

SUPSI

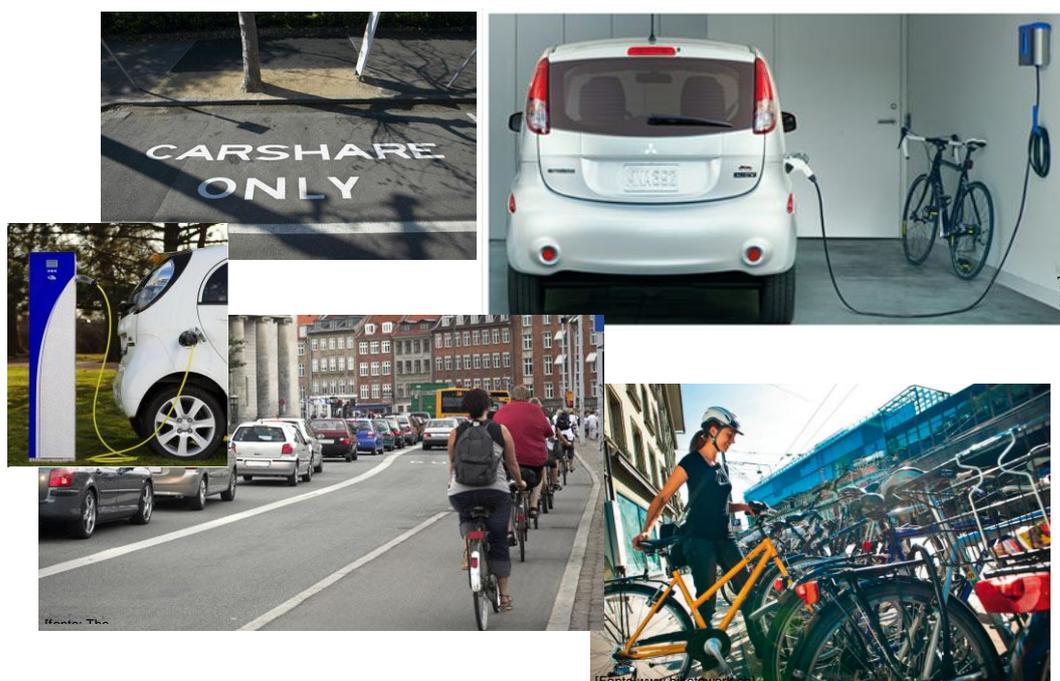
Institute for Applied Sustainability to the Built Environment

Trevano, CP 105, CH-6952 Canobbio
P +41 (0)58 666 63 51, F +41 (0)58 666 63 49

isaac@supsi.ch, www.isaac.supsi.ch
N. IVA 425.112

Progetto e-mobiliTI

Fase A – Inquadramento tematico e analisi del contesto



R.1. Review di letteratura per la descrizione delle tecnologie di mobilità elettrica

Versione 3.0

Lugano, 15.10.2012

SUPSI-ISAAC

Davide Rivola

Sommario

1. Introduzione.....	3
2. Tendenze alla base dell'elettrificazione dei trasporti.....	3
2.1. Sicurezza di approvvigionamento	3
2.2. Riduzione dell'inquinamento locale	3
2.3. Politiche globali sul cambiamento climatico	4
2.4. Miglioramenti tecnologici.....	4
3. Veicoli elettrici	6
3.1. Tipi di veicoli	6
3.1.1. HEV	6
3.1.2. PHEV.....	6
3.1.3. BEV	8
3.2. Efficienza e autonomia.....	8
4. Infrastruttura di ricarica.....	10
4.1. Ricarica normale (conduttiva)	10
4.1.1. Mode 1	10
4.1.2. Mode 2	11
4.1.3. Mode 3	11
4.1.4. Mode 4	13
4.2. Stazioni di "swap" della batteria	14
4.3. Ricarica wireless (induttiva)	15
4.4. Tendenze future in Svizzera	15
5. Mercato dei veicoli elettrici in Svizzera	16
5.1. Automobili.....	16
5.2. Scooter e moto elettriche	19
5.3. Biciclette elettriche.....	21
6. Proiezioni di penetrazione dei veicoli elettrici in Svizzera.....	22
7. Veicoli elettrici e Smart Grid	23
8. Conclusione.....	24
9. Bibliografia	25

1. Introduzione

Il progetto e-mobilità prevede una fase iniziale di preparazione. Il seguente documento intende analizzare la letteratura per l'identificazione delle tecnologie di mobilità elettrica. Lo scopo è identificare le tendenze globali relative all'elettrificazione, lo stato dell'arte della tecnologia e analizzare la situazione attuale del mercato e le previsioni future relative alla Svizzera e il Ticino.

2. Tendenze alla base dell'elettrificazione dei trasporti

L'automobile elettrica è nata a fianco dell'automobile a combustione interna. Già nel 1° maggio 1899, l'auto elettrica "Jamais Contente" di Camille Jenatton fu il primo veicolo a superare la barriera dei 100 km/h. Negli anni seguenti però l'enorme densità energetica del petrolio ebbe la meglio sulle limitate performance delle batterie al piombo-acido dell'epoca.

Questa supremazia del motore a combustione interna è continuata per tutto il ventesimo secolo relegando nell'ombra l'auto elettrica. Solo durante dei periodi di picchi momentanei del prezzo di petrolio ci sono stati dei tentativi d'introduzione della tecnologia elettrica non superando mai però la fase pilota.

Questa situazione si è protratta fino a decennio passato, quando l'emergere di alcune tendenze ha rilanciato in modo deciso l'elettrificazione del trasporto su gomma. Queste tendenze, identificate in modo chiaro dalla Banca Mondiale [1] sono descritte nei seguenti capitoli:

2.1. Sicurezza di approvvigionamento

La prima tendenza è legata alle incertezze concernenti l'approvvigionamento di combustibili fossili. I prezzi del petrolio sono in continua crescita, per l'anno 2020 si prevede una crescita a 150\$/barile rispetto ai 75\$/barile dell'anno 2010 [2]. Oltre a una tendenza alla crescita dei prezzi sul medio/lungo termine si constata anche una grande volatilità sul breve periodo dovuta all'instabilità geopolitica dei paesi produttori di petrolio.

Inoltre diversi governi, in particolare Cina e USA, sono sempre più preoccupati delle conseguenze sulla sicurezza nazionale di una dipendenza dovuta all'importazione di combustibili fossili.

Anche la Svizzera e più in particolare il Ticino, si trovano confrontati con le stesse problematiche in quanto privi di qualsiasi risorsa naturale di origine fossile.

2.2. Riduzione dell'inquinamento locale

La mobilità elettrica possiede il vantaggio di eliminare le emissioni locali dei veicoli in movimento e di concentrarle in un numero minore di punti fissi, più facili da controllare e gestire. Inoltre si riduce il rischio di aumento di emissioni dovute alle modifiche e al deterioramento dei veicoli durante il loro invecchiamento. Per migliorare la qualità dell'aria nelle aree molto urbanizzate, diverse città hanno introdotto delle misure di tassazione dell'accesso al centro urbano, tassazioni di cui tipicamente i veicoli elettrici sono esenti.

L'utilizzo di petrolio come energia primaria comporta inoltre dei rischi d'inquinamento elevato in tutte le fasi del suo ciclo di vita. Le batterie recenti (Litio-Ioni), invece, sono sigillate, riciclabili e possono essere riutilizzate in ambito stazionario alla fine del loro ciclo di vita in ambito mobile.

2.3. Politiche globali sul cambiamento climatico

Il consenso della comunità scientifica internazionale sugli effetti delle emissioni di CO₂ riguardo al cambiamento climatico è unanime, il mondo ha una finestra temporale sempre più breve in cui operare per invertire la tendenza all'aumento delle emissioni. L'anno 2017 è identificato come limite massimo per contenere l'aumento della temperatura media globale entro i 2 °C (IEA, scenario 450 [2]).

A livello mondiale si moltiplicano le iniziative per limitare tali emissioni. Più in particolare, a livello europeo, una misura molto importante che favorisce l'elettrificazione dei trasporti è l'adozione della direttiva europea No 443/2009. Quest'ultima richiede il raggiungimento di una media di emissioni di 130 g CO₂/km per la flotta di ogni singolo costruttore nel periodo 2012-2015. Il limite sarà ulteriormente abbassato a 95 g CO₂/km entro il 2020 [3].

I costruttori sono così incentivati investire in tecnologie ad alto potenziale di riduzione delle emissioni quali l'elettrificazione e l'alleggerimento dei materiali, passando dall'acciaio ai materiali compositi. Anche il governo Svizzero ha adottato una legge conforme alle direttive europee [4].

2.4. Miglioramenti tecnologici

L'elemento più importante e più costoso di un veicolo elettrico (EV) è la batteria. L'elevato costo e la bassa densità energetica delle batterie utilizzate (Pb-acido, NiMH, NiCad) sono uno dei principali motivi d'insuccesso dei tentativi passati d'introduzione degli EV.

I veicoli di ultima generazione presenti sul mercato possono però avvalersi di batterie Li-Ioni, sviluppate inizialmente per l'industria della telefonia e dell'informatica mobile. Queste batterie sono caratterizzate da un'elevata densità energetica (100-150 Wh/kg), una profondità di scarica ammessa dell'80% e un elevato numero di cicli di vita (1'000-2'000), delle caratteristiche molto favorevoli per l'industria dei trasporti.

Prendendo come riferimento il veicolo elettrico Nissan Leaf, constatiamo che il pacco batterie Li-Ioni pesa 218 kg per una capacità energetica di 24 kWh (110 Wh/kg). Le batterie sono garantite per 10 anni e 160'000 km, che corrispondono ad almeno 1'000 cariche e scariche complete (cicli di vita) [5]. A titolo di confronto se fosse stata usata la tecnologia Pb-acido, il peso delle batterie sarebbe aumentato di quattro volte, un peso eccessivo per un'automobile. Sarebbero inoltre possibili solamente 500 cicli completi, richiedendo una sostituzione più frequente delle batterie. La tecnologia Li-Ioni risulta quindi competitiva.

L'industria di produzione delle batterie Li-Ioni è però attualmente ottimizzata per la produzione di batterie molto piccole, ben inferiori ai 1'000 Wh. Le dimensioni e le capacità di stoccaggio di una batteria per EV sono molto più elevate, ca. 20 kWh. A titolo di esempio una produzione annuale di 200'000 veicoli elettrici (0.3% rispetto al totale annuo di tutti i veicoli [6]) richiederebbe 4'800 MWh di capacità di produzione annuale. Questa cifra è più grande dell'intera richiesta annuale dell'industria delle batterie per la telefonia mobile (3'000 MWh) [7]. Questo incremento massiccio permetterebbe quindi di ridurre notevolmente i costi di produzione secondo il principio della curva di apprendimento. Numerosi studi rilevano come il costo di produzione delle batterie Li-Ioni dovrebbe diminuire almeno del 50% entro il 2020, aumentandone considerevolmente la competitività rispetto alle auto ICE (Internal Combustion Engine) [1].

Nella Figura 1 sono tracciati il costo medio dei moduli fotovoltaici (\$/W, in rosso) e la capacità installata annualmente (MW, in viola). Si nota come le due curve sono inversamente proporzionali.

Nello stesso grafico sono raffigurate in tratteggiato le previsioni per le batterie Li-Ioni. Le similitudini sono evidenti. L'esperienza passata dell'industria fotovoltaica, anch'essa legata all'elettronica e alla scienza dei materiali, permette di confermare la curva di apprendimento prevista per l'industria delle batterie Li-Ioni.

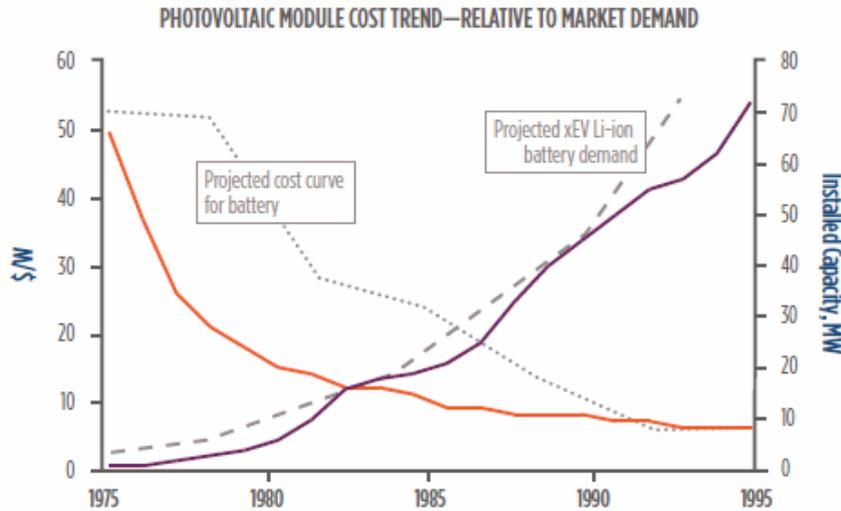


Figura 1: Previsioni riduzione dei costi delle batterie Li-Ioni comparate all'industria PV [Fonte: World Bank - 1]

Le batterie sono destinate a diventare più leggere. Nella Figura 2 constatiamo che il semplice miglioramento della tecnologia esistente potrebbe portare a un raddoppio della densità energetica entro il 2015 (200-300 Wh/kg).

Nell'orizzonte 2020-2030 si prevede l'entrata sul mercato di batterie di nuova generazione (solid-state, Li-Aria, LiS), che potrebbero aumentare ulteriormente la densità energetica raggiungendo i 500 Wh/kg. Questi miglioramenti porterebbero quindi a veicoli più leggeri, più efficienti e con maggiore autonomia.

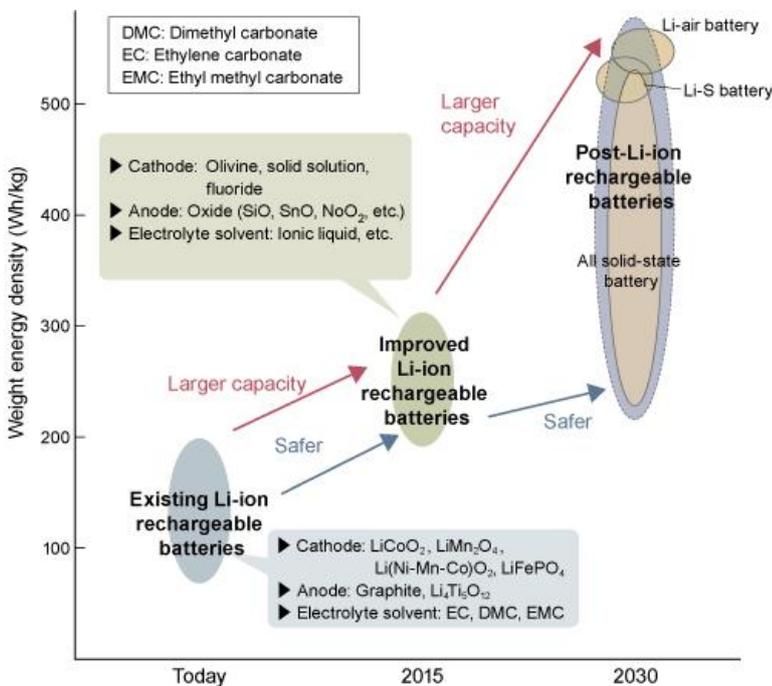


Figura 2: Target 2030 della densità energetica delle batterie: 500 Wh/kg. [Fonte: TechON - 8]

3. Veicoli elettrici

3.1. Tipi di veicoli

Un EV utilizza un motore elettrico per la trazione. I motori elettrici sono caratterizzati da leggerezza, bassi requisiti di manutenzione ed elevata efficienza. Si distinguono alcune categorie principali di EV a dipendenza della presenza o meno di un motore a combustione interna e dall'interazione tra i due motori. Queste definizioni non sono specifiche alle automobili ma possono essere applicate a tutti i tipi di veicoli.

3.1.1. HEV

Un veicolo elettrico ibrido (HEV) è un veicolo che dispone di un sistema di propulsione combinato elettrico / combustione interna (ICE). In un sistema ibrido l'aggiunta di un piccolo motore elettrico e di una piccola batteria permette di aumentare l'efficienza di un ICE convenzionale. Durante la frenata l'energia cinetica è immagazzinata nella batteria e usata per assistere il motore termico durante l'accelerazione usando un motore elettrico in parallelo. Il sistema è anche denominato "ibrido in parallelo". Le batterie del veicolo non possono essere caricate da una fonte esterna di energia elettrica, non disponendo di una presa elettrica. Il concetto non è per niente nuovo (il primo veicolo ibrido fu realizzato già nel 1900 da Pieper, un costruttore belga [8]) ma ebbe un vero successo commerciale solamente nel 1997 con il lancio del veicolo Toyota Prius.

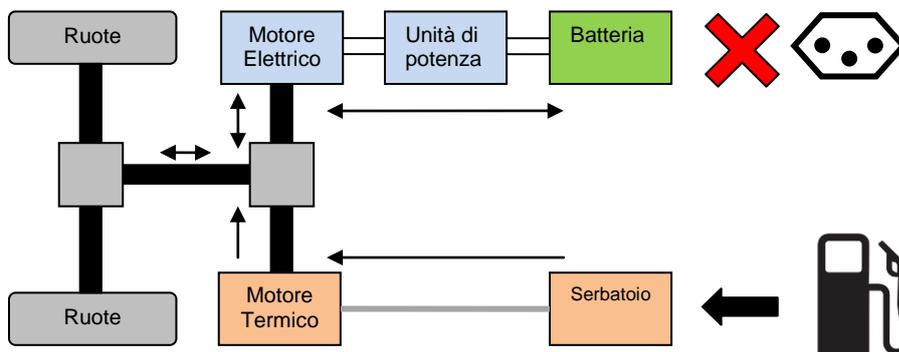


Figura 3: Schema di un veicolo ibrido parallelo, il combustibile fossile è l'unica fonte energetica

3.1.2. PHEV

Un veicolo elettrico ibrido plug-in (PHEV) è un HEV che dispone di una presa elettrica. Il motore elettrico di questi veicoli non fornisce unicamente un'assistenza al motore termico, ma può agire da sistema principale di propulsione. I PHEV permettono quindi di fornire una distanza di autonomia con trazione puramente elettrica. Quando la batteria scende sotto un valore limite di carica, l'ICE a bordo del veicolo si attiva fornendo trazione meccanica (ibrido in parallelo) oppure generando energia elettrica per la ricarica della batteria e l'alimentazione della propulsione elettrica (ibrido in serie). Alla fine del tragitto la batteria può essere ricaricata completamente collegando il veicolo alla rete elettrica. Tipicamente un PHEV dispone un'autonomia elettrica pura abbastanza limitata (15-50 km). Il motivo di questa autonomia limitata è dato dal fatto che la maggior parte dei tragitti giornalieri può essere coperta grazie a quest'autonomia e che l'utilizzo di una batteria piccola permette di limitare l'aumento dei costi derivanti dall'aggiunta della trazione elettrica.

Spesso i modelli sono differenziati con varie sigle, tipicamente si tende a separare i modelli per autonomia: PHEV-20, PHEV-30, PHEV-40; dove il numero indica le miglia di autonomia percorribili in modalità elettrica pura. Inoltre i modelli con elevate autonomie e propulsione elettrica ibrida seriale vengono anche definiti come REEV, veicoli elettrici con range extender.

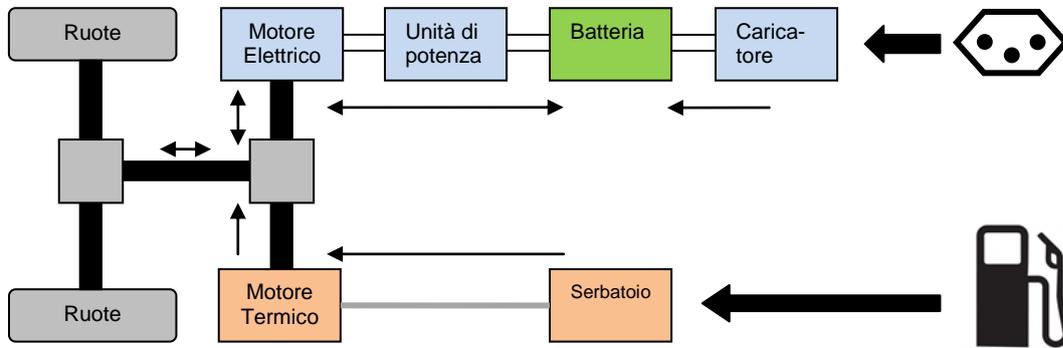


Figura 4: Schema di un veicolo ibrido plug-in parallelo, due fonti energetiche (fossile e elettrico) e accoppiamento meccanico tra i due motori (termico e elettrico) e le ruote

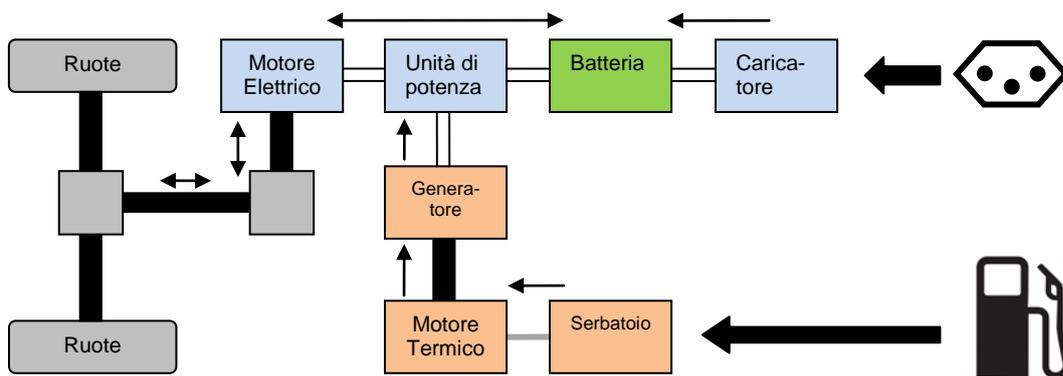


Figura 5: Schema di un veicolo ibrido plug-in seriale (Range Extended EV), due fonti energetiche (fossile e elettrico) ma accoppiamento meccanico solo tra motore elettrico e le ruote

3.1.3. BEV

Un veicolo elettrico a batteria (BEV) è un veicolo elettrico alimentato unicamente da una batteria ricaricabile. È anche chiamato “EV puro” perché non dispone di un ICE e nessun combustibile fossile è utilizzato. I BEV sono molto semplici e dispongono di un numero ridotto di parti mobili, con una trazione diretta tra ruote e motore. Per il momento l’inconveniente principale di questi veicoli è che, senza ICE a bordo, l’autonomia è data unicamente dalla batteria. Attualmente questa autonomia è di 100-150 km nei veicoli commerciali esistenti. Solo alcuni modelli “premium” dispongono di autonomie di 300-400 km.

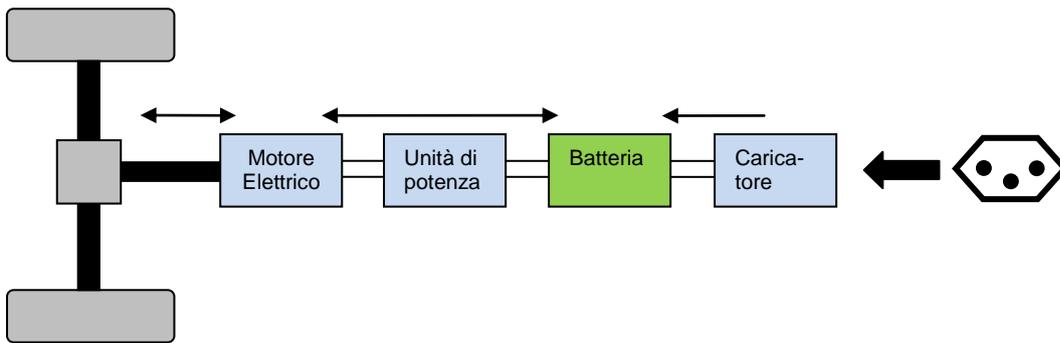


Figura 6: Schema di un veicolo elettrico a batteria (BEV)

3.2. Efficienza e autonomia

Per confrontare differenti tecnologie è importante considerare l'uso di energia primaria. In Figura 7 un veicolo ICE è stato confrontato con un veicolo EV [9]. Assumendo che l'elettricità è generata da una centrale a petrolio tutte le conversioni di energia e le rispettive perdite sono considerate. Questo tipo di analisi è chiamato “well-to-wheels”. L'EV è più efficiente in queste analisi, con un valore all'incirca doppio.

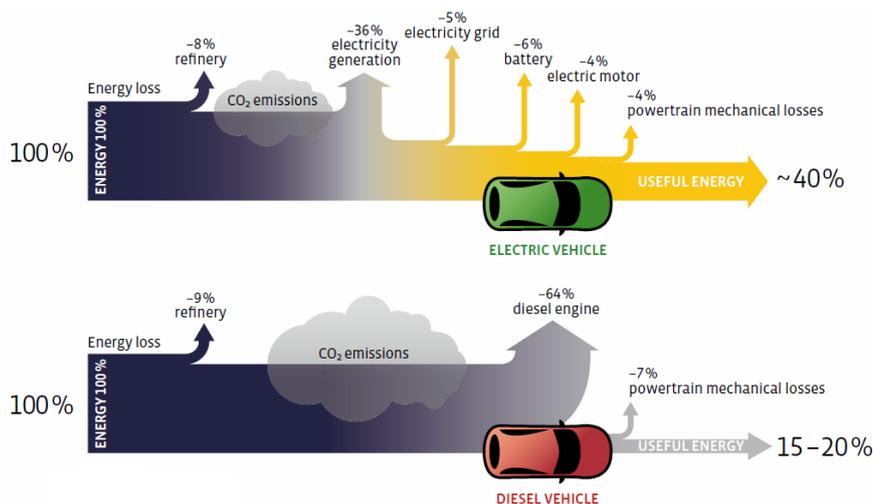


Figura 7: Comparativo Well-to-wheels [Fonte: Alpiq - 9]

In un veicolo a combustione interna una parte del calore emesso dal motore è recuperata e utilizzata per il riscaldamento e la climatizzazione del veicolo. L'efficienza del veicolo è quindi poco

influenzata dalla temperatura esterna. In un veicolo elettrico invece l'energia necessaria per il riscaldamento e la climatizzazione deve essere fornita direttamente dalla batteria influenzando l'autonomia reale del veicolo.

Dato che l'energia contenuta in una batteria di un EV non è elevata (20 kWh corrispondono circa a 2 litri di benzina), l'impatto sull'autonomia può essere considerevole. Uno studio in condizioni reali del TCS ha constatato un impatto di circa 15% per delle temperature esterne di 10°C e 30°C rispetto a una temperatura di riferimento di 20 °C [10]. Altri studi stimano un impatto fino al 30% per delle differenze di temperature più elevate (-6.7 °C / 35 °C) [11].

I futuri modelli di EV mitigheranno questi effetti climatici tramite dei sistemi di riscaldamento più efficienti (micro-pompe di calore) e delle batterie realizzate con composti chimici meno sensibili alla temperatura [12].

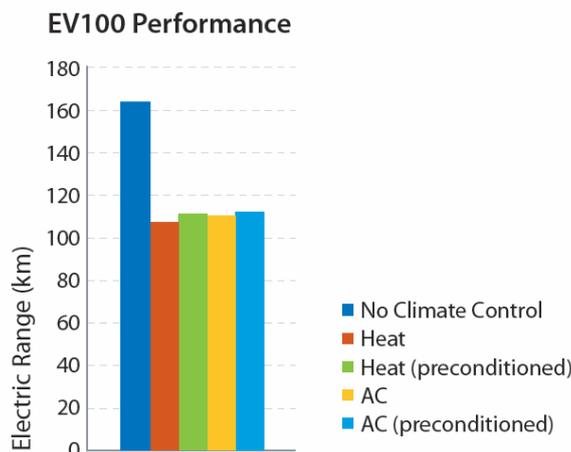


Figura 8: Effetto della climatizzazione di un veicolo sull'autonomia (-6.7 °C (Heat) / 20°C / 35°C (AC)) [Fonte: NREL - 11]

Bisogna inoltre considerare che l'autonomia delle batterie all'acquisto di un veicolo si ridurrà con il tempo e l'utilizzo. Questi fenomeni sono definiti:

- "calendar life": il periodo in cui una batteria inutilizzata si degraderà fino a raggiungere l'80% della capacità iniziale;
- "cycle life": il numero di cicli di scarica/carica che una batteria può supportare fino a raggiungere l'80% della capacità iniziale.

Considerando che gli EV disponibili sul mercato usano delle batterie Li-Ioni, bisognerebbe considerare 1000-200 cicli di carica per una durata massima di 10 anni allo stato attuale della tecnica. Questi dati si riscontrano nelle garanzie dei costruttori. Per esempio l'EV Mitsubishi i-MiEV è fornito con una garanzia di 8 anni / 160'000 km sulla parte batterie [13]. Anche il veicolo Nissan Leaf ha una garanzia simile (10 anni / 160'000 km) [5].

Un EV usato potrebbe quindi avere un'autonomia minore del 20% rispetto a un veicolo nuovo. Questo effetto sull'autonomia del veicolo sarà mitigato in futuro grazie a nuove generazioni di batterie caratterizzate da più alta densità energetica e una migliore durata di vita.

Un ultimo aspetto da considerare è l'auto-scarica della batteria. Una batteria inutilizzata tenderà a scaricarsi da sola. Questo è dovuto sia a dei processi chimici interni sia al consumo dovuto ai circuiti elettronici di protezione della batteria. Per una batteria Li-Ioni questo valore si aggira a 5% di scarica ogni mese; un valore che non comporta delle modifiche significative al proprio comportamento rispetto a un veicolo termico.

4. Infrastruttura di ricarica

Qualsiasi auto elettrica necessita di ricaricare regolarmente la propria batteria, esattamente come un veicolo a benzina necessita di riempire regolarmente il proprio serbatoio.

Per i veicoli a combustione l'operazione è molto semplice e rapida, basta recarsi alla più vicina pompa di benzina, inserire l'ugello della pompa nel portello del serbatoio e in pochi minuti l'automobile è pronta a percorrere centinaia di chilometri. Non importa quale sia la marca del veicolo o del distributore di benzina, tutti i veicoli e le pompe dispongono dello stesso foro e ugello standardizzato.

Teoricamente il concetto di ricarica è molto semplice anche per l'auto elettrica, basta collegare l'automobile alla rete elettrica per caricare il veicolo. In pratica però la ricarica di un veicolo elettrico è ancora molto complessa. Esistono infatti diversi tipi di prese, cavi spesso incompatibili tra di loro.

Inoltre questi metodi di ricarica sono normalmente molto lenti rispetto a un'auto a benzina (si parla generalmente di ore). Il tempo di ricarica diventa inoltre un fattore critico dato che l'attuale autonomia delle batterie richiede un numero molto più frequente di ricariche rispetto ai veicoli termici.

Cerchiamo quindi di spiegare brevemente le possibilità di ricarica di un veicolo elettrico.

4.1. Ricarica normale (conduttiva)

Il metodo normale di ricarica di un veicolo elettrico è il collegamento tramite dei cavi elettrici a una presa o stazione di carica collegata alla rete elettrica. I diversi sistemi di questo tipo di ricarica vengono distinti a dipendenza delle loro modalità operative, definite anche "mode" [14].

4.1.1. Mode 1

Il Mode 1 è stato il primo metodo diffuso per caricare i veicoli elettrici. Consiste in una ricarica a corrente alternata (AC) tramite una presa nazionale classica o una "presa CEE". Non è prevista nessuna comunicazione tra punto d'erogazione d'energia (presa) e veicolo. Il caricatore del veicolo è installato a bordo veicolo.



Figura 9: Presa nazionale Svizzera, T13



Figura 10: Presa Europea CEE 16

Il veicolo dispone di un cavo con una semplice presa, come se fosse un elettrodomestico qualsiasi. In questo modo può essere collegato a qualsiasi presa elettrica. A prima vista questo metodo sembra molto semplice e funzionale ma ha numerosi svantaggi:

- la sicurezza elettrica non è garantita, ci sono rischi maggiori di elettrocuzione in caso di malfunzionamenti;
- usura dei connettori a causa degli archi elettrici che possono essere generati;
- non c'è nessuna comunicazione tra veicolo e la presa, il veicolo non può sapere se sta superando la potenza massima erogabile dalla presa.

Questo metodo è quindi in disuso sui nuovi veicoli elettrici. È utilizzato ancora unicamente per i veicoli che hanno delle richieste di potenza molto contenute, tipo gli scooter cittadini o alcune bici elettriche.

4.1.2. Mode 2

Il sistema Mode 2 è stato ideato come soluzione per caricare gli autoveicoli elettrici che dispongono di un sistema di ricarica Mode 3 (descritto nel capitolo seguente) quando non è disponibile una stazione di carica di questo tipo.

In pratica è un adattatore che permette di collegare un'auto con presa Mode 3 a una normale presa elettrica (Mode 1).

Si tratta di un cavo che dispone di una presa Mode 3 da un lato e una presa Mode 1 dall'altro lato. A metà del cavo è installato un dispositivo "In-Cable-Control-Box" (ICCB), che comunica con il veicolo e abilita la carica a una corrente che può essere supportata dalla maggior parte delle prese nazionali (tipicamente 8A o 10A).

Il sistema è relativamente scomodo da utilizzare e i tempi di ricarica sono più lunghi (10-12 ore) ma la possibilità di poter ricaricare il veicolo in ogni situazione è insostituibile. Attualmente ogni veicolo Mode 3 venduto sul mercato è fornito con un cavo Mode 2.



Figura 11: Adattatore Mode 2

4.1.3. Mode 3

Per migliorare la sicurezza della ricarica del veicolo è stato ideato il sistema Mode 3. Il veicolo dotato di sistema Mode 3 è caricato utilizzando una presa destinata a questo scopo ("dedicated"). È prevista una comunicazione tra punto di erogazione energia (presa) e veicolo. Come il Mode 1, il caricatore è a bordo veicolo e viene utilizzata una corrente alternata (AC). La stazione di erogazione di energia è anche definita "Electric Vehicle Supply Equipment" (EVSE).

Il sistema ha le caratteristiche seguenti:

- la presa (e la spina) non sono alimentate al momento del collegamento. L'energia elettrica viene erogata unicamente dopo che una serie di verifiche di sicurezza del veicolo e della stazione di carica sono state effettuate;
- tramite il sistema di comunicazione la stazione di carica può comunicare al veicolo la potenza massima erogabile. Questo permette l'utilizzo della potenza massima riducendo i tempi di ricarica e aumentando la sicurezza elettrica del collegamento.

Il sistema Mode 3 dispone di tre formati di presa diversi:

- Mode 3 – Tipo 1: Proposta da USA e Giappone (AC monofase 32A);
- Mode 3 – Tipo 2: Proposto da Germania (AC trifase 63A);
- Mode 3 – Tipo 3: Proposto da Francia e Italia (AC trifase 32A).

Questi tre tipi di prese sono meccanicamente diverse ma i fili e i segnali sono compatibili. È quindi possibile utilizzare un'auto con presa Tipo 1 su una colonnina Tipo 2 tramite un apposito adattatore.



Figura 12: Mode 3 Tipo 1



Figura 13: Mode 3 Tipo 2



Figura 14: Mode 3 Tipo 3

La velocità di carica in Mode 3 dipende dalla potenza massima erogabile dalla stazione di ricarica e dalla potenza massima del caricatore interno dell'automobile.

A titolo di esempio i veicoli venduti sul mercato dispongono di caricatori monofase 230V/16A – 3.6 kW. La ricarica di un veicolo avviene in 6-8 ore.

Questi tempi possono però essere ridotti drasticamente con dei caricatori più potenti. A questo proposito si segnala la prossima uscita di veicoli dotati di caricatori Mode 3 trifase 400V/32A - 22kW (Smart ED e Renault Zoe). La ricarica di un veicolo simile può avvenire in un'ora se è collegato a una stazione di ricarica adatta.

La stessa presa permette quindi due tipi di ricarica a dipendenza delle caratteristiche tecniche del caricatore e della stazione di carica:

- una ricarica lenta a casa (durante la notte) o al lavoro (durante il giorno) (Figura 15);
- una ricarica veloce per i tragitti giornalieri (parcheggi pubblici) (Figura 16).



Figura 15: Stazione domestica Mode 3 (Fonte: Protoscar)



Figura 16: Stazione pubblica Mode 3 (Fonte: Protoscar)

4.1.4. Mode 4

Il Mode 4 si differenzia dalle altre modalità. In questo caso non è utilizzato il caricatore a bordo del veicolo ma si usa un caricatore esterno ad alta potenza simile all'apparenza a una pompa di benzina (Figura 17).



Figura 17: Mendrisio, prima stazione CHAdeMO (Mode 4) in Ticino. Nectar / EVite [19]

Tramite un connettore apposito è realizzata una connessione diretta a corrente continua (DC) tra la batteria del veicolo e il caricatore esterno. Durante la carica la batteria del veicolo controlla il caricatore esterno in modo da garantire una carica efficace e sicura.

Questo sistema sembra complesso ma permette delle velocità di carica molto elevate. Attualmente i veicoli venduti sul mercato possono essere ricaricati all'80% in 30 minuti. In futuro questi tempi potrebbero essere ridotti a 5-15 minuti migliorando la tecnologia delle batterie e installando dei sistemi di raffreddamento adeguati nel veicolo.

Sul mercato esiste al momento solo un sistema Mode 4. Si tratta di un de facto standard ideato in Giappone, nominato "CHAdeMO". Alcune automobili presenti sul mercato Svizzero ne sono dotate (Mitsubishi i-MiEV, Nissan Leaf).

Nel frattempo è stato proposto uno standard a livello Europeo, il sistema Combo Tipo 2. L'idea del sistema Combo, come suggerisce il nome, è di dotare i veicoli elettrici di un unico connettore universale che possa essere compatibile meccanicamente con il sistema Mode 3 e Mode 4. Questa funzionalità non è invece presente sul sistema CHAdeMO.

Il sistema Combo Tipo 2 non è ancora disponibile, perché lo standard non è ancora stato finalizzato.



Figura 18: Sistema CHAdeMO (standard de-facto Giapponese)

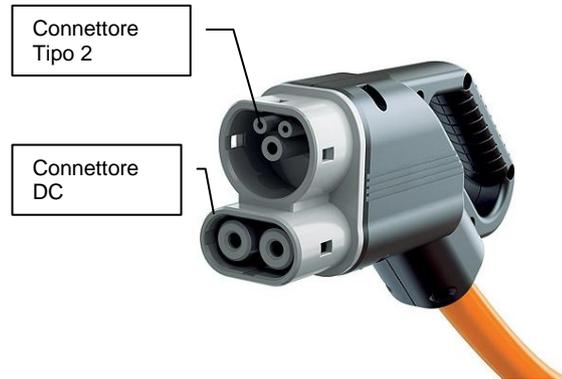


Figura 19: Sistema Combo Tipo 2 (standard proposto per l'Europa)

4.2. Stazioni di "swap" della batteria

Una soluzione alternativa al sistema di carica normale è quella adottata dalla startup "Better Place" [15]. L'obiettivo è garantire dei tempi di ricarica simili a quelli di una pompa di benzina. Il sistema ideato da Better Place prevede la sostituzione automatizzata del pacco batteria esaurito con un pacco batteria carico. L'auto entra in una stazione simile a un autolavaggio e un robot sostituisce la batteria in meno di 5 minuti.

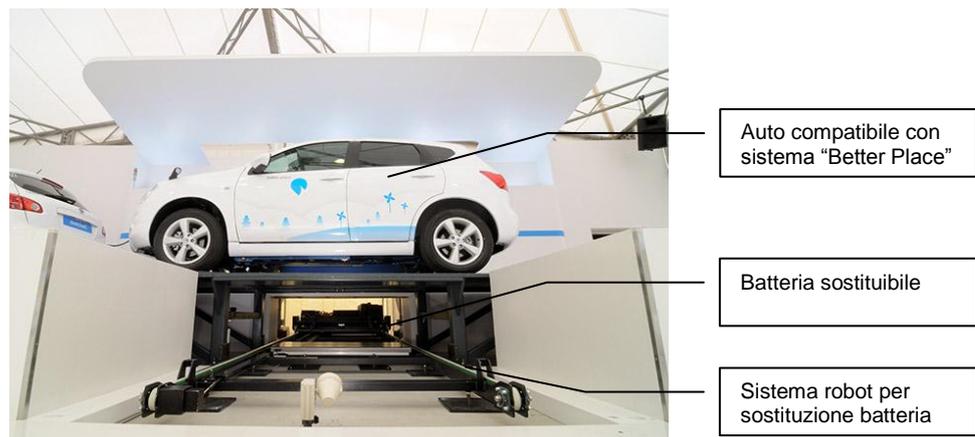


Figura 20: Stazione dimostrativa di "swap" batteria [Fonte: Better Place - 15]

Il concetto Better Place si ispira al modello della telefonia mobile. L'utente acquista l'automobile senza la batteria. Better Place fornisce un pacchetto annuo che comprende l'uso delle batterie e delle stazioni di carica domestiche e pubbliche per un determinato numero di chilometri.

Attualmente solo un costruttore di automobili, Renault, ha accettato di rendere i propri veicoli compatibili con il sistema di sostituzione di batteria. Una rete di stazioni è già stata realizzata in Israele e Danimarca.

Marco Piffaretti di Protoscar, identifica alcune criticità di questo approccio (R.2. - Caratterizzazione del sistema della mobilità del Luganese, allegato 1):

- non è facile realizzare una standardizzazione dei pacchi batterie;
- è difficile raggiungere la massa critica necessaria al buon funzionamento di questo approccio.

4.3. Ricarica wireless (induttiva)

Il sistema di ricarica wireless non richiede nessun cavo. Nel suolo del parcheggio è integrato un trasmettitore che permette di trasferire l'energia elettrica a un ricevitore installato nel veicolo senza alcun contatto. L'utente deve semplicemente parcheggiare il veicolo sopra la bobina e il processo di ricarica avviene automaticamente. La velocità di ricarica è di circa 6-8 ore. Il sistema non è ancora disponibile commercialmente ma è in fase di sperimentazione presso le università e i fabbricanti di automobili [16].

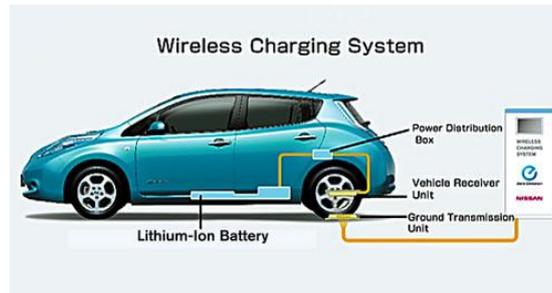


Figura 21: Sistema di carica wireless [Fonte: Nissan]

4.4. Tendenze future in Svizzera

Attualmente in Svizzera sono installate delle colonnine pubbliche di ricarica di tipo Mode 1 (prese Svizzere e CEE) [17]. Nei prossimi anni queste colonnine dovranno essere convertite al Mode 3 per supportare le automobili di nuova generazione.

Purtroppo attualmente non è ancora stato scelto uno standard di presa unica a livello Svizzero o Europeo. Alcune comunicazioni recenti fanno però pensare che a livello europeo si imporrà la presa Mode 3 - Tipo 2. Importante è stata la decisione dell'Association des Constructeurs Européens d'Automobiles (ACEA), la quale ha stabilito che dal 2017 tutti i veicoli disponibili in Europa dovrebbero essere dotati di una presa Mode 3 - Tipo 2 [10].

Si può quindi ipotizzare che la presa Mode 3 - Tipo 2 si imporrà nel mercato Europeo. Questa presa ha inoltre il vantaggio di poter supportare potenze sufficienti per ricaricare un veicolo moderno in meno di un'ora.

A livello di carica rapida DC (Mode 4) il discorso è ancora aperto. Il sistema Giapponese, CHAdeMo, continua a diffondersi gradualmente in Giappone e nel resto del mondo (Figura 22).

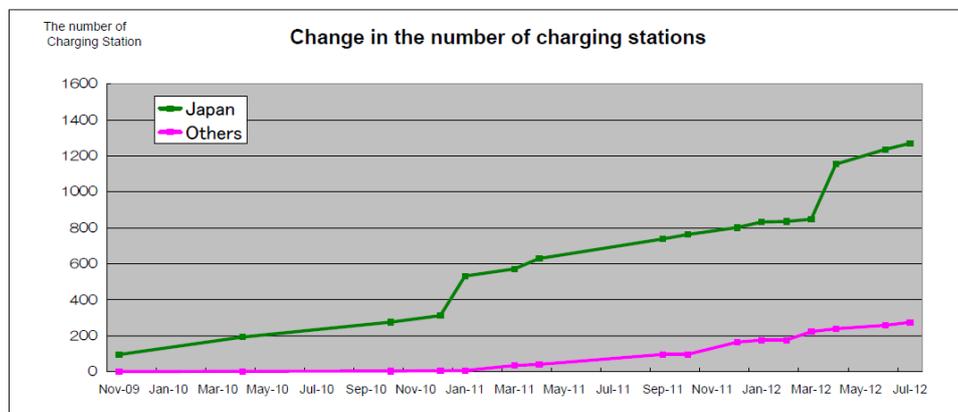


Figura 22: Installazione di stazioni CHAdeMO [Fonte: CHAdeMo - 18]

D'altra parte il sistema Combo Tipo 2 è promosso da ACEA [10] per il mercato europeo. Non esistono però ancora stazioni o automobili dotate di questa presa perché lo standard è ancora in discussione.

È difficile prevedere l'evoluzione del Mode 4. Questo sistema è utile per i tragitti a lunga percorrenza. Non è normalmente necessario per l'uso giornaliero di un veicolo giornaliero. Rispetto al Mode 3 il numero delle stazioni sarà probabilmente molto minore. Questi standard potrebbero quindi coesistere per diversi anni prima che sia adottato un sistema unico.

Un recente esempio di questa convivenza è il progetto Svizzero EVite [19]. Questo progetto realizzerà la prima rete di stazioni di carica rapida in Svizzera. Le stazioni sono dotate di due standard di carica in modo da poter rifornire tutte le automobili elettriche esistenti sul mercato: una presa è Mode 3 – Tipo 2, l'altra è Mode 4 – CHAdeMO.

Nell'immediato futuro non si prevede invece l'introduzione del sistema Better Place in Svizzera. Questa startup ha investito enormi risorse per i suoi mercati pilota (Israele e Danimarca) e sul breve termine difficilmente si espanderà in altre nazioni. Inoltre il mercato elettrico Svizzero, molto frammentato, non facilita la diffusione di un modello simile che richiede accordi tra i diversi attori sul mercato.

La carica wireless rimane per il momento destinata alla ricerca e bisognerà attendere ancora alcuni anni perché sia lanciata sul mercato e si possano definire degli standard per questa tecnologia.

5. Mercato dei veicoli elettrici in Svizzera

5.1. Automobili

Il mercato Svizzero di veicoli elettrici è stato caratterizzato fino all'anno scorso dalla presenza di veicoli prodotti in piccole serie. Si trattava principalmente di conversioni di veicoli termici (Renault Twingo MES-DEA, Citroen Saxo Electrique, Peugeot 106 Electrique). In alcuni casi erano invece dei quadricicli leggeri (Twike, SAM EV II) realizzati da piccoli produttori.

Questi veicoli erano caratterizzati da motori di potenza limitata e da batterie a bassa densità energetica (NiCad, NiMH) o con forte auto-scarica (Zebra). Unica eccezione è data dalla recente introduzione nel mercato del veicolo Tesla Roadster, dotato di batterie Li-Ioni con prestazioni molto migliori (200 km/h, 350 km di autonomia). Il prezzo di questo veicolo, superiore ai 100'000 CHF limita tuttavia la sua accessibilità a una piccola fetta di consumatori.



Figura 23: Twingo MES-DEA (prodotta in Ticino)



Figura 24: Veicolo leggero Twike

Il 2011 è stato invece un anno importante, caratterizzato dal lancio sul mercato di veicoli elettrici da parte dei grandi costruttori di automobili: Mitsubishi MiEV, Peugeot iOn, Citroen C-zero, Nissan Leaf. Allo stesso tempo molti costruttori hanno annunciato la disponibilità di diversi modelli per il

2012 (Smart ED, Renault Zoe, Fluence e Twizy, Opel Ampera, Toyota Prius Plug-In) o il lancio di nuovi modelli previsti per il periodo 2013/2014.



Figura 25: Nissan Leaf



Figura 26: Mitsubishi i-MiEV

La tabella seguente riassume i dati più importanti dei modelli disponibili:

Marca	Modello	Potenza [kW]	Vel. Max [km/h]	Autonomia [km]	Tipo	Tipo Batteria	Capacità [kWh]	Consumi in EV [Wh/km]	Prezzo [CHF]
Chevrolet	Volt	111	160	60	PHEV	Li-Ion	16	169	50'490
Fisker	Karma	300	200	80	PHEV	Li-Ion	20	235	129'900
Opel	Ampera	111	160	60	PHEV	Li-Ion	16	169	52'900
SwissCleanDrive	500 phev	N/A	160	22	PHEV	Li-Ion	N/A	N/A	62'640
Toyota	Prius Plug-In	60	180	23	PHEV	Li-Ion	5	220	N/A
Kamoo	Elektra	30	120	140	EV	Zebra	21	N/A	32'980
Mitsubishi	i-MiEV	49	130	150	EV	Li-Ion	16	125	32'990
Nissan	Leaf	80	145	175	EV	Li-Ion	24	173	50'600
Renault	Fluence	70	135	185	EV	Li-Ion	22	119	30'600 + 95/mese
Renault	Zoe	65	135	210	EV	Li-Ion	22	105	22'800 + 95/mese
Renault	Twizy	15	80	100	EV	Li-Ion	6	63	9'600 + 60/mese
Smart	ED	55	125	145	EV	Li-Ion	18	120	29'900
Think	City	25	110	160	EV	Li-Ion	23	135	34'900
Tesla	Roadster	225	200	340	EV	Li-Ion	56	170	118'300
Tesla	Model S	270	200	480	EV	Li-Ion	85	190	N/A (~100'000)

Tabella 1: Lista di modelli d'auto disponibili o immessi sul mercato a breve

Si può constatare come l'approccio dei costruttori sia stato nella maggioranza dei casi di tipo sostitutivo, la motorizzazione termica è stata sostituita con una motorizzazione elettrica mantenendo design, confort, prestazioni e accessori equivalenti alla classe del veicolo. Anche nei

casi in cui il veicolo è stato sviluppato per essere completamente elettrico (Renault Zoe, Nissan Leaf), è stato mantenuto il design tipico di un veicolo termico. Unica eccezione è il quadriciclo Renault Twizy, un veicolo che si trova nell'intersezione tra un'automobile e un motociclo, per il quale sono state sfruttate appieno le potenzialità e la flessibilità offerte da una motorizzazione elettrica: un motore molto compatto e una flessibilità di forma del pacco batterie.



Figura 27: Veicolo elettrico leggero Renault Twizy

La tendenza attuale è l'utilizzo della tecnologia Li-Ioni, con una capacità di 20 kWh e un'autonomia di 150 km. Commercialmente l'approccio di vendita è tradizionale, l'auto è venduta con il pacco batteria offrendo una garanzia più elevata (4-5 anni) sulla parte elettrica (batteria, caricatore ed elettronica di potenza). Per il momento solamente Renault si distingue da questo approccio puntando sul noleggio della batteria a dei prezzi contenuti (60-95 CHF/mese). Ciò permette di abbassare il prezzo iniziale di acquisto del veicolo a dei valori simili alla categoria a cui appartengono (veicoli ICE).

Se si analizzano i dati dei veicoli elettrici immatricolati a livello Svizzero, si può constatare come l'impegno mostrato recentemente dai grandi costruttori ha avuto un effetto deciso sul numero di veicoli immatricolati. Nel 2011 il numero di veicoli immatricolati ha superato per la prima volta la soglia delle 1000 unità, registrando un incremento del 57% rispetto al 2010. Un dato molto indicativo se si pensa che il mercato sia rimasto stagnante per oltre vent'anni.

Il numero totale di autoveicoli elettrici registrati in Svizzera nel 2011 era di 1044, raggiungendo il massimo storico. Questa cifra rappresenta per il momento unicamente lo 0.25‰ del parco autoveicoli della Svizzera (4'162'959 nel 2011) [19].

Il caso ticinese è molto interessante: osservando la Figura 28 possiamo constatare il deciso effetto dovuto al progetto pilota VEL1 a Mendrisio. Questo progetto ha sovvenzionato l'acquisto di veicoli elettrici e ha permesso l'installazione di una fitta rete di colonnine pubbliche per la ricarica. Nel 2002 il numero di veicoli per abitante era cinque volte superiore alla media Svizzera. Al termine del progetto però il numero dei veicoli tende a diminuire e bisogna attendere il 2011 per registrare un'inversione di tendenza.

Il Vallese, con i suoi villaggi turistici di montagna senz'auto (Zermatt, Riederalp, etc.) registra un numero di veicoli ben superiore alla media Svizzera. Caso particolare è il Canton Zugo, che registra un aumento importante tra il 2010 e il 2011.

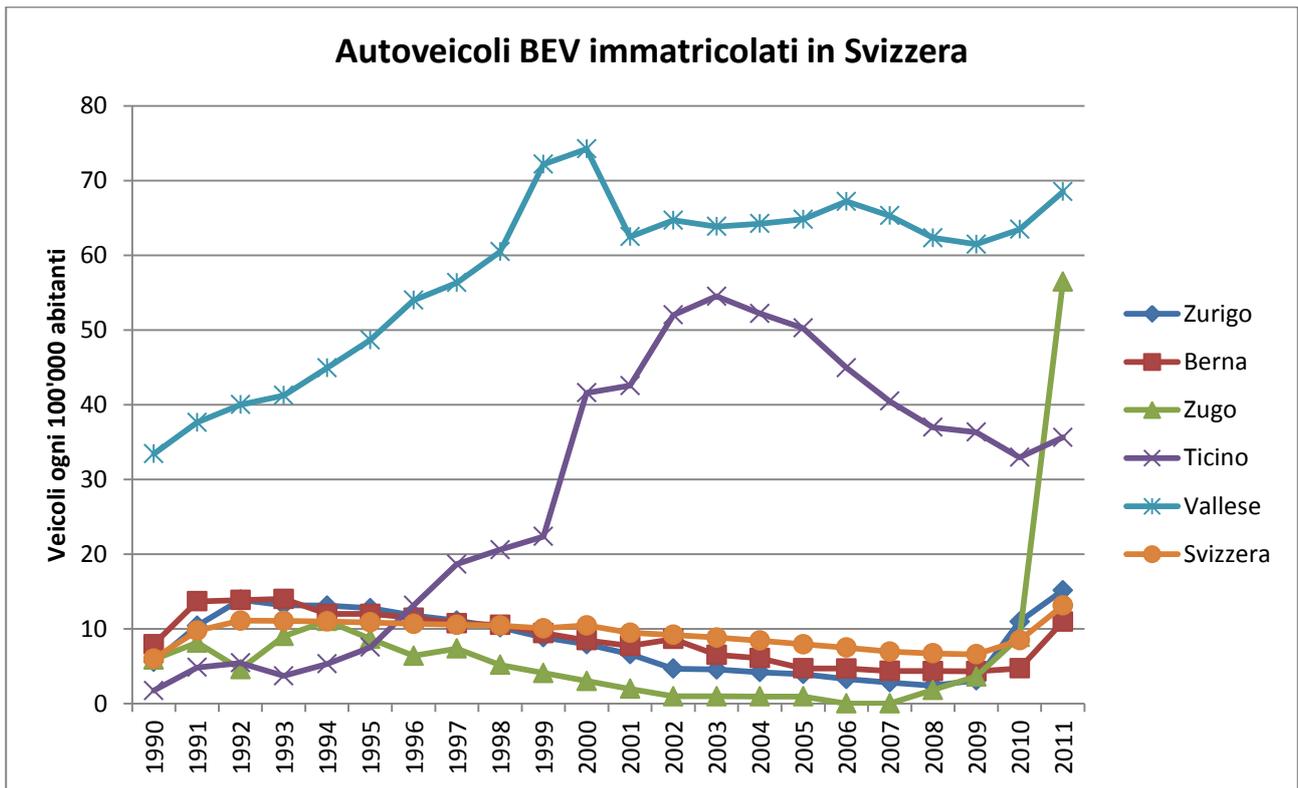


Figura 28: Numero di autoveicoli elettrici immatricolati ogni 100'000 abitanti [Fonte: Ufficio Federale di Statistica - 20]

5.2. Scooter e moto elettriche

La tecnologia EV è applicabile anche ai motocicli e in particolare agli scooter cittadini. Questa categoria di veicoli è caratterizzata da un uso prettamente urbano con delle distanze giornaliere limitate. Negli ultimi anni sono stati introdotti diversi modelli di scooter elettrici dotati di batterie Li-Ioni con un'autonomia di circa 50 km. Diversi modelli dispongono anche di un caricatore integrato che permette di ricaricare il veicolo nell'arco di 2-3 ore con una semplice presa elettrica (Mode 1).

I modelli disponibili sul mercato sono di piccoli costruttori specializzati. I grandi costruttori sono ancora un po' esitanti, solamente Peugeot ha lanciato in giugno il suo scooter cittadino elettrico, e-vivacity [21]. Altri costruttori, come Honda, Smart e BMW hanno annunciato l'uscita sul mercato di scooter elettrici solo nei prossimi anni.



Figura 29: Peugeot e-vivacity



Figura 30: Govecs Go! 3.4



Figura 31: Zero Motorcycles ZERO S ZF9

Una novità degli ultimi anni sono invece le moto da strada elettriche. I costruttori in questo campo sono principalmente statunitensi, possiamo citare per esempio Brammo (non ancora entrato nel mercato Europeo) e Zero Motorcycles (già entrato sul mercato Svizzero). Rimane ancora un'incognita se questo tipo di veicoli sarà accettato da un mercato legato al tempo libero e a grandi percorrenze giornaliere e con utenti appassionati ai motori termici.

Confrontando i dati delle immatricolazioni totali dei motocicli elettrici (scooter e moto) rispetto agli autoveicoli elettrici (Figura 32) si possono constatare alcune similitudini. Dopo una fase di crescita agli inizi degli anni Novanta è seguita una fase di stagnazione. A differenza degli autoveicoli non è però avvenuto un declino, anzi si nota un aumento relativamente costante fino a una recente accelerazione nell'adozione di questi veicoli. Questo cambiamento recente corrisponde all'introduzione dei moderni veicoli dotati di batterie Li-Ioni, più leggere e performanti.

I motocicli elettrici riscuotono quindi un successo più ampio rispetto agli autoveicoli elettrici. In sintesi questo è probabilmente dovuto a una maggiore offerta di modelli, autonomie pienamente sufficienti per un uso urbano e una barriera di prezzo iniziale più bassa.

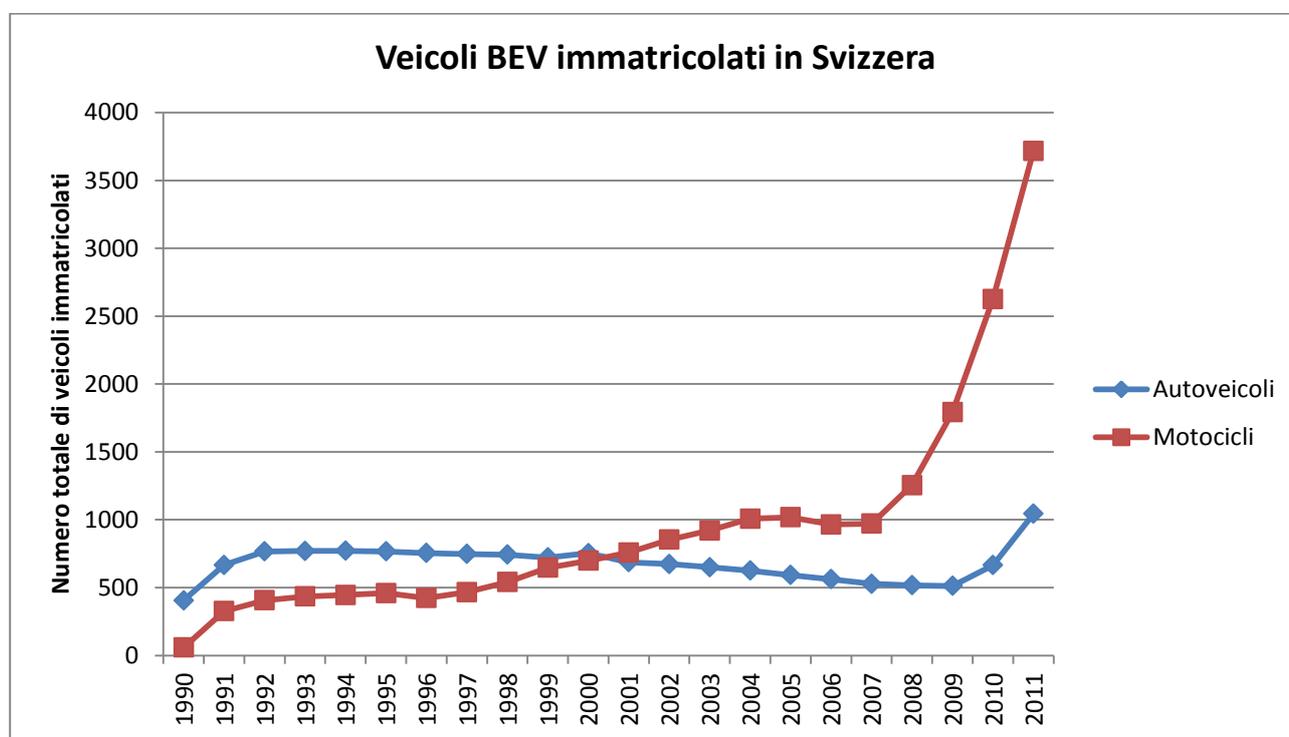


Figura 32: Numero totale di veicoli elettrici immatricolati in Svizzera [Fonte: Ufficio Federale di Statistica - 20]

Se osserviamo i dati dei motocicli relativi ai cantoni più significativi (Figura 33) si nota l'assenza del Vallese, probabilmente perché questa categoria non è adatta ai villaggi turistici senz'auto menzionati precedentemente. Anche in questo caso si constata l'effetto progetto VEL in Ticino. Inoltre un'ascesa molto marcata del Canton Berna rispetto alla media nazionale è ben visibile.

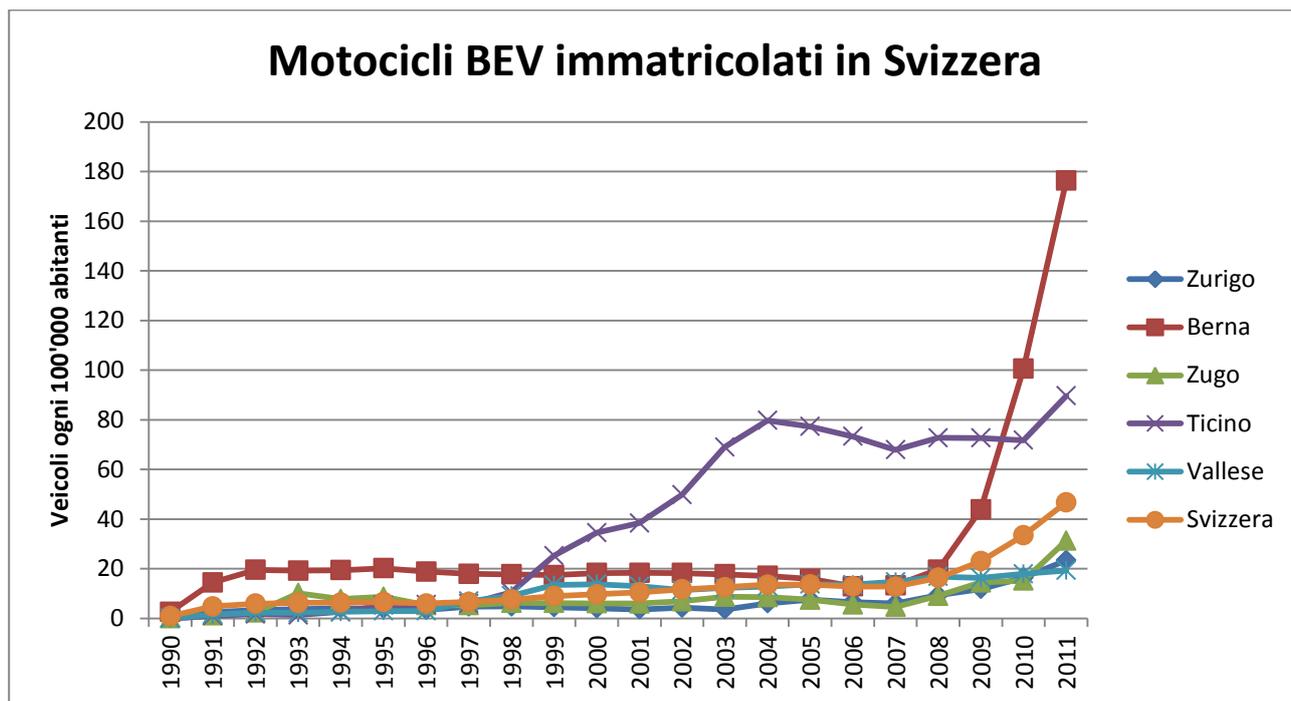


Figura 33: Numero di motocicli elettrici immatricolati ogni 100'000 abitanti [Fonte: Ufficio Federale di Statistica - 20]

5.3. Biciclette elettriche

Le biciclette elettriche sono un tipo particolare d'ibrido plug-in, in questo caso la trazione è garantita simultaneamente dal motore elettrico e dalla forza muscolare del ciclista. Il motore elettrico garantisce un'assistenza continua alla pedalata che risulta particolarmente utile per affrontare dei tragitti in pendenza. L'autonomia delle biciclette elettriche è tipicamente di 20-50 km, un valore sufficiente per un uso giornaliero. La batteria è estraibile e può essere trasportata in casa per la carica. Il caricatore delle biciclette elettriche è di regola esterno (Mode 1) e il tipo di connettore utilizzato tra il caricatore e la bicicletta è specifico a una marca, non esistono al momento degli standard affermati.

Come le automobili elettriche, il concetto non è nuovo, fu brevettato già nel 1895 [22], ma una diffusione commerciale significativa è avvenuta solo recentemente.

A differenza però degli altri tipi di veicoli elettrici le biciclette elettriche sono già un successo commerciale in Svizzera. Dei programmi d'incentivazione comunale, la costruzione di ciclopiste e la presenza di fabbricanti Svizzeri hanno dato uno stimolo rilevante alle vendite di questo mezzo di trasporto.

Analizzando i dati delle vendite annue in Figura 36 si constata che il numero di biciclette elettriche vendute è caratterizzato da incrementi annui anche superiori al 100%. Questa crescita continua ha permesso di raggiungere nel 2011 un numero di unità vendute corrispondente al 50% del mercato delle biciclette convenzionali per la città e il tempo libero. Questo aumento sembra essere accompagnato da un fenomeno di sostituzione delle biciclette convenzionali.



Figura 34: Flyer e-bike



Figura 35: Stromer e-bike

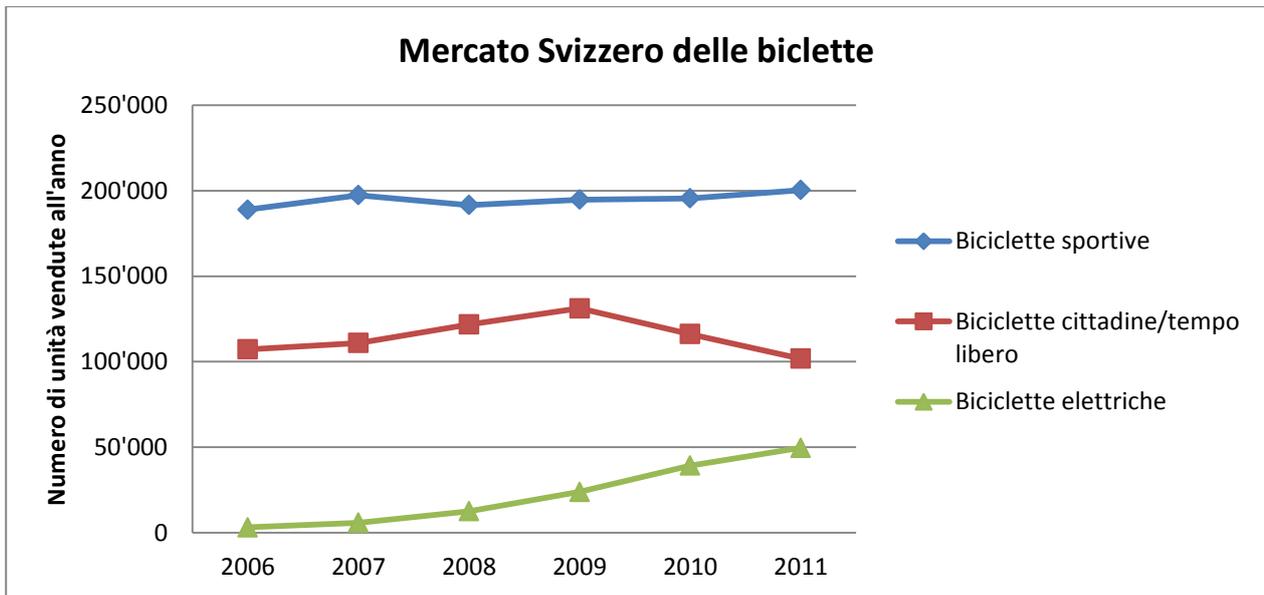


Figura 36: Mercato Svizzero delle biciclette, notevole incremento di vendita per le biciclette elettriche [Fonte: velosuisse - 23]

6. Proiezioni di penetrazione dei veicoli elettrici in Svizzera

Recentemente si è constatata un'inversione di tendenza positiva riguardo al numero di auto elettriche in Svizzera. La cifra attuale rappresenta però solamente lo 0.25% del parco veicoli totale e non è ancora sufficientemente rappresentativa.

È quindi utile analizzare delle proiezioni di penetrazione esistenti. Sono stati considerati tre scenari futuri per l'orizzonte 2020. Il primo scenario, elaborato dal BFE [24] è pessimista, il secondo, pubblicato dall'EWZ [25][26] è medio, mentre lo scenario ottimista è stato elaborato da Protoscar per Alpiq [27].

Un'estrapolazione dei valori indicati dai tre studi fornisce le seguenti percentuali di veicoli PHEV + BEV (veicoli con presa) immatricolati in Svizzera nel 2020:

- Scenario pessimista BFE Scenario 4 2.2% (ca. 105'000 autoveicoli)
- Scenario medio EWZ 7.4% (ca. 350'000 autoveicoli)
- Scenario ottimista Protoscar/Alpiq 15.0% (ca. 720'000 autoveicoli)

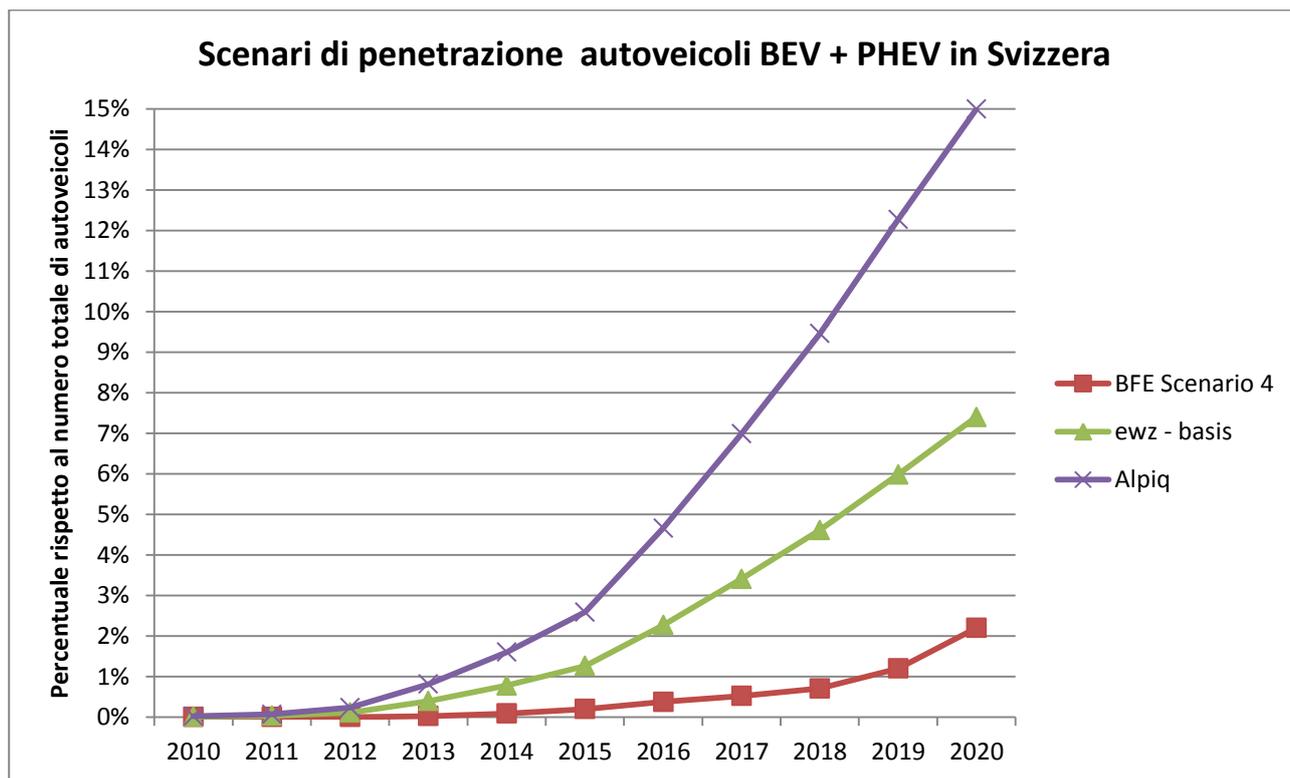


Figura 37: Scenari di penetrazione BEV+ PHEV, basato su dati [Fonti: BFE, ewz, Protoscar – 20,24,25,26,27]

La Figura 37 riassume in modo sintetico i valori proposti dai tre scenari. Tutti e tre sono basati su un'ipotesi di crescita continua ma divergono molto sulla sua rapidità: tra lo scenario ottimista e quello pessimista si rileva infatti una differenza considerevole per i valori stimati nel 2020.

7. Veicoli elettrici e Smart Grid

Nel capitolo precedente si è constatato che le proiezioni di penetrazione dei veicoli elettrici ipotizzano una crescita. In futuro gli EV avranno non solo un impatto nel sistema di mobilità ma anche nel sistema energetico, in particolare sulla rete elettrica. Oltre all'evidente aumento dei consumi di energia elettrica, l'introduzione dell'auto elettrica potrebbe portare dei benefici alla rete elettrica del futuro.

Attualmente l'erogazione di energia elettrica proviene essenzialmente da centrali di grandi dimensioni alimentate principalmente da combustibile fossile, energia nucleare e idroelettrica che operano tramite sistemi di trasmissione e distribuzione ormai consolidati. Questo sistema è stato ideato più di un secolo fa e benché dimostri una buona affidabilità, non possiede la flessibilità necessaria per integrare le nuove fonti di energie rinnovabili.

La rete elettrica attuale deve diventare "intelligente", la cosiddetta "Smart Grid". Questo termine racchiude tutte le nuove caratteristiche della rete elettrica del futuro; una rete più flessibile che permette di integrare una generazione di energia elettrica decentralizzata grazie a un uso delle tecnologie di comunicazione. Per ottimizzare il proprio funzionamento e risolvere i problemi di congestione della rete, Smart Grid necessiterà anche dello stoccaggio di energia e di carichi controllabili a distanza, definiti con il termine "demand response".

L'automobile elettrica risponde bene a queste problematiche. Le auto sono parcheggiate per più del 95% del loro tempo e potrebbero fornire dei servizi alla rete intelligente:

- “demand response”: l’auto sarà collegata a una stazione di ricarica intelligente. La potenza erogata all’automobile potrà essere ridotta o aumentata in funzione del grado di utilizzo della rete elettrica locale per evitare congestioni o accumulare l’eccedenza locale di energia rinnovabile;
- “vehicle-to-grid”: l’EV sarà dotato di un caricatore intelligente bidirezionale. Oltre alla funzione di “demand response” sarà anche possibile ridare dell’energia alla rete in caso di bisogno;
- “battery second life”: al termine del loro ciclo di vita nell’automobile, le batterie potrebbero essere riutilizzate in ambito stazionario. La loro capacità sarà minore, ma saranno perfettamente funzionanti e potranno essere installate nei trasformatori o nelle case.

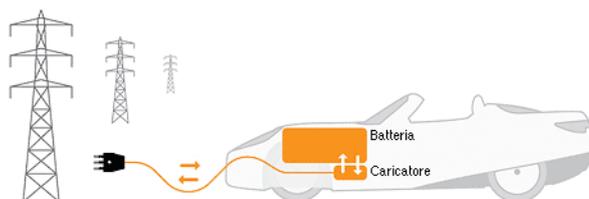


Figura 38: Vehicle-to-grid (V2G)

L'introduzione di questo sistema permetterebbe di rendere più redditizie le batterie, l'elemento più costoso di un veicolo elettrico, ampliando la catena del valore. Questo favorirebbe ulteriormente la penetrazione dei veicoli elettrici nel mercato. La realizzazione di un simile scenario non è ancora certa ma, data la scarsità e il costo di realizzazione di metodi alternativi per lo stoccaggio dell'energia elettrica su larga scala, l'idea sta suscitando un certo interesse.

8. Conclusione

Le tendenze identificate e gli scenari analizzati confermano come, a differenza dei tentativi d'introduzione falliti in passato, la mobilità individuale elettrica è destinata a crescere in modo costante. Non è tutt'oggi facile definire la rapidità di adozione in quanto influenzata da innumerevoli fattori. Tuttavia, anche considerando lo scenario più pessimista (BFE scenario 4), ben 105'000 veicoli dotati di presa elettrica circoleranno sulle strade elvetiche nel 2020. Un numero che non può essere ignorato.

Dove saranno caricate queste auto? Come saranno utilizzate? Assisteremo a dei cambiamenti di abitudini o questi veicoli sostituiranno semplicemente i veicoli a combustione? L'auto elettrica diventerà un elemento importante di “smart grid”, la rete elettrica del futuro?

Risulta quindi confermato l'interesse del nostro progetto. È importante indagare il processo di adozione dei veicoli elettrici nella sua fase iniziale in modo da identificare i fattori socio-culturali e infrastrutturali che ne determinano l'adozione così da poter elaborare delle linee-guida per supportare efficacemente questa transizione.

9. Bibliografia

- [1] PRTM Management Consultants, *The China New Energy Vehicles Program: challenges and opportunities*, World Bank, Beijing, 2011
- [2] IEA, *World Energy Outlook 2011*, 2011
- [3] European Commission, *CAR 21 report on the Competitiveness and Sustainable Growth of the Automotive Industry in the European Union*, 2012
- [4] Amministrazione Federale, *Nuovi valori limite per le emissioni di CO2 delle automobili a partire da metà 2012*, online, retrieved 20.08.2012,
<http://www.news.admin.ch/message/index.html?lang=it&msg-id=42730>
- [5] SAE, *Leaf to be sold with battery pack at C-segment price*, online, retrieved 20.08.2012
<http://www.sae.org/mags/aei/7714>
- [6] OICA, *World auto production reached 80.1 million in 2011*, online, retrieved 20.08.2012
<http://oica.net/wp-content/uploads/press-release-press-conference-20120307.pdf>
- [7] Kariatsumari K. et Al. *Cover Story: A New Era for Li-Ion Batteries*, online, retrieved 05.07.2012:
<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/HONSHI/20100127/179667>
<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/HONSHI/20100127/179674/>
- [8] hybridcars, *History of hybrid vehicles*, online, retrieved 20.08.2012
<http://www.hybridcars.com/history/history-of-hybrid-vehicles.html>
- [9] ACEA, *ACEA position and recommendations for the standardization of the charging of electrically chargeable vehicles*, 04.05.2012, online, retrieved 06.07.2012
http://www.acea.be/images/uploads/files/Updated_ACEA_position_on_charging_ECVs.pdf
- [10] TCS, *Il futuro della mobilità: confronto fra motori diesel ed elettrici*, online, retrieved 20.08.2012, <http://www.tcs.ch/it/il-club/media/stampa/comunicato-stampa/2012/confronto-fra-motori-diesel-ed-elettrici-.php>
- [11] Robb A. Barnitt, et al., *Analysis of Off-Board Powered Thermal Preconditioning in Electric Drive Vehicles*, online, retrieved 16.08.2012,
<http://www.nrel.gov/vehiclesandfuels/vsa/pdfs/49252.pdf>
- [12] A123 Systems, *Nanophosphate EXT™ Lithium Ion*, online, retrieved 10.09.2012
<http://www.a123systems.com/lithium-ion-battery-technology.htm>
- [13] Mitsubishi Motors USA, *Charging & Battery*, online, retrieved 10.09.2012
<http://i.mitsubishicars.com/miev/charging/battery>
- [14] Electrosuisse, e'mobile, AES, *Creare il contatto*, online, retrieved 09.07.2012
http://www.e-mobile.ch/pdf/2012/Creare_il_contatto_IT_05_03_12.pdf
- [15] Better Place Homepage, online, retrieved 22.08.2012 <http://www.betterplace.com>
- [16] Halvorson B., *Nissan Leaf Goes Wireless: Charging Mat Under Development*, MotorAuthority, 06.12.2011, online, retrieved 23.08.2012 http://www.motorauthority.com/news/1070298_nissan-leaf-goes-wireless-charging-mat-under-development
- [17] Park & Charge Homepage, online, retrieved 23.08.2012, <http://www.park-charge.ch/>
- [18] Chademo Association, *Change in charging station*, online, retrieved 09.07.2012
<http://www.chademo.com/pdf/changeinchargingstation.pdf>
- [19] Swiss emobility, *EVite project*, online, retrieved 15.10.2012
<http://www.swiss-emobility.ch/it/da-noi/attivita/evite.html>
- [20] Ufficio federale di Statistica, *Infrastruttura e mezzi di trasporto – Dati, indicatori – Veicoli stradali in Svizzera*, online, retrieved 11.07.2012:

http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/it/index/themen/11/03/blank/key/fahrzeuge_strasse/bestand.htm
!

[21] Peugeot, *e-vivacity homepage*, online, retrieved 21.08.2012

<http://www.e-vivacity.com/en/>

[22] Bolton O., *Electrical Bicycle Patent*, United States Patent Office, 31.12.1895, online, retrieved 21.08.2012 <http://www.google.com/patents?vid=552271>

[23] Velosuisse, *Aktuelle Jahrestatistik Fahrradmarkt Neuverkäufe Schweiz 2011*, online, retrieved 16.08.2012 http://www.velosuisse.ch/de/statistik_aktuell.html

[24] BFE, *Faktenblatt zu elektrisch angetriebenen Personenwagen*, online, retrieved 11.07.2012

<http://www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/19494.pdf>

[25] Stadt Zürich, *Mobilitätsstrategie der Stadt Zürich - Teilstrategie Elektromobilität*, 2010

[26] ewz, *Randbedingungen und Szenarien für Elektromobilität*, 28.05.09

[27] Alpiq, *Electric vehicle market penetration in Switzerland by 2020*, 2010