

Rischi industriali nell'ambito del permit ambientale dello stoccaggio energetico mediante BESS

*Impianti Fotovoltaici e BESS: Strategie di Sicurezza
Antincendio e Inquadramento Normativo*

CNI. Roma. 10/07/2025

Ing. Romualdo Marrazzo (Esperto Senior HSE, Ispettore Seveso e AIA)

Responsabile Sezione Analisi Integrata dei Rischi Industriali (VAL-RTEC-IND)

ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale



Il Comitato centrale per la sicurezza tecnica della transizione energetica e per la gestione dei rischi connessi ai cambiamenti climatici

Organismo tecnico, consultivo e proattivo sulle problematiche di **sicurezza tecnica** relative a **accumulo elettrochimico** di energia, sistemi innovativi di **produzione di energia elettrica** e soluzioni adottate per contrastare il rischio legato ai **cambiamenti climatici** e per il risparmio **energetico**

- **Criteri e linee guida** per la valutazione degli **standard tecnici** di sicurezza, tenendo conto anche **dell'evoluzione dei rischi** di sistemi e impianti
- Propone e coordina **studi, ricerche, progetti e sperimentazioni** in collaborazione con altre **amministrazioni, istituti, enti e aziende**

BESS: pericolosità in caso di perdita di controllo

Per **Battery Energy Storage System (BESS)** si intende un dispositivo elettrochimico in grado di convertire l'energia elettrica in energia chimica o viceversa, a seconda della sua modalità operativa: carica o scarica

Recenti esperienze operative di incidenti, anche particolarmente significativi in termini di effetti (tipicamente incendi e esplosioni determinati da runaway termico), che ripropongono la necessità di analisi strutturate di questi rischi emergenti, da parte dei gestori

È quindi necessario valutare tutti i pericoli dati dalla presenza, reale o prevista, di sostanze pericolose che è ragionevole prevedere possano essere generate, in caso di perdita di controllo dei processi

Non è possibile escludere in caso di incidente lo sviluppo di dispersioni tossiche e infiammabili e la conseguente gestione delle acque Al

Il «runaway» termico: cause ed eventi iniziali

Il runaway termico si verifica quando la **quantità di calore generata dalla reazione della batteria** supera la capacità della stessa di **dissipare il calore**

- *Deriva termica incontrollata* può degenerare provocando *incendi, esplosioni* e rilascio di gas *tossici*

Eventi iniziali più comuni che causano cortocircuiti e **runaway termici**

- *Difetti di fabbricazione delle celle*
- *Sovraccarico* (guasto dell'inverter)
- *Surriscaldamento* (guasto del sistema di raffreddamento)
- *Stress meccanici* (eventi sismici o urti)



Gli effetti del «runaway» termico

Per le **celle delle batterie agli ioni di litio**, la miscela di **gas di sfiato** della batteria, una volta liberati **a causa del «runaway» termico**, è **infiammabile**

- *Anidride carbonica (**CO₂**)*
- *Monossido di carbonio (**CO**)*
- *Idrogeno (**H₂**)*
- *Idrocarburi (**C_xH_x**)*

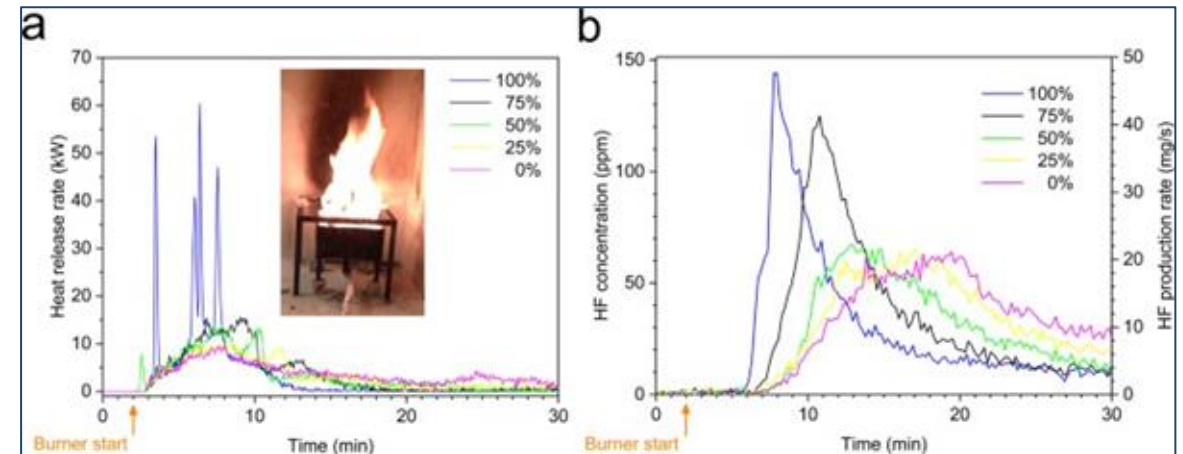
La **miscela** di questi gas può **infiammarsi**, se esposta a una fonte di **accensione**, generando **incendi**, **esplosioni** e eventuali rilasci **tossici**

Combustione e sviluppo di sostanze tossiche

Nella reazione di **combustione della cella**, in cui l'**elettrolita** diventa il **combustibile** principale, i sottoprodotti sono **i gas infiammabili e il fluoro** che proviene **dal sale di litio** che si scioglie nell'elettrolita

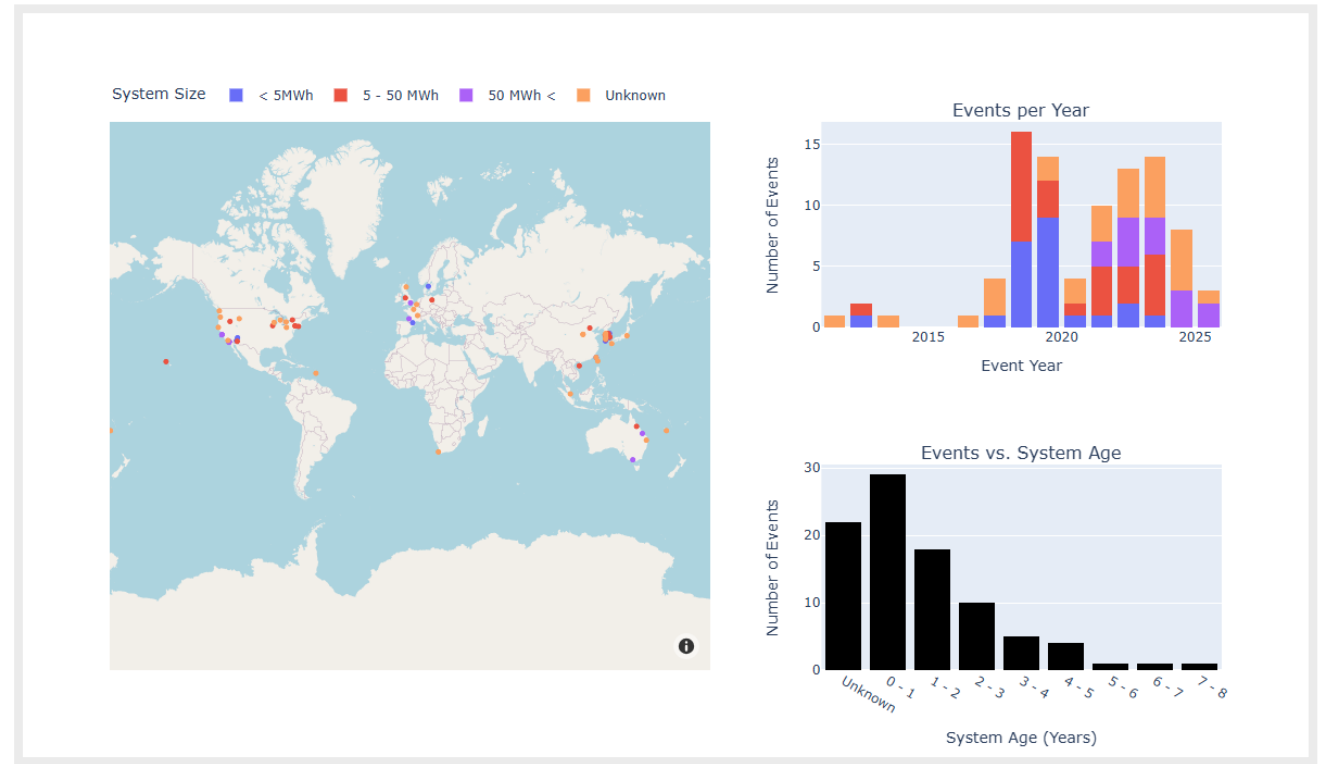
L'idrogeno reagisce con il fluoro producendo **acido fluoridrico (HF)**, che è direttamente **proporzionale all'energia elettrica immagazzinata** nella cella o nella batteria

- *Stime in un range di 20-200 mg di HF/ Wh*



Alcuni eventi incidentali: BESS Failure Event Database (EPRI)

- Incendio di un BESS in un impianto solare con accumulo: l'esposizione ad HF ha causato diversi ricoveri dei primi soccorritori (Neuhardenberg, Germany, 2021)
- Esplosione su un traghetto elettrico (sala batterie) ha provocato ricoveri per l'esposizione a sostanze chimiche tossiche (Troms, Norway, 2019)



Il permitting ambientale

In attuazione dell'art. 29-sexies, comma 6 del **D.Lgs. 152/2006** e s.m.i., il **Piano di Monitoraggio e Controllo (PMC)** ha la finalità della pianificazione degli autocontrolli e delle verifiche di **conformità dell'esercizio** dell'impianto alle **condizioni prescritte nell'AIA** relativa all'attività IPPC **dell'installazione** ed è parte integrante ed attuativa del decreto

- *La realizzazione di un **impianto di accumulo elettrochimico (BESS)** è trattata quale **Modifica non sostanziale dell'AIA***

In questi **atti di permit**, soprattutto di quelle **attività** connesse alla **produzione e generazione elettrica**, è esplicitamente previsto che il **gestore** produca un'analisi circa **i possibili rischi ambientali**, in caso di malfunzionamenti ed **anomalie**

Impianti e Apparecchiature Critiche: le richieste del PMC per i BESS

Il Gestore dovrà redigere una **relazione da inviare agli enti di controllo prima dell'entrata** in funzione delle unità **BESS**

In accordo con i processi decisionali attuati per **l'implementazione del SGA**, andranno individuate le **potenziali situazioni** che possono avere un **impatto sull'ambiente**

- Analisi dei **potenziali rischi ambientali** associati, approfondendo i **pericoli** connessi anche ad **incendi o esplosioni** (non solo per runaway termico), ma anche alla **dispersione di vapori tossici e infiammabili** nell'atmosfera, oltre ad altri **rischi correlati all'uso** delle unità
- Inoltre, andrà considerato il **rischio di contaminazione delle acque** utilizzate per il **soccorso tecnico e/o il controllo degli incendi** e pertanto prevedere la **gestione** di tali acque come **rifiuto pericoloso**

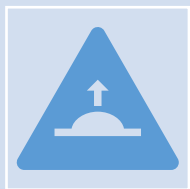
Elementi comuni alle attività AIA e Seveso

Eventuali **criticità comuni**, tanto di natura **tecnico-operativa** che **organizzativo-gestionale**, tra controlli sulle prescrizioni **AIA** (connesso **SGA**) e verifiche di **attuazione del SGS-PIR (Seveso)**

- *Controllo operativo sui sistemi tecnici critici*
- *Esperienza su incidenti, quasi incidenti ed anomalie*
- *Controllo di processo e dello stato degli impianti*
- *Gestione scenari di emergenza*

Processo di **integrazione tra sistemi di gestione**, in termini di **razionalità** informazioni, **conformità** a leggi e disposizioni, **politiche** comuni

Un possibile approccio all'analisi dei rischi



Esistono varie tecniche che possono essere utilizzate per eseguire l'analisi dei rischi. I metodi più diffusi includono la valutazione quantitativa del rischio (ad esempio, con gli alberi degli eventi), l'analisi dei modi di guasto e degli effetti - FMEA o il metodo BOW-TIE



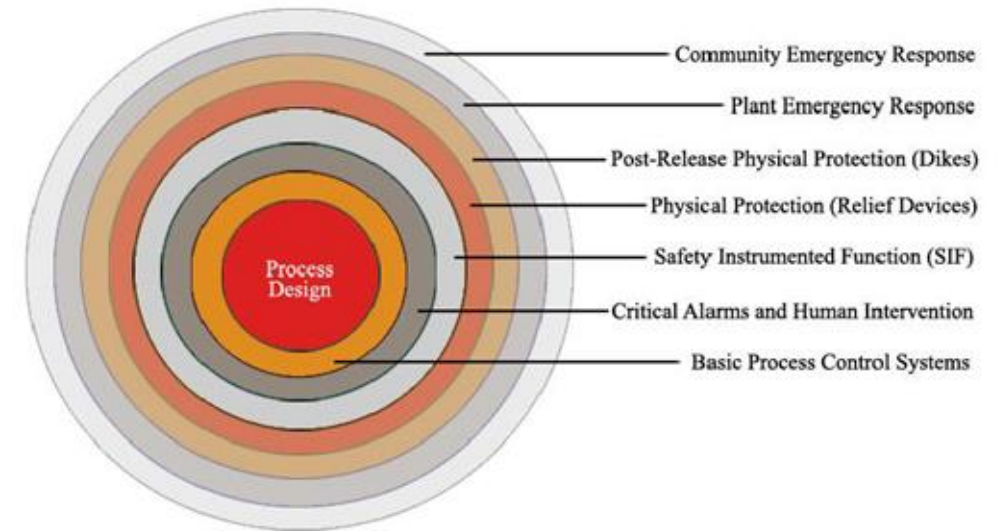
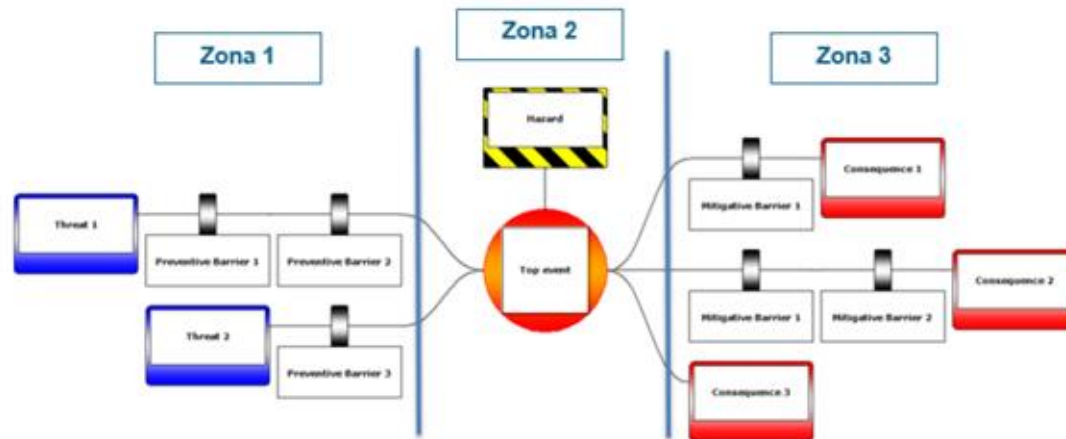
L'analisi di mitigazione dei pericoli di tipo BOW-TIE identifica le cause, i pericoli e le possibili conseguenze. Il diagramma di BOWTIE fornisce una rappresentazione visiva delle caratteristiche di mitigazione che mirano a prevenire l'evento indesiderato e quelle che prevengono le conseguenze indesiderate una volta che l'evento si è verificato. Va notato che si tratta di un'analisi basata sulle conseguenze e che non viene considerata la probabilità dell'evento

Le fasi-tipo per il caso di produzione e generazione elettrica

- Analisi della **documentazione di riferimento** fornita
- Applicazione del **metodo BOW-TIE** per l'analisi del rischio, identificando i **pericoli**, gli **eventi principali**, le **cause**, le **conseguenze** e le misure di **controllo** esistenti.
- Applicazione della **Layer Of Protection Analysis (LOPA)** per la quantificazione della **frequenza**, utilizzando un approccio **semi-quantitativo**, dei risultati dell'analisi BOW-TIE
- **Valutazione del rischio** attuale, per il confronto con le **soglie di accettabilità** del rischio

Metodologia per la valutazione delle conseguenze

- ✓ Incendio incontrollato limitato a un singolo BESS - Sicurezza
- ✓ Incendio incontrollato che coinvolge altri BESS - Sicurezza
- ✓ Esplosione e successiva proiezione di frammenti - Sicurezza
- ✓ Incendio controllato dall'attivazione del “Dry pipe” e conseguente contaminazione – Ambiente



Considerazioni finali

Incidenti particolarmente **significativi** anche in termini di **effetti**

- *Incendi*
- *Esplosioni da runaway termico*

È necessario **valutare tutti i pericoli** dati dalla **presenza**, reale o prevista, di **sostanze pericolose** che è ragionevole prevedere possano essere **generate**

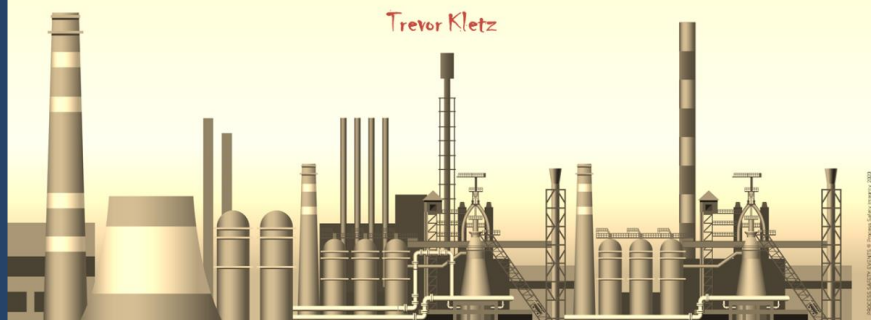
- *Caso di perdita di controllo dei processi*
- *Incendio o deriva termica*
- *Includere le condizioni di emergenza*

NON è possibile **escludere**, tanto nella fase di **incidente**, quanto nella fase di pianificazione e **risposta all'emergenza**

- *Sviluppo di dispersioni tossiche e infiammabili*
- *Protezione adeguata sia per gli operatori della squadra interna, sia del CNVVF*
- *Raccolta e smaltimento delle acque da azioni di spegnimento ai fini della tutela ambientale*

Negli **atti di permit ambientale**, soprattutto di quelle **attività** connesse alla **produzione e generazione elettrica**, prevedere un'analisi circa **i possibili rischi ambientali**, in caso di malfunzionamenti ed **anomalie, delle unità BESS** installate presso gli impianti

If you think safety is expensive, try an accident



Domande...???...

romualdo.marrazzo@isprambiente.it

Ringraziamenti: Fabrizio Vazzana, ISPRA

Grazie per l'attenzione!

