UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di Laurea in Ingegneria Civile e Ambientale

RECUPERO DI MATERIALI DA RAEE, IN PARTICOLARE RECUPERO DEL LITIO E ALTRE COMPONENTI NELLE BATTERIE A IONI DI LITIO: REALIZZAZIONE DI UNA PANORAMICA SUL FUNZIONAMENTO DI UN IMPIANTO TIPO, SULLE TECNOLOGIE PIU' USATE E SUI BREVETTI NEL SETTORE.

RECOVERY OF MATERIALS FROM WEEE, IN PARTICULAR RECOVERY OF LITHIUM AND OTHER COMPONENTS IN LITHIUM ION BATTERIES: OVERVIEW ON THE MODEL PLANT, ON THE MOST USED TECHNOLOGIES AND ON PATENTS IN THE SECTOR.

Relatrice: Chiar.ma
Ing. Chiara Giosuè

Tesi di Laurea di:
Luca Tecchi

Correlatore: Chiar.mo
Prof. Pierluigi Stipa

Correlatrice: Chiar.ma
Prof. Maria Letizia Ruello

A.A. 2019/2020

INDICE

RINGRAZIAMENTI.....4

1. RIASSUNTO.....5

2. INTRODUZIONE.....6

   2.1. Cos'è una batteria al litio.....6

   2.2. Tipologie di batterie.....7

   2.3. Successo delle batterie al litio.....8

3. SCOPO DELLO STUDIO.....10

4. ANALISI DELLA NORMATIVA: D. LGS 188/2008 CONSOLIDATO 2019.....11

   4.1. Art. 1 – Finalità e ambito di applicazione.....11

   4.2. Art. 2 - Definizioni.....12

   4.3. Art. 3 – Divieti di immissione sul mercato.....13

   4.4. Art. 4 – Maggiore efficienza ambientale.....14

   4.5. Art. 5 – Immissione sul mercato.....14

   4.6. Art. 6 – Raccolta separata e ritiro pile ed accumulatori portatili.....15

   4.7. Art. 7 – Raccolta separata di pile ed accumulatori industriali e per veicoli.....16

   4.8. Art. 8 – Obiettivi di raccolta.....17

   4.9. Art. 9 – Rimozione di rifiuti di pile ed accumulatori.....17

   4.10. Art. 10 – Trattamento e riciclaggio.....18

   4.11. Art. 11 – Nuove tecnologie di riciclaggio.....19

   4.12. Art. 12 - Smaltimento.....19

4.13. Art. 13 - Finanziamento.....19
4.14. Art. 14 – Registro nazionale.....20
4.15. Art. 15 – Gestione del servizio e dei dati relativi ai sistemi collettivi, all'immesso sul mercato, alla raccolta ed al riciclaggio.....21
4.16. Art. 16 – Centro di coordinamento.....22
4.17. Art. 17 – Compiti del Centro di coordinamento.....22
4.18. Art. 18 – Organizzazione del Centro di coordinamento.....23
4.19. Art. 19 – Comitato di vigilanza e controllo.....23
4.20. Art. 20 – Consorzio nazionale per la raccolta ed il trattamento delle batterie al piombo esauste e dei rifiuti piombosi.....25
4.21. Art. 21 - Partecipazione.....25
4.22. Art. 22 – Informazioni per gli utilizzatori finali.....26
4.23. Art. 23 - Etichettatura.....26
4.24. Art. 24 – Relazioni della Commissione europea.....27
4.25. Art. 25 – Sanzioni.....28
5. PROBLEMATICHE.....29
5.1. Codice CER.....29
5.2. Reperibilità del litio.....30
6. POSSIBILI SOLUZIONI.....31
6.1. Second Life.....31
6.2. Nuove tipologie di batterie.....33
6.3. Re – Design.....35

6.4. Brevetto Made in Italy per le batterie al litio.....36
7. TESTIMONIANZE.....37
7.1. Elenco di tutti i consorzi che gestiscono batterie.....37
7.2. Consorzi disponibili al dibattito.....41
7.2.1. COBAT.....41
7.2.2. Consorzio Anonimo.....43
8. CONCLUSIONI.....46
9. BIBLIOGRAFIA.....48

RINGRAZIAMENTI

Prima di procedere con la trattazione, mi è doveroso dedicare questo spazio del mio elaborato alle persone che hanno contribuito, con il loro instancabile supporto, alla realizzazione dello stesso.

In primis, un ringraziamento speciale alla mia relatrice Ing. Chiara Giosuè, per la sua immensa pazienza, per i suoi indispensabili consigli, per le conoscenze trasmesse durante tutto il percorso di stesura dell'elaborato.

Grazie anche ai miei correlatori Pro. Pierluigi Stipa e Prof. Maria Letizia Ruello, per i loro preziosi consigli e per avermi suggerito puntualmente le giuste modifiche da apportare alla mia tesi.

Grazie ai miei genitori e a mia sorella che mi hanno sempre sostenuto, appoggiando ogni mia decisione, fin dalla scelta del mio percorso di studi, senza il cui supporto morale, non sarei mai potuto arrivare fin qui. Grazie per esserci sempre stati soprattutto nei momenti di sconforto.

Ringrazio la mia fidanzata Elisa per avermi trasmesso la sua immensa forza e la sua determinazione. Grazie per tutto il tempo che mi hai dedicato. Grazie perché ci sei sempre stata.

Infine, dedico questa tesi a me stesso, ai miei sacrifici e alla mia tenacia che mi hanno permesso di arrivare fin qui.

1. RIASSUNTO

La produzione di RAEE (Rifiuti di Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche) è in continua crescita a causa del veloce sviluppo tecnologico a cui si sta assistendo negli ultimi anni. È la categoria di rifiuti in più rapido aumento a livello globale e questo porta, inevitabilmente, al problema dello smaltimento di questi elementi e delle loro componenti in quanto non biodegradabili e contenenti sostanze tossiche per l'ambiente. E, anche se il problema non è da affrontare in questi anni sarà sicuramente incombente per un prossimo futuro.

Un esempio di componenti di RAEE è rappresentato dalle batterie agli ioni di litio, che alimentano ormai la maggior parte di apparecchi elettrici ed elettronici, il cui uso si sta diffondendo anche nella costruzione di automobili elettriche. E' molto usato data la sua capacità di carica, leggerezza ed elevate prestazioni ma, di contro, il problema delle batterie al litio è sempre stato sottovalutato perché le dimensioni di questi accumulatori usati in RAEE, sono relativamente piccole e la loro raccolta è sempre stata limitata. Il problema è diventato rilevante da quando, appunto, si è iniziato ad installarle nelle auto elettriche perché è piuttosto evidente che una batteria al litio di un'auto elettrica è molto più grande di quella, ad esempio, di un telefono cellulare.

Questa ricerca ha lo scopo di fare il quadro della situazione della gestione delle batterie al litio a fine vita in Italia, attraverso una panoramica della normativa, analizzando le problematiche di queste batterie, le possibili soluzioni e alcune testimonianze di consorzi reali.

2. INTRODUZIONE

2.1.Cos'è una batteria al litio

Una batteria litio/ioni è composta, come schematizzato nella figura 1, da sottili strati costituenti il catodo, il separatore e l'anodo, immersi in un elettrolita che permette il trasporto degli ioni litio. In una batteria litio/ioni il catodo è solitamente costituito da un ossido litiato di un metallo di transizione ($LiTMO_2$ con TM = Co, Ni, Mn), che garantisce una struttura a strati o a tunnel dove gli ioni litio possono essere inseriti ed estratti facilmente. L'anodo è generalmente costituito da fogli di grafite, sulla quale è stato depositato del Litio, in cui ogni atomo di Carbonio è legato ad altri tre per formare una struttura planare costituita da cicli esagonali condensati che, grazie alla delocalizzazione della nuvola elettronica permettono la conducibilità elettrica parallelamente ad ogni foglio. L'elettrolita è composto tipicamente da sali di litio, come l'esafluorofosfato di litio ($LiPF_6$), disciolti in una miscela di solventi organici (carbonato di dimetile e di etile) e la membrana separatrice è costituita normalmente da polietilene o polipropilene. [1]

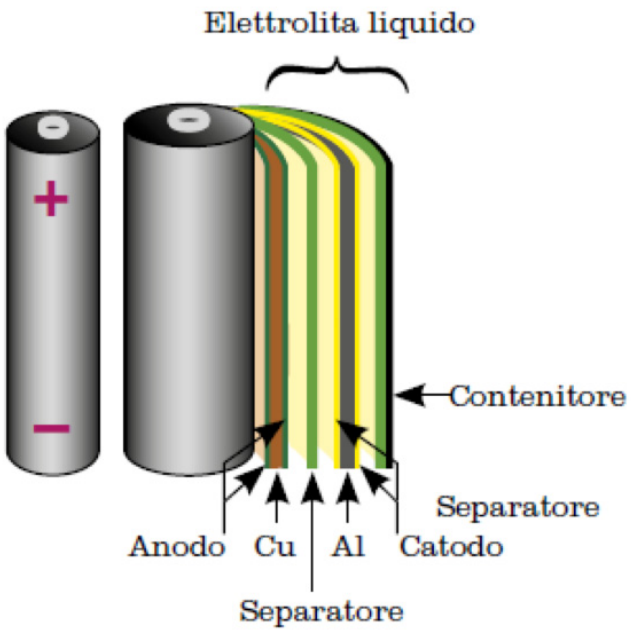

FIGURA 1 - STRUTTURA SCHEMATICA DI UNA BATTERIA AL LITIO [1]

Negli elettroliti polimerici, l'elettrolita liquido viene fuso in una matrice polimerica ospitante per formare un gel, garantendo le medesime prestazioni dell'elettrolita liquido ma con un maggiore grado di sicurezza intrinseca. I collettori di corrente sono generalmente costituiti da

metalli che non devono reagire con l'elettrolita e sono solitamente di rame per l'anodo e di alluminio per il catodo. [1]

In tutte le batterie al litio, durante le reazioni di ossidoriduzione associate ai processi di carica e scarica, gli ioni litio migrano da un elettrodo all'altro reversibilmente. Quando la cella è completamente scarica, tutto il litio presente è contenuto nel catodo. Durante il processo di carica dell'accumulatore lo ione litio viene estratto dall'ossido metallico costituente il catodo e trasferito all'anodo, mentre gli elettroni migrano dal catodo all'anodo attraverso il circuito esterno e il metallo del catodo viene quindi ossidato. All'anodo, il processo di carica determina l'intrappolamento dello ione litio, che si riduce a litio nella matrice di grafite acquisendo gli elettroni provenienti dal circuito esterno. Durante la scarica, il litio intercalato nella matrice di grafite si ossida rilasciando all'esterno gli elettroni, mentre gli ioni litio migrano attraverso l'elettrolita al catodo, che viene ridotto. Durante il primo ciclo di carica, oltre al trasferimento degli ioni litio nella grafite, si forma anche uno strato passivante tra elettrolita ed elettrodo negativo, denominato SEI (Solid-Electrolyte Interface), e composto da ossidi, idrossidi, carbonati e fluoruri. Questo strato è importante per le prestazioni delle batterie poiché influenza il numero di cicli, la capacità e la sicurezza. [1]

2.2. Tipologie di batterie

In generale il mercato delle batterie "primarie" (o "non ricaricabili") e "secondarie" (o "ricaricabili", più propriamente definite "accumulatori") può essere suddiviso in due gruppi principali: il settore "portatile", nel quale le batterie generalmente pesano meno di 1 kg ed il settore "industriale e da autotrazione", nel quale le batterie generalmente pesano più di 1 kg. [1]

Considerando la grande diffusione delle diverse tipologie di batterie si comprende come queste rappresentino una fonte essenziale di energia per la nostra società: d'altro canto, proprio a causa della loro massiccia diffusione, al tempo stesso costituiscono un rischio ambientale qualora – a fine vita – vengano smaltite in maniera non rispettosa dell'ambiente. La problematica dello smaltimento improprio di batterie ad accumulatori nel flusso dei Rifiuti Solidi Urbani (RSU) non riguarda tuttavia né il segmento di quelle "industriali" né il segmento "da autotrazione" in quanto, in relazione all'elevato valore del materiale in esse contenuto e per l'esistenza di validi strumenti legislativi e di modelli organizzativi ormai collaudati, si può ritenere che il prodotto esausto affluisca alla raccolta differenziata pressoché al 100%. [1]

Diverso è il discorso relativamente al segmento "portatile" per il quale l'assenza di incentivi economici verso chi contribuisce alla raccolta differenziata, la mancanza di una adeguata informazione circa i rischi ambientali di uno smaltimento improprio e la facilità di stoccaggio in ambiente domestico hanno sino ad ora portato ad un massiccio afflusso di questo prodotto, quando esausto, negli RSU. I maggiori rischi per l'ambiente conseguenti a questo comportamento sono legati al contenuto in mercurio, piombo e cadmio che caratterizzano molte tipologie di pile ed accumulatori. Questi metalli, attraverso le diverse vie di smaltimento dei RSU (l'incenerimento o l'immissione in discarica), possono diffondere nell'ambiente dando luogo a fenomeni di accumulo e di ingresso nella catena alimentare. [1]

2.3.Successo delle batterie al litio

Il successo di una tecnologia basata sul Litio è dovuto al fatto che il litio è il metallo più elettropositivo ed il più leggero esistente, quindi possiede una elevata capacità specifica. Il primo esempio è stato la batteria primaria Li/I_2PVP (anodo di litio metallico, catodo di un complesso a trasferimento di carica tra I_2 e polivinilpiridina ed elettrolita ioduro di litio) che, a partire dagli anni Ottanta, è diventata il sistema di scelta per l'alimentazione dei pacemaker impiantabili. La Sony nel 1991 immette sul mercato la prima batteria a ioni.

Da quel periodo, una fervente attività si è concentrata sullo sviluppo delle batterie ricaricabili a base di litio seguendo due diversi approcci:

- Batterie al litio polimeriche: si prevedeva il mantenimento del litio metallico con un elettrolita polimerico solido, come il polietilenossido (PEO). Il PEO è però un polimero caratterizzato da un elevato grado di cristallizzazione a temperatura ambiente e, poiché la conduzione avviene nella fase amorfa, la conduttività degli elettroliti PEO-sale non era sufficientemente elevata per batterie che operassero a temperatura ambiente. Infatti questi elettroliti, pur presentando il grande vantaggio di poter essere prodotti sotto forma di film sottili (alcune decine di micrometri), raggiungono valori di conducibilità accettabili per un utilizzo in batterie solo a temperature superiori a 60 °C, fatto che ne precludeva l'uso in dispositivi portatili;
- Batterie agli ioni di litio: questo approccio prevede, invece, di sostituire il litio metallico con un secondo materiale ad intercalazione di litio, avente un potenziale elettrodico significativamente inferiore a quello dei materiali ad intercalazione usati come elettrodi

positivi. Nasce la batteria denominata *rocking-chair*, in cui, durante la scarica, gli ioni litio sono de-intercalati dall'elettrodo negativo, migrano attraverso la soluzione elettrolitica e si intercalano all'elettrodo positivo, mentre, durante la carica, il processo procede in direzione opposta. Fra i vari materiali proposti come elettrodi negativi, i materiali carboniosi (grafiti o carboni) hanno portato allo sviluppo delle cosiddette batterie litio-ione (LIB).

Gli alti potenziali di questa batterie litio-ione (>3,6 V) consentivano di fornire un'energia specifica significativamente superiore a quella delle batterie convenzionali dell'epoca e questo ha determinato il grandissimo successo delle LIB. Queste batterie hanno consentito lo sviluppo di un immenso mercato di prodotti elettronici portatili, sempre più leggeri e multifunzione. Oggi sono praticamente le uniche batterie ricaricabili utilizzate nei dispositivi portatili e stanno anche consentendo l'avvio del mercato dei veicoli elettrici (EV), rendendo così possibile un trasporto sostenibile, che, secondo le previsioni di Bloomberg NEF, nel 2040 coprirà il 55% del mercato mondiale. [2]

3. SCOPO DELLO STUDIO

Lo scopo del mio studio è stato quello di analizzare lo smaltimento ed il recupero di materiali dai RAEE, in particolare recupero del litio e altre componenti nelle batterie agli ioni di litio, cercando di realizzare una panoramica sul funzionamento di un impianto tipo, sulle tecnologie più usate e sui brevetti nel settore.

4. ANALISI DELLA NORMATIVA: D. LGS 188/2008 CONSOLIDATO 2019

Al giorno d'oggi la maggior parte delle batterie al litio è utilizzata in dispositivi elettrici di piccole dimensioni, come telefoni cellulari, laptop, macchine fotografiche, tablet, ecc., ma si stanno sempre più diffondendo batterie al litio di dimensioni maggiori, le quali andranno poi installate nelle automobili elettriche di nuova generazione. Per tale motivo, il 20 novembre 2008 è stato emanato il Decreto Legislativo n. 188 che non è altro che l'attuazione della direttiva 2006/66/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 6 settembre 2006, relativa a pile e accumulatori e ai rifiuti di pile e accumulatori e che abroga la direttiva 91/157/CEE. Il sistema che viene introdotto dalla normativa è improntato in maniera quasi esclusiva sulla responsabilità ai produttori ed esportatori di pile e accumulatori ai quali si chiede di sovvenzionare tutte le operazioni, dall'informazione ai cittadini sulla raccolta differenziata dei rifiuti, nonché di finanziare la realizzazione di sistemi di trattamento e di riciclaggio dei rifiuti di pile e accumulatori. Il decreto è entrato in vigore il 18 dicembre 2008 ed è stato consolidato nel 2019. Disciplina l'immissione sul mercato delle pile e degli accumulatori nonché la raccolta, il trattamento, il riciclaggio e lo smaltimento dei rifiuti di pile e accumulatori, al fine di promuoverne un elevato livello di raccolta e riciclaggio.

Ora andrò ad analizzare uno a uno gli articoli contenuti nel decreto.

4.1. Art. 1 – Finalità e ambito di applicazione

Il presente decreto disciplina l'immissione sul mercato delle pile e degli accumulatori e, in particolare, il divieto di immettere sul mercato pile e accumulatori contenenti sostanze pericolose, nonché la raccolta, il trattamento, il riciclaggio e lo smaltimento dei rifiuti di pile e di accumulatori, al fine di promuoverne un elevato livello di raccolta e di riciclaggio.

Il presente decreto si applica alle pile e agli accumulatori, indipendentemente dalla forma, dal volume, dal peso, dalla composizione materiale o dall'uso cui sono destinati.

Sono escluse dall'ambito di applicazione del presente decreto le pile e gli accumulatori utilizzati in:

- apparecchiature connesse alla tutela degli interessi essenziali della sicurezza nazionale, armi, munizioni e materiale bellico, purché destinati a fini specificamente militari;

- apparecchiature destinate ad essere inviate nello spazio. [3]

4.2. Art. 2 – Definizioni

In questo articolo è riportato un elenco di definizioni:

a) "pila" o "accumulatore": una fonte di energia elettrica ottenuta mediante trasformazione diretta di energia chimica, costituita da uno o più elementi primari (non ricaricabili) o costituita da uno o più elementi secondari (ricaricabili);
b) "pacco batterie": un gruppo di pile o accumulatori collegati tra loro o racchiusi come un'unità singola e a sé stante in un involucro esterno non destinato ad essere lacerato o aperto dall'utilizzatore;
c) "pile o accumulatori portatili": le pile, le pile a bottone, i pacchi batteria o gli accumulatori che sono sigillati, sono trasportabili a mano e non costituiscono pile o accumulatori industriali, né batterie o accumulatori per veicoli;
d) "pile a bottone": piccole pile o accumulatori portatili di forma rotonda, di diametro superiore all'altezza, utilizzati a fini speciali in prodotti quali protesi acustiche, orologi e piccoli apparecchi portatili e come energia di riserva;
e) "batterie o accumulatori per veicoli": le batterie o gli accumulatori utilizzati per l'avviamento, l'illuminazione e l'accensione;
f) "pile o accumulatori industriali": le pile o gli accumulatori progettati esclusivamente a uso industriale o professionale, o utilizzati in qualsiasi tipo di veicoli elettrici;
g) "rifiuti di pile o accumulatori": le pile e gli accumulatori che costituiscono rifiuti a norma dell'articolo 183, comma 1, lettera a), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152;
h) "riciclaggio": il trattamento in un processo di produzione di materiali di rifiuto per la funzione originaria o per altri fini, escluso il recupero di energia;
i) "smaltimento": una qualsiasi delle operazioni applicabili di cui all'allegato B alla parte quarta del decreto n. 152 del 2006;
j) "trattamento": le attività eseguite sui rifiuti di pile e accumulatori dopo la consegna ad un impianto per la selezione, la preparazione per il riciclaggio o la preparazione per lo smaltimento;
k) "apparecchio": qualsiasi apparecchiatura elettrica o elettronica, secondo la definizione alimentata o capace di essere alimentata interamente o parzialmente da pile o accumulatori;

l) "produttore": chiunque immetta sul mercato nazionale per la prima volta a titolo professionale pile o accumulatori, compresi quelli incorporati in apparecchi o veicoli, a prescindere dalla tecnica di vendita utilizzata, comprese le tecniche di comunicazione a distanza definite agli articoli 50, e seguenti, del decreto legislativo 6 settembre 2005, n. 206, di recepimento della direttiva 97/7/CE riguardante la protezione dei consumatori in materia di contratti a distanza;

m) "distributore": qualsiasi persona che, nell'ambito di un'attività commerciale, fornisce pile e accumulatori ad un utilizzatore finale;

n) "immissione sul mercato": la fornitura o la messa a disposizione, a titolo oneroso o gratuito, in favore di terzi all'interno del territorio della comunità, compresa l'importazione nel territorio doganale della comunità;

o) "operatori economici": i produttori, i distributori, gli operatori addetti alla raccolta, gli operatori addetti al riciclaggio o altri operatori di impianti di trattamento;

p) "utensili elettrici senza fili": apparecchi portatili alimentati da pile o accumulatori e destinati ad attività di manutenzione, di costruzione o di giardinaggio;

q) "tasso di raccolta": la percentuale ottenuta, dividendo il peso dei rifiuti di pile e accumulatori portatili raccolti in un anno civile a norma dell'articolo 6 per la media del peso di pile e accumulatori portatili venduti direttamente agli utilizzatori finali da parte dei produttori, ovvero da essi consegnati a terzi in vista della vendita agli utilizzatori finali nel territorio nazionale nel corso di tale anno civile e dei due anni civili precedenti;

r) "punto di raccolta per pile ed accumulatori": contenitore destinato alla raccolta esclusiva di pile e accumulatori accessibile all'utilizzatore finale e distribuito sul territorio, tenuto conto della densità di popolazione, non soggetto ai requisiti in materia di registrazione o di autorizzazione di cui alle norme vigenti sulla gestione dei rifiuti. [3]

4.3. Art. 3 – Divieti di immissione sul mercato

In questo articolo è indicato per quali tipi di pile ed accumulatori è vietata l'immissione sul mercato.

È vietata, dalla data di entrata in vigore del presente decreto, l'immissione sul mercato:

- di tutte le pile o accumulatori, anche incorporati in apparecchi, contenenti più di 0,0005% di mercurio in peso;
- di pile o accumulatori portatili, compresi quelli incorporati in apparecchi, contenenti più dello 0,002% di cadmio in peso. [3]

4.4. Art. 4 – Maggiore efficienza ambientale

L'obiettivo principale che si cerca di conseguire è lo sviluppo sostenibile, nel rispetto dell'ambiente, di nuove tecnologie e ampliare le potenzialità di quelle attuali per quanto riguarda le pile e gli accumulatori. Al fine di promuovere la ricerca e di incoraggiare miglioramenti dell'efficienza, in termini ambientali, delle pile e degli accumulatori lungo l'intero ciclo di vita, nonché a favorire lo sviluppo e la commercializzazione di pile e accumulatori contenenti minori quantità di sostanze pericolose ovvero contenenti sostanze meno inquinanti in sostituzione del mercurio, del cadmio e del piombo, il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, di concerto con il Ministero dello sviluppo economico:

- adotta misure, senza nuovi o maggiori oneri a carico della finanza pubblica, quali la stipula di accordi di programma, dirette a favorire ed incentivare, da parte dei produttori di pile ed accumulatori, l'impiego di modalità di progettazione e di fabbricazione che consentano una maggiore efficienza ambientale;
- individua e promuove politiche di sostegno e di incentivazione, nei limiti degli ordinari stanziamenti di bilancio destinati allo scopo. [3]

4.5. Art. 5 – Immissione sul mercato

- Le pile e gli accumulatori conformi ai requisiti stabiliti dal presente decreto, sono immessi sul mercato senza alcun tipo di restrizione.
- Dalla data di entrata in vigore del presente decreto le pile e gli accumulatori che non soddisfano i requisiti del presente decreto non possono essere immessi sul mercato.
- Le pile e gli accumulatori che non soddisfano i requisiti del presente decreto, ma che sono stati legalmente immessi sul mercato prima della data di applicazione dei rispettivi divieti di cui all'articolo 3, possono continuare a essere commercializzati fino a esaurimento delle scorte.
- In caso di immissione sul mercato nazionale di pile ed accumulatori che non soddisfano i requisiti del presente decreto successivamente alla sua data di entrata in vigore, le autorità competenti provvedono al loro immediato ritiro con oneri a carico di chi li ha immessi. Con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare e del Ministro dello sviluppo economico sono individuate entro centoventi giorni dalla data di entrata in vigore del presente decreto le autorità competenti al ritiro. [3]

4.6. Art. 6 – Raccolta separata e ritiro pile e accumulatori portatili

- Al fine di realizzare una gestione dei rifiuti di pile ed accumulatori che riduca al minimo il loro smaltimento insieme al rifiuto urbano indifferenziato e al fine di garantire, entro la data del 26 settembre 2012, il raggiungimento del tasso di raccolta separata di pile ed accumulatori portatili di cui all'articolo 8, per la raccolta separata di pile ed accumulatori portatili i produttori o i terzi che agiscono in loro nome organizzano e gestiscono, su base individuale o collettiva, sostenendone i relativi costi, sistemi di raccolta separata di pile ed accumulatori portatili idonei a coprire in modo omogeneo tutto il territorio nazionale. Tali sistemi:
    - consentono agli utilizzatori finali di disfarsi gratuitamente dei rifiuti di pile o accumulatori portatili in punti di raccolta loro accessibili nelle vicinanze, tenuto conto della densità della popolazione;
    - non devono comportare oneri per gli utilizzatori finali nel momento in cui si disfano dei rifiuti di pile o accumulatori portatili, né l'obbligo di acquistare nuove pile o nuovi accumulatori.
- I punti di raccolta istituiti non sono soggetti ai requisiti in materia di registrazione o di autorizzazione di cui alla vigente normativa sui rifiuti.
- Al fine di organizzare e gestire i sistemi di raccolta separata, i produttori o i terzi che agiscono in loro nome possono avvalersi delle strutture di raccolta ove istituite dal servizio pubblico, previa stipula di apposita convenzione definita sulla base di un accordo di programma quadro stipulato su base nazionale tra i produttori di pile e accumulatori portatili e l'ANCI in rappresentanza dei soggetti responsabili del servizio pubblico di gestione dei rifiuti urbani, volto altresì a stabilire le modalità di ristoro degli oneri per la raccolta separata di pile e accumulatori portatili sostenuti dal servizio pubblico di gestione dei rifiuti urbani e le modalità di ritiro da parte dei produttori presso i centri di raccolta di cui alla lettera mm), comma 1, dell'articolo 183 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e successive modificazioni, e le strutture autorizzate ai sensi degli articoli 208 e 210 dello stesso decreto n. 152 del 2006. I produttori o i terzi che agiscono in loro nome sono in ogni caso tenuti a provvedere al ritiro ed alla gestione dei rifiuti di pile o di accumulatori portatili raccolti in maniera differenziata nell'ambito del servizio pubblico di gestione dei rifiuti urbani.
- La raccolta separata è organizzata prevedendo che i distributori che forniscono nuove pile e accumulatori portatili pongano a disposizione del pubblico dei contenitori per il

conferimento dei rifiuti di pile e accumulatori nel proprio punto vendita. Tali contenitori costituiscono punti di raccolta e non sono soggetti ai requisiti in materia di registrazione o di autorizzazione di cui alla vigente normativa sui rifiuti. [3]

4.7. Art. 7 – Raccolta separata di pile ed accumulatori industriali e per veicoli

- Al fine di promuovere al massimo la raccolta separata, i produttori di pile ed accumulatori industriali e per veicoli, o i terzi che agiscono in loro nome, organizzano e gestiscono sistemi di raccolta separata di pile ed accumulatori industriali e per veicoli idonei a coprire in modo omogeneo tutto il territorio nazionale. A tale fine, possono:
    - aderire a sistemi esistenti ed utilizzare la rete di raccolta facente capo ai medesimi;
    - organizzare autonomamente, su base individuale o collettiva, sistemi di raccolta dei rifiuti di pile ed accumulatori industriali e per veicoli.
- L'attività di raccolta di pile e accumulatori industriali e di pile e accumulatori per veicoli può essere svolta anche da terzi indipendenti, purché' senza oneri aggiuntivi per il produttore del rifiuto o per l'utilizzatore finale e nel rispetto della normativa vigente.
- I produttori di pile e accumulatori industriali o i terzi che agiscono in loro nome ritirano gratuitamente i rifiuti di pile e accumulatori industriali e per veicoli presso gli utilizzatori finali, indipendentemente dalla composizione chimica e dall'origine.
- Chiunque detiene rifiuti di pile e accumulatori per veicoli è obbligato al loro conferimento ai soggetti che raccolgono detti rifiuti, a meno che la raccolta venga effettuata in conformità alle disposizioni di cui al decreto legislativo 24 giugno 2003, n. 209.
- In caso di batterie e di accumulatori per veicoli ad uso privato non commerciale, l'utilizzatore finale si disfa, presso i centri di raccolta di pile ed accumulatori per veicoli allestiti, dei rifiuti di detti batterie e accumulatori senza oneri e senza l'obbligo di acquistare nuove batterie o nuovi accumulatori.
- Per i fini di cui al presente articolo i produttori di pile ed accumulatori per veicoli possono avvalersi delle strutture di raccolta ove istituite dal servizio pubblico, previa stipula di convenzione definita sulla base di un accordo di programma quadro stipulato su base nazionale tra i produttori di accumulatori per veicoli e l'ANCI in rappresentanza dei soggetti responsabili del servizio pubblico di gestione dei rifiuti urbani, volto altresì a stabilire le modalità di ristoro degli oneri per la raccolta degli accumulatori per veicoli sostenuti dal servizio pubblico di gestione dei rifiuti urbani e le modalità di ritiro da parte

dei produttori presso i centri di raccolta di cui alla lettera mm), comma 1, dell'articolo 183 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e successive modificazioni, e le strutture autorizzate ai sensi degli articoli 208 e 210 dello stesso decreto n. 152 del 2006. I soggetti sono in ogni caso tenuti a provvedere al ritiro gratuito e alla gestione dei rifiuti di pile o accumulatori industriali e per veicoli raccolti nell'ambito del servizio pubblico di gestione dei rifiuti urbani. [3]

4.8. Art. 8 – Obiettivi di raccolta

- Ai fini del presente decreto, la percentuale di raccolta delle pile e degli accumulatori portatili viene calcolata per la prima volta in relazione alla raccolta effettuata nel corso dell'anno 2011.
- Al fine di realizzare un sistema organico di gestione delle pile ed accumulatori portatili che riduca al minimo il loro smaltimento insieme al rifiuto urbano misto, entro la data del 26 settembre 2012 dovrà essere conseguito, anche su base regionale, un tasso di raccolta minimo di pile ed accumulatori portatili pari al 25 per cento del quantitativo immesso sul mercato; tale tasso di raccolta dovrà raggiungere, entro il 26 settembre 2016, il 45 per cento del quantitativo immesso sul mercato.
- Le percentuali di raccolta di pile e accumulatori portatili sono calcolati annualmente dall'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale, di seguito: "ISPRA", sulla base dei dati dell'immesso sul mercato trasmessi dai produttori ai sensi dell'articolo 15, e dei dati trasmessi dal Centro di coordinamento di cui all'articolo 16. [3]

4.9. Art. 9 – Rimozione di rifiuti di pile e accumulatori

- Gli apparecchi contenenti pile ed accumulatori sono progettati in modo tale che i rifiuti di pile e accumulatori siano facilmente rimovibili. Qualora tali rifiuti non possano essere prontamente rimossi dall'utilizzatore finale, i suddetti apparecchi sono progettati in modo tale che i rifiuti di pile e accumulatori siano prontamente rimovibili da professionisti qualificati indipendenti dai produttori. Gli apparecchi in cui sono incorporati pile o accumulatori sono altresì corredati di istruzioni che indicano come l'utilizzatore finale o i professionisti qualificati indipendenti possano rimuoverli senza pericolo. Se del caso, le istruzioni informano altresì l'utilizzatore finale sui tipi di pila o di accumulatore incorporato nell'apparecchio.

- Le disposizioni sopra non si applicano qualora per motivi di sicurezza, prestazione, protezione medica o dei dati, sia necessaria la continuità dell'alimentazione e occorra un collegamento permanente tra l'apparecchio e la pila o l'accumulatore. [3]

4.10. Art. 10 – Trattamento e riciclaggio

- Entro il 26 settembre 2009:
  - i produttori od i terzi che agiscono in loro nome istituiscono, su base individuale o collettiva, utilizzando le migliori tecniche disponibili, in termini di tutela della salute e dell'ambiente, sistemi per il trattamento e il riciclaggio dei rifiuti di pile e accumulatori;
  - tutte le pile e gli accumulatori individuabili e raccolti a norma degli articoli 6 e 7 o del decreto 14 marzo 2014, n. 49, sono sottoposti a trattamento e riciclaggio con sistemi che siano conformi alla normativa comunitaria, in particolare per quanto riguarda la salute, la sicurezza e la gestione dei rifiuti.
- Le pile o gli accumulatori raccolti assieme ai rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche, a norma del decreto n. 151 del 2005, sono rimossi dai rifiuti delle apparecchiature stesse e gestiti secondo quanto disposto all'articolo 13.
- Al fine di verificare il rispetto delle disposizioni sopra riportate, le province territorialmente competenti effettuano apposite ispezioni presso gli impianti di trattamento e di riciclaggio dei rifiuti di pile e accumulatori, e comunicano al Comitato di cui all'articolo 19 gli esiti di tali ispezioni.
- L'operazione di trattamento e di riciclaggio dei rifiuti di pile e accumulatori di cui al presente articolo può essere effettuata al di fuori del territorio nazionale o comunitario, a condizione che la spedizione dei rifiuti sia conforme alle disposizioni del regolamento (CE) n. 1013/2006 del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 14 giugno 2006, e successive modificazioni.
- I rifiuti di pile e accumulatori, esportati dalla Comunità a norma del citato regolamento (CE) n. 1013/2006 e del regolamento (CE) n. 1418/2007 della Commissione, del 29 novembre 2007, come modificato dal regolamento (CE) n. 740/2008 della Commissione, del 29 luglio 2008, sono presi in considerazione ai fini dell'adempimento degli obblighi e del conseguimento delle efficienze, solo se l'esportatore può dimostrare che l'operazione di riciclaggio è stata effettuata in condizioni equivalenti a quelle stabilite dal presente decreto.

- A decorrere dall'anno 2012 gli impianti di riciclaggio dei rifiuti di pile e accumulatori comunicano ogni anno al Centro di coordinamento di cui all'articolo 16 entro il 28 febbraio, con riferimento all'anno solare precedente, le informazioni relative ai quantitativi di rifiuti trattati, suddivisi per singole tipologie di pile e accumulatori, e alle percentuali di riciclaggio conseguite, con riferimento alle tre tipologie di pile ed accumulatori. [3]

4.11. Art. 11 – Nuove tecnologie di riciclaggio

- Il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, di concerto con i Ministeri dell'economia e delle finanze e dello sviluppo economico, definisce, nei limiti degli ordinari stanziamenti di bilancio previsti per tali finalità, misure volte a promuovere lo sviluppo di nuove tecnologie di recupero, di riciclaggio e di trattamento, nonché la ricerca di metodi di riciclaggio ecocompatibili e con un buon rapporto tra costi ed efficacia per tutti i tipi di pile e accumulatori.
- Il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare promuove la diffusione negli impianti di trattamento di sistemi certificati di gestione ambientale, a norma del regolamento (CE) n. 761/2001 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 19 marzo 2001, sull'adesione volontaria delle organizzazioni a un sistema comunitario di ecogestione e audit (EMAS/ISO 14000). [3]

4.12. Art. 12 – Smaltimento

È vietato lo smaltimento in discarica o mediante incenerimento dei rifiuti delle pile e degli accumulatori industriali e per veicoli, ad eccezione dei residui che sono stati sottoposti a trattamento e a riciclaggio a norma dell'articolo 10. [3]

4.13. Art. 13 – Finanziamento

- Il finanziamento delle operazioni di raccolta, di trattamento e di riciclaggio dei rifiuti di pile ed accumulatori di cui agli articoli 6 e 7 e 10 è a carico dei produttori o dei terzi che agiscono in loro nome.
- Il Centro di coordinamento di cui all'articolo 16 definisce le modalità di determinazione e di ripartizione dei finanziamenti delle operazioni di raccolta, trattamento e riciclaggio, in

funzione anche della tipologia delle pile e degli accumulatori raccolti, dell'ubicazione sul territorio dei punti di raccolta e della quota percentuale di raccolta separata effettuata, nonché tenuto conto dei ricavi derivanti dalla vendita dei metalli ottenuti dalle operazioni di trattamento e riciclaggio. Dette modalità sono approvate dal Comitato di vigilanza e controllo di cui all'articolo 19.

- I rifiuti di pile e accumulatori raccolti nell'ambito dei sistemi di cui ai decreti n. 151 del 2005 e n. 209 del 2003 sono rimossi dai rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche e dai veicoli fuori uso presso gli impianti di trattamento di tali rifiuti e presi in carico dai produttori o dai terzi che agiscono in loro nome.
- I produttori sono tenuti a sostenere i costi del funzionamento e delle attività del Centro di coordinamento di cui all'articolo 16.
- I costi della raccolta, del trattamento e del riciclaggio non sono indicati separatamente agli utilizzatori finali al momento della vendita di nuove pile e accumulatori portatili.
- I produttori e gli utilizzatori di pile e accumulatori industriali e per veicoli possono concludere accordi che stabiliscano il ricorso a modalità di finanziamento diverse da quelle sopra riportate.
- Il presente articolo si applica a tutti i rifiuti di pile e accumulatori, indipendentemente dalla data della loro immissione sul mercato.
- L'obbligo indicato sopra non può implicare un doppio addebito per i produttori, nel caso di pile o accumulatori raccolti conformemente alle disposizioni di cui ai decreti n. 209 del 2003 e n. 49 del 2014. [3]

4.14. Art. 14 – Registro nazionale

- È istituito, presso il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, il Registro nazionale dei soggetti tenuti al finanziamento dei sistemi di gestione dei rifiuti di pile e accumulatori ai sensi dell'articolo 13.
- I produttori che per la prima volta immettono sul mercato pile e accumulatori nel territorio italiano sono obbligati ad iscriversi in via telematica soltanto una volta al Registro nazionale presso la Camera di commercio di competenza.
- Una volta effettuata l'iscrizione, a ciascun produttore viene rilasciato un numero di iscrizione tramite il sistema informatico delle Camere di commercio. Entro trenta giorni

dal suo rilascio, il numero di iscrizione deve essere indicato dal produttore in tutti i documenti di trasporto e nelle fatture commerciali.

- L'iscrizione al Registro è assoggettata al pagamento di un corrispettivo da determinarsi, secondo il criterio della copertura dei costi dei servizi, con il provvedimento di cui all'articolo 27.
- Ai fini della predisposizione e dell'aggiornamento del Registro, le Camere di commercio, industria, artigianato e agricoltura comunicano annualmente all'ISPRA, secondo modalità di interconnessione telematica da definirsi mediante accordo tra le parti, l'elenco delle imprese identificate come produttori di pile e accumulatori, nonché' tutte le altre informazioni. [3]

4.15. Art. 15 – Gestione del registro e dei dati relativi ai sistemi collettivi, all'immesso sul mercato, alla raccolta ed al riciclaggio

- Il registro di cui all'articolo 14, è detenuto dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare. L'ISPRA effettua ispezioni a campione sui produttori al fine di verificare il corretto assolvimento dei compiti di cui all'articolo 14.
- I sistemi collettivi istituiti per il finanziamento della gestione dei rifiuti di pile ed accumulatori si iscrivono presso le camere di commercio. Le camere di commercio comunicano all'ISPRA, con le modalità di cui all'articolo 14, l'elenco dei sistemi collettivi ed i successivi aggiornamenti e tutte le altre Informazioni.
- I produttori comunicano annualmente alle camere di commercio, entro il 31 marzo, i dati relativi alle pile ed accumulatori immessi sul mercato nazionale nell'anno precedente, suddivisi per tipologia. Le camere di commercio comunicano all'ISPRA, con le modalità di cui all'articolo 14, i dati di cui al presente comma.
- L'iscrizione e la comunicazione sono assoggettate al pagamento di un corrispettivo da determinarsi, secondo il criterio della copertura dei costi dei servizi, con il provvedimento di cui all'articolo 27.
- L'ISPRA svolge, inoltre, i seguenti compiti:
  - predispone e aggiorna il registro di cui all'articolo 14 sulla base delle comunicazioni di produttori di cui all'articolo 14;
  - predispone ed aggiorna l'elenco nazionale

- raccoglie esclusivamente in formato elettronico i dati relativi ai prodotti immessi sul mercato che i produttori sono tenuti a comunicare;
- raccoglie i dati trasmessi dai sistemi di raccolta, relativamente alla raccolta e al riciclaggio secondo quanto previsto dagli articoli 8 e 10, nonché' dalle province, ai sensi dell'articolo 10;
- elabora i dati relativi alla raccolta e al riciclaggio e, ai fini della trasmissione alla Commissione europea delle relazioni di cui all'articolo 24, ne trasmette le risultanze al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare e, contestualmente, alle regioni. [3]

4.16. Art. 16 – Centro di coordinamento

- È istituito il Centro di coordinamento, in forma di consorzio avente personalità giuridica di diritto privato, cui partecipano i produttori di pile e di accumulatori, individualmente o in forma collettiva.
- Entro centottanta giorni dalla data di entrata in vigore del presente decreto il Centro di coordinamento si dota di apposito statuto. [3]

4.17. Art. 17 – Compiti del Centro di coordinamento

- Il Centro di coordinamento ha il compito di ottimizzare le attività di competenza dei sistemi collettivi ed individuali a garanzia di omogenee ed uniformi condizioni operative al fine di incrementare le percentuali di raccolta e di riciclaggio dei rifiuti di pile e accumulatori.
- In particolare il Centro di coordinamento provvede:
  - ad organizzare ed effettuare in maniera uniforme sull'intero territorio nazionale le campagne di informazione di cui all'articolo 22;
  - ad organizzare per tutti i consorziati un sistema capillare di raccolta dei rifiuti di pile e accumulatori che copra in modo omogeneo l'intero territorio nazionale;
  - ad assicurare il monitoraggio e la rendicontazione dei dati relativi alla raccolta ed al riciclaggio dei rifiuti di pile ed accumulatori portatili, industriali e per veicoli, nonché' la loro trasmissione all'ISPRA entro il 31 marzo dell'anno successivo a quello di rilevamento;

- a garantire il necessario raccordo tra l'amministrazione pubblica, i sistemi collettivi o individuali e gli altri operatori economici. [3]

4.18. Art. 18 – Organizzazione del Centro di coordinamento

- Sono organi del Centro di coordinamento:
  - l'assemblea, composta dai rappresentanti di tutti i produttori, in forma singola o associata;
  - il Comitato esecutivo, composto da cinque membri, tra cui il Presidente;
  - il Presidente;
  - il Collegio dei revisori contabili.
- Il Presidente e il Comitato esecutivo sono nominati dall'assemblea e durano in carica dodici mesi dalla nomina.
- I componenti del Collegio dei revisori sono nominati tra gli iscritti all'albo dei revisori contabili. Il mandato triennale è rinnovabile.
- Il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare approva con apposito decreto lo statuto del Centro di coordinamento, deliberato dall'assemblea, e vigila sul rispetto degli obblighi posti a carico dello stesso. [3]

4.19. Art. 19 – Comitato di vigilanza e controllo

- Il Comitato di vigilanza e controllo già istituito ai sensi dell'articolo 15 del decreto n. 151 del 2005, assume anche le funzioni di Comitato di vigilanza e controllo sulla gestione delle pile e degli accumulatori e dei relativi rifiuti di cui al presente decreto.
- Gli oneri di funzionamento del Comitato sono posti in ugual misura a carico dei produttori di apparecchiature elettriche ed elettroniche e delle pile ed accumulatori. I produttori di apparecchiature elettriche ed elettroniche ripartiscono gli oneri in base alle quote di mercato come individuate dall'articolo 15, comma 1, lettera c), del decreto n. 151 del 2005. I produttori di pile e accumulatori ripartiscono gli oneri di cui al presente comma secondo i criteri stabiliti dal Centro di coordinamento di cui all'articolo 16, approvati dal Comitato di vigilanza di cui al presente articolo.
- Il Comitato è composto da otto membri, di cui tre designati dal Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, uno dei quali con funzioni di presidente, uno dal

Ministro dello sviluppo economico, con funzione di vicepresidente, uno dal Ministro dell'economia e delle finanze, uno dal Ministro del lavoro, della salute e delle politiche sociali, uno dal Ministro per la pubblica amministrazione e l'innovazione e uno dalla Conferenza unificata, nominati con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare entro sessanta giorni dalla data di entrata in vigore del presente decreto. Fino all'adozione del decreto di nomina dei nuovi componenti, lo svolgimento delle attività istituzionali è garantito dai componenti in carica alla data di entrata in vigore del presente decreto.

- Il sistema contabile, l'attività e il funzionamento del Comitato sono disciplinati da un regolamento interno adottato dal Comitato stesso. La Segreteria del Comitato è assicurata dall'ISPRA. Per l'esame di problemi specifici possono essere invitati alle sedute del Comitato esperti particolarmente qualificati nelle materie da trattare.
- Il Comitato di vigilanza e controllo assicura la direzione unitaria e il coordinamento delle attività di gestione dei rifiuti pile e accumulatori e relaziona annualmente al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare.
- Al Comitato di vigilanza e controllo spetta inoltre:
  - l'elaborazione e l'aggiornamento permanente delle regole necessarie per l'allestimento e la cooperazione tra i centri di raccolta/punti di raccolta di pile e accumulatori e/o enti locali;
  - assicurare il monitoraggio sull'attuazione del presente decreto legislativo; a tal fine si avvale del registro di cui all'articolo 14, degli elenchi e dei dati di cui all'articolo 15, predisposti e messi a disposizione dall'ISPRA;
  - garantire l'esame e la valutazione delle problematiche sottoposte dalle categorie interessate e dai sistemi di raccolta, in particolare, in mancanza di una specifica valutazione a livello comunitario, si esprime circa l'applicabilità o meno del presente decreto.
  - favorire l'adozione di iniziative finalizzate a garantire l'uniforme applicazione del presente decreto legislativo e dei suoi provvedimenti attuativi, anche sottoponendo eventuali proposte di modifica della normativa ai Ministeri competenti;
  - programmare e disporre, sulla base di un apposito piano, ispezioni nei confronti dei produttori che non effettuano le comunicazioni di cui agli articoli 14, e 15, avvalendosi dell'ISPRA e della Guardia di finanza. [3]

4.20. Art. 20 – Consorzio nazionale per la raccolta ed il trattamento delle batterie al piombo esauste e dei rifiuti piombosi

- Il Consorzio nazionale per la raccolta ed il trattamento delle batterie al piombo esauste e dei rifiuti piombosi istituito dall'articolo 9-quinquies del decreto-legge 9 settembre 1988, n. 397, convertito, con modificazioni, dalla legge 9 novembre 1988, n. 475, e successive modificazioni, è considerato uno dei sistemi di raccolta e di trattamento di cui agli articoli 6, 7 e 10, e continua a svolgere la propria attività conformandosi alle disposizioni del presente decreto.
- Entro sei mesi dalla data di entrata in vigore del presente decreto, il Consorzio nazionale per la raccolta ed il trattamento delle batterie al piombo esauste e dei rifiuti piombosi adegua il proprio statuto alle disposizioni del presente decreto. [3]

4.21. Art. 21 – Partecipazione

- I sistemi di raccolta, ritiro, trattamento e riciclaggio di cui agli articoli 6, 7 e 10 evitano ostacoli agli scambi o distorsioni della concorrenza e agli stessi possono partecipare tutti gli operatori economici e le pubbliche amministrazioni competenti.
- I sistemi di raccolta, ritiro, trattamento e riciclaggio si applicano anche a pile e accumulatori importati da paesi non appartenenti all'Unione europea, a condizioni non discriminatorie.
- Il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare costituisce un tavolo di consultazione permanente al quale partecipano il Ministero dello sviluppo economico, l'ISPRA, nonché tre rappresentanti designati dalle organizzazioni nazionali delle categorie dell'industria, dei quali almeno due in rappresentanza del settore del recupero, due rappresentanti designati dalle organizzazioni nazionali delle categorie del commercio, uno dalle organizzazioni nazionali delle categorie dell'artigianato, uno dalle organizzazioni nazionali delle categorie della cooperazione, uno dall'ANCI, uno da Confservizi, uno dalle associazioni ambientaliste e uno dalle associazioni dei consumatori.
- Il tavolo di consultazione si riunisce almeno due volte all'anno e ogniqualvolta sia richiesto dalla maggioranza dei componenti. Il tavolo monitora l'operatività, la funzionalità logistica e l'economicità, nonché l'attività di informazione, del sistema di gestione dei rifiuti di pile e accumulatori, formulando le proprie valutazioni e le proprie proposte di miglioramento. [3]

4.22. Art. 22 – Informazioni per gli utilizzatori finali

- I produttori di pile e di accumulatori o i terzi che agiscono in loro nome provvedono ad effettuare, mediante il Centro di coordinamento, campagne di informazione per informare gli utilizzatori finali circa:
  - i potenziali effetti sull'ambiente e sulla salute umana delle sostanze utilizzate nelle pile e negli accumulatori;
  - l'obbligo di non smaltire i rifiuti di pile e accumulatori come rifiuti urbani e di effettuare, per detti rifiuti, una raccolta separata;
  - i sistemi di raccolta dei rifiuti di pile e accumulatori a loro disposizione;
  - le modalità di trattamento e il riciclaggio di tutti rifiuti di pile e accumulatori;
  - il ruolo che essi possono svolgere nel riciclaggio dei rifiuti di pile e accumulatori;
  - il significato del simbolo raffigurante il bidone della spazzatura con ruote barrato da una croce, riportato all'allegato IV, e dei simboli chimici relativi al mercurio (Hg), cadmio (Cd) e piombo (Pb).
- I distributori di pile o degli accumulatori portatili espongono in evidenza, in prossimità dei banchi di vendita, con caratteri ben leggibili, un avviso al pubblico con indicata la possibilità di lasciare presso i loro punti di vendita i rifiuti di pile o accumulatori portatili. L'avviso informa altresì circa i pericoli e i danni all'ambiente e alla salute umana derivanti dallo smaltimento delle pile e degli accumulatori al di fuori degli appositi contenitori per la raccolta separata e circa il significato dei simboli apposti, ai sensi del presente decreto, sulle pile e sugli accumulatori. [3]

4.23. Art. 23 – Etichettatura

- Le pile e gli accumulatori e i pacchi batterie sono immessi sul mercato solo se contrassegnati in modo visibile, leggibile e indelebile con uno specifico simbolo.
- Tale simbolo occupa almeno il 3 per cento della superficie del lato maggiore della pila, dell'accumulatore o del pacco batterie, con una dimensione massima di 5X5 cm. Per gli elementi cilindrici, il simbolo occupa almeno l'1,5 per cento della superficie della pila o dell'accumulatore, con una dimensione massima di 5X5 cm. Se le dimensioni della pila, dell'accumulatore o del pacco batterie sono tali per cui la superficie del simbolo risulterebbe inferiore a 0,5X0,5 cm, non è richiesta la marcatura bensì la stampa di un simbolo di almeno 1X1 cm sull'imballaggio.

- In aggiunta al simbolo di cui al comma 1, le pile, gli accumulatori e le pile a bottone contenenti più di 0,0005 per cento di mercurio (simbolo chimico Hg), più di 0,002 per cento di cadmio (simbolo chimico Cd) o più di 0,004 per cento di piombo (simbolo chimico Pb) sono contrassegnati in modo visibile, leggibile e indelebile con il simbolo chimico del relativo metallo. Il simbolo indicante il tenore di metalli pesanti è apposto sotto al simbolo descritto sopra e occupa una superficie pari ad almeno un quarto della superficie del predetto simbolo.
- La marcatura deve essere effettuata dal fabbricante o dal suo rappresentante in Italia oppure, in mancanza di tali soggetti, dal responsabile dell'immissione sul mercato nazionale.
- Entro il 26 settembre 2009 in aggiunta al simbolo descritto sopra, le pile e gli accumulatori portatili e per veicoli riportano l'indicazione della loro capacità in modo visibile, leggibile ed indelebile. La capacità si misura secondo le modalità stabilite con decreto del Ministero dello sviluppo economico, di concerto con il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, in conformità alle determinazioni ed ai metodi armonizzati definiti dalla Commissione europea. [3]

4.24. Relazioni alla Commissione europea

- Il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare trasmette alla Commissione europea, per la prima volta entro il 26 giugno 2013 per il periodo fino al 26 settembre 2012 e successivamente ogni tre anni, entro il 30 giugno, una relazione sull'attuazione del presente decreto, sulla base del questionario adottato in sede comunitaria.
- Il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare trasmette ogni anno alla Commissione europea, entro il 30 giugno dell'anno successivo a quello di rilevamento, le informazioni sui livelli di riciclaggio raggiunti e sui livelli di efficienza dei processi di riciclaggio fornite ai sensi dell'articolo 15. Tali informazioni sono trasmesse per la prima volta entro il 30 giugno 2012.
- Fatto salvo quanto disposto dal regolamento (CE) n. 2150/2002 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 25 novembre 2002, relativo alle statistiche sui rifiuti, il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare trasmette alla Commissione europea un rapporto annuale contenente le informazioni di cui all'articolo 8, comma 3, e le modalità di ottenimento dei dati necessari al calcolo del tasso di raccolta dei rifiuti di pile e

accumulatori portatili, entro il 30 giugno dell'anno successivo a quello di rilevamento. Tale rapporto è trasmesso per la prima volta entro il 30 giugno 2013. [3]

4.25. Art. 25 – Sanzioni

In questo articolo sono riportate le sanzioni amministrative pecuniarie da applicare in caso di non rispetto della normativa da parte del produttore o del distributore.

5. PROBLEMATICHE

Le batterie Li-Ion hanno avuto molto successo negli ultimi anni. Il loro tasso di guasto in generale è molto basso rispetto al numero totale di batterie in uso in tutto il mondo. Si sono tuttavia registrati degli episodi in cui le batterie sono state all'origine di incendi e incidenti pericolosi.

Ci si pone quindi il quesito della sicurezza delle batterie agli ioni di litio. Questa tecnologia offre da un lato una densità di energia elevata e allo stesso tempo gli ioni di litio possono reagire chimicamente molto velocemente, tanto che si possono generare condizioni di "instabilità termica" quando le condizioni operative sono al di fuori dei range stabiliti.

Alcune condizioni che possono causare malfunzionamenti sono:

- Sovraccarica: può provocare la reazione dell'elettrodo positivo con l'elettrolita, con conseguente generazione di calore, innalzamento della pressione e conseguente incendio;
- Sovra scarica: può provocare danni al catodo della cella elettrolitica, formazione di placche e dendriti con conseguente cortocircuito interno per perforazione del diaframma;
- Surriscaldamento: può provocare la reazione dell'elettrodo negativo con l'elettrolita;
- Sollecitazione meccanica: può causare danni e deformazioni delle celle, tali da provocare possibili cortocircuiti interni e altri guasti. [4]

5.1.Codice CER

Per questi motivi ci si interroga se i rifiuti di pile e accumulatori di batterie agli ioni di litio abbiano a loro associato un adeguato codice CER (il catalogo europeo dei rifiuti, l'elenco dei codici di classificazione dei rifiuti secondo la direttiva 75/442/CEE e seguenti aggiornamenti).

Si sostiene che il CER corretto per le batterie al litio sia il "160605 altre batterie e accumulatori" (non pericoloso). Poiché il loro trasporto è soggetto alla norma ADR (accordo europeo relativo ai trasporti internazionali di merci pericolose su strada) e sono indicate nella classe 9 di tale norma (perché in caso di surriscaldamento potrebbero esplodere), ci si chiede se non sia opportuno assegnare cautelativamente un CER "pericoloso". Ai RAEE che contengono batterie al litio (es cellulari, stabilizzatori, ecc.) solitamente si assegna il CER "160213* apparecchiature fuori uso, contenenti componenti pericolosi diversi da quelli di cui alle voci da 160209 a 160212". Forse, considerate le caratteristiche delle batterie agli ioni di litio, l'aggiunta di una

voce a specchio risulterebbe cosi più corretta “160215* componenti pericolosi rimossi da apparecchiature fuori uso”. [5]

5.2. Reperibilità del litio

Il secondo (ma non per ordine di importanza) problema risiede nella reperibilità e nell’approvvigionamento del litio.

Le riserve naturali di Litio sono situate in Cile ed in Sud Africa. Queste fonti non sono infinite, ed è stato predetto che tra il 2023-2025 la domanda di Litio sarà maggiore dell’offerta di Litio estratto, a meno che non venga riciclato con il 90% dell’efficienza. [6]

In Italia, dalle ricerche effettuate, non sono presenti impianti che effettuano questo tipo di riciclo, e attualmente, dopo la raccolta, si va ad esportare questa tipologia di rifiuto in paesi attrezzati a questo tipo di operazioni.

Al giorno d’oggi, nonostante la grande quantità di batterie agli ioni di litio prodotte e vendute, solo il 29,5% della popolazione le smaltisce correttamente, il 59,6% le conserva in casa ed il 15,9% le getta nella spazzatura. Per invertire questo trend, sono state introdotte alcune regolamentazioni, una su tutte la Direttiva Europea sulle batterie 2006/66/CE (recepita in Italia con il D. Lgs 188/2008) che stabilisce il minimo di raccolta di batterie al 45% e rende responsabili della raccolta i produttori. [6]

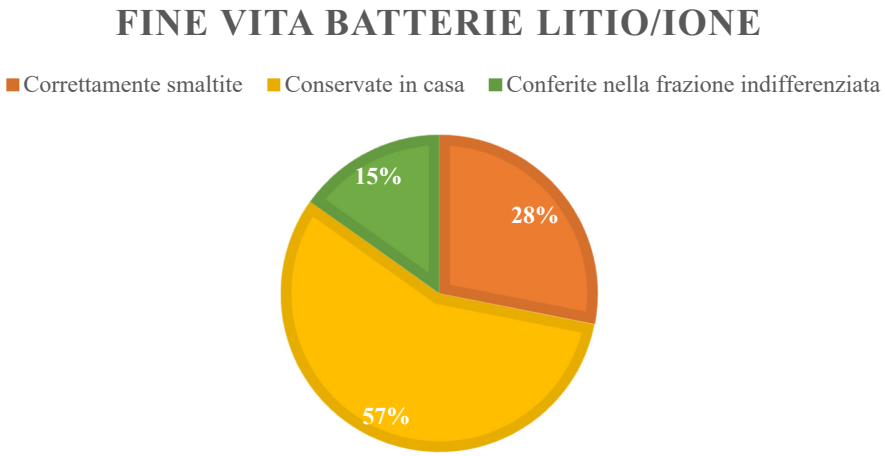

GRAFICO 1 – FINE VITA BATTERIE LITIO/IONE [6]

6. POSSIBILI SOLUZIONI

Ci sono varie teorie sulle possibili soluzioni per quanto riguarda la gestione delle batterie al litio a fine vita e lo smaltimento. Di seguito se ne riportano alcune.

6.1.Second Life

La possibile soluzione che si sta sviluppando prevalentemente nell'ultimo periodo è quella di programmare una "Second Life" per la batteria. Le batterie al litio, al termine della loro vita utile, hanno ancora una capacità di immagazzinamento dell'energia del 70-80%. Questo significa che sono ancora utilizzabili come accumulatori di energia, che gli permette di avere, appunto una seconda vita.

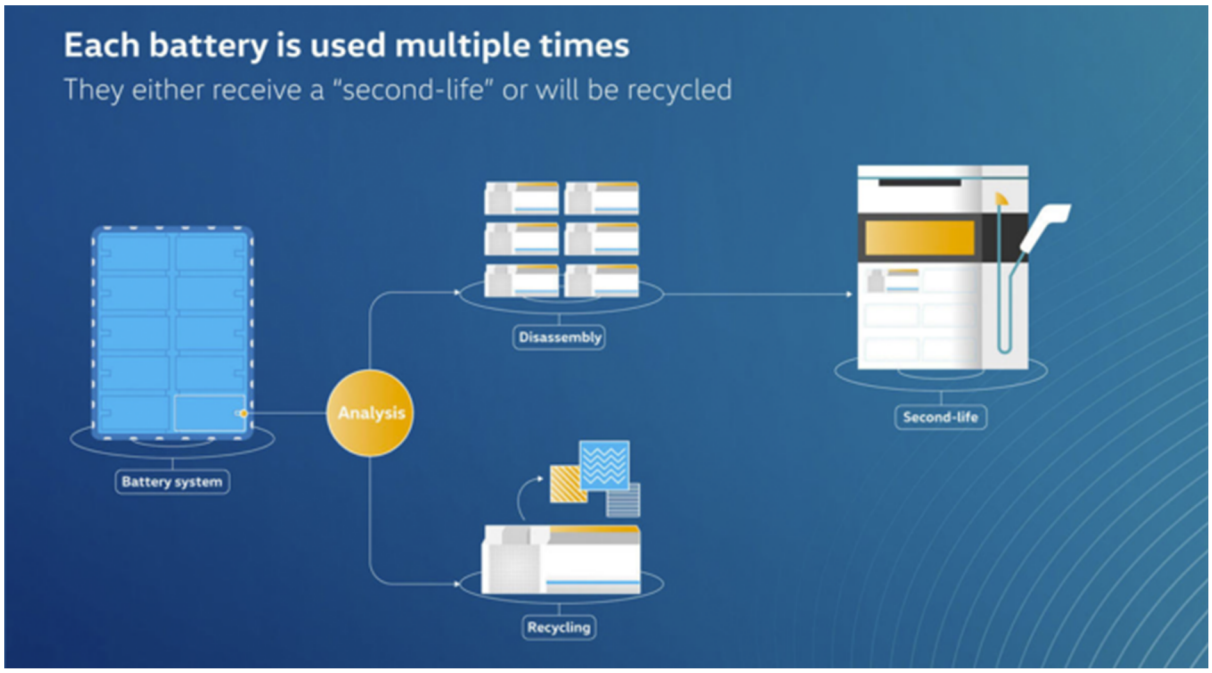

FIGURA 2 – SCHEMA CICLO DI VITA BATTERIE [8]

Degli esempi concreti sono già presenti nel settore automotive, di seguito i principali:

- *Honda Motor Europe*, in collaborazione con la società francese *Snam*, si sta impegnando per il riutilizzo delle batterie giunte a fine vita in uso su modelli ibridi ed elettrici. *Snam*, società che si occupa anche del riciclo delle batterie agli ioni di litio, raccoglierà e

rigenererà tutte le batterie esauste preparandole ad una "seconda vita" in cui serviranno a immagazzinare energie rinnovabili o recuperando come detto componenti al loro interno. Nel caso specifico, si tratta di una lavorazione delle batterie agli ioni di litio e all'idruro di nichel metallo-idruro (NiMH). Una volta giunte nel centro di stoccaggio, *Snam* valuta quali pacchi batterie sono riutilizzabili, quali sono da smaltire e quali possono essere usati per sviluppare nuovi dispositivi di accumulo dell'energia. Dopo la cernita, questi vengono riconvertiti e resi disponibili per immagazzinamento di energia ad uso domestico e industriale. In caso di celle di batterie danneggiate e non idonee ad una "seconda vita", è possibile estrarre i materiali quali litio e cobalto grazie a tecniche basate su processi chimici in fase acquosa. Una volta estratte, queste materie prime possono essere riutilizzate nella produzione di nuove batterie, pigmenti o additivi utili per la malta. Altre materie di uso comune, tra cui rame, metallo e plastica, vengono riciclate e commercializzate per una serie di attività produttive. [7]

- il *Gruppo Volkswagen* nel sito industriale di Salzgitter (una cittadina vicino Wolfsburg, Germania) sta costruendo un impianto pilota per la produzione delle celle di cui sono composte le batterie, e nel 2020 avvierà le attività di una struttura pilota per il riciclo. Nell'impianto *Volkswagen* Salzgitter si potranno riciclare 1.200 tonnellate di batterie ogni anno, che corrispondono a circa 3.000 veicoli elettrici. La capacità crescerà costantemente, anche se non si prevedono quantità considerevoli di batterie per i prossimi 10-15 anni. Tra le possibilità di riutilizzo in seconda vita delle batterie dismesse dalle auto elettriche, la *Volkswagen* prevede quello all'interno delle stazioni di ricarica mobili, che funzionano come grandi power bank e che la stessa *Volkswagen* sta mettendo a punto. [8]

  L'idea della *Volkswagen* è un enorme power bank, dislocabile con relativa facilità, della capacità di 360 kWh, abbastanza per ricaricare completamente 10 e-Golf. È assai probabile che le grandi batterie mobili saranno collegate a impianti fotovoltaici o ad altre forme di produzione di energia da fonti rinnovabili. Questo concetto permette un'ulteriore possibilità per la "seconda vita" delle batterie di bordo che hanno perso parte della loro efficienza. [9]

  Se le batterie non sono utilizzabili per una seconda vita, oppure al termine del loro secondo utilizzo, i componenti vengono smontati, macinati in ambiente controllato e i materiali essiccati e setacciati. Viene così prodotta una prima graniglia in forma di polvere dalla quale sono estratte materie prime preziose come nichel, manganese, cobalto e litio. A questo punto gli elementi vengono separati e ritornano disponibili per la produzione di nuove batterie. L'obiettivo del *Gruppo Volkswagen* è arrivare a riciclare fino al 97% delle

materie prime, partendo dal 53% attuale. Un dato che, proprio grazie all'apporto dello stabilimento Salzgitter, salirà secondo i valori forniti dalla casa fino al 72%. [8]

6.2. Nuove tipologie di batterie

Le batterie agli ioni di litio (LIB) sono i sistemi preferiti per garantire l'accumulo di grandi quantità di energia con alta efficienza ed una facile trasportabilità. Sebbene siano stati intrapresi molti studi per aumentare l'accumulo di energia nelle LIB, i livelli finora raggiunti non sono ancora adeguati a soddisfare le necessità di molti dispositivi sia in termini di efficienza economica sia di sicurezza. L'Unione Europea e altri governi hanno a tutt'oggi delineato le direzioni di ricerca da intraprendere e gli obiettivi da raggiungere nel prossimo futuro. Le strade da percorrere sono sostanzialmente due:

- Migliorare le prestazioni di batterie basate sul litio;
- Sviluppare batterie fondate su chimiche completamente innovative ricorrendo ad elementi diversi dal litio e che siano poco costosi e molto abbondanti nella crosta terrestre. [10]

Per lo sviluppo delle batterie del futuro bisogna anche considerare altri aspetti che sono di cruciale importanza, tra cui gli studi su:

- Nuovi metodi di caratterizzazione delle batterie, soprattutto "in operando", per monitorare il loro stato di salute (state of health, SOH) e prolungare la vita dei dispositivi;
- Nuove architetture elettrodiche, per sfruttare al massimo le potenzialità di ciascun materiale elettroattivo;
- Il riciclo di batterie esauste, per recuperare gli elementi strategici ivi contenuti (cobalto) o che si preveda diventino tali nei prossimi anni (ad esempio litio).

Una prima area di ricerca punta ad ottimizzare le prestazioni delle batterie a base di litio. Miglioramenti significativi sono possibili solo con lo sviluppo di materiali avanzati che consentano di superare le limitazioni presenti nelle celle attualmente impiegate. [10]

Un importante traguardo è rappresentato dal "ritorno" alle batterie litio-metallo che permetterebbe di duplicare le prestazioni delle attuali celle in commercio da 600 a 1200 Wh L^{-1}. L'anodo in litio metallico gioca un ruolo importante nell'immagazzinamento di una densità di energia fino a dieci volte maggiore rispetto ai classici elettrodi in grafite. Purtroppo le batterie ricaricabili a litio metallico formano durante il funzionamento dei filamenti chiamati "dendriti",

che degradano le prestazioni del dispositivo. Crescendo dall'anodo al catodo, i dendriti perforano il separatore e cortocircuitano la batteria, causando così il suo auto-incendio. [10]

Lo sviluppo di elettroliti solidi risulta di cruciale importanza per poter sfruttare senza rischi tutte le potenzialità di anodi realizzati con litio metallico. Gli elettroliti solidi si distinguono in tre categorie:

- Elettroliti polimerici;
- Elettroliti inorganici;
- Elettroliti ibridi inorganico-organici.

Le nuove combinazioni litio-aria o litio-zolfo, che utilizzano due tra gli elementi più abbondanti e a basso costo presenti sul nostro pianeta, come catodi da accoppiare all'anodo di litio metallico ed a un elettrolita a base polimerica, presentano elevate densità di energia e durata e sono inoltre più sicure delle batterie LIB convenzionali. Tuttavia, i catodi a base di zolfo presentano sia una notevole espansione volumetrica sia processi di dissoluzione di polisolfuri nell'elettrolita, che sono responsabili della progressiva e inevitabile degradazione del materiale catodico, compromettendo così l'efficienza e la densità di energia della batteria. Le prospettive di ottimizzazione di tali sistemi potrebbero portare all'immissione sul mercato di questa tecnologia entro 10 anni. Le batterie litio-aria promettono addirittura una densità di energia circa 10 volte maggiore rispetto a quella delle attuali LIB, ma necessitano ancora di molti anni di ricerca. [10]

Le motivazioni che spingono la ricerca sulle batterie verso chimiche diverse da quella del litio riguardano soprattutto la disponibilità delle materie prime, il loro costo e la loro distribuzione sulla crosta terrestre, oltre ovviamente a considerazioni legate alle prestazioni dei dispositivi. Infatti, la crescente penetrazione dei sistemi di accumulo elettrochimico nell'autotrazione e la loro possibile integrazione in "smart grid" hanno sollevato preoccupazioni riguardo la disponibilità delle materie prime di cui sono costituiti, soprattutto per quanto concerne il litio ed il cobalto. [10]

L'intensificarsi delle attività sostenute dall'Unione Europea nella catena di approvvigionamento dei materiali per batterie, come litio e cobalto, risulta critico (L'Unione Europea ha in tal senso da tempo avviato un metodo per definire le materie prime critiche (Critical Raw Materials CRM) ed aggiorna periodicamente la lista [11]. Al momento il Litio non è considerato critico, mentre il Cobalto sì.) al fine di limitare la dipendenza dell'Europa dalle importazioni da paesi terzi. Ciò può avvenire mediante la transizione verso un'economia

circolare, attraverso una corretta gestione dei rifiuti. Le tecnologie già sviluppate per il riciclo delle batterie, prevalentemente basate su tecniche pirometallurgiche, sono ancora poco sostenibili. Si tratta infatti di processi che prevedono l'utilizzo di acidi minerali forti, e che sono dispendiosi in termini energetici ed economici. La vera svolta nella tecnologia di riciclo delle batterie e dei rifiuti elettronici ("e-waste") risiede nelle moderne strategie di chimica verde e di bio-metallurgia. [10]

6.3. Re –Design

L'affidabilità e la sicurezza della cella agli ioni di litio dipendono innanzitutto dalla qualità di elettrodi, elettrolita, separatori e materiali utilizzati. Il processo di produzione delle celle è di fondamentale importanza per assicurare la qualità e l'affidabilità del prodotto finale. Oggi, sono disponibili vari grandi produttori di celle Li-Ion che forniscono prodotti di qualità con elevata affidabilità. Queste celle sono prodotte principalmente nelle seguenti configurazioni geometriche: cilindrica, prismatica o poliedrica. La maggior parte delle celle agli ioni di litio sono destinate ad essere assemblate in moduli o batterie, che in pratica sono l'insieme di più celle connesse in serie e/o in parallelo. Il numero di celle e la loro configurazione determina la tensione nominale e la capacità del modulo o della batteria. A livello di sistema in cui due o più batterie sono connesse insieme, un malfunzionamento può verificarsi a causa di un collegamento errato tra le batterie, connessione difettosa del pacco batterie con il carico o con il caricabatterie, dal malfunzionamento di un singolo modulo. [12]

Per ottenere un design sicuro e robusto, è cruciale identificare le caratteristiche e i requisiti dello storage di energia per un'applicazione specifica. L'ottimizzazione delle prestazioni e della sicurezza delle batterie Li-Ion si ottiene facendo particolare attenzione alle specifiche, alla progettazione elettrica e meccanica, agli standard normativi da applicare. Per la progettazione della batteria o del sistema di accumulo di energia, è l'applicazione finale a guidare la selezione delle celle, dei moduli e dei componenti. Alcuni dei requisiti principali sono tensione, energia, capacità, temperatura, umidità, frequenza dei cicli e durata del sistema. La vita delle batterie è determinata dagli effetti combinati della 'calendar life' (quando utilizzata con funzione di batteria tampone) e cicli di vita (cycle life). Gli effetti derivanti dai cicli eseguiti e dall'invecchiamento, in particolare quando la carica-scarica è periodica e frequente, possono avere un impatto sulla vita e la sicurezza della batteria. La selezione di una batteria o di un modulo Li-Ion è basata su tutti questi parametri fondamentali, insieme a costi, dimensioni, pesi.

In genere, i sistemi di accumulo elettrochimico possono essere progettati per applicazioni di energia o di potenza. Infine, le caratteristiche meccaniche delle celle, dei componenti e dei cablaggi e in generale dell'assemblaggio costituiscono un aspetto importante che ha un impatto sulle prestazioni che si possono ottenere e sul livello di sicurezza del pacco batteria. [13]

6.4. Brevetto Made in Italy per le batterie al litio

Tra le soluzioni che il mercato propone, c'è quella dello sviluppo di un brevetto per il riciclo delle batterie al litio, completamente Made in Italy.

Il riciclo Made in Italy per le batterie al litio arriva da una ricerca affidata dal COBAT (in particolare COBAT RIPA, che è un Consorzio per la gestione dei rifiuti di pile ed accumulatori) nel 2014 all'Istituto del CNR ICCOM (Istituto di Chimica dei Composti Organometallici di Firenze) che, nel 2018, ha condotto all'importantissimo risultato.

Il processo italiano è completamente originale, come dimostra l'accettazione della richiesta di brevetto a livello europeo e degli ulteriori brevetti parziali di singole fasi del processo.

Il giro d'affari potenziale per il riciclo Made in Italy delle batterie al litio è enorme. Il processo per essere economicamente interessante ha bisogno di migliaia di tonnellate di batterie al litio da trattare ogni anno. Adesso siamo fermi sulle centinaia di batterie al litio l'anno, ma le auto elettriche ed ibride si stanno sempre più diffondendo e quindi i flussi dei diversi materiali a fine vita saranno previsti nel prossimo futuro. [14]

7. TESTIMONIANZE

Per portare il problema dello smaltimento delle batterie al litio alla realtà, ho cercato aziende e consorzi che si occupano di questa tipologia di rifiuto.

Per quanto riguarda le aziende autorizzate alla gestione di batterie (CER 160605), per questa tipologia di rifiuto risultano essere autorizzate allo stoccaggio, senza impianti di trattamento. Il materiale viene esportato per essere smaltito in aziende estere.

Per quanto riguarda i consorzi, di seguito sono riportati tutti quelli operanti sul territorio nazionale, con i quali ho provato a mettermi in contatto.

7.1. Elenco di tutti i consorzi che gestiscono batterie

Per capire meglio la situazione attuale in Italia e per avere una opinione reale sul riciclo delle batterie al litio, ho contattato tutti i consorzi che operano sul territorio nazionale:

Consorzio	Informazioni
apraee Consorzio Nazionale della Piccola e Media Impresa per la gestione dei rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche	Consorzio Nazionale della Piccola e Media Impresa per la gestione dei rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche. APIRAEE è il consorzio nato nel settembre 2007, volontario e senza fini di lucro, che presenta la finalità di aiutare le piccole e medie imprese nell'ottemperare agli obblighi presenti nella normativa 151 del 2005. Tali obblighi prevedono un corretto recupero-smaltimento dei RAEE, con oneri diversi a carico dei produttori e dei distributori. APIRAEE vuole dunque essere uno strumento d'aiuto sia per aziende associate che non associate.
cobat®	Cobat (Consorzio Obbligatorio Batterie al Piombo esauste e rifiuti piombosi) garantisce un servizio efficiente di raccolta, stoccaggio e avvio al riciclo di qualsiasi tipologia di rifiuto e offre alle Aziende un'ampia gamma di servizi che valorizzano e supportano la loro scelta di essere protagoniste

	dell'economia circolare. Grazie a tre consorzi dedicati (COBAT RIPA, COBAT RAEE, COBAT TYRE), il Sistema Cobat assicura la corretta gestione del fine vita dei prodotti immessi al consumo, la manleva dal principio di responsabilità estesa in materia di gestione di rifiuti e assicura i migliori standard di sostenibilità ambientale.
	CONSIBAT, Consorzio Internazionale Batterie, è un sistema organizzato per la raccolta, il trattamento ed il recupero di rifiuti costituiti da pile ed accumulatori, nato conformemente a quanto previsto dal D.Lgs. 188/08 e in attuazione della Direttiva Comunitaria 2006/66. Il Consorzio è costituito da aziende che operano già da decenni nel settore, sia nazionali che estere, le quali ricoprono ruoli strategici nel compimento della missione consortile. Tra i soci fondatori vi sono raccoglitori, riciclatori, una fonderia e produttori/importatori di accumulatori, che coordinano e svolgono in prima persona tutte le fasi riguardanti la vita degli accumulatori: la produzione, distribuzione, raccolta e il recupero. CONSIBAT dispone di una rete di raccoglitori diffusa capillarmente sul territorio, grazie alla quale può raggiungere tutta Italia, per assicurare la raccolta e il successivo riciclo di questi rifiuti nel rispetto delle normative vigenti.
	Il Consorzio ECOEM è il Sistema Collettivo Nazionale, riconosciuto dal Ministero dell'Ambiente per la raccolta, ritiro, trattamento, riciclo dei RAEE (rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche), Pile e Accumulatori, Moduli fotovoltaici domestici e professionali.

	Consorzio nazionale Riciclo Piccoli Elettrodomestici, per la gestione dei Rifiuti di Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (RAEE), pile, accumulatori (Ri.P.A.) e attrezzature sportive e per il tempo libero.
	Ecopower, Consorzio nazionale per la gestione di accumulatori esausti, nasce come risposta concreta ad una necessità stringente: trasformare in modo sostenibile le batterie esauste (di qualsiasi tipologia) da rifiuto a risorsa. Nel 2009, a seguito dell'entrata in vigore del D.Lgs 188/08, il Consorzio Ecoped ha creato la Divisione Ecopower, il cui compito principale è stato quello di organizzare e finanziare il ciclo di gestione degli accumulatori al piombo a fine vita. Nel Gennaio 2012, per volontà del Consorzio Ecoped e di importanti aziende produttrici di batterie di avviamento, industriali e stazionarie, la divisione Ecopower è diventata a tutti gli effetti Consorzio.
	Il Consorzio ERP Italia è un Sistema Collettivo, senza scopo di lucro, tra i principali Consorzi RAEE, che assolve agli obblighi di legge in capo ai Produttori per la gestione dei rifiuti tecnologici di AEE Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche, Pile e Accumulatori a scopo di riciclo. ERP Italia rappresenta uno dei primari Consorzi RAEE no profit ed opera ai sensi della Direttiva Europea 2012/19/EU recepita in Italia con D.Lgs. 49/2014 per le AEE e del D.Lgs. 188/2008 per Pile e accumulatori.
	Remedia TSR è una società soggetta a direzione e coordinamento di Interseroh Austria GmbH, parte integrante del Gruppo ALBA, tra le più importanti realtà nel campo dei servizi ambientali e del riciclo a livello internazionale e partecipata da Consorzio Remedia, sistema collettivo leader per la gestione eco-sostenibile di Rifiuti di Apparecchiature

	Elettriche ed Elettroniche (RAEE), pile e accumulatori (PA) a fine vita.
RLG ITALIA REVERSE LOGISTICS GROUP	Il Consorzio RLG (Reverse Logistic Group Italia) è regolarmente accreditato e autorizzato in Italia per la corretta gestione dei Rifiuti di Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (RAEE), domestiche e professionali, dei rifiuti derivanti da pile e accumulatori e da pannelli fotovoltaici. Il Consorzio RLG assiste i Produttori di Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (AEE) nell'adempimento di tutti gli obblighi derivanti dalle Direttive Europee sulla responsabilità estesa del produttore, di quelle direttive cioè che obbligano i produttori e gli importatori a farsi carico della raccolta e dello smaltimento dei rifiuti derivanti dai propri prodotti una volta giunti a fine vita.
ECODOM Consorzio Italiano Recupero e Riciclaggio Elettrodomestici	Ecodom (Consorzio Italiano Recupero e Riciclaggio Elettrodomestici) è il più grande Consorzio Italiano per il Recupero e Riciclaggio Elettrodomestici. È un consorzio privato, senza fini di lucro, che si occupa anche della gestione dei Rifiuti da Pile e Accumulatori.
ECOLIGHT EFFICIENZA E PROFESSIONALITA' PER L'AMBIENTE	Costituito nel 2004, Ecolight è un Consorzio nazionale senza fini di lucro che raccoglie oltre 1.700 aziende e assicura la gestione e lo smaltimento dei RAEE, delle pile e degli accumulatori esausti e dei moduli fotovoltaici a fine vita nel pieno rispetto dell'ambiente, in una logica di sviluppo sostenibile e di massima efficienza. Rifiuti da Pile e Accumulatori.
EsaGerAee Consorzio	Consapevole dell'importanza di una corretta gestione dei Rifiuti di Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche, delle Pile e degli Accumulatori e degli altri rifiuti speciali, e forte dell'esperienza maturata dai suoi soci nel settore rifiuti, nasce Esa Gestione RAEE (EsaGerAEE) con la precisa volontà di minimizzare l'impatto ambientale e ottimizzare il recupero dei materiali da reinserire nel ciclo produttivo.

	Il group PV CYCLE Italia offre soluzioni integrate di conformità normativa e gestione rifiuti per un'ampia varietà di prodotti elettronici, pile, accumulatori e rifiuti industriali. Le nostre soluzioni comprendono: consulenza, ritiro et riciclio, rappresentante autorizzato, sviluppo concettuale, garanzia finanziaria e conformità giuridica.
	Il Sistema Nazionale Batterie – Consorzio Sinab si costituisce come sistema collettivo di finanziamento che organizza e coordina la gestione dei rifiuti di pile e accumulatori (in accordo al D. Lgs. 188/2008) e dei rifiuti di apparecchiature elettriche e elettroniche (in accordo al D.Lgs. 151/2005).

TABELLA 3 – ELENCO DI TUTTI I CONSORZI CHE OPERANO SUL TERRITORIO NAZIONALE, CON I QUALI HO CERCATO DI METTERMI IN CONTATTO [15]

Non tutti i consorzi sopra riportati mi hanno risposto. Tra questi gli unici due consorzi dai quali ho avuto risposta, sono stati il COBAT ed un secondo consorzio che mi ha chiesto di rimanere anonimo, che chiamerò "Consorzio Anonimo".

Di seguito riporto queste due testimonianze, molto importanti al fine della tesi poiché possono essere considerati come la situazione reale del panorama nazionale del settore del riciclo delle batterie agli ioni di litio. Con entrambi i consorzi c'è stato un primo scambio di email, per poi organizzare una web-call per poter meglio approfondire tutti gli argomenti trattati.

7.2. Consorzi disponibili al dibattito

7.2.1. COBAT

Con il COBAT abbiamo parlato della direzione che si sta prendendo attualmente, cioè nell'ultimo periodo; più che il riciclo (soprattutto delle batterie del settore automotive) si sta molto incentivando e promuovendo la possibilità di riutilizzare questa batterie nel loro cosiddetto "second life": la batteria non è più utile per l'auto (e questo si ha quando la batteria

raggiunge 75-80% della sua capacità nominale), ma può essere riutilizzata come storage di energia (parchi eolici o fotovoltaici o più piccoli) o essere riutilizzata per prodotti più piccoli, come e-bikes e monopattini elettrici. L'obiettivo è quindi quello di promuovere il più possibile questa seconda vita, in modo tale che si possa estendere quella che è la vita utile della batteria, per farla arrivare al riciclo solo quando effettivamente non può più essere riutilizzata. Questo per quanto riguarda le batterie del settore automotive.

Successivamente abbiamo approfondito la tematica dello sviluppo del brevetto Made in Italy. Per quanto riguarda le batterie "portatili", COBAT insieme al CNR ha sviluppato un brevetto che si focalizza sul trattamento idrometallurgico di batterie. La sperimentazione è stata effettuata con batterie portatili, ma di fatto non ci si aspettano grandi differenze per le batterie automotive (molte delle batterie automotive montano delle celle cilindriche che sono le 186C30, le stesse che vengono utilizzate anche per applicazioni nei power tool, oppure nelle bici elettriche, in pratica tutto quello che riguarda il settore portatile. Quindi l'intenzione è stata quella di sviluppare un processo idrometallurgico per il recupero della black mass e in particolare del Litio, oltre agli altri metalli "target", svolgendo la sperimentazione principalmente su batterie portatili cilindriche, ma con l'intenzione di estendere questo approccio anche alle celle provenienti dal settore automotive. Il processo prevede una scarica iniziale della batteria (per questioni di lavoro in sicurezza dell'operatore), una frantumazione meccanica della cella per poter separare la black mass da tutta una serie di materiali non utili, che possono essere sia il case esterno della cella, l'alluminio e rame del catodo e dell'anodo, i separatori polimerici, e tutti i materiali del pacco batteria diverso dal black mass. Il processo viene effettuato con un frantumatore in un sistema automatizzato; sono stati eseguiti degli studi per capire quali possano essere i parametri ottimali da utilizzare, come velocità del rotore, griglia montata sotto la camera di frantumazione, tempi di frantumazione, ecc., per poter ricavare in uscita una frazione di black mass più pura e arricchita possibile. Una volta ottenuta una frazione arricchita di black mass, si passa al processo chimico vero e proprio. In particolare, il brevetto si differenzia dai processi attualmente implementati perché il focus principale è quello di recuperare il litio, oltre ovviamente ad altri metalli (quali il cobalto, il rame, l'alluminio, il nichel, ecc.). Vi è un'ulteriore separazione delle black mass da alcune frazioni metalliche (collettori) che possono in qualche modo rimanere in frazioni molto fini all'interno della black mass. Successivamente c'è una lisciviazione del metallo dalla polvere attiva, che utilizza una soluzione acida, e poi vi è la precipitazione. Dopo la precipitazione avviene l'estrazione di tutti i metalli attivi. È un processo chimico, ed è in quella direzione che si stanno muovendo anche le aziende, quindi si sta cercando di imitare quello che è l'approccio attuale,

focalizzato più su un processo pirometallurgico al quale si sta preferendo un processo idrometallurgico, poiché il processo pirometallurgico prevede sostanzialmente una fase iniziale di trattamento termico della batteria che ne provoca anche una deattivazione, una frantumazione e poi un approccio idrometallurgico. Il processo pirometallurgico ha però un impatto abbastanza elevato sull'ambiente, essendo un processo molto energivoro in quanto richiede il raggiungimento e il mantenimento di temperature elevate. Quello che il COBAT ha preferito è stato combinare il processo idrometallurgico ad un processo di pretrattamento meccanico, ottenendo sostanzialmente lo stesso materiale in input all'idrometallurgico con un approccio più sostenibile sia dal punto di vista energetico che da quello economico.
COBAT ha avviato e sta avviando delle collaborazioni per eseguire una sperimentazione a livello pilota e quindi per cercare di procedere negli studi iniziati e sta continuando, ovviamente, a collaborare con il CNR. Per quanto riguarda la parte di pretrattamento meccanico, il COBAT sta collaborando anche con un altro istituto del CNR, lo STIIMA con sede a Milano, che si sta occupando di tutti i processi di frantumazione meccanica per il recupero della black mass, mentre tutte le altre attività che riguardano tutti i processi chimici, sono state sviluppate in collaborazione con l'istituto ICCOM con sede a Firenze.

7.2.2. Consorzio Anonimo

Con il Consorzio Anonimo abbiamo parlato soprattutto del problema del codice CER delle batterie agli ioni di litio. Solitamente questo tipo di rifiuto è indicato con il codice CER 160605 (non pericoloso). In ADR, però, appartengono al gruppo 9 perché ne è riconosciuto un rischio di esplosività. Il problema risiede anche, per esempio, nella esportazione un qualsiasi tipo di rifiuto, soprattutto se fuori dai confini italiani; in tal caso ci si basa sulla normativa 1013/2006, che riguarda tutto quello che è la procedura di notifica per l'esportazione di rifiuti. Quando si esporta un rifiuto pericoloso come la batteria al Piombo, si ha un obbligo di notifica che si chiede alla Regione Lombardia (che è l'autorità competente); la Regione Lombardia consulta l'autorità di listino; una volta che l'autorità di listino (che nel nostro caso è ad es. la Slovenia) dà il suo benestare, la Regione Lombardia di concerto con l'autorità slovena autorizza a fare il trasferimento dei rifiuti. Se non si pone in essere tutta questa procedura, e il mezzo che trasporta i rifiuti viene fermato mentre sta andando in Slovenia, intervengono delle responsabilità che sono dettate dalla 152/2006 "Norme in materia ambientale". Se in possesso di un rifiuto non pericoloso, alcune tipologie di rifiuti possono non passare tramite notifica: l'esportatore si assume la responsabilità di certificare che "il rifiuto non è nell'elenco AMBRA dei rifiuti

sottoposti a notifica, ma è nell'elenco Verde dei rifiuti sottoposti a semplice obbligo di comunicazione". La differenza tra la lista Verde e la lista AMBRA, sta prevalentemente nelle caratteristiche di pericolo: in lista AMBRA (obbligo di notifica) abbiamo tutti quelli che sono rifiuti pericolosi; mentre in lista Verde abbiamo quelli che possono essere definiti non pericolosi. Se per sbaglio si mette una batteria al litio come un rifiuto lista Verde e lo si manda senza notifica, ma nello stato di destinazione viene ispezionato il mezzo di trasporto e viene trovata una batteria, considerata con caratteristica di pericolo, in quanto rifiuto pericoloso ed inviato come lista Verde, magari in assenza di corrette analisi, ci si assume la responsabilità penale per traffico illecito di rifiuti. Questo aspetto è fondamentale: riuscire a fare un'analisi di laboratorio sulle caratteristiche di pericolo su questa tipologia di batterie, senza escludere che questa tipologia di batterie potrebbe avere delle caratteristiche differenti sulla base dei differenti impieghi che se ne fanno (ad es. la batteria del monopattino può non avere caratteristiche di pericolo, mentre quelle usata sull'auto elettrica si).
Parlando dell'argomento, per quanto riguarda il riciclo delle batterie al litio, sarebbe interessante approfondire quello che stanno facendo in Finlandia. Il membro del Consorzio Anonimo mi ha parlato di una azienda finlandese, la Fortum, la quale ha già impostato su scala industriale un processo di riciclo delle batterie al litio. Questa azienda ha iniziato a smontare prima tutte le componenti (come avviene nei RAEE), che poi porta ad estrarre quelle che sono le materie prime che hanno valore economico, che possono essere il cobalto, il manganese, ecc.: questa sembrerebbe una soluzione ottimale. Purtroppo questo impianto non sembrerebbe redditizio, come ad esempio l'attività di recupero del piombo. Infatti, sembrerebbe che i costi, sia dal punto di vista finanziario, che da quello delle energie impiegate per questi processi, quindi anche a livello di bilancio ambientale, non siano ancora remunerativi. La sua intenzione è di capire a che livello è arrivata l'azienda finlandese, che sembra essere, almeno a livello europeo, abbastanza avanti su questo processo, per verificare se è replicabile anche in Italia. Non sarà facilissimo, perché in Italia abbiamo una legislazione sui prodotti e sugli EoW (End of Waste) che è praticamente inesistente, se non altro per questa tipologia particolare di rifiuto. Abbiamo continue problematiche su questi temi e siamo, in confronto agli atri paesi europei, tremendamente indietro. Questo per quanto riguarda il problema "cosa ne facciamo delle batterie a fine vita?".

Abbiamo infine parlato della soluzione riportata al punto (6.1), cioè programmare una "seconda vita" alle batterie esauste. Un'altra strada è quella di utilizzare gli accumulatori al litio esausti come storage di energia, quindi per costruire delle grosse centrali di immagazzinamento di

energia, partendo dal presupposto che quando una batteria al litio termina la sua funzione principale, mantiene comunque una capacità di immagazzinamento di energia dell'80%, che consente di riutilizzare queste batterie per un certo lasso di tempo appunto come accumulatore di energia. L'intervistato ha visto su internet che è stato realizzato un impianto in Olanda che riguarda la copertura di uno stadio con questo sistema. Però il suo Amministratore Delegato ha sollevato la problematica: lì possono accumulare energia per 3 anni, ma al quarto anno, questa batterie prima o poi devono essere gestite come rifiuto. Quindi lui vede questa soluzione come meramente temporanea, piuttosto che una soluzione rivolta alla soluzione del problema.

8. CONCLUSIONI

Il presente lavoro ha avuto come obiettivo quello di analizzare lo smaltimento ed il recupero di materiali dai RAEE, in particolare recupero del litio e altre componenti nelle batterie agli ioni di litio, cercando di realizzare una panoramica sul funzionamento di un impianto tipo, sulle tecnologie più usate e sui brevetti nel settore, mettendo anche in luce le relative criticità.

Si è visto che al giorno d'oggi il litio non è ancora un materiale critico, perché ancora facilmente reperibile, ma se la domanda resterà la stessa, nei prossimi 10-20 anni assisteremo ad una drastica diminuzione dell'offerta, con conseguente aumento del prezzo di acquisto. Per tale motivo il riciclo di questo materiale diventerà negli anni futuri di fondamentale importanza, sia dal punto di vista economico che dal punto di vista ambientale.

L'altra grande problematica affrontata è quella della complessità legislativa. A fronte di una puntuale legislazione che ben definisce il campo di azione, sul piano nazionale, per quanto riguarda la specificità delle batterie a ioni di litio c'è un'incertezza sull'identificazione del rifiuto batteria al litio stesso: ha ancora attribuito il codice CER di un rifiuto non pericoloso, il ché, visto il rischio esplosione e/o incendio delle batterie al litio se sottoposte a compressione, lascia interdetti molte figure del settore, come mi è stato esposto anche attraverso la testimonianza diretta del Consorzio Anonimo.

Per quanto riguarda la gestione a fine vita della batteria, la soluzione della Second Life, può essere una soluzione interessante, perché consente di sfruttare fino all'ultimo le batterie al litio, così facendo si allunga la vita di una batteria per altri 3-4 anni. I membri di entrambi di consorzi contattati, invece, vedevano questa cosa soltanto come una "presa di tempo" e non come una soluzione specifica vera e propria. L'opinione dei consorzi potrebbe essere opinabile in quanto, anche grazie a una riprogettazione completa della batteria (pensandola già funzionale alla 'second life') si può portare allo sviluppo di nuovi mercati o alla nascita di nuove aziende specializzate nel conferire una seconda vita alle batterie esauste.

Per quanto riguarda o smaltimento finale, la soluzione più ambiziosa ed interessante è sicuramente quella sviluppata dal COBAT insieme al CNR ICCOM, ovvero un brevetto per il riciclaggio di tutte le componenti delle batterie agli ioni di litio. L'unica pecca che attualmente ha questo brevetto è il fatto che necessita di migliaia di tonnellate di batterie al litio all'anno per essere economicamente vantaggioso, mentre in Italia siamo ancora molto lontani da questi numeri, essendo nell'ordine delle centinaia di tonnellate di batterie all'anno.

Con questo elaborato ho cercato di far chiarezza su un argomento del quale si parla ancora oggi troppo poco, ma che è di estrema attualità vista la crescente produzione di auto elettriche con batterie agli ioni di litio, nella speranza che possa dare una scossa al settore nello sviluppo di nuove tecnologie, sempre nel rispetto dell'ambiente, che è la cosa più importante che abbiamo.

9. BIBLIOGRAFIA

[1] "Valutazioni di ciclo di vita di batterie al litio", L. Cutaia, G. Barberio, R. Luciani, D. De Angelis, *ENEA Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile, paragrafo 3. Batterie agli ioni di litio: caratteristiche generali*, settembre 2014.

[2] "Lo sviluppo delle batterie al litio dagli anni Ottanta ad oggi", Marina Mastragostino, Catia Arbizzani, Francesca Soavi, *La Chimica e l'Industria*, Anno IV, n° 2, Marzo/Aprile 2020.

[3] D.Lgs 20 novembre 2008, n. 188, consolidato 2019, *Gazzetta Ufficiale*.

[4] "Guida tecnica alle batterie ioni di litio", Paola Artuso, *NEC Energy Solutions*, *paragrafo "Criticità e sfide tecnologiche"*, 2017.

[5] "Pile al litio: rifiuti non pericolosi soggetti ad ADR. Non è strano e non è l'unico caso", *Rifiuti*.

[6] "Lithium-Ion batteries towards circular economy: a literature review of opportunities and issues of recycling treatments", Elena Mossali, Nicoletta Picone, Luca Gentilini, Olga Rodríguez, Juan Manuel Pèrez, Marcello Colledani, *Journal of Environmental Management*, 264, 110500, 2020.

[7] "Batterie auto elettriche, Honda e Snam insieme per recupero e riciclo", Flavio Atzori, *motor1.com*, 17 Aprile 2020.

[8] "Riciclo batterie al litio per auto Volkswagen inizia la corsa industriale", *FabioOrecchini.it*, 28 Marzo 2019.

[9] "Volkswagen power bank mobile per auto elettriche", *FabioOrecchini.it*, 16 Gennaio 2019.

[10] "Che cosa c'è al di là delle batterie al litio ione?", Mattia Bartoli, Nicola Comisso, Chiara Ferrara, Claudio Gerbaldi, Giuseppina Meligrana, Marco Musiani, Piercarlo Mustarelli, Enrico Negro, Gioele Pagot, Beatrix Petrovicova, Eliana Quartarone, Riccardo Ruffo, Saveria Santangelo, Paolo Sgarbossa, Cristina Tealdi, Lourdes Vazquez-Gomez, Keti Vezzù, Vito Di Noto, *La Chimica e l'Industria*, Anno IV, n° 2, Marzo/Aprile 2020.

[11] *https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52017DC0490&locale=en*, ultimo accesso Luglio 2020

[12] "Guida tecnica alle batterie ioni di litio", Paola Artuso, *NEC Energy Solutions*, *paragrafo "Discussione"*, 2017.

[13] "Guida tecnica alle batterie ioni di litio", Paola Artuso, *NEC Energy Solutions*, *paragrafo "Soluzione, punti chiave per il design di un pacco batteria"*, 2017.

[14] "Riciclo Made in Italy per le batterie al litio", *FabioOrecchini.it*, 11 Aprile 2019.

[15] Loghi e descrizioni dei consorzi ripresi dal sito di ciascun consorzio.