



BATTERIE FAAM: SOSTENIBILITÀ MADE IN ITALY

Sostenibilità ed innovazione sono le parole chiave che descrivono la strategia di FAAM nel produrre batterie con il minimo impatto socio-ambientale. La scelta di commercializzare batterie assemblate con elettrodi preparati attraverso processi acquosi, ridotto contenuto di sostanze perfluoroalchiliche (perfluoroalkyl substances - PFAS) e basati sulla chimica LiFePO_4 (LFP) rende FAAM un protagonista nella transizione energetica europea.

Acquistata nel 2013 da Seri Industrial, FAAM è la prima azienda in Italia e nel sud Europa nella produzione e nella commercializzazione di batterie agli ioni litio (LIB). FAAM si distingue dalle altre industrie europee non solo per l'uso di LiFePO_4 (LFP) come materiale catodico, ma anche per impiegare acqua come solvente per processare i componenti in *slurries* (inchiostri). Questi approcci garantiscono prestazioni elevate ed affidabilità, ma pongono un'enfasi significativa sulla sostenibilità ambientale, rappresentando una scelta consapevole e responsabile per il futuro. FAAM completa il quadro di produzione di batterie sostenibili da un lato con lo sviluppo di hardware e software per ottimizzare il sistema di gestione delle celle nel modulo batteria (BESS); dall'altro l'attuazione ed implementazione di sistemi di riciclo di batterie a fine vita. FAAM si posiziona quindi come una realtà italiana leader in Europa per sviluppare una filiera sostenibile e

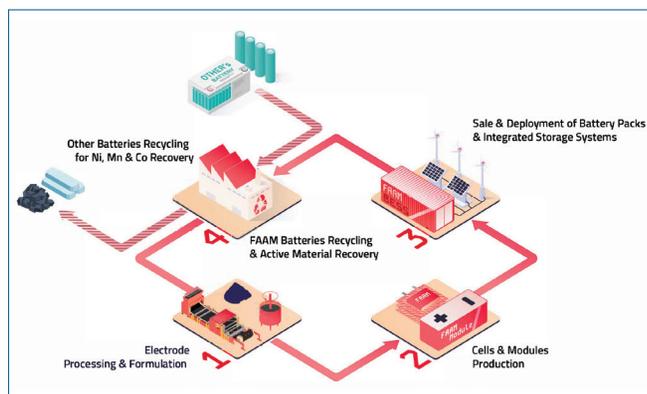


Fig. 1 - La "value chain" del processo produttivo a FAAM

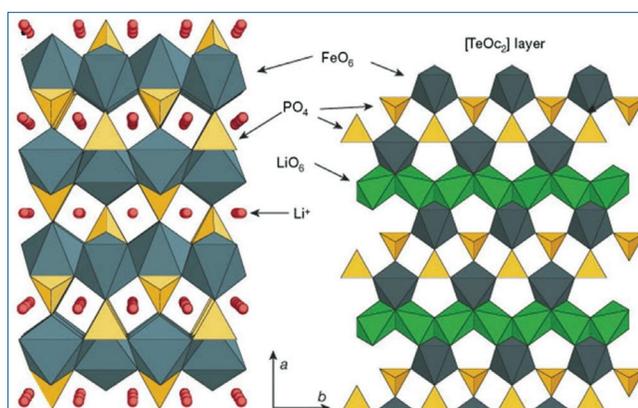


Fig. 2 - Struttura cristallina del LiFePO_4 in proiezione lungo il piano $[0\ 0\ 1]$ [12]

circolare per la produzione e recupero di batterie litio-ione (Fig. 1).

Chimica LFP: sicurezza e sostenibilità

La tecnologia delle batterie sviluppate e prodotte da FAAM si basa sull'uso di LFP come materiale catodico. Questo materiale è stato scelto tra altre chimiche, come ad esempio LiCoO_2 (LCO) o $\text{LiNi}_x\text{Mn}_y\text{Co}_{1-x-y}\text{O}_2$ (NMC), per i suoi numerosi vantaggi, tra cui: sicurezza, costi e compatibilità ambientale [1]. La stabilità e la sicurezza intrinseca dell'LFP derivano dalla presenza di legami forti tra gli atomi di P ed O, che creano una struttura polianionica atta ad intercalare reversibilmente ioni Li^+ (Fig. 2) [2]. La stabilità del legame P-O si traduce in una drastica riduzione del rischio di incendi, esplosioni, aumenti incrollati di temperatura (*overheating*) ed emissione di gas tossici (*outgassing*) per le



batterie che utilizzano la chimica LFP [3-6]. Come conseguenza aggiuntiva della forza del legame P-O, le celle contenenti LFP mantengono la stabilità elettrochimica (~ 170 mAh/g) per un elevato numero di cicli di carica e scarica a diverse intensità di corrente (10 mila cicli a 100% *depth of discharge*) e voltaggi nominali di 3,2-3,4 V vs. Li⁺/Li [7]. Queste caratteristiche sono cruciali non solo per la sicurezza degli utenti finali, ma anche per applicazioni in settori sensibili, come quello automobilistico e residenziale. Nonostante le batterie che utilizzano LFP come materiale attivo abbiano una bassa densità di

energia (160 Wh/kg) rispetto a quelle contenenti NMC (210-220 Wh/kg) [8], il costo inferiore per ciclo di vita le rende economicamente vantaggiose per usi su larga scala o stazionari (*grid*). È inoltre stimato che la chimica LFP sia meno costosa di quella NMC (NMC622) di circa 10% per kW/h [9]. L'abbondanza del Fe metallico nella crosta terrestre (quarto elemento con una concentrazione del 5,63%) è un fattore che riduce i costi di produzione di LFP [10]. Per concludere, la mancanza di cobalto rende la chimica LFP una scelta etica e sostenibile rispetto ad altri materiali catodici presenti in commercio [11].

Produzione a base d'acqua ed elettrodi non fluorurati: un approccio innovativo

Uno degli elementi chiave che distingue FAAM dai suoi concorrenti è l'utilizzo di processi di produzione a base d'acqua, evitando l'uso di *n*-metil-2-pirrolidone (NMP), un solvente tossico comunemente impiegato nella produzione di *slurries* (Fig. 3). L'NMP è noto per i suoi effetti nocivi sulla salute umana e sull'ambiente. L'esposizione a questo solvente può causare irritazioni cutanee, respiratorie e danni a lungo termine agli organi. Il processo di smaltimento e gestione dei rifiuti contenenti NMP è complesso e costoso, rappresentando così una sfida significativa per le aziende del settore. FAAM, al contrario, ha sviluppato una tecnologia



Fig. 3 - La produzione attraverso processi acquosi a FAAM

di produzione innovativa che utilizza solo acqua come solvente. Questo approccio non solo elimina i rischi associati all'NMP, ma riduce anche l'impatto ambientale complessivo della produzione di batterie. L'uso di acqua come solvente è una scelta ecologica che dimostra l'impegno di FAAM verso pratiche di produzione sostenibili e responsabili. L'acqua utilizzata proviene da un processo di demineralizzazione dell'acqua comune, così da abbattere drasticamente le emissioni di CO₂. Nel 2023, le emissioni totali di CO₂ legate all'uso di gas naturale e gasolio (Scope 1) sono ammontate a 1904 t, mentre 3242 t sono state emesse come conseguenza dell'uso di energia elettrica (Scope 2 *market-based*). Questi valori sono in netto contrasto con quelli resi pubblici da un'azienda concorrente nello stesso anno. Tale azienda, con una produzione annua di batterie NMP pari a 1 GWh, ha dichiarato emissioni pari a 19.910 e 45.800 t per Scope 1 e Scope 2, rispettivamente.

Come ulteriore, ed ultimo non per importanza, vantaggio all'uso di acqua come solvente per la produzione dei materiali anodici e catodici, FAAM propone elettrodi totalmente *fluoro-free*, e liberi anche da sostanze fluorurate. I *binders* (leganti polimerici che connettono i materiali attivi con materiali carboniosi conduttori di elettroni) usati nelle batterie litio-ione sono generalmente costituiti da PVDF (*polyvinylidene fluoride* o *polyvinylidene difluoride*).

Questa sostanza contiene fluoro e potrebbe essere inclusa, a breve, nella categoria delle sostanze PFAS dalla Comunità Europea. I PFAS sono una classe di composti chimici artificiali utilizzati in molteplici applicazioni industriali per le loro proprietà resistenti all'acqua, al grasso ed al calore [13]. I PFAS sono anche noti come "sostanze chimiche eterne" a causa della loro persistenza nell'ambiente e del loro accumulo negli organismi viventi. L'esposizione ai PFAS è stata collegata a numerosi problemi di salute, tra cui cancro, malattie del fegato, problemi di sviluppo nei bambini e riduzione della risposta immunitaria. La soluzione di FAAM di produrre elettrodi a base acquosa comporta l'uso di binders PFAS-free, rappresentando un impegno significativo per la salute pubblica e la protezione dell'ambiente. Questa scelta riflette una strategia aziendale orientata verso l'innovazione sostenibile e la responsabilità sociale.

Impatti ambientali e sociali

La produzione di batterie con l'utilizzo di acqua come solvente, senza uso di metalli pesanti (e.g. Co e Ni) ed a ridotto contenuto di PFAS (necessari nella formulazione dell'elettrolita) ha un impatto significativo sull'ambiente e sulla società. In termini ambientali, l'eliminazione di solventi tossici e sostanze persistenti riduce la contaminazione del suolo e delle risorse idriche, contribuendo a mantenere gli ecosistemi più sani e non inquinati. Inoltre, la produzione a base d'acqua consente un ciclo di vita delle batterie più pulito, dal momento della produzione fino allo smaltimento. Dal punto di vista sociale, l'approccio sostenibile di FAAM migliora la salute e la sicurezza sia dei lavoratori coinvolti nella produzione sia dei clienti. Riducendo l'esposizione a sostanze chimiche tossiche, si crea un ambiente di lavoro più sicuro e salubre, dimostrando un forte impegno verso il benessere dei propri dipendenti. La scelta dell'azienda di impegnarsi nel riciclo di batterie Li-ione a fine vita contribuisce significativamente a ridurre l'impatto sull'ambiente e promuovere il re-utilizzo di risorse (energia, componenti e materiali). Questo impegno, oltre a comportare il recupero di sostanze chimiche "preziose", contribuisce a preservare risorse naturali ed evitare i rischi di impatto ambientale legati all'attività estrattiva, alla produzione di nuove LIB e allo smaltimento non corretto. Le strategie impiegate per riciclare batterie LFP sono

tre: pirometallurgico (processo termico), idro-metallurgico (processo acquoso) e riciclo diretto. Il processo idro-metallurgico risulta essere più conveniente rispetto a quello pirometallurgico grazie al basso consumo energetico, alle ridotte emissioni di CO₂ e al recupero di Li metallico con una purezza elevata [14-16]. Questi due processi sono usati a livello industriale per recuperare metalli sotto forma di composti più semplici come: CoSO₄, NiSO₄ e Li₂CO₃. Queste sostanze sono utilizzate per re-sintetizzare materiali catodici attivi, abbattendo così i costi di produzione. Nonostante ciò, l'utilizzo di acidi e reagenti ossidanti comporta l'aumento di emissioni di gas serra e la creazione di un flusso secondario di rifiuti [17, 18]. Queste problematiche, al contrario, vengono mitigate dall'impiego del riciclo diretto. Le batterie con chimica LFP si prestano all'utilizzo di questo ultimo metodo poiché non contengono metalli pesanti e mantengono invariata morfologia e struttura cristallina a fine del ciclo di vita della cella. Il riciclo diretto rivitalizza direttamente LFP degradato per formare nuove particelle di LFP che possono essere utilizzate nella produzione di nuove celle, richiedendo meno energia, solventi e precursori chimici [19, 20].

Innovazione e competitività

L'innovazione tecnologica è al centro della strategia di FAAM. La transizione verso processi di produzione di elettrodi a base d'acqua e PFAS-free non è solo una scelta etica, ma anche una decisione strategica per aumentare la competitività nel mercato europeo e globale. Con una crescente consapevolezza e domanda di soluzioni sostenibili, FAAM è ben posizionata per rispondere alle esigenze dei consumatori e delle aziende che cercano alternative ecologiche. L'impegno dell'azienda

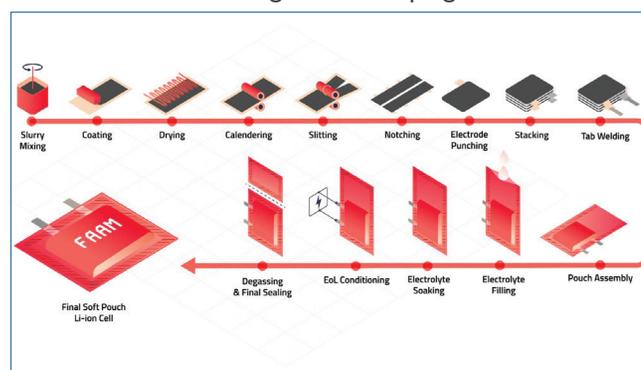


Fig. 4 - Panoramica dei passaggi usati per la produzione di soft pouch cells a FAAM



si declina nello sviluppo di processi acquosi per ottenere come prodotto finale pacchi di batterie composti da *soft pouch-cells* LFP-grafite (Fig. 4) e con una capacità finale richiesta dal consumatore. Le batterie LFP di FAAM, grazie alla loro sicurezza, durata e sostenibilità, sono ideali per una vasta gamma di applicazioni, dai pesanti sistemi di trazione su strada e navale all'energia rinnovabile, dalle applicazioni industriali a quelle domestiche. La *mission* di FAAM si concretizza anche nel piano di espansione dell'impegno scientifico e produttivo con la crescita della produzione di batterie Li-ione da 300 MWh a 8 GWh (capacità annua), assemblaggio di celle prismatiche e sviluppo di batterie Na-ione. Per completare la *value chain*, una linea pilota per il riciclo di batterie Li-ione a fine vita è stata pianificata nella strategia di crescita di FAAM. Questa versatilità, combinata con una produzione responsabile, rende FAAM un partner ideale per aziende ed istituzioni che cercano di ridurre la loro impronta ecologica senza compromettere le prestazioni.

Conclusioni

FAAM è una realtà tutta italiana che coniuga innovazione tecnologica, sostenibilità ambientale e responsabilità sociale. L'adozione di processi produttivi a base d'acqua e l'eliminazione dei PFAS nei suoi elettrodi sono testimonianze dell'impegno aziendale verso un futuro più verde e sicuro. La nostra azienda dimostra che è possibile produrre batterie di alta qualità senza compromettere la salute umana e l'ambiente, ponendosi come leader nel settore delle tecnologie energetiche sostenibili. In un mondo in cui la domanda di soluzioni energetiche pulite e sicure è in costante crescita, FAAM è all'avanguardia, offrendo prodotti che non solo soddisfano le esigenze di oggi, ma che proteggono anche il pianeta per le generazioni future. La dedizione alla ricerca e sviluppo di tecnologie innovative continua a spingere i confini di ciò che è possibile, stabilendo nuovi standard per l'industria delle batterie e contribuendo in modo significativo a un futuro sostenibile.

BIBLIOGRAFIA

- [1] A.K. Padhi, K.S. Nanjundaswamy, J.B. Goodenough, *J. Electrochem. Soc.*, 1997, **144**, 1188.
- [2] A. Nekahi, A. Kumar *et al.*, *Materials Science*

- & Engineering R*, 2024, **159**, 100797.
- [3] K. Zaghbi, A. Guerfi *et al.*, *J. Power Sources*, 2013, **232**, 357.
- [4] Y. Maeyoshi, S. Miyamoto *et al.*, *J. Power Sources*, 2017, **337**, 92.
- [5] H. El-Shinawi, E.J. Cussen, S.A. Corr, *Inorg. Chem.*, 2019, **58**, 6946.
- [6] B. Ramasubramanian, S. Sundarrajan *et al.*, *Batteries*, 2022, **8**, 133.
- [7] Y. Preger, H.M. Barkholtz *et al.*, *J. Electrochem. Soc.*, 2020, **167**, 120532.
- [8] S. Link, C. Neef, T. Wicke, *Batteries*, 2023, **9**, 261.
- [9] K. Zaghbi, M.V. Reddy *et al.*, Secondary batteries - lithium rechargeable systems - lithium-ion | positive electrode: lithium iron phosphate, Elsevier Science, Ulm, 2025, 267.
- [10] Visualizing the abundance of elements in the Earth's crust, <https://www.weforum.org/stories/2021/12/abundance-elements-earth-crust/>, ultimo accesso 12 dicembre 2024.
- [11] E. Olivetti, G. Ceder *et al.*, *Joule*, 2017, **1**, 229.
- [12] H. Chen, M. Geng *et al.*, *Coatings*, 2024, **14**, 832.
- [13] S.Y. Wee, A.Z. Aris, *Npj Clean Water*, 2023, **57**.
- [14] D. da Silva Vasconcelos, J.A. Soares Tenório *et al.*, *Metals*, 2023, **13**, 543.
- [15] H. Nie, L. Xu *et al.*, *Green Chem.*, 2015, **17**, 1276.
- [16] X. Lai, Y. Huang *et al.*, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 2021, **146**, 111162.
- [17] W. Lv, Z. Wang *et al.*, *ACS Sustainable Chem. Eng.*, 2018, **6**, 1504.
- [18] X. Panpan, Q. Dai *et al.*, *Joule*, 2020, **4**, 2609.
- [19] Y. Shi, G. Chen *et al.*, *ACS Energy Lett.*, 2018, **3**, 1683.
- [20] Y. Shi, G. Chen, Z. Chen, *Green Chem.*, 2018, **20**, 851.

FAAM Batteries: Sustainability Made in Italy

Sustainability and innovation are the pillars of FAAM's strategy to produce batteries with minimal social and environmental impact. The choice to market batteries assembled with electrodes prepared via aqueous processes, low perfluoroalkyl substances (PFAS) content and based on LiFePO₄ (LFP) chemistry makes FAAM a central player in the European energy transition.