property Damage	LNG Spill/ Release	Comment
1980	LNG Taurus		In port	No	Yes	No	Stranded. Ballast tanks all flooded and listing. Extensive bottom damage.
1984	Melrose		At sea	No	Yes	No	Fire in engine room. No structural damage sustained – limited to engine room.
1985	Gradinia		In port	No	Not reported	No	Steering gear failure. No details of damage reported.
1985	Isabella		Unloading	No	Yes	Yes	Cargo valve failure. Cargo overflow. Deck fractures.
1989	Tellier		Loading	No	Yes	Yes	Broke moorings. Hull and deck fractures.
1990	Bachir Chihani		At sea	No	Yes	No	Sustained structural cracks allegedly caused by stressing and fatigue in inner hull.
1993	Indonesian liquefaction facility	Indonesia	NA	No	NA	NA	LNG leak from open run-down line during a pipe modification project. LNG entered an underground concrete storm sewer system and underwent a rapid vapor expansion that overpressured and ruptured the sewer pipes. Storm sewer system substantially damaged.
2002	LNG ship Norman Lady	East of the Strait of Gibraltar	At sea	No	Yes	No	Collision with a U.S. Navy nuclear-powered attack submarine, the U.S.S Oklahoma City. In ballast condition. Ship suffered a leakage of seawater into the double bottom dry tank area.
2004	LNG leak and gsssification	Skikda Algeria	In port	Yes	Yes	NA	Boiler explosion caused LNG leak 27 died, 72 injuries
2007	Explosion during pressure test	Shanghai China	In port	Yes	Yes	NA	One person died and 16 injuried in explosion caused by tank pressure test

Analisi storica di incidenti

La Spezia, Italia 1971 - fuoriuscita di GNL

La nave gasiera di GNL **Esso Brega era attraccata nel porto da circa un mese in attesa di poter scaricare** il suo carico di GNL in un serbatoio di stoccaggio. Diciotto ore dopo il riempimento del serbatoio ci fu un **improvviso aumento di pressione all'interno che causò la fuoriuscita di vapore di GNL dalle valvole di sicurezza creando una nube che rimase in aria alcune ore**. Il coperchio del serbatoio fu leggermente danneggiato. Si stima che uscirono fuori dal serbatoio circa 2000 tonnellate di vapore di GNL. Non ci fu nessun incendio. **Si individuò la causa dell'incendio nel fenomeno del rollover. Quando si verificò l'incidente i motivi e le conseguenze di un evento di rollover erano poco note e conosciute.**



Analisi storica di incidenti

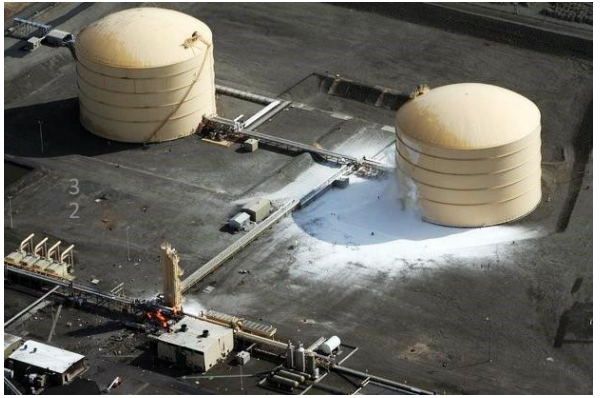
Plymouth, USA, 31 marzo 2014

Incidente verificatosi in una sezione di un impianto di rigassificazione GNL che trattava gas naturale in fase gassosa.

Il rilascio pare essere stato causato dalla esplosione con frammentazione di un recipiente di processo in una zona prossima ai serbatoi di stoccaggio, con proiezione di frammenti del recipiente che **danneggiarono la parete esterna (in acciaio) di un serbatoio di stoccaggio GNL.**

A seguito di questo danneggiamento vi fu una **fuoriuscita di GNL che rimase contenuto nel bacino di raccolta dal quale si disperse evaporando senza né incendiarsi né esplodere**.

Precauzionalmente a causa della fuoriuscita di GNL si fece comunque evacuare una zona attorno all'impianto.



Esperienza operativa

- **Terminali di rigassificazione GNL di concezione moderna sono in esercizio dal 1970 (Spagna e Italia).**
- **Da allora vi sono stati 4 incidenti, l'ultimo dei quali è avvenuto oltre 25 anni fa (Cove Point, USA, 1979). Nessun incidente ha mai coinvolto aree esterne all'impianto.**
- **Nessun incidente ha causato rilascio dai serbatoi di stoccaggio.**
- **Nessun rilascio di GNL da navi gasiere dovuto ad incidenti nel traffico navale è mai avvenuto negli ultimi 60 anni.**
- **L'incidente di Skikda del 2004 (27 morti, 80 feriti) ha interessato un impianto di liquefazione.**

Sicurezza: navi gasiere

La nave gasiera è dotata di **doppio scafo** ed è costruita in accordo con le **norme internazionali di sicurezza del settore** (I.M.O.- R.I.N.A, ecc.)

Il **primo trasporto via nave di GNL** è avvenuto nel **1959**.
Da allora non si è verificato nessun incidente con rilascio di GNL dai serbatoi.

Conclusioni 1/2

- **La costruzione di buoni impianti di rigassificazione, anche tramite FSRU, è una soluzione tecnologicamente compatibile sia in termini di sicurezza che ambientali.**

- **Per una corretta e serena valutazione è necessario utilizzare i metodi tradizionali della Analisi dei Rischi anche per evitare grossolane sottovalutazioni o facili e strumentali catastrofismi.**

Conclusioni 2/2

- **L’apporto della comunità scientifica al processo decisionale è quindi rappresentato dalla predisposizione di una analisi di rischio completa che fornisca dati quantitativi e si proponga come strumento di supporto per le decisioni.**

- **Pertanto le Autorità deputate al processo decisionale avranno a disposizione uno strumento che permetta loro di basare le decisioni su dati quantitativi ed affidabili.**

Grazie per l’attenzione

fabio.dattilo@unipd.it