

INQUINAMENTO DELLE AUTO ELETTRICHE

Gianni Comini

CISM - Dipartimento di Energia e Ambiente

Piazza Garibaldi 18 - 33100 Udine

gianni.comini@cism.it

Marzo 2019

1 Emissioni delle auto elettriche

Non vi è alcun dubbio circa la riduzione delle emissioni dirette associata alla diffusione delle auto elettriche. In assenza di combustione, infatti, i veicoli elettrici non emettono ossidi di azoto (NO_x), monossido di carbonio (CO), particolato (PM10 e PM2.5), idrocarburi incombusti e composti organici volatili (essenzialmente HC). Di conseguenza, la diffusione delle auto elettriche è certamente vantaggiosa per la qualità dell'aria nei centri abitati e sulla rete stradale.

Per quanto riguarda, invece, le emissioni di gas serra su scala globale (spesso valutate in termini di anidride carbonica CO₂ equivalente), occorre dire che i vantaggi offerti dalle auto elettriche non sono certi ed automatici in quanto dipendono dalle emissioni associate alla produzione dell'energia elettrica necessaria a ricaricare le batterie. Di conseguenza, la riduzione delle emissioni dipende, a sua volta, dal mix di energie (rinnovabili, tradizionali o nucleari) utilizzato per la produzione di energia elettrica nelle diverse nazioni.

In aree dove l'energia elettrica è generata a partire da energie rinnovabili, o da energia nucleare, i vantaggi in termini di emissioni di gas serra sono rilevanti ma, al contrario, le emissioni possono anche aumentare in aree dove, ad esempio, l'energia elettrica è generata in prevalenza con carbone. Un discorso a parte, infine, va dedicato alla sostenibilità ambientale complessiva del passaggio alle auto elettriche, in particolare per quel che riguarda l'impatto ambientale ascrivibile alla loro fabbricazione e i problemi organizzativi che un passaggio massiccio alle auto elettriche pone.

1.1 Impatto ambientale della fabbricazione di auto elettriche

La prima osservazione è che, a causa del notevole peso delle batterie, i costruttori di auto elettriche tendono ad usare, per il resto dei componenti, materiali leggeri, come l'alluminio ed i polimeri rinforzati con fibre di carbonio. Pertanto è comprensibile che

la costruzione di auto elettriche richiede più energia della costruzione di autovetture tradizionali.

Inoltre, la quasi totalità dei costruttori utilizza batterie agli ioni di litio per l'accumulo dell'energia, e il litio è classificato tra i metalli critici, ovvero a disponibilità limitata. Attualmente (2016), il maggior produttore mondiale di litio è l'Australia, con il 39,7% della produzione mondiale, seguito da Cile (33,3%) e Argentina (15,8%). Le più grandi riserve di litio si trovano principalmente in Sud America, nel triangolo andino: Cile, Argentina e, soprattutto, Bolivia, ma vi sono riserve importanti anche in Cina e Australia, mentre le ricerche in corso in Africa sembrano alquanto promettenti. I giacimenti di litio, comunque, si trovano in aree remote dove sono localizzati i grandi laghi salati e, in tali aree, la protezione legislativa è spesso carente. Di conseguenza, i processi di estrazione causano contaminazioni del terreno e delle falde acquifere, con grave danno per le popolazioni residenti.

Il cobalto, sinora molto utilizzato nei catodi delle batterie agli ioni di litio, è un altro materiale a disponibilità limitata. Oltre metà della sua produzione, infatti, è in mano a un solo paese, la Repubblica Democratica del Congo con relativi problemi di tipo geopolitico e di forniture poco etiche perché nelle miniere non sono rispettati i diritti umani fondamentali dei lavoratori. Va detto, tuttavia, che i principali produttori di batterie elettriche, tra i quali Panasonic fornitore di Tesla, stanno sviluppando una nuova generazione di batterie prive, o quasi, di cobalto.

Per tutti questi motivi, è prevedibile un futuro riciclaggio obbligatorio delle batterie per le auto elettriche, in modo da sfruttare le così dette "miniere urbane" almeno fino a quando le ricerche in corso per la sostituzione, "tout court", delle batterie al litio non approderanno a prodotti vendibili sul mercato. In alternativa, la soluzione tecnologica più promettente sembra essere l'impiego di condensatori elettrici di grande capacità al grafene. Ciò consentirebbe, tra l'altro, processi di carica più rapidi ed efficienti, ed un accumulo di energia elettrica in volumi più ridotti e leggeri.

Infine, va detto che la quasi totalità dei costruttori di auto elettriche utilizza anche magneti permanenti al neodimio e disprosio nella realizzazione dei motori. (I motori elettrici a magneti permanenti ad alte prestazioni stanno soppiantando i tradizionali motori elettrici avvolti). Il neodimio e il disprosio sono terre rare ed il loro mercato, al momento, è controllato al 95% dalla Cina. Una percentuale così alta del mercato pone seri problemi all'approvvigionamento della materia prima, anche in considerazione del fatto che la Cina consuma una percentuale crescente della sua produzione, e ciò potrebbe causare aumenti considerevoli di prezzo se non crisi di disponibilità.

2 Situazione italiana

Negli ultimi anni la produzione nazionale di energia elettrica è stata caratterizzata dall'introduzione massiccia del fotovoltaico e dell'eolico, accanto alle fonti rinnovabili tradizionali rappresentate dall'idroelettrico e dal geotermico. Resta comunque dominante la produzione delle centrali termoelettriche.

Attualmente (2017), il mix produttivo utilizzato è quello quantificato nella Figura 1 (a sinistra), dove sono riportati i valori netti, ovvero depurati dai consumi per gli ausi-

2017	[GWh]
Idrica	37.557
Termica	200.305
Geotermica	5.821
Eolica	17.565
Fotovoltaica	24.017
TOTALE	285.265

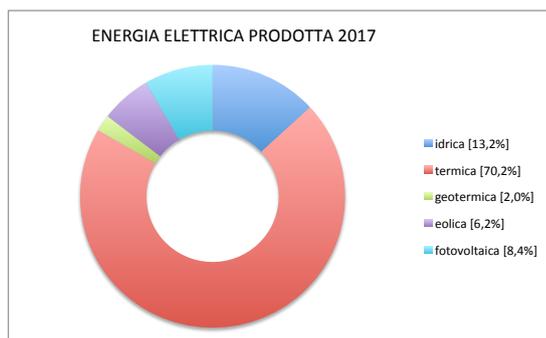


Figura 1: **Energia elettrica prodotta** in Italia. Valori al netto distinti per fonte ed espressi in Gigawattora (a sinistra), e in percentuale (a destra).

2017	[GWh]
Combustibili solidi	32.627
Gas naturale	140.349
Olio combustibile	4.083
Altri	13.047
TOTALE	190.106

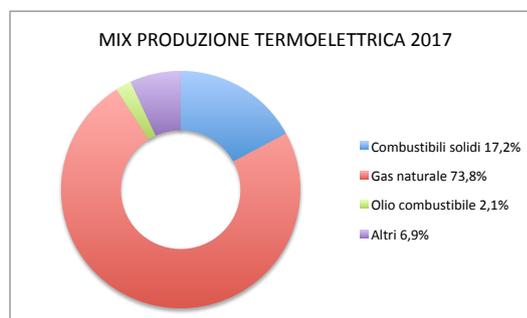


Figura 2: **Energia termoelettrica prodotta** in Italia. Valori al netto distinti per fonte ed espressi in Gigawattora (a sinistra) e in percentuale (a destra).

liari di centrale e per le operazioni di gestione del carico come il pompaggio. (Per una corretta interpretazione dei valori numerici va ricordato come in questa e, in generale, in tutte le statistiche relative al sistema elettrico nazionale, l'energia sia misurata in Gigawattora [GWh], un'unità di misura molto grande per la quale vale l'uguaglianza: 1 GWh = 1.000.000 kWh, dove kWh sta per chilowattora, l'unità di misura che ci ritroviamo in bolletta). Per un impatto visivo più immediato, l'importanza relativa delle varie fonti di produzione viene meglio evidenziata nella Figura 1 (a destra) dove i valori sono espressi in percentuale.

Per quanto riguarda la produzione della sola energia termoelettrica, la Figura 2 (a sinistra), dimostra numericamente la netta prevalenza del gas naturale e la quasi scomparsa dell'olio combustibile. Le ulteriori fonti primarie sono i combustibili solidi, essenzialmente carbone, e gli "altri" combustibili, come il gas di altoforno e gli scarti della raffinazione, utilizzati in loco dalle industrie che li producono. Per un impatto visivo più immediato, tuttavia, l'importanza relativa delle varie fonti viene meglio evidenziata nella Figura 2 (a destra) dove i valori sono espressi in percentuale.

A voler essere pignoli, però, nella valutazione dell'impatto ambientale conta il mix produttivo che caratterizza l'energia elettrica consumata. Attualmente (2017), il mix dei consumi è quello quantificato nella Figura 3 (a sinistra), dove sono riportati i valori lordi

2017	[GWh]
Fonti combustibili tradizionali	190.106
Fonti rinnovabili	37.761
Importazioni	5.821
TOTALE	331.765

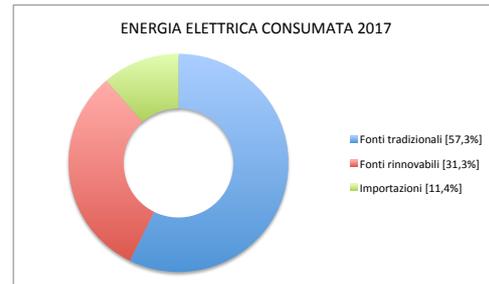


Figura 3: **Energia elettrica consumata** in Italia. Valori distinti per fonte ed espressi in Gigawattora (a sinistra), e in percentuale (a destra).

ovvero comprensivi delle perdite del sistema elettrico, incluse le perdite di trasformazione e di trasporto in rete dell'energia. In questo caso, le statistiche devono tener conto anche delle importazioni sulle quali non abbiamo voce in capitolo. D'altra parte sappiamo che le importazioni riguardano energia elettrica a basso costo e, quindi, necessariamente prodotta a partire dal carbone (molto impattante per quel che riguarda le emissioni di gas serra), od utilizzando l'energia nucleare (che l'Italia ha da lungo tempo ripudiato nella produzione domestica). Per un impatto visivo più immediato, tuttavia, l'importanza relativa delle varie fonti viene meglio evidenziata nella Figura 3 a destra, dove i valori sono espressi in percentuale.

In conclusione si può dire che l'Italia utilizza una buona percentuale di energia elettrica prodotta con fonti rinnovabili e, nella produzione termoelettrica domestica, utilizza in prevalenza il gas naturale che, tra i combustibili fossili, è il meno impattante dal punto di vista dell'emissione di gas serra.

3 Situazione europea

In questo paragrafo, le analisi sono più complete, e riguardano l'intero "ciclo di vita" (LCA, Life Cycle Analysis) di un'autovettura elettrica. Come si intuisce dal nome, nelle analisi di questo tipo si tiene conto anche delle fasi di produzione, utilizzo e smaltimento finale. Le emissioni di anidride carbonica equivalente relative all'intero ciclo sono poi rapportate ai chilometri percorsi durante la vita utile e vengono espresse, appunto, in grammi di anidride carbonica equivalente per chilometro [$\text{g (CO}_2\text{)}_{\text{eq}}/\text{km}$]. I risultati di questo studio sono riassunti nella Figura 4, dove la rappresentazione cromatica di confronto fa riferimento alle emissioni di un'auto a benzina assunte pari a $180 \text{ g (CO}_2\text{)}_{\text{eq}}/\text{km}$. Le emissioni di un'auto diesel sono leggermente inferiori e, nel contesto in cui ci si pone, possono essere assunte pari a $170 \text{ g (CO}_2\text{)}_{\text{eq}}/\text{km}$.

Si possono così distinguere quattro gruppi di nazioni, elencati in ordine decrescente di convenienza per il passaggio alle auto elettriche:

- Nazioni dove l'energia elettrica è generata in gran parte utilizzando fonti rinnovabili, come la Svezia, la Norvegia, l'Austria e l'Islanda, dove le auto elettriche sono decisamente convenienti anche dal punto di vista delle emissioni di gas serra. (Si-

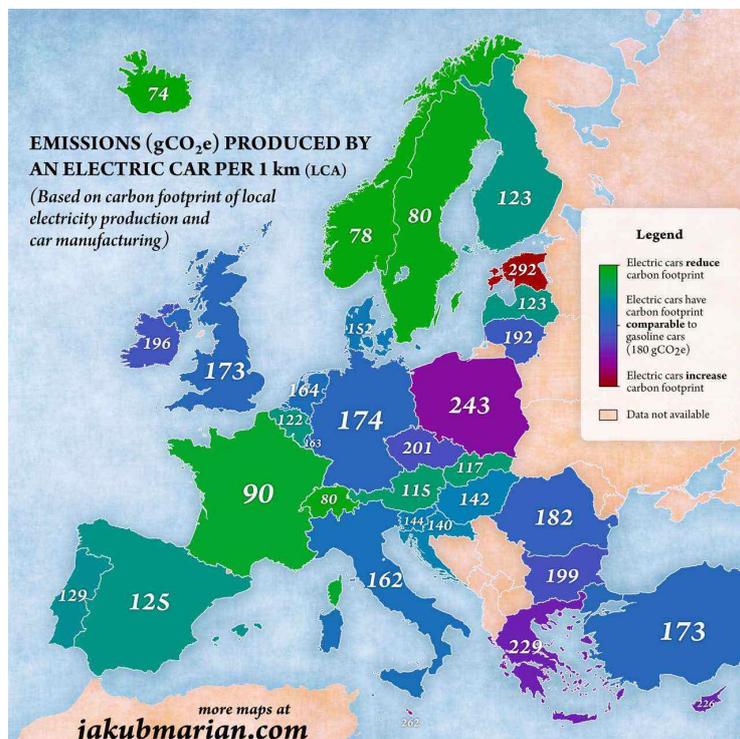


Figura 4: Emissioni prodotte durante l'intero ciclo di vita (LCA) da un'auto elettrica nelle diverse nazioni. La mappa cromatica è basata sul confronto con autovettura a benzina caratterizzata da emissioni di 180 g (CO₂)_{eq}/km

tuazioni analoghe, anche se meno convenienti, si hanno in Portogallo, Spagna e Finlandia).

- Nazioni dove l'energia elettrica è prodotta in misura significativa utilizzando l'energia nucleare, come la Francia, la Slovacchia e l'Ungheria dove la convenienza è ancora significativa anche se appare necessario interrogarsi sullo smaltimento delle scorie e, soprattutto, sulla futura disattivazione delle centrali stesse. (La Svizzera, e in parte la Slovenia, producono una frazione significativa di energia elettrica utilizzando l'energia nucleare ma dispongono anche in larga misura di fonti rinnovabili).
- Nazioni come la Germania, il Regno Unito, l'Olanda, la Danimarca e l'Italia stessa, che dispongono di fonti rinnovabili ma producono la maggior parte dell'energia elettrica utilizzando il gas naturale. In tali nazioni l'utilizzo di auto elettriche è solo marginalmente conveniente dal punto di vista delle emissioni di gas serra.
- Nazioni, come la Polonia e l'Estonia, dove l'energia elettrica è prodotta in gran parte utilizzando il carbone e l'uso delle auto elettriche è decisamente sconsigliabile sul piano delle emissioni di gas serra.

La Figura 4 è riferita ai valori di emissione medi del parco vetture in circolazione. In realtà per le autovetture di nuova costruzione la normativa Europea impone un limite di emissione su strada molto basso di 95 g (CO₂)_{eq}/km entro il 2020, con la previsione di

ulteriori abbassamenti nel periodo 2021-2030. Pertanto, anche la media delle emissioni complessive riferite al ciclo di vita, dovrebbe progressivamente abbassarsi per le autovetture con motore a combustione interna, rendendo ancor meno conveniente, da un punto di vista sistemico, il passaggio alle auto elettriche allo scopo di ridurre le emissioni di gas serra.

4 Difficoltà pratiche

Da quanto visto finora emerge la convenienza di utilizzare le auto elettriche in città per ridurre l'inquinamento urbano ma non per ridurre le emissioni di gas serra. Anche nelle aree urbane, però, l'obiettivo, peraltro importantissimo, di migliorare la qualità dell'aria si scontra con una serie di difficoltà pratiche che richiederanno importanti cambiamenti organizzativi.

L'utilizzazione delle auto elettriche è condizionata dalla necessità di ricaricare le batterie con frequenza quasi giornaliera, in quanto le loro autonomie "di target" su percorsi urbani sono dell'ordine dei 100 km. Con riferimento all'efficienza media dei motori elettrici, che consente un consumo di 0,2 kWh/km, il sistema di accumulo deve immagazzinare almeno 20 kWh, e ciò richiede un "pacco batterie" da 150 kg ad alta energia specifica. Con una potenza elettrica disponibile di 3,5 kW, corrispondente alla potenza standard di un'utenza civile, la ricarica completa richiede circa 6 ore. La ricarica nel garage di casa durante le ore notturne appare, quindi, poco promettente per l'impegno eccessivo dell'impianto domestico (a meno di richiedere una seconda utenza "dedicata all'alimentazione di veicoli elettrici e di pompe di calore a uso domestico").

Un'altra possibilità è l'installazione di colonnine stradali di ricarica rapida, organizzate in modo simile ai distributori di benzina attuali, o localizzate presso i parcheggi. Con la tecnologia oggi disponibile, i "distributori di energia elettrica" costringerebbero, tuttavia, a soste forzate ben più lunghe e frequenti di quelle necessarie per un rifornimento con carburante tradizionale.

Infine non va sottovalutato lo scarso entusiasmo con cui l'opinione pubblica accoglierebbe i nuovi elettrodotti che si renderebbero necessari in presenza di un numero di auto elettriche confrontabile con il numero delle autovetture tradizionali in circolazione.

Bibliografia

G. Comini, G. Croce e S. Savino, *Energetica Generale-V ed.*, SGEEditoriali, Padova, 2011.

T. R. Hawkins et al, Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles, *Journal of Industrial Ecology*, 17(1), 53-64, 2013.

P. Jochem, S. Babrowski e W. Fichtner, Assessing CO₂ emissions of electric vehicles in Germany in 2030, *Transportation Research Part A* 78, 69-83 (2015).

D. Linhart, Where in Europe is electric car a good idea? Cercare su Google [Nome e Titolo], 2017.

M. Sivak e B. Schoettle, *Fuel Sources for Electricity in the Individual Countries of the*

World and the Consequent Emissions from Driving Electric Vehicles, University of Michigan, SWT-2017-18.

Terna, *Dati Generali*, Cercare su Google [terna dati generali].