

Executive Summary

—

LIFE CYCLE ASSESSMENT E LIFE CYCLE COSTING DEL *REPURPOSING* DI BATTERIE DI VETTURE ELETTRICHE PER APPLICAZIONI STAZIONARIE IN 2nd LIFE

Problematica e contesto di riferimento

Il mercato europeo dei veicoli elettrici a batteria è in forte crescita, con il sorpasso su quello cinese già in chiusura 2020 (1,4 contro 1,34 milioni di veicoli) e con i principali paesi, come Germania e Francia, che viaggiano su percentuali di mercato, rispetto all'immatricolato totale, che superano il 10%. L'Italia, seppur a rilento rispetto agli altri Stati, sta seguendo il trend quantomeno a livello di crescita, visto che sono triplicati nel 2020 gli acquisti di BEV (Battery Electric Vehicle) e di PHEV (Plug-in Hybrid Electric vehicle) rispetto all'anno precedente. Anche il primo trimestre 2021 conferma questo andamento che, se da un lato testimonia una sensibilità sempre maggiore della popolazione (e quindi degli acquirenti) verso i problemi ambientali e la decarbonizzazione, impone un'accelerazione sulle analisi della sostenibilità dell'intero ciclo produttivo dei veicoli, dalla fabbricazione dei mezzi sino al recupero e riciclo dei materiali, nell'ottica del cosiddetto *Life Cycle thinking*. In particolare l'attuazione di strategie di economia circolare a livello di business può generare importanti benefici economici per le imprese, la società e l'ambiente, come una maggiore efficienza dell'uso delle risorse, la creazione di valore aggiunto a basso impatto ambientale e perfino una riduzione dei costi di produzione. E' in effetti sempre più necessario aumentare la nostra conoscenza degli impatti in particolare delle batterie per trazione, visto che come UE abbiamo deciso di puntare sulla produzione "locale" delle celle (in particolare con il programma della European Battery Alliance che prevede più di 15 Gigafactory in differenti Stati Europei) e renderci quindi indipendenti dalle forniture asiatiche nei prossimi anni. In questo contesto le batterie dei mezzi possono diventare, e già in alcuni progetti sperimentali lo dimostrano, un perfetto esempio di economia circolare, laddove i pacchi alla fine della vita utile per trazione presentano ancora capacità residue di almeno il 70% e possono quindi essere utilizzati successivamente in applicazioni statiche (ad esempio a servizio di un impianto fotovoltaico). E' tuttavia centrale cercare di comprendere quali sono i fattori che determinano la sostenibilità ambientale dei processi di riuso delle batterie stesse nonché i parametri che ne influenzano la sostenibilità economica, al fine di facilitare la chiusura del ciclo produttivo che la stessa Commissione UE sta cercando di sviluppare attraverso la nuova proposta di Regolamento sulle Batterie (Battery Regulation).

Scopo e perimetro dello studio

Il presente studio analizza i vantaggi legati all'applicazione di un approccio basato sul concetto di Economia Circolare nell'ambito della mobilità elettrica, focalizzandosi in particolare sul repurposing di batterie al litio provenienti da mezzi elettrici in unità di accumulo energetico stazionarie per impianti fotovoltaici domestici.

La riconversione di una batteria di un mezzo elettrico in sistema di accumulo è un processo innovativo emergente, oggetto di svariate analisi e indagini economico-ambientali da circa un decennio. L'estensione della vita delle batterie è vista infatti come un'azione innovativa che potrebbe incentivare e supportare

l'implementazione di un mercato europeo delle batterie, in linea con quanto auspicato e promosso dalle strategie politiche dell'UE. Nonostante il forte interesse da parte di diversi attori industriali, attualmente il business del repurposing non è consolidato e non esistono ancora applicazioni commerciali di questo processo. Infatti, la maggior parte delle attività di ricerca e sviluppo si limitano a progetti pilota puntuali per verificare la fattibilità del business.

Lo studio ha quindi il duplice scopo di valutare, da un lato, la sostenibilità economica di un impianto di repurposing, e dall'altro, analizza la sostenibilità ambientale del processo di estensione di vita utile, confrontando le performance economico-ambientali delle unità di accumulo 'repurposed' con quelle nuove di riferimento. A tale scopo, si è esaminato dunque la redditività del business tramite un'analisi del costo del ciclo di vita (Life Cycle Costing) delle batterie, mentre i potenziali impatti ambientali del repurposing sono stati valutati tramite un'analisi ambientale del ciclo di vita (Life Cycle Assessment).

Ipotesi e dati di base

Data la necessità di configurare degli scenari di riferimento potenziali e soprattutto a causa della mancanza di dati fondamentali per le analisi di sostenibilità ambientale ed economica, si è reso necessario fare delle assunzioni che concorrono inevitabilmente alla definizione dei risultati del presente studio.

1. Le batterie BEV, PHEV e LCEV considerate per lo studio rappresentano, in termini di proprietà nominali, la batteria media per ogni tipologia di veicolo elettrico.
2. Per la valutazione dei volumi di ritorno è stato considerato il decennio 2020-2030 e una frazione di batterie intercettate pari al 75% del totale disponibile annualmente. Si è ipotizzato che la frazione del 25% includa anche batterie difettose o danneggiate in condizioni critiche per le quali non potendo recuperare la funzionalità, si procede al trattamento di riciclo.
3. Inoltre, è stato ipotizzato che un'ulteriore frazione pari al 10% delle batterie intercettate, venga scartato dopo il testing (ispezione preliminare e test specifici) a causa di danni, basse prestazioni, State Of Health (SOH) insufficiente, o altri fattori che ne compromettono il riuso.
4. Altre ipotesi sono state fatte sulla localizzazione dell'impianto di repurposing; non potendo infatti far riferimento ad un impianto esistente, per la stima dei costi di raccolta è stata considerata una distanza media di circa 300 km tra il punto di prelievo e l'impianto, che quindi potrebbe potenzialmente posizionarsi nel centro-nord Italia.
5. La capacità di lavorazione dell'impianto è stata dimensionata per un volume di batterie iniziale equivalente a 150.000 kWh/anno di capacità di

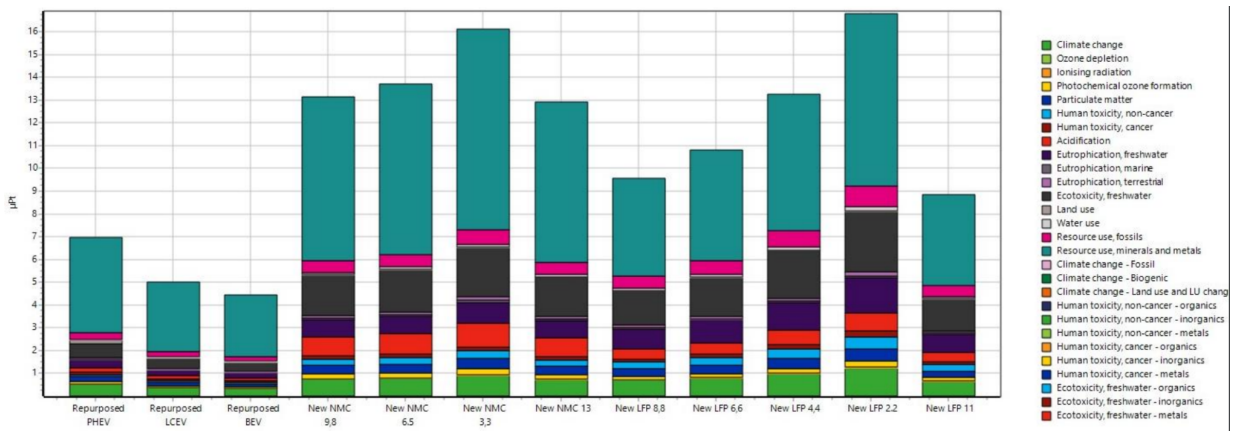
accumulo, ovvero pari al 75% del flusso totale atteso per il 2026.

6. La definizione dello State Of Charge (SOC) delle batterie BEV e LCEV riconfigurate in sistemi di accumulo scaturisce da un'estensiva analisi di letteratura¹: si ipotizza che le batterie abbiano uno SOC pari all'80% all'inizio del second-life e raggiungano uno SOC pari al 60% alla fine della loro seconda vita utile.
7. Al fine di rendere comparabile il Lifetime Energy Throughput (LET) di batterie repurposed con quello dei sistemi di accumulo di nuova produzione, si ipotizza che la Depth Of Discharge (DOD) massima raggiungibile dalla batteria durante la seconda vita utile sia pari al 50%². In questo modo si aumenta il numero di cicli residui e si riduce il tasso di degrado, estendendo la vita utile del sistema batteria repurposed.

Risultati e spunti per nuovi studi: quali parametri influiscono sulla second life?

Qui di seguito vengono riassunti i principali risultati e le dinamiche industriali e normative che possono influenzare gli scenari industriali sul riuso (second life) delle batterie per trazione:

1. Le analisi sull'impatto ambientale a vita e intera (LCA, Life Cycle Assessment) confermano quanto già indicato da altri studi, che può sembrare ovvio se non si vanno ad analizzare tutti i processi: dal punto di vista della sostenibilità ambientale a vita intera le batterie ricondizionate sono nettamente migliori delle batterie stazionarie nuove, con riduzione dell'impatto dei vari parametri, pesati e normalizzati secondo la metodologia europea PEF, che vanno da un minimo del -50% a un massimo del -90%. Fra i vari parametri è significativo citare l'evitata estrazione in particolare dei materiali catodici delle batterie nuove NMC, come il cobalto.



Risultati d'impatto ambientale aggregato per tutti i sistemi di accumulo analizzati (punteggio singolo, adimensionale)

¹ Bobba, Podias, et al., 2018; Ahmadi et al., 2014; Casals et al., 2017; Lacey et al., 2013; Saez-De-Ibarra et al., 2015.
² Casals et al., 2017; Ellingsen et al., 2014; Lacey et al., 2013; Jeremy Neubauer & Pesaran, 2011.

2. La chimica delle batterie scelte per l'analisi è decisiva sia per l'analisi LCA sia per quella LCC. Sarà perciò importante arricchire i database di Ecoinvent e facilitare l'accesso a informazioni più dettagliate sui processi di produzione di batterie diverse dalle LMO.
3. Le analisi del costo lungo l'intero ciclo di vita (LCC, Life Cycle Cost) hanno dimostrato che in specifici scenari, pacchi batteria di una certa dimensione (>30 kWh/pacco, >2.3 kWh/modulo) ed in uno stato di salute accettabile (state of health, SOH>0.7), l'industrializzazione della Seconda vita delle batterie può effettivamente produrre una redditività che rende il business sostenibile.
4. Condizione necessaria affinché si possa realizzare un impianto di repurposing è che le batterie usate abbiano uno Stato di Salute (SOH) non inferiore al 70%. Sarà perciò necessario standardizzare e aprire a terze parti (coloro che acquistano i pacchi usati) il dato di SOH delle batterie a fine vita per trazione. La Battery Regulation sembra integrare questa proposta, obbligando i produttori di pacchi batterie per veicoli elettrici dal 1 gennaio 2027 a rendere disponibile a terzi queste informazioni. Far sì che questa informazione sia affidabile significa poter meglio valutare la durata utile della seconda vita della batteria, consentendo di stimarne al meglio il prezzo rispetto a una batteria stazionaria nuova nonché di ridurre i costi dei processi di testing dei pacchi e selezione dei moduli adatti al repurposing.
5. I fattori che maggiormente influenzano i risultati del confronto LCC fra gli accumuli statici nuovi e quelli ricavati dal processo di repurposing delle batterie per trazione sono:
 - a. il prezzo delle batterie nuove (che per alcuni scenari può scendere al di sotto dei 100 €/kWh nel corso dei prossimi 3-4 anni), parametro esterno determinante per verificare che un impianto di repurposing sia o meno redditizio.
 - b. La capacità nominale dei pacchi e dei singoli moduli; maggiori sono questi valori, minore è il costo di processo per kWh prodotto poiché alcune fasi di processo sono meno influenzate dalla grandezza dell'intero pacco (es. trasporto, testing e disassemblaggio). I migliori risultati LCA e LCC si ottengono con il repurposing dei pacchi di vetture 100% elettriche (BEV), di capacità totale maggiore e composti da singoli moduli con più alta capacità (4.3 kWh/modulo) rispetto alle ibride plug-in.
 - c. Il costo dei nuovi componenti (es. scheda elettronica per il nuovo battery management system, busbars, cavi, ecc.), che pesa per il 32% del costo totale di produzione da repurposing in aggiunta alle altre voci di costo (moduli usati, personale, trasporto, ecc.).

	BEV	PHEV	LCEV
Used battery salvage value (€/kWh)	12	0	9
Buying price, whole battery/ies	€ 624	-	€ 666 [§]
NPV (IRR = 5%, t = 5 years)	€ 1,067,413	- € 6,846,956	- € 66,656

[§] Includes 2 battery packs

Prezzi d'acquisto massimi delle batterie usate, computati per arrivare ad un NPV di progetto quasi nullo (IRR di 5%, t = 5 anni). Dimensioni dell'impianto per l'anno 2026, basato sull'analisi di mercato Italiano e le previsioni di vendite

6. Gli sviluppi industriali e normativi che potrebbero portare a una maggiore competitività della batteria ricondizionata rispetto a una nuova risultano:

- d. l'automazione dei processi di disassemblaggio e assemblaggio, mentre nello studio si è valutato che le varie fasi fossero effettuate tramite lavoro manuale. In particolare la standardizzazione dei pacchi batterie venduti in UE in un'ottica di Eco-design (cioè di progettazione dei pacchi nuovi già orientata al loro successivo riutilizzo) e l'utilizzo di robot potrebbe ridurre la spesa del personale del 25- 30%.
- d. l'ottimizzazione del trasporto, che nello studio è stato calcolato in maniera conservativa assumendo i costi di trasporto degli attuali pacchi, senza considerare gli effetti di una programmazione organizzata della raccolta e gli effetti delle economie di scala e dell'aumento di capacità dei pacchi batterie.
- e. i cambiamenti nella normativa sull'Economia Circolare in Italia e in Europa, influenzati dal piano di azione della Circular Economy (A New Circular Economy Action Plan for a Cleaner and More Competitive Europe, 2020), dallo European Green Deal (European Commission, 2019) e dagli obiettivi dell'Accordo di Parigi (European Union, 2018; UNFCCC, 2015). Le nuove modifiche potrebbero incentivare attività e business di riutilizzo e riciclaggio direttamente (es. riducendo tasse o co-finanziando investimenti) o indirettamente (aggravando l'utilizzo monouso di risorse, incorporando una CO2 tax Europea, ecc.).