



Ricerca di Sistema elettrico

Diffusione dei risultati e partecipazione a reti internazionali inerenti l'accumulo elettrochimico 2021

M. Moreno, O. Perego, R. Nocera, M. Ferraro, F. Vellucci e
P.P. Prosini

DIFFUSIONE DEI RISULTATI E PARTECIPAZIONE A RETI INTERNAZIONALI INERENTI L'ACCUMULO ELETTOCHIMICO 2021

M. Moreno¹, O. Perego², R. Nocera³, M. Ferraro⁴, F. Vellucci⁵, P. P. Prosinì¹.

¹ENEA, Laboratorio Accumulo Batterie ed Idrogeno, C.R. Casaccia, Santa Maria di Galeria, 301 - 00123, Roma

²Ricerca sul Sistema Energetico - RSE S.p.A. via R. Rubattino, 54 - 20134 Milano

³ENEA, Institutional Affairs, EU and International Relations, Rue de Namur 72, 741000 - Bruxelles

⁴CNR-ITAE, Salita Santa Lucia Sopra Contesse, 5 - 98126 Messina

⁵ENEA, Laboratorio di Sistemi e Tecnologie per la Mobilità Sostenibile, C.R. Casaccia, Santa Maria di Galeria, 301 - 00123, Roma

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Dicembre 2021

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Triennale di Realizzazione 2019-2021 - II annualità

Obiettivo: *Tecnologie*

Progetto: 1.2 "Sistemi di accumulo, compresi elettrochimico e power to gas, e relative interfacce con le reti"

Work package: *WP1 - Accumulo elettrochimico*

Linea di attività: *LA 39 - Diffusione dei risultati e partecipazione a reti internazionali 3*

Responsabile del Progetto: Ing. Giulia Monteleone

Responsabile del Work Package: Dr. Pier Paolo Prosinì

Indice

SOMMARIO.....	4
1 INTRODUZIONE.....	5
2 BREVE PANORAMICA DELL’ECOSISTEMA EUROPEO DELLE BATTERIE.....	5
3 ETIP BATTERIES EUROPE (ETIP-BE).....	6
3.1 DOCUMENTI PROGRAMMATICI PUBBLICATI DA ETIP BATTERIES EUROPE NEL 2021.....	7
3.1.1 <i>Education and Skills Task Force - Position Paper</i>	7
3.1.2 <i>Sustainability Task Force - Position Paper</i>	8
3.1.3 <i>Safety Task Force - Position Paper</i>	9
3.1.4 <i>Digitalization Task Force - Position Paper</i>	11
3.1.5 <i>Roadmap WG1: “Tecnologie nuove ed emergenti”</i>	12
3.1.6 <i>Roadmap WG2: “Materie prime e riciclo”</i>	14
3.1.7 <i>Roadmap WG3: “Materiali avanzati”</i>	15
3.1.8 <i>Roadmap WG4: “Progettazione e produzione di celle”</i>	16
3.1.9 <i>Roadmap WG5: Applicazione e integrazione: mobilità</i>	17
3.1.10 <i>Roadmap WG6: Applicazione e integrazione: stazionario</i>	18
3.1.11 <i>Documento su metodologie di reporting</i>	21
3.2 PARTECIPAZIONE AD EVENTI E WEBINAR.....	21
3.2.1 <i>“ BATTERIE PER UN FUTURO PIÙ VERDE E PROSPERO: IMPATTI ECONOMICI, SOCIALI E AMBIENTALI” a EUSEW 21</i>	
3.2.2 <i>BID – 23-24 Novembre 2021</i>	22
3.2.3 <i>Primo seminario: DIGITALIZZAZIONE DELLE BATTERIE PER SISTEMI SMART ENERGY E TRASPORTO</i>	22
3.2.4 <i>Secondo seminario: UN APPROCCIO OLISTICO ALLA SICUREZZA DELLA BATTERIA E SOSTENIBILITÀ</i>	23
3.2.5 <i>Terzo workshop: COMPETENZE E FORMAZIONE PER LA EMERGENTE ECONOMIA DELLE BATTERIE: SFIDE E SOLUZIONI EUROPEE</i>	23
3.2.6 <i>Terza Assemblea Generale di Batteries Europe</i>	24
4 EERA.....	24
4.1 EERA JP ENERGY STORAGE.....	25
4.1.1 <i>Sub-programmes</i>	26
4.1.2 <i>Highlight 2021</i>	28
5 STRATEGIA DI RICERCA A LUNGO TERMINE “BATTERY 2030+”.....	30
6 DISSEMINAZIONE.....	31
6.1 NANOINNOVATION 2021.....	31
6.2 PARTECIPAZIONE A CONGRESSI, ARTICOLI, TESI E ALTRO.....	32
7 CONCLUSIONI.....	38
8 RIFERIMENTI.....	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
9 ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI.....	39

Sommario

In questo rapporto sono riportate le principali collaborazioni internazionali intraprese dall'ENEA da gennaio 2021 a dicembre 2021 ed alcune delle iniziative intraprese al fine di comunicare o scambiare i risultati delle attività svolte all'interno del Progetto "Sistemi avanzati di accumulo dell'energia". La partecipazione è stata anche funzionale al ruolo di supporto tecnico-scientifico e programmatico che l'ENEA svolge per i Ministeri competenti e per l'industria nazionale nel suo complesso. Come negli anni precedenti sono proseguite le attività relative al monitoraggio e alla partecipazione ai tavoli di lavoro di varie iniziative regionali, nazionali, europee e internazionali sullo sviluppo dei Sistemi d'Accumulo. Alcune iniziative raggruppano gli interessi di *stakeholder* industriali, della ricerca e istituzioni per redigere roadmap e piani d'implementazione utili alla Commissione Europea per definire i piani di incentivazione. Altre sono mirate a creare presupposti di collaborazione progettuale tra soggetti nello sviluppo tecnologico. Grazie alla collaborazione proattiva con i referenti e i delegati degli altri gruppi ENEA coinvolti e dei colleghi di RSE e CNR, questa attività di monitoraggio copre tutto il panorama sulle varie iniziative regionali, nazionali, europee e internazionali sui Sistemi d'Accumulo (SdA). In questo rapporto vengono riportate solo le attività seguite dagli scriventi e collaboratori del Progetto "Sistemi avanzati di accumulo dell'energia", salvo dove diversamente scritto nel testo. Verranno inoltre presentate le azioni di comunicazione e diffusione dei risultati della ricerca svolte all'interno del Programma "Ricerca di Sistema Elettrico", che sono state effettuate mediante partecipazione ad iniziative nazionali ed europee (convegni, mostre e workshop) con la presentazione di relazioni che illustrano le attività e i principali risultati ottenuti.

1 Introduzione

L'attività di divulgazione e diffusione dei risultati avviene attraverso la partecipazione di ENEA a vari gruppi di lavoro, nazionali e internazionali, riguardanti l'accumulo elettrochimico di energia. A livello internazionale le attività hanno lo scopo di creare alleanze e favorire una maggiore integrazione tra i programmi nazionali di R&S portati avanti all'interno del programma "Ricerca di Sistema Elettrico" con quanto si sta facendo nel resto dell'Europa e nel mondo. Inoltre, la partecipazione a tali tavoli di discussione contribuisce a riversare il punto di vista e gli obiettivi di ENEA e dell'Italia, nelle linee guida che vengono delineate a livello soprattutto europeo.

Le iniziative e i programmi nazionali ed europei operano su più ambiti della ricerca, innovazione e sviluppo competitivo dei sistemi di accumulo: dallo sviluppo tecnologico dai materiali all'applicazione al riciclo con ETIP *Batteries Europe*, *Battery 2030+*, EERA JP-ES, alla realizzazione di progetti di ricerca industriali con IPCEI e AMBP, alla formazione di network tra ricerca e industria quali i cluster nazionali e territoriali, fino a iniziative internazionali nate per influenzare le politiche di finanziamento alla ricerca e innovazione, come *Mission Innovation*.

In questo rapporto verranno descritti i risultati e gli obiettivi, per il 2021, delle iniziative seguite in particolare dagli scriventi ENEA, spesso in sinergia con gli altri partner dell'accordo. ENEA, CNR e RSE, lavorano, anche in questo ambito, in stretta collaborazione (come dimostra la presenza dei tre enti tra i co-autori del presente rapporto), ma anche evitando una completa sovrapposizione, così da coprire un più ampio spettro di attività anche in base alle diverse specifiche *mission* degli enti coinvolti. In questo rapporto i co-autori hanno dato il loro contributo per le attività seguite in particolare da loro nel 2021 e oggetto di rapporto tecnico anche presso i loro enti, così come gli scriventi ENEA hanno fornito il loro contributo negli altri rapporti tecnici paralleli.

2 Breve panoramica dell'ecosistema europeo delle batterie.

Nel giugno del 2014 il Consiglio Europeo ha stabilito la creazione dell'Unione Europea dell'Energia (*European Energy Union*) con il triplice obiettivo di fornire energia a prezzi accessibili alle imprese e ai consumatori; garantire energia a tutti i paesi dell'UE mediante la riduzione della dipendenza energetica dell'UE; generare più energia verde e proseguire la lotta ai cambiamenti climatici. Con riferimento alla Ricerca e Innovazione in ambito energetico, la Commissione Europea nel 2015 ha varato l'*Integrated SET-Plan (Strategic Energy Technology Plan)*¹ che contiene le strategie di massima, per accelerare lo sviluppo di tecnologie a basso tenore di carbonio. Esso cerca di migliorare le tecnologie più promettenti e abbassarne i costi, coordinando gli sforzi di ricerca nazionali e aiutando a finanziare i progetti. L'*action 7* che riguarda "*Batteries and e-mobility*" è confluita nelle attività della "*European Technologies and Innovation Platform Batteries Europe*" (ETIP BE) che ha il compito di aggiornarne gli obiettivi. Sul tema delle batterie in Europa ci sono anche altre iniziative come il *Joint Programme* di "*European Energy Research Alliance – JP Energy Storage*" (EERA JP ES), la *European Battery Alliance* (EBA), iniziativa industriale per sviluppare l'intera filiera delle batterie, l'iniziativa di ricerca a lungo termine "*Battery 2030+*", e la *Battery Partnership* che è stata costituita ad aprile 2021 come strumento del framework programme "*Horizon Europe*".

Esistono poi altri strumenti cui si rivolge la Commissione Europea per definire i programmi di finanziamento e incentivazione, quali le associazioni e i *cluster* tecnologici (europei, nazionali e regionali) che raccolgono interessi di gruppi di ricerca o industrie.

¹ https://ec.europa.eu/energy/topics/technology-and-innovation/strategic-energy-technology-plan_en

Infine, esistono altre azioni parallele su scala globale, come *Mission Innovation* in cui il Challenge N.6 “*Clean Energy Materials*” riguarda i materiali per l’energia, inclusi i materiali per l’accumulo e Implementing Agreement (IA) dell’International Energy Agency (IEA) su “Energy Storage” (ES).

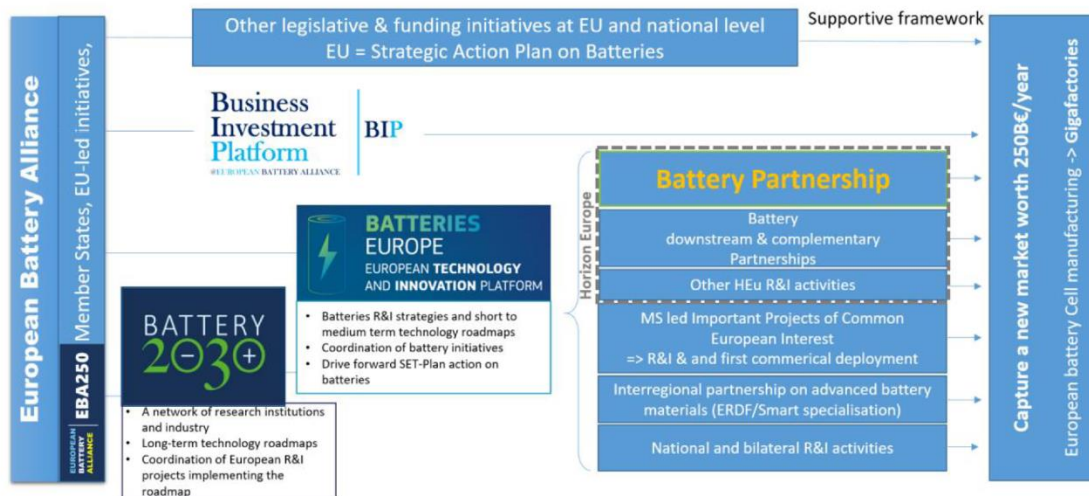


Figura 2.1 – Iniziative europee, strumenti finanziari e consultivi in capo alla Commissione Europea riguardanti le batterie.

Nei prossimi capitoli verranno descritte le attività dell’anno 2021 nell’ambito di alcune di queste iniziative.

3 ETIP Batteries Europe (ETIP-BE)

Le “*European Technologies and Innovation Platforms*” (ETIP) sono iniziative di raccordo industria-ricerca a trazione industriale, promosse dalla Commissione Europea con l’obiettivo di definire priorità di ricerca e innovazione condivise per supportare gli impegni e le ambizioni europee per la transizione del sistema energetico.

La ETIP-SNET² è dedicata alle reti energetiche. Questa iniziativa è punto di riferimento per gli *stakeholder* del sistema energetico, superando l’approccio settoriale per tecnologie precedentemente adottato e radunando sotto una visione complessiva le reti elettriche, l’accumulo energetico e le altre reti di energia e le loro interrelazioni, senza trascurare l’essenziale contributo delle reti di informazione. La piattaforma ha l’obiettivo di preparare e aggiornare le agende strategiche di ricerca e sviluppo per i sistemi energetici intelligenti e di fornire informazioni al SET Plan.

La ETIP *Batteries Europe*³ è la piattaforma di riferimento per gli *stakeholder* che si occupano di tecnologie di accumulo elettrochimico. Questa ETIP, dedicata alla definizione delle esigenze di ricerca e innovazione mirate allo sviluppo tecnologico delle batterie.

Batteries Europe (ETIP BE) è stata lanciata, nel giugno 2019, come piattaforma aperta che coinvolge esperti industriali e accademici di alto livello. La ETIP BE mira ad accelerare la creazione di un’industria europea delle batterie competitiva a livello globale, guidando l’attuazione delle azioni di ricerca e innovazione relative alle batterie del piano strategico per le tecnologie energetiche (SET) e dell’agenda strategica per la ricerca e l’innovazione sui trasporti. La piattaforma ha il compito di creare l’Agenda strategica europea per la ricerca (SRA) insieme alle corrispondenti roadmap di ricerca che coprono tutte i segmenti della catena del valore delle batterie, oltre a facilitare un forum unico per affrontare temi trasversali come l’istruzione e le competenze, la sostenibilità, la sicurezza e ruolo della digitalizzazione nella tecnologia delle batterie. Inoltre,

² <https://www.etip-snet.eu/>

³ https://energy.ec.europa.eu/topics/research-and-technology/batteries-europe_en

Batteries Europe ospita un gruppo di coordinamento nazionale e regionale (NRCC) che fornisce un forum di comunicazione e cooperazione tra Stati membri e paesi associati, che riduce la duplicazione degli sforzi di ricerca e produce effetti sinergici.

3.1 Documenti programmatici pubblicati da ETIP Batteries Europe nel 2021

Nel corso del 2021 la ETIP BE ha prodotto dei Position Paper sugli argomenti trasversali di competenza delle quattro task force (Sustainability, Digitalization, Education& Skills, Safety), e le roadmap relative ad ognuno dei 6 working group:

- WG1 - Tecnologie nuove ed emergenti
- WG2 - Materie prime e riciclo
- WG3 - Materiali avanzati
- WG4 - Progettazione e produzione di celle
- WG5 - Applicazione e integrazione: mobile
- WG6 - Applicazione e integrazione: stazionario

Infine, è stato pubblicato un documento che riguarda la metodologia di reporting per quanto riguarda i risultati scientifici sulle batterie.

3.1.1 Education and Skills Task Force - Position Paper

Le competenze sono un fattore cruciale per il successo nel campo delle batterie e per garantire la leadership tecnologica.

L'UE ha una posizione di mercato consolidata nella produzione di batterie tradizionali, in particolare nelle batterie al piombo per l'avviamento dei motori, UPS (gruppo di continuità) e carrelli elevatori. L'UE è forte anche quando si tratta di batterie al nichel, batterie utilizzate intensamente nei settori industriali di fascia alta, come il trasporto ferroviario e l'aviazione. Quando si trattava di batterie al litio, SAFT e Varta erano importanti attori globali per applicazioni di nicchia di fascia alta come applicazioni nei settori della difesa e spaziale o apparecchi acustici, nonché le prime auto e autobus ibridi. Tuttavia, poiché i principali mercati di massa degli ioni di litio erano legati a computer, telefoni cellulari e altri dispositivi portatili, la produzione di massa è stata sostanzialmente stabilita vicino ai siti di produzione di questi dispositivi elettronici di consumo: in Asia, ovvero in Giappone, seguita da Corea e Cina. Nel 2020, l'Europa ha ospitato solo il 6% della capacità di produzione mondiale di batterie, ma ha rappresentato oltre il 20% della domanda globale di batterie. Poiché le batterie sono diventate una tecnologia abilitante chiave per decarbonizzare sia il settore dei trasporti che il sistema elettrico, e poiché la domanda di batterie, principalmente tecnologie a base di litio per il prossimo decennio, crescerà in modo esponenziale, l'Europa ha riconosciuto l'urgente necessità di stimolare la creazione di una catena del valore competitiva e sostenibile per la produzione in serie di batterie al litio. Insieme alla tecnologia, all'innovazione e alla capacità di investimento, una delle sfide principali è garantire la fornitura di forza lavoro qualificata.

Northvolt, uno dei primi nuovi arrivati nella produzione di massa di batterie al litio nell'UE, ha iniziato assumendo il suo team principale di specialisti di batterie dall'estero. Saft e Varta, a loro volta, potrebbero beneficiare dell'esperienza di specialisti di prim'ordine coltivati in casa nelle tecnologie e nella produzione di batterie al litio di fascia alta. Uno spostamento della forza lavoro dalle tecnologie tradizionali e consolidate delle batterie si è verificato solo in modo molto limitato: la domanda di batterie al litio si aggiunge ai mercati tradizionali esistenti (e ancora in crescita), il che significa che la forza lavoro esistente non viene licenziata. Le competenze richieste sono abbastanza specifiche e diverse da quelle per la tecnologia al litio in quanto tale, per l'elettronica della batteria, per l'alta automazione delle linee di produzione di massa, e per nuove applicazioni nei settori dell'elettromobilità e delle infrastrutture elettriche. Anche se ovviamente esistono sinergie con l'elettrochimica convenzionale, con altre industrie di componenti elettrici ed elettronici e persino con industrie alimentari utilizzate per gestire camere bianche, liquidi, rivestimenti e altri processi simili, **la sfida principale consiste nell'aumentare il numero di forza lavoro addestrata in tutte le aree della catena del valore, dalla lavorazione delle materie prime, alla produzione di celle e all'assemblaggio e integrazione di sistemi, abbracciando la ricerca e sviluppo, le industrie e le imprese di produzione e utenti finali.**

Come si è adeguata l'offerta formativa alle nuove esigenze nel settore della produzione di batterie? Il settore dell'istruzione dell'UE ha iniziato ad adeguare gradualmente la propria offerta per accogliere la necessità di nuovi specialisti, nonché la necessità di riqualificare gli specialisti esistenti. Di recente sono stati lanciati corsi e programmi di istruzione superiore particolarmente rilevanti, insieme a una serie di programmi professionali e corsi online. Inoltre, alcuni Stati membri hanno adottato alcune misure per far fronte alla necessità di programmi di formazione professionale. Lo sforzo di riqualificazione è stato sostenuto attraverso programmi a livello europeo, compreso il programma Erasmus+ Sector Skills Alliances. La commissione europea finanzia il progetto ALBATTIS (The Alliance for Batteries Technology, Training and Skills), che ha lo scopo di delineare un progetto per le competenze e schemi di formazione del futuro nel settore delle batterie e dell'elettromobilità.

È chiaro che bisogna ancora fare molto per essere in grado di soddisfare la domanda sempre crescente di batterie con un'offerta competitiva e sostenibile di batterie prodotte nell'UE. La formazione, il miglioramento delle competenze e la ricerca si svolgeranno principalmente a livello locale, ma è chiaramente necessaria una certa facilitazione a livello europeo per promuovere la cooperazione, lo scambio di conoscenze e le sinergie. Pertanto, la recente proposta di EBA250 Academy⁴ – facilitata da EIT InnoEnergy – arriva come un gradito passo. Il documento⁵ sviluppato dalla Task Force sulle competenze di Batteries Europe analizza quali competenze sono più necessarie e come possiamo ottenerle in un lasso di tempo ragionevole.

3.1.2 Sustainability Task Force - Position Paper⁶

Sebbene l'Europa rimanga uno dei leader nella ricerca e innovazione sulle batterie, l'industria delle batterie e la catena del valore in Europa sono relativamente modeste rispetto all'Asia e dipendono dalle importazioni e dalle spedizioni internazionali di materie prime, componenti e celle complete. **La chiave della competitività della nascente industria delle batterie in Europa può essere la sostenibilità.** La sostenibilità deve quindi essere considerata in ogni fase della catena del valore. Il concetto di sostenibilità nelle sue tre dimensioni (economia, ambiente e società) potrebbe essere un importante fattore di differenziazione delle tecnologie delle batterie dell'UE nel panorama competitivo internazionale. La ricerca e sviluppo non è necessaria solo per raggiungere KPI ambiziosi a livello di prodotto e processo, ma anche per implementare metodi, indicatori e regole in tutto il settore per garantire l'impatto desiderato. Ciò richiede una stretta collaborazione con i responsabili politici per stabilire un quadro normativo adeguato e garantire la competitività nell'industria europea.

Gli strumenti e le metodologie per eseguire l'analisi del ciclo di vita ambientale, economica e sociale (LCA, LCC e S-LCA) per quantificare le prestazioni di sostenibilità delle batterie devono essere ulteriormente sviluppati da una prospettiva olistica e indipendente dalla tecnologia. Sono necessarie azioni di ricerca e innovazione per sviluppare fonti di dati ed espandere le metodologie per coprire l'ampia gamma di aspetti della sostenibilità e garantire trasparenza e comparabilità nei diversi aspetti della sostenibilità tra tutti i tipi di batterie e altre tecnologie di stoccaggio dell'energia. L'innovazione deve anche affrontare il fatto che la sostenibilità è una questione trasversale con molti obiettivi contrastanti. Sebbene consideri l'interazione e le ponderazioni delle potenziali parti interessate, l'analisi delle decisioni multicriteri (MCDA) consente la valutazione della sostenibilità affrontando le diverse dimensioni della sostenibilità:

- **Sostenibilità economica:**

Le attività tecniche di ricerca e innovazione, in quanto fattore chiave per l'elettrificazione, contribuiranno allo sviluppo tecnico e alla riduzione dei costi nella produzione delle batterie. La progettazione e lo sviluppo devono considerare anche la sostenibilità economica come la criticità delle materie prime, la riciclabilità, le sensibilità geopolitiche nelle catene del valore dei componenti dei materiali e delle celle delle batterie, la competitività relativa alle importazioni di celle, componenti e materie prime delle batterie in Europa e lo sviluppo di nuovi modelli di business per le applicazioni. In tale contesto, l'economia circolare è fondamentale: occorre considerare la seconda vita e/o il riciclo. Ciò dipenderà fortemente dal tipo di applicazioni e dai requisiti per le applicazioni

⁴ <https://www.eba250.com/eba-academy/about-eba-academy/>

⁵ https://energy.ec.europa.eu/education-and-skills-task-force-position-paper_en

⁶ https://energy.ec.europa.eu/sustainability-task-force-position-paper_en

di seconda vita (sicurezza, formato, durata, costi...) nonché dal tipo di tecnologia delle batterie che arriva al termine della loro prima vita (materiali utilizzati, ovvero quantità di cobalto-, sicurezza, formato...) e il loro precedente modello di utilizzo. In tal senso, i dati disponibili tramite il *passaporto della batteria* sono fondamentali per consentire la scelta tra la seconda vita o il riciclo.

- **Sostenibilità sociale:**

Le attività di ricerca, sviluppo e innovazione devono anche contribuire a una maggiore sostenibilità sociale nella catena del valore della batteria, affrontare la necessità di competenze e formazione, considerare l'uso di materiali e componenti con rischi critici legati ai diritti dei lavoratori e agli aspetti etici e sviluppare nuovi strumenti e meccanismi per garantire sicurezza, trasparenza, tracciabilità e mitigazione dei rischi nella catena del valore.

- **Sostenibilità ambientale:**

Le future attività di ricerca e sviluppo sulle batterie devono affrontare anche **la sostenibilità ambientale sviluppando metodologie e tecnologie per ottimizzare la produzione di batterie, ridurre al minimo l'uso di risorse ed energia e cercare di ottenere il minor impatto ambientale possibile delle batterie**. Poiché le batterie sono prodotti ad alta intensità energetica -che ancora dipende fortemente dall'energia fossile-, vi è una chiara necessità di ridurre al minimo l'uso di combustibili, acqua, prodotti chimici e materie prime per migliorare le prestazioni ambientali e stimolare l'uso di energia rinnovabile lungo la catena del valore. Le tecnologie di oggi dipendono in molti casi anche dall'uso di sostanze pericolose. Sono necessari sforzi lungo tutta la catena del valore per garantire la gestione sicura dei materiali pericolosi, la sostituzione dei materiali pericolosi con alternative più sicure, se possibile, e la riduzione dei materiali pericolosi ove possibile. Anche le prestazioni ambientali delle batterie e l'accesso alle materie prime dipendono fortemente dalla gestione del fine vita e dalle tecnologie di riciclo. Gli aspetti aziendali, sociali, tecnici e ambientali del riciclo devono essere sviluppati e valutati in un approccio olistico, dalla progettazione alla gestione del fine vita.

Affinché la catena del valore delle batterie soddisfi i requisiti di sostenibilità necessari per creare una forte industria delle batterie in Europa, devono ancora essere superate sfide specifiche. Oltre all'implementazione del nuovo regolamento sulle batterie, la ricerca e l'innovazione sono ancora necessarie per realizzare un futuro sistema di batterie con prestazioni e impatto ambientale significativamente migliori rispetto a quelli odierni. È necessario eseguire la tracciabilità e la *due diligence* da parte dei fornitori di materiale per batterie, dei produttori e degli utenti finali. Infine, le azioni di divulgazione verso i clienti finali attraverso l'introduzione di una nuova "etichetta di sostenibilità" che va molto più in là dell'attuale "etichetta ecologica" potrebbero aiutare a superare il dilemma tra sostenibilità e competitività.

3.1.3 Safety Task Force - Position Paper⁷

Le batterie agli ioni di litio sono ancora considerate pericolose dalla nostra società, poiché gli incidenti segnalati a volte sono spettacolari e il loro trattamento da parte dei media suscita curiosità e preoccupazione per la loro sicurezza nell'opinione pubblica. Tuttavia, sono stati intrapresi sostanziali sforzi di ricerca e innovazione a diversi livelli per comprendere, rilevare, identificare e mitigare possibili pericoli (emissione di gas, calore, incendio, proiezioni...). Questi progressi sono associati al successo dello sviluppo di standard dedicati (ISO, IEC, CEN-CENELEC, ecc) e regolamenti (UNECE R100, regolamento modello ONU per il trasporto di merci pericolose, ecc.). Di conseguenza, gli odierni sistemi di batterie hanno raggiunto un buon livello di sicurezza.

⁷ https://ec.europa.eu/energy/topics/technology-and-innovation/batteries-europe/news-articles-and-publications_en

È stata pubblicata una nuova proposta di regolamento sulle batterie a livello europeo che rafforzerà ulteriormente i requisiti per i test di sicurezza⁸.

L'investimento in ulteriori risorse nelle azioni di ricerca e innovazione e nella standardizzazione per la sicurezza delle batterie è fondamentale per garantire la fiducia e l'adozione diffusa della mobilità elettrica e dell'accumulo di energia elettrochimica nella nostra società. La ricerca sulle batterie si traduce in tecnologie sempre nuove per le batterie e una crescente varietà di casi d'uso. Tutti questi progressi e le evoluzioni dei casi d'uso (stoccaggio stazionario di grandi dimensioni, applicazioni pesanti, ...) devono essere previsti e allineati ai requisiti di sicurezza, ai protocolli o al quadro normativo. Ciò fornirà soluzioni sicure, efficienti in termini di costi e rapide al mercato delle batterie, aumentando così la competitività dell'UE.

La sicurezza deve essere vista dal punto di vista dell'intera catena della batteria. Il miglioramento della sicurezza a qualsiasi livello specifico della catena del valore, ad esempio a livello dei materiali, dovrebbe essere vantaggioso per tutti gli altri livelli. Non si limita all'uso previsto e deve essere considerato in un ambito molto più ampio lungo l'intera catena del valore e include:

- Movimentazione dei materiali, lavorazione dei componenti, produzione/assemblaggio di celle, moduli e sistemi, installazione di sistemi di batterie.
- Uso, manutenzione, riparazione e seconda vita del prodotto nel suo ambiente applicativo.
- Smontaggio, movimentazione, trasporto, stoccaggio e riciclo di rifiuti, batterie danneggiate e difettose.

La creazione e l'adeguamento degli standard esistenti per abbracciare l'intera catena del valore delle batterie è di grande importanza. A livello di materiali, ad esempio, è necessario lo sviluppo di una metodologia di valutazione della sicurezza. A livello di produzione, le metodologie per migliorare la gestione della sicurezza sarebbero molto vantaggiose, considerando, ad esempio, la manipolazione delle nanoparticelle dei materiali, i processi di upscaling e lo sviluppo di progetti sicuri. L'adeguamento degli standard e delle strategie già sviluppati per i sistemi di gestione delle batterie (BMS, BTMS) necessita di un continuo aggiornamento. Le norme e le strategie di gestione esistenti dovrebbero essere mantenute aggiornate in vista dello sviluppo di nuove tecnologie e offrire misure di individuazione precoce e mitigazione per ciascuna di esse. Il loro sviluppo deve essere supportato da una continua ricerca. Sono necessarie linee guida per l'uso di idonei mezzi estinguenti che dovrebbero basarsi sui risultati di prove e modelli sperimentali. Inoltre, per evitare che i test di sicurezza diventino il collo di bottiglia del settore, è necessario un lavoro continuo sui protocolli di test. Ciò dovrebbe comportare i test più appropriati e ridurre la durata e la complessità.

Ulteriori miglioramenti della sicurezza della batteria, in particolare quelli che incidono sulla sicurezza intrinseca dei componenti elettrochimici, possono ridurre lo sforzo, il costo e il rischio relativi ad altre misure attualmente necessarie per garantire la sicurezza della batteria.

I nuovi progressi nella tecnologia delle batterie come le batterie allo stato solido o le batterie con soluzioni a base acquosa, la sostituzione di elettroliti infiammabili o altri componenti volatili possono comportare un notevole miglioramento della sicurezza e avere un impatto significativo sul costo dei sistemi di batterie. Le tecnologie dei sensori che forniscono un feedback diretto ai sistemi di gestione della batteria possono migliorare la sicurezza. Le tecnologie di autorigenerazione possono anche servire per evitare pericolosi eventi di degrado. Nuovi progressi dovrebbero comportare meno componenti, meno costi e meno rischi complessivi.

L'automazione dei processi e la robotica potrebbero svolgere un ruolo chiave in diverse parti della catena del valore delle batterie, come la produzione, la movimentazione, il trasporto, il riciclo e lo stoccaggio di rifiuti e batterie danneggiate o difettose. Ad esempio, lo sviluppo di procedure automatizzate sicure può essere utilizzato per produrre batterie in sicurezza, evitando qualsiasi tipo di interazione umana. Inoltre, possono essere automatizzati anche i processi per smontare pacchi e moduli, per identificare elementi idonei alla seconda vita o per separare celle che presentano potenziali difetti. Lo sviluppo di processi automatizzati per lo smontaggio amplierà il riutilizzo delle celle di seconda vita nelle applicazioni stazionarie. Implementando tali procedure, sarà ridotta la necessità di personale in prossimità di possibili situazioni pericolose.

⁸ https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/batteries-and-accumulators_en

La sostenibilità è l'obiettivo principale dell'approccio presentato. Le applicazioni di seconda vita e l'estensione della vita delle batterie usate sono una delle soluzioni ecologiche attualmente affrontate. In questo campo è necessario sviluppare strumenti diagnostici adeguati per selezionare le batterie riutilizzabili e gestire i nuovi rischi associati. Ad oggi mancano i metodi per la diagnosi dello stato di sicurezza delle singole celle (SoS). Lo sviluppo di batterie sicure e sostenibili in Europa comporta molte sfide tecniche. Al di là delle contromisure tecniche, è necessaria la formazione di professionisti che lavorano ai diversi livelli della catena del valore delle batterie circolari per gestire correttamente le batterie, essendo in grado di riconoscere ed evitare situazioni pericolose. Ciò vale anche per gli utenti finali e il personale di emergenza (vigili del fuoco...).

3.1.4 Digitalization Task Force - Position Paper⁹

Le tecnologie digitali ottimizzeranno il valore che i sistemi di accumulo delle batterie possono apportare alla decarbonizzazione dell'economia dell'UE. Allo stesso tempo, vengono creati modelli di business innovativi, offrendo in tal modo opportunità ai nuovi stakeholder energetici, creando nuovi posti di lavoro per l'economia circolare e portando l'Europa in prima linea nella lotta ai cambiamenti climatici. L'alto livello di competenza in digitale, ingegneria e scienza è un fattore chiave di successo per l'Europa.

Lo sviluppo delle tecnologie digitali è necessario per migliorare l'industrializzazione delle nuove batterie e ridurre il *time to market*. La progettazione di algoritmi di apprendimento automatico accelererà la scoperta di materiali così come lo sviluppo della caratterizzazione dei materiali e delle celle della batteria basata sull'intelligenza artificiale. La combinazione di strumenti di ingegneria assistita da computer e misurazioni sperimentali aiuterà a comprendere e prevedere le prestazioni della batteria. L'utilizzo di tali strumenti e metodi sarà essenziale per un'industria competitiva in Europa. I *digital twin* possono essere utilizzati durante le fasi di scoperta, ricerca e sviluppo, produzione e utilizzo per migliorare le prestazioni della batteria, la durata, la sicurezza, la producibilità e la riciclabilità. È possibile sviluppare metodi di analisi dei big data e alimentare i *digital twin*, mentre l'analisi dei dati basata sull'IoT migliora il ciclo di manutenzione. La progettazione di metodologie sperimentali può trarre vantaggio dai *digital twin* per accelerare l'industrializzazione di nuove batterie. Infine, lo sviluppo di un'infrastruttura di dati sulle batterie aiuterà ogni attore ad accedere alle informazioni necessarie e faciliterà il riciclo sicuro delle batterie. I dati raccolti durante il ciclo di utilizzo, utilizzando le tecnologie di comunicazione wireless, possono fornire ai consumatori informazioni su prestazioni e invecchiamento (ad es. SoC, SoH).

La scoperta automatizzata dei materiali mira ad aumentare il ritmo di sviluppo di nuove chimiche per batterie. Si potrà garantire la flessibilità e la competitività della produzione europea di celle per batterie facendo uso di concetti avanzati di Industria 4.0.

Tutte le parti interessate della catena di approvvigionamento beneficeranno di una tracciabilità trasparente e a prova di frode dell'intero ciclo di vita, dalla materia prima al fine vita, sotto forma di passaporto digitale per le batterie, come attualmente proposto nella proposta di regolamento sulle batterie (COM (2020) 798/3)¹⁰ e monitoraggio SoC/SoH avanzato basato su sensori e utilizzo di big data analytics.

Inoltre, i servizi di flessibilità basati sulla batteria saranno notevolmente agevolati dall'accesso in tempo reale alle informazioni sui sistemi di gestione delle batterie (BMS) previsto nelle proposte di modifica della direttiva sulle energie rinnovabili (COM(2021) 557, nuovo articolo 20 bis).

L'interconnessione digitale di sistemi di accumulo centralizzati e decentralizzati mediante l'ibridazione e l'uso multiplo di sistemi di accumulo di energia a batteria (BESS) in portafogli flessibili sarà un passo importante verso la democratizzazione dei sistemi energetici.

In termini generali, la digitalizzazione degli asset di batterie in Europa potrà:

- abilitare l'economia della condivisione e aumentare la partecipazione sociale nel rapporto di proprietà in evoluzione tra persone, processi e prodotti;
- sbloccare tutti i livelli di un sistema energetico altamente dinamico per l'energia, le industrie e le operazioni dei loro clienti;

⁹ https://energy.ec.europa.eu/system/files/2022-01/Digitalization%20Task%20Force%20-%20Position%20Paper_0.pdf

¹⁰ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A52021PC0559;>

https://ec.europa.eu/info/news/commission-presents-renewable-energy-directive-revision-2021-jul-14_en

- sostenere l'obiettivo europeo di un'industria delle batterie più sostenibile, più sicura e meno dipendente dalle materie prime di provenienza estera;
- migliorare l'impatto sociale per l'occupazione e il vantaggio competitivo dell'Europa.

Inoltre:

- L'intelligence dei dati e i servizi digitali per i clienti aumenteranno in modo esponenziale con un ruolo preponderante delle aziende IT globali. I dati avranno un grande valore tecnico e commerciale, per creare servizi a valore aggiunto per la società e l'industria.
- La digitalizzazione copre l'intera catena del valore, facilita l'interconnessione di diversi cicli e coinvolge modelli di scienza dei dati complessi che utilizzano dati eterogenei provenienti da varie fonti e fasi, mentre i big data circolano attraverso sistemi e processi.

Un aspetto importante è l'integrazione dei dati digitali a vantaggio dei consumatori e delle imprese, come l'accesso alle informazioni di facile utilizzo necessarie per tracciare l'impronta di carbonio, riutilizzare e riciclare le batterie. La proposta di regolamento sulle batterie (COM(2020) 798/3) attualmente in discussione getterà le basi per la creazione dello spazio di dati necessario. L'altro aspetto dell'integrazione dei dati digitali è migliorare la flessibilità del sistema e consentire tassi di penetrazione delle energie rinnovabili più elevati in Europa, attraverso due azioni principali:

- Facilitare una solida ricerca, innovazione e implementazione di soluzioni software necessarie per monetizzare BESS fornendo servizi multipli attraverso la creazione di pool di flessibilità, l'ibridazione e l'apertura dell'accesso a più mercati energetici.
- Garantire l'interoperabilità attraverso l'allineamento degli standard esistenti dai domini delle utility e ICT, tra dispositivi/risorse e sistemi per abilitare servizi BESS innovativi.

Ciò sarà facilitato dall'accesso in tempo reale alle informazioni sui sistemi di gestione delle batterie previste nelle proposte di modifica della direttiva sulle energie rinnovabili (nuovo articolo 20 bis).

La responsabilizzazione del consumatore sarà un aspetto vitale della nuova economia energetica. La democratizzazione e l'espansione del settore dello stoccaggio delle batterie genereranno nuove richieste all'interno del mercato e daranno vita a una nuova generazione di servizi innovativi e di start-up o PMI.

Le iniziative digitali che vanno dalla gestione delle prestazioni degli asset e delle piattaforme in tempo reale all'integrazione di soluzioni per lo stoccaggio dell'energia e per i clienti avranno un forte impatto sul futuro della nostra Europa. Gli impatti principali sono: creazione di valore, rivoluzione del mercato energetico e creazione di nuovi posti di lavoro. L'intensa attenzione dell'Europa sulle batterie, l'aumento della domanda dei clienti e il rapido sviluppo delle energie rinnovabili aiuteranno a far evolvere l'economia portando a notevoli benefici socioeconomici in cui il campo della digitalizzazione conterà fino al 25% degli investimenti e dei posti di lavoro creati.

3.1.5 Roadmap WG1: “Tecnologie nuove ed emergenti”¹¹

Questa roadmap descrive una visione a lungo termine delle tecnologie nuove e emergenti previste per le batterie che arriveranno fino al 2050.

La roadmap si concentra su:

- Sviluppo di nuove chimiche e concetti di batterie (vedi figura 3.1) per una vasta gamma di applicazioni presenti e future (Tema 1);
- Accelerare lo sviluppo e l'ideazione delle batterie attraverso la realizzazione di nuovi strumenti nella nuova area della digitalizzazione (Tema 2);

Oggi, le batterie agli ioni di litio (LIB) sono un fattore chiave per la decarbonizzazione dell'economia mondiale. Allo stesso tempo, la transizione energetica creerà nuove opportunità per una varietà di diverse tecnologie di batterie per soddisfare i requisiti di sicurezza, sostenibilità, circolarità, durata del ciclo, prestazioni e costi. Per raggiungere questi obiettivi si raccomanda di:

1. Promuovere una collaborazione paneuropea per accelerare la prossima chimica delle batterie creando infrastrutture per una cooperazione rafforzata.

¹¹ https://energy.ec.europa.eu/roadmap-new-and-emerging-technologies_en

2. Impostare programmi di formazione per aiutare l'industria nella conversione a nuove tecniche e tecnologie emergenti.
3. Stimolare la ricerca a lungo termine per sfruttare appieno le nuove chimiche delle batterie e consentire scoperte rivoluzionarie.
4. Reti di ricerca per ispirare e attrarre giovani menti brillanti e promuovere l'istruzione a tutti i livelli.
5. Facilitare l'accesso alle infrastrutture chiave e alle piccole linee di pre-pilota a livello europeo per accelerare lo sviluppo di nuove tecnologie per le batterie.
6. Incoraggiare con incentivi l'industria a impegnarsi nella ricerca in fase iniziale al fine di promuovere il trasferimento di tecnologia.
7. Risorse specifiche per monitorare il raggiungimento dei KPI per le tecnologie delle batterie nuove ed emergenti, comprese le azioni verso:
 - a. Identificazione di nuove chimiche per applicazioni esistenti e nuove;
 - b. Promuovere e facilitare la brevettazione;
 - c. Individuazione di tecnologie pronte per lo sviluppo industriale;
8. Incoraggiare gli Stati membri a sostenere la ricerca di base favorendo la collaborazione internazionale.

Questa roadmap ha lo scopo di fornire indicazioni e suggerimenti sulle tecnologie di celle di prossima generazione oltre la generazione 3 e 4 definite nel SET Plan.

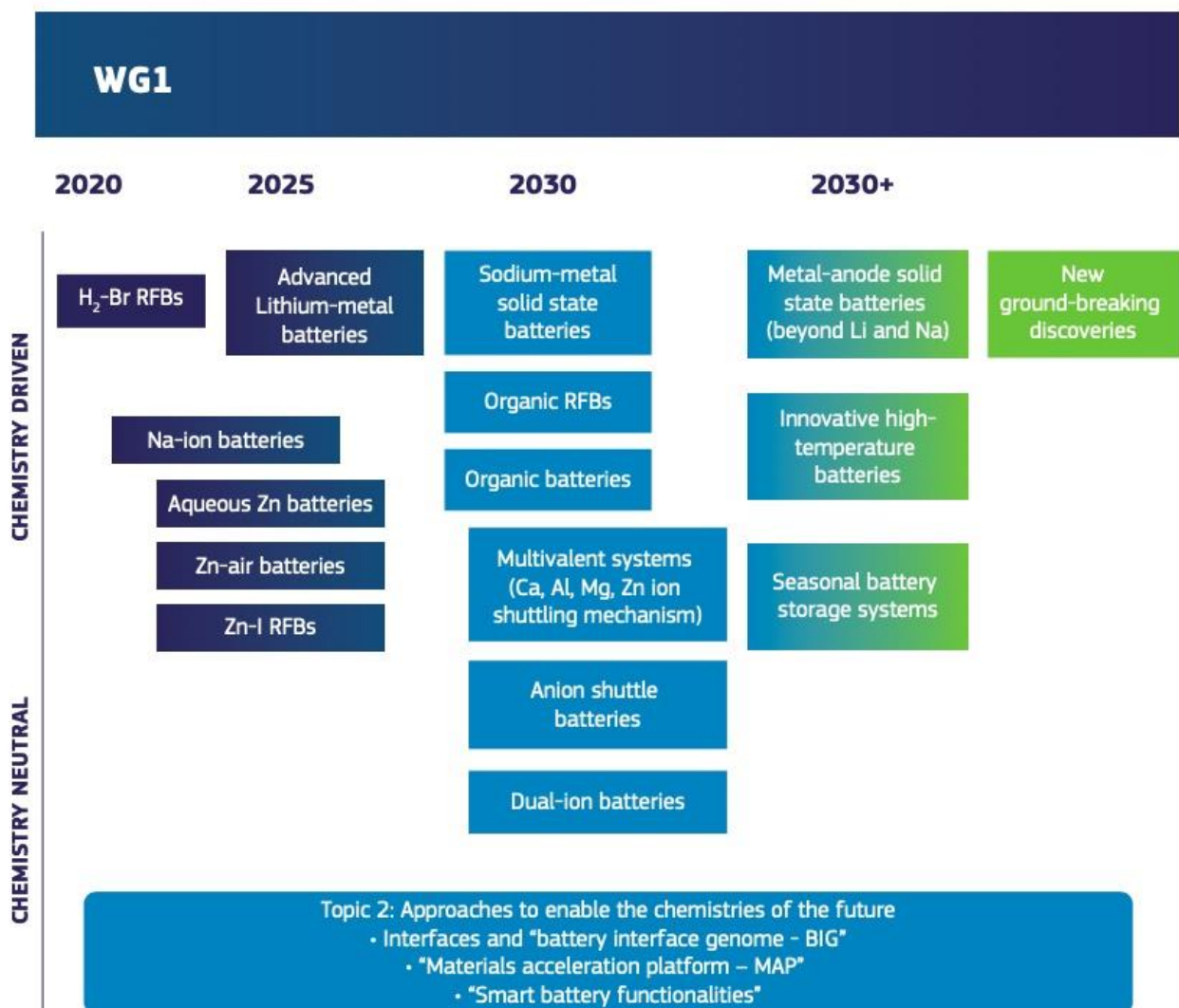


Figura 3.1 – rappresentazione grafica dei temi della roadmap WG1. Le tecnologie descritte nella roadmap sono disposte sulla linea del tempo secondo quando è previsto per loro uno scatto di maturità tecnologica.

3.1.6 Roadmap WG2: “Materie prime e riciclo”¹²

L'obiettivo di Batteries Europe è sviluppare una catena del valore delle batterie competitiva e sostenibile in Europa attraverso la ricerca e l'innovazione con l'obiettivo di sostenere la catena del valore industriale. Attualmente, l'Europa dipende dalle materie prime e dalle celle importate. Sono in corso progetti su larga scala per la produzione di celle, ma il settore delle materie prime è in ritardo nello sviluppo della capacità di fornire le materie prime necessarie, alcune delle quali sono classificate come materie prime critiche (CRM). Poiché si prevede che l'Europa continuerà a dipendere dalle materie prime importate, sono necessari standard di sostenibilità armonizzati. Per avere condizioni di parità, standard simili dovrebbero essere applicati a materie prime, prodotti intermedi e componenti acquistati sia all'interno che all'esterno dell'UE. L'estensione della fase di utilizzo della batteria e la raccolta e il riciclo efficienti delle batterie a fine vita (EoL) sono necessari per un ecosistema di batterie veramente sostenibile.

È possibile ottenere una migliore comprensione della scorta di materie prime per batterie negli Stati membri armonizzando le pratiche di valutazione e rendicontazione nonché mediante attività di esplorazione coordinate per affrontare i giacimenti più promettenti. Le soluzioni tecnologiche per tracciare i materiali certificati lungo tutta la catena del valore dovrebbero essere sperimentate e implementate. Sono necessarie ulteriori attività di ricerca e innovazione per sviluppare concetti di elaborazione modulari per un facile ampliamento e per ridurre i rischi degli investimenti nel settore delle materie prime. Il recupero e il riciclo dei reagenti e dell'acqua all'interno dei processi dovrebbero essere migliorati.

La raccolta delle batterie di elettronica di consumo dovrebbe essere migliorata e il ritiro completo delle batterie industriali ed EV dovrebbe essere garantito. Sono necessarie soluzioni di trasporto standard per la logistica inversa sicura delle batterie, in particolare le grandi batterie elettriche e industriali. Soluzioni digitali, condivisione dei dati e standard di etichettatura più dettagliati, come il *Battery Passport* proposto nel nuovo regolamento europeo per le batterie, sono necessari per facilitare lo smistamento e il riciclo delle batterie a fine vita. Inoltre, sono necessari protocolli diagnostici standard per qualificare le batterie a fine vita per il riutilizzo, la rigenerazione o il riuso per un secondo utilizzo o per indirizzarle al riciclo. Dovrebbero essere sviluppati processi (semi)automatizzati per il recupero energetico e lo smantellamento sicuro dei pacchi e dei moduli più grandi.

I processi di riciclo dovrebbero essere ulteriormente migliorati per il recupero economico dei materiali chiave delle batterie (Ni, Cu, Co, Li) per raggiungere gli obiettivi della proposta di regolamento sulle batterie ed estesi per la valorizzazione dei materiali anodici e degli elettroliti. L'integrazione dei flussi primari e secondari da altri settori ai processi di riciclo delle batterie dovrebbe essere studiata per ridurre l'impronta di carbonio dei processi. Gli indicatori chiave di prestazione dei processi di riciclo dovrebbero essere resi disponibili per il processo decisionale.

La valutazione della sostenibilità del ciclo di vita (LCSA) comprendente aspetti ambientali (LCA), economici (LCC) e sociali (S-LCA) dovrebbe essere utilizzata per la valutazione dei diversi materiali e processi. Il set di dati dell'inventario del ciclo di vita (LCI) dovrebbe essere migliorato e reso apertamente accessibile. I dati aggregati e proxy dovrebbero essere sostituiti da dati più specifici sui depositi regionali di materie prime, nonché da indicatori specifici del processo di produzione e riciclo. Infine, l'analisi del flusso di materiali (AMF) dovrebbe essere applicata a livello regionale, europeo e globale, nonché a livello di prodotto e processo per acquisire una comprensione più approfondita dei flussi degli elementi chiave, in particolare dei CRM. L'AMF dovrebbe essere ulteriormente applicata per elaborare scenari futuri e affrontare, ad esempio, la disponibilità di materie prime secondarie per calcolare gli obiettivi per il contenuto riciclato nelle future batterie.

Le raccomandazioni chiave del WG2 sono:

1. Contribuire all'armonizzazione dei metodi di stima delle riserve/risorse di materie prime per batterie negli Stati membri (conforme a CRIRSCO).
2. Soluzioni tecniche pilota per tracciare i materiali certificati all'interno della catena del valore.
3. Sviluppare processi (semi)automatizzati per il recupero energetico e lo smantellamento di pacchi e moduli di batterie per veicoli elettrici e industriali.

¹² https://energy.ec.europa.eu/roadmap-raw-materials-and-recycling_en; https://energy.ec.europa.eu/batteries-europe-raw-materials-and-recycling-roadmap_en

4. Contribuire allo sviluppo di metodi di valutazione SoC/SoH standard per batterie EoL e criteri di qualità per il riutilizzo/riutilizzo rispetto al riciclo dei rifiuti.
5. Migliorare i processi di riciclo per il recupero economico degli elementi chiave per raggiungere gli obiettivi della proposta di regolamento sulle batterie.
6. Ridurre l'impronta di carbonio dei processi di riciclo integrando flussi di materiali secondari provenienti da altri settori come materie prime per prodotti chimici di utilità.
7. Studiare la valorizzazione dei materiali anodici delle batterie EoL.
8. Creare dati LCA/LCI affidabili e ad accesso aperto per materie prime primarie e secondarie, prodotti chimici per batterie e materiali attivi, nonché processi di produzione e riciclo, compreso l'uso di diverse fonti di energia.
9. LCSA pilota che includa aspetti ambientali (LCA), economici (LCC) e sociali (S-LCA) all'interno di diverse parti della catena del valore del materiale della batteria.

Altri consigli:

10. Contribuire a stabilire uno standard comune per l'approvvigionamento di materiali e componenti all'interno e all'esterno dell'UE.
11. Proporre strumenti digitali per la condivisione dei dati all'interno della catena del valore (es. Battery Passport).
12. Fornire i dati chiave dei processi di riciclo per il supporto decisionale: (dati LCA, dati sull'impronta di carbonio, efficienza del riciclo, quota di contenuto riciclato destinato a batterie nuove...).

3.1.7 Roadmap WG3: "Materiali avanzati"¹³

Poiché dal 50 al 70% del costo di una cella della batteria è il costo del catodo, dell'anodo, del separatore e dei materiali dell'elettrolita, i materiali avanzati sono fondamentali per un'ulteriore riduzione dei costi e la diffusione del mercato. La ricerca e l'innovazione in materiali avanzati consente lo sviluppo di celle per batterie più efficienti in termini di costi, più performanti, più sicure e più sostenibili. La ricerca e l'innovazione nei materiali delle batterie si concentra principalmente sull'aumento della densità di energia delle celle della batteria per prestazioni migliori e competitività in termini di costi per applicazioni specifiche. Esistono varie chimiche per batterie e sono in fase di ulteriore sviluppo. Le caratteristiche chimiche della batteria possono variare a seconda dell'applicazione (mobile o stazionaria). Nel settore della mobilità, l'attenzione si concentra sulla chimica delle batterie agli ioni di litio, con ricerca e innovazione principalmente sulle batterie allo stato liquido (generazione 3) con una spinta verso le batterie allo stato solido (generazione 4), oltre a una prospettiva a lungo termine in cui la ricerca e l'innovazione sono condotte su chimiche delle batterie di quinta generazione. Nella ricerca e innovazione per applicazioni di stoccaggio stazionario, accanto alle batterie agli ioni di litio, ci sono numerosi sviluppi incentrati sulle batterie agli ioni di Na, sulle innovative batterie a flusso redox e sulle batterie ricaricabili metallo-aria. Per tutte queste chimiche, sono necessarie ulteriori attività di ricerca e innovazione per sviluppare i materiali avanzati più appropriati. Questa roadmap si concentra esclusivamente sulle esigenze di ricerca e innovazione nei materiali avanzati necessari per consentire i miglioramenti chiave previsti nelle tecnologie delle batterie agli ioni di litio. In effetti, si prevede che la tecnologia delle batterie agli ioni di litio rimarrà la tecnologia preferita per molti anni a venire, soprattutto nel settore della mobilità elettrica, mentre le soluzioni di batterie per applicazioni di stoccaggio stazionarie sono più flessibili a causa di una grande variazione dei requisiti per i diversi casi d'uso.

In questa roadmap, sono stati identificati cinque temi strategici:

- Argomento strategico n. 1 – Materiali di terza generazione per batterie agli ioni di litio per la mobilità
Sfida: sviluppare materiali avanzati che consentano una maggiore densità di energia/potenza grazie a una maggiore capacità e/o che funzionino a tensioni più elevate. L'obiettivo è lo studio dei materiali catodici ad elevata prestazione (NMC ricchi di nichel per alta capacità, spinelli / NMC Mn ricchi di Li per la tensione); l'ottimizzazione di materiali a base di fosfato a basso costo e ad alta sicurezza, ad es. LFP, LFMP...; lo sviluppo dei materiali anodici (grafite contenente Si(Ox), degli elettroliti (formulazioni stabilizzate per entrambi gli elettrodi), dei leganti... e la loro interazione.

¹³ https://energy.ec.europa.eu/roadmap-advanced-materials_en

- Argomento strategico n. 2 – Materiali di quarta generazione per batterie agli ioni di litio per la mobilità
Sfida: sviluppare elettroliti allo stato solido, materiali catodici e materiali anodici con maggiore stabilità termica ed elettrochimica mirando a densità di energia/potenza più elevate, carica rapida, ciclabilità e maggiore sicurezza. Gli sviluppi spaziano dall'uso di materiali convenzionali all'anodo a base di metallo Li con o senza materiali catodici ad alta tensione.
- Argomento strategico n. 3 – Materiali per batterie agli ioni di litio per applicazioni di stoccaggio stazionario
Sfida: sviluppare sistemi di materiali (catodo, anodo, elettrolita, leganti...) per consentire l'utilizzo di batterie stazionarie agli ioni di litio in varie applicazioni su scala industriale. Per applicazioni superiori a > 100 MW, un rapporto potenza/energia $P/E < 1/3$ e per applicazioni commerciali ad alta potenza < 100 MW un rapporto potenza/energia di $P/E > 4$. Le strategie sui materiali vanno dal miglioramento della conduttività, dell'energia densità e durata nel caso di applicazioni su scala industriale, mentre l'attenzione è rivolta al miglioramento della conduttività e della capacità per applicazioni specifiche ad alta potenza.
- Argomento strategico n. 4 – Materiali avanzati per ridurre il peso delle batterie dei veicoli elettrici
Sfida: sviluppare materiali leggeri basati ad es. fibre di vetro, fibre di carbonio, nuova plastica, acciai ad alta resistenza, ecc. e che dimostrano un elevato rapporto resistenza/peso adatto per parti strutturali e funzionali dell'imballaggio della batteria
- Argomento strategico n. 5 – Materiali avanzati per consentire una ricarica ultraveloce
Sfida: sviluppo e ottimizzazione dei sistemi dei materiali (ad es. drogaggio, strato di particelle adatto per migliorare la conduttività degli elettroni e ridurre la lisciviazione) per consentire stazioni di ricarica ultraveloci facili da usare, sicure e affidabili con capacità di trasferimento di potenza superiore a 350 kW.

3.1.8 Roadmap WG4: "Progettazione e produzione di celle"¹⁴

L'industria europea della produzione di celle per batterie, in quanto settore strategico per l'economia europea, mira a diventare il leader mondiale nella produzione sostenibile e innovativa di celle per batterie, sostenendo al contempo l'elettrificazione dei trasporti a livello globale e fornendo soluzioni stazionarie di accumulo di energia per supportare la transizione verso le energie rinnovabili.

La complessità della cella e del suo processo di produzione richiede un approccio interdisciplinare in cui le competenze chiave europee devono essere raggruppate ed estese per promuovere una produzione di batterie di successo. La creazione di una catena di approvvigionamento verticale locale qualificata è essenziale per l'ecosistema europeo e per raggiungere questo obiettivo sono necessari sviluppi nella tecnologia di elaborazione, nella progettazione delle apparecchiature, nella produzione e nella digitalizzazione lungo tutta la catena del valore manifatturiero per implementare lo sviluppo di materiali già altamente innovativi nell'industria.

Le batterie di fabbricazione europea mirano non solo a ottenere prestazioni migliori -maggiore densità di energia, capacità di ricarica rapida-, ma anche a essere sicure, convenienti e le più innovative e sostenibili. Componenti e design innovativi delle celle, nonché processi e macchinari di produzione sono fondamentali per un continuo miglioramento delle prestazioni delle celle della batteria, riducendo contemporaneamente i costi e l'impatto ambientale. La produzione ecologica dei componenti delle celle (ad es. rivestimenti a base d'acqua o privi di solventi) è fondamentale. Inoltre, è necessario promuovere un processo di sviluppo e produzione del prodotto basato sulla conoscenza per evitare costose operazioni per tentativi ed errori. Ciò è valido sia per le attuali tecnologie di batteria all'avanguardia fino alla Generazione 3, sia per le prossime tecnologie di batterie a elettroliti solidi -Generazione 4- e per anticipare le esigenze di produzione e le soluzioni per le future tecnologie di batteria a venire -Generazione 5-.

Affinché l'Europa abbia pieno successo, l'intero ciclo di vita deve essere incluso nella progettazione del prodotto e nel processo di produzione per promuovere un'economia circolare in cui le celle delle batterie

¹⁴ https://energy.ec.europa.eu/roadmap-cell-design-and-manufacturing_en

possano essere riciclate a fine vita e l'impatto ambientale complessivo sia ridotto a un minimo. Per produrre batterie ad alte prestazioni e ad alta efficienza, è necessario sviluppare e utilizzare modelli in grado di prevedere (sulla base di dati sperimentali e metodi di parametrizzazione rapida) le composizioni dei vari componenti della batteria che forniranno le migliori densità di energia e i costi più bassi. Qui è possibile verificare tutti i processi associati all'intero ciclo di vita e inserire i criteri di riciclabilità e impatto sociale nella fase di progettazione di una batteria.

Di conseguenza, la digitalizzazione emerge come un nuovo paradigma che sarà sicuramente applicato a diversi livelli all'interno dell'industria delle batterie. La digitalizzazione è un fattore decisivo non solo per scoprire le relazioni di causa-effetto all'interno della cella della batteria e lungo la linea di progettazione e produzione, ma anche per abilitare linee di produzione completamente automatizzate con conseguente aumento delle prestazioni delle celle, controllo della qualità e rendimenti di produzione. Una migliore qualità può essere garantita attraverso l'implementazione del concetto di passaporto della batteria e il *digital twin* di produzione e gestione della batteria attraverso sensori, automazione e controlli di processo di intelligenza artificiale e, in definitiva, porta a prestazioni e costi della batteria competitivi.

Le linee di produzione devono essere flessibili sullo sfondo di formati di celle e tecnologie di produzione in continua evoluzione. Qui la definizione di standard per la tecnologia di controllo è un altro aspetto fondamentale. I *digital twin* dovrebbero essere utilizzati per ridurre i colli di bottiglia nella produzione e gli errori di progettazione. Inoltre, l'intelligenza artificiale e l'apprendimento automatico devono essere utilizzati in futuro per accelerare lo sviluppo di nuovi processi e attrezzature. Inoltre, i nuovi stabilimenti devono essere integrati negli ecosistemi locali al fine di aumentare l'efficienza complessiva dello stabilimento e contemporaneamente ridurre al minimo l'impatto ambientale – ciò include sia l'accesso alle fonti di energia rinnovabile che il mercato.

Questa roadmap è incentrata sulle tecnologie delle batterie agli ioni di litio, poiché la padronanza degli ioni di litio e delle relative generazioni di batterie è ciò che farà la differenza per il successo dell'Europa nel mercato delle batterie in rapida espansione.

Il fulcro del focus di sviluppo all'interno di Cell Design and Manufacturing per soddisfare le esigenze industriali è stato identificato come:

- Ridurre il costo totale di produzione della batteria che è un compito chiave mantenendo la sostenibilità al centro dell'attenzione
- La progettazione efficiente delle celle e dei suoi componenti per aumentare la densità di energia delle celle e la capacità di ricarica rapida, mantenendo e potenzialmente migliorando i livelli di sicurezza
- Incorporazione di criteri di riciclabilità e impatto sociale nella fase di progettazione di una batteria
- Una trasformazione in processi digitalizzati come chiave per sbloccare il potenziale di ottimizzazione lungo la catena del valore della batteria

3.1.9 Roadmap WG5: Applicazione e integrazione: mobilità¹⁵

La decarbonizzazione del settore dei trasporti, che rappresenta circa un quarto delle emissioni totali di CO₂ nell'Unione europea (UE), richiederà una combinazione di diverse tecnologie complementari, tra cui batterie, idrogeno, combustibili sintetici e biocarburanti sostenibili, supportate da approcci innovativi per il miglioramento dell'efficienza complessiva dell'energia. In questo contesto, le batterie hanno un ruolo fondamentale da svolgere, poiché possono consentire un'elettrificazione totale o parziale dei diversi modi di trasporto (stradale, aereo, marittimo, ferroviario) e delle macchine mobili non stradali. È fondamentale intensificare gli sforzi in materia di ricerca e innovazione nel campo delle batterie per applicazioni di trasporto, per rendere l'UE un leader nella transizione verso un settore dei trasporti a emissioni zero. Nella roadmap si identificano le seguenti raccomandazioni chiave per l'ottenimento dei precedenti obiettivi:

1. La ricerca e lo sviluppo sono necessarie lungo l'intera catena del valore della batteria (dalle materie prime ai materiali avanzati, celle, sistemi e gestione del fine vita) per soddisfare i requisiti delle

¹⁵ https://energy.ec.europa.eu/roadmap-application-and-integration-mobile_en

- applicazioni di trasporto (in termini di prestazioni della batteria, peso, costo, sicurezza, capacità di ricarica rapida e sostenibilità ambientale).
2. È possibile sviluppare forti sinergie tra i diversi settori di applicazione dei trasporti (mobilità stradale, aerea, nautica, ferroviaria, non stradale, ecc.) a livello di materiali della batteria e delle celle.
 3. A livello di sistema della batteria, le attività di ricerca e sviluppo dovrebbero riguardare:
 - Progettazione del sistema di batterie e dei relativi processi produttivi (considerando gli aspetti meccanici, elettrici e termici);
 - Gestione della batteria (gestione della batteria basata sulla conoscenza e sui dati, considerando algoritmi, software e hardware, e includendo argomenti relativi all'integrazione dei sensori, alla standardizzazione, all'interoperabilità con i sistemi all'interno e all'esterno del veicolo, alla ricarica intelligente e alla rete (V2G));
 - Digital twin (per la progettazione, produzione e gestione della batteria sul campo);
 - Nuovi metodi e strumenti per la valutazione delle prestazioni e della sicurezza della batteria (nuovi approcci, inclusa la combinazione di test fisici e virtuali, per una valutazione più rapida e accurata della durata, dell'affidabilità e della sicurezza della batteria).
 4. A livelli di preparazione tecnologica (TRL) relativamente bassi, le attività di R&S sui sistemi batteria possono affrontare contemporaneamente diverse applicazioni di trasporto, sviluppando tecnologie abilitanti a vantaggio di diversi settori di applicazioni di trasporto come il trasporto su strada, aereo, marittimo, ferroviario, mobile non stradale, macchinari, ecc. Tuttavia, quando si passa a TRL più elevati, le attività di ricerca e sviluppo dovrebbero essere concentrate su un settore applicativo specifico, poiché gli indicatori chiave di prestazione della batteria possono variare notevolmente da un settore applicativo all'altro.

3.1.10 Roadmap WG6: Applicazione e integrazione: stazionario¹⁶

La roadmap europea verso un'economia climaticamente neutra pone il sistema energetico al centro della transizione. Per raggiungere gli ambiziosi obiettivi si prevede un massiccio passaggio dai combustibili fossili alle energie rinnovabili entro il 2030, con le FER (principalmente eoliche e solari) che raggiungeranno una penetrazione di almeno il 40% nell'uso finale e una quota del 65% nel mix elettrico. Una così massiccia penetrazione delle FER pone importanti sfide al sistema elettrico che possono essere affrontate efficacemente integrando le tecnologie di accumulo. Le batterie sono una tecnologia versatile e praticabile che può svolgere un ruolo importante nel percorso di elettrificazione, ma sono necessari enormi miglioramenti tecnologici per supportare una diffusione su larga scala di batterie in applicazioni stazionarie e costruire un'industria europea delle batterie competitiva.

Le priorità di ricerca e innovazione per BESS in prospettiva al 2030 sono strutturate intorno a sei temi strategici (ST):

- ST1 Componenti e tecnologie per prestazioni ed economicità: per garantire la competitività del BESS stazionario, le principali sfide da affrontare sono legate alla riduzione del costo alla metà del costo attuale (attualmente è compreso tra 300 e 400 €/kWh); l'incremento delle prestazioni complessive a livello di sistema; estensione della vita della batteria e della durata del ciclo; riduzione delle dimensioni e dell'ingombro fisico delle batterie stazionarie. Per raggiungere questi obiettivi, gli approcci suggeriti sono:
 - o Sviluppo di chimiche attuali e nuovi;
 - o Ulteriore modularità dell'intero sistema e dei sottosistemi per ridurre i costi di produzione e installazione;
 - o Design di BESS orientato ai casi d'uso;
 - o Sistemi ottimizzati di accumulo dell'energia considerando sia la batteria che il sistema di conversione;
 - o BMS/EMS intelligente (ST3).

¹⁶ <https://energy.ec.europa.eu/system/files/2022-01/vol-6-009.pdf>

- ST2 Tecnologie, metodologie, strumenti per migliorare la sicurezza: un livello di sicurezza più elevato nelle applicazioni BESS è un prerequisito per una più rapida adozione sul mercato e accettazione sociale. La definizione di un livello di sicurezza richiesto è complessa a causa di diversi aspetti: grande varietà di applicazioni differenti; ampia gamma di scala di utilità e contenuto energetico; gamma di diverse tecnologie; ubicazione (in abitazioni private, aree urbane densamente popolate o aree remote). È necessario sviluppare una tecnica di convalida della sicurezza basata sulla scienza per l'intero sistema BESS, che copra l'ampia gamma di diverse tecnologie di batteria e le grandezze della gamma di energia. Le sfide prioritarie di R&I da affrontare a breve e medio termine sono legate a:
 - o Strumenti di monitoraggio e manutenzione per garantire un (ri)utilizzo più lungo di celle e batterie
 - o Protocolli di test per applicazioni BESS e test di sistema
 - o Strumenti di valutazione e analisi dei rischi
 - o Strumenti di modellazione e simulazione e prognosi
 - o Sviluppo di criteri affinché le batterie di prima vita siano meglio applicabili per la seconda vita
 - o Carico e scarico controllati e sicuri
- ST3 BMS avanzato interoperabile: il BMS svolge un ruolo importante nel garantire un funzionamento affidabile, sicuro ed efficiente di BESS, poiché gestisce funzioni di controllo come il bilanciamento delle celle e la gestione termica, carica e scarica e monitora importanti parametri della batteria che influenzano le prestazioni e l'invecchiamento della batteria come lo stato di carica (SOC) e lo stato di salute (SOH). Tuttavia, gli attuali BMS consentono solo un accesso limitato alle informazioni interne a terzi e molti BMS utilizzano software proprietario per determinare i parametri della batteria. Il superamento di queste limitazioni e lo sviluppo di BMS avanzati e interoperabili con funzioni diagnostiche e di prognosi avanzate è una sfida chiave per BESS.

Nel breve-medio termine, la R&I darà priorità a:

 - o Sviluppo di metodi trasparenti e affidabili per la diagnosi dei parametri della batteria come SOC e SOH e la previsione dell'invecchiamento della batteria
 - o Sviluppo di hardware BMS e tecnologie avanzate dei sensori che consentono l'autodiagnosi BMS, riducendo l'autoconsumo
 - o Sviluppo di standard e interfacce di comunicazione per consentire l'interoperabilità e l'accesso alle informazioni BMS.
- ST4 Digitalizzazione, ibridazione e interoperabilità: grazie alla sua flessibilità, BESS offre già servizi a tutti gli ambiti energetici: locale *-behind-the-meter-*; alle comunità energetiche; ai DSO e TSO. Una forte digitalizzazione di BESS nella rete e l'uso sinergico di diverse tecnologie di accumulo di energia gestite come sistemi di accumulo di energia ibridi (HESS), consentiranno una capacità multiservizio più rapida, accelerando l'integrazione dell'accumulo di energia nel nuovo paradigma della rete.

Per realizzare questa visione di un sistema elettrico integrato e flessibile basato su RES e BESS, è necessario accelerare la digitalizzazione e l'ibridazione di BESS. Si prevede che la digitalizzazione consentirà l'immissione sul mercato di un numero crescente di nuovi servizi energetici basati su BESS, favorendo lo sviluppo di ecosistemi BESS e HESS economicamente vantaggiosi e una gestione ottimale delle risorse di stoccaggio a livello di rete. Per supportare questa visione, un'agenda di ricerca e innovazione per il 2030 dovrà dare la priorità a:

 - o Interoperabilità di BESS: consentire una reale interoperabilità tra diverse tipologie di asset e ottimizzare l'allocazione degli storage asset lungo la rete per ottenere flessibilità multiservizio. I principali argomenti di ricerca e innovazione sono: standardizzazione dei protocolli di comunicazione, una piattaforma dati in tempo reale della batteria comune e nomenclatura dei dati; funzionalità di controllo BESS scalabili di base e avanzate
 - o Digital Twin renderà possibili studi di simulazione affidabili e, di conseguenza, faciliterà l'inclusione dello storage nei processi di pianificazione della rete e un ampio uso di BESS e HESS sui casi d'uso della rete. Entro il 2030 la ricerca fornirà modelli BESS "plug and play".

- Funzionalità multiservizio di BESS: standardizzazione dell'architettura e delle funzionalità di controllo centralizzate e decentralizzate per applicazioni connesse alla rete, funzionalità di controllo multiscala, accoppiamento tecnico e di mercato tra BESS, sistemi ibridi, veicoli elettrici e altre risorse energetiche e di flessibilità
- ST5 Batterie di seconda vita per applicazioni stazionarie: entro il 2030, molte batterie avranno completato la loro funzione nelle applicazioni EV e saranno disponibili per il riciclo nell'Unione Europea. Sebbene alla fine della loro prima vita (FL) non soddisfino più gli standard di prestazione dei veicoli elettrici, le batterie dei veicoli elettrici sono ancora in grado di funzionare in applicazioni meno impegnative, come l'accumulo di energia stazionario. Le batterie di seconda vita (SL) possono servire un'ampia gamma di applicazioni sia nei mercati domestici che industriali con esigenze di stoccaggio da centinaia di Wh a MWh. Per sfruttare il potenziale delle batterie SL per applicazioni stazionarie, quattro principali sfide tecniche sembrano essere significative per supportare l'utilizzo di SL-BESS prima del riciclo:
 - Diagnosi EOL: metodi diagnostici versatili e rapidi per valutare la SoH di FL-BESS; metodologie e tecnologie per comprendere e modellare il comportamento SL-BESS e la previsione delle prestazioni
 - Ricondizionamento e riutilizzo: le batterie FL esistenti non sono eco-progettate e possono verificarsi notevoli difficoltà durante lo smontaggio, lo smistamento/classificazione, la conservazione, la riprogettazione (idealmente con eco-design), il rimontaggio e il riutilizzo. Le priorità di ricerca e innovazione sono relative a: progettazione di SL-BESS BMS per adattarsi a diversi ingressi di batterie EOL FL-BESS o EV; gestione termica per SL-BESS; trasposizione del design di sicurezza FL-BESS in SL-BESS; metodologie di eco-design e LCA
 - Dimensionamento: il dimensionamento di SL-BESS deve considerare i risultati di diagnosi avanzate dalla diagnosi EOL. È essenziale continuare gli sforzi per osservare, comprendere, identificare e modellare i fenomeni di invecchiamento fisico-chimico per prevedere meglio la vita e le prestazioni di SL-BESS, affrontando in particolare il rilevamento dei fenomeni di "morte improvvisa"
 - Gestione: la gestione di SL-BESS, unita ai risultati diagnostici EOL, dovrebbe essere versatile e adatta ad affrontare diverse tipologie di SL-BESS. La ricerca si concentrerà sul follow-up degli indicatori SL-BESS nelle applicazioni stazionarie; metodologie per il mantenimento predittivo di SL-BESS in applicazioni stazionarie; sviluppo di BMS e topologie di elettronica di potenza associate che potrebbero affrontare un'elevata variabilità di chimiche, composizioni e SoH di SL-BESS
- ST6 BESS a medio-lungo termine: una maggiore penetrazione delle FER nella produzione di energia, come previsto dal nuovo quadro UE 2030, richiede un massiccio dispiegamento di capacità di stoccaggio e una crescente necessità di stoccaggio di energia a lungo termine/lunga durata. L'obiettivo per l'Europa è sviluppare un portafoglio di tecnologie che siano in grado di soddisfare in modo economicamente vantaggioso le esigenze di stoccaggio da medio a lungo in applicazioni stazionarie di rete e su scala industriale entro il 2030. Le batterie possono essere una tecnologia adatta e competitiva per lo stoccaggio da medio a lungo termine e di medio-lungo periodo, purché soddisfino requisiti funzionali e prestazionali. Si propone una tabella di marcia per la ricerca e l'innovazione come segue:
 - Nel breve termine (2025): accelerare lo sviluppo di tecnologie per batterie vicine al mercato, tenendo conto degli aspetti di modularità e scalabilità, aumento delle prestazioni e dei parametri di costo; promuovere progetti pilota e dimostrativi per definire il business case
 - A lungo termine (2030): progresso significativo (vicino al mercato) di tecnologie promettenti per batterie a lungo termine e di lunga durata per soddisfare parametri competitivi di costo e prestazioni e considerare gli aspetti di sostenibilità

3.1.11 Documento su metodologie di reporting¹⁷

Il lancio della piattaforma tecnologica Batteries Europe il 25 giugno 2019 ha stabilito le basi per la creazione di un'agenda strategica di ricerca (SRA) sulle batterie. L'SRA mira a fornire un quadro chiaro per la ricerca europea sulle batterie e proporre le azioni future necessarie per continuare a sostenere e promuovere sia la competitività che la sostenibilità nell'industria europea delle batterie attraverso la ricerca.

In questo contesto, una conoscenza e una comprensione globali delle tecnologie e delle prestazioni delle batterie esistenti è un requisito essenziale. Tuttavia, l'analisi comparativa e il confronto di diverse tecnologie di batteria sono notevolmente ostacolati dalla mancanza di una metodologia di comunicazione comune. Per far fronte a questo deficit, i gruppi di lavoro di Batteries Europe, guidati dal work group 1 "Tecnologie nuove ed emergenti", hanno avviato lo sviluppo di tali linee guida per le metodologie di reporting comuni.

Il documento fornisce la base per lo sviluppo di metriche di prestazione omogenee e una metodologia di rendicontazione trasparente, che sono necessarie per il benchmarking affidabile di vari tipi di batterie. Inoltre, tali metriche delle prestazioni facilitano l'identificazione di nuovi materiali e tecnologie di celle promettenti, evidenziando al contempo le aree di ulteriore miglioramento.

Per un'implementazione di successo, la metodologia di rendicontazione suggerita deve essere adottata dalla maggioranza degli scienziati e implementata in tutti i progetti relativi alle batterie finanziati dall'UE per monitorare i progressi oltre lo stato dell'arte. Inoltre, gli orientamenti in materia di reporting potrebbero, ad esempio, essere raccomandati come requisito per le pubblicazioni provenienti dal finanziamento dell'UE su riviste scientifiche.

Editori e membri del consiglio di diverse riviste scientifiche di alto livello sono anche membri di diversi gruppi di lavoro all'interno di Batteries Europe. Potrebbero essere di grande aiuto nell'attuazione di tale raccomandazione. Ciò comporterebbe la creazione del "gold standard" per i rapporti scientifici sugli sviluppi della chimica delle batterie in Europa e determinerebbe una tendenza per un'implementazione mondiale al di fuori dell'Europa.

Sebbene questo sviluppo non abbia un impatto immediato, definirà una migliore pratica per la rendicontazione dei risultati e ridurrà il verificarsi di affermazioni "eccessivamente ottimistiche" che spesso si verificano nel campo della ricerca sulle batterie.

3.2 Partecipazione ad eventi e webinar

Nonostante la crisi pandemica, ETIP BE ha avuto modo di partecipare alla European Sustainable Energy Week (EUSEW) e di organizzare 3 workshops e le Battery Innovation Days (BID) nonché la General Assembly annuale, tutto in modalità da remoto.

3.2.1 " BATTERIE PER UN FUTURO PIÙ VERDE E PROSPERO: IMPATTI ECONOMICI, SOCIALI E AMBIENTALI" a EUSEW

Il 21 ottobre 2021, Batteries Europe ha tenuto una sessione all'evento online della Settimana europea dell'energia sostenibile, dal titolo " BATTERIE PER UN FUTURO PIÙ VERDE E PROSPERO: IMPATTI ECONOMICI, SOCIALI E AMBIENTALI". La sessione è stata organizzata in collaborazione con Battery2030 + e BEPA.

L'utilizzo della tecnologia delle batterie ha il potenziale per ridurre le emissioni di CO₂ a livello globale del 30% entro il 2030, oltre a ridurre notevolmente le emissioni di particolato e altre emissioni nocive, fornendo un ecosistema più sano sia per le nostre persone che per il mondo naturale. Lo sviluppo dell'industria delle batterie in Europa può sostenere la creazione di 800.000 posti di lavoro entro il 2025 (e fino a 1,2 milioni entro il 2030) direttamente coinvolti nella catena del valore delle batterie, sostenendo allo stesso tempo l'approccio dell'economia circolare.

Affinché l'industria europea delle batterie possa prosperare in modo competitivo consolidando l'approccio dell'economia circolare, è essenziale un'accelerazione degli investimenti, della ricerca e sviluppo,

¹⁷ https://energy.ec.europa.eu/reporting-methodologies_en

dell'istruzione e della formazione. In questa sessione è stato discusso come l'Europa può raggiungere questo obiettivo, illustrando i benefici che porterà da una prospettiva economica, sociale e ambientale.

Sono intervenuti come relatori:

Simon Perraud, Deputy Director CEA-Liten

Bo Normark, Industrial Strategy Executive EIT InnoEnergy

Edel Sheridan, Senior Business Developer SINTEF

Michael Lippert, Director of Innovation and Solutions for Energy Saft

Kristina Edstrom, Professor Uppsala University

3.2.2 BID – 23-24 Novembre 2021

Il 23-24-25 novembre 2021 si è svolto online la prima edizione della conferenza annuale sulla ricerca e l'innovazione delle batterie, i Battery Innovation Days.

L'evento si propone come un'opportunità per alcuni dei leader esperti del settore di convergere e fornire opinioni sugli ultimi sviluppi nel settore europeo delle batterie di ricerca e innovazione, scambiare opinioni sugli approcci strategici chiave per l'implementazione di tecnologie cruciali e valutare le future esigenze di ricerca e innovazione per una catena del valore delle batterie europea più competitiva e sostenibile.

L'evento è stato organizzato dalle principali iniziative europee di ricerca e innovazione di oggi (Batteries Europe, Battery 2030+ e Batteries European Partnership Association) in collaborazione con i due IPCEI sulle batterie, riunendo on line numerosi attori chiave ed esperti del settore delle batterie, compresi i rappresentanti della Commissione europea.

Nel primo giorno la discussione si è concentrata sulla presentazione dei diversi organismi che supportano lo sviluppo e la diffusione di una catena del valore delle batterie competitiva e sostenibile a livello europeo con lo scopo di fornire all'audience una migliore comprensione dello stato attuale del mercato delle batterie in tutto il mondo, quali sono le priorità a lungo termine e perché la circolarità e la sicurezza sono essenziali.

Il secondo giorno ha visto sessioni sullo stato di sostenibilità della catena del valore delle batterie; le future tecnologie dirimpenti che rivoluzioneranno il campo; quali ricerche vengono svolte per supportare un'industria automobilistica competitiva; e la funzionalizzazione intelligente delle batterie. È stato anche consegnato il premio del Battery Young Research Award.

Nel giorno finale si è parlato delle priorità future di ricerca e innovazione per il 2023-2024 e dei nuovi mercati emergenti, dell'importanza della digitalizzazione e della necessità di formare studenti e lavoratori in grado di supportare l'industria europea.

3.2.3 Primo seminario: DIGITALIZZAZIONE DELLE BATTERIE PER SISTEMI SMART ENERGY E TRASPORTO

Il 5 maggio 2021 si è svolto, con 185 partecipanti, il workshop online "Digitalizzazione delle batterie per sistemi di trasporto e energia intelligenti", organizzato in collaborazione da Batteries Europe, ETIP SNET ed EGVA, e sostenuto dalla Commissione Europea.

I relatori invitati facevano parte delle tre principali iniziative e di Battery2030+: Maher Chebbo, Ctechnology/Digitalization Task Force Chair di ETIP Batteries Europe; Marco-Robert Schulz, Siemens Energy/Gaia-X/ETIP SNET; Peter Nemcek, CyberGrid/ETIP SNET; Tejs Vegge, DTU/Battery 2030+; e Tomaž Katrašnik, Università di Lubiana/EGVA. Dopo un discorso di apertura di Cristobal Irazoqui, responsabile delle politiche presso la DG ENER e Saki Gerassis Davite, responsabile delle politiche presso la DG MOVE, i relatori hanno presentato le loro opinioni sulle soluzioni tecnologiche chiave che coinvolgono le batterie digitali che daranno forma alla trasformazione energetica dell'Europa. Le questioni principali trattate includevano il lavoro della Task Force per la digitalizzazione di Batteries Europe, i data space europei e il potenziale della flessibilità delle batterie stazionarie.

Decarbonizzazione, digitalizzazione e decentramento sono state presentate come priorità chiave per una transizione energetica che tenga conto dei benefici che possono essere apportati dalle batterie. Per questo motivo, la discussione si è incentrata sulle metodologie innovative e sulle pratiche di ricerca necessarie per unire le catene del valore del digitale e della batteria.

3.2.4 Secondo seminario: UN APPROCCIO OLISTICO ALLA SICUREZZA DELLA BATTERIA E SOSTENIBILITÀ

Il 15 giugno si è svolto il workshop online “Un approccio olistico alla sicurezza e alla sostenibilità delle batterie”, organizzato da Batteries Europe con il supporto della Commissione Europea, che ha raccolto con successo più di 230 partecipanti. La sicurezza e la sostenibilità delle batterie sono due questioni fondamentali per il contesto politico dell'UE e devono essere affrontate in modo complementare e completo.

L'evento, moderato da Claude Chanson (RECHARGE), si è aperto con una presentazione introduttiva di Ilka von Dalwigk, Policy Manager di EBA 250 sulla nuova regolamentazione delle batterie. Ha spiegato il ruolo della European Battery Academy in qualità di gestore del network e facilitatore di progetti industriali per una catena del valore della batteria sempre più competitiva e sostenibile, e la necessità di una politica coerente e solidale per raggiungere questi risultati, perseguendo gli obiettivi di economia circolare e decarbonizzazione dell'UE.

Inoltre, Andreas Pfrang (JRC) ha spiegato le esigenze tecniche di tale quadro normativo, che dovrebbe trovare un equilibrio tra prestazioni, durata, sicurezza e sostenibilità nell'industria e nel settore della ricerca e dell'innovazione. Sulle tre dimensioni della sostenibilità è stato incentrato l'intervento di Fanny Barde (IMEC) e Marcel Weil (KIT), rispettivamente Chair e membro della Sustainability Task Force di Batteries Europe. È stato evidenziato che le considerazioni trasversali tra gli hotspot di sostenibilità ambientale, economica e sociale lungo la catena del valore delle batterie devono essere combinate con questioni di sicurezza e riciclabilità.

Maitane Berecibar (VUB) e Arnaud Bordes (INERIS), co-presidenti della Safety Task Force, hanno illustrato le sfide imminenti per la sicurezza a ogni livello della catena del valore delle batterie, partendo dal presupposto innegabile che oggi le batterie hanno già un buon livello di sicurezza. Infine, Etienne Briere e Laurent Torcheux (EDF), hanno presentato la prospettiva del settore su sicurezza e sostenibilità, spiegando la crescita di veicoli elettrici e BESS e la conseguente necessità di affrontare i due temi in modo coerente, per evitare di intralciare il percorso da seguire. Una tavola rotonda sull'approccio olistico alla sostenibilità e alla sicurezza ha concluso brillantemente l'evento.

3.2.5 Terzo workshop: COMPETENZE E FORMAZIONE PER LA EMERGENTE ECONOMIA DELLE BATTERIE: SFIDE E SOLUZIONI EUROPEE

Il 29 giugno si è svolto il workshop online “Skills and Education for the Emerging Battery Economy: European Challenges and Solutions”. L'evento è stato organizzato con successo da EDU Battery Network (Batteries Europe, Battery2030+, EBA Academy, LiPlanet, AlBatts, Drives, Alistore, Commissione Europea), con la partecipazione di Edel Sheridan (SINTEF/Batteries Europe) come moderatore.

Il workshop si è sviluppato intorno alle esigenze e alle priorità che l'industria europea delle batterie dovrà affrontare nei prossimi anni al fine di creare una catena del valore competitiva, con ricercatori e lavoratori specializzati, e con un ecosistema efficiente in grado di plasmare un'efficace catena del valore delle batterie in Europa.

È iniziato con una presentazione di James Copping (Commissione Europea – DG GROW) sulla transizione del settore automobilistico e dell'industria delle batterie alla luce del nuovo regolamento sulle batterie. Le previsioni relative alla crescita del settore batterie nei prossimi anni sono state contestualizzate anche nel quadro del nuovo regolamento UE.

Axel Thielmann (Fraunhofer ISI) e Dimitra Maleka (EIT InnoEnergy), presidenti della Task Force di Batteries Europe sull'istruzione e le competenze, hanno successivamente spiegato le competenze necessarie per l'emergente ecosistema europeo delle batterie. Una forza lavoro altamente qualificata è infatti una priorità, poiché entro il 2030 il settore delle batterie fornirà un milione di posti di lavoro in Europa lungo tutta la catena del valore, e tale necessità dipende dall'identificazione di misure per riqualificare e migliorare il mercato del lavoro delle batterie, e sul miglioramento degli scambi tra industria e mondo accademico.

Questo contributo è stato arricchito da Robert Dominko (Batteries Europe/MESC), che ha presentato gli sforzi esistenti nel campo dell'educazione e le lezioni apprese dall'iniziativa Battery2030+ che, tra i suoi obiettivi, ha quello di identificare e promuovere i contenuti per nuovi curricula formativi rilevanti per la ricerca e sviluppo nel campo delle batterie, rivolti al livello magistrale e al dottorato di ricerca. Sono stati inoltre presentati il master MESC+ e il programma di dottorato DESTINY.

Infine, Jakub Stolfa ha presentato il progetto ALBATTs, volto a raccogliere domanda e offerta di competenze nella catena del valore delle batterie. Il progetto in questione, finanziato Erasmus+, è infatti incentrato sulla cooperazione sulle competenze nel settore delle batterie e le sue parti interessate sono in costante aumento, insieme alle attività correlate dell'ASA (Automotive Skills Alliance).

Una tavola rotonda sulle azioni educative europee in corso di attuazione, animata da Silvia Bodoardo (Battery 2030+/Batteries Europe/EDU Battery Network), Baptiste Buet (EBA Academy/E-STORE), James Copping (EC), Christian Masquelier (MESC/ DESTINY/Alistore) e Anders Norberg (ALBATTs), ha concluso brillantemente l'evento.

3.2.6 Terza Assemblea Generale di Batteries Europe

Il 25 novembre 2021, a seguito del BID, si è svolta, sempre online, la terza Assemblea Generale della Piattaforma. Più di 150 parti interessate della piattaforma erano presenti a questo incontro, che segna un anno intero di Batteries Europe e l'ultimo anno della prima fase finanziata dalla tender. Sono state presentate le attività svolte nell'ultimo anno e sono intervenuti Mechthild Wörsdörfer (DG ENER) e Michael Lippert (SAFT) rispettivamente sul tema della ricerca sulle batterie nel contesto del Green Deal ('Battery Research in the Frame of the Green Deal') e sul futuro e presente di Batteries Europe nell'ecosistema europeo delle batterie ('Batteries Europe in the global battery landscape, today and in the future'). In occasione di questa Assemblea Generale, è stato chiesto agli stakeholder di Batteries Europe di esprimersi sulla proposta di proroga del mandato del Governing Board eletto nel 2019 fino alla fine della prima fase di Batteries Europe (dicembre 2021) con possibilità che rimangano in carica fino a che la CSA che dovrà supportare finanziariamente l'organizzazione e il segretariato della ETIP non inizi il suo mandato effettivo. Gli stakeholder presenti si sono tutti espressi in maniera positiva sull'argomento.

4 EERA

La "European Energy Research Alliance" (EERA)¹⁸ costituisce un raggruppamento o alleanza dei principali centri di ricerca, università e associazioni attivi in ambito europeo nella ricerca in campo energetico. Di recente hanno aderito all'alleanza anche alcune realtà industriali. Vi partecipano più di 250 soggetti, per un totale di 50.000 ricercatori da 30 Paesi differenti (Figura 4.1). Obiettivo è quello di accelerare lo sviluppo di nuove tecnologie energetiche concependo e realizzando programmi di ricerca congiunti (*Joint Programme – JP*) a supporto del SET Plan e di integrare attività e risorse, combinando fonti di finanziamento nazionali e comunitarie, massimizzando le complementarità e le sinergie.



Figura 4.1 – EERA: Membri divisi per categoria (EERA, 2021).

¹⁸ <https://www.eera-set.eu/>

Al 2021 sono attivi 18 *Joint Programme*¹⁹ nei quali un'organizzazione di ricerca può unirsi ad altre dei diversi paesi Europei partecipanti, per lavorare su progetti e priorità comuni. Tra i diversi JP, maggiormente inerente al tema "accumulo" è il JP "Energy Storage". Il tema è trattato in modo meno diretto anche in altri JP, come ad esempio nel JP "Smart Grids" – SP4 "Electrical Energy Storage Integration".

4.1 EERA JP Energy Storage

Il *Joint Programme "Energy Storage"* (JP ES)²⁰ è il programma pan-europeo che raggruppa i principali centri di ricerca attivi nel settore dell'accumulo di energia, per promuovere lo sviluppo efficiente di nuove tecnologie, in stretta conformità con gli obiettivi della *European Energy Research Alliance* (EERA), in supporto agli obiettivi e alle priorità del *SET Plan*.

Al JP ES aderiscono 39 organizzazioni di ricerca (tra queste RSE, ENEA e CNR) e università in rappresentanza di 15 differenti Stati Membri (Figura 4.2).



Figura 4.2 - EERA JPES: distribuzione in Europa dei membri²¹.

Le attività del JP ES sono suddivise in sei *sub-programme* (SP – Figura 4.3). Il coordinamento è affidato ad un gruppo²² composto da un coordinatore (Stefano Passerini, KIT), da un segretariato affidato al *Karlsruhe Institute of Technology* (KIT), da un *Management Board*, composto da coordinatori dei singoli SP, e dalla *General Assembly* composta da tutti gli associati attivi al JP.

¹⁹ <https://www.eera-set.eu/research/joint-programmes.html>

²⁰ <https://www.eera-energystorage.eu>

²¹ <https://www.eera-energystorage.eu/about/members.html>

²² <https://www.eera-energystorage.eu/about/team.html>

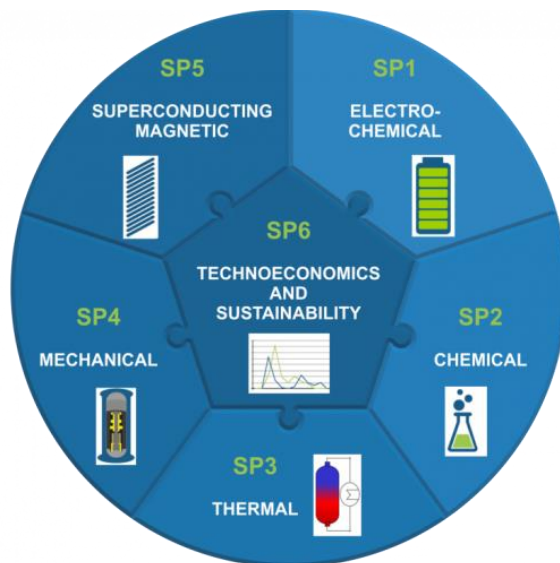


Figura 4.3 – EERA JPES: sub-programmes (SP)²³.

Si specifica che ENEA partecipa alle attività e riunioni dei *sub-programme* SP1, SP2, SP3 e SP6 ed è anche *chair* di SP1 (Margherita Moreno); RSE partecipa a SP1 e SP4; CNR a quelle di SP1, SP2, SP3 e SP6 ed è *chair* di SP3 (Salvatore Vasta) e *deputy chair* di SP6 (Marco Ferraro).

4.1.1 Sub-programmes

Di seguito si riportano alcune informazioni sulle principali attività dei diversi *sub-programme*.

SP1 - Electrochemical Energy Storage (EES)

(*chair*: Margherita Moreno, ENEA; *deputy*: Alexey Kopusov, IFE)

SP1 si concentra sui sistemi di accumulo elettrico ed elettrochimico (batterie e supercapacitori), come tecnologie abilitanti per la transizione energetica *green* nel settore elettrico e dei trasporti.

La priorità del SP1 è coordinare e riunire le iniziative dei principali istituti di ricerca e università che lavorano nei settori delle batterie agli ioni di litio, delle batterie post-litio e dei supercondensatori. L’obiettivo è rappresentare un approccio corale dei ricercatori operanti nel settore e generare una piattaforma di discussione aperta con scambio di idee tra ricercatori, industria e altri *stakeholder*, al fine di consolidare collaborazioni e progetti a lungo termine.

In figura 4.4 sono rappresentate le organizzazioni membri di SP1.



Figura 4.4 – EERA JPES-SP1: organizzazioni coinvolte.

²³ <https://www.eera-energystorage.eu/about/sub-programmes.html>

Il giorno 22 aprile 2021 si è svolta la riunione online del gruppo SP1. In questa occasione sono intervenuti vari relatori per fare una panoramica sia delle attività del JP Energy Storage da parte del segretariato JP-ES, sia dell'ecosistema delle iniziative europee sulle batterie: Stefano Passerini ha illustrato il follow-up della proposta StoRIES sulla rete di infrastrutture di ricerca; Ivan Matejak ha presentato il piano strategico di EERA per il prossimo biennio; Alessandro Romaniello, Kristina Edstrom e Rachele Nocera hanno presentato brevemente le varie iniziative in corso (Battery Partnership, ETIP Batteries Europe, Battery 2030 +, EBA250 e gli IPCEI). Infine si è aperta la discussione sulle direzioni che si vogliono prendere come gruppo SP1, anche attraverso la somministrazione di un survey on line.

SP2 – Chemical Energy Storage (CES)

(*chair*: Adelbert Goede, DIFFER; *deputy*: Roland Dittmeyer, KIT)

SP2 riguarda l'accumulo di energia elettrica in legami chimici e, in particolare, riguarda lo sviluppo di tecnologie Power-to-X (P2X) di conversione di gas presenti in atmosfera (CO₂, N₂) e acqua in combustibili e prodotti chimici ad alta densità energetica per mezzo di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili, fornendo capacità di accumulo di energia a lungo termine (stagionale), su larga scala. L'accoppiamento di diversi settori energetici a quello elettrico (*sector coupling*) può contribuire alla riduzione delle emissioni complessive di CO₂. SP2 contribuisce al SET Plan Action 1: *Development of renewable technologies and integration in the EU energy system*, Action 2: *Cost reduction* e Action 8: *Renewable Fuels for Sustainable Transport*.

SP3 – Thermal Energy Storage (TES)

(*chair*: Salvatore Vasta, CNR ITAE; *deputy*: Christoph Zauner, AIT)

SP3 riguarda lo stoccaggio di energia termica. Il lavoro è suddiviso in tre pacchetti di lavoro: materiali di stoccaggio, trasferimento di calore interno e integrazione dello stoccaggio. Il pacchetto di lavoro sui materiali di stoccaggio riguarda sia lo sviluppo di materiali a breve che a lungo termine, in particolare le proprietà termiche di sali e *Phase Change Material* (PCM), nonché la sintesi e la caratterizzazione di PCM compositi, di fluidi e materiali termochimici. Il pacchetto di lavoro sul trasferimento di calore interno esamina i recenti progressi nei dispositivi di accumulo diretto e indiretto. Infine, il pacchetto di lavoro sull'integrazione dello stoccaggio riguarda i sistemi TES di piccola taglia, la valutazione dei sistemi integrati e gli aspetti tecnico-economici dei sistemi TES. SP3 sta inoltre collaborando con l'*Annex 30* di IEA "Energy Conservation through Energy Storage" (ECES). Questo *Annex* è attivo da luglio 2015 e si occupa dello sviluppo di una metodologia per la caratterizzazione e la valutazione dei sistemi TES.

SP4 – Mechanical Energy Storage (MES)

(*chair*: Atle Harby, SINTEF; *deputy*: Giovanna Cavazzini, Università di Padova)

Obiettivo principale di SP4 è lo sviluppo di metodi e attrezzature per lo stoccaggio meccanico di energia elettrica. Tre metodi di stoccaggio meccanico sono presi in considerazione: stoccaggio idroelettrico (incluso il pompaggio), Compressed Air Energy Storage (CAES) e volani. Le attività si concentrano sulla capacità di stoccaggio esistente e sul potenziale in Europa, considerando gli scenari futuri. Inoltre, sono presi in considerazione gli sviluppi tecnologici per il miglioramento delle tecnologie di stoccaggio meccanico, i loro impatti ambientali e modelli numerici.

SP5 – Superconducting Magnetic Energy Storage (SMES)

(*chair*: Xavier Granados, CSIC; *deputy*: posizione da definire)

Un sistema magnetico superconduttore di accumulo di energia è in grado di immagazzinare l'energia direttamente come elettricità e questo consente un'erogazione molto rapida di alta potenza ad alta efficienza.

La sfida di SP5 è quella di sviluppare soluzioni SMES veloci, altamente efficienti, affidabili ed economiche. SP5 vuole creare una piattaforma europea comune di dimostrazione e caratterizzazione per materiali super conduttivi con temperature operative più elevate, implementare questi materiali in approcci modulari e aumentare l'energia volumetrica e la densità di potenza, riducendo così i costi di sistema per diventare competitivi in termini di costo con altre tecnologie d'accumulo di energia di breve termine.

SP6 - Energy Storage: Techno-Economics and Sustainability (ES-TES)

(*chair*: Manuel Baumann, KIT; *deputy*: Marco Ferraro, CNR/ITAE)

SP6 svolge un ruolo importante all'interno dei singoli sottoprogrammi e nel valutare l'integrazione e l'interazione tra le differenti tecnologie. Ognuna di queste tecnologie di accumulo energetico ha proprietà diverse in termini di applicabilità, costi, impatto ambientale e potenziale di riciclaggio. Ciò rende la scelta di un determinato sistema di accumulo di energia sempre un compromesso tra proprietà diverse in quanto nessun sistema è in grado di soddisfare tutti questi aspetti. Allo stesso tempo, anche i mercati in evoluzione, le politiche e il panorama tecnologico devono essere considerati per la futura implementazione dei sistemi di accumulo. L'obiettivo è affrontare tali temi critici al di là della pura analisi tecno-economica, considerando altri aspetti, tra cui la valutazione generale della tecnologia e le analisi di impatto ambientale. SP6 si colloca in maniera trasversale (*cross-topic*) rispetto agli altri *sub-programme*.

4.1.2 Highlight 2021

Nel 2021 sono proseguite le iniziative atte a rimodernare e a rilanciare il JP ES.

In particolare, è stato portato avanti il *Mobility Scheme* (scambio di ricercatori)²⁴ con *call* a cadenza quadrimestrale rivolto esclusivamente ai membri del JP. Dato il periodo difficile per gli spostamenti, le attività dei ricercatori hanno subito parecchi ritardi e per questo nel 2021 si è concluso solo un primo round di scambi.

Per il primo round del 2021 sono state accettate quattro proposte con i seguenti argomenti:

1. PRELITIAZIONE DEL NITRURO DI SILICIO SUBSTECIOMETRICO. Organizzazioni coinvolte: IFE e RWTH Aachen University.
2. OTTIMIZZAZIONE E TEST DI UN MATERIALE ELETTRODICO A BASE DI BLU DI PRUSSIA PER BATTERIE NA-IONE. Organizzazioni coinvolte: Università di Bologna e KIT.
3. STRATEGIA DI CONTROLLO DI UN IMPIANTO IBRIDO. Organizzazioni coinvolte: Università di Padova e Università Politecnica de Madrid.
4. SINTESI DEL PEROSSIDO DI IDROGENO CON PLASMA A MICROONDE A NANOSECONDO. Organizzazioni coinvolte: KIT e Differ.

Sono stati anche attivati i *PhD Days*, per aiutare gli studenti di dottorato a far conoscere il loro lavoro, nel 2021 solo il SP6 è riuscito ad organizzarne uno, tenutosi il 7 dicembre 2021.

Nel corso del 2021 il JP ES ha elargito un Premio EERA JP ES a Enerstock 2021 (Ljubljana, Slovenia, dal 9 all'11 giugno 2021, on-line) per la migliore presentazione orale e il miglior poster, premio riservato a studenti di dottorato e giovani ricercatori.

A giugno 2021 la proposta Storage Research Infrastructure Eco-System (StoRIES) per LC-GD-9-1-2020 - Capacità e servizi delle infrastrutture di ricerca europee per affrontare le sfide del Green Deal europeo - ha ricevuto l'approvazione per un finanziamento dall'UE, con l'obiettivo di collegare strutture e ricercatori in tutto il continente.

²⁴ <https://www.eera-energystorage.eu/mobility-scheme.html>

Il progetto StoRIES, sviluppato nell'ambito dell'EERA JP on Energy Storage e coordinato da KIT, ha ottenuto un finanziamento dell'UE nell'ambito della European Green Deal Call lanciata nel 2020 dalla Commissione Europea. I principali obiettivi tecnologici di StoRIES sono legati allo sviluppo dell'accumulo di energia fornendo l'accesso a 64 infrastrutture e servizi di ricerca di livello mondiale. Il progetto si concentrerà sul miglioramento dei materiali per i dispositivi e sull'ottimizzazione dei sistemi energetici ibridi per rendere le tecnologie energetiche più competitive e ridurre i costi. Inoltre, StoRIES analizzerà gli aspetti sociotecnici e ambientali di nuovi sviluppi e sistemi e fornirà formazione e istruzione su questi temi. Il budget del progetto è di sette milioni di euro per i prossimi quattro anni. Il 25 novembre 2021 a Ulm si è svolto il kick-off meeting del progetto.

Il JP-ES ha inoltre partecipato ad eventi on line e organizzato workshop durante il 2021. Sono state tenute le due riunioni annuali della steering committee: SCM-18 il 7 maggio 2021 in modalità esclusivamente online; SCM-19 il 24 Novembre 2021 in modalità ibrida da Ulm. Durante SCM-18 sono stati approvati 4 nuovi membri di EERA JP ES (British Geological Survey, Università Bicocca, Università di Pisa e il National Institute of Chemistry in Slovenia). Il SCM-19 si è svolto insieme al kick-off di StoRIES e oltre all'approvazione dei bilanci annuali ha visto l'aggiunta di un nuovo membro al joint programme (IZTECH, Turchia).

Di seguito si riportano in breve i principali *highlight* del 2021 (Tabella 4.1).

Tabella 4.1 – EERA JPES: highlight del 2021.

Evento	Descrizione
Mobility scheme (scambio di ricercatori)	Nel 2021, EERA JP ES ha finanziato lo scambio di giovani ricercatori che hanno vinto la prima call bandita a fine 2020. In tutto sono quattro le proposte finanziate. Un secondo round è in fase di completamento.
Ph.D. Days	Il 7 dicembre 2021 si è tenuto l'evento organizzato da SP6: EERA Energy Storage SP6: Technoeconomics and Sustainability. Altri subprogramme stanno valutando e organizzando il proprio PhD Day nel 2022.
SUPEERA Webinar e workshop	Il 17 marzo 2021, Stefano Passerini e Alexey Kuposov hanno rappresentato JP Energy Storage al 2° webinar SUPEERA: Avvicinare la ricerca e l'industria: accelerare l'innovazione e l'adozione di nuove tecnologie. Il 24 novembre 2021 a Ulm si è tenuto un joint workshop StoRIES-JPES-SUPEERA su "EU Clean Energy Transition: Perspectives and Challenges for Energy Storage".
JP ES Webinar	Il 14 aprile 2021 si è tenuto il webinar dal titolo "Materiali per l'accumulo di energia ibrida - Creazione di un ecosistema per l'innovazione". Si è parlato di accumulo di energia, scienza dei materiali (in relazione con l'intelligenza artificiale e le piattaforme accelerate di scoperta dei materiali) e di acceleratori di particelle. Il webinar ha anche promosso le premesse del progetto StoRIES, all'epoca ancora in fase di valutazione. Il 14 maggio 2021 si è tenuto un workshop dal titolo: Nuove risorse di flessibilità: il ruolo dell'idroelettrico a pompaggio ibrido. Il workshop è stato organizzato da membri del JP ES.
Conferenze JP ES	Il 13-14 settembre 2021 il SP2 di JP ES ha organizzato la conferenza "Future Energy Solutions" presso l'università di Lappeenranta (Finlandia).
EUSEW	EERA JP Energy Storage ha partecipato alla Settimana europea dell'energia sostenibile. Il 25 ottobre, JP ES è stato presente in uno degli stand virtuali di EUSEW Energy Fair, presentando le ultime attività di ricerca nel campo dell'accumulo di energia e portando al pubblico il valore delle tecnologie di accumulo di energia, concentrandosi sugli istituti di ricerca nazionali, sull'industria, sui consumatori associazioni e associazioni della società civile.

5 Strategia di ricerca a lungo termine “Battery 2030+”

Battery 2030+ è un’iniziativa, avviata nel 2018²⁵, di coordinamento della ricerca di lungo termine nel settore delle tecnologie emergenti e dirompenti per lo sviluppo di batterie di nuova generazione.

L’iniziativa è supportata dalla Commissione Europea attraverso le Coordination and Support Action (CSA) di Horizon 2020 e, in futuro di Horizon Europe, a sostegno delle attività di coordinamento e definizione delle roadmap e agende strategiche di ricerca. Da settembre 2020 fino a luglio 2023 l’iniziativa *Battery 2030+* è sostenuta dalla CSA BATTERY 2030PLUS. Il consorzio della CSA BATTERY 2030PLUS è composto da 23 partner beneficiari, leader nei rispettivi settori, provenienti da 14 Paesi europei.

Il concetto alla base di *Battery 2030+* è quello di dare una spinta all’innovazione e alla ricerca sulle batterie (*ultrahigh-performance batteries*), lavorando, anche grazie agli strumenti *hardware* oggi disponibili, a una sorta di genoma delle interfacce e a una piattaforma che velocizzi la ricerca sui materiali migliori e più performanti. In sostanza, *Battery 2030+* si focalizza su tecnologie abilitanti: intelligenza artificiale (IA) e apprendimento automatico (ML), applicati anche al *modeling* di materiali. Inoltre, si dà ampio spazio alla sensoristica nelle singole celle, arrivando a implementare meccanismi di auto-riparazione (*self-healing*) delle batterie. Non da ultimo si vuole tener conto del lato più “industriale” e cioè di come tradurre l’innovazione velocemente in prodotto, attraverso uno studio parallelo del *manufacturing*. Si prefigura, quindi, una piattaforma di accelerazione per la ricerca sui materiali e per lo sviluppo di tecnologie *smart*.

Il consorzio *Battery 2030+* si pone in maniera complementare rispetto alle iniziative del SET Plan e della *European Battery Alliance*: si propone di superare i già ambiziosi obiettivi di prestazione delle batterie e offre una visione di lungo termine più sfidante di quella della piattaforma *ETIP Batteries Europe*. Con un focus su tematiche di ricerca e innovazione di tipo *disruptive*, (di rottura) *Battery 2030+* si propone di intercettare temi di ricerca e innovazione a basso TRL (1-3) da proporre come agenda di ricerca nei *Work Programme* di *Horizon Europe*.

L’indirizzo proposto, riportato nel documento di *roadmap*²⁶, pubblicato a marzo 2020, identifica le azioni di ricerca per trasformare radicalmente il modo in cui sono scoperte, sviluppate e progettate batterie ad altissime prestazioni, durevoli, sicure, sostenibili e convenienti da utilizzare in applicazioni reali. Le direzioni di ricerca a lungo termine si basano su un approccio *chemistry neutral* con impatto non solo sulle attuali chimiche delle batterie al litio, ma anche sulle batterie post-litio e sulle future chimiche delle batterie ancora sconosciute.

Nella *roadmap* sono presenti tre principali temi di ricerca (scoperta accelerata di interfacce e materiali della batteria; integrazione di funzionalità intelligenti; aree trasversali) e sei aree di ricerca (*Battery Interface Genome* – BIG; *Materials Acceleration Platform* – MAP; *Sensing*; *Self-healing*; *Manufacturability*; *Recycling*), come mostrato in Figura 5.1. La *roadmap* include anche obiettivi a breve e medio termine (oltre a quelli di lungo termine) per il progresso verso la visione di come inventare le batterie sostenibili del futuro.

²⁵ <https://battery2030.eu/>

²⁶ Battery 2030+, «Roadmap: inventing the sustainable batteries of the future – research needs and future actions,» 2020.



Figura 5.1 – Battery 2030+: Rappresentazione schematica dei temi e delle aree di ricerca proposto proposte dall’iniziativa.

L’iniziativa *Battery 2030+* è incubatrice di sei progetti R&I²⁷ (Tabella 5.1), finanziati da *Horizon 2020*, rivolti allo sviluppo delle tematiche sopra citate. La CSA BATTERY 2030PLUS ha il compito di coordinare le diverse azioni di collaborazione tra i consorzi finanziati nell'ambito di questi progetti di ricerca, dedicati alla implementazione della roadmap.

Tabella 5.1 – Battery 2030+: Progetti di ricerca H2020 le cui azioni di collaborazione sono supportate dalla CSA BATTERY 2030PLUS.

Progetto	Tema H2020	Coordinatore	Obiettivo
BIG-MAP	LC-BAT-12	DTU	Accelerare la scoperta dei materiali delle batterie e le interfacce
INSTABAT	LC-BAT-13	CEA	Integrazione di funzionalità intelligenti (focus sulla sensoristica)
SENSIBAT	LC-BAT-13	IKERLAN	Integrazione di funzionalità intelligenti (focus sulla sensoristica)
SPARTACUS	LC-BAT-13	Fraunhofer	Integrazione di funzionalità intelligenti (focus sulla sensoristica)
BAT4EVER	LC-BAT-14	VUB	Integrazione di funzionalità intelligenti (focus su auto-riparazione)
HIDDEN	LC-BAT-14	VTT	Integrazione di funzionalità intelligenti (focus su auto-riparazione)

Un altro obiettivo della CSA BATTERY 2030PLUS è quello di contribuire alla creazione di competenze, sostenendo i programmi di studio europei, rafforzando la comunità delle batterie, facilitando la comunicazione, il dialogo e la cooperazione su argomenti trasversali tra i diversi attori della catena del valore delle batterie. *Battery 2030+* raccoglie anche informazioni e video su eventi e attività educative a cui partecipa o che promuove attraverso i propri canali²⁸.

6 Disseminazione

6.1 *Nanoinnovation 2021*

La quinta edizione di *Nanoinnovation, Conference and Exhibition* si è tenuta dal 21 al 24 settembre 2021 a Roma in modalità ibrida.

Le attività di disseminazione di ENEA in *Nanoinnovation* hanno avuto luogo i giorni 23-24 settembre 2021: si sono svolti dei Simposi tecnici di alto livello dedicati alla transizione ecologica il giorno 23, co-organizzati con Politecnico di Torino e IIT; e 3 sezioni tematiche per il giorno 24. Tre i simposi tecnici dedicati alle batterie dai titoli:

²⁷ <https://battery2030.eu/research/research-projects/>

²⁸ <https://battery2030.eu/education/>

- Electrochemical energy storage from fundamental studies to pilot engineering: Li ion batteries
- Electrochemical energy storage from fundamental studies to pilot engineering: new generation batteries - Part 1
- Electrochemical energy storage from fundamental studies to pilot engineering: new generation batteries - Part 2

Le sezioni tematiche del giorno 24 hanno visto i contributi di molti dei co-beneficiari e beneficiari dell'accordo di programma – Ricerca di Sistema Elettrico – tema batterie e accumulo elettrochimico. Sono stati affrontati sia i temi della simulazione computazionale ("Electrochemical energy storage: the atomistic design perspective") sia i materiali nuovi e avanzati per lo stoccaggio dell'energia ("Electrochemical storage: new materials for the batteries of the future - Part 1 e Part 2"). Maggiori informazioni possono essere trovate sul sito della conferenza.²⁹

Per quanto riguarda il successo di pubblico, NanoInnovation 2021 può vantare 1.494 iscritti online, di cui 610 presenti presso la sede del convegno e i restanti collegati da remoto, per un totale di 3.839 presenze, in presenza e da remoto, alle diverse attività svolte durante i quattro giorni di convegno, da dalle sessioni plenarie di apertura alla formazione di aggiornamento, dai simposi tematici alle scuole e agli eventi satellite.

6.2 Partecipazione a congressi, articoli, tesi e altro

Durante l'annualità le attività sono state divulgate mediante:

LAVORI A STAMPA

1. Prosini, P.P., Electrical system research: The electrochemical storage sub-program (2021) AIP Conference Proceedings, 2416, art. no. 020003.
2. Massaro, A., Muñoz-García, A.B., Prosini, P.P., Gerbaldi, C., Pavone, M. Unveiling Oxygen Redox Activity in P2-Type $\text{Na}_x\text{Ni}_{0.25}\text{Mn}_{0.68}\text{O}_2$ High-Energy Cathode for Na-Ion Batteries (2021) ACS Energy Letters, 6 (7), pp. 2470-2480.
3. Arianna Massaro, Ana B. Muñoz-García, Mariarosaria Tuccillo, Michele Pavone, Pier Paolo Prosini. An Ab Initio Study of Li/Ni-doped Na_xMeO_2 Cathode Material for Na-Ion Batteries. Journal of Energy and Power Technology 2021, Volume 3, Issue 2.
4. Pier Paolo Prosini, Margherita Moreno e Francesco Vellucci, Tecnologie e sistemi per l'accumulo dell'energia, La Termotecnica, N°4 maggio 2021.
5. Bargnesi L., Gigli F., Albanelli N., Toigo C., Arbizzani C. Crosslinked chitosan for sustainable aqueous batteries Nanomaterials 2022, 12(2), 254
6. G. Lacarbonara, L. Bargnesi, D. Di Cillo, C. Arbizzani, In situ TEM analysis of ammonium salts as additive on Li interphase, in preparazione

²⁹ <https://www.nanoinnovation2021.eu/home/>

7. A. Brilloni, F. Poli, G. E. Spina, C. Samorì, E. Guidi, C. Gualandi, M. Maisuradze, M. Giorgetti, F. Soavi, "Easy recovery of Li-ion cathode powders by the use of water-processable binders", *Electrochim. Acta*, 418 (2022) 140376
8. A. Brilloni, F. Marchesini, F. Poli, E. Petri, F. Soavi, Performance Comparison of LMNO Cathodes Produced with Pullulan or PEDOT:PSS Water-Processable Binders, *Energies* 2022, 15, 2608
9. Laser irradiation of a bio-waste derived carbon unlocks performance enhancement in secondary lithium batteries (2021) *Nanomaterials*, 11 (12), art. no. 3183.
10. Ferrari, S., Falco, M., Muñoz-García, A.B., Bonomo, M., Brutti, S., Pavone, M., Gerbaldi, C. Solid-State Post Li Metal Ion Batteries: A Sustainable Forthcoming Reality? (2021) *Advanced Energy Materials*, 11 (43), art. no. 2100785.
11. Curcio, M., De Bonis, A., Brutti, S., Santagata, A., Teghil, R. Pulsed laser deposition of thin films of TiO₂ for Li-ion batteries (2021) *Applied Surface Science Advances*, 4, art. no. 100090.
12. Pierini, A., Brutti, S., Bodo, E. Superoxide Anion Disproportionation Induced by Li⁺ and H⁺: Pathways to O₂ Release in Li-O₂ Batteries (2020) *ChemPhysChem*, 21, 2060-2067
13. Munoz-Garcia, A.B., Tirri, B., Capone, I., Matic, A., Pavone, M., Brutti, S. Structural evolution of disordered LiCo_{1/3}Fe_{1/3}Mn_{1/3}PO₄ in lithium batteries uncovered (2020) *Journal of Materials Chemistry A*, 8, art. no. 19641
14. G. Maresca, P. Casu, M. Bellusci, E. Simonetti, S. Brutti, G.B. Appetecchi, Sodium-conducting, ionic liquid electrolytes for Na battery systems". *SCI 2021 - XXVII Congresso Nazionale della Società Chimica Italiana, September 14-23, 2021*.
15. G. Maresca, P. Casu, E. Simonetti, S. Brutti, G.B. Appetecchi, Sodium-conducting ionic liquid electrolytes: Electrochemical stability investigation. *Applied Science*, 12 (2022) 4174.
16. Staffolani, Antunes, Darjazi, Hamideh, Carbonari, Gilberto, Maroni, Fabio, Gabrielli, Serena, Nobili, Francesco (2021). Fe₃O₄/Graphene Composite Anode Material for Fast-Charging Li-Ion Batteries. *MOLECULES*, vol. 26, 4316, 2021
17. Carloni, A., Baronti, F., Di Rienzo, R., Roncella, R., Saletti, R., An open-hardware and low-cost maintenance tool for light-electric-vehicle batteries, *Energies* Volume 14, Issue 162 August 2021 Article number 4962
18. Carloni, A., Constà, S., Pasquali, M., Baronti, F., Di Rienzo, R., Roncella, R., Saletti, R., Preliminary Design of a Flexible Test Station for Second-Life Battery Development, *ApplePies 2021: Applications in Electronics Pervading Industry, Environment and Society* pp 120–125
19. D. Dini, F. Cognini, D. Passeri, F.A. Scaramuzzo, M. Pasquali, M. Rossi. Review - Multiscale characterization of Li-ion batteries through the combined use of atomic force microscopy (AFM) and

- X-ray microscopy (XRM) and considerations for a correlative analysis of the reviewed data. 2021 *J. Electrochem. Soc.* 168 126522
20. A. Celeste, M. Tuccillo, A. Santoni, P. Reale, S. Brutti, L. Silvestri. Exploring a Co-Free, Li-Rich Layered Oxide with Low Content of Nickel as a Positive Electrode for Li-Ion Battery. *ACS Applied Energy Materials* 2021 4 (10), 11290-11297-
 21. R. Poiana, E. Lufrano, A. Tsurumaki, C. Simari, I. Nicotera, M.A. Navarra, Stable Gel Polymer Electrolytes for High Voltage Li-Batteries. *Electrochimica Acta*, 401 (2022) 139470.
 22. G. Maresca, A. Tsurumaki, N. Suzuki, K. Yoshida, S. Panero, Y.i Aihara, M. A. Navarra, Sn-C anodes for bulk-type all-solid-state batteries. *Electrochimica Acta*, 2021, 395, 139104.
 23. P. G. Schiavi, R. Zaroni, M. Branchi, C. Marcucci, C. Zamparelli, P. Altimari, M.A. Navarra and F. Pagnanelli. Upcycling Real Waste Mixed Lithium-Ion Batteries by Simultaneous Production of rGO and Lithium-Manganese-Rich Cathode Material *ACS Sustainable Chem. Eng.* 2021, 9, 13303–13311.
 24. Bahremandi Tolou N., Salimijazi H., Dikonimos T., Faggio G., Messina G., Tamburrano A., Aurora A., Lisi N. Fabrication of 3D monolithic graphene foam/polycaprolactone porous nanocomposites for bioapplications (2021) *Journal of Materials Science*, 56 (9), pp. 5581 – 5594.
 25. Pravin Jagdale, Jijeesh Ravi Nair, Aamer Khan, Marco Armandi, Giuseppina Meligrana, Francisco Robles Hernandez, Irene Rusakova, Erik Piatti, Massimo Rovere, Alberto Tagliaferro, Martin Winter, Claudio Gerbaldi, “Waste to life: Low-cost, self-standing, 2D carbon fiber green Li-ion battery anode made from end-of-life cotton textile” *Electrochimica Acta* 368 (2021) 137644. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2020.137644>. *Argomento elettrodi per celle al litio.*
 26. Gabriele Lingua, Marisa Falco, Timo Stettner, Claudio Gerbaldi, Andrea Balducci “Enabling safe and stable Li metal batteries with protic ionic liquid electrolytes and high voltage cathodes” *Journal of Power Sources* 481 (2021) 228979. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2020.228979>. *Argomento elettroliti polimerici per celle al litio. Open access.*
 27. Stefania Ferrari, Marisa Falco, Ana Belén Muñoz-García, Matteo Bonomo, Sergio Brutti, Michele Pavone, and Claudio Gerbaldi “Solid-State Post Li Metal Ion Batteries: A Sustainable Forthcoming Reality?” *Adv. Energy Mater.* 2021, 11, 2100785. DOI: 10.1002/aenm.202100785. *Argomento elettroliti polimerici per celle post-litio. Open access.*

BREVETTI

1. P. Atanasio, F.A. Scaramuzzo, A. Capasso, M. Rossi, M. Pasquali, “Elettrodi ibridi carbonio/materiale attivo per accumulatori agli ioni di litio Carbon/active material electrodes for lithium ion batteries” domanda di brevetto N° 102021000017024, data di deposito 29/06/2021

PARTECIPAZIONI A CONGRESSO

1. Prosini, P.P., "Il futuro dell'accumulo elettrico: chimiche innovative per batterie ad elevate prestazioni". 2nd International Workshop on "Novel Batteries for Electric Energy Storage", 7th July 2021 Palermo (Italy).
2. Prosini, P.P., "The ENEA objectives within IPCEI Battery" Nanoinnovation 2021 Conference & Exhibition, 21-24 September 2021, Roma
3. Prosini, P.P., ZeroEmission 2021, Le batterie come settore strategico: finanziamenti, programmi di ricerca, sostegno allo sviluppo ed alla produzione. Piacenza Expo, 23-24 giugno 2021.
4. C. Arbizzani, L. Bargnesi, F. Gigli, Sustainable binders for Na – ion batteries operating in aqueous electrolytes, European Materials Research Society (E-MRS) 2021 Fall meeting, 20-23 settembre 2021 (orale)
5. L. Bargnesi, F. Gigli, C. Arbizzani, Alternative sustainable binder, for environmental friendly Na⁺/Li⁺ ion batteries, XXVII Congresso nazionale della Società Chimica Italiana, Milano, 14-23 settembre 2021 (poster)
6. L. Bargnesi, F. Gigli, C. Arbizzani Sustainable binders for Na – ion batteries operating in aqueous electrolytes, Nanoinnovation 2021, Roma, 21-24 settembre 2021 (orale)
7. G. E. Spina, F. Poli, A. Brilloni, F. Soavi, Pullulan as green component for high potential Li-ion battery cathodes, 72nd Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, 29 August - 03 September 2021, Jeju Island, Korea-on line
8. A. Brilloni, G. E. Spina, F. Poli, M. Rizzotti, F. Marchesini, G. B. Appetecchi, F. Soavi, Novel methods for increasing energy and reducing environmental impact of lithium batteries. SCI 2021 - XXVII Congresso Nazionale della Società Chimica Italiana, 14-23 settembre 2021, on line.
9. Alessandro Brilloni, Giovanni Emanuele Spina, Michele Rizzotti, Francesco Marchesini, Giovanni Battista Appetecchi, Francesca Soavi, "Cycling stability of Li-metal anodes in new ionic liquids solutions", 72th Annual meeting of the International Society of Electrochemistry, 29/08/21 - 3/09/21, Jeju, Korea, Poster contribution
10. Alessandro Brilloni, Federico Poli, Michele Rizzotti, Francesco Marchesini, Francesca Soavi, Green design of lithium metal battery, Nano Innovation Conference and Exhibition 2021, 21-24/09/2021, Rome, Italy
11. Sergio Brutti, Li-rich layered oxides (LRLO) for lithium cells: pushing positive electrodes to their limits" XIII Convegno INSTM sulla Scienza e Tecnologia dei Materiali - Sestriere (TO), 23-26 gennaio 2022.
12. Lorenzo Bartolucci, Stefano Cordiner, Vincenzo Mulone, Marina Santarelli, Fernando Ortenzi, Manio Pasquali "Optimal integration of Renewables and Second-Life batteries to improve the environmental sustainability of Electric Vehicle Fleets", 2021 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2021 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe).

13. Lorenzo Bartolucci, Stefano Cordiner, Vincenzo Mulone, Marina Santarelli, Fernando Ortenzi, Manio Pasquali, Stationary Battery Design and Control for Renewable Integration in Local Energy Communities, Nanoinnovation 2021
14. H. Darjazi, F. Nobili, "Waste biomass-derived hard carbon electrode materials for rechargeable Li/Na-ion batteries and supercapacitors, Post-Lithium research: woman in focus", POLIS, 27-28 July 2021, Germany (Poster).
15. A. Staffolani, H. Darjazi, L. Sbrascini, L. Bottoni, R. Tossici, F. Nobili. "Fast charging anode for LIBs and NIBs based on Fe₃O₄/rGO: Synthesis and characterization", IWES2021 energy storage, 24-26 February 2021, Italy (Oral).
16. L. Sbrascini, L. Bottoni, A. Staffolani, H. Darjazi, F. Nobili, "Sustainable Conversion and Alloying Composite Anodes for Li- and Na-ion Batteries", Nanoinnovation 2021, Roma, 19-23 September 2021, Oral Presentation SY. XXVIII.2.4 - TT.XII.B.1.4.
17. A. Staffolani, F. Nobili, L. Sbrascini, H. Darjazi, L. Bottoni, "Synthesis and Characterization of Fe₃O₄/rGO as Anode Material for Na-ion Batteries", XIII INSTM CONFERENCE, Sestriere, 23-26/01/2022 (Oral).
18. L. Sbrascini, F. Nobili, H. Darjazi, A. Staffolani, L. Bottoni, Enhanced Performance of a Sustainable Si/C Anode for High Energy Density Lithium-ion Batteries, XXVII Congresso Nazionale della Società Chimica Italiana (SCI2021), 14-23/09/2021.
19. L. Sbrascini, A. Staffolani, F. Nobili, H. Darjazi, L. Bottoni, A Silicon/Hard Carbon Composite Anode Towards Sustainable High-Energy Density Lithium-ion Batteries, XIII Convegno INSTM sulla Scienza e Tecnologia dei Materiali, Sestriere, 23-26/01/2022.
20. P. Atanasio, Preparation of Carbon/Silicon Hybrid Nanostructured Anodes for Lithium-ion Batteries by CVD and Liquid Phase Deposition, Nanoinnovation 2021, sessione "Nanomaterials: manufacturing, characterizations and applications - Part 1", 24/09/2021
21. E. Gualtieri, F.A. Scaramuzzo, M. Pasquali, Synthesis of nanostructured carbon/silicon composite anodes for lithium-ion batteries, PhD International Winter School on Inorganic Materials – Synthesis, Modelling and Characterization, Bardonecchia, 15-18/12/2021
22. P. Atanasio, N. Lisi, F.A. Scaramuzzo, M. Rossi, M. Pasquali, Preparation of Carbon/Silicon Hybrid Nanostructured Anodes for Lithium-ion Batteries by CVD and Liquid Phase Deposition. Nanoinnovation 2021 Conference & Exhibition, 21-24 September 2021, Roma
23. Celeste, A., Tuccillo, M., Santoni, A., Reale, P., Brutti, S., Silvestri, L. "Development of a Co-free Li-rich layered oxide material to use as positive electrode in Li-ion batteries", 21-24 settembre 2021, Nanoinnovation 2021 Conference & Exhibition, 21-24 September 2021, Roma
24. Roberto Cardia, Adriano Mosca Conte, Giancarlo Cappellini, Francesco Buonocore, Olivia Pulci. Ti/ Ni doping effects on formation energy and electronic structure of NaMnO₂ cathodes. Nanoinnovation 2021 Conference & Exhibition, 21-24 September 2021, Roma

25. Julia Amici, Composite solid electrolytes towards safer Li metal cells. ISE 2021, 72nd Annual Meeting Korea, 31 Agosto 2021
26. Julia Amici, Towards safer post Li-ion Technologies. AICING Reggio Calabria 7 Settembre 2021
27. Julia Amici, Composite solid electrolytes towards safer Li metal cells. IWLIME 8th International workshop on Lithium Industrial Minerals and Energy– 9 Novembre 2021- Bolivia
28. Anna Mangini, New polymer electrolytes for Li-O₂ batteries. Nanoinnovation 2021 Conference & Exhibition, 21-24 September 2021, Roma
29. Julia Amici, Enabling safer Li metal cells through composite solid electrolytes. ENERGEN 2021, 26-29 Ottobre 2021- Romania.
30. A. Massaro, A.B. Muñoz-García, M. Pavone, Oxygen redox activity in P2-type layered oxides as high-energy cathode for Na-ion battery: new insights from first principles, RENews – Renewable Energy News 2021.
31. A. Massaro, A.B. Muñoz-García, M. Pavone, First-principles study of Oxygen redox activity in P2-type Na_xNi_{0.25}Mn_{0.68}O₂ high energy cathode for Na-ion batteries, XXVII SCI National Congress 2021.
32. An overview on crosslinked (hybrid) polymer electrolytes for next-generation solid-state batteries operating at ambient temperature / C. Gerbaldi (2021). Intervento su invito presentato online al Workshop internazionale AMAPOLA “Role of polymers in batteries and capacitors: Towards sustainable, safer and more efficient devices” tenutosi a Madrid (Spagna) il 28 Settembre 2021.
33. An overview on hybrid polymer electrolytes for next-gen solid-state batteries operating at ambient temperature / Marisa Falco, Gabriele Lingua, Sofia Saffirio, Federico Smeacetto, Giuseppina Meligrana, Claudio Gerbaldi (2021). Keynote lecture presentata al congresso internazionale ENERSTOCK 2021 - 15TH INTERNATIONAL VIRTUAL CONFERENCE ON ENERGY STORAGE, tenutosi a Ljubljana (Slovenia), giugno 9-11, 2021.
34. Unique solid carbonate-based single ion conducting block copolymer for high-voltage lithium metal batteries / Gabriele Lingua, Patrick Gryan, Alexander S. Shaplov, Claudio Gerbaldi (2021). Intervento presentato al congresso internazionale ENERSTOCK 2021 - 15TH INTERNATIONAL VIRTUAL CONFERENCE ON ENERGY STORAGE, tenutosi a Ljubljana (Slovenia), giugno 9-11, 2021.
35. Composite polymer membranes as electrolytes for lithium-based batteries / Marisa Falco, Sofia Saffirio, Federico Smeacetto, Claudio Gerbaldi (2021). Intervento presentato al congresso internazionale ENERSTOCK 2021 - 15TH INTERNATIONAL VIRTUAL CONFERENCE ON ENERGY STORAGE, tenutosi a Ljubljana (Slovenia), giugno 9-11, 2021.
36. Innovative single ion conducting block copolymers / Gabriele Lingua, Marisa Falco, Alexander S. Shaplov, Claudio Gerbaldi (2021). Poster presentato al congresso internazionale virtuale EURONANOFORUM 2021, tenutosi online, maggio 5-6, 2021.

37. Enabling stable Li metal batteries with protic ionic liquid electrolytes / Marisa Falco, Gabriele Lingua, Timo Stettner, Andrea Balducci, Claudio Gerbaldi (2021). Poster presentato al congresso internazionale virtuale EURONANOFORUM 2021, tenutosi online, maggio 5-6, 2021.
38. Easily processable electrodes/electrolytes for Na-ion batteries / M. Falco, A. Massaro, A.B. Muñoz-Garcia, M. Destro, G. Lingua, E. Maruccia, G. Meligrana, M. Pavone, C. Gerbaldi (2021). Intervento presentato al congresso internazionale ISE 2021 - Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, tenutosi online, Jeju Island (Korea), agosto 29 - settembre 3 2021.
39. Towards Solid Batteries Operating at Ambient Temperature Through Safe, Highly Conducting, Solid Polymer-based Electrolytes / Gabriele Lingua, Marisa Falco, Ying Zhang, Silvia Porporato, Elisa Maruccia, Giuseppina Meligrana, Claudio Gerbaldi (2021). Intervento presentato al congresso internazionale virtuale NANOINNOVATION 2021, tenutosi a Roma, settembre 21-24, 2021.

ORGANIZZAZIONE EVENTI

1. Electrochemical energy storage: from fundamental studies to pilot engineering: Li ion batteries (*Co-organized with Polytechnic of Turin, IIT Center for Sustainable Future Technologies - CSFT@POLITO, FBK and ENEA*), Nanoinnovation 2021 Conference & Exhibition, 21-24 September 2021, Roma

TESI DI LAUREA

1. *Francesca Gigli*, "Elettrodi preparati con leganti solubili in acqua per celle funzionanti in mezzo acquoso: una nuova sfida per la sostenibilità" (Relatore: C. Arbizzani, Co-relatore L. Bargnesi), dicembre 2021.
2. *Dario Di Cillo*: "Study of lithium metal solid electrolyte interphase" (Relatore: C. Arbizzani), marzo 2022.
3. M. Rizzotti, "Studio di liquidi ionici per batterie al litio metallico", Corso di laurea magistrale in Ingegneria Energetica, 21/07/2021, Relatore: Prof.ssa Francesca Soavi, Correlatori: Dott. Giovanni Battista Appetecchi, Dott. Alessandro Brilloni, Prof. Davide Fabiani.
4. F. Marchesini "Water processable polymers for high voltage cathodes in next generation lithium batteries", Corso di laurea magistrale in Ingegneria Energetica, 21/07/2021, Relatore: Prof.ssa Francesca Soavi, Correlatori: Dott. Federico Poli, Dott. Alessandro Brilloni.

7 Conclusioni

Come negli anni precedenti, l'ENEA ed i partner Universitari beneficiari hanno partecipato attivamente a diverse iniziative e collaborazioni internazionali, utilizzate da una parte per divulgare le attività portate avanti all'interno del Programma "Ricerca di Sistema Elettrico" e dall'altra per dare un giusto indirizzo alle attività proposte al Ministero. Inoltre, il dialogo con partner stranieri è stato fondamentale per trovare le giuste sinergie in vista di possibili cooperazioni internazionali. Le collaborazioni sviluppate ed avviate in iniziative europee hanno avuto il pregio di permettere, non soltanto l'integrazione tra iniziative nazionali e quelle comunitarie, ma anche la definizione del contesto di riferimento dei SdA. I numerosi documenti di "roadmap", "implementation plan", "white paper" sviluppati nei tavoli di lavoro del SET-Plan, delle piattaforme ETIP, delle alleanze EERA, dell'iniziativa EBA, di Battery 2030+, rappresentano i più autorevoli strumenti di pianificazione delle attività di ricerca e sviluppo che riguardano i SdA. ENEA, RSE e CNR, grazie alla partecipazione attiva a queste iniziative, hanno potuto mantenere ben presente il contesto e i risultati

della ricerca europea e internazionale nonché agli interessi dei diversi *stakeholder* coinvolti e riportarli nel proprio lavoro per la RdS.

Per quanto riguarda la divulgazione scientifica in totale sono stati realizzati 27 lavori a stampa con il metodo della peer review, 1 brevetto, i resoconti congiunti RSE-ENEA-CNR sulle attività europee e internazionali, 4 tesi di laurea e 39 partecipazioni a conferenze nazionali ed internazionali nelle quali sono stati presentati i lavori svolti all'interno dell'Accordo di Programma.

8 Abbreviazioni ed acronimi

AI	Artificial Intelligence
AC	Stati Associati
AMBP	Advanced Materials for Batteries Platform
BEI	Banca Europea per gli Investimenti
BIG	Battery Interface Genome
BMS	Battery Management System
CRM	Critical Raw Material
CSA	Coordination and Support Action
CTNE	Cluster Tecnologico Nazionale Energia
DSO	Operatore del Sistema di Distribuzione dell'Energia
EASE	European Association for the Storage of Energy
EBA	European Battery Alliance
EBRA	European Battery Recycling Association
EC	European Commission
ECES	Energy Conservation through Energy Storage
EERA	European Energy Research Alliance
EES	Electrochemical Energy Storage
EFSI	European Fund for Strategic Investments
EGVIA	European Green Vehicles Initiative Association
EIB	European Investment Banks Fund
EIF	Fondo Europeo per l'Innovazione
EIT	Istituto europeo per l'innovazione e la tecnologia
EMIRI	Energy Materials Industrial Research Initiative
ETIP	European Technologies and Innovation Platform
EUROBAT	Association of European Automotive and Industrial Battery Manufacturers
FET	Future Emerging Technologies
KPI	key performance indicator
IPCEI	Important Projects of Common European Interest
IA	Implementing Agreement
IC	Innovation Challenge
IEA	International Energy Agency
IL	Liquidi Ionici
IP	Intellectual Property
IWG	Implementation Working Group
LCA	Life Cycle Assessment
LIB	Batterie litio-ione
LMNO	Litio Manganese Nickel Ossido
MAP	Materials Acceleration Platform
MI	Mission Innovation

ML	machine learning
MS	Stati Membri
NIB	Batterie Sodio-ione
NMC	Litio Nickel Manganese Cobalto Ossido
NW	Nano-fili
OEM	produttore di apparecchiature originali
PMI	Piccole e Medie Imprese
R&D	Ricerca e Sviluppo
R&I	ricerca e innovazione
RdS	Ricerca di Sistema
RGO	ossido di grafene ridotto
RIA	azioni di ricerca e innovazione
RECHARGE	Advanced Rechargeable and Lithium Batteries Association
SBAI	Dipartimento di Scienze di Base e Applicate per l'Ingegneria
SdA	Sistemi di Accumulo
SEI	Solid Electrolyte Interface
SEM	Microscopia a scansione elettronica
SEN	Strategia Energetica Nazionale
SET-Plan	Strategic Energy Technology Plan
SRIA	Agenda strategica di ricerca e innovazione
TRL	Technology Readiness Level
TSO	Operatore del Sistema di Trasporto dell'Energia
TWG	Temporary Working Group
XRD	Diffrazione a raggi X