

# 10

## VEICOLO ELETTRICO

### ▼ IN QUESTO NUMERO

INTRODUZIONE

**2**

FATTORI CONDIZIONAN-  
TI LE AUTO ELETTRICHE

**2**

OMOLOGAZIONI E  
NORMATIVA EUROPEA

**4**

CONFIGURAZIONE  
GENERALE DEL  
VEICOLO ELETTRICO

**5**

PRINCIPALI COMPONENTI  
DEL SISTEMA  
DI TRAZIONE

**6**

SISTEMA FRENANTE  
RIGENERATIVO

**15**

IMPIANTO DI  
CLIMATIZZAZIONE

**17**

MANUTENZIONE

**19**

## INTRODUZIONE

Nel tempo, nel settore automobilistico si sono registrati numerosi progressi tecnologici. Tuttavia, indubbiamente, la comparsa delle auto elettriche è stata una delle novità più rilevanti.

Le prime generazioni di veicoli elettrici risalgono al 1839 quando a fabbricarli è stato Robert Anderson. A quei tempi, l'energia elettrica veniva immagazzinata in batterie non ricaricabili. Successivamente, nel 1880, sono state inventate le batterie ricaricabili e si è iniziato a fabbricare in serie le auto elettriche, prima ancora dei modelli a esplosione.

Nel 1899 a battere il record di velocità è stato un veicolo elettrico denominato "La Jamais Contente" che raggiungeva i 105 km/h grazie alle batterie NiFe di Thomas Edison. In pieno auge, il 90% dei veicoli venduti era elettrico.

Ciononostante, a causa di un'autonomia e di un rendimento piuttosto bassi, si è smesso di costruire questi veicoli. D'altro canto, i veicoli a combustione si stavano evolvendo più velocemente, soprattutto grazie ai motori che venivano usati nel settore dell'aviazione.

Attualmente, viste le severe norme anti-inquinamento e grazie allo sviluppo sia dei transistor bipolari a gate isolato (IGBT) che delle batterie dalle capacità superiori, sono sempre di più i fabbricanti che avvertono la necessità di investire nelle auto elettriche. Lo scopo principale è quello di utilizzare in maniera più efficiente l'energia e, di conseguenza, di ridurre le emissioni derivate dai combustibili fossili.

A breve termine, l'infrastruttura di ricarica delle batterie impedisce al veicolo elettrico di rimpiazzare quello a combustione interna. Inoltre, molti modelli sono limitati quanto ad autonomia delle batterie e tempo di ricarica. Di fatto, sono proprio questi fattori a condizionarne il loro pieno consolidamento.

Ciononostante, la maggior parte dei veicoli elettrici attuali percorre meno di 60 km al giorno (per lo più in zone urbane), per cui si tratta di distanze che la maggior parte di tali auto potrebbe coprire.

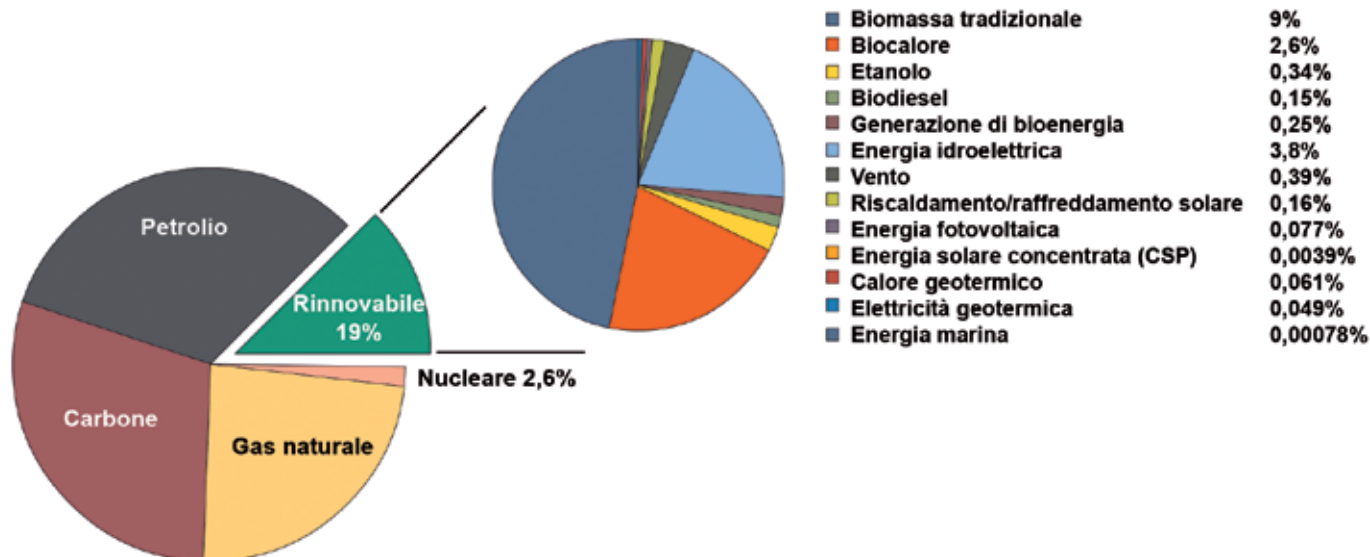
Infine, lo sviluppo di sistemi di ricarica più veloci (a corrente continua) e le nuove generazioni di batterie agli ioni di litio fanno intravedere un futuro più roseo per i veicoli elettrici.

## FATTORI CONDIZIONANTI LE AUTO ELETTRICHE

### Approvvigionamento energetico

Indipendentemente dal suo livello di benessere, la società odierna non è in grado di funzionare senza un adeguato e regolare approvvigionamento di energia, per cui l'intero processo del ciclo energetico (ottenimento, lavorazione e fornitura) costituisce un anello fondamentale del sistema

Il grafico relativo al 2013 riportato di seguito classifica il consumo energetico mondiale, a seconda della rispettiva sorgente. Di tutte le fonti di energia note, alcune sono più inquinanti ed economiche di altre.

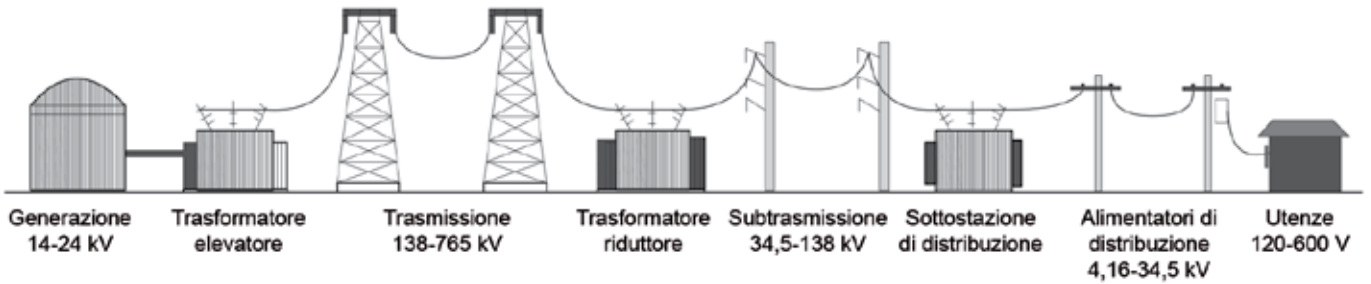


Affinché l'energia elettrica possa offrire dei vantaggi in termini di sostenibilità, non deve provenire da centrali di fissione nucleare o termiche, ma da energie rinnovabili e dalle future centrali di fusione nucleare.

Inoltre, in futuro, si prevede una crescita del fabbisogno energetico che potrebbe inficiare la sostenibilità del sistema attuale. Ecco perché si sta cercando di sviluppare energie rinnovabili e di migliorare l'efficienza della distribuzione energetica.

Affinché il veicolo elettrico sia disponibile a larga scala, è necessario, a seconda del Paese, modificare radicalmente il sistema energetico attuale, dalla produzione fino all'ultimo anello della catena di distribuzione.

Ne risulta che gran parte dell'energia deve essere consumata nello stesso luogo in cui viene generata.



## Efficienza energetica

Se si analizza il rendimento di un veicolo dotato di motore a combustione dal deposito alla ruota e quello di un'attuale auto elettrica dalle batterie alla ruota, si osserva che la resa del veicolo elettrico è di gran lunga superiore

a quella del motore a combustione (motore diesel con Start-Stop, Euro V, frenata rigenerativa e altre migliori dell'efficienza).



**83%**

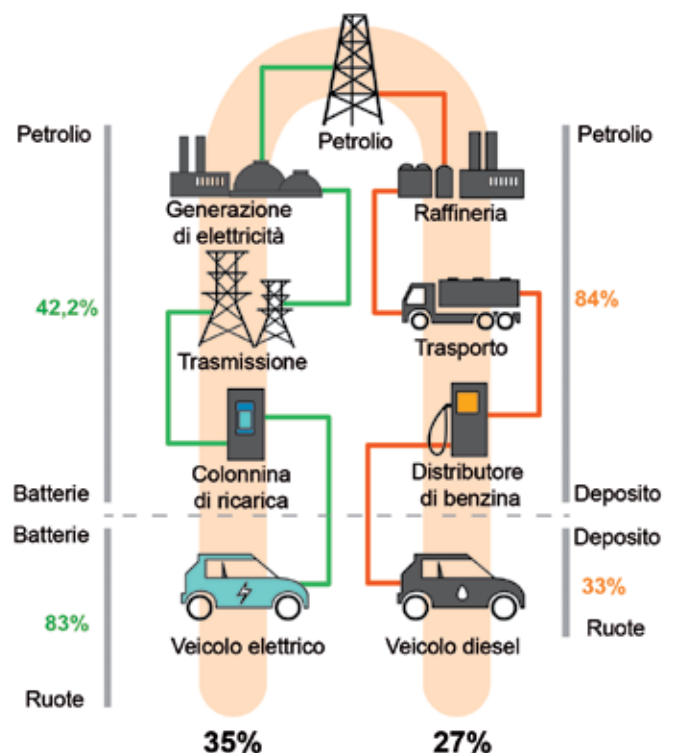


**33%**

Tuttavia, nell'ipotesi di generare elettricità tramite il petrolio ed effettuando un'analisi dal pozzo petrolifero alla ruota, si osserva che l'efficienza dell'auto elettrica, in confronto, non è poi così superiore a quella di un'automobile diesel.

Ciò significa che l'energia elettrica non dovrebbe avere origine dagli idrocarburi.

Inoltre, per quanto possibile, la si dovrebbe ottenere nello stesso luogo in cui la si consuma.





## Impatto ambientale

Il principale vantaggio di un veicolo elettrico è la mancata emissione di gas inquinanti presso il luogo di funzionamento. Dagli studi condotti, emerge che, utilizzando 1.000 veicoli elettrici in una città, si eviterebbero di emettere 30.000 kg annuali di gas inquinanti e oltre due tonnellate di CO<sub>2</sub>.

Un altro grande vantaggio dei veicoli elettrici è che praticamente

non fanno rumore, perché i loro motori emettono pochissimi decibel.

Pertanto, guidare un mezzo silenzioso e privo delle vibrazioni prodotte da un motore a combustione è un fatto positivo.

Per contro, l'assenza di rumore riduce la sicurezza dei pedoni o dei ciclisti che circolano per la strada "a orecchio".

## OMOLOGAZIONI E NORMATIVA EUROPEA

Un veicolo elettrico per circolare deve rispettare una serie di norme di omologazione, soprattutto in materia di sicurezza e ambiente, ambiti in cui esistono dei requisiti specifici.

In Europa esiste il **regolamento n. 100 UNECE**, che contempla dei requisiti specifici per veicoli elettrici in termini di produzione e sicurezza funzionale. Il 4 dicembre 2010 è entrata in vigore la serie 01 di emendamenti di detto regolamento, il cui adempimento è divenuto obbligatorio due anni dopo.

**Regolamento n. 100.00 ECE:** si applica solamente ai veicoli elettrici (escludendo quelli ibridi) e ai veicoli di categoria M o N con velocità massime che superano i 25 km/h. Questo regolamento definisce i requisiti da rispettare quanto a costruzione (protezione da contatti elettrici, resistenza di isolamento e ricarica), funzionamento ed emissioni di idrogeno.

**Regolamento n. 100.01 ECE:** costituisce l'evoluzione della versione precedente. Tale regolamento contempla i veicoli ibridi nel proprio ambito di applicazione. Inoltre, si aggiungono o modificano altri punti della norma, come ad esempio la ridefinizione di alta tensione che diventa 60 V-1500 V in corrente continua e 30 V-1000 V in corrente alternata. Per quanto concerne la sicurezza, si stabiliscono dei requisiti per i connettori, che l'isolamento dei cavi di alta tensione deve essere contrassegnato dal colore arancio e, tra l'altro, si modificano le procedure di misurazione, separando i circuiti CC da quelli CA.

Di seguito, si riportano altre sezioni generali che riguardano nello specifico i veicoli elettrici:

- **R10:** definisce la **compatibilità elettromagnetica** dei veicoli tramite test di emissione di onde elettromagnetiche e prove di immunità alle medesime.
- **R13 e R13H:** riguardano l'**impianto frenante di automobili e veicoli commerciali**, alla luce anche del sistema di frenatura rigenerativa dei veicoli elettrici.
- **R79:** contempla i **sistemi dello sterzo**, di cui definisce le caratteristi-

che costruttive, le sollecitazioni massime tollerate da tali meccanismi e altri regolamenti riguardanti i sistemi elettronici di controllo del veicolo.

- **R85:** definisce la **potenza dei motori**. In un allegato si stabilisce altresì la potenza dei motori elettrici a trazione mediante un test a potenza netta e un altro a potenza massima di 30 minuti.
- **R94 e R95:** fanno riferimento alla protezione dei passeggeri in caso di impatto frontale e laterale di un veicolo.
- **R101:** stabilisce le **emissioni di CO<sub>2</sub> e il consumo** di carburante in motori a combustione o ibridi, nonché il consumo e l'autonomia dei veicoli elettrici.

La **Direttiva n. 2000/53** definisce la vita utile dei veicoli dismessi, mentre la **Direttiva n. 2005/64** definisce l'omologazione dei veicoli per quanto riguarda la loro riutilizzabilità, riciclabilità e recuperabilità. Tali normative sono importanti per i veicoli elettrici, poiché si devono progettare e fabbricare tenendo conto dell'impatto ambientale delle batterie, sia in termini di fabbricazione che di uso e riciclo.

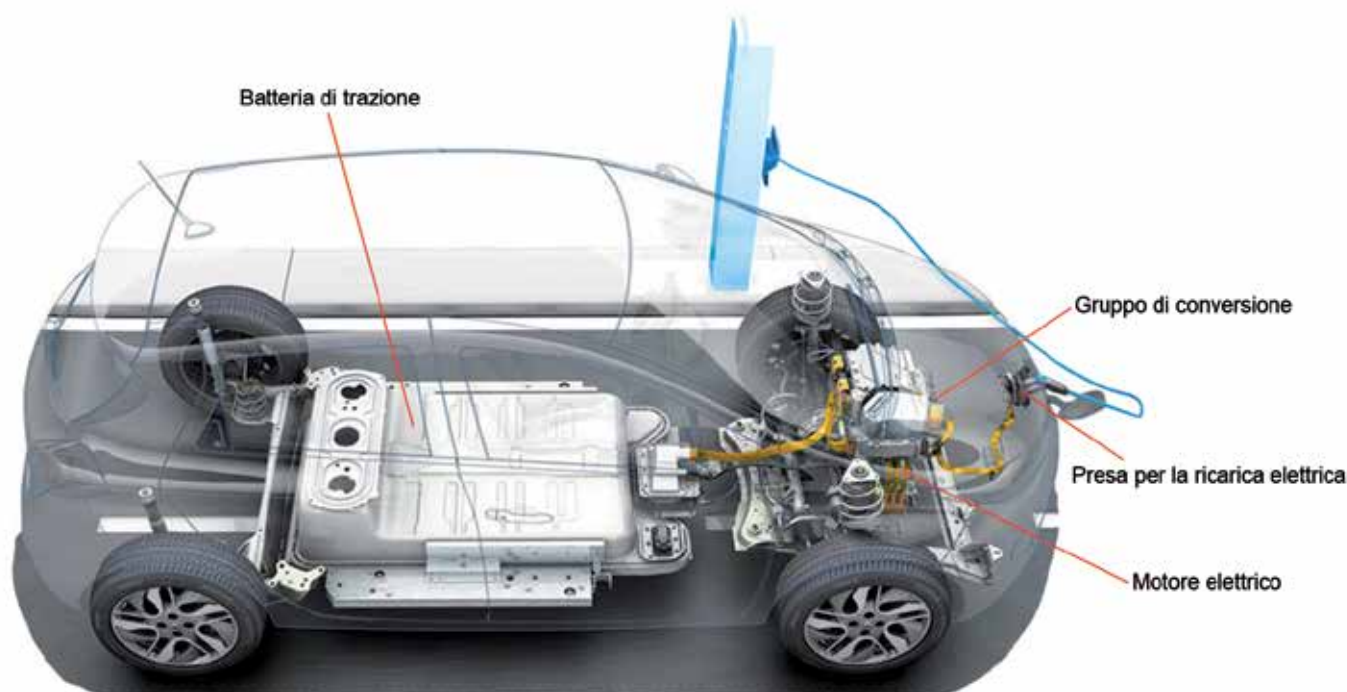
Anche al di fuori dei confini europei, esistono **altri regolamenti** specifici per i veicoli elettrici, come, ad esempio, la normativa statunitense "Federal Motor Vehicle Safety Standards" o quella giapponese "Attachment 110 & 111". Del resto, tali potenze mondiali sono all'avanguardia quanto a progettazione e fabbricazione di tali veicoli.

A livello europeo, ogni produttore mette a disposizione dei propri operai gli strumenti necessari per eseguire interventi in alta tensione sui veicoli elettrici. Le normative europee che disciplinano gli interventi in alta tensione sono: **EN 50110-1 ed EN 50110-2**. Tali norme, ad esempio la **Direttiva n. 89/391/CEE**, prevedono delle sezioni dedicate all'applicazione di misure atte a promuovere il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori.

## CONFIGURAZIONE GENERALE DEL VEICOLO ELETTRICO

Di norma, la maggior parte dei veicoli elettrici contiene componenti molto simili per il loro funzionamento. Di seguito, si possono osservare i

componenti elettrici più importanti di una Renault ZOE.



### Tipologia di reti

Di norma, un veicolo elettrico prevede una rete da 12 V, un gruppo di reti multiplexate per la comunicazione tra varie unità di comando e una rete di alta tensione compresa tra 150 e 400 V.

**Rete da 12 V:** la funzione di tale rete è la stessa rinvenibile in un veicolo tradizionale. In tutti i sistemi di sicurezza (attiva e passiva), si utilizzano: ricarica della batteria da 12 V, illuminazione, comfort, alimentazione delle unità elettroniche, ecc.

**Reti multiplexate:** tutti i sistemi di un veicolo elettrico, compreso quello di gestione dell'alta tensione, sono controllati da unità di comando che devono comunicare tra loro. Proprio come in un veicolo tradizionale, la comunicazione tra unità avviene tramite un sistema multiplexato.

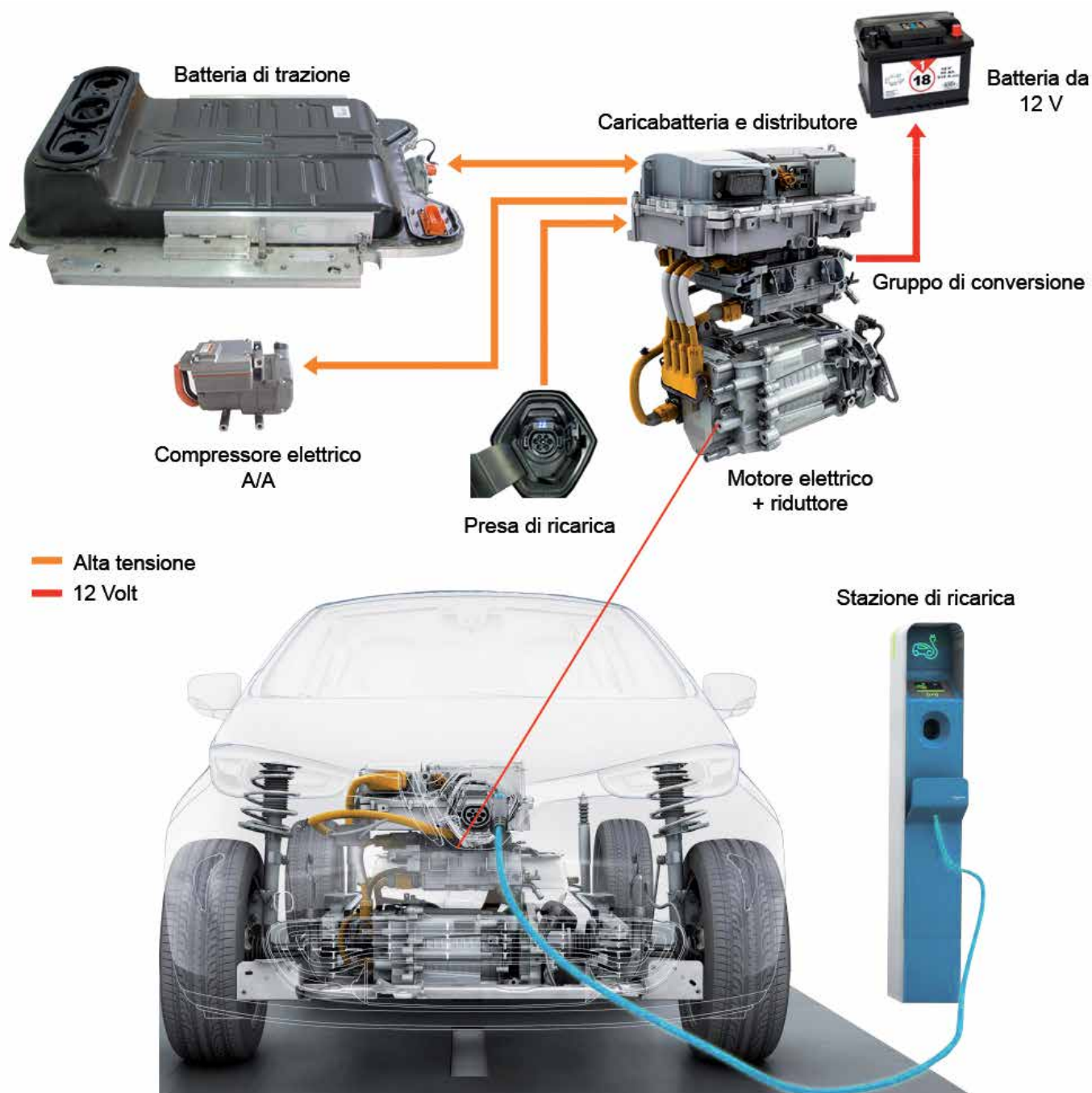
**Rete di alta tensione:** per gestire una trazione elettrica è necessario disporre di un gruppo di componenti specifici. Di norma, si tratta di: presa per ricarica elettrica, batteria di trazione, motore elettrico, gruppo di conversione e impianto frenante che abbinava un freno elettrico rigenerativo a un freno meccanico. Inoltre, è previsto un impianto di climatizzazione sia per la batteria di trazione che per l'abitacolo. I restanti componenti del veicolo sono analoghi a quelli di un'auto tradizionale.

### Funzionamento generale del sistema di trazione elettrica

Tali veicoli si riforniscono tramite corrente elettrica proveniente dalla rete domestica, da colonnine urbane di ricarica veloce e da freni rigenerativi.

L'energia utilizzata dal sistema di trazione elettrica viene immagazzinata in una batteria di gran capacità denominata batteria di trazione. La

batteria fornisce corrente continua al gruppo di conversione attraverso il distributore, dove viene trasformata in corrente alternata. La corrente alternata va ad alimentare il motore elettrico affinché generi un movimento di rotazione. Tale movimento di rotazione viene poi trasformato in un gruppo di riduzione per ottenere uno sviluppo adeguato nelle ruote di trazione.



## PRINCIPALI COMPONENTI DEL SISTEMA DI TRAZIONE

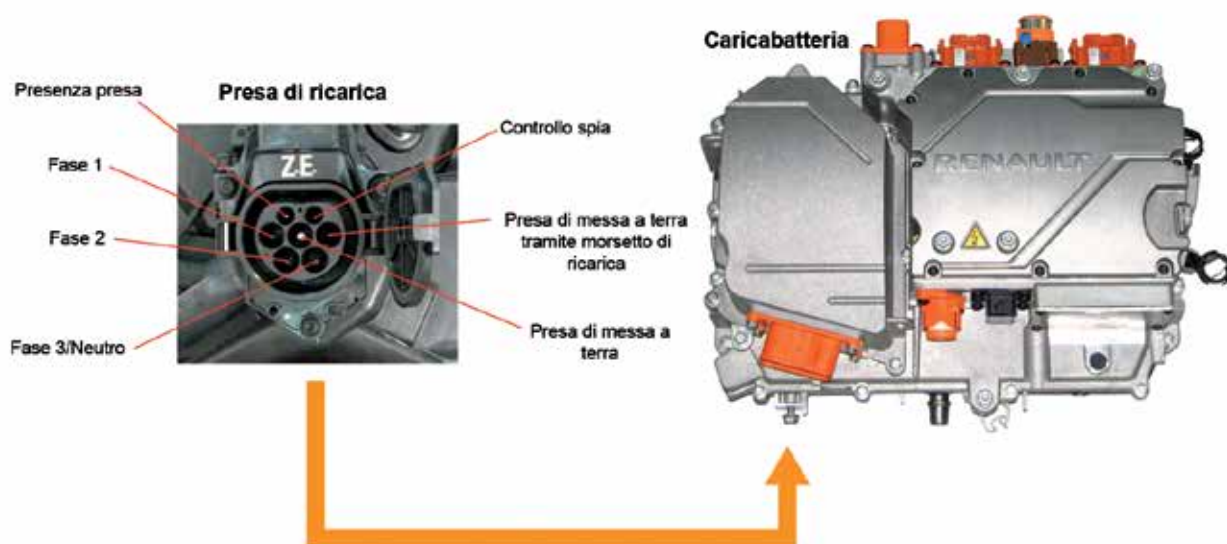
### Presenza di ricarica elettrica e caricabatteria

Quando si acquista un'autovettura elettrica, occorre disporre di una stazione di ricarica dove poter collegare l'auto per ricaricarne la batteria. Tale collegamento con la vettura si effettua tramite l'apposita presa di ricarica adatta a vari tipi di alimentazione, a seconda che la ricarica sia monofase o trifase.

La corrente domestica è alternata. Vista la sua natura, non è immagazzinabile in una batteria. La corrente immagazzinata in una batteria e fornita da questa, invece, è sempre continua, indipendentemente dalla sua tipologia. Pertanto, occorre un trasformatore capace di adattare

la corrente alternata della rete domestica alla corrente continua della batteria.

Per una maggior comodità e per consentire un collegamento diretto a 220 V, la maggior parte dei fabbricanti decide, perciò, di integrare un caricabatteria nel veicolo stesso. Tale caricabatteria controlla il processo di ricarica e la conversione da corrente alternata a corrente continua che consente il funzionamento della batteria di trazione. Inoltre, stabilisce una comunicazione tra detto caricabatteria e la stazione di ricarica.



L'inconveniente è che tali caricabatterie occupano spazio e aumentano il peso della vettura.

## Tipologie di ricarica

Ogni tipo di batteria richiede una ricarica specifica. Ciò significa che sul mercato esiste un'ampia varietà di caricabatterie diversi, per cui occorre sempre consultare il fabbricante per sapere qual è il modello più adeguato.

Naturalmente, la velocità di ricarica della batteria sarà inversamente proporzionale alla potenza elettrica disponibile. A seconda della potenza e del tipo di corrente elettrica disponibile, è possibile effettuare tre tipi di ricarica:

- **Ricarica tradizionale:** impiega l'intensità e la tensione elettrica tradizionali di una normale rete domestica con corrente monofase (a seconda della potenza acquistata: 3,7-11 kW, 230 V).

- **Ricarica semi-veloce:** si utilizza in stazioni di ricarica urbane o autofficine che di solito impiegano corrente alternata trifase. Offrono potenze abbastanza superiori alle reti domestiche, riducendo, pertanto, notevolmente la durata della ricarica (1 ora).
- **Ricarica veloce:** le colonnine di ricarica veloci funzionano con correnti da 125 A e tensioni da 500 V, erogando così una potenza pari a 60 kW. Tale ricarica va utilizzata come soluzione di estensione dell'autonomia o, comunque, come intervento di emergenza. Il tempo di ricarica della batteria è di gran lunga inferiore rispetto alle altre tipologie di ricarica.

## Protocolli di ricarica e connettori

I fabbricanti di auto elettriche hanno stabilito dei protocolli di comunicazione specifici che fanno parte dei processi di ricarica della batteria. Tali protocolli forniscono informazioni su: stato della batteria, livello di ricarica, protezione durante la ricarica e processo di ricarica. A causa dell'incompatibilità tra i vari protocolli e connettori sia a livello di

comunicazione che di costruzione del connettore, i produttori cercano di standardizzare i rispettivi sistemi di ricarica, nonostante le varie difficoltà presenti.

A seconda dei vari mercati, si possono trovare diversi protocolli di ricarica standardizzati:

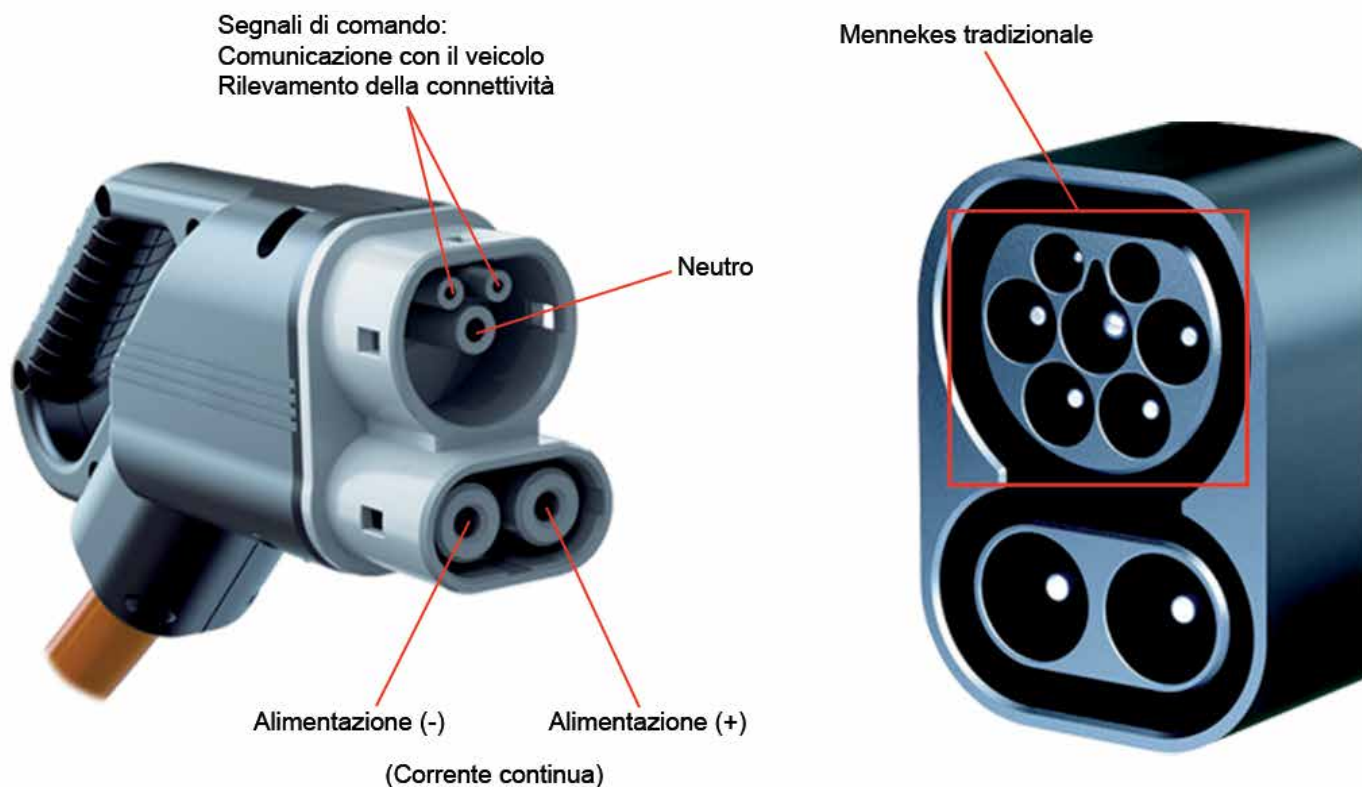
- **Connettore Mennekes:** è il modello standard in Europa basato sulla norma internazionale IEC 62196 (Commissione Elettrotecnica Internazionale).



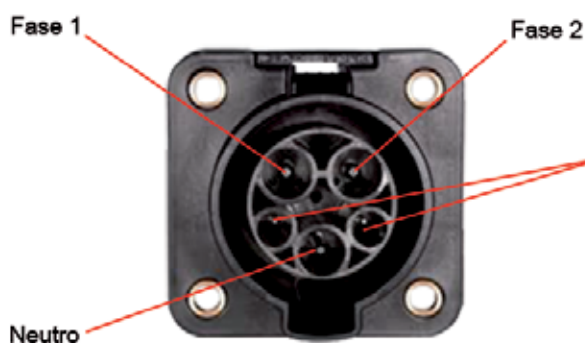
Corrente alternata	Monofase e trifase fino a 16-63 A
Tensione	100-500 V
Potenza	Fino a 43,8 kW
Protocollo di comunicazione	PLC (Power Line Communication)



Esiste la variante combinata del connettore Mennekes che consente di effettuare la ricarica con corrente continua. È denominata **Mennekes CCS Combined Charging System** ed è costituita da due ulteriori spine per + e - CC. Ciò consente la ricarica veloce con potenze fino a **100 kW**.



- **SAE J1772 o Yazaki:** modello sviluppato negli Stati Uniti d'America. Solo per lo standard americano.



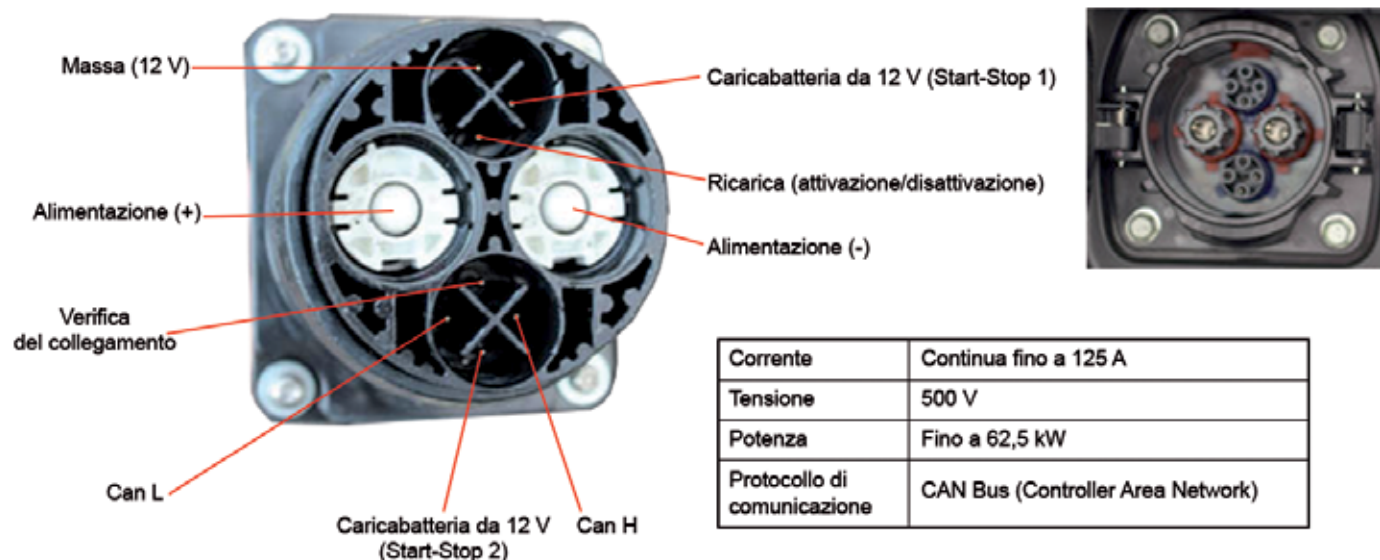
Segnali di comando:  
Comunicazione con il veicolo  
Rilevamento della connettività

Corrente alternata	Monofase da 10-80 A
Tensione	110-250 V
Potenza	1,92 kW; 7,4 kW; fino a 19,2 kW
Protocollo di comunicazione	PLC (Power Line Communication)

Esiste la variante combinata del connettore SAE J1772 che consente di effettuare la ricarica con corrente continua. È denominata **SAE CCS Combo Coupler System** ed è costituita da due ulteriori spine per + e - CC. Ciò consente la ricarica veloce con potenze fino a **90 kW**.



- **Connettore CHAdeMO:** CHArge de MOve (ricarica per muoversi) dal giapponese “prendiamo un caffè”. Si tratta dello standard giapponese per ricarica veloce. È stato progettato esclusivamente per corrente continua e la sicurezza del sistema di fissaggio è manuale.



Vista l'ampia varietà di connettori, alcuni fabbricanti dotano le proprie vetture di diversi tipi (uno per la ricarica tradizionale a casa e un altro per la ricarica veloce).



## Batteria di trazione

Tale elemento immagazzina energia chimica e, nel momento in cui si collega a un circuito elettrico, la trasforma in energia elettrica, eseguendo un lavoro. Di norma, si trova sotto al pianale per contribuire ad equilibrare il peso tra la parte anteriore e quella posteriore della vettura, mantenendo basso il baricentro. Ciò, oltre ad agevolare un'ottima trazione, conferisce alla vettura la massima stabilità.

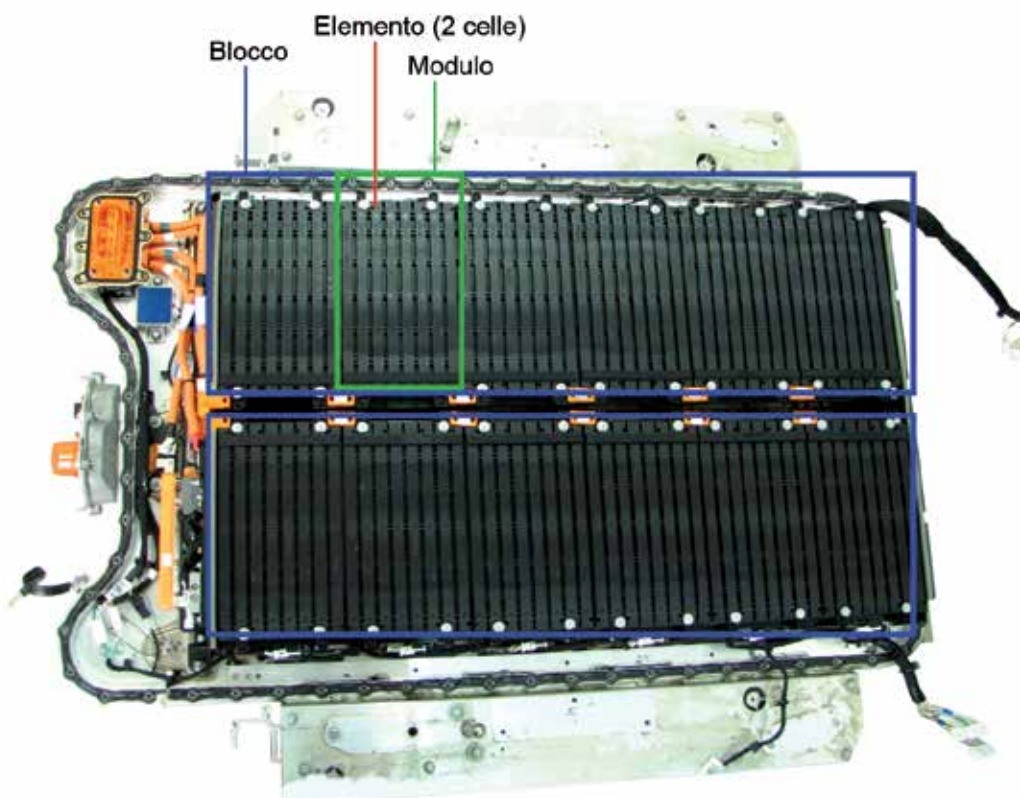
Ne esistono varie tipologie che si differenziano soprattutto per potenza e tensione erogata, nonché fondamentalmente per il materiale di realizzazione degli elettrodi positivo e negativo. Le batterie più note sono:

Tipo di batteria	Piombo-acido	Nichel-cadmio	Nichel-metalidrato	Sodio-nichel (zebra)	Ioni di litio
<b>Materiale dell'elettrodo negativo</b>	Piombo	Cadmio	Idruri metallici	Sodio	Grafite, nitruri e leghe di litio
<b>Materiale dell'elettrodo positivo</b>	Ossido di piombo	Irossido di nichel	Irossido di nichel	Nichel	Litio, ossido di cobalto, ossido di vanadio, ecc.
<b>Elettrolito</b>	Acido solforico	Irossido di potassio	Irossido di potassio	Sodio-nichel-cloro	Solvente organico + sale di litio
<b>Energia/peso (Wh/kg)</b>	30 - 50	48 - 80	60 - 120	120	110 - 160
<b>Tensione per elemento (V)</b>	2	1.25	1.25	2.6	3.70
<b>Durata (cicli di ricarica-scarica)</b>	1000	500	1000	1000-2000	4000
<b>Tempo di ricarica (ore)</b>	8 - 16	10 - 14	2 - 4	-	2 - 4
<b>Scarica automatica al mese (% del totale)</b>	5	30	20	-	25
<b>Efficienza della ricarica</b>	82.5	72.5	70	92.5	90

**Le batterie agli ioni di litio** sono la generazione più recente. L'impiego di nuovi materiali come il litio presenta diversi vantaggi: alte densità energetiche, elevata efficienza, eliminazione dell'effetto memoria, assenza di manutenzione e facilità di riciclo.

Una batteria con tali caratteristiche è costituita da un elevato numero di celle, raggruppate in moduli e suddivise in blocchi. Nell'immagine

sottostante, si riporta un esempio di batteria di trazione con 192 celle suddivise in 96 elementi collegati in serie. Il modello raffigurato, in particolare, offre una tensione nominale di 360 V e può funzionare con una tensione massima di 400 V. La sua capacità energetica è pari all'incirca a 22 kWh e tra una ricarica e l'altra garantisce all'incirca 150 km di autonomia.



**N.B.:** Alcune vetture più sofisticate, come, ad es., la Tesla Model S, hanno una batteria con oltre 8.000 celle. La loro capacità è pari a 100 kW/h, mentre l'autonomia garantita tra una ricarica e l'altra è di oltre 500 km.

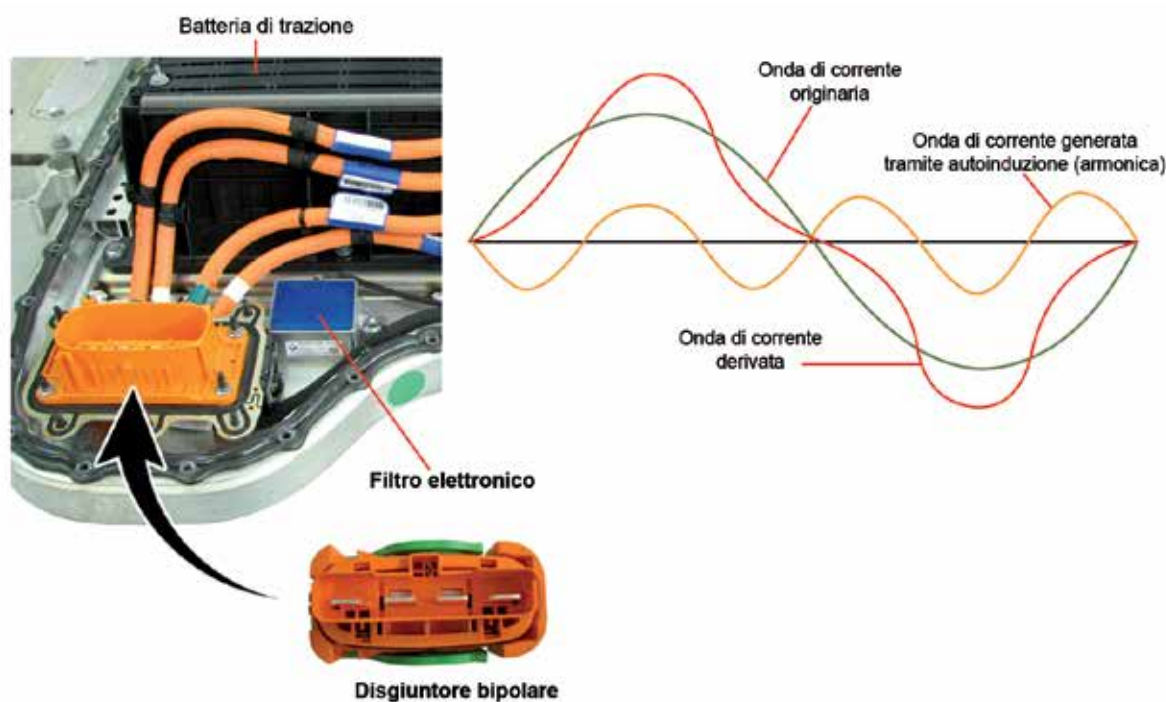
Per migliorare l'efficienza energetica, si è deciso di dotare tali batterie con un apposito impianto di raffreddamento autonomo deputato a mantenere le celle alla migliore temperatura d'esercizio. In tal caso, si utilizza il refrigerante dell'aria condizionata per raffreddare, tramite un evaporatore e una turbina, la corrente d'aria che attraversa tutti i moduli della batteria.

Le tensioni di ricarica e scarica per cella all'interno di tali batterie di trazione devono essere comprese entro dei limiti stabiliti dal produttore. A tal fine, si integra una gestione elettronica in grado di monitorare ed

equilibrare i cicli di ricarica/scarica e il rispettivo buon funzionamento. Tale gestione richiede elementi, quali sensori di temperatura, sensori di corrente, fusibili, resistenze, ecc.

Per sicurezza, in tali batterie è previsto un disgiuntore bipolare che permette di scollegare i poli negativo e positivo della batteria di trazione dal resto dell'impianto della vettura. Tale sistema di sicurezza evita la presenza di correnti pericolose nei restanti cavi e componenti ad alta tensione.

Un altro elemento necessario per garantire una lunga durata e un buon funzionamento della batteria di trazione è il filtro elettronico collegato al morsetto negativo. Tale filtro assorbe le armoniche presenti nella corrente in ingresso/uscita.



## Gruppo di conversione

Tale componente trasforma la corrente continua della batteria di trazione in corrente trifase alternata per consentire il funzionamento del motore ad alto rendimento. Inoltre, nei momenti di decelerazio-

ne, ritrasforma l'energia elettrica generata dal motore in corrente continua nuovamente immagazzinabile nella batteria.





La comunicazione tra il gruppo di conversione e il motore elettrico avviene tramite un cablaggio specifico. Tutti i cavi ad alta tensione sono schermati per evitare al massimo elementi parassiti.

Il convertitore, a sua volta, gestisce l'accensione delle fasi dello statore a seconda della posizione del rotore, della richiesta di potenza,

del freno rigenerativo e della necessità della vettura di avanzare o retrocedere.

Inoltre, il convertitore riduce l'alta tensione della batteria di trazione a bassa tensione per alimentare le utenze della rete da 12 V, caricando altresì una piccola batteria da 12 V.

**Importante:** con tali veicoli elettrici, occorre evitare l'impiego del sistema da 12 V per avviare un'altra vettura tradizionale. La potenza elettrica fornita dall'impianto a bassa tensione non è stata concepita per sostenere la richiesta di consumo elettrico necessaria per il motore di avviamento di un veicolo a combustione.

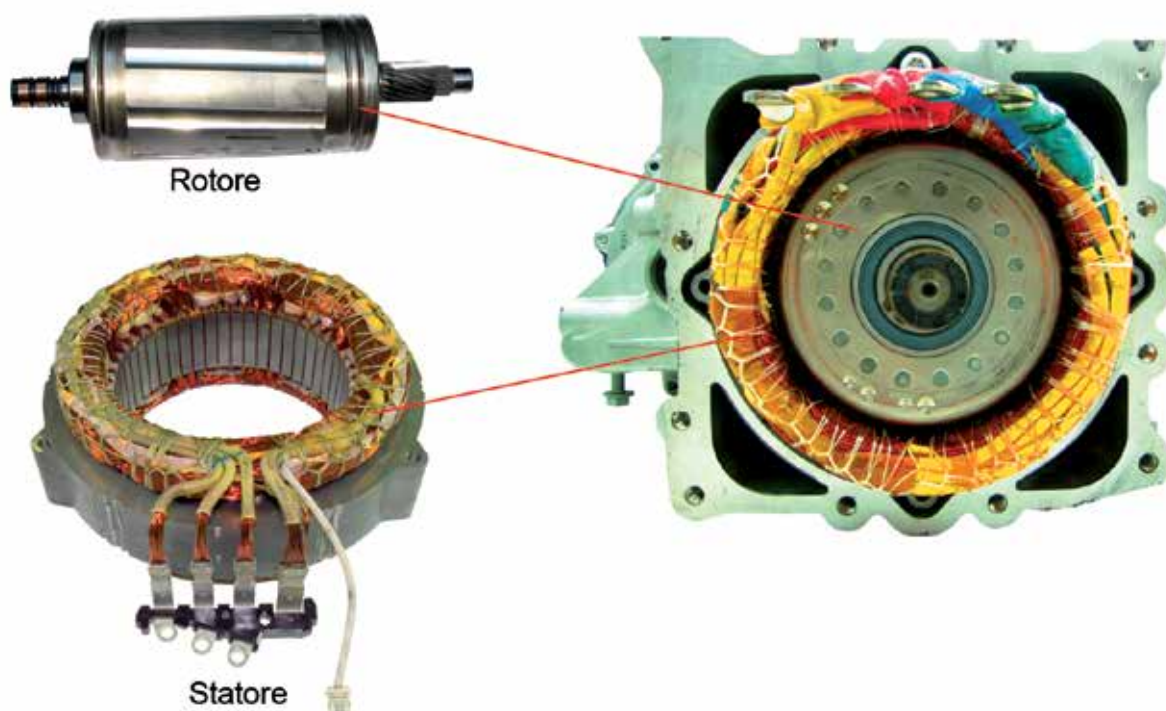
Per impedire il surriscaldamento dei componenti del sistema motopropulsore (gruppo di conversione, caricabatteria, motore elettrico, gruppo di riduzione, ecc.), si installa un impianto di raffreddamento ad acqua. La temperatura in tale impianto di raffreddamento oscilla al di sopra dei 50°C: qui il semplice impiego di un sensore di temperatura evita l'uso del termostato.

## Motore a trazione elettrica + gruppo di riduzione

Il motore a trazione svolge un ruolo importante all'interno di un'auto elettrica. Di fatto, è l'elemento deputato alla trasformazione dell'energia elettrica in energia meccanica applicata alle ruote.

Il principio di funzionamento di un motore elettrico consiste nell'indurre un campo magnetico generato in uno statore dove interagisce con il campo magnetico creatosi nel rotore. L'interazione o "urto" tra i due campi provoca la rotazione dell'albero del motore elettrico. Tali motori hanno altresì la capacità di fungere da generatore nei momenti di de-

l'erazione della vettura, fornendo una corrente alternata, poi trasformata in corrente continua (nel convertitore) da immagazzinare nella batteria. I principali componenti di tali dispositivo sono lo statore che rimane immobile, dove si trovano le bobine d'induzione costituite dagli avvolgimenti in rame riportati nell'immagine e il rotore che è il nucleo magnetico che, ruotando, trasmette movimento al gruppo di riduzione.



### Tipologie di motori

I motori elettrici si possono classificare fondamentalmente in due tipi: sincroni e asincroni. La differenza tra i due risiede nel rispettivo funzionamento.

Nei motori sincroni la velocità di rotazione del rotore è pari alla velocità di rotazione del campo magnetico dello statore. Nei motori asincroni o

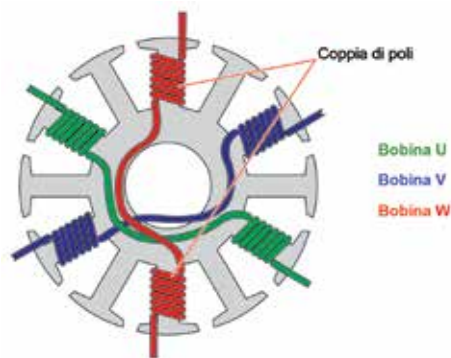
ad induzione, invece, la velocità del rotore è sempre inferiore a quella del campo magnetico dello statore.

Ad esempio, i modelli Renault ZOE e Nissan Leaf sono dotati di motori sincroni, mentre la Tesla è dotata di motori asincroni.

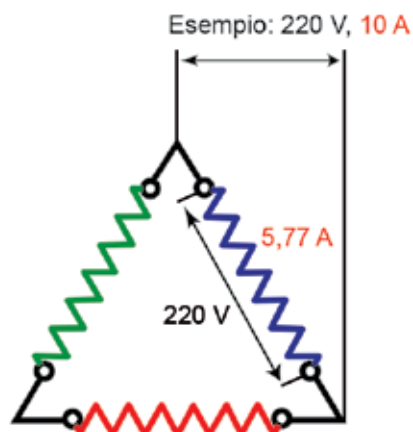
## Lo statore

Questo componente è praticamente uguale sia in un motore sincrono che in uno asincrono. Di norma, lo statore è trifase ed è costituito da tre avvolgimenti distribuiti in maniera uniforme attorno al rispettivo corpo. Il nome di tutti gli avvolgimenti è di norma: U, V e W.

A seconda della modalità di distribuzione degli avvolgimenti attorno al corpo dello statore, si ottiene un numero superiore o inferiore di poli magnetici.

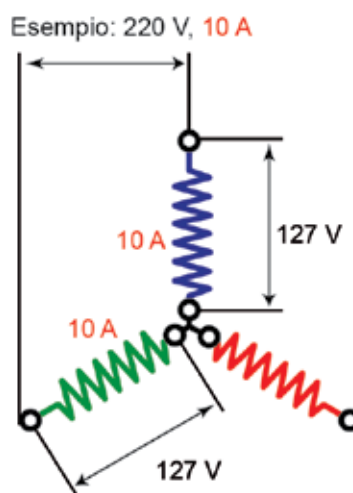


### -Collegamento a triangolo-



$$I_{\text{fase}} = \frac{I_{\text{linea}}}{\sqrt{3}} \quad V_{\text{fase}} = V_{\text{linea}}$$

### -Collegamento a stella-



$$V_{\text{fase}} = \frac{V_{\text{linea}}}{\sqrt{3}} \quad I_{\text{fase}} = I_{\text{linea}}$$

Tali bobine si possono collegare a stella (tutti i terminali delle bobine collegati a un punto comune) o a triangolo (collegando in serie l'estremità di ogni fase con l'inizio di quella successiva e alimentando il sistema tramite i punti di giunzione). Nell'immagine sottostante si possono osservare questi due tipi di collegamenti che, se alimentati a 220 V e a 10 A, presentano intensità e tensioni diverse nelle rispettive linee.

La potenza di rotazione di un motore collegato a stella o a triangolo è

## Il rotore

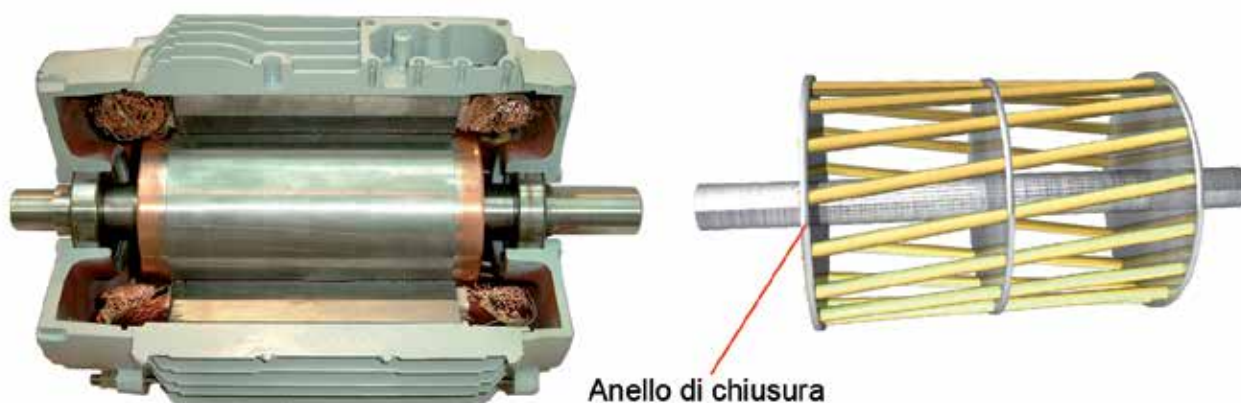
La tipologia di rotore varia a seconda del tipo di motore (sincrono o asincrono). I motori asincroni integrano un rotore a gabbia di scoiattolo,

- **Il rotore a gabbia di scoiattolo** è costituito da conduttori distribuiti nella periferia del rotore (solitamente di rame). Le estremità di tali conduttori vengono messe in cortocircuito tramite un anello di chiusura, evitando qualsiasi possibile collegamento con l'esterno

la stessa. Tuttavia, quando si collegano a triangolo le fasi, l'intensità e la coppia motore diminuiscono rispetto al collegamento a stella, mentre la velocità di rotazione e la tensione aumentano. D'altro canto, con il collegamento delle fasi a stella, la velocità e la tensione sono inferiori rispetto alla configurazione a triangolo, mentre l'intensità e la coppia motore sono superiori. Per tale motivo, i motori delle autovetture elettriche sono di norma collegati a stella in modo tale da ottenere la coppia massima.

mentre i motori sincroni, di norma, utilizzano un rotore a magneti permanenti.

dell'avvolgimento rotorico. Il campo magnetico dello statore induce nel rotore una corrente che, successivamente, si trasformerà nel campo magnetico necessario affinché l'albero inizi a girare.

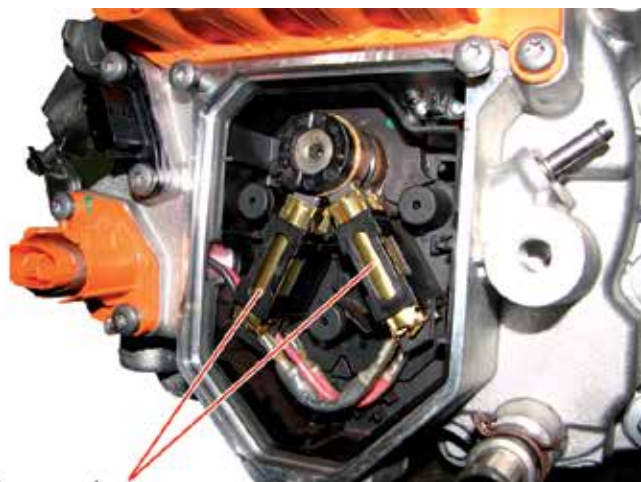


- **Il rotore avvolto** si contraddistingue per la presenza, al suo interno, di un avvolgimento in rame collegato all'esterno tramite due anelli conduttori calettati sull'albero stesso. Tali anelli vengono ali-

mentati costantemente tramite apposite spazzole, la cui funzione è quella di alimentare l'avvolgimento del rotore il cui obiettivo è, a sua volta, quello di generare un campo magnetico nel medesimo.



Anelli conduttori



Spazzole

- **Il rotore a magneti permanenti** non deve "creare" alcun campo magnetico assorbendo corrente da una fonte di alimentazio-

ne, giacché i magneti stessi sono i generatori di tale campo magnetico. Spesso per questo tipo di magneti si impiega il neodimio.

### Gruppo di riduzione

L'elevato numero di giri a cui può ruotare il motore elettrico (12.000 giri/min.) e l'elevata coppia disponibile fanno sì che l'autovettura non abbia bisogno di alcuna scatola del cambio. Inoltre, il motore elettrico è in grado di fornire potenza da subito (non necessita di minimo), per cui anche tale circostanza rende superfluo qualsiasi sistema di frizione.

Tuttavia, è necessario integrare un sistema di riduzione (gruppo di riduzione) per trasformare l'elevato numero di giri del motore elettrico in coppia di trascinamento.

Il riduttore è costituito dall'albero del motore elettrico (rotore), da un pignone riduttore e da un differenziale tradizionale.

Rotore del motore elettrico



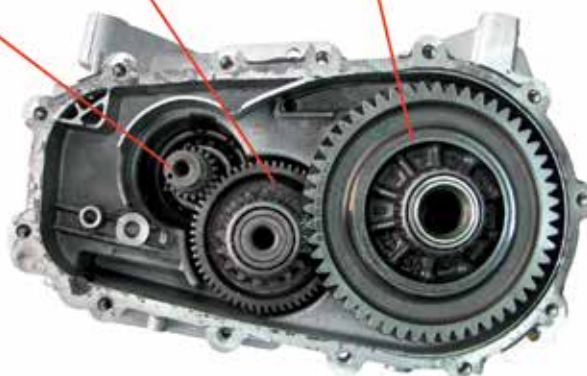
Pignone del riduttore



Differenziale



Coperchio del gruppo di riduzione



Affinché la retromarcia funzioni, non è necessario integrare un terzo pignone; è sufficiente invertire la rotazione del motore elettrico.



## SISTEMA FRENANTE RIGENERATIVO

In un veicolo elettrico si trovano spesso due sistemi frenanti diversi, sebbene, a livello di guida, l'impianto frenante deve comportarsi come esistesse un'unica forza frenante. L'impianto frenante è costituito dal normale sistema idraulico e dal sistema frenante rigenerativo, in cui interviene il motore elettrico a trazione (quando si comporta come generatore di corrente).

L'impianto frenante tradizionale (idraulico) prevede, di norma, un amplificatore di frenata che funziona a vuoto. In un veicolo tradizionale il vuoto proviene dal collettore di aspirazione (motore a benzina) o dal depresso del freno (motore diesel). In un'auto elettrica, tale vuoto si crea normalmente in due modi:

- Tramite una pompa a vuoto elettrica che si attiva secondo il segnale di un sensore di depressione presente sull'amplificatore di frenata.
- Oppure lo stesso motore elettrico impiegato per l'impianto ABS crea la pressione idraulica che si impiegherà nel circuito idraulico.

In questo tipo di auto, il freno rigenerativo si aziona nel momento in cui si rilascia il pedale dell'acceleratore. Il motore elettrico smette all'istante di trasmettere trazione alle ruote, invertendo, invece, la propria funzione per fungere da generatore. L'inerzia del rotore provoca un'induzione elettromagnetica nelle bobine dello statore, creando così una corrente alternata. Tale corrente alternata viene trasformata in corrente continua dal gruppo di conversione e, quindi, viene immagazzinata nella batteria di trazione. Man mano che si preme il pedale del freno e si aumenta la pressione sul medesimo, la batteria assorbe più energia dal generatore provocando una maggiore ritenuta.

Il freno rigenerativo consente di aumentare notevolmente l'autonomia dell'auto elettrica, soprattutto in città. Al contempo, anche l'usura dei freni è inferiore.

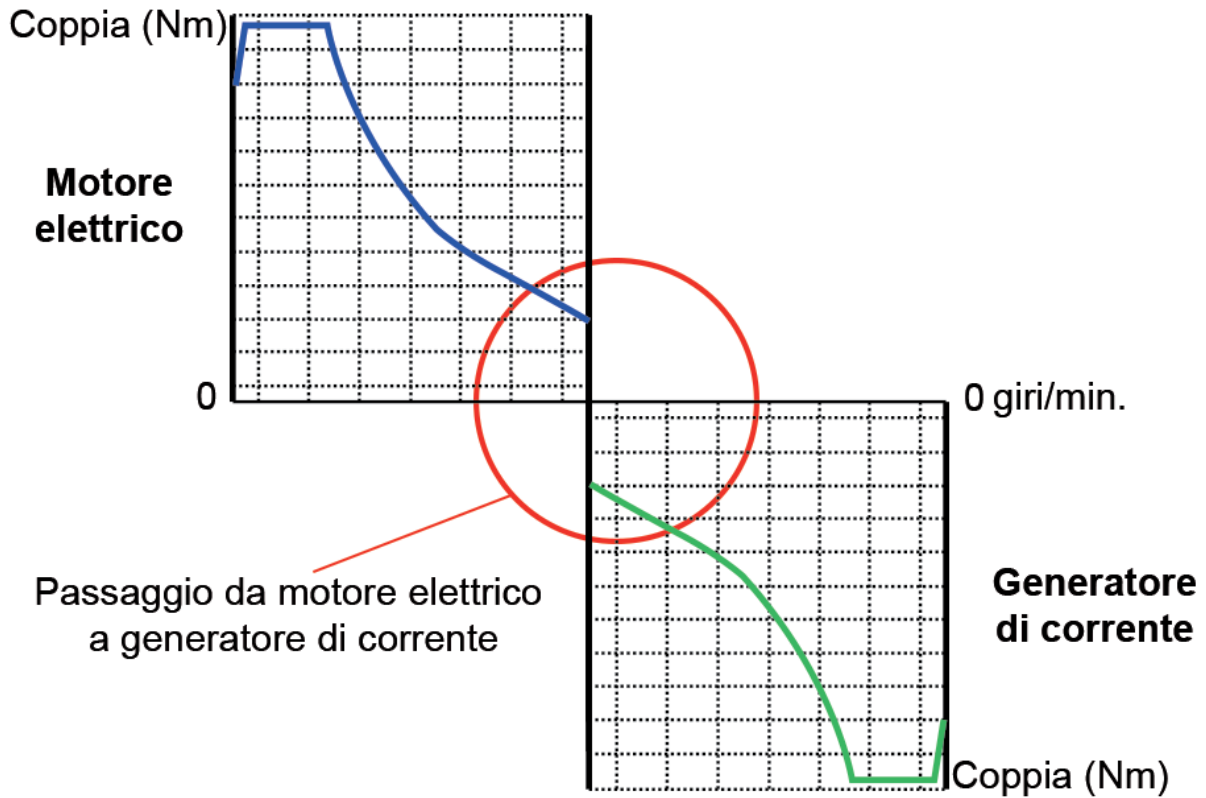
Affinché l'impianto frenante di un'auto elettrica sia efficace e, al contempo, si possa sfruttare al massimo il freno rigenerativo per ricaricare la batteria di trazione, occorre un sistema che combini in continuazione entrambe le tipologie di frenata.



La coppia di resistenza di un generatore dipende, in parte, dal numero di giri che questo compie. Durante il passaggio da motore elettrico a generatore di corrente, esiste un breve lasso temporale in cui non si dispone di alcuna coppia, per cui la frenata è al 100% di tipo idraulico. Non appena si dispone di una coppia di resistenza, l'impianto frenante

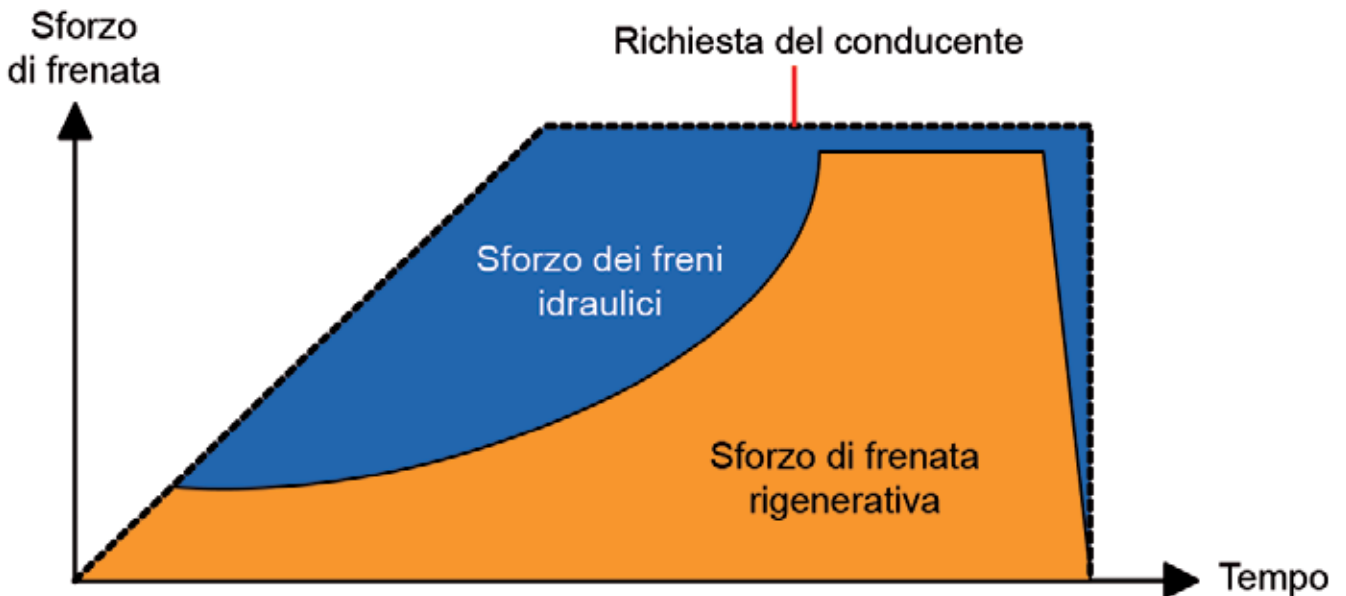
deve essere in grado di ridurre o, addirittura, annullare la frenata idraulica per poter così sfruttare il freno rigenerativo. Man mano che diminuisce la velocità di rotazione del generatore, si smette di avere una coppia di resistenza. Ed è a questo punto che occorre ricorrere nuovamente al sistema di frenatura idraulica.

**- Curva coppia motore/generatore-**



Di conseguenza, l'impianto frenante di un veicolo elettrico interrompe la pressione creata dal conducente nella pompa dei freni per poter così

combinare il sistema di frenatura idraulica a quello rigenerativo, a seconda delle esigenze di frenata.



## IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE

Le auto elettriche non dispongono di un motore a combustione interna, per cui i produttori di questa tipologia di vetture si sono trovati ad affrontare due questioni:

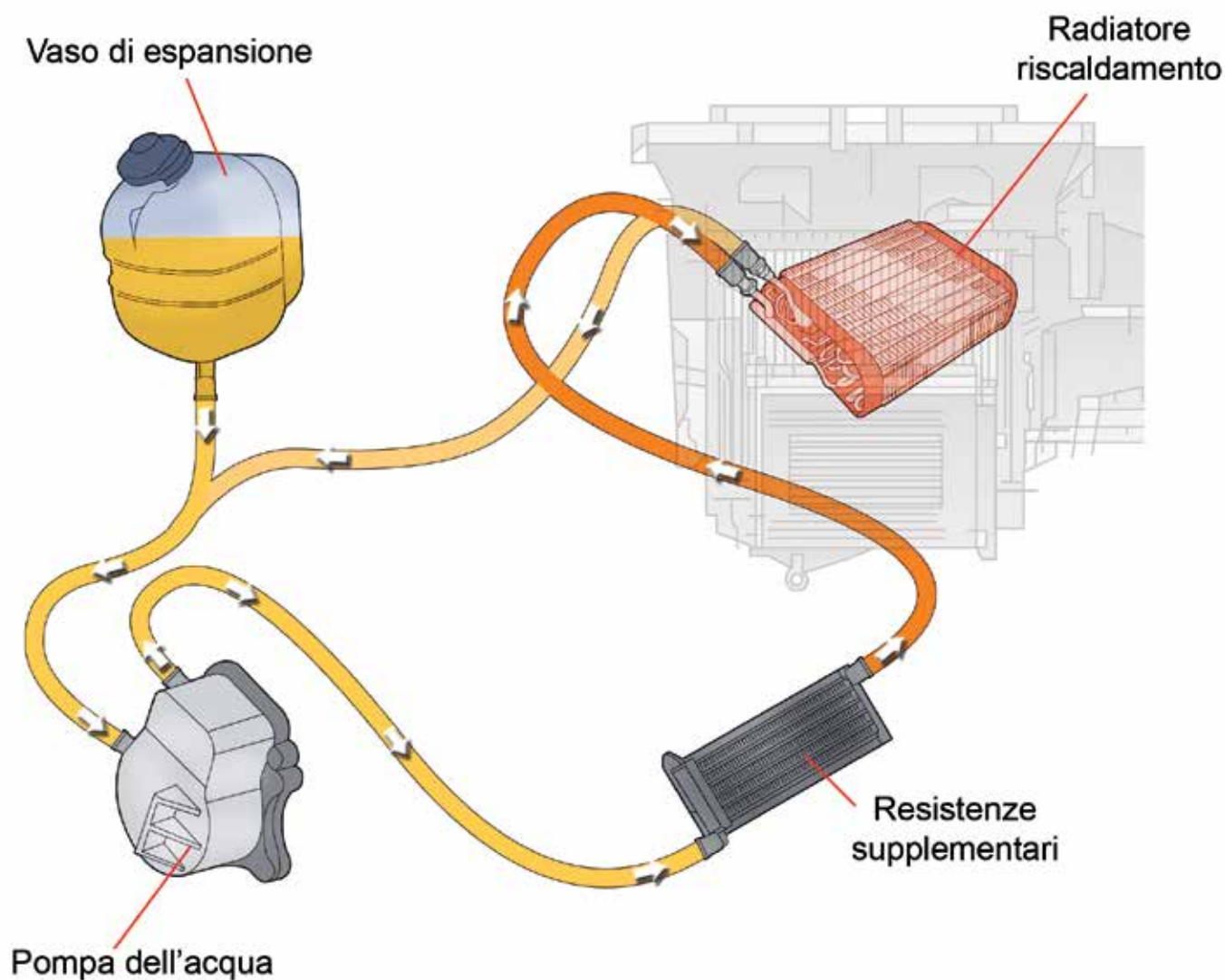
- come azionare il compressore dell'aria condizionata;
- come disporre di una fonte di calore per il riscaldamento.

Per quanto concerne la fonte di calore destinata al riscaldamento, i primi veicoli elettrici erano dotati di un riscaldamento fisso che funzionava

grazie a un piccolo serbatoio di carburante (benzina o diesel), ossia di un sistema analogo a quello domestico.

Un'alternativa più moderna è costituita dall'aggiunta di resistenze supplementari che funzionano alla stessa tensione della batteria di trazione. Il sistema è, inoltre, costituito dai seguenti componenti:

le resistenze supplementari riscaldano il liquido che circola nel circuito. Si attivano quando l'auto è in movimento ed è richiesta la funzione di riscaldamento.





Nel ciclo a freddo si utilizzano gli stessi componenti rispetto a un veicolo tradizionale, ad eccezione del fatto che il compressore dell'aria condizionata si attiva tramite un motore elettrico integrato.

Tali compressori sono, di norma, a spirale orbitante (tipo scroll) e si trovano nel vano motore (come del resto accade nei veicoli tradizionali).

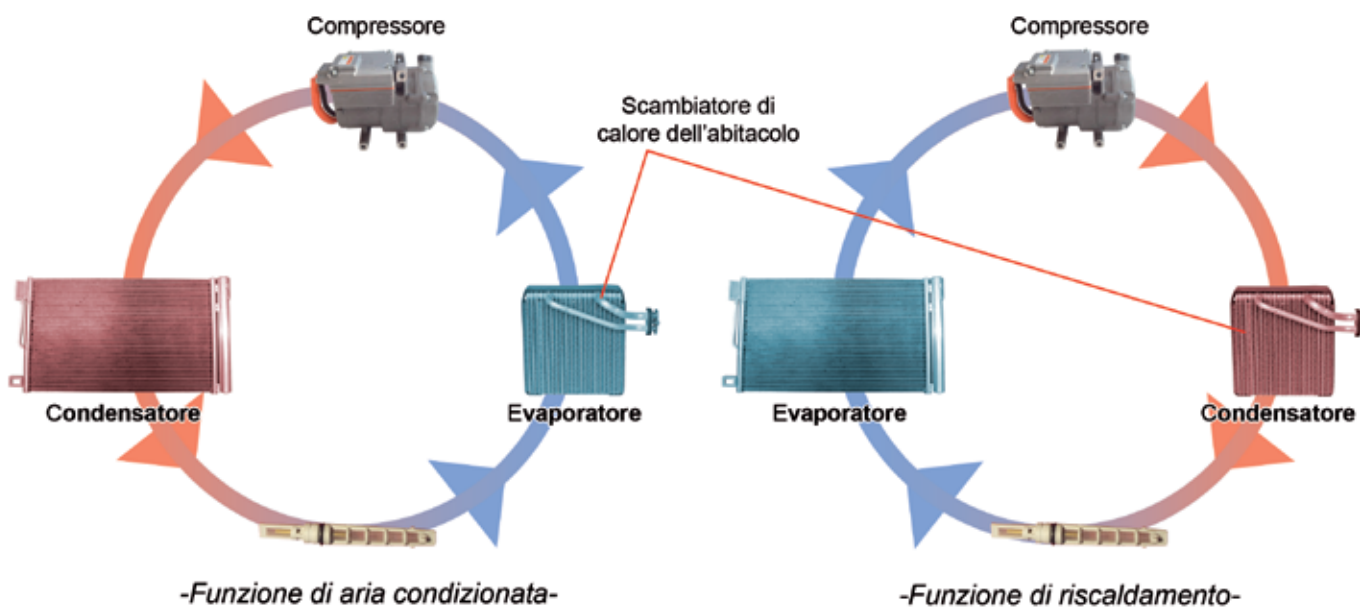
Il gas impiegato dipende dall'anno di costruzione dell'autovettura. Di norma, si tratta di R-134a o 1234-yf.



Per aumentare l'autonomia, molti veicoli elettrici sono provvisti di un programma che consente di anticipare il riscaldamento/raffreddamento dell'abitacolo mentre si sta ricaricando la rispettiva batteria. In tal caso, l'energia necessaria per svolgere tale processo si preleva dalla rete elettrica domestica, anziché dalla batteria..

L'impianto di climatizzazione del veicolo interviene, a sua volta, nel raffreddamento della batteria di trazione.

Altre automobili, come la Renault ZOE, impiegano un sistema di climatizzazione reversibile, sistema che consente di riscaldare e raffreddare l'aria. Lo scambiatore di calore dell'abitacolo funge da condensatore per diffondere calore oppure da evaporatore per emettere aria fresca. Un gruppo di elettrovalvole invertono la funzione di entrambi gli scambiatori.



## MANUTENZIONE

Analogamente ai veicoli a combustione, anche quelli elettrici hanno una loro manutenzione. Tra gli interventi più generici spiccano le seguenti revisioni:

- la sostituzione del liquido refrigerante è consigliabile ogni 150.000 km od ogni 5 anni circa. A tal fine, occorre considerare le specifiche del produttore.
- Le case automobilistiche raccomandano di sostituire il liquido dei freni dopo 120.000 km o 4 anni. Inoltre, va detto che le pastiglie dei freni di tali veicoli, di norma, durano di più rispetto a quelle di un'auto tradizionale, poiché il freno rigenerativo presente nei modelli elettrici riduce l'usura delle pastiglie.
- Il gruppo di riduzione necessita di olio per gli ingranaggi di trasmissione. Si raccomanda di controllare il livello di tale olio ogni 30.000 km (tali dati variano a seconda della revisione del veicolo).
- Per precauzione, alcune case raccomandano di sostituire la batteria da 12 V presente in tali veicoli elettrici ogni 3 anni.
- Si raccomanda di sostituire il filtro dell'abitacolo ogni 30.000 km.
- Si consiglia di sostituire il filtro disidratatore dell'aria condizionata

Per quanto concerne gli pneumatici utilizzati in molte autovetture elettriche, occorre sottolineare che si tratta di modelli specifici.

Vista l'elevata coppia offerta da tali vetture, si sono progettati degli pneumatici con un alto coefficiente di aderenza. Alcune case automobilistiche puntano sull'utilizzo di pneumatici con diametro superiore ma sezione limitata, giacché offrono una bassa resistenza al rotolamento, aumentando così l'autonomia del veicolo (un aumento del 10%, a seconda dei modelli). La frequenza di sostituzione di tali elementi varia a seconda della rispettiva usura.

ogni 2 anni. All'apertura del circuito dell'aria condizionata, occorre considerare le specifiche dell'olio del compressore (in questo caso, si tratta del tipo POE). Tale olio presenta delle proprietà specifiche di isolamento elettrico atte a proteggere il compressore dalle scariche elettriche prodotte dal motore.

Come nel caso dei veicoli convenzionali, è necessario controllare periodicamente i seguenti elementi: pneumatici, liquido di parabrezza, tergicristalli e fari. Inoltre, occorre eseguire la manutenzione e sostituire, ove necessario, i componenti mobili, quali:

- Elementi del freno idraulico
- Giunti sferici
- Cuscinetti
- Componenti di sterzata e sospensione





## Uno sguardo sulla tecnologia automotive

La newsletter EurekaTechFlash è complementare al programma di formazione ADI EurekaCar e ha una missione chiara:

fornire una visione tecnica aggiornata delle innovazioni all'interno dell'ambiente automotive.

Con l'assistenza tecnica del Centro Tecnico AD (Spagna e Dublino), e la collaborazione dei maggiori produttori di componenti, EurekaTechFlash mira a demistificare le nuove tecnologie rendendole trasparenti al fine di stimolare i riparatori professionisti a rimanere al passo con la tecnologia e a motivarli a investire continuamente nella formazione tecnica.

EurekaTechFlash verrà pubblicato da 3 a 4 volte l'anno.

**EurekaCar**  
CERTIFIED MASTERCLASSES

Il livello di competenza tecnica del meccanico è vitale e, nel futuro, potrebbe risultare decisivo per garantire

EurekaCar comprende un'ampia gamma di formazioni tecniche di alto profilo per i riparatori professionisti che vengono dispensate dalle organizzazioni nazionali AD e dai corrispondenti distributori di componenti in 39 nazioni.

la sopravvivenza stessa dell'attività del riparatore professionista.

Visitare [www.eurecar.org](http://www.eurecar.org) per maggiori informazioni o per visionare i corsi di formazione.

EurekaCar è un'iniziativa di Autodistribution International, con sede a Kortenberg, Belgio ([www.ad-europe.com](http://www.ad-europe.com)). Il programma

EurekaCar a supporto dei partner industriali.



## Hybrid technology



**Disclaimer:** the information featured in this guide is not exhaustive and is provided for information purposes only. Information does not incur the liability of the author.