

# Ricerca di Sistema elettrico



Attività di disseminazione dei risultati svolte da ENEA  
relativamente al tema dell'accumulo di energia

Margherita Moreno, Raffaele Liberatore

Attività di disseminazione dei risultati svolte da ENEA relativamente al tema dell'accumulo di energia

M. Moreno (ENEA), R. Liberatore (ENEA)

Dicembre 2024

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica -ENEA Piano Triennale di Realizzazione 2022-2024

Obiettivo: Decarbonizzazione

Progetto: Tema di ricerca 1.2 – Progetto integrato Tecnologie di accumulo elettrochimico e termico.

Linea di attività: 5.2

Responsabile del Progetto: Margherita Moreno, ENEA.

Responsabile del Work Package: Margherita Moreno, ENEA.

Responsabile Linea di Attività: Margherita Moreno, ENEA.

Mese inizio previsto: Gennaio 2022

Mese inizio effettivo: Gennaio 2022

Mese fine previsto: Dicembre 2024

Mese fine effettivo: Dicembre 2024

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione: Si ringrazia per la collaborazione alle attività svolte

## Indice

1	Risultati attesi .....	3
2	Risultati ottenuti .....	3
3	Prodotti attesi.....	4
4	Prodotti ottenuti .....	4
5	Analisi degli scostamenti su attività e risultati .....	4
6	Sintesi delle attività svolte .....	4
7	Dettaglio delle attività svolte .....	5
7.1	Eventi di diffusione al pubblico generale.....	5
	Zeroemission.....	5
7.2	Eventi di confronto con stakeholder nazionali.....	6
7.3	Confronto con iniziative europee e organismi internazionali.....	6
8	Contributo delle eventuali consulenze alle attività sopra descritte .....	8
9	Pubblicazioni scientifiche.....	8
9.1	.....	11
10	Eventi di disseminazione .....	11
10.1	.....	12

## 1 Risultati attesi

Scopo di questa LA è quello di tenere le fila di tutte le attività coadiuvanti all'attività di ricerca vera e propria e in particolare quelle riguardanti la diffusione e divulgazione dei risultati e le conoscenze risultanti dal progetto.

Per questo sono state identificate diverse tipologie di pubblico verso le quali diffondere i risultati:

- La comunità scientifica. In questo caso la disseminazione della conoscenza acquisita avviene tramite pubblicazione di articoli scientifici (attività in capo alle singole linee di attività, ma raccolta nella deliverable RT-1.02-5.02 per maggiore chiarezza), partecipazione a congressi, ma anche attraverso l'organizzazione di workshop e seminari (fisici e/o on line) dedicati a particolari aree di interesse del progetto.
- Gli stakeholder italiani. È importante ingaggiare l'interesse delle associazioni di settore e dell'industria nei confronti dei risultati del progetto. Gli stakeholder saranno invitati ai workshop, ma saranno anche organizzati eventi ad hoc per un confronto alla pari. (attività raccolte nel RT-1.02-5.02)
- La comunità europea degli esperti e portatori di interesse del settore. Partecipando alle iniziative europee (e internazionali) legate alle attività del progetto si svolge una funzione di rappresentante delle attività di ricerca nazionali sull'accumulo di energia, e si ricevono in cambio preziosi feedback per indirizzare il lavoro futuro. (questa attività sarà raccolta principalmente nel rapporto RT-1.02-5.03-1 redatto congiuntamente dai tre enti nella LA 5.3 di RSE e pubblicato da ciascun ente con proprio protocollo)
- Il grande pubblico. È importante riconoscere il committente finale dell'attività e fare in modo che il know-how generato non solo porti vantaggi oggettivi ma possa essere anche raccontato. Per questo motivo si produrranno presentazioni divulgative o altri prodotti mediatici da utilizzare per informare un pubblico meno esperto. (le attività svolte da ENEA che rientrano in questa categoria verranno raccolte anch'esse nel RT-1.02-5.02)

In questa LA sono anche descritte le riunioni tecniche con i co-beneficiari sia allargate a tutta la compagine progettuale sia limitate a singole attività o macroaree di interesse.

Questa linea di attività si presta anche ad accogliere le interazioni con gli altri affidatari e co-beneficiari di progetto in modo da ottenere un lavoro finale coerente ed omogeneo.

L'attività di ricerca svolta all'interno del progetto sarà anche diffusa a livello internazionale all'attenzione dell'IEA Energy Storage TCP attraverso le newsletter e partecipando agli ExCO meeting e a riunioni di specifici task di interesse (es. le Carnot Batteries, l'accumulo termico per mezzo di materiali a cambiamento di fase e termochimico e quelli che riguardano le valutazioni economiche sulle tecnologie di accumulo). Da esse si potranno anche prendere spunti per meglio veicolare la ricerca in corso.

## 2 Risultati ottenuti

I risultati del progetto hanno prodotto circa 80 presentazioni a congressi e almeno 30 articoli scientifici pubblicati (altri in fase di pubblicazione). Sono state tenute lezioni universitarie e seminari dedicati alle attività del progetto. Sono state seguite le riunioni di almeno 5

organizzazioni internazionali nel campo dell'accumulo di energia, fungendo da rappresentante delle attività RdS in ogni occasione. Sono stati organizzati 4 grandi workshop dedicati e una riunione fisica di progetto con tutti i co-beneficiari. Sono state condotte circa 15 visite ai gruppi universitari coinvolti per rafforzare la collaborazione nel progetto. I ricercatori del progetto sono stati invitati a parlare in molte occasioni pubbliche come fiere e altri eventi, per diffondere i risultati dei progetti nazionali. Sono state create occasione adatte ad incontrare un pubblico meno esperto in almeno 2 occasioni.

Tenendo conto di questi indicatori numerici e dei numeri del pubblico che ha visitato gli eventi, si può dire che i risultati ottenuti in questa LA sono più che soddisfacenti. Nel prossimo triennio si parte da questi risultati per superarli.

### 3 Prodotti attesi

Non sono previsti prodotti hardware/software o produzione di materiali per questa LA.

### 4 Prodotti ottenuti

Non sono previsti prodotti hardware/software o produzione di materiali per questa LA.

### 5 Analisi degli scostamenti su attività e risultati

Le attività di questa LA riguardano in generale la diffusione e la gestione dei partner ENEA e suoi co-beneficiari. Le attività sono state molte nel triennio, probabilmente anche grazie all'effetto positivo della definitiva uscita dall'emergenza covid; per questo sono state impegnate più risorse di personale e più spese per eventi specifici.

### 6 Sintesi delle attività svolte

In questa LA sono descritte le attività riguardanti il coordinamento di ENEA con i suoi co-beneficiari, attraverso visite ai gruppi universitari, invito ai workshop del progetto, organizzazione di workshop all'interno di conferenze (come Nanoinnovation) dedicati esclusivamente ai risultati RdS. Si è anche organizzato una prima riunione di tutti i co-beneficiari ENEA presso il C.R. ENEA Casaccia, con visita ai laboratori, per il giorno 18 Aprile 2024. In quella occasione si sono condivisi i risultati ottenuti, ma anche si è colta l'occasione per parlare di sviluppi futuri e rafforzare la collaborazione.

Le attività di diffusione hanno riguardato diversi livelli di pubblico e approfondimento. Si sono spiegate le tematiche del progetto ad un pubblico più generale sia in occasione della Notte Europea dei Ricercatori che ad esempio ad eventi fiera come Maker Faire o ZeroEmission. La diffusione scientifica dei risultati ha continuato a essere fatta attraverso la pubblicazione su riviste del settore o la partecipazione a congressi o lo svolgimento di lezioni universitarie da parte dei ricercatori coinvolti; mentre il confronto con organismi europei o internazionali si è svolto partecipando alle reti più autorevoli come IEA e EERA oppure alle iniziative europee sulle batterie (Batteries Europe, BEPA, Battery2030+). Gli incontri con gli stakeholder industriali nazionali sono avvenuti mediante la partecipazione a workshop o anche con incontri "onsite" come nel caso della fabbrica italiana di celle litio-ione FAAM.

## 7 Dettaglio delle attività svolte

Di seguito sono riportate le attività nelle diverse categorie evidenziate

### 7.1 Eventi di diffusione al pubblico generale

#### Zeroemission

Zeroemission è la fiera internazionale consolidata per la promozione delle energie rinnovabili a livello internazionale, per lo sviluppo della decarbonizzazione della produzione elettrica, l'elettrificazione dei consumi, la mobilità elettrica e la lotta ai cambiamenti climatici. I settori industriali tematici offrono a tutti i visitatori professionali una panoramica completa delle innovazioni pienamente sostenibili e delle tecnologie correlate: sistemi, materiali, attrezzature, tecnologie, prodotti e servizi.

In tale ambito l'ing. Raffaele Liberatore nel 2023 ha presentato oralmente: "New frontiers of research and innovation in the thermal energy storage sector", presentando le attività di questa linea. Nel 2024, la dottoressa Margherita Moreno è stata invitata a presentare oralmente un intervento sulle attività del progetto con il titolo "La ricerca italiana sugli accumuli".

Sotto sono mostrati luogo, periodo, tipologia, numero indicativo e tipologia di partecipanti.

<b>Titolo</b>	<b>Zeroemission 2023</b>	<b>Zeroemission 2024</b>
<b>Luogo</b>	Roma	Roma
<b>Periodo</b>	10-12/10/2023	16-18/10/2024
<b>Tipologia</b>	Congresso nazionale	Congresso nazionale
<b>Numero indicativo partecipanti</b>	600	700
<b>Tipologia partecipanti</b>	Esperti del settore	Esperti del settore

#### Altri eventi

- Notte europea dei ricercatori 2024. Le attività del laboratorio ENEA coinvolto nel progetto 1.2 sono state diffuse ad un pubblico molto vasto. Il dimostrativo prodotto nella LA1.12 è servito a mostrare in maniera più comprensibile le possibili ripercussioni nella vita reale della attività di ricerca e sviluppo finanziate da RdS-CSEA.
- Maker Fair: partecipazione all'evento nel 2023 allo stand della CSEA con dimostrativi per spiegare le batterie e su cosa si fa ricerca nel progetto 1.2.
- Green Med 2024: partecipazione su invito alla tavola rotonda "BESS, TRA OBIETTIVI E NUOVE SFIDE" con il contributo della dott.ssa Margherita Moreno "A che punto è la ricerca e lo sviluppo di nuove tecnologie per lo stoccaggio?", diffondendo i contenuti del progetto 1.2.

## 7.2 Eventi di confronto con stakeholder nazionali

Durante il triennio sono state svolte numerose missioni per incontrare partner industriali. Queste riunioni hanno riguardato sia attività specifiche del progetto sia riunioni di confronto con l'industria per trovare spunti e stimoli di ricerca.

Del primo tipo è la seguente:

### Riunione ENEA/Calcestruzzi Cipiccia SpA/UniPG su LA 4.7 (Narni 16 Aprile 2024)

L'ing. Adio Miliozzi, l'ing. Raffaele Liberatore e l'ing. Daniele Nicolini dell'ENEA hanno effettuato prima una riunione presso la ditta Calcestruzzi Cipiccia SpA per verificare lo sviluppo dei mix-design dei nuovi calcestruzzi da utilizzare come mezzo di accumulo nell'ambito della linea LA 4.7 e programmare la realizzazione dei relativi provini e prototipi da fornire a ENEA.

Del secondo tipo è la riunione avvenuta il 14/06/2024 presso la sede di FAAM a Teverola (CE). Questo partner è strategico in quanto al momento l'unico produttore italiano di celle per batterie.

Sempre del secondo tipo è il workshop, organizzato da ENEA (M. Moreno) e Manz Italia, all'interno della Fiera KEY Energy il 23 Marzo 2023 sullo stato della value chain italiana batterie. Al workshop e tavola rotonda hanno partecipato tutti i principali attori della filiera sia upstream (es Italmatch, Solvay, Engitec, Midac) che downstream (es. Enel X, FBK, GES, Endurance, Flash Battery, Iveco, Manz).

## 7.3 Confronto con iniziative europee e organismi internazionali

### **IEA ES TCP**

Energy Storage Technology Collaboration Platform – ExCO meetings

IEA Energy Storage (ES) è uno dei Technology Collaboration Programs (TCP) all'interno dell'International Energy Agency (IEA). Attualmente al TCP-ES partecipano attivamente 21 paesi e 3 sponsor. I paesi rappresentati sono: Austria, Belgio, Canada, Cina, Repubblica Ceca, Danimarca, Finlandia, Francia, Germania, Israele, Italia, Giappone, Norvegia, Slovenia, Sud Corea, Olanda, Svezia, Turchia, Regno Unito, Stati Uniti e Svizzera.

Il principale fine di IEA-ES è quello di facilitare la ricerca, lo sviluppo, l'implementazione e l'integrazione di tecnologie di immagazzinamento dell'energia, quali l'accumulo di energia elettrica, l'accumulo di energia termica, l'accumulo di energia distribuita e l'accumulo di energia geotermica.

Tipicamente si tengono riunioni semestrali tra i vari delegati e/o alternate (alt) nazionali, organizzate in posti diversi dai partner partecipanti.

Nel triennio 2022-2024 sono stati attivi i seguenti task, che, come si vede, rientrano le attività di interesse anche di questa linea di attività, con particolare attenzione al Task 36 e suo follow-up Task 44, Task 40 e Task 41:

- Task 32- Modelling of Energy Storage for Simulation/ Optimization of Energy Systems – Open Sesame;
- Task 35 - Flexible Sector Coupling;
- Task 36 - Carnot Batteries
- Task 37 – Smart Design and Control of Energy Storage Systems

- Task 38 – Ground Source de-icing for infrastructure
- Task 39 – Large TES for district heating
- Task 40 – Compact Thermal Energy Storage; Materials within Components within Systems
- Task 41 – Economics of Energy Storage – EcoEneSto
- Task 42 – System flexibility from Medium-Duration Energy Storage
- Task 43 – Storage for renewables and flexibility through standardized use of building mass
- Task 44 – Power-to-Heat and Heat integrated Carnot Batteries for Zero-Carbon (industrial) Heat & Power supply
- Task 45 – Accelerating the Uptake of Large Thermal Energy Storages

In tale ambito l'ing. Raffaele Liberatore, delegato per l'Italia, è stato nominato revisore dei Task 41 e Task 44.

Queste riunioni sono state anche occasione per presentare le attività del PTR22-24 sull'accumulo di energia, compreso il termico che, come si vede è giudicato di particolare interesse. I facilities tours, le riunioni stesse e gli scambi di opinioni con i delegati nazionali, esperti di accumulo energetico, sono stati occasione di aggiornamento e di divulgazione

Nel 2023 e nel 2024 ENEA è stata impegnata nel definire e coordinare le attività di "Modelling and Simulation" del Task "Power-to-Heat & Heat integrated Carnot Batteries FOR (Industrial) Heat and power Supply" (chiamato anche con l'acronimo: Hi CBest). Tali tematiche sono approfondite nel Subtask A che pone particolare attenzione ai modelli delle tecnologie Power To Heat (P2H) e Heat To Power (H2P) utilizzabili in ingresso e in uscita dalle Carnot Battery.

Nel periodo di riferimento sono state condotte le seguenti attività:

- Definizione di schede informative e factsheet su modellazione e simulazione delle tecnologie delle Carnot Battery, compilazione e analisi delle informazioni ricevute
- avvio della redazione del review paper "Carnot battery modelling: how to push knowledge from the components to the energy system?"
- avvio delle attività di modellazione della Carnot Battery nell'ambito delle reti elettriche

## **EERA- JP ES**

European Energy Research Alliance – Joint Programme Energy Storage

Il JP EERA sull'Accumulo di Energia (JP ES) è stato lanciato ufficialmente nel 2011 ed è coordinato dal Karlsruhe Institute of Technology in Germania. Questo JP promuove attivamente lo sviluppo efficiente di nuove tecnologie di accumulo di energia e supporta gli obiettivi e le priorità del Piano SET "mettendo in comune e integrando attività e risorse, inclusi partner internazionali" a tutti i livelli della catena del valore. Dalle collaborazioni all'interno del JP ES e con altri programmi congiunti, si generano sinergie e si raggiunge un'integrazione duratura e a lungo termine delle capacità di ricerca europea nell'accumulo di energia. I solidi legami con i partner industriali supportano il trasferimento dei risultati della ricerca all'innovazione e ai prodotti, al fine di stabilire una leadership strategica europea nell'accumulo di energia. Attualmente, 40 organizzazioni di ricerca e università di 15 diversi paesi europei partecipano al JP sull'Accumulo di Energia. Ogni partecipante al JP ES vanta una vasta

esperienza in specifici settori relativi all'accumulo di energia, importanti infrastrutture di ricerca e attività di ricerca in corso pertinenti, finanziate da risorse nazionali o europee.

La dott.ssa Margherita Moreno è rappresentata ENEA nel JP ES e attualmente coordinatrice del sub-programma dedicato all'accumulo elettrochimico. Questo ruolo fa sì che nelle riunioni mensili del management board e nelle riunioni semestrali della commissione, nonché nei workshop organizzati dal JP, venga sempre rappresentato il progetto 1.2 e i suoi risultati, nonché viene avviata la possibilità di confronto con gli altri partner su tematiche di ricerca di interesse del progetto nazionale.

## 7.4 Organizzazione workshop e meeting di progetto

### Nanoinnovation Congress (Roma, Università La Sapienza sede di Ingegneria)

L'evento rappresenta un consolidato punto di incontro nazionale per l'ampia e multidisciplinare comunità coinvolta nello sviluppo della nanotecnologia e nella sua integrazione con altre tecnologie chiave, in tutti i campi di applicazione. I temi trattati riguardano: Nanomedicina, Nanomateriali, Energia ed ecosistemi correlati, con l'obiettivo di migliorare il ritorno tecnologico e sociale degli investimenti in ricerca e istruzione superiore.

Nanoinnovation riunisce ricercatori, tecnologi, manager, imprenditori e investitori che condividono le loro esperienze, opinioni e aspettative sui temi proposti.

Sia nel 2022, che nel 2023 e nel 2024 sono stati organizzati workshop dedicati alle tecnologie per la transizione ecologica e in particolare per l'accumulo di energia.

Alle varie edizioni hanno partecipato esperti del settore con un pubblico variabile nelle diverse giornate intorno ai 300 partecipanti.

I workshop tecnici organizzati da ENEA hanno lo scopo esclusivo di diffondere i risultati RdS. Ulteriori workshop organizzati insieme a EERA-ES sono dedicati all'argomento dell'accumulo ibrido di energia.

### Primo meeting dei co-beneficiari ENEA (Roma, ENEA Casaccia, 18 Aprile 2024)

Per il giorno 18 aprile 2024 è stata indetta una riunione di progetto in presenza, per determinare lo stato di avanzamento del progetto, per diffondere i risultati ottenuti e per definire ulteriori collaborazioni con i partner. Hanno partecipato quasi 70 ricercatori tra ENEA e le varie università coinvolte nel progetto. È stato di particolare interesse la visita ai laboratori sia di accumulo termico che elettrochimico e la discussione sugli sviluppi futuri.

## 8 Contributo delle eventuali consulenze alle attività sopra descritte

Non sono previste consulenze

## 9 Pubblicazioni scientifiche

Elenco delle pubblicazioni scientifiche eventualmente risultanti dall'attività svolta.

- 2024 Montanino, M., Paoletti, C., De Girolamo Del Mauro, A., Sico, G. "Gravure printing for sodium-ion batteries manufacturing: a first attempt of printed cathode" Proceedings - 24th IEEE International Conference on Environment and Electrical

- Engineering and 8th I and CPS Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC/I and CPS Europe 2024, 2024
- 2024 Maria Montanino, Claudia Paoletti, Annalisa Aurora, Anna De Girolamo Del Mauro, Giuliano Sico Advances in gravure-printed Li/Na batteries Poster @ nanoinnovation 2024
  - 2024 Montanino, M., Paoletti, C., De Girolamo Del Mauro, A., Sico, G. Gravure-Printed Anodes Based on Hard Carbon for Sodium-Ion Batteries 407, 10 Batteries, 2024, 10(11), 407
  - 2024 Montanino, M., Paoletti, C., De Girolamo Del Mauro, A., Sico, G. Gravure Printed Composites Based on Lithium Manganese Oxide: A Study Case for Li-Ion Batteries Manufacturing 2400127, 413 Macromolecular Symposia, 2024, 413(4), 2400127
  - P. Atanasio, R.Y.S. Zampiva, A. Fornari, C. Mancini, A. Aurora, A.G. Marrani, M. Rossi, M. Pasquali, F.A. Scaramuzza, Green synthesis of carbon aerogels derived from rice husk for advanced supercapacitors, Journal of Energy Storage, 116 (2025) 115901.
  - P. Atanasio, R.Y.S. Zampiva, L. Buccini, C. Di Conzo, A. Proietti, F. Mura, A. Aurora, A.G. Marrani, D. Passeri, M. Rossi, M. Pasquali, F.A. Scaramuzza, Graphene Quantum Dots from Agricultural Wastes: Green Synthesis and Advanced Applications for Energy Storage, Molecules, 29 (2024) 5666.
  - Liberatore R., Delise T., Tizzoni A.C., Spadoni A., Mansi E., Corsaro N., Turchetti L., Morabito T., Lanchi M., Sau S.; Fluidized bed reactor sizing using manganese aluminium spinel for thermochemical storage (2024) Journal of Energy Storage, 78, art. no. 110039 DOI: 10.1016/j.est.2023.110039
  - Spadoni A., Sau S., Corsaro N., Lanchi M., Tizzoni A.C., Veca E., Falconieri M., Della Seta L., De Girolamo Del Mauro A., Turchetti L., Mansi E., Liberatore R. Thermochemical heat storage through CaO-Mayenite/CaCO<sub>3</sub> system: Thermal performances comparison for two synthesis methods. (2023) Journal of Energy Storage, 72, art. no. 108386 DOI: 10.1016/j.est.2023.108386
  - Lanchi M., Murmura M.A., Spadoni A., Sau S., Tizzoni A.C., Corsaro N., Turchetti L., Liberatore R., Annesini M.C. Carbonation Reaction of the CaO-Mayenite System: Kinetic Analysis at Different CO<sub>2</sub> Partial Pressures (2023) AIP Conference Proceedings, 2815 (1), art. no. 160006, DOI: 10.1063/5.0148838
  - Lanchi M., Spadoni A., Sau S., Tizzoni A.C., Varsano F., Corsaro N., Turchetti L., Liberatore R., Mauro A.D.G.D., Delise T., Mansi E., Murmura M.A., Annesini M.C. Mayenite-supported CaO for thermochemical storage applications: Ageing time effect over conversion (2022) AIP Conference Proceedings, 2445, art. no. 160009 DOI: 10.1063/5.0085760
  - Montanino, M., Paoletti, C., De Girolamo Del Mauro, A., Sico, G. "Gravure printing for sodium-ion batteries manufacturing: a first attempt of printed cathode" Proceedings - 24th IEEEIC International Conference on Environment and Electrical Engineering and 8th I and CPS Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC/I and CPS Europe 2024, 2024
  - Montanino, M., Paoletti, C., De Girolamo Del Mauro, A., Sico, G. Gravure-Printed Anodes Based on Hard Carbon for Sodium-Ion Batteries 407, 10 Batteries, 2024, 10(11), 407
  - Corona, D.; Buonocore, F.; Bechstedt, F.; Celino, M.; Pulci, O. Structural, Electronic and Vibrational Properties of B<sub>24</sub>N<sub>24</sub> Nanocapsules: Novel Anodes for Magnesium Batteries, Nanomaterials 2024, 14, 271. <https://doi.org/10.3390/nano14030271>
  - "Vinylene carbonate reactivity at lithium metal surface: first-principles insights into the early steps of SEI formation", F. Fasulo, A.B. Muñoz-García, A. Massaro, O. Crescenzi, C. Huang, M. Pavone. *J. Mater. Chem. A*, 11, 5660-5669 (2023)

- 2022 A. Celeste , F. Girardi, L. Gigli, V. Pellegrini, L. Silvestri, S. Brutti Impact of Overlithiation and Al doping on the battery performance of Li-rich layered oxide materials *Electrochimica Acta* 140737, 428
- 2022 Francesca De Giorgio , Mattia Gaboardi , Lara Gigli, Sergio Brutti, Catia Arbizzani Deciphering the Interplay between Binders and Electrolytes on the Performance of Li<sub>4</sub>Ti<sub>5</sub>O<sub>12</sub> Electrodes for Li-Ion Batteries *Energies* 4128, 15
- 2022 Giovanna Maresca, Paolo Casu, Elisabetta Simonetti, Sergio Brutti, Gianni Appetecchi Sodium-Conducting Ionic Liquid Electrolytes: Electrochemical Stability Investigation *Applied Sciences* 4174, 12
- 2023 A. Celeste, R. Brescia, L. Gigli, J. Plaisier, V. Pellegrini, L. Silvestri, S. Brutti Unravelling structural changes of the Li<sub>1.2</sub>Mn<sub>0.54</sub>Ni<sub>0.13</sub>Co<sub>0.13</sub>O<sub>2</sub> lattice upon cycling in lithium cell *Materials Today Sustainability* 100277, 21
- 2023 Daniele Meggiolaro, Marco Agostini, Sergio Brutti Aprotic Sulfur–Metal Batteries: Lithium and Beyond *ACS Energy Letters* 1300, 8
- 2023 Arcangelo Celeste, Matteo Paolacci, Pier Giorgio Schiavi, Sergio Brutti, Maria Assunta Navarra, Laura Silvestri Understanding the Impact of Fe-Doping on the Structure and Battery Performance of a Co-Free Li-Rich Layered Cathodes. *ChemElectroChem* e202201072, 2023
- 2023 Giovanna Maresca, Angelica Petrongari, Sergio Brutti, Giovanni Battista Appetecchi Outstanding Compatibility of Hard-Carbon Anodes for Sodium-Ion Batteries in Ionic Liquid Electrolytes *ChemSusChem* e202300840
- 2024 Giovanna Maresca, Michela Ottaviani, Kevin M. Ryan, Sergio Brutti, Giovanni Battista Appetecchi Improved Compatibility of  $\alpha$ -NaMnO<sub>2</sub> Cathodes at the Interface with Ionic Liquid Electrolytes *ChemSusChem* e202400514
- 2024 "Vanessa Piacentini, Cataldo Simari, Antonio Gentile, Stefano Marchionna, Isabella Nicotera, Sergio Brutti, Enrico Bodo" Lithium-Ion Transport Properties in DMSO and TEGDME: Exploring the Influence of Solvation through Molecular Dynamics and Experiments *ChemSusChem* e202301962
- A. Patriarchi, J. Caroni, L. Minnetti, L. Sbrascini, H. Darjazi, F. Nobili, M.Á. Muñoz-Márquez, "Impact of Prussian Blue Particle Size Distribution on Electrochemical Performance of Gel Polymer Electrolyte-Based Na-Ion Cells", *ChemElectroChem* 2025, e202400350, <https://doi.org/10.1002/celec.202400350>
- "Gelatine based gel polymer electrolyte towards more sustainable Lithium-Oxygen batteries", Longo, Gandolfo, Francia, Bodoardo, Sangermano, Amici, *Electrochimica Acta*- DOI: <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2023.143026>
- "Efficient biorenewable membranes in Lithium-Oxygen batteries", Amici, Banaudi, Longo, Gandolfo, Zanon, Francia, Bodoardo, Sangermano, *Polymers*, DOI: <https://doi.org/10.3390/polym15153182>
- "Insight into physico-chemical properties of oxalato-borate-based ionic liquids through combined experimental-theoretical characterization", Matteo Palluzzi, Giorgia Mannucci, Akiko Tsurumaki, Matteo Busato, Maria Assunta Navarra, Paola D'Angelo, *Physical Chemistry Chemical Physics*, 2024, 26, 28495.
- D. Marchese, C. Giosuè, A. Staffolani, M. Conti, S. Orcioni, F. Soavi, M. Cavalletti, P. Stipa, An Overview of the Sustainable Recycling Processes Used for Lithium-Ion Batteries, *Batteries* 10(2024)27
- M. Li, M. Maisuradze, A. Mullaliu, I. Carlomagno, G. Aquilanti, J. R. Rikkert Plaisier, M. Giorgetti, Structural Evolution of Manganese Prussian Blue Analogue in Aqueous ZnSO<sub>4</sub> Electrolyte, *Small* 2024, 20, Art. No. 2404584.

## 10 Eventi di disseminazione

- Enerstock 2024 (Lione): l'ing. Raffaele Liberatore ha presentato oralmente il lavoro: "Thermal Energy Storage with Molten Salts: Predictive Models for thermo-physical properties", realizzato insieme a S. Sau, A.C. Tizzoni, A. Spadoni, E. Veca, E. Mansi, T. Delise, M. Battaglia, N. Corsaro, C. D'Ottavi, S. Licoccia riguardante miscele di sali da usare come materiali per l'accumulo termico a media temperatura.
- 2024 WS Salina 2024, presentazione orale
  - M. Montanino M. Montanino Stampa rotocalco per la produzione di batterie Litio-ione e Sodio-ione
  - l'ing. Liberatore ha presentato i lavori: "Introduction to THERMAL STORAGE TECHNOLOGIES and the use of thermo-chemical reactors for high temperatures" e "IEA -TCP ES: Overview of ongoing activities".
  - l'ing. Daniele Nicolini il lavoro: "Medium temperature energy storage including thermoelectric and sensible/latent storage".
  - M. Moreno
- 2024 EEEIC 2024, presentazione orale
  - M. Montanino Montanino, M., Paoletti, C., De Girolamo Del Mauro, A., Sico, G. "Gravure printing for sodium-ion batteries manufacturing: a first attempt of printed cathode"
- 2024 WS Limerik
  - M. Montanino M. Montanino Gravure printing for batteries manufacturing Oral @ mathematical modelling for Li-ion batteries
- 2024 nanoinnovation 2024, presentazione orale
  - M. Montanino M. Montanino, C. Paoletti, A. Aurora, A. De Girolamo Del Mauro, G. Sico Gravure printed Lithium-ion batteries (LiBs): towards large area and high-performance materials
- 28 - 29 Novembre 2024, Workshop on "Advanced Materials for the Energy Transition", L'Aquila (Italy), presentazione orale (invited).
  - V. Lombardi, A. Celeste, A. Santoni, P. Reale, S. Brutti, L. Silvestri "Development of Co-free Li-rich layered oxide materials to use as positive electrode in Li-ion batteries",
- 1 - 3 ottobre 2024, Workshop "La Ricerca Di Sistema: Risultati Delle Attività Di Ricerca Sulle Tecnologie Di Accumulo Di Energia" Malfa -Isola Di Salina (Italy), presentazione orale.
  - Silvestri L. "Materiali catodici ad alta prestazione per Li-ione
- 09 - 12 Giugno 2024, 37th Topical Meeting of the International Society of Electrochemistry, Stresa (Italy)", presentazione orale.
  - V. Lombardi, A. Celeste, E. De Santis, G. B. Appetecchi, S. Brutti, L. Silvestri "Co-free Li-rich Layered Oxide Materials as Positive Electrodes in Li-ion Batteries
- 07 - 09 Febbraio 2024, 3rd Italian Workshop on Energy Storage (IWES 2024), Roma (Italy), presentazione orale.

A. Celeste, M. Tuccillo, S. Brutti and L. Silvestri " Li-rich layered oxides: towards more sustainable and high energy cathode materials for Li-ion batteries"

- 10 - 12 ottobre 2023, evento ENEA presso la fiera internazionale per la promozione delle energie rinnovabili Zero Emission Mediterranean 2023 nella sessione "RFB: Research and new chemistries", presentazione orale.

Silvestri L. "From Li-ion batteries to new chemistries"

- 17 - 21 Settembre 2023, Giornate dell'Elettrochimica Italiana (GEI2023), Cefalù (Italy) , presentazione orale.

A.Celeste, G. Spanu, M. Tuccillo, F. Bozza, P. Reale, S. Brutti and L. Silvestri "Development of high capacity electrode materials for Li-ion batteries based on a sustainable approach"

- 03 - 08 Settembre 2023, 74th meeting annuale dell'International Society of Electrochemistry, Lione (France), poster.

Celeste A., Tuccillo M., Brutti S., Silvestri L. " Li-rich layered oxides: towards more sustainable and high energy cathode materials for Li-ion batteries "

- M. Montanino "Stampa rotocalco per la produzione di batterie Litio-ione e Sodio-ione", Oral @ WS Salina 2024
- Montanino, M., Paoletti, C., De Girolamo Del Mauro, A., Sico, G. "Gravure printing for sodium-ion batteries manufacturing: a first attempt of printed cathode", Oral @ EEEIC 2024
- M. Montanino Gravure printing for batteries manufacturing Oral @ mathematical modelling for Li-ion batteries WS Limerik
- Maria Montanino, Claudia Paoletti, Annalisa Aurora, Anna De Girolamo Del Mauro, Giuliano Sico Advances in gravure printed Li/Na batteries Poster @ nanoinnovation 2024
- F.A. Scaramuzzo, P. Atanasio, R. Zampiva, M. Pasquali, *Electrode materials from alternative sources for supercapacitors*, Comunicazione orale nell'ambito di *NanoInnovation 2024*.
- F.A. Scaramuzzo, P. Atanasio, E. Gualtieri, M. Pasquali, *Rice Husk recycling for electrode materials: a waste-to-energy story*, Comunicazione orale nell'ambito di *3rd Italian Workshop on Energy Storage IWES 2024*.
- F.A. Scaramuzzo, M. Pasquali, *Self-standing Membranes of TiO<sub>2</sub> Nanotube Arrays: Fabrication, Decoration and Use in Li-Ion Batteries*, Comunicazione orale nell'ambito di *XIII Congresso Nazionale AICInG - Il Congresso Nazionale della Divisione di Chimica per le Tecnologie della Società Chimica Italiana, 2023*.
- P. Atanasio, F.A. Scaramuzzo, M. Pasquali, M. Rossi, *Structural and electrochemical characterization of cellulose derived Carbon aerogels*, Comunicazione orale nell'ambito di *Giornate dell'Elettrochimica Italiana GEI 2023*.
- F.A. Scaramuzzo, P. Atanasio, R. Zampiva, M. Pasquali, *C-based materials for supercapacitors from agricultural wastes*, Comunicazione poster nell'ambito di *International Symposium on Beyond Li-Ion Batteries 2024 BeLi2024*.
- E. Gualtieri, C. Leibing, F.A. Scaramuzzo, M. Pasquali, A. Balducci, *Rice husk derived anodes for Li-ion batteries and beyond*, Comunicazione poster nell'ambito di *FEMS Euromat 2023*.

- P. Atanasio, F.A. Scaramuzzo, M. Pasquali, M. Rossi, *Facile synthesis of carbon aerogels for supercapacitors from RH agricultural wastes*, Comunicazione poster nell'ambito di *FEMS Euromat 2023*.
- E. Gualtieri, F.A. Scaramuzzo, M. Pasquali, C. Leibing, *Rice husk as anode material for Li-Ion batteries and beyond*, Comunicazione poster nell'ambito di *Second Italian Workshop on Energy Storage IWES 2023*.
- M. Pasquali, F. Maturo, F.A. Scaramuzzo, *Self-standing membranes of TiO<sub>2</sub> nanotube arrays as anodes for Li-ion batteries*, Comunicazione poster nell'ambito di *Second Italian Workshop on Energy Storage IWES 2023*.
- Domenico Corona, *Encapsulated BN Nanocages and Nanocapsules as anode materials for Magnesium Batteries: A DFT Study*. Italian Workshop on Energy Storage 2024, 7 – 9 Febbraio 2024, Rome, Italy.
- **Nanoinnovation Conference and Exhibition 2024** (9 - 13 settembre 2024, Roma) organizzata da NanolItaly Association and Italian Association for Industrial Research (AIRI). Presentazione orale del Dott. Domenico Corona su invito. Titolo: "Doped manganites as cathodes for Sodium-Ion Batteries: a self-consistent DFT+U study"
- **International School of Solid State Physics - 88th Workshop** (6 - 12 luglio 2024, Erice) organizzata dall'Ettore Majorana Foundation and Centre for Scientific Culture (EMFCSC). Presentazione orale del Dott. Domenico Corona. Titolo: "Self-consistent Hubbard parameters in doped Layered Transition-Metal Oxides for Sodium-Ion Batteries"
- **ETSF Young Researchers' Meeting 2024** (27 - 31 maggio 2024, Toulouse (FR)) organizzata dall'European Theoretical Spectroscopy Facility (ETSF). Presentazione orale del Dott. Domenico Corona. Titolo: "Self-consistent Hubbard parameters in doped Layered Transition-Metal Oxides for Sodium-Ion Batteries"
- *"Unveiling vinylene carbonate reactivity at Lithium metal anode interface via Density Functional Embedding Theory"* - F. Fasulo, A. Massaro, A. B. Muñoz-García, M. Pavone - European Conference on Computational and Theoretical Chemistry. Thessaloniki (Greece) - 27-31/08/2023
- *"Density functional embedding theory for modeling vinylene carbonate reactivity at lithium metal anode interface"* - F. Fasulo, A. Massaro, A. B. Muñoz-García, M. Pavone - ACS Fall meeting 2022: Sustainability in a changing world. McCormick Place Convention Center, Chicago (USA) - 21-25/08/2022
- *"Multiscale simulations of heterogeneous Li metal interfaces for next generation batteries"*, A. Massaro, F. Fasulo, A. Langella, A. B. Muñoz-García, M. Pavone - Nanoinnovation. Rome (Italy) - 11-13/09/2024
- *"New Insights on Molecular Reactivity at Electrode-Electrolyte Interfaces with Advanced First Principles Embedding Methods"* - F. Fasulo, A. Massaro, A. B. Muñoz-García, M. Pavone - 9th EuChemS: Chemistry Congress 2024. Convention Centre, Dublin (Ireland) - 7-11/07/2024
- *"New Atomistic Insights on Ring-Opening Reductive Reaction of Vinylene Carbonate at Lithium Metal Interface"* - F. Fasulo, A. Massaro, A. B. Muñoz-García, M. Pavone - IWES 2023: Second Italian Workshop on Energy Storage. Hotel Gruner Baum, Bressanone (Italy) - 25-27/01/2023
- *"Rational design of nanostructured anode materials: a theoretical perspective towards post-lithium batteries"* - A. Massaro, F. Fasulo, A. Langella, A. B. Muñoz-García, M. Pavone - MUSICHEM Spring Workshop, Anacapri (Italy) - 29/05/2023
- *"Vinylene carbonate degradation at the electrode surface in lithium metal batteries: new insights from density functional embedding theory"* - A. Massaro, F. Fasulo, A. B.

- Muñoz-García, O. Crescenzi, C. Huang, M. Pavone - ACS Fall 2023, San Francisco (CA, USA) - 13-17/08/2023
- "Reactivity of vinylene carbonate at lithium metal anode interface: new insights from density functional embedding theory" - F. Fasulo, A. Massaro, A. B. Muñoz-García, M. Pavone - WINTER MODELING 2022: Winter Modeling on Valentine's Day (... and the day after). Complesso dei SS. Marcellino e Festo, Napoli (Italy) - 14-15/02/2022
  - "Ab-initio study of Vinylene Carbonate reactivity at lithium metal interface". XIII Convegno INSTM: Advanced Materials and Green Processes for a Sustainable Society, Sestriere (Italy) - 23-26/01/2022
  - "Unveiling electrolyte reactivity at lithium metal anode with density functional embedding theory" - F. Fasulo, A. Massaro, A.B. Muñoz-García, M. Pavone - Giornate dell'Elettrochimica Italiana, Divisione di Elettrochimica della Società Chimica Italiana (GEI - SCI), Orvieto (Italy) - 11-15/09/2022
  - G. Lacarbonara, M. Sadd, J. Rizell, L. Bargnesi, A. Matic, C. Arbizzani, Operando insights into ammonium-mediated lithium metal stabilization: surface morphology modulation and enhanced SEI development, *J. Colloid Interface Sci.*, 2024, 669, 699-711
  - C. Arbizzani, N. Albanelli, G. Lacarbonara, *Lithium metal anodes: strategies for safer batteries, from liquid to solid state*, Oral (invited), EMRS 2025, Strasburg (FR) 26-29/05/2025.
  - G. Lacarbonara, Separatori sostenibili per batterie avanzate: preparazione, caratterizzazione e prestazioni elettrochimiche, Oral (Invited), Caratterizzazione dei componenti di batterie mediante tecniche ortogonali, Workshop Alfatest, Bologna (IT) 22/01/2025
  - G. Lacarbonara, A. Sette, L. Bargnesi, N. Albanelli, C. Arbizzani, Preparation of stable, safe electrolytes and innovative separators for improving electrode performance, Oral, Nanoinnovation2024, Rome (IT), 09-13/09/2024
  - A. Sette, G. Lacarbonara, L. Bargnesi, F. Capodarca, C. Arbizzani, Preparation of stable, safe electrolytes capable of improving electrode performance and synthesis of innovative separators, oral presentation, BeLi2024, Padova (IT) 01-06/09/2024
  - G. Lacarbonara, Study of materials and interphases for electrochemical storage of energy from renewable sources, Oral (PhD Award), Giornate dell'Elettrochimica Italiana (GEI) Cefalù (IT), 17-21/09/2023
  - C. Arbizzani, G. Lacarbonara, D. Di Cillo, L. Bargnesi, J. Rizell, M. Sadd, A. Matic, Operando and In Situ Investigations for Deciphering Lithium Metal-Electrolyte Interphase Modification by Unconventional Additives, Oral, 74th annual meeting of the International Society of Electrochemistry, Lyon (FR), 3-8/09/2023
  - L. Bargnesi, G. Lacarbonara, C. Arbizzani, Sustainable Separator for Lithium-ion and Lithium Metal batteries; Oral, 74th annual meeting of the International Society of Electrochemistry, Lyon (FR), 3-8/09/2023
  - G. Lacarbonara, D. Di Cillo, L. Bargnesi, J. Rizell, M. Sadd, A. Matic, C. Arbizzani, Effect of ammonium and tetraalkylammonium hexafluorophosphates additives on Lithium metal-electrolyte interphase, Oral (Invited), E-MRS Spring Meeting & Exhibit, Strasbourg (France), 20/05-02/06/2023
  - G. Lacarbonara, L. Bargnesi, D. Di Cillo, C. Arbizzani, Tetraalkylammonium salts for a stable lithium metal-electrolyte interphase, Oral (awarded as Best Oral Presentation), Second Italian Workshop on Energy Storage - IWES2023, Bressanone, 25-27/01/2023

- L. Bargnesi, C. Arbizzani, Functionalized and Sustainable Separator Enabling Safer and Long Cycling Lithium Batteries; Oral, 73rd Annual meeting of International Society of Electrochemistry (virtual), September 12-16/09/2022
- Nanoinnovation 2023 (20-22 settembre) Oral presentation given by Sergio Brutti "Anodeless electrodes: boosting batteries beyond generation 3"
- EMRS 2024 spring meeting (27-31 maggio 2024) Oral presentation given by Sergio Brutti "Nanocomposites electrodes for Li-sulfur batteries: materials properties, electrochemical reactions and performance"
- Zeroemission Mediterranean 2024 (16-18 ottobre 2024) Oral presentation given by Sergio Brutti "Batterie per la transizione verde: dai laboratori alle applicazioni"
- IWES2024 - Università La Sapienza, Roma - Presentazione orale: "Impact of Prussian Blue Particle Size Distribution on Electrochemical Performance of Gel Polymer Electrolyte-based Na-ion Cells"
- NanolInnovation2024 - Conference and Exhibition, Università La Sapienza, Roma - Presentazione orale: "Synthesis and Characterization of Prussian Blue Analogues as Cathodes for Sodium-ion Batteries"
- ISE 37<sup>th</sup> topical meeting, Stresa 09-12/06/2024 oral presentation: Bio-renewable organogels, towards more sustainable Li-O<sub>2</sub> batteries
- ESPS, Stresa 17-20/06/2024 oral presentation Towards more sustainable Li-O<sub>2</sub> batteries using bio-renewable organogels
- Nanoinnovation, Roma 09-13/09/2024 oral presentation: Gel polymer electrolytes from renewable sources for Lithium-Oxygen batteries applications
- Electrobat, Bucharest 31/10/2024-01/11/2024, invited oral presentation: Towards greener energy storage solutions: biorenewable organogels for Li-O<sub>2</sub> batteries
- "Green Ionic Liquids additives in high-voltage lithium batteries", Matteo Palluzzi, Giorgia Mannucci, Akiko Tsurumaki, Matteo Busato, Paola D'Angelo, Maria Assunta Navarra. Presentazione orale al convegno NanolInnovation 2024, Roma, 9-13/09/2024.
- Battaglia, De Chicchis, Gracceva, Baldissara, Agostini, Carbone, Moreno e **Di Florio** "Considerazioni tecnico-economico-ambientali sul ruolo delle tecnologie d'accumulo energetico attraverso scenari di penetrazione nel sistema elettrico nazionale" contributo orale al Workshop "La Ricerca di Sistema: Risultati delle attività di ricerca sulle tecnologie di accumulo di energia", 1-3 ottobre 2024, Malfa - Isola di Salina (ME)
- A. Staffolani, F. Soavi, Sustainable Electrochemical Energy Storage, Giornata della Ricerca del CIRI-FRAME- TECNOLOGIE PER L'EFFICIENZA ENERGETICA E LA DECARBONIZZAZIONE, Marina di Ravenna (Italy), 24/07/2023
- A. Staffolani, F. Soavi, New Generation batteries: a sustainability approach, NanolInnovation 2023, Roma (Italy), 18-22/09/2023
- A. Staffolani, A. Trebbi, A. Ashir, F. Mascetti, C. Samorì, A. G. Rombolà, S. D'Agostino, N. Manyala, F. Soavi, Development of Sustainable Processes for LIBs Recycling, International Symposium on Beyond Li-Ion Batteries 2024 - BeLi24, Padova (Italy), 1-6/09/2024.
- M. Maisuradze, M. Li, I. Carlomagno, G. Aquilanti, M. Giorgetti, Post-mortem analysis of MnHCF-based cathode materials via synchrotron-based 2D X-ray fluorescence technique, BeLi24, International Symposium on Beyond Li-Ion Batteries 2024 - BeLi24, Padova (Italy), 1-6/09/2024.
- F. Soavi, A. Staffolani, M. Giovannucci, E. Petri, F. Mascetti, F. Capodarca, S. Mojtahedi, S. Xierzati, A. Gregucci, LIB cathode production processes designed for "direct recycling", Nanoinnovation 2024, Roma (Italy), 9-13/09/2024.

- A. Staffolani, A. Aishabibi Ashir, A. Trebbi, F. Mascetti, F. Soavi, Design of Lithium-Ion Batteries Cathodes for Direct Recycling of Production Scraps, 75<sup>th</sup> Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, Montréal (Canada) 18–23/08/2024.
- A Staffolani, A. Ashir, M. Giorgetti, M. Giovannucci, N. Manyala, F. Mascetti, E. Petri, A. G. Rombolà, C. Samori, F. Soavi, A. Trebbi, Designing Sustainable Processes for Lithium-ion Battery Recycling, 37th Topical Meeting of the International Society of Electrochemistry “Electrochemical energy for a greener and more sustainable future society”, Stresa (Italy), 9-12/06/2024
- E. Petri, M. Giovannucci, S. Mojtahedi, A. Gregucci, F. Mascetti, L. Yeasmin, F. Capodarca, A. Trebbi, A. Ashir, S. Xierzati, P. Stragliotto, A. Staffolani, F. Soavi, ENERCUBE: from basic studies to scaling up, Il Distretto Chimico del Navile si presenta, Bologna (Italy) 30/05/2024
- E. Petri, M. Giovannucci, S. Mojtahedi, A. Gregucci, N. Albanelli, F. Capodarca, N. Kuniyil, J. Goldmann , A. Trebbi, A. Ashir, O. B. Saban, A. Staffolani, F. Soavi, LEME-ENERCUBE: from basic studies to scaling up, Il Distretto Chimico del Navile si presenta, Bologna (Italy) 25/07/2023
- Vincenzo Mulone, Hybrid electrochemical and thermal energy storage: a case study for efficient use of renewables, Nanoinnovation september 2023
- Marco Donnini, Storing electrochemical and thermal energy: influence of design on performance parameters, Nanoinnovation september 2024
- tesi magistrale: Daniel Gabriel Simion, Ottimizzazione dei flussi energetici di una microgrid residenziale: effetto della funzione obiettivo sul dimensionamento e sul controllo, tesi di laurea magistrale in ingegneria energetica, dicembre 2024.
- 
-