

**Batterie agli ioni di Litio:  
come aumentare la  
sicurezza lungo l'intera  
catena del valore**

**Antonio Terio**



# safety Village



# INCENDI DELLE BATTERIE AGLI IONI DI LITIO

## Caratteristiche uniche

- **Reazione termica a cascata (fuga termica)** – La fuga termica è una reazione esotermica rapida e incontrollata che, una volta innescata a livello della singola cella (tipicamente tra 80 e 100 °C), si propaga alle celle adiacenti generando un effetto a catena. L'intero processo evolve in pochi secondi e di solito si conclude in meno di un minuto.
- **Temperature estreme con rischio di esplosione** – Durante la fuga termica, le temperature possono raggiungere e superare i 700–1000 °C, causando la rottura delle celle e il rilascio di gas infiammabili. Queste condizioni estreme aumentano significativamente il rischio di esplosioni e accelerano ulteriormente la propagazione.
- **Rilascio di gas tossici, corrosivi e infiammabili** – La decomposizione dell'elettrolita genera una miscela di gas tossici e pericolosi, tra cui acido fluoridrico (HF). Circa il 50% dell'energia totale dell'incendio proviene dalla combustione di questi gas. Lo scoppio delle celle libera inoltre vapori ed elettroliti che possono essere esplosivi e molto nocivi per la salute.
- **Propagazione difficilmente controllabile e rischio di riaccensione** – L'intensità e la velocità della propagazione dipendono dalla chimica e dalla struttura delle celle. La fuga termica non è estinguibile all'interno della cella e può riattivarsi anche dopo un'apparente estinzione, rendendo necessario un controllo continuo e tecniche mirate di raffreddamento per prevenire nuove accensioni.



# ATTIVITÀ DI RICERCA

## Safety of Urban Underground Structures due to the Use of New Energy Carriers



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



SUVEREN

- **Cofinanziato** dal German Federal Ministry of Research and Education (BMBF)
- **Sito web** – <https://www.suveren-nec.info/?lang=en>
- **Project** – <https://www.suveren-nec.info/suveren-project/?lang=en>
- **Consortium** – <https://www.suveren-nec.info/consortium/?lang=en>
- **Advisory board** – <https://www.suveren-nec.info/advisory-board/?lang=en>
- **Fire tests** – <https://www.suveren-nec.info/fire-tests/?lang=en>
  - **Fire test series 1 (May and June 2019)** – L'obiettivo è comprendere il comportamento di base degli incendi delle batterie agli ioni di litio.
  - **Fire test series 2 (December 2019 and January 2020)** – Vengono testati diversi agenti estinguenti a base gassosa e acquosa per valutare la loro efficacia negli incendi di batterie. Tra questi: sprinkler, acqua nebulizzata ad alta e bassa pressione, schiuma, F-500, aerosol, Azoto, anidride carbonica, NOVEC.
  - **Fire test series 3 (October 2020)** – L'attenzione si concentra sul sistema complessivo "auto in un parcheggio" e sulla valutazione della lotta antincendio da parte di un impianto fisso.

# GESTIONE E MITIGAZIONE DEL RISCHIO

## Confronto dell'idoneità degli agenti estinguenti



### 1. Raffreddamento come misura principale di controllo

Il raffreddamento del pacco batteria è l'unico metodo realmente efficace per ritardare la propagazione della fuga termica. L'acqua è l'agente di raffreddamento più efficace grazie all'elevata capacità termica. La riduzione del calore consente di limitare la propagazione e di prevenire incendi secondari.

### 2. Obiettivi di intervento (in ordine di priorità)

- Prevenzione degli incendi secondari.
- Prevenzione degli incendi di dispositivi o veicoli coinvolti.
- Rallentamento o interruzione della propagazione della fuga termica nel pacco batterie

### 3. Ambiti di analisi e attività collegate alla gestione del rischio

- Identificazione dei rischi legati all'uso di batterie agli ioni di litio nel trasporto urbano sotterraneo, dove le condizioni ambientali aumentano la complessità dell'intervento.
- Test di incendio con batterie agli ioni di litio per studiare comportamento, modalità di propagazione, sviluppo dei gas e prestazioni dei sistemi di protezione.
- Confronto tra diversi metodi di rilevazione e agenti estinguenti, con l'obiettivo di individuare soluzioni più efficaci per la gestione precoce dell'evento e la mitigazione dei danni.

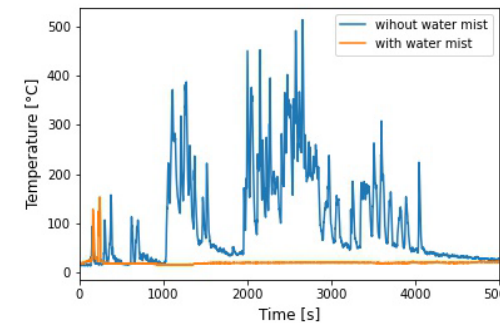


Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

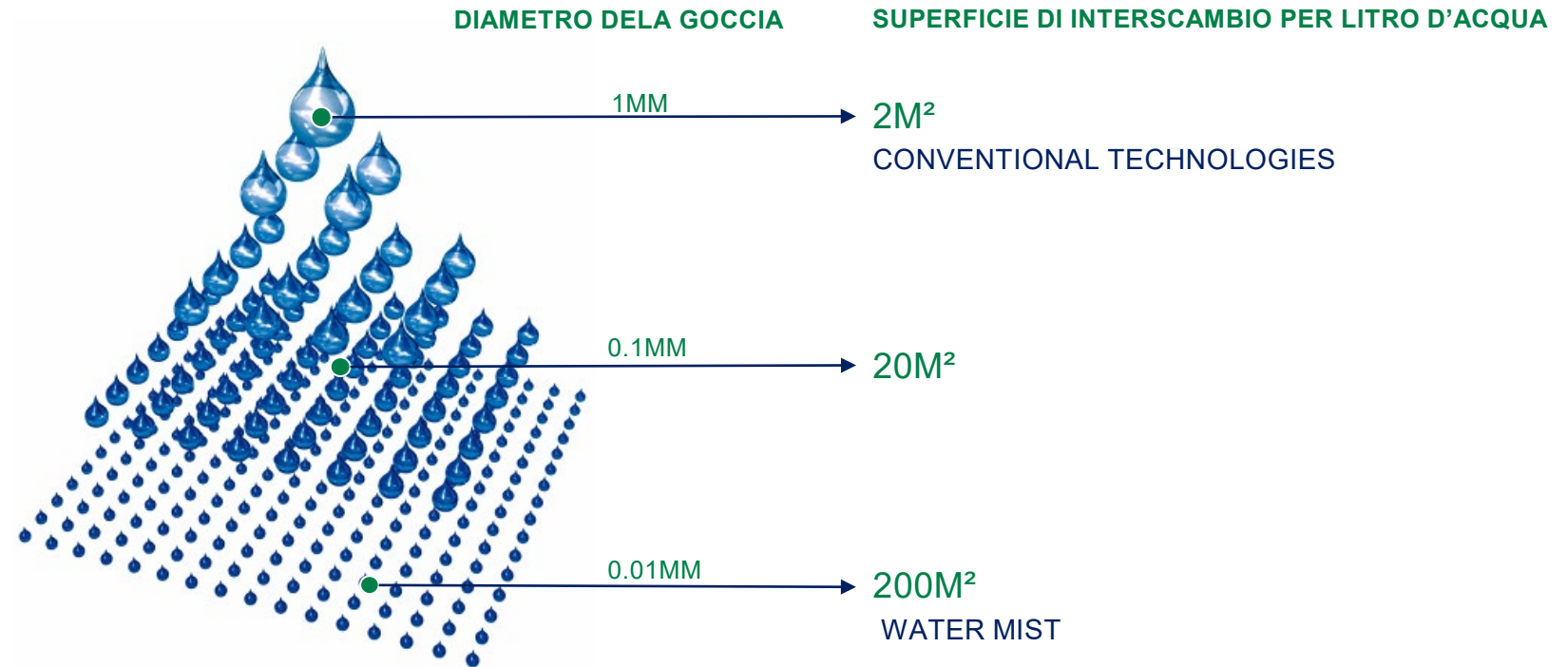
aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



# WATER MIST AD ALTA PRESSIONE

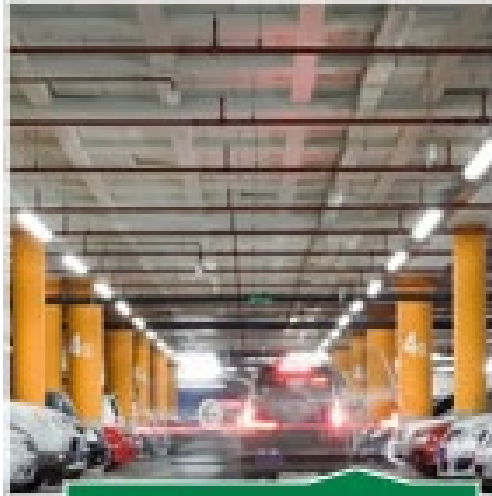


Piccole Gocce – GRANDE EFFICACIA



# ATTIVITÀ DI RICERCA CONTINUA....

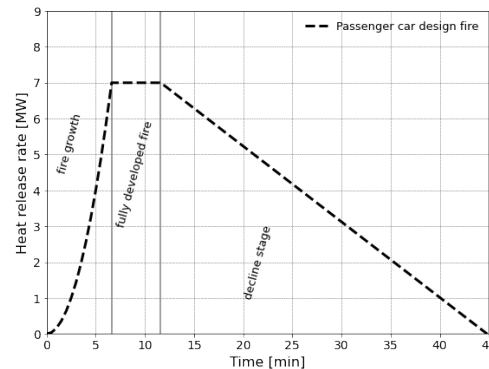
Nasce la linea guida: *Fire Protection Guideline for Car Parks with Electric Vehicles*



SUVEREN Garage

Sulla base dei risultati della ricerca del progetto SUVEREN e dei risultati della terza serie di test antincendio, sono elaborate raccomandazioni per la protezione antincendio dei veicoli elettrici nei parcheggi:

- Descrizione del comportamento al fuoco delle moderne autovetture elettriche
- Definizione dell'incendio di un veicolo con batteria agli ioni di litio con HRR di 7 MW
- Misure di prevenzione e soppressione dell'incendio
- Progettazione basata sulle prestazioni (validazione tramite test di incendio in scala reale)
- Concetti di protezione antincendio per aree di parcheggio e ricarica



<https://www.suveren-nec.info/suveren4parking/?lang=en>



Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



FIRE PROTECTION GUIDELINE FOR CAR PARKS

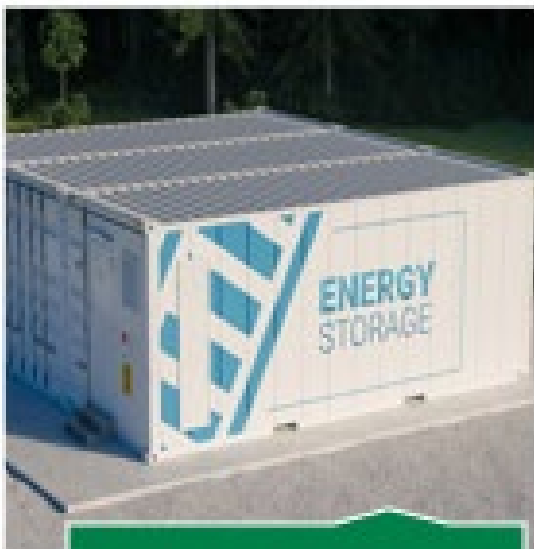


The findings of this guideline are based on the SUVEREN research project Part 1 and 2 as well as Part 3 for the protection of car parks, which was funded by the Federal Ministry of Education and Research.

SPONSORED BY THE  
Federal Ministry of Education and Research

# ATTIVITÀ DI RICERCA CONTINUA....

Nasce la WhitePaper: *Fixed firefighting solutions for stationary energy storage systems (ESS)*



SUVEREN\_Storage

Nel Maggio 2022, sono condotti test antincendio su scala reale per la protezione antincendio dei sistemi di accumulo di energia fissi (ESS).

La configurazione di prova si basa su un'applicazione reale e utilizza un container da 20 piedi per il trasporto oltremare.

Per la protezione dei sistemi di accumulo di energia fissi, durante i test sono confrontati agenti estinguenti a base acquosa e gassosa.

Inoltre, sono stati testati diversi sistemi di rilevazione incendi in base a diverse caratteristiche dell'incendio: fumo, temperatura e gas specifici.

- Descrizione del rischio di incendio
- Risultati dei test di incendio con diversi agenti estinguenti
- Misure di prevenzione e soppressione dell'incendio
- Progettazione basata sulle prestazioni (validazione tramite test di incendio in scala reale)
- Concetti di protezione antincendio e raccomandazioni per gli ESS (Energy Storage Systems)

[https://www.suveren-nec.info/suveren\\_storage/?lang=en](https://www.suveren-nec.info/suveren_storage/?lang=en)

**SUVEREN** Storage

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

**SUVEREN** Storage

FIXED FIREFIGHTING SOLUTIONS  
FOR  
STATIONARY ENERGY STORAGE SYSTEMS (ESS)



WHITE PAPER

**safety  
village**

# ATTIVITÀ DI RICERCA CONTINUA....

Nasce la WhitePaper: *Fire Protection Systems for Bus Depots*



**SUVEREN4Depots**

Nel luglio 2023, il consorzio di ricerca costituito da:

*FOGTEC Brandschutz GmbH*

*Università di Wuppertal*

*Istituto Fraunhofer Heinrich Hertz*

*IFAB Istituto per la Sicurezza Antincendio Applicata*

*STUVA e.V. e l'Associazione delle Aziende di Trasporto Tedesche (VDV)*

condurre test antincendio su scala reale per i depositi degli autobus in un impianto di prova dedicato:

- Descrizione del comportamento al fuoco degli autobus
- Definizione del carico d'incendio degli autobus e dell'HRR (Heat Release Rate)
- Misure di prevenzione e soppressione dell'incendio
- Progettazione basata sulle prestazioni (validazione tramite test di incendio in scala reale)
- Concetti di protezione antincendio per i depositi degli autobus



# ATTIVITÀ DI RICERCA CONTINUA....

Gestione sicura degli incendi delle batterie durante l'intero ciclo di vita

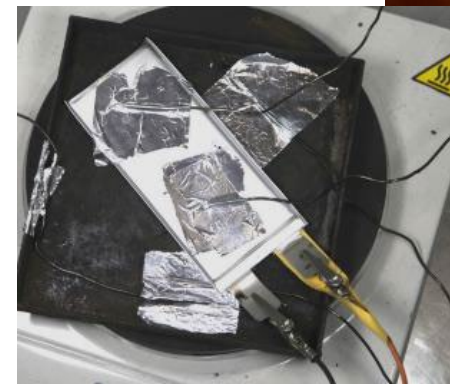


SUVEREN2use

- **Cofinanziato** dal German Federal Ministry of Economics and Climate Protection (BMWK)
- **Sito web** – <https://suveren2use.de/?lang=en>
- **Project** – <https://suveren2use.de/project/?lang=en>
- **Consortium** – <https://suveren2use.de/consortium/?lang=en>

Il progetto si articola in 7 fasi:

- *Pacchetto di lavoro 1: Ricerca sullo status quo*
- *Pacchetto di lavoro 2: Analisi e descrizione degli scenari di guasto*
- *Pacchetto di lavoro 3: Indagine su vari agenti estinguenti in scenari di incendio in batteria*
- *Pacchetto di lavoro 4: Sviluppo di sistemi di sicurezza, protezione antincendio e concetti di emergenza*
- *Pacchetto di lavoro 5: Test di convalida antincendio*
- *Pacchetto di lavoro 6: Dimostrazione tecnica*
- *Pacchetto di lavoro 7: Pubblicazioni, misure raccomandate e linee guida*



**SUVEREN** 2use

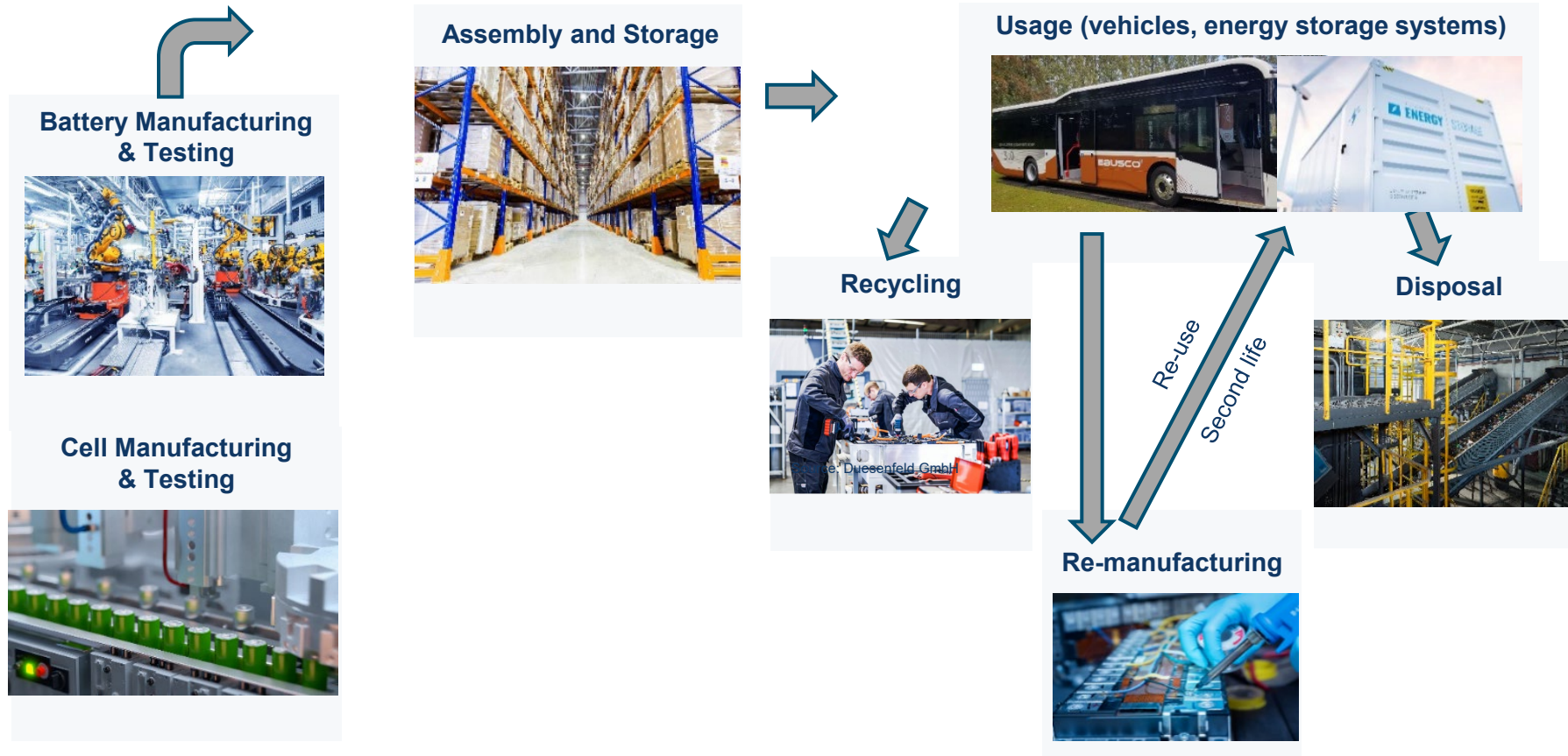
Research Consortium:



**safety  
village**

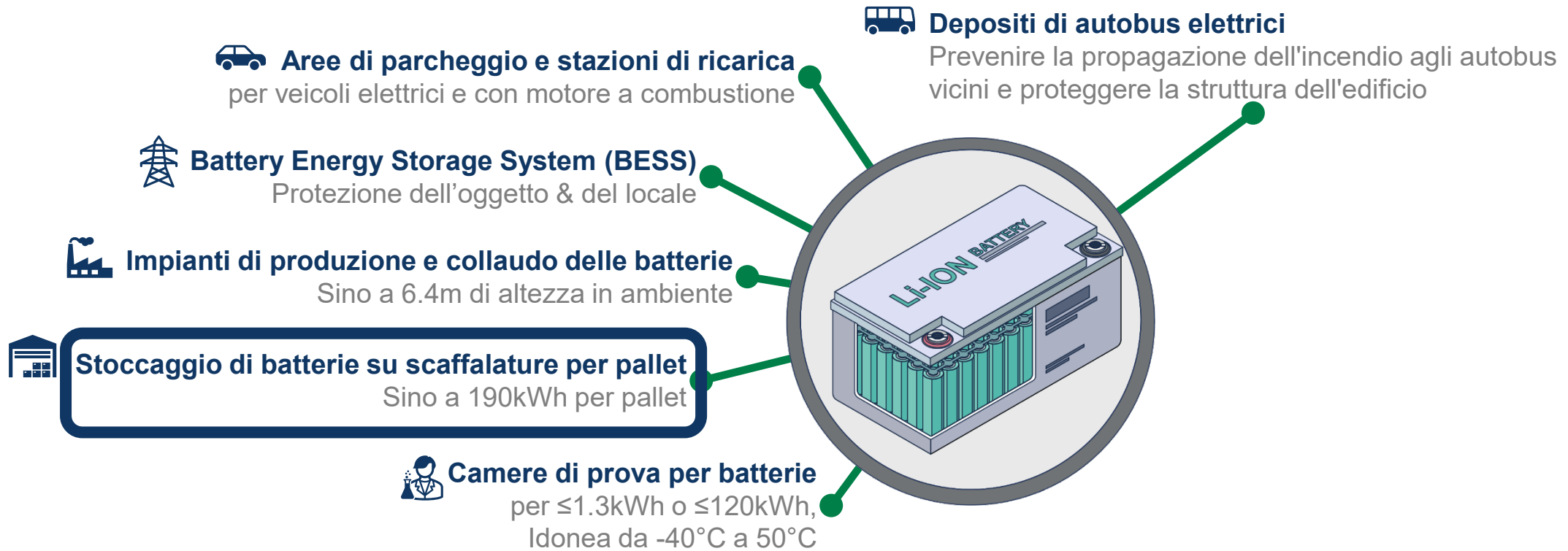
# ATTIVITÀ DI RICERCA CONTINUA....

Gestione sicura degli incendi delle batterie durante l'intero ciclo di vita



# SOLUZIONI WATER MIST AD ALTA PRESSIONE

Soluzioni antincendio testate su scala reale per scenari d'incendio con batterie agli ioni di litio



# SFIDE NELLO STOCCAGGIO DELLE BATTERIE AGLI IONI DI LITIO

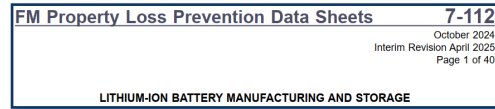
Punti dolenti attuali: rischi per la sicurezza e restrizioni di stoccaggio



- Gli attuali concetti di protezione antincendio si basano raramente su test antincendio condotti con carichi di incendio di batterie comparabili.
- Le configurazioni degli sprinkler non sono in grado di controllare gli elevati tassi di rilascio di calore nei rack di stoccaggio delle batterie agli ioni di litio ad alta densità
- Di conseguenza, la propagazione alle altre batterie non può essere interrotta.
- Limitazione dei livelli di carica delle batterie consentiti per lo stoccaggio a  $\geq 60\%$  SOC (Stato di Carica)

# TRE APPROCCI PER I SISTEMI SPRINKLER

## FM 7-112: Mitigating TR in High-Rack Storage



- Fornisce parametri progettuali completi per layout degli sprinkler in-rack, richieste idrauliche e barriere di contenimento.
- Batterie agli ioni di litio classificate per tipologia di imballaggio (CUP, CEP, UUP, UEP) secondo DS 8-1.
- Soglia di SOC:  $\leq 60\%$  → sono disponibili soluzioni con sprinkler solo a soffitto |  $> 60\%$  → sprinkler in-rack obbligatori.
- **Barriere obbligatorie:** devono essere installate barriere orizzontali solide (compensato o lamiera) sopra ogni livello in cui sono presenti sprinkler in-rack.
- Deve essere prevista una riserva per naspi di 1.900 l/min (500 gpm).
- **Water Mist:** la norma FM 7-112 specifica esplicitamente i sistemi water mist solo per le applicazioni di **Formazione** e **Invecchiamento**, mentre richiede sprinkler standard per i magazzini di prodotti finiti.

**Safety  
Village**

## VdS 3103: Guideline for loss prevention



Fornisce indicazioni per gli assicuratori. Richiede una valutazione del rischio individuale con il coinvolgimento dell'assicuratore.

- Distingue tra batterie a bassa, media e alta potenza

### Batterie ad alta potenza

- $> 60\text{ m}^2$  area o  $> 3\text{ m}$  altezza di deposito
- $> 100\text{ Wh}$  di capacità per batteria
- $> 12\text{ kg}$  di peso per batteria

### Requisiti per lo stoccaggio in magazzini ad alta elevazione (High-Bay)

- Regola fondamentale: non è definita alcuna protezione standard generale; è necessaria una valutazione individuale concordata con l'assicuratore
- Obiettivo: la 'controllabilità' dell'evento incendio

## PGS 37-2: Dutch LIB Storage Safety Standard



**PUBLICATIEREEKS**  
**GEVAARLIJKE STOFFEN**

Requisiti chiave di conformità per lo stoccaggio su larga scala di batterie agli ioni di litio

- **Soppressione obbligatoria:** è obbligatorio un sistema fisso automatico di spegnimento incendi per quantità di stoccaggio superiori a 2.000 kg (batterie) o 10.000 kg (prodotti contenenti batterie).
- **Obiettivo principale:** il sistema di soppressione incendi deve essere certificato e progettato specificamente per prevenire la propagazione dell'incendio alle unità di stoccaggio adiacenti all'interno dello stesso compartimento.
- **Requisito In-Rack:** per altezze di stoccaggio superiori a 4,60 m, gli sprinkler in-rack (o un sistema di soppressione equivalente all'interno della scaffalatura) sono esplicitamente richiesti per consentire l'accatastamento in altezza.
- **Acque contaminate:** l'impianto deve essere dotato di un sistema di contenimento per l'acqua di spegnimento contaminata, dimensionato per almeno 2 ore di funzionamento dell'impianto.

# CASO 1: INCENDIO IN UN MAGAZZINO DI BATTERIE/ MORRIS (US)

29 giugno 2021 | Morris, Illinois | magazzino di circa 6.500 m<sup>2</sup> (ex cartiera) adiacente a un'area residenziale



- **~90 tonnellate** di batterie al litio stoccate senza permessi, senza alcun sistema di rilevazione o soppressione incendi installato.
- **Innesco:** una perdita d'acqua dal tetto (pioggia) causa cortocircuiti nelle batterie stoccate in modo improprio.
- **Decisione tattica:** i vigili del fuoco adottano la strategia *"let it burn"* (modalità difensiva).
- **Il problema:** l'uso dell'acqua viene sospeso per timore di reattività col litio (confondendo le batterie agli ioni di litio con il litio metallico) e per la preoccupazione che acqua contaminata possa raggiungere i fiumi vicini.
- **Soppressione fallita:** i tentativi di soffocare l'incendio con agenti secchi (28 tonnellate di cemento) non fermano il *thermal runaway* (a causa dell'assenza di raffreddamento).
- **Conclusione:** oltre 3.000 residenti evacuati (raggio di ~800 m, per 4 giorni), emissioni tossiche (HF, VOC), oltre 130 vigili del fuoco coinvolti

## Insegnamenti chiave:

- in assenza di un sistema di soppressione incendi → nessun intervento precoce → propagazione incontrollata del *thermal runaway*.
- Gli agenti convenzionali (Purple-K, schiuma) sono inefficaci contro gli incendi da batterie agli ioni di litio.

# CASO 2: INCENDIO IN UN MAGAZZINO LOGISTICO A BOLLORÉ (FRANCE)

16 gennaio 2023 | Fallimento dei metodi di soppressione convenzionali e conseguenze ambientali



- ~892 tonnellate di batterie LMP (Lithium-Metal-Polymer) usate (~12.000 unità, molte difettose) stoccate su scaffalature alte, in casse di legno.
- *Thermal runaway* di un singolo modulo batteria LMP a fine vita → l'incendio raggiunge ~1.600 °C in pochi secondi.
- Il produttore delle batterie non aveva comunicato il profilo di rischio all'operatore logistico.
- **Soppressione dell'incendio:** sprinkler ESFR montati a soffitto (NFPA 13, progettati per plastiche, non per batterie); attivati entro ~3 minuti → effetto nullo sull'incendio.
- **Utilizzo dell'acqua:** le operazioni di spegnimento richiedono volumi enormi di acqua; ~12.000 m³ di acqua contaminata vengono recuperati; i costi di bonifica superano i 20 milioni di euro.

## Insegnamenti chiave:

- È necessaria una distribuzione dell'acqua adattata e ottimizzata (non un allagamento massivo).
- Un intervento precoce e mirato a livello della scaffalatura, con effetto di raffreddamento, è fondamentale per prevenire la propagazione.

# TEST PER STOCCAGGIO DI BATTERIE SU SCAFFALI

## Mock-up

### Batterie

- Carico d'incendio costituito da moduli batterie a Litio (NMC / NCA) con celle cilindriche e prismatiche.
- 100% SOC (State of Charge).

### Pallet

- Ogni pallet è confezionato con 18 moduli batteria.
- Peso di ogni pallet pari a 812 kg.
- Fino a 190 kWh per pallet.

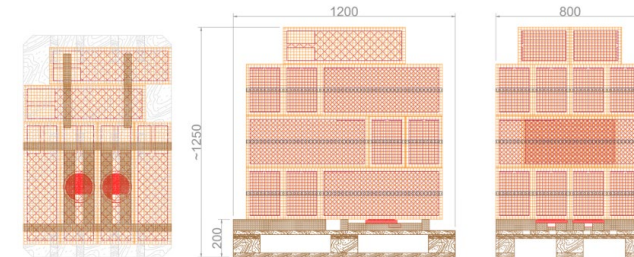
### Scaffale

- Configurazione di prova realistica con scaffalature standard industriali ad alta densità.
- Per ogni scaffale sono necessarie barriere orizzontali e verticali verso il vano adiacente.
- Fino a 3 pallets da 812 kg.
- *Thermal runaway* avviato tramite surriscaldamento locale.

Modulo batteria



Pallet



Scaffale



# TEST PER STOCCAGGIO DI BATTERIE SU SCAFFALI

## Prove di incendio su scala reale

- Eseguite due serie di test in collaborazione con i partner del consorzio SUVEREN2use, con supporto scientifico dell'Università di Wuppertal, per un totale di sette prove di incendio.

## Laboratorio di prova

- Prove di incendio condotte dal laboratorio IFAB, accreditato DAkkS, che opera secondo le specifiche della norma EN ISO/IEC 17025:2018.

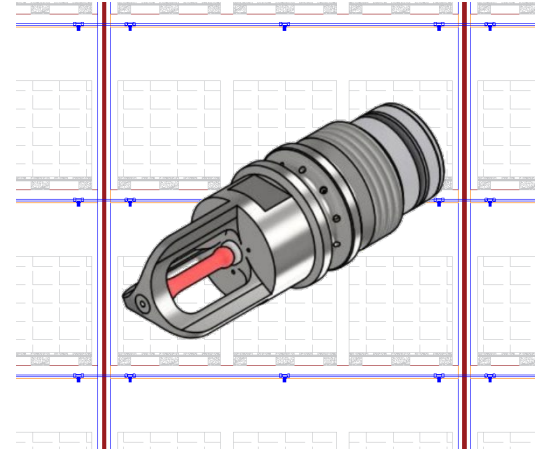
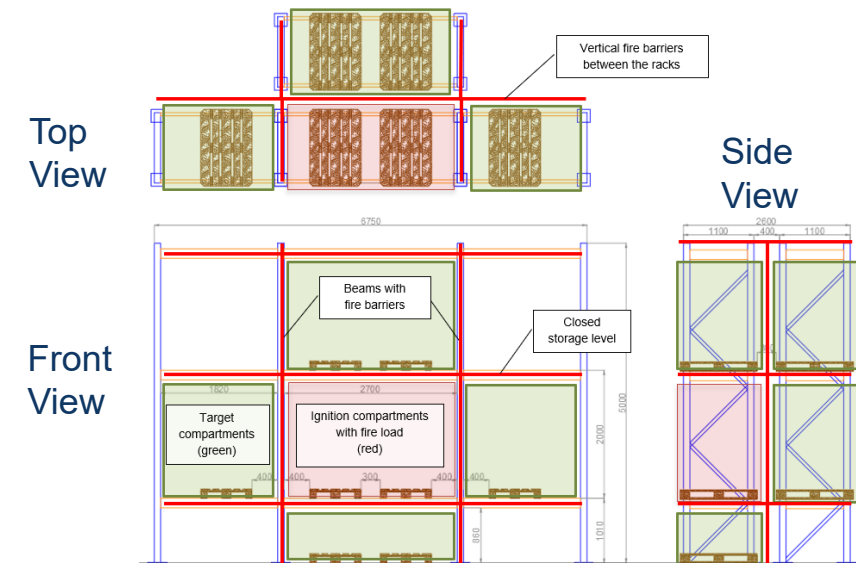
## Supervisione

- Supervisione della serie di prove da parte di un esperto indipendente e terza parte (TÜV Süd).



## Obiettivo di protezione

- Limitare il *thermal runaway* delle batterie stoccate a un solo compartimento (due o tre pallet).



## Variante di layout A: **stoccaggio denso**

### Variante di layout B: **complessità ridotta**

# TEST SU SCALA REALE

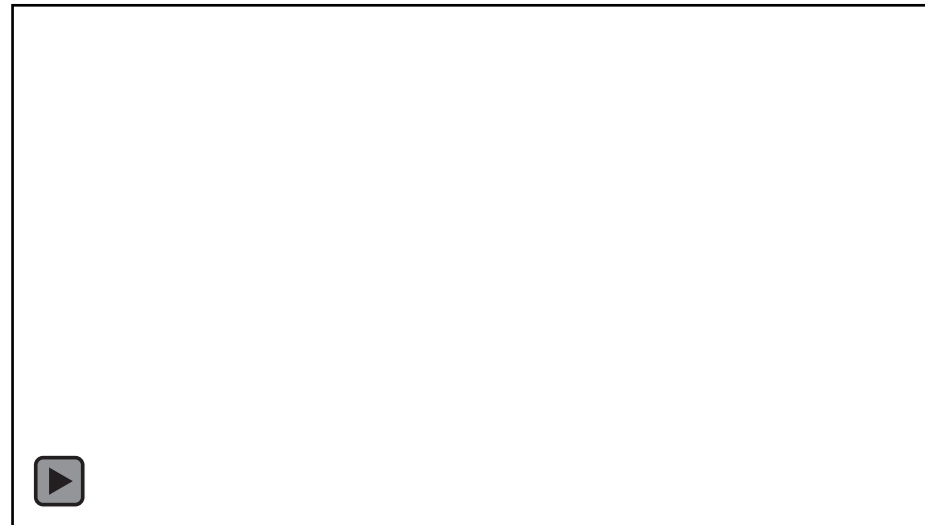
Variante di layout B: complessità ridotta



Prima del Test



Dopo il Test



Durante il Test

# CERTIFICATI FOGTEC CORRELATI

Protezione dello scaffale per applicazioni in magazzini di batterie agli ioni di litio

## IFAB Sommario delle prove d'incendio

- Parametri di layout FOGTEC testati per il magazzino delle batterie agli ioni di litio presso laboratorio parte terza
- Efficienza del sistema documentata per la protezione di scaffali con batterie agli ioni di litio in sistemi di stoccaggio in rack ad alta densità
- Certificato IFAB in accord alla UNI EN 14972



## TÜV Certificato di verifica di ente terzo

- Raccomandazione del sistema FOGTEC per l'applicazione in magazzini di batterie
- Raccomandazione sul concetto di protezione dei compartimenti rack ad alto densità



# Grazie per l'attenzione

**Antonio Terio**

**mail: [antonio.terio@fogtec.com](mailto:antonio.terio@fogtec.com)**

**mobile: +39 3403253312**