

Imola, 11/11/2021



RACCOLTA INFORMAZIONI E NORMATIVE ACCUMULATORI A IONI DI LITIO

Document Version	0.1
Issue Date	11/11/2021
Prepared by	Alex Conti
Approved by	Davide Dal Pozzo

CONFIDENTIALITY: This document and its attachments are **STRICTLY CONFIDENTIAL** and are addressed solely to the persons listed above. The document discloses confidential information and intellectual properties contents whose rights are of ELSA Solutions SpA. All the information contained therein are strictly confidential and shall not be forwarded / showed / copied / transmitted / communicated to third parties without written authorization by ELSA Solutions SpA

Sommario

PREMESSA.....	3
INTRODUZIONE.....	3
CARATTERISTICHE DI EVENTUALE INCENDIO GENERATO DA BATTERIA AL LITIO.....	4
METODI DI PREVENZIONE	4
NFPA – Stati Uniti e normative internazionali.....	5
BUONA PRASSI.....	6
STRATEGIE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE.....	8
POSTAZIONI DI RICARICA.....	8
FINE VITA	9
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	10

ELSA Solutions SpA

PREMESSA

Il presente documento viene redatto ad integrazione del manuale di prodotto che è fornito con le batterie al litio ALIANT. Tale documento non prevarica le istruzioni per la normale prassi di manutenzione indicate nel manuale di prodotto.

Il presente documento è redatto sulla base della conoscenza e delle linee guida attualmente disponibili, non armonizzate a livello europeo, e fa espressamente riferimento a leggi italiane. Non si esclude che Paesi diversi dall'Italia possano avere leggi e regolamentazioni in sostanziale contrasto con quanto riportato. Il presente documento è da intendersi come linea guida e non come regolamentazione obbligatoria.

È obbligatorio consultare sempre il comando locale dei VVFF o diversa autorità competente a seconda del proprio Paese con la scheda di sicurezza (MSDS) del prodotto per identificare i requisiti di installazione, utilizzo e stoccaggio delle batterie al litio.

ALIANNT si riserva il diritto di modificare ed ampliare il presente documento senza preavviso. ALIANT declina ogni responsabilità in merito alle indicazioni ivi riportate, poiché spetta all'azienda destinataria in accordo con l'autorità competente definire le modalità di installazione e gestione in sicurezza delle batterie al litio secondo normative e regolamenti vigenti.

INTRODUZIONE

La comunità scientifica e le autorità legislative mondiali considerano gli accumulatori (o batterie) a ioni di Litio (LIB) come dispositivi sicuri, ma che diventano potenzialmente pericolose quando impiegate in maniera impropria. Numerosi produttori ed autorità, tra cui il DNV GL, riferiscono infatti che in sé le batterie non sono pericolose, ma i loro componenti interni, a seguito di una fuoriuscita, lo possono essere¹.

Un utilizzo o uno stoccaggio scorretto delle LIB può infatti dare luogo a diverse reazioni chimico-fisiche che possono causare *Thermal Runaway*, ossia un processo di aumento della temperatura delle celle, accompagnato dal rilascio di gas tossici e infiammabili². Questi gas possono reagire all'alta temperatura causando un incendio oppure anche lo scoppio.

Le reazioni che possono portare a *Thermal Runaway* sono state osservate soprattutto in caso di:

- Sovrariscaldamento ($T > 60^{\circ}\text{C}$) o sottoriscaldamento della cella ($T < -20^{\circ}\text{C}$)³;
- Sovraccarica (*overcurrent in*) e sovrascarica (*overcurrent out*);
- Sovratensione (*overvoltage*) e sottotensione (*undervoltage*);
- Umidità inferiore al 30-40% o superiore al 70%;
- Concentrazione solare diretta;
- Danni meccanici;

¹ DNV GL, *Considerations for ESS Fire Safety*, Jan 2017

² Larsson F., 2018, *Thermal propagation in Lithium-Ion Batteries*, PhD in Safety and Transport Electronics, Research Institute of Sweden

³ Ma S. et al., *Temperature effect and thermal impact in lithium-ion batteries: A review*, Progress in Natural Science: Material International 28 (2018), 653-666

- Invecchiamento della batteria.

L'utilizzo scorretto della batteria va infatti a sollecitare gli elementi al suo interno, provocando un deposito di Litio metallico sottoforma di dendriti, che andrà a danneggiare le strutture della cella causando rilascio di gas e *Thermal Runaway*⁴.

CARATTERISTICHE DI EVENTUALE INCENDIO GENERATO DA BATTERIA AL LITIO

L'incendio scaturito genera reazioni simili a quelle di un veicolo a combustione interna, la differenza più rilevante sta nel fluoro impiegato nelle LIB, che reagisce e diventa acido fluoridrico (HF) e altri composti non del tutto identificati, ad esempio ossifluoruro di fosforo (POF₃), la cui tossicità non è nota². Si è a conoscenza, però, della pericolosità di HF: tossico se inalato in forma gassosa o per contatto con la soluzione acquosa, dannoso per tessuto osseo e vie nervose e spesso mortale se ingerito. Inoltre, i DPI impiegati in questione proteggono solo per 20 minuti, quando gli incendi da batterie si protraggono per ore⁵.

Un'altra caratteristica degli incendi da LIB è la sua generazione di ossigeno O₂, che continua ad alimentare le fiamme e ad aumentarne la temperatura⁴. Si aggiungono inoltre esplosioni dei componenti interni delle celle con rilascio di proiettili⁶.

Batterie danneggiate o stoccate impropriamente possono anche andare incontro al fenomeno di *venting*, ossia di fuoriuscita di gas dalla batteria (con o senza *Thermal Runaway*)⁷.

METODI DI PREVENZIONE

I principali metodi di prevenzione da incendi di LIB a carico dell'utente risiedono nel corretto utilizzo dell'accumulatore e delle loro stazioni di ricarica: bibliografia e linee guida consigliano infatti di effettuare il ciclo di ricarica raggiunto un livello di carica (SoC) del 20%, impiegando le strumentazioni specifiche fornite e utilizzando le batterie all'interno della finestra operativa (Vtaggio come indicato dalla scheda tecnica e Temperatura compresa nel range di temperature indicato sul manuale della batteria).

Nel caso specifico, le batterie Aliant trazione serie EY, EY+, EK, NEK sono dotate di controlli di sicurezza integrati nella scheda elettronica Battery Management System presente all'interno di ogni batteria. Questa scheda elettronica consente di avere una comunicazione CANBUS con le periferiche del veicolo (caricabatterie, inverters, ...) potendo così evitare che in condizioni operative normali si evitino condizioni di *overvoltage*, *undervoltage*, *overcurrent in e overcurrent out*.

Inoltre le batterie Aliant trazione serie EY, EY+, EK, NEK sono dotate di uno o più relay interni di sicurezza che possono intervenire isolando le batterie dai carichi (inverters) o dalle sorgenti di alimentazione (caricabatterie), potendo così

⁴ Chombo P. V., Yossapong L., 2020, *A review of safety strategies of a Li-ion battery*, Journal of Power Sources, 478

⁵ Di Bari C. et al., 2020, *Rischi connessi con lo stoccaggio di sistemi di accumulo Litio-ione*, ENEA per CNVVF

⁶ ARIA, 2010 <https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/the-barpi/the-aria-database/?lang=en>

⁷ Chen Y. et al., 2021, *A review of Lithium-ion battery safety concerns: The issues, strategies and testing standards*, Journal of Energy Chemistry

evitare che in condizioni operative normali si evitino condizioni di *overvoltage*, *undervoltage*, *overcurrent in* e *overcurrent out*.

NFPA – Stati Uniti e normative internazionali

Linee guida americane della National Fire Protection Association (NFPA)⁸ e report della International Association of Fire and rescue service (CTIF)⁹, informazioni da database francesi BARPI⁶ e americani HazMat¹⁰, normative europee (Dir. 2001/95/CE¹¹, Regolamento REACH 1907/2006¹², Dir. 2006/66/CE¹³, Regolamento 1103/2010¹⁴ e Dirr. 2012/18/UE¹⁵ e 2013/56/CE¹⁶) e italiane (D. Lgs 152/06¹⁷, D. Lgs 81/08¹⁸, DM 03/08/15¹⁹, D. Lgs 105/15²⁰, D Lgs 27/16²¹, circolare Ministero dell’Ambiente 21/04/19²²) suggeriscono di impiegare strategie passive e attive e di mantenere la distanza da altri materiali, anche per quanto riguarda lo stoccaggio (possibilmente impiegando confezioni con poca plastica) e smaltimento rifiuti.

Le strategie in questione sono:

- Passive (strategie di prevenzione):
 - Per stazioni di ricarica: collocarle al di fuori e a distanza di apparecchi critici. Fornire una distanza minima di 6 m tra gli armadi (o, in caso di impossibilità, fornire barriera termica di resistenza di almeno 1 h);
 - Per le batterie: stoccaggi in aree dedicate su scaffali fino a 6 m, in solaio alto fino a 12,2 m con stato di carica (SoC) al 50%²³. Si consiglia eventualmente la disposizione in container o bunker appositi²⁴;
 - Una progettazione delle batterie innovative: si stanno studiando l’impiego di firewall (ad esempio di Alluminio o fibre di vetro tra le celle) per rallentare la *Thermal Runaway* iniziale, oppure elettroliti

⁸ NFPA, 2018, *Emergency Field Guide*

⁹ CTIF, 2021, *Accident analysis of Beijing Jimei Dahongmen 25 MWh DC solar-storage-charging integrated station project*

¹⁰ HazMat, <https://www.hazmattool.com/info.php>

¹¹ Dir. 2001/95/CE, “Relativa alla sicurezza generale dei prodotti”

¹² Regolamento 1907/2006 “REACH”

¹³ Dir. 2006/66/CE, “Direttiva relativa a pile e accumulatori e ai rifiuti di pile e accumulatori e che abroga la direttiva 91/157/CEE”

¹⁴ Regolamento 1103/2010, “Relativo all’etichettatura indicante la capacità di pile e accumulatori portatili secondari (ricaricabili) per autoveicoli”

¹⁵ Dir. 2012/18/UE, “Relativa al controllo del pericolo di incidenti rilevanti connessi con sostanze pericolose”

¹⁶ 2013/56/CE, “Modifica alla dir. 2006/66/CE”

¹⁷ D. Lgs 152/06, “Testo Unico Ambientale”

¹⁸ D. Lgs 81/08, “Testo Unico sulla Sicurezza”

¹⁹ DM 03/08/15, “Norme tecniche di prevenzione incendi”

²⁰ D. Lgs 105/15, “Attuazione della direttiva 2012/18/UE”

²¹ D. Lgs 27/16, “Attuazione della direttiva 2013/56/UE”

²² Circolare MinAmb, 21/04/19

²³ Puccia V., 2020, *Rischi connessi con lo stoccaggio di sistemi di accumulo Litio-ione*, ENEA per CNVVF

²⁴ Herreras-Martínez et al., 2021, *Recommendations for tackling fires caused by lithium batteries in WEEE- A report of the Batteries Roundtable*

per aumentare l'isolamento delle celle. Queste strategie sono tutt'ora in fase di studio per non ridurre la performance della batteria⁴.

- Attive (strategie di prevenzione e protezione):
 - Sistemi di controllo delle condizioni ambientali per monitorare umidità, temperatura e ventilazione;
 - Impianti di rilevazione e allarme incendio in grado di rilevare fumo (*Aspiratory Smoke Detectors*, ASD), temperatura e altri fenomeni propri delle LIB, possibilmente in grado di individuare gas infiammabili rilasciati dalle stesse;
 - Estintori che impiegano schiume a soluzioni acquose o gas, il cui scopo è anche quello di raffreddare le LIB;
 - Impianti di areazione;

Per quanto riguarda il trasporto e l'etichettatura, le batterie LIB risultano già adeguatamente normate dalle nazioni unite (ONU)²⁵ con i test e i criteri per i beni pericolosi, da norme europee (Dir. 2006/66/CE¹³, Reg. 1103/2010¹⁴), italiane (D. Lgs 188/08)²⁶ e americane (Hazardous Material Regulations, 49 CFR)²⁷ e da norme per il trasporto di merci pericolose (aereo IATA²⁸ e ICAO²⁹, navale IMDG³⁰, ferroviario RID³¹, su strada ADR³² e acque interne ADN³³).

BUONA PRASSI

Le migliori pratiche di **impiego** di batterie agli ioni di Litio Aliant sono:

- Operare le ricariche all'interno della finestra operativa T compresa tra 0 °C e 55 °C e una tensione in V compresa tra la minima e la massima indicate nel Manuale d'uso;
- Evitare che le zone di messa in carica della batteria siano direttamente esposte al sole;
- Evitare che le batterie possano essere direttamente esposte ai raggi solari quando in funzione all'interno di veicoli e/o in fase di ricarica. L'esposizione diretta ai raggi solari può comportare sensibile aumento di temperatura all'interno della carpenteria con cui la batteria è costruita;
- Utilizzare materiale di ricambio fornito da Aliant e non sostituire componenti interni di propria iniziativa;
- Maneggiare le batterie con cura senza danneggiarle.

Le migliori pratiche di **storage** di batterie agli ioni di Litio Aliant sono:

²⁵ UN, 2019, Recommendations on the Transport of Dangerous Goods

²⁶ D. Lgs 188/08, Attuazione della direttiva 2006/66/CE

²⁷ US Department of Transport, 2017, Hazardous Material Regulations, 49 CFR

²⁸ IATA, 2020, International Air Transport Association

²⁹ ICAO, 2016, International Civil Aviation Organization

³⁰ IMDG, 2018, International Maritime Dangerous Goods

³¹ RID, 2021, Regulation concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Rail

³² ADR, 2021, International Agreement for the Transport of Dangerous Goods by Road

³³ ADN, 2015, International Agreement for the Transport of Dangerous Goods by Inland Waterways

- Stato di carica (SoC) tra il 30 e il 50%;
- Temperatura ambientale compresa tra -20 °C e 35 °C;
- Umidità relativa massima del 60% $\pm$ 25%;
- Evitare esposizione diretta della batteria o dell'involucro ai raggi solari; l'esposizione diretta ai raggi solari può comportare sensibile aumento di temperatura all'interno della carpenteria con cui la batteria è costruita e/o dell'imballaggio in cui la batteria è contenuta durante la fase di storage;
- Accertarsi che tutte le connessioni di potenza siano staccate dal macchinario;
- Effettuare ricarica e manutenzione periodica come indicato nel manuale del prodotto.

Stoccare la batteria a temperature superiori a quella indicata, oltre ad aumentare l'autoscarica delle celle comporta anche un'accelerazione del fenomeno di ossidazione degli elettrodi interni, con sensibile riduzione della capacità nominale effettivamente utilizzabile della batteria.

Come indicato nel manuale, occorre accertarsi che tutte le connessioni di potenza siano staccate dal veicolo/macchinario/utenza durante i periodi di stoccaggio per evitare problemi legati a possibili consumi o dispersioni che possono contribuire a scaricare la batteria.

Tali disposizioni si applicano sia allo stoccaggio a breve che a lungo termine (superiore a due anni).

UTILIZZO CONTINUATIVO BATTERIA	UTILIZZO SPORADICO BATTERIA	VEICOLO FERMO CON FUNZIONAMENTO PARZIALE
Ricarica fino al 100% almeno una volta a settimana	Ricarica fino al 100% almeno una volta a settimana	Ogni 3-4 settimane ricarica parziale almeno fino al 50%, necessaria ricarica al 100% prima del successivo utilizzo
Stoccaggio >3 mesi Temperature tra -20 °C e 25 °C	Stoccaggio >3 mesi Temperature tra 25 °C e 35 °C	Stoccaggio >3 mesi Temperature superiori a 35 °C anche per brevi periodi
Ogni 3-4 settimane ricarica parziale almeno fino al 50%, necessaria ricarica al 100% prima del successivo utilizzo	Ogni mese ricarica parziale almeno fino al 50%, necessaria ricarica al 100% prima del successivo utilizzo	Ogni settimana ricarica parziale almeno fino al 50%, necessaria ricarica al 100% prima del successivo utilizzo

Le condizioni riportate in tabella consentono di mantenere la batteria manutenzionata evitando problemi di autoscarica. Inoltre consentono di avere migliori performances nel tempo.

Le condizioni riportate in tabella, inoltre, sono consigliate per la gestione in sicurezza del prodotto e nell'ottica conservativa di massima prevenzione di problemi ed incendi, secondo la letteratura oggi universalmente disponibile.

STRATEGIE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE

Come strategie di prevenzione incendi Aliant suggerisce:

- Li-Ion Tamer® Honeywell: sistema di rilevamento dei gas con funzione *early smoke detector* – consente di prevenire l'evento di *Thermal Runaway* all'interno di celle o batterie³⁴.
- Soluzione integrata di ASD e allarme antincendio;
- Controllo periodico del funzionamento dei dispositivi di prevenzione e protezione;
- Consulto con responsabile HSE;
- Richieste di verifica in sede preventiva di installazione con comando responsabile locale dei VVFF, onde assecondare normative e regolamenti locali e nazionali.

Le strategie di protezione:

- Estintori a schiuma (*Foam extinguisher*);
- Disporre di una strategia di pronta estinzione;
- Compartimentazione magazzini di stoccaggio, onde ridurre il carico incendio della zona in cui sono presenti batterie al litio. Eventualmente valutare magazzini dedicati in container esterni refrigerati e dotati di sistemi *FireFighting* dedicati.

POSTAZIONI DI RICARICA

La normativa riguardo le postazioni di ricarica è incerta: dato che le batterie al gel o al piombo-acido rilasciano H₂ (gas esplosivo) durante la fase di ricarica, queste devono essere ricaricate all'aperto o in uno spazio chiuso ventilato³⁵. Diversamente, le LIB non rilasciano H₂ durante la ricarica e le normative non richiedono espressamente che le postazioni di ricarica per veicoli industriali siano all'aperto o al chiuso: essendo i veicoli elettrici una novità in rapida espansione per il mercato, la Dir. 2014/94/UE³⁶ e il D.Lgs 257/16³⁷ che la recepisce non consideravano ancora la questione sicurezza in maniera esaustiva, mentre la circolare 2/2018³⁸ del Ministero dell'Interno NON richiede espressamente che vengano ricaricate all'aperto.

³⁴ Li-Ion Tamer®, 2017, *Technical Datasheet*

³⁵ Concordia University, 2016, *Lead Acid Batteries*

³⁶ Dir. 2014/94/UE, "Realizzazione di un'infrastruttura per i combustibili alternativi"

³⁷ D.Lgs 257/16, "Attuazione della direttiva 2014/94/UE"

³⁸ Circolare MinInt 2/2018 "Linee guida per l'installazione di infrastrutture per la ricarica dei veicoli elettrici"

FINE VITA

Numerosi componenti delle batterie a Ioni di Litio sono recuperabili a fine ciclo vita, pertanto gli accumulatori non vanno dispersi nell'ambiente dopo l'uso. Le batterie al Litio non sono identificate da un Codice Europeo Rifiuto specifico, ma rientrano nel CER 160605 ("altre batterie ed accumulatori"), ossia il codice di un rifiuto speciale non pericoloso³⁹, ma vanno applicate le normative per il trasporto di merci pericolose.

ELSA Solutions SpA

³⁹ EuRIC, 2021, *Reaction to the Proposed Batteries and Waste Batteries Regulation (Batteries – modernizing EU rules)*

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. DNV GL, 2017, *Considerations for ESS Fire Safety*, Jan 2017;
2. Larsson F., 2018, *Thermal propagation in Lithium-Ion Batteries*, PhD in Safety and Transport Electronics, Research Institute of Sweden;
3. Ma S. et al., *Temperature effect and thermal impact in lithium-ion batteries: A review*, Progress in Natural Science: Material International 28 (2018), 653-666;
4. Chombo P. V., Yossapong L., 2020, *A review of safety strategies of a Li-ion battery*, Journal of Power Sources, 478;
5. Di Bari C. et al., 2020, *Rischi connessi con lo stoccaggio di sistemi di accumulo Litio-ione*, ENEA per CNVVF;
6. ARIA, 2010 <https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/the-barpi/the-aria-database/?lang=en> ;
7. Chen Y. Et al., 2021, *A review of Lithium-ion battery safety concerns: The issues, strategies, and testing standards*, Journal of Energy Chemistry, 59;
8. NFPA, 2018, *Emergency Field Guide*;
9. CTIF, 2021, *Accident analysis of Beijing Jimei Dahongmen 25 MWh DC solar-storage-charging integrated station project*;
10. HazMat, <https://www.hazmattool.com/info.php> ;
11. Dir. 2001/95/CE, "Relativa alla sicurezza generale dei prodotti";
12. Regolamento 1907/2006 "REACH";
13. Dir. 2006/66/CE, "Direttiva relativa a pile e accumulatori e ai rifiuti di pile e accumulatori e che abroga la direttiva 91/157/CEE";
14. Regolamento 1103/2010, "Relativo all'etichettatura indicante la capacità di pile e accumulatori portatili secondari (ricaricabili) per autoveicoli";
15. Dir. 2012/18/UE, "Relativa al controllo del pericolo di incidenti rilevanti connessi con sostanze pericolose";
16. 2013/56/CE, "Modifica alla dir. 2006/66/CE";
17. D. Lgs 152/06, "Testo Unico Ambientale";
18. D. Lgs 81/08, "Testo Unico sulla Sicurezza";
19. DM 03/08/15, "Norme tecniche di prevenzione incendi";
20. D. Lgs 105/15, "Attuazione della direttiva 2012/18/UE";
21. D. Lgs 27/16, "Attuazione della direttiva 2013/56/UE";
22. Circolare MinAmb, 21/04/19;
23. Puccia V., 2020, *Rischi connessi con lo stoccaggio di sistemi di accumulo Litio-ione*, ENEA per CNVVF;
24. Herreras-Martínez et al., 2021, *Recommendations for tackling fires caused by lithium batteries in WEEE- A report of the Batteries Roundtable*;
25. UN, 2019, *Recommendations on the Transport of Dangerous Goods*;
26. D. Lgs 188/08, "Attuazione della direttiva 2006/66/CE";
27. US Department of Transport, 2017, *Hazardous Material Regulations, 49 CFR*;
28. IATA, 2020, *International Air Transport Association*;
29. ICAO, 2016, *International Civil Aviation Organization*;
30. IMDG, 2018, *International Maritime Dangerous Goods*;
31. RID, 2021, *Regulation concerning the International Carriage of Dangerous Good by Rail*;
32. ADR, 2021, *International Agreement for the Transport of Dangerous Goods by Road*;
33. ADN, 2015, *International Agreement for the Transport of Dangerous Goods by Inland Waterways*;
34. Li-Ion Tamer®, 2017, *Technical Datasheet*;
35. Concordia University, 2016, *Lead Acid Batteries*;
36. Dir. 2014/94/UE, "Realizzazione di un'infrastruttura per i combustibili alternativi";
37. D.Lgs 257/16, "Attuazione della direttiva 2014/94/UE";
38. Circolare Minint 2/2018 "Linee guida per l'installazione di infrastrutture per la ricarica dei veicoli elettrici";
39. EuRIC, 2021, *Reaction to the Proposed Batteries and Waste Batteries Regulation (Batteries – modernizing EU rules)*.