



Gruppo di Lavoro

“Rischi connessi ai più moderni sistemi di accumulo elettrochimico, predisposizione di specifiche linee guida finalizzate alla valutazione delle problematiche per i soccorritori nel caso di intervento con il coinvolgimento degli stessi sistemi di accumulo negli scenari incidentali e all’individuazione di specifiche procedure di intervento”.

LINEE GUIDA

FENOMENOLOGIA

- Il Thermal Runaway e il rischio di incendio ed esplosione delle batterie agli ioni di litio

Dagli studi internazionali emerge che il problema principale in termini di rischio incendi per i veicoli elettrici risiede nel fenomeno del “thermal runaway”, cioè nel fatto che le batterie agli ioni di litio possono, in circostanze del tutto eccezionali, presentare un repentino ed inarrestabile incremento della temperatura, in una sorta di reazione a catena che porta alla rottura dell’equilibrio termico del sistema e alla distruzione completa delle batterie e della vettura. Il flusso di ioni di litio da anodo a catodo (batteria in uso) oppure da catodo ad anodo (batteria in ricarica) può surriscaldare la batteria fino a far reagire l’elettrolita con altri elementi chimici presenti, aumentando ulteriormente la temperatura fino a produrre gas che, aumentando la pressione interna, producono ulteriore calore. In condizioni normali questo aumento della temperatura è tenuto sotto controllo, ma in condizioni estreme o in presenza di gravi difetti di fabbricazione può crearsi un effetto a catena che può portare all’incendio/esplosione della batteria ed alla produzione di fumo fuoriuscente dal pacco batterie. Dagli studi effettuati il problema principale risiederebbe in difetti di fabbricazione del separatore fra anodo e catodo, che deve evitare il verificarsi di cortocircuiti. Oltre ai difetti di fabbricazione, l’abuso meccanico, quello elettrico e quello termico possono a loro volta innescare fenomeni di instabilità termica. Occorre comunque precisare che il thermal runaway è un problema che si presenta soltanto in condizioni estreme. Ad esempio Tesla precisa che il runaway potrebbe avvenire se le batterie sono conservate a più di 80°C per più di 24 ore, o a più di 150 °C per alcuni minuti, o se le batterie sono esposte a fiamma diretta.

In Cina nel 2012 si è avuto uno dei primi casi di runaway, dovuto a difetti di fabbricazione delle batterie e a materiali scadenti, seguito da diversi altri incidenti avvenuti successivamente, con alcuni incendi che hanno coinvolto vetture Tesla, con grande risalto sulla stampa. Inoltre dopo l’uragano Sandy, sempre nel 2012, diverse vetture elettriche hanno preso fuoco mentre erano parcheggiate su un molo nel New Jersey. Si trattava di alcune Prius e di ben 16 Fisker Karma. L’indagine rivelò che gli incendi erano dovuti a cortocircuito dovuto alla corrosione salina: le auto erano rimaste sommerse in acqua salata per molte ore.

A seguito di questi incidenti, la National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), un’agenzia federale statunitense, ha condotto uno studio sul rischio incendio connesso alle batterie agli ioni di litio. Un’interessante presentazione tenuta a Washington il 18 maggio 2011 da David Howell del US Department of Energy, ha concluso che le condizioni anomale che possono condurre al thermal runaway sono tre:

- 1) urti meccanici;
- 2) problemi elettrici (cortocircuito, sovraccarica, eccessiva scarica);
- 3) problemi termici (eccessivo riscaldamento dovuto a cause interne oppure a cause esterne).

Fra questi, il pericolo connesso a forti urti meccanici è di gran lunga il maggiore. Il principale problema di tipo elettrico è l’uso di materiali scadenti o trasformazioni effettuate dopo la

produzione in fabbrica (per esempio veicoli nati HEV-Hybrid Electric Vehicle e successivamente trasformati in PHEV-Plug-in Hybrid Electric Vehicle), aspetti che però non riguardano le maggiori case automobilistiche. Uno dei problemi maggiori di tipo termico è legato al cortocircuito, in particolar modo a causa del separatore fra anodo e catodo.

È interessante notare quanto emerso in riferimento agli eventi termici, i quali possono apparire risolti ma continuare in modo occulto e riproporsi dopo diverso tempo, addirittura dopo più giorni; per la limitazione del danno è cruciale che ai soccorritori venga consentito un rapido accesso al pacco batterie.

VEICOLI ELETTRICI E IBRIDI

- Veicoli elettrici

Il veicolo elettrico propriamente detto, chiamato anche EV dall'inglese electric vehicle, è un veicolo che utilizza propriamente energia elettrica accumulata in apposite batterie per movimentare il mezzo.

L'energia accumulata nelle batterie deriva direttamente dalla rete elettrica, con la quale esse vengono caricate una volta completato il processo di scarica; le batterie utilizzate in questo genere di veicoli sfruttano tre tipologie di tecnologia: nickel-metall-idrato (NiMH); piombo-gel (PbGel/Silicon) e agli Ioni di Litio (Li). È presente inoltre un sistema di management per la scarica e carica della batteria a seconda della richiesta di coppia del motore (BMS Battery Management System).

Poiché si preferisce avere degli azionamenti con motore alimentato da corrente trifase, è necessario interporre tra sistema di regolazione e motore un inverter in grado di produrre la tensione necessaria. Inoltre, il motore è in grado di fungere da generatore recuperando parte dell'energia dissipata in frenata oppure in tratti di discesa.

L'efficienza, in termini di rendimento, è molto buona se confrontata con i veicoli alimentati da motori a combustione interna, infatti i motori elettrici garantiscono un notevole spunto avendo una notevole coppia motrice ad un basso numero di giri. Tra i vantaggi di un veicolo elettrico possono essere elencati i seguenti:

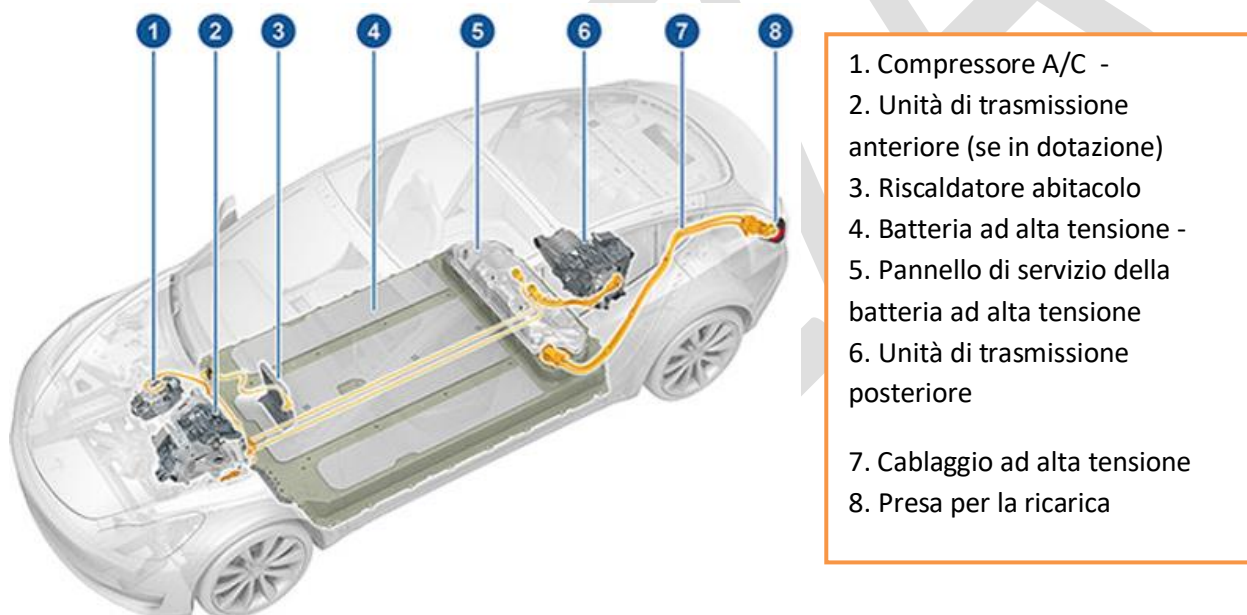
- Zero emissioni allo scarico;
- Recupero parziale energia (motore – generatore);
- Possibilità di ricarica mediante fonti rinnovabili (impatto zero);
- Notevole affidabilità dei componenti elettrici rispetto alla controparte meccanica, manutenzione ridotta;

- Possibilità di ricarica autonoma mediante stazioni proprie di ricarica.

Come ogni applicazione ingegneristica, anche il veicolo elettrico presenta degli svantaggi tecnologici importanti, molti dei quali sono ambito di ricerca attuale, per esempio la scarsa autonomia delle batterie e la carenza di stazioni di ricarica al pari di stazioni di rifornimento per autovetture “convenzionali” (sul suolo italiano). Per quanto concerne invece la manutenzione, effettivamente una motorizzazione elettrica richiede meno sostituzioni programmate di componenti, essendo una struttura intrinsecamente più robusta. Tuttavia è bene saper riprogrammare gli step da seguire, in merito alla sicurezza, durante la riparazione nel caso di guasto: è necessario verificare con certezza l’assenza di tensione sulle zone di lavoro del manutentore.

MODELLI DI VEICOLI SOLO ELETTRICI

COMPONENTI AD ALTA TENSIONE

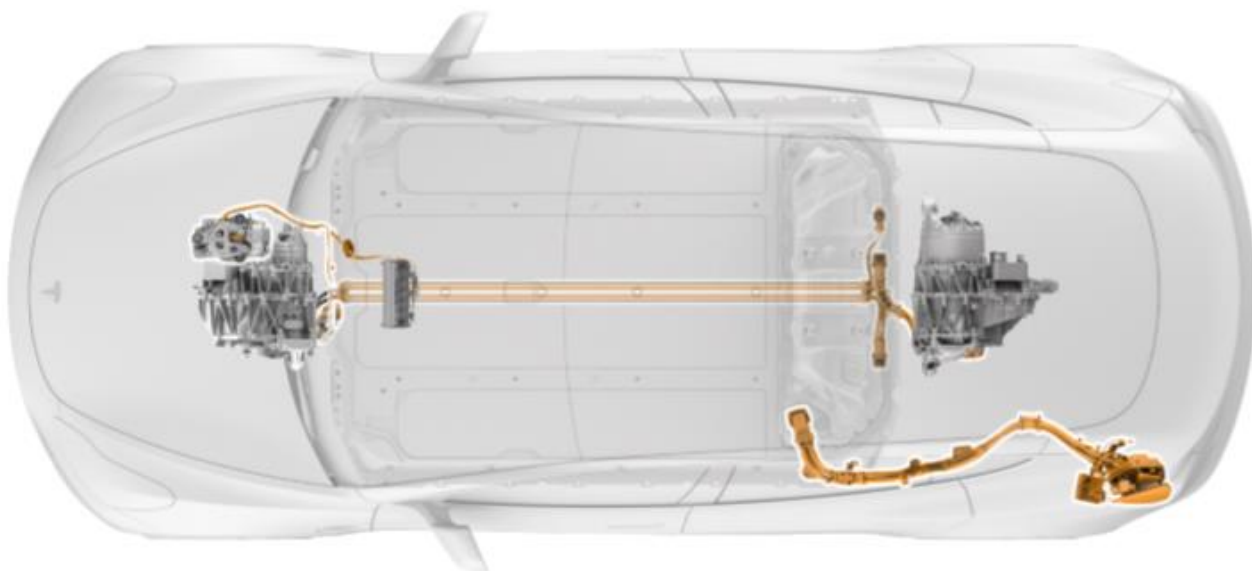


CAVI AD ALTA TENSIONE

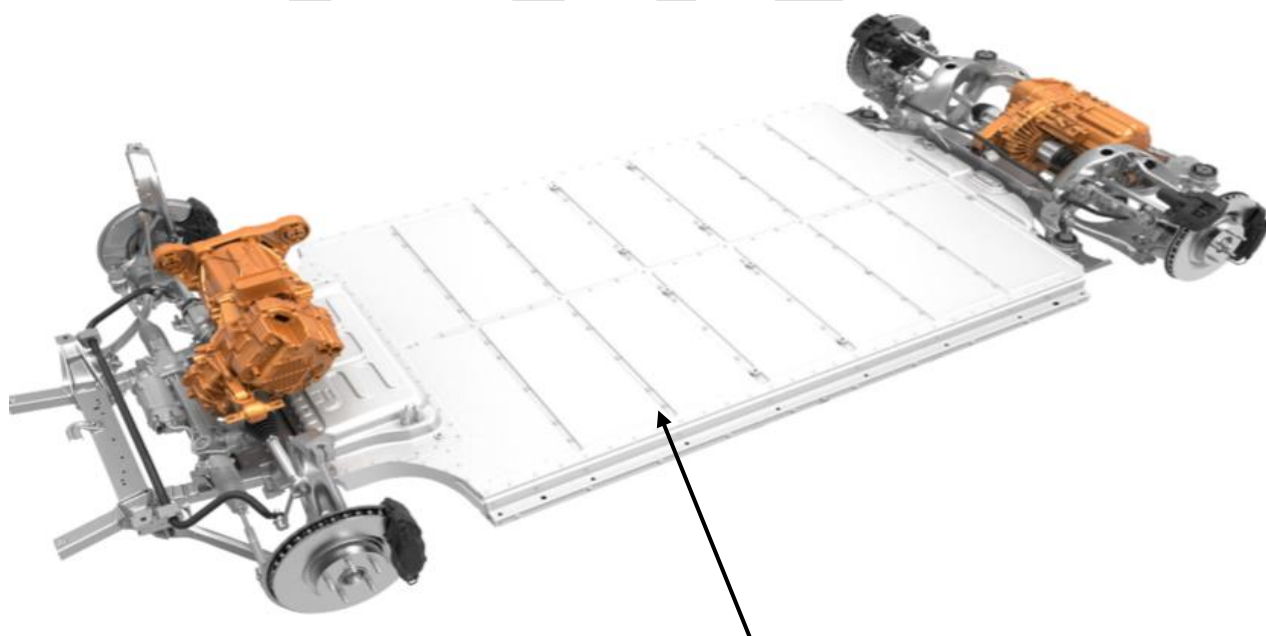
I cavi ad alta tensione sono mostrati in arancione.



L'immagine che segue mostra un veicolo Dual Motor. I veicoli senza un'unità di trasmissione anteriore sono simili.



214

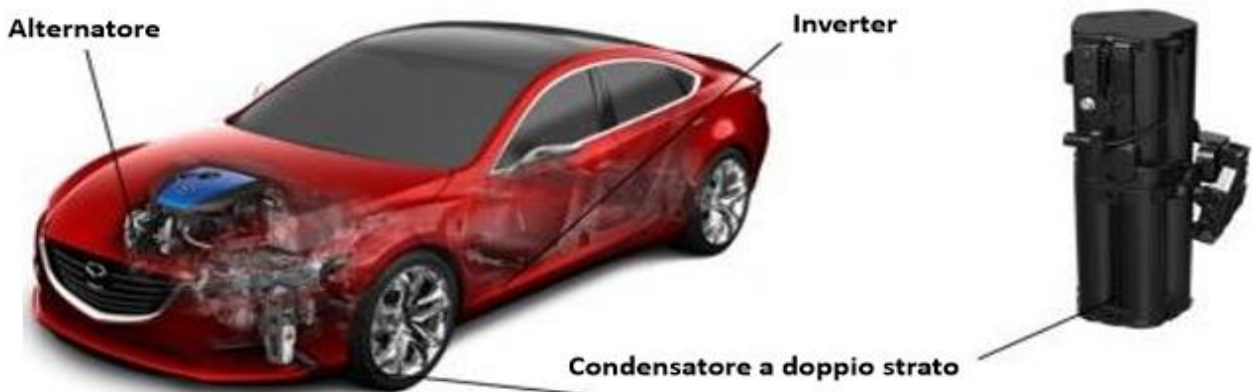


IL PIANALE È FORMATO DAL PACCO BATTERIA

- Veicoli ibridi

L'automobile più utilizzata attualmente, come alternativa alla tradizionale auto ad alimentazione derivata da combustibili fossili, è il veicolo a propulsione ibrida, che vede come effetto principale la produzione della trazione motrice mediante l'azione sinergica del motore termico e di quello elettrico, entrambi installati nella vettura. La motorizzazione a combustione interna viene supportata o alle volte sostituita dalla trazione puramente elettrica, rendendo così il veicolo un vero e proprio ibrido, adattabile a diverse situazioni di funzionamento. La scarsa rumorosità, l'efficienza e il basso impatto ambientale rendono il motore elettrico ideale per il percorso urbano, mentre per quanto riguarda il tragitto extra-urbano si può procedere con il normale motore termico. Esistono differenti tipologie di veicoli ibridi presenti sul mercato, che si differenziano per la loro struttura e per l'incidenza che il motore elettrico, installato come ausilio del motore a combustione interna, ha sul funzionamento in strada. Esistono due schemi costruttivi che caratterizzano la struttura di una trazione ibrida: ibrido serie e ibrido parallelo; la combinazione dei precedenti dà luogo alla tipologia dell'ibrido misto (vedi APPENDICE B per approfondimenti).

SUPER CONDENSATORE / CONDENSATORE A DOPPIO STRATO



Il supercapacitore è un accumulatore in grado di «accumulare e rilasciare» una grandissima quantità di carica elettrica in un tempo molto breve. Il suo scopo è quello di fornire durante la fase di avviamento, una sovrapotenza per garantire all'alternatore reversibile, la coppia necessaria (circa 50 Nm) per avviare il motore.

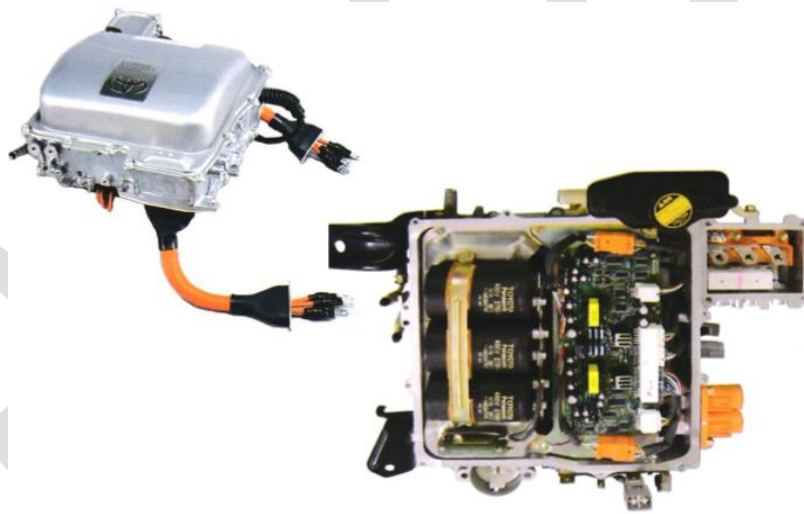


Il super condensatore (si trova sotto il passaruota anteriore sinistro), accumula carica e si scarica molto velocemente, generando coppie molto forti. Lo troviamo su vetture con il logo **e-HDI munite di start e stop**, è a bagno di **Acetonitrile, un dielettrico liquido di colore marroncino. In caso di incidente fare attenzione in quanto è molto tossico, inoltre venendo a mancare il dielettrico viene meno l'isolamento.**

Se assunto dall'organismo umano esso viene metabolizzato come acido cianidrico (sensazione di ebbrezza accompagnata da emicranie, difficoltà di respirazione e senso di soffocamento, perdite di conoscenza). Occorre dunque prestare attenzione quando si deve intervenire su questi super condensatori: si raccomanda di indossare guanti (per protezione chimica), mascherina e protezione occhi.

ELETTRONICA DI POTENZA

In un sistema ibrido applicato all'auto, l'elettronica di potenza è l'insieme dei dispositivi che monitorano costantemente il flusso di energia elettrica, convertono la tensione da alternata in continua e viceversa (inverter), regolano la frequenza della tensione trifase e controllano il corretto funzionamento dei componenti del sistema. L'elettronica di potenza è costituita fondamentalmente da diodi e transistor al silicio, capaci di gestire tensioni fino all'ordine di 4500 Volt e correnti fino a 1500 Ampere.



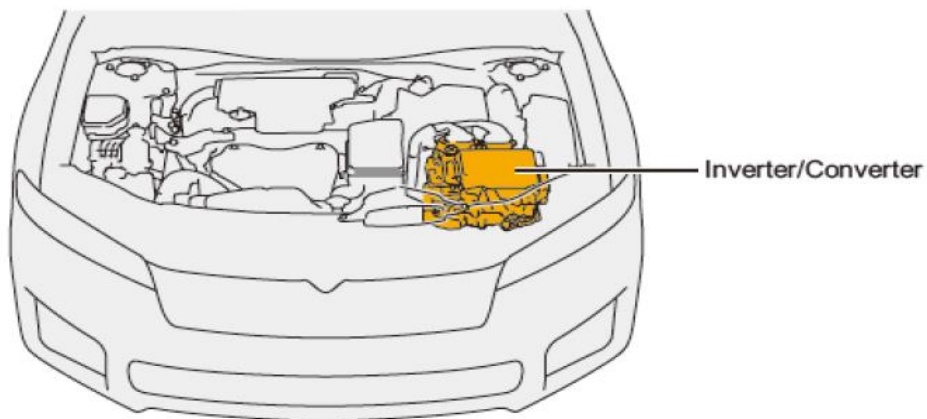
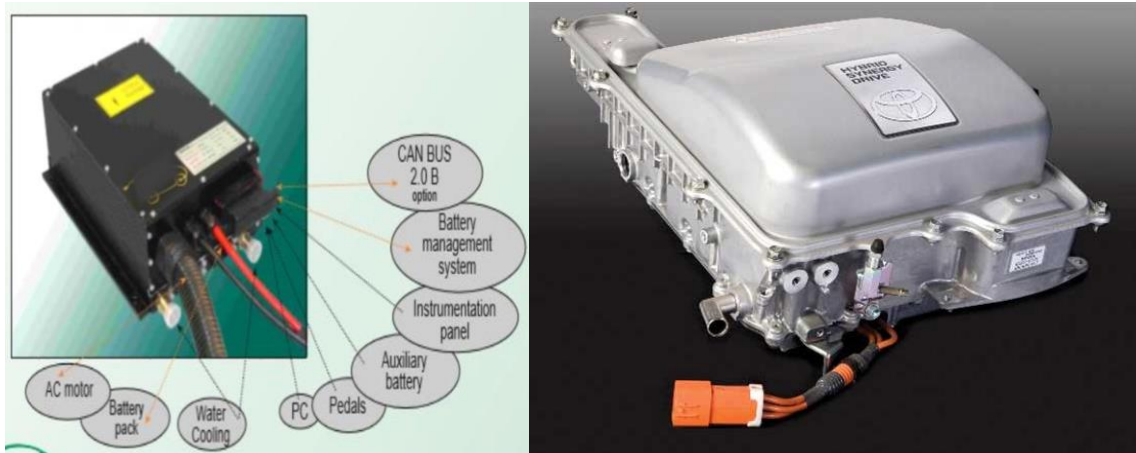
Inverter

Inverter per l'AUTOMOTIVE

Il GRUPPO INVERTER, è un assemblato di componenti aventi il compito di gestire e trasformare tutte le tensioni a bordo del veicolo ibrido.

- Inverter: trasforma la tensione continua della batteria in tensione alternata e viceversa.
- Buck/Boost converter: innalza o abbassa i valori di tensione per i vari utilizzatori di potenza.

- DC/DC converter: trasforma (abbassandola) la tensione della batteria (da V_{cc} a V_{cc}).



All'interno del gruppo inverter sono presenti dei condensatori che **possono rimanere carichi** anche parecchi minuti dopo lo spegnimento del veicolo.

LOGHI IDENTIFICATIVI DI ALIMENTAZIONE ALTERNATIVA

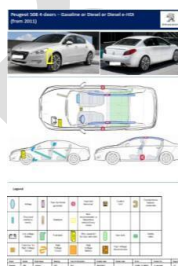
Localizzare la denominazione del tipo, ad es.

Hybrid, Electric Drive, o eventuali richiami ecologici

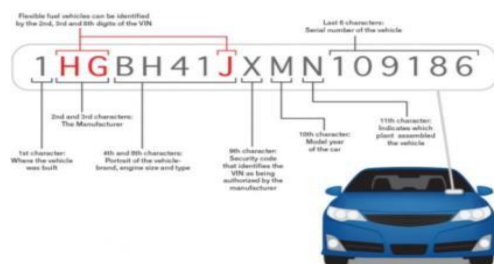


In mancanza della denominazione, utilizzare le seguenti caratteristiche a scopo identificativo: presa di ricarica, cavi dell'alta tensione arancioni, adesivi di avvertimento su componenti elettrici. Cruscotto: indicatore (spie luminose), che diano indice di trazione o del livello di carica o l'assenza dell'impianto di scarico dei gas.

Consultare le schede di soccorso delle diverse marche di veicoli (se disponibili, sono visualizzabili con il codice QR o sui siti delle Rescue Sheet. Per approfondimenti vedi APPENDICE D).



Identificazione mediante targa di immatricolazione, o VIN



SISTEMI DI RICARICA

Le colonnine di ricarica possono essere installate su suolo pubblico, cioè direttamente sulle strade o nelle autorimesse, oppure in luoghi privati, all'aperto o al chiuso. Purtroppo non si è ancora giunti ad uno standard fra i vari costruttori, a causa dei sistemi differenti utilizzati. Il sistema di ricarica ad induzione, tramite impianti senza fili a pavimento, è ancora allo stato di sperimentazione.

Attualmente sono presenti in Italia circa 700 colonnine di ricarica, che differiscono per connettori, voltaggio, amperaggio, sistema di autorizzazione alla ricarica e di contabilizzazione, ecc.

I tempi di ricarica variano moltissimo a seconda del tipo di colonnina e soprattutto della potenza elettrica erogata.



- Modi di ricarica

Attualmente sono presenti 4 modi di ricarica.

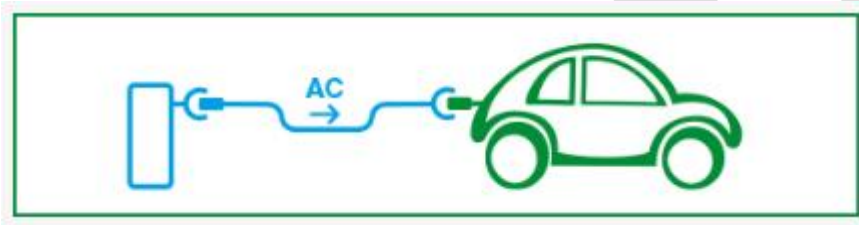
Sono in fase di realizzazione isole per ricariche multiple alimentate da fotovoltaico, dove i rischi potenziali di incendio si sommano tra loro (veicoli elettrici/ibridi e impianti fotovoltaici).

Per le stazioni di ricarica la norma di riferimento è la **IEC 61851-1**.

La norma prevede un'elettronica di controllo che utilizza un sistema di comunicazione "universale" tra la stazione ed il veicolo, attraverso un circuito **PWM (Pulse Width Modulation)**, necessario per garantire la sicurezza del processo di ricarica, sia per le persone che per evitare danneggiamenti del pacco batterie del veicolo.



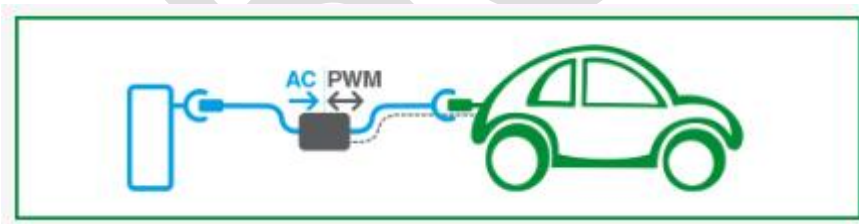
MODO 1



Ricarica domestica senza PWM

Il Modo 1 consiste nel collegamento diretto del veicolo elettrico alle normali prese di corrente. Non è quindi previsto il Control Box. Questa modalità è adatta solo per bici elettriche e alcuni scooter. *Non è applicata per le auto elettriche.*

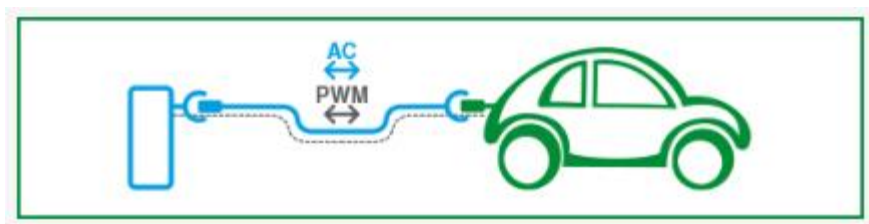
MODO 2



Ricarica sicura domestica/aziendale, lenta o veloce

Sul cavo di alimentazione del veicolo è presente un dispositivo denominato Control Box (Sistema di sicurezza PWM) che garantisce la sicurezza delle operazioni durante la ricarica. Le prese utilizzabili sono quelle domestiche o industriali fino a 32A (sia monofase che trifase – max 22 kW).

MODO 3



Ricarica per ambienti pubblici, lenta o veloce

È il modo obbligatorio per gli ambienti pubblici, la ricarica deve avvenire tramite un apposito sistema di alimentazione dotato di connettori specifici, è presente il sistema di sicurezza PWM, la ricarica può essere di tipo lento (16A 230V) oppure rapido (fino a 32A, 400V).

MODO 4



Ricarica diretta in corrente continua FAST DC

È la ricarica in corrente continua fino a 200A, 400V. Con questo sistema è possibile ricaricare i veicoli in alcuni minuti, il caricabatterie è esterno al veicolo (nella colonnina).

Esistono due standard : **CHAdEMO** (Giapponese) e **CCS Combo** (Europeo).

Per ulteriori approfondimenti, vedi APPENDICE C (Connettori di ricarica).

DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALE (DPI)

I dispositivi di protezione individuale consentono di ridurre o addirittura di eliminare gli effetti pericolosi per le persone, anche in presenza di veicoli generalmente dotati di sistemi di sicurezza adeguati. Molti tipi di veicoli consentono di disinserire la tensione senza un intervento diretto del personale sul sistema ad alta tensione. Ciò nonostante, un margine di rischio sussiste sempre, ed è quindi rigorosamente obbligatorio indossare adeguati dispositivi di protezione individuale appartenenti alla classe 0, perlomeno laddove si eseguono operazioni direttamente sui componenti ad alta tensione (cavi arancioni, batteria). La seguente tabella riassuntiva suggerisce alcune opzioni nella scelta dei dispositivi di protezione individuale.

| | |
|---|--|
|  | <p>Guanti isolanti Testati per lavori fino a 1000 volt. In caucciù naturale. Conformità alla norma EN 60903. Protetti contro gli archi elettrici (classe di protezione 1), in conformità alla norma EN 61482-1. Lunghezza 400 mm circa. Rispettare la data di scadenza.</p> |
|  | <p>Elmo con visiera di protezione Protezione integrale di tutto il viso e vista completamente libera. Antischeggia resistente ad acidi e alcali protetta contro gli archi elettrici (classe di protezione 1), in conformità alla norma EN 61482-1.</p> |
|  | <p>Dispositivi di protezione individuale di III cat. Impiegato per gli interventi ordinari di soccorso Tenuta d'intervento completa.</p> |
|  | <p>Calzature di sicurezza Con puntale di protezione, suola interna antistatica e suola esterna resistente agli olii e agli idrocarburi con profilo antiscivolo conformi alla norma EN 15090:2012 F2A HI3 CI AN SRC.</p> |
|  | <p>Autorespiratore a circuito aperto Protezione delle vie aeree In conformità alla norma EN 137 e Direttiva UE 686/89.</p> |

SCENARI INCIDENTALI

- Incidente senza presenza di incendio

- **Messa in sicurezza dello scenario:** azione svolta dai Vigili del Fuoco con opportuna accortezza in qualsiasi tipo di scenario incidentale, con un'attenzione particolare al posizionamento dei mezzi di soccorso (foto 1), effettuando una diligente messa in sicurezza del veicolo, con valutazione di eventuali sostanze coinvolte e rischi collaterali (foto 2);
- **Stabilizzazione del veicolo:** è la prima fase delle operazioni di intervento su un'auto incidentata. Praticamente, tutte le procedure operative europee e d'oltre oceano iniziano da questa operazione, ritenuta fondamentale (foto 3);
- **Messa in sicurezza del veicolo:** azione non solo limitata al pacco batterie ausiliario e/o optional, ma anche all'alimentazione adottata da ogni specifico veicolo che può nascondere a volte delle problematiche gestionali, come nuove alimentazioni ecologiche ibride, o elettriche pure;
- **Gestione delle parti vetrate del veicolo:** fase in cui dopo aver riconosciuto se la parte vetrata è in vetro multistrato o vetro temperato si provvede alla sua rimozione, limitata alle parti o ai punti ove si necessita di operare per la scarcerazione; spesso è utile effettuare la rimozione o la rottura delle parti vetrate temperate (per evitare esplosioni delle parti vetrate nelle operazioni di taglio o divaricazione della cellula del veicolo), impiegando con adeguata competenza le tecniche e gli strumenti idonei;
- **Gestione dei dispositivi di prevenzione passiva latenti;** riconoscere la presenza e la posizione dei dispositivi latenti (come i generatori di gas), risulta indispensabile per evitare danni e lesioni sia ai feriti che ai soccorritori.

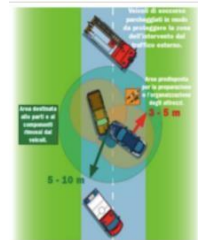


foto 1



foto 2



foto 3

- Messa in sicurezza veicolo BEV – HEV – PHEV

La corretta procedura per togliere tensione dall'impianto è:

- A. 1. Spegnerne il contatto d'accensione e togliere la chiave (se vettura con smart key allontanare quest'ultima dalla macchina di almeno 5 metri).



2. Scollegare la connessione di sicurezza della batteria alta tensione (sempre presente su queste macchine e che separa fisicamente il pacco batterie) utilizzando guanti isolanti,

riponendola in luogo sicuro e inaccessibile ad altre persone, proteggendo tale connessione aperta.

3. Aspettare almeno 10 minuti per far scaricare completamente i condensatori, nel caso non vi sia stato un urto, nel caso in 1 secondo il circuito è aperto.



4. Indossando i guanti isolanti controllare con strumenti ad utilizzo rapido l'assenza di tensione.

- B. Non aprire il pacco batterie alta tensione, che è racchiuso in un contenitore metallico e comprende i collegamenti tra le singole celle, i sensori e la centralina di gestione. I singoli moduli sono collegati tra di loro in serie, togliendo la connessione di sicurezza viene aperto il circuito interno, ma è comunque possibile il pericolo di elettrocuzione toccando le connessioni interne. Indossare sempre i guanti isolanti quando si lavora su impianti elettrici, senza lasciare parti del corpo scoperte e tenendo le mani asciutte e possibilmente non sudate;
- C. Usare sempre attrezzi (cacciaviti, pinze) con impugnatura isolata. Su questo tipo di vetture *i cavi di alta tensione sono di colore arancione*: non intervenire mai su di essi senza prima aver messo in sicurezza l'impianto scollegando la batteria con la modalità prima illustrata.
- D. Attenzione: a seconda della vettura, non solo i motori di trazione e il generatore sono alimentati in alta tensione, ma possono esserci anche altri impianti ausiliari, come abbiamo visto nel caso del condizionatore elettrico di alcune vetture.



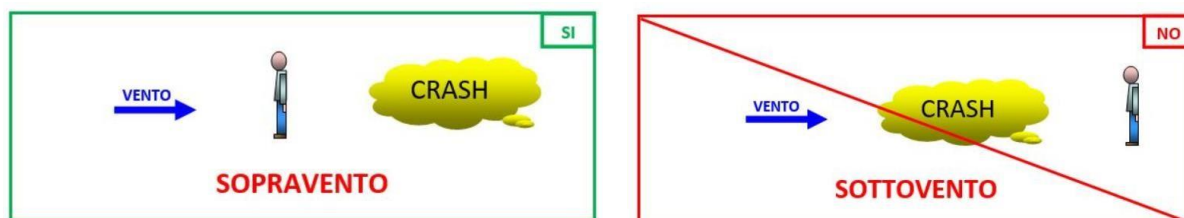
A Connessione di sicurezza della batteria



B Disconnessione della batteria

- Incidente in presenza di incendio

Nel caso d'incendio è necessario fare alcune considerazioni: in presenza di ventilazione, operare sopravvento rispetto al fuoco. In questo modo il getto di estinguente verrà spinto contro la fiamma e i residui della combustione con relativi fumi non si indirizzeranno a sfavore degli operatori.



In ogni caso, a prescindere dal tipo di vettura e dal tipo di alimentazione, considerare sempre il possibile rischio di esplosione.

- Esplosioni nelle batterie:

- ❖ Un'esplosione fisica avviene a causa del rapido rilascio di energia meccanica, come nel caso del rilascio di un gas compresso, e non coinvolge reazioni chimiche.
- ❖ Un'esplosione chimica è la conseguenza di una reazione chimica, ovvero di una reazione di combustione, una reazione di decomposizione oppure di altre reazioni veloci ed esotermiche, come le reazioni di runaway cui sono soggette le tecnologie Litio-ione. Una esplosione chimica può avvenire in fase vapore, oppure in fase condensata (liquida o solida). La reazione può essere uniforme o propagante.

In caso di incendio si può adottare una tecnica difensiva (lasciar bruciare la vettura, naturalmente se non vi sono persone all'interno e tutelando persone e cose) o offensiva. Nel caso si voglia adottare la tecnica offensiva, occorre cercare di raffreddare le batterie. L'acqua si è dimostrata finora il più valido mezzo per il controllo dell'incendio di batterie agli ioni di litio, soprattutto se usata in grandissima quantità e per lungo tempo, allo scopo di raffreddare l'esterno del pacco batterie. La procedura quindi prevede, dopo la definizione e la verifica del numero di veicoli coinvolti, l'identificazione dell'eventuale alimentazione elettrica o ibrida del veicolo, quindi l'immobilizzazione e poi la disabilitazione dello stesso. Tuttavia si può verificare il caso in cui l'incendio in corso impedisca la preventiva messa in sicurezza della vettura; oppure l'urto abbia reso impossibile identificare la vettura elettrica come tale. In questo caso è ugualmente possibile procedere all'estinzione utilizzando le normali tecniche per l'incendio di veicoli tradizionali, ed in particolare usare grandi quantità di acqua con angolo di attacco idoneo, grazie al fatto che il pacco batterie ed i circuiti ad alta tensione sono sigillati e non sono in contatto con la carrozzeria.

- Fireman access

Alcuni costruttori, come la Renault, hanno installato dei coperchi termofusibili o “Fireman access” sul pacco batterie, per agevolare le operazioni di spegnimento consentendo l’introduzione dell’acqua direttamente all’interno della batteria.

Nel caso di batterie agli ioni di litio è possibile che si verifichi la proiezione di materiale incandescente in presenza di un surriscaldamento, specialmente quando le batterie sono separate dalla scocca. I sintomi del surriscaldamento della batteria sono: aumento della temperatura, crepitio, fumo. È possibile **una veloce evoluzione** del surriscaldamento.



Archi elettrici dal pacco batteria



Pacco batterie con coperchio termofusibile (Fire-access),



Fire acces, unico punto di accesso, se presente, dove poter “riempire” la batteria di acqua



- Incendi in fase di ricarica

Problemi durante la ricarica dei veicoli elettrici si sono verificati, più frequentemente nei sistemi di ricarica rapida. Se il problema avviene durante la fase di ricarica, occorre interrompere l'alimentazione, porre il veicolo all'aperto o almeno in luogo ventilato, possibilmente lontano da altre vetture o edifici. Se il problema riguarda esclusivamente l'impianto elettrico fisso, non dovrebbero esserci problemi per la vettura a causa delle ridondanti protezioni contro le sovraccariche.



La vettura distrutta dalle fiamme mentre era in ricarica

Le immagini che seguono mostrano casi di incendio o principio di incendio su vetture in ricarica presso le stazioni dedicate. Gli interventi di soccorso in tali condizioni sono mirati oltre che all'estinzione delle fiamme anche alla messa in sicurezza elettrica non solo della vettura ma anche della colonnina o stazione di ricarica. Presso queste ultime vanno azionati i pulsanti di emergenza presenti per effettuare le aperture dei circuiti elettrici.



Vettura elettrica si incendia mentre è in ricarica



incendio colonnina

- Immersione della vettura in acqua

I veicoli elettrici o ibridi sono progettati per essere sicuri anche in caso di immersione in acqua dolce (fiumi, canali, laghi). Il pacco batterie e gli elementi ad alta tensione sono elettricamente isolati dalla carrozzeria, non è possibile che l'acqua intorno al veicolo venga caricata elettricamente. Sono poi disponibili molti dispositivi di sicurezza: per esempio il sistema si disalimenta automaticamente in caso di cortocircuito. Basta quindi procedere alle medesime operazioni che si effettuano in caso di immersione di un veicolo tradizionale. Il sistema ad alta tensione (HV) è isolato dal telaio ed è progettato per NON provocare uno shock e NON eccitare l'acqua circostante.

- Suggerimenti per pratiche di risposta sicure

Veicoli immersi: evitare il contatto con componenti ad alta tensione (HV), cablaggio o interruzioni di servizio su un veicolo sommerso. Se possibile, disinserire l'accensione in un veicolo sommerso, ma non tentare altre attività di disattivazione. L'immersione nell'acqua (specialmente acqua salata) può danneggiare componenti a bassa e ad alta tensione. Anche se non è un evento comune, ciò potrebbe comportare un cortocircuito elettrico e un potenziale incendio **una volta che il veicolo non è più immerso**. Le batterie ad alta tensione (HV) danneggiate possono produrre gas infiammabile. Lo "sfiato" dell'abitacolo è consigliato una volta che il veicolo è fuori dall'acqua.

Se non si riesce a spegnere l'accensione, attendere fino a quando il veicolo non è più immerso e viene liberato dall'acqua, prima di tentare di disattivarlo. In alcuni casi, può capitare di vedere piccole bolle provenienti da una batteria ad alta tensione (HV) immersa. Questo è indicato come micro-gorgogliamento, ma **NON indica un pericolo di scossa elettrica e NON eccita l'acqua circostante**.

Veicoli precedentemente immersi: il personale deve indossare dispositivi di protezione individuale antincendio (DPI) e un autorespiratore quando lavora con veicoli precedentemente sommersi e danneggiati. Deve disattivare il veicolo bloccando le ruote, posizionare il cambio in modalità parcheggio, e rimuovere la chiave di accensione e/o scollegare la batteria da 12 V. Deve evitare il contatto con una batteria ad alta tensione (HV) danneggiata, in quanto potrebbe esserci un rischio di shock significativo. Una batteria HV dovrebbe sempre essere considerata come contenente una carica e non dovrebbe mai essere toccata o aperta. Non interagire con i veicoli che presentano segni di batterie ad alta tensione (HV) danneggiate o surriscaldate, tra cui perdite di liquidi, scintille, fumo, rumori di bolle e/o odori insoliti. Se si rileva uno di questi segni, prestare particolare attenzione.

- Conclusioni sugli interventi dei soccorritori

L'intervento in emergenza su una vettura elettrica presenta per i soccorritori maggiori complicazioni rispetto a quello su una vettura "normale". Non necessariamente invece si tratta di un intervento più pericoloso dal punto di vista dell'incendio e dell'esplosione, dato che su molti modelli non è presente nessun serbatoio di combustibili liquidi o gassosi. Si tratta in ogni caso di interventi che richiedono una accurata formazione preventiva.

La National Fire Prevention Association (NFPA) statunitense ha sviluppato un apposito Alternative Fuel Vehicle Safety Training Program, in collaborazione con i principali produttori, esperti, vigili del fuoco e varie organizzazioni che si occupano di soccorso. NFPA ha addirittura predisposto un apposito sito web, <http://www.evsaftytraining.org/>, dove si possono trovare molte dettagliate ed interessanti informazioni in merito alla sicurezza antincendio dei veicoli elettrici.

In tale sito sono disponibili indicazioni per la sicurezza antincendio delle vetture di marca: Acura, Audi, Azure Dynamics, BMW, Buick, Cadillac, Chevrolet, Dodge, Fiat, Fisker, Ford, General Motors, Honda, Hyundai, Infiniti, Kia, Lexus, Lincoln, Mazda, Mercedes, Mercury, Mitsubishi, Nissan, Porsche, Proterra, Saturn, Subaru, Tesla, Toyota, Volkswagen.

Un altro sito interessante è <http://www.afdc.energy.gov/>, del U.S. Department of Energy, dove si possono trovare dati interessanti anche sulle vetture elettriche.

CONCLUSIONI FINALI

Come abbiamo visto sulle auto ibride ed elettriche sono presenti impianti elettrici con tensioni elevate e potenzialmente pericolose: quella della batteria - ad esempio - supera i 200 Volt in corrente continua e arriva a oltrepassare i 600 Volt in corrente alternata, per quanto riguarda l'alimentazione dei motori. Eventuali contatti accidentali con le parti sotto tensione possono avere conseguenze gravi, se non letali, per l'infortunato. Non è possibile dire qual è il valore limite di tensione oltre il quale la corrente diventa pericolosa e mortale, varia molto da persona a persona e dipende dalle condizioni fisiche e ambientali del momento, oltre che dalla durata del contatto accidentale. Grosso modo la corrente elettrica diventa dannosa per il corpo umano (si parla di adulto sano e senza particolari patologie, in particolare di natura cardiaca) quando supera il valore di 20-30 mA, valore più o meno dannoso a seconda anche della resistenza elettrica della persona che varia a seconda della corporatura, tipo di pelle, delle condizioni ambientali e fisiche (ad esempio essere sudati), e sicuramente 200 Volt possono essere pericolosi.

SICUREZZA

Le case costruttrici hanno prestato particolare attenzione all'aspetto della sicurezza per quanto riguarda il rischio elettrico: la batteria ad alta tensione (HV) è collegata all'impianto attraverso due relè normalmente aperti che la separano non appena si disinserisce l'accensione; nessun conduttore di alta tensione è collegato alla carrozzeria e l'isolamento è monitorato dalla centralina di gestione del sistema che ne rileva e segnala immediatamente eventuali dispersioni verso massa. Tutto questo rende il veicolo totalmente sicuro per l'utilizzatore, ma precauzioni ben precise sono necessarie per chi deve effettuare interventi di soccorso tecnico urgente, ciò richiede una conoscenza e una formazione specifica onde evitare rischi per la propria e altrui incolumità.

L'ABC DELLA SICUREZZA

La prima e fondamentale regola è quella di togliere sempre tensione dall'impianto prima di intervenire su di esso, cosa ovvia, ma meno ovvia sono alcuni accorgimenti importanti. Abbiamo detto precedentemente che, togliendo la chiave d'accensione, la batteria ad alta tensione viene separata dall'impianto, ma vi sono casi particolari, che occorre conoscere, dove ciò può non avvenire. Ad esempio nella Toyota Prius con climatizzatore comandato a distanza, nel caso questo venga attivato (a vettura chiusa), l'impianto elettrico viene collegato in quanto il compressore è azionato da un motore ad alta tensione; qui è doveroso aprire una parentesi: attenzione anche a fare una banale ricarica del condizionatore su queste macchine in quanto il gas refrigerante è lo stesso delle altre (R134a) ma l'olio è specifico avendo caratteristiche dielettriche; **l'uso di altri oli**, anche in piccole quantità, **potrebbe compromettere l'isolamento** verso massa dell'impianto ad alta tensione.

- Ma i rischi derivano solo dalle alte tensioni? Purtroppo no

L'elettrolito della batteria ad alta tensione (HV) è un liquido alcalino, caustico e dannoso per i tessuti umani, la sua fuoriuscita dall'involucro è estremamente improbabile anche in caso di incidente. Occorre comunque prestare estrema attenzione nel caso si verificasse questa eventualità: indossare guanti e un adeguato equipaggiamento protettivo, come già detto non aprire mai il pacco batterie.

Le batterie sono riciclabili e vengono smaltite dal costruttore stesso del veicolo. Se prendiamo in esame i sistemi Start and Stop cosiddetti di 3a generazione (come quelli adottati da Citroen e Peugeot) ci troveremo di fronte anche ai "supercondensatori", ovvero a condensatori con capacità in Farad elevatissime, fino a 1200F, utilizzati durante la fase di avviamento per fornire una extra potenza all'alternatore per riavviare il motore. Le "supercapacità" - come noto - sono abbinate a centraline DMTC (centralina di mantenimento della tensione) che gestiscono e controllano l'energia immagazzinata da questi super condensatori. La centralina DMTC ricarica il super condensatore con una tensione di 5 Volt ma con correnti dell'ordine dei 60 Ampere. Le ultracapacità (dette anche E-Booster) sono costituite da due condensatori i cui elettrodi sono in carbone attivo impregnato da un elettrolito (acetoneitrile o cianuro di metile) di colore marrone chiaro che - di fatto - è un liquido tossico e pericoloso per la salute (sia che esso venga inalato, ingerito o venga a contatto con la pelle). L'elettrolito può fuoriuscire dall'ultracapacità quando quest'ultima è soggetta ad inversione di polarità, a una caduta violenta, se viene forata (magari a seguito di un incidente).

Nell'elaborato proposto, sono state elencate le problematiche inerenti alle operazioni di soccorso dei vigili del fuoco sulle vetture elettriche e/o ibride. La presenza di vetture ad alimentazione alternativa sarà sempre più frequente, vista la richiesta e la proposta del mercato (di auto ibride in particolare), incentivate da misure statali per ridurre sensibilmente l'inquinamento atmosferico e l'immissione di CO2 generato dalle automobili a motore termico tradizionale. La corretta conoscenza degli elementi e dei componenti ad alta tensione presenti all'interno dei veicoli elettrici e/o ibridi, devono entrare a far parte del bagaglio personale di un Vigile del Fuoco, così come la corretta disattivazione degli stessi, per procedere correttamente alle operazioni di soccorso e nella messa in sicurezza della zona di lavoro. Le disposizioni fornite in questo documento vogliono essere una revisione di letteratura, ma anche un consulto sulle problematiche riscontrabili nell'ambito del soccorso AUTOMOTIVE: la presenza di elementi "nuovi" al soccorritore che ha sempre affrontato problematiche inerenti a veicoli a combustione interna, sono fonte di apprendimento per lo stesso, che si troverà sul campo a dover operare seguendo talvolta procedure a lui non comuni, ma più congeniali ad esempio ad un addetto alle lavorazioni elettriche, che è dedito quotidianamente fare. Il corretto uso di strumenti e la loro conoscenza, verificando lo stato di buona salute prima e dopo l'utilizzo, sono di fondamentale importanza, così come l'aver a disposizione DPI conformi, garantiscono la sicurezza e la riduzione di rischio elettrico.

Bibliografia

Alessandrini – F. Cignini – C. Holguin – D. Stam, 2014-2015 “Corso di Sistemi di Trazione” Sapienza, Roma.

Barsali, S. 2002. "Sistemi di propulsione ibrida per autoveicoli." In Giornata di Studio “Sistemi Elettrici di Bordo: attualità e prospettive” – Pisa.

C.C. Chan, 1993 “An Overview of Electric Vehicle Technology” in “Proceedings of the IEEE”, Vol. 81, NO. 9, SEPTEMBER 1993.

CAMILLE JANATZY (https://it.wikipedia.org/wiki/Camille_Jenatzy), 17/10/2016.

CEI NORME (<http://www.ceinorme.it/it/pagina-tecnica.html>), 15/10/2016.

D.lgs. 9 aprile 2008, n. 81 Testo coordinato con il D.Lgs. 3 agosto 2009, n. 106, vers. giugno 2016.

Danielis R, 2015 "La diffusione dell'auto elettrica: uno sguardo a livello mondiale", in: Romeo Danielis (a cura di), "L'auto elettrica come innovazione radicale: scenari di penetrazione di mercato e ricadute economiche e sociali", Trieste, EUT Edizioni Università di Trieste, 2015, pp. 8-29.

Disinserimenti diretti e indiretti:

(<https://extra.suva.ch/webshop/56/568D54B909354580E10080000A630358.pdf>) SUVA, CFSL 20/11/2016.

GROUPAUTO-MASTER PRO formazione, “Safety Work Hybrid” 2014.

10. Husain, I, 2012 “Automotive Electric Motor Drives and Power Electronics”, North Carolina, IEEE Eastern North Carolina PES/IAS Section Raleigh, NC

Locatelli, P, “Stato dell'arte dei veicoli ibridi” Tesi di Laurea 2011-2012, Milano.

Norma CEI EN 61936-1 (CEI 99-2)

([http://www.ing.mo.it/Media/Default/Commissioni/Impianti%20ed%20Energia/CEI99_2_PI20140418%20dist.%20\(2\)_784_3589.pdf](http://www.ing.mo.it/Media/Default/Commissioni/Impianti%20ed%20Energia/CEI99_2_PI20140418%20dist.%20(2)_784_3589.pdf)) 5/11/2016.

ORIZZONTEENERGIA(http://orizzontenergia.it/approfondimenti.php?id_approfondimenti=296) 16/10/2016.

PMSM

([http://www.diegm.uniud.it/petrella/Azionamenti%20Elettrici%20\(PN\)/Complementary%20stuff%20chapter%205%20\(d\)%20%20Azionamenti%20con%20MSMP.pdf](http://www.diegm.uniud.it/petrella/Azionamenti%20Elettrici%20(PN)/Complementary%20stuff%20chapter%205%20(d)%20%20Azionamenti%20con%20MSMP.pdf)) 24/10/2016.

REGOLAMENTO (UE) 2016/425 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 9 marzo 2016.

TuttoNormel, 2015, “Equipaggiamento elettrico delle macchine” Torino 18. Zigliotto, M & Bolognani, S, 2014 “Azionamenti Elettrici 1” Padova.

<http://antincendio-italia.it/>