

# **Politecnico di Milano**

**Facoltà di Ingegneria dei Sistemi**

**Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale**

*Anno accademico 2012-2013*



**La mobilità elettrica: le tecnologie disponibili, lo sviluppo dell'infrastruttura, i fattori abilitanti e le criticità di questo nuovo mercato**

Davide Rebosio, matricola 783469

Relatore: Davide Chiaroni



## Sommario

### Indice

<b>Abstract</b> .....	10
<b>Introduzione</b> .....	11
<b>Parte I: Descrizione dei dispositivi elettrici per la mobilità.</b>	
<b>1.1. Biciclette elettriche a pedalata assistita o pedelec</b>	
1.1.1 Introduzione .....	14
1.1.2 Mercato .....	15
1.1.3 Tecnologia	
1.1.3.1 Batteria .....	16
1.1.3.2 Motore .....	17
1.1.3.3 Display .....	18
1.1.3 Ricarica .....	19
1.1.4 Pedelec alternativi: le “bici-cariola” .....	19
1.1.5 Retrofit .....	20
<b>1.2 Scooter elettrici</b>	
1.2.1. Introduzione .....	20
1.2.2. Sviluppo del mercato elettrico .....	22
1.2.3. Caratteristiche tecniche	
1.2.3.1. Batterie .....	24
1.2.3.2. Telaio .....	25
1.2.3.3. Motori .....	25
1.2.4. Metodologie di ricarica .....	25
1.2.5. Retrofit .....	26
<b>1.3. Auto elettriche</b>	
1.3.1. Introduzione .....	26
1.3.2. La storia dell’auto elettrica .....	29
1.3.3. Tecnologia ibrida .....	32
1.3.4. Mercato .....	34
1.3.4.1. Mercato italiano .....	36
1.3.4.2. Mercato 2013	
1.3.4.2.1. Vetture elettriche .....	37
1.3.4.2.2. Vetture ibride .....	38
1.3.4.3. Mercato europeo .....	39
1.3.5. Considerazioni sullo sviluppo del mercato dell’auto elettrica .....	39
1.3.6. Componenti tecnici	
1.3.6.1. Batterie .....	41
1.3.6.2. Motori elettrici .....	42
<b>1.4. Moto Elettriche</b>	
1.4.1. Introduzione .....	42
1.4.2. Prestazioni .....	45

1.4.3.	Configurazioni Particolari .....	46
1.4.4.	Campionati Sportivi Elettrici .....	46
<b>1.5.</b>	<b>Autobus elettrici</b>	
1.5.1.	Introduzione .....	47
1.5.2.	Autobus Ibridi .....	49
1.5.3.	Autobus elettrici .....	49
1.5.3.1.	Caso BYD (Built Your Dream) .....	50
1.5.3.2.	Progetto Primove .....	51
<b>Parte II: Sistema di accumulo.</b>		
<b>2.1.</b>	<b>Introduzione</b> .....	52
<b>2.2.</b>	<b>Tipologie di batterie</b> .....	54
2.2.1.	Batterie Piombo-Acido .....	55
2.2.2.	Batterie Metallo-Aria .....	55
2.2.3.	Batterie Nichel-Metallo .....	56
2.2.4.	Batterie al Litio .....	56
<b>2.3.</b>	<b>Progetti di ricerca</b>	
2.3.1.	Grafene .....	59
2.3.2.	La batteria “ZEBRA” .....	60
2.3.3.	Batteria a litio-ioni sviluppata da Tesla .....	62
2.3.4.	Progetto batterie alluminio – aria .....	63
<b>2.4.</b>	<b>Gestione del fine vita delle batterie</b> .....	65
<b>Parte III: Tecnologia delle infrastrutture di ricarica</b>		
<b>3.1.</b>	<b>Introduzione</b> .....	67
<b>3.2.</b>	<b>Tipologie di connettori</b> .....	70
3.2.1.	Tipo 1 .....	71
3.2.2.	Tipo 2 .....	72
3.2.3.	Tipo 3 .....	72
3.2.4.	Tipo Combo Connector .....	74
<b>3.3.</b>	<b>Metodi di ricarica</b> .....	74
3.3.1.	Modo di ricarica 1 .....	74
3.3.2.	Modo di ricarica 2 .....	75
3.3.3.	Modo di ricarica 3 .....	74
3.3.4.	Metodo di ricarica domestica per automobili .....	75
3.3.4.1.	Collegamento Auto-Rete elettrica tramite la normale presa della corrente .....	75
3.3.4.2.	Ricarica domestica con Wall Box .....	76
<b>3.4.</b>	<b>Sistemi di gestione delle infrastrutture</b> .....	76
<b>3.5.</b>	<b>Sicurezza</b> .....	78
3.5.1.	Sicurezza per l’individuo .....	78
3.5.2.	Sicurezza per la vettura .....	79
<b>3.6.</b>	<b>Comunicazione tra la rete e il veicolo</b> .....	80
<b>3.7.</b>	<b>Progetti pilota sulla gestione dell’infrastruttura</b>	
3.7.1.	E-Moving .....	81
3.7.2.	Company For eMilan .....	83
<b>3.8.</b>	<b>Ricarica in corrente continua (DC)</b>	

3.8.1. Definizione dello standard .....	85
3.8.2. Modalità di ricarica .....	86
3.8.3. Modo di ricarica 4 .....	87
<b>Parte IV: Metodologie di ricarica alternativa.</b>	
4.1. Battery swapping .....	88
4.2. Induzione Elettromagnetica .....	91
4.3. Sistemi di trazione elettrici ad autonomia estesa (configurazione ibrido serie) .....	93
4.4. Supercapacitori .....	94
4.4.1. Progetto Straddling bus .....	96
4.5. Colonnine verticali .....	98
4.6. Progetto V-Tent .....	99
<b>Parte V: Riconoscimento e pagamento dei sistemi di ricarica non domestici.</b>	
5.1. Introduzione .....	100
5.2. Analisi delle problematiche della ricarica presso il luogo di lavoro .....	100
5.2.1. Esempio sulla stima del vantaggio della flotta aziendale elettrica .....	100
5.3. Analisi delle problematiche della ricarica presso una stazione pubblica .....	101
5.4. Sicurezza sull'erogazione di potenza desiderata .....	102
<b>Parte VI: Business Model.</b>	
6.1. Definizione dei business model ad oggi identificati .....	103
6.2. Esempio della città di Bergamo .....	105
6.3. Situazione italiana .....	105
6.4. Modelli utilizzati nel resto d'Europa .....	106
<b>Parte VII: Normativa.</b>	
7.1. Incentivazione italiana .....	106
7.2. Accesso ai Titoli di Efficienza Energetica (TEE) .....	108
7.2.1. Offerta Enel Distribuzione .....	110
7.3. Incentivazione europea ed extra-europea .....	110
7.4. Normativa infrastrutturale .....	
7.4.1. Introduzione .....	111
7.4.2. Installazioni condominiali .....	112
7.5. Piano Nazionale Infrastrutturale per la ricarica dei veicoli alimentati ad energia elettrica .....	113
7.6. Piano infrastrutturale Europeo .....	114
<b>Parte VIII: Car Sharing.</b>	
8.1. Introduzione .....	119
8.2. Progetti italiani .....	119
8.2.1. e-Vai .....	120
8.2.2. GuidaMi .....	121
8.2.3. BEE green mobility sharing .....	122
8.2.4. Ci.Ro. – City Roaming .....	123
8.3. Progetti Europei .....	
8.3.1. Autolib .....	125
8.3.2. CAR2GO .....	127
8.3.3. Getaround .....	128

<b>8.4. Car pooling</b> .....	129
<b>Parte IX: Progetti in fase di sviluppo sulla mobilità elettrica.</b>	
<b>9.1. Progetti italiani</b>	
9.1.1. Progetto Hera - Emilia Romagna – Enel .....	129
9.1.2. E-Mobility Italy .....	131
9.1.3. Progetto “Green Line” .....	132
9.1.4. Parma “Zero Emission City” .....	133
9.1.5. Progetto “Io zero: Emissioni, Consumi, Rumore” .....	134
<b>9.2. Progetti europei</b>	
9.2.1. “Amsterdam electric” .....	134
9.2.2. “Source London” .....	135
9.2.3. Progetto Sainsbury’s .....	137
9.2.4. Progetto “Berlino elettrizza” .....	138
<b>Parte X Problematiche energetiche del futuro.</b>	
<b>10.1. Introduzione</b> .....	138
<b>10.2. Vehicleto grid</b> .....	140
<b>10.3. Smart grid negli Stati Uniti</b> .....	142
10.3.1. Progetto dell’University of Delaware .....	143
10.3.2. Progetto sviluppato da AeroVironment Inc. ed il Pacific Northwest National Laboratory (PNNL) del Dipartimento dell’energia americano .....	144
10.3.3. Progetto LIPA .....	145
10.3.4. Progetto pilota sviluppato da IBM, Honda e PG&E .....	145
<b>10.4. Sistema di storage dell’energia in Svezia</b> .....	146
<b>10.5. Progetto di mobilità elettrica in Scozia</b> .....	146
<b>10.6. Impatto della ricarica sui sistemi di distribuzione secondo RSE (Ricerca Sistema Energetico)</b> .....	148
<b>10.7. Progetti Pilota di Smart Grid in Italia approvati dall’AEEG</b> .....	151
<b>10.8. Accordo Eni-Enel per lo sviluppo della mobilità elettrica</b> .....	152
<b>Conclusioni</b> .....	153
<b>Bibliografia</b> .....	156

## Indice delle figure

Figura 1: Benjamin Bowden con il modello Spacelander.	14
Figura 2: Bicicletta elettrica con batterie poste dietro il telaio.	16
Figura 3: Bicicletta elettrica con batterie poste sul portapacchi	17
Figura 4: Modello di una mountain bike elettrica con batteria sotto il telaio.	17
Figura 5: Motore posto nella parte inferiore del telaio.	18
Figura 6: Coppia di motori posti su entrambi i mozzi delle ruote.	18
Figura 7: Display indica tante lo stato di carica della batteria.	18
Figura 8: “Bici-carriola” elettrica per il trasporto merci.	19
Figura 9: Piaggio MP5 Paperino del 1944.	21
Figura 10: Piaggio Vespa del 1964.	21
Figura 11: Struttura del telaio in SMC del ME di MotoriniZanini.	25

Figura 12: Auto di Cugnot del 1769.	27
Figura 13: Prima auto con motore a combustione interna di Isaac de Rivaz del 1802.	27
Figura 14: Hippomobile di Étienne Lenoir del 1860.	28
Figura 15: Modello La Marquise, prima auto a biomasse e carbone.	28
Figura 16: Renault Twizy	35
Figura 17: Presentazione della Renault Twizy al salone dell'auto di Barcellona.	36
Figura 18: Evolve Lithium	44
Figura 19: Evolve Xenon	44
Figura 20: Energica eCRP 1.4.	44
Figura 21: Neiman Marcus Mission One	45
Figura 22: Solomoto Motoczysz Elpc	45
Figura 23: Immagine della gara del Tourist Trophy del 2012.	47
Figura 24: Immagine di un autobus nel 1944 in Germania.	48
Figura 25: Tentativo di collegamento di un filobus scollegatosi durante la tratta percorsa.	49
Figura 26: BYD K9	50
Figura 27: Sistema di moduli fotovoltaici sulla copertura del BYD K9.	51
Figura 28: Progetto del sistema di ricarica sviluppato da Bombardier.	52
Figura 29: Possibile stazione degli autobus elettrici sviluppata da Bombardier.	52
Figura 30: Rappresentazione di una batteria	53
Figura 31: Strutture tipiche per celle litio-ioni: a) cilindrica; b) bottone; c) prismatica; d) piatta (polimerica).	58
Figura 32: Il grafene ha una struttura piana e non tridimensionale come il diamante, gli garantisce spessori circa 20 volte inferiori a quelli di un foglio di carta.	60
Figura 33: Reazioni di carica e scarica della batterie ZEBRA.	61
Figura 34: Confronto della densità di carica delle batterie di Tesla e quelle tradizionali delle altre vetture.	62
Figura 35: Batterie equipaggiate sulle vetture Tesla, prodotte a Palo Alto in California.	63
Figura 36: Inserimento di una lastra all'interno della copertura protettiva in acciaio.	63
Figura 37: Schema di una batteria tradizionale.	64
Figura 38: Schema di una batteria metallo aria.	65
Figura 39: Batterie durante la fase di smaltimento.	66
Figura 40: Situazione europea attuale secondo il documento Eurelectric Marzo 2013.	68
Figura 41: Comunicazione tra veicolo e Smart Grid.	69
Figura 42: Presa tipo Yazaki.	71
Figura 43: Presa tipo Mennekes.	72
Figura 44: Presa tipo 3C.	72
Figura 45: Presa tipo Combo Connector.	73
Figura 46: Modo di ricarica 1.	74
Figura 47: Modo di ricarica 2.	74
Figura 48: Modo di ricarica 3.	75
Figura 49: Schema dei servizi aggiuntivi alla ricarica durante la fase pilota e a regime.	77
Figura 50: Simbolo del progetto E-Moving di A2A.	82
Figura 51: Immagine dell'applicazione E-Moving visualizzata su uno smartphone.	83
Figura 52: Sigle dei partner principali coinvolti dal progetto Company For Milan.	
Figura 53: Il parcheggio per auto elettriche alla sede di Milano di Bosch in via Marco Antonio Colonna 35	84
Figura 54: Inaugurazione del progetto.	84
Figura 55: Connettore tipo CHAdeMO.	86

Figura 56: Infrastruttura dedicata per la ricarica in corrente continua.	86
Figura 57: Modalità di ricarica 4 in corrente continua.	87
Figura 58: Schematizzazione del funzionamento della stazione di ricarica Battery Swap.	88
Figura 59: Rappresentazione dall'esterno di una stazione di sostituzione del sistema di accumulo.	89
Figura 60: Schema di funzionamento del sistema di ricarica induttivo.	91
Figura 61: "Mercedes Classe A" a ricarica induttiva durante il processo di rifornimento.	92
Figura 62: Rappresentazione della disposizione del motore elettrico, termico e del sistema di accumulo.	93
Figura 63: Schema di funzionamento di un supercapacitore.	95
Figura 64: Possibile utilizzo del sistema supercapacitivo affiancato agli autobus.	96
Figura 65: Traffico ad un incrocio nella città di Guangzhou.	96
Figura 66: Immagine dalla prototipazione virtuale dello Straddling Bus.	97
Figura 67: Integrazione del sistema supercapacitivo sullo Straddling Bus	97
Figura 68: Immagine dell'unica installazione V-Tent in Turchia ad Istanbul.	99
Figura 69: Sistema V-Tent chiuso o non operativo.	99
Figura 70: Arresto del proceso di ricarica tramite la RFID Card.	103
Figura 71: Procedura di rilascio del cavo di ricarica utilizzando la RFID Card personale.	103
Figura 72: Punto car sharing E-Vai presso la stazione Trenord Bovisa – Politecnico.	121
Figura 73: Smart ForTwo elettrica utilizzata nel car sharing GuidaMi.	122
Figura 74: Costi servizio Bee. Fonte: Bee.it	123
Figura 75: Sviluppo di Bee.	123
Figura 76: Simbolo del progetto Ci.Ro.	124
Figura 77: Funzionamento di Autolib.	126
Figura 78: Blue Car.	126
Figura 79: Smart ED di Car2go.	128
Figura 80: Al centro Tomaso Tommasi di Vignano (Gruppo Hera) sigla il protocollo d'intesa.	130
Figura 81: Simbolo del progetto Hera sulla mobilità elettrica.	131
Figura 82: Mappa dei paesi coinvolti dal progetto Green Line e disposizione di alcuni dei punti di ricarica. Fonte: Comune di Nembro	133
Figura 83: Inaugurazione di Amsterdam Electric.	135
Figura 84: Smart ForTwo durante il processo di ricarica nel centro di Amsterdam.	135
Figura 85: Mitsubishi Miev utilizzata nel progetto.	137
Figura 86: Funzionamento del processo di generazione dell'energia elettrica utilizzabile dal centro commerciale Sainsbury's.	137
Figura 87: Simbolo del Berlin Elektrisiert!	138
Figura 88: Schema di interazione tra rete e veicolo in un sistema Vehicle to Grid.	141
Figura 89: Schema ideale di funzionamento del progetto LIPA.	145
Figura 90: Ricarica delle vetture elettriche tramite infrastrutture collegate al sistema di accumulo.	146
Figura 91: Immagine di promozione del progetto scozzese relativo alla smart grid.	147
Tabella 1: Confronto economico di uno scooter tradizionale ed uno elettrico.	23
Tabella 2: Vendite delle auto elettriche dagli anni 50 al 2002. Fonte: Wikipedia.	31
Tabella 3: Confronto tra la Toyota Auris Hybrid e la versione omonima a	

benzina. Fonte: Toyota	34
Tabella 4: Volumi di vendita delle auto elettriche dal 2003 al 2012. Fonte: Unrae.	36
Tabella 5: Classifica delle prime dieci auto ibride ed elettriche dal 2003 al 2012. Fonte: Unrae.	37
Tabella 6: Volumi di vendita mensili delle auto elettriche nel 2013. Fonte: GreenStart.	38
Tabella 7: Volumi di vendita mensili delle auto ibride nel 2013. Fonte: GreenStart.	38
Tabella 8: Volumi di vendita mensili per modello delle auto ibride nel 2013. Fonte: GreenStart	39
Tabella 9: Caratteristiche principali del litio. Fonte: <a href="http://www.chimica-online.it">www.chimica-online.it</a>	57
Tabella 10: Riassuntiva delle caratteristiche delle batterie. Fonte: Wikipedia	61
Tabella 11: Schematizzazione delle diverse tipologie di prese sul mercato europeo. Fonte: Scame.	70
Tabella 12: Valutazione del differenziale economico tra una auto ibrida serie ed una tradizionale. Fonte: Opel.	94
Tabella 13: Sono indicati il numero di installazioni effettuato, il valore obiettivo imposto dall'Unione Europea ed il valore autoimposto da ciascun Paese. Fonte: Unione Europea.	118
Tabella 14: Tariffe Autolib. Fonte: Autolib.	127
Tabella 15: Elenco dei progetti sviluppati dall'AEEG e imprese distributrici coinvolte. Fonte: EnergyLab.	151
Grafico 1: Evoluzione della percorrenza media al litro per motori benzina.	12
Grafico 2: Evoluzione attesa dei costi relativi alla batteria Li-ione per un PHEV40 dal 2010 al 2020. Fonte: EESC	54
Grafico 3: Grafico della produzione e del consumo dell'energia elettrica nelle Marche. Fonte Terna.	148
Grafico 4: Consumi odierni e futuri di energia elettrica dovuti alla crescita della mobilità elettrica. Fonte: RSE	149
Grafico 5: Possibile profilo di consumi futuro attraverso una gestione smart della rete. Fonte: RSE	150

## **Abstract**

Con il presente lavoro di tesi si vuole cercare di comprendere e definire lo sviluppo della mobilità elettrica ad oggi raggiunto e capire come questo possa mutare nel prossimo futuro per diventare il nuovo paradigma della mobilità quotidiana.

Partendo da una descrizione dei dispositivi di trasporto più diffusi in termini storici, tecnologici, di mercato e dei progetti in fase di sviluppo in grado di aumentare l'interesse per questi dispositivi ad oggi semi sconosciuti alle persone, si è passati allo studio dei sistemi di ricarica e di accumulo dell'energia necessaria alla trazione, evidenziando l'evoluzione manifestatasi negli ultimi anni.

Un altro aspetto chiave di questo elaborato è la comprensione dei business model ad oggi utilizzati per la realizzazione dell'infrastruttura elettrica e dell'odierno impianto normativo per comprendere come lo Stato sta intervenendo per incentivare lo sviluppo della mobilità elettrica e cercare di raggiungere i valori obiettivo imposti dall'Unione Europea al 2020 riguardanti i veicoli venduti ed i punti di ricarica installati.

Sono stati studiati i progetti di car sharing e di sviluppo della mobilità elettrica nelle città italiane e nei principali paesi europei per poter confrontare la diversa intensità nella crescita di questo nuovo paradigma all'interno dell'Unione Europea.

In ultima analisi, è stata studiata la criticità energetica che si pensa possa emergere nel prossimo futuro e le possibili soluzioni ad oggi percorribili grazie ad i progetti in fase di sviluppo o ultimazione riguardanti la smart grid in Italia ed all'estero.

Per lo svolgimento di questo lavoro di tesi sono state effettuate numerose interviste ad operatori di mercato lungo tutta la filiera, dai produttori di energia elettrica ai realizzatori dell'infrastruttura di ricarica e dei veicoli, per poter comprendere in modo esaustivo le criticità di questo settore dalle persone che vi operano all'interno e che sono a contatto con esso, evidenziando quelle storiche riscontrate nello sviluppo di questo nuovo paradigma, l'evoluzione di queste ed i punti di forza di questa tecnologica, la crescita avvenuta nel settore e quella attesa per il prossimo futuro.

## Introduzione

Con il presente lavoro di tesi si vuole descrivere il settore della mobilità elettrica, ad oggi in rapida ascesa, lungo tutta la sua filiera per evidenziare i punti di forza di questo nuovo paradigma della mobilità urbana e le sue principali criticità, sia in termini odierne che nel medio e lungo periodo.

Anche se appare in contrapposizione con lo sviluppo storico del mercato dei sistemi di spostamento personali quali le automobili, le vetture elettriche sono state le prime sviluppate e realizzate dall'uomo. Come oggi però, la diffusione di questi dispositivi è stata inizialmente fermata e nel recente passato rallentata a causa dell'incapacità tecnologica di fornire una densità di carica sufficiente a coprire distanze ritenute significative e fornire prestazioni in linea con quelle richieste dai possibili utilizzatori. Grazie allo sviluppo tecnologico degli ultimi anni dei sistemi di accumulo spinto dal settore dell'elettronica, si è reso possibile l'introduzione di vetture elettriche nel mercato automobilistico con percorrenze sufficienti a coprire la distanza media giornaliera individuale, fornire prestazioni migliori delle vetture tradizionali e parallelamente realizzare tecnologie ibride o ad autonomia estesa in grado di sfruttare le tradizionali tecnologie a combustione interna per aumentare ulteriormente la distanza percorribile e parallelamente innalzare il rendimento per litro di combustibile utilizzato. Ad oggi, il problema principale resta il costo dei sistemi di accumulo con potenza superiore ai 22 kWh, la soglia minima per produrre in massa le nuove vetture.

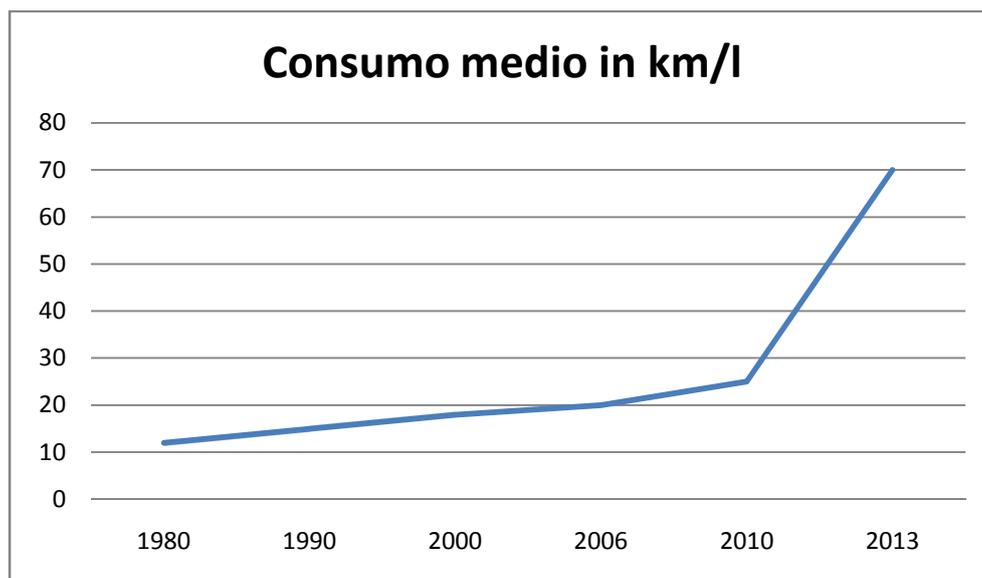


Grafico 1: Evoluzione della percorrenza media al litro per motori benzina.

Lo sviluppo della mobilità elettrica sta crescendo sensibilmente negli ultimi anni a causa di una ben delineata complicità di fattori che stanno influenzando i giorni nostri.

- 1) La limitatezza del petrolio e delle fonti non rinnovabili. Questo problema è sempre più percepito dalle case automobilistiche, le quali stanno investendo grandi risorse per poter introdurre sul mercato veicoli indipendenti dai combustibili fossili ed essere quindi in grado di soddisfare la crescente domanda dei paesi in via di sviluppo senza incrementare la domanda di combustibili fossili.
- 2) L'evoluzioni climatiche mondiali. Anche se ad oggi non è scientificamente provato che le emissioni di anidride carbonica stanno incrementando l'effetto serra sul nostro pianeta, per

garantire una salubrità dell'aria accettabile e soddisfacendo la crescente domanda di veicoli è necessario introdurre una nuova generazione a basse emissioni, verso un impatto zero.

- 3) La sensibilità ambientale delle persone sta sensibilmente crescendo in questi anni, incrementando la domanda di dispositivi ad alta efficienza e di auto generazione dell'energia necessaria al soddisfacimento del proprio fabbisogno.
- 4) Il continuo aumento dei prezzi dei combustibili sta rendendo sempre più oneroso utilizzare la propria vettura.

Lo sviluppo di questo nuovo paradigma di mobilità però richiederà soluzioni diverse sia dalla produzione dell'energia elettrica sia dai dispositivi di ricarica.

Per la generazione dell'energia elettrica si sta cercando di andare verso la smart grid, ovvero la realizzazione di una rete locale/regionale/nazionale/continentale in grado di gestire ottimamente l'energia prodotta dalle fonti rinnovabili evitando dissipazioni e sprechi. Questa evoluzione futura si pensa sarà inevitabile ma ad oggi si stanno ancora studiando delle configurazioni tali da poterla sostenere in quanto la rete di trasmissione mondiale ad oggi non è in grado di implementarla perché porterebbe ad una revisione dell'intera rete in tutto il suo complesso e nella sua gestione. La smart grid si pensa potrà essere sostenuta dalla mobilità elettrica perché questa potrà essere, con una capillare diffusione degli EV, il più grande sistema di accumulo con il quale sarà possibile evitare sbalzi di tensione e rendere maggiormente gestibile l'aleatorietà produttiva delle fonti rinnovabili.

Per quanto riguarda i dispositivi di ricarica, oltre alle tradizionali colonnine e wallbox, si stanno studiando sistemi maggiormente integrabili con l'architettura urbana così da poterne consentire uno sviluppo non invasivo nelle città e metropoli.

Aspetto di non secondaria importanza è il business model di gestione e sviluppo della rete di ricarica in quanto questa ad oggi è estremamente limitata, però in linea con il numero di veicoli elettrici venduti, ma in rapida crescita anche per i vincoli imposti dalla Comunità Europea e dallo stesso Stato italiano. Ad oggi le principali problematiche correlate allo sviluppo della rete di ricarica sono:

- 1) La gestione dei pagamenti, in quanto questi devono e dovranno avvenire in completa sicurezza e trasparenza.
- 2) Sviluppare la rete stessa in modo sostenibile. Ad oggi, essendo il numero di veicoli e quindi di ricariche molto limitato, l'implementazione della rete e la sua gestione non è un business sostenibile per i limitati guadagni a ricarica e l'enorme costo di installazione (dall'hardware, ai collegamenti alla rete ai sistemi di protezione del veicolo e dell'individuo) e, contestualmente, porla sulle spalle dei cittadini inserendo un'imposta in bolletta è percepito come eticamente scorretto poiché la comunità paga un servizio usufruibile da un limitato numero di persone.
- 3) La gestione della rete stessa, poiché cederla a soggetti privati potrebbe portare alla crescita dei prezzi delle ricariche che renderebbero meno attrattiva la mobilità elettrica per cercare di recuperare gli investimenti fatti nel minor tempo possibile.

Oltre a queste problematiche etiche, ambientali ed economiche, una sfida importante si sta svolgendo sugli standard di ricarica dei veicoli elettrici. Infatti, oltre alla realizzazione della rete di ricarica pubblica e privata, questa deve essere in grado di poter ricaricare tutti i veicoli indipendentemente dal modello e le dimensioni. Per rendere tutto questo possibile, si stanno

definendo degli standard sui sistemi di collegamento tra il veicolo elettrico e la rete sia in termini hardware che software, per gestire la potenza erogabile dall'infrastruttura ed allinearla con i livelli di domanda e produzione di energia elettrica nazionali. Questi scontri tra consorzi e imprese, a stampo generalmente nazionalistico, hanno notevolmente rallentato lo sviluppo della mobilità elettrica a causa di una grande incertezza sui sistemi hardware e software che le case automobilistiche dovrebbero implementare sui propri modelli, portando ad un aumento dei prezzi del prodotto finito per cercare di renderlo compatibile con tutti i sistemi.

Un ulteriore aspetto critico studiato è quello psicologico dei possibili-futuri utilizzatori dei veicoli elettrici, siano essi a quattro o due ruote. Infatti, durante le interviste effettuate è emerso come questo sia uno dei principali problemi alla diffusione della mobilità elettrica nonostante le condizioni necessarie per l'utilizzo di questi nuovi dispositivi siano più che soddisfatte. I principali problemi riscontrati sono l' "ansia da ricarica", ovvero la paura di restare senza energia, e la limitata percorrenza per ricarica massima. Questi problemi ad oggi sono del tutto inesistenti poiché emergono solo nel momento in cui si vuole cercare di utilizzare una vettura elettrica al di fuori dei percorsi urbani, quelli per cui è stata realizzata e pensata. Infatti questi veicoli sono fatti per ridurre l'inquinamento delle città e coprire i percorsi per recarsi al luogo di lavoro entro una distanza limitata (fino ai 50 km dal proprio domicilio) ed effettuare i piccoli spostamenti (la spesa delle casalinghe, il portare i figli a scuola) ed attività brevi che fanno funzionare i motori termici a temperature inferiori a quelle ottimali, riducendone l'efficienza.

Se si considera un utilizzo urbano per brevi tratti, queste macchine sono in grado di percorrere circa 160 km a "pieno" contro una distanza media giornaliera percorsa di 20-25 km, quindi più che sufficiente mentre l'ansia da ricarica è superabile solo utilizzando un veicolo elettrico, in quanto questo è l'unico modo per far capire all'utilizzatore che la carica non si esaurisce improvvisamente e che l'energia residua è facilmente controllabile.

Per quanto riguarda il settore non automobilistico, in rapida crescita, e quello delle pedelec, da anni ormai consolidato, quello degli autobus sta cercando di svilupparsi parallelamente alle ricariche ultrarapide a causa dei grandi quantitativi energetici necessari per alimentarli. Il settore realmente penalizzato è quello degli scooter e moto. Questi mezzi generalmente più economici delle automobili si integrano ad oggi male con la trazione elettrica a causa del ridotto volume disponibile per allocare un sistema di accumulo con capacità significativa. Inoltre, il vantaggio di costo di questi dispositivi rispetto alle automobili andrebbe a ridursi scoraggiandone l'acquisto.

Grazie alle interviste effettuate è stato possibile affrontare con esperti di ciascun settore le rispettive caratteristiche, criticità e modalità di approccio al mercato per poter risultare competitivi e contemporaneamente evidenziare i problemi dell'intero settore e ipotizzare possibili soluzioni per superare questo iniziale momento di stallo sulla diffusione massiva di questi prodotti.

## Parte I: Descrizione dei dispositivi elettrici per la mobilità.

### 1.1. Biciclette elettriche a pedalata assistita o pedelec.

#### 1.1.1. Introduzione

La normativa riguardante i velocipedi, e quindi le biciclette, è stata definita in modo chiaro dal 3/2/2003 come recepimento della direttiva europea dell'anno precedente.

#### *Articolo 24*

*(Modifica all'articolo 50 del decreto legislativo 30 aprile 1992, n. 285, recante nuovo codice della strada)*

*1. All'articolo 50 del decreto legislativo 30 aprile 1992, n. 285, il comma 1 è sostituito dal seguente:*

*"1. I velocipedi sono i veicoli con due ruote o più ruote funzionanti a propulsione esclusivamente muscolare, per mezzo di pedali o di analoghi dispositivi, azionati dalle persone che si trovano sul veicolo; sono altresì considerati velocipedi le biciclette a pedalata assistita, dotate di un motore ausiliario elettrico avente potenza nominale continua massima di 0,25 KW la cui alimentazione è progressivamente ridotta ed infine interrotta quando il veicolo raggiunge i 25 km/h o prima se il ciclista smette di pedalare".*

Questa normativa è stata introdotta per regolamentare il mercato soprattutto delle biciclette elettriche in quanto sin da subito sono stati proposti kit di elettrificazione con potenza maggiore e dotate di acceleratore autonomo.

Storicamente, la bici elettrica ha una vita piuttosto lunga. Dopo il perfezionamento della bicicletta durante i primi decenni del 1900, nel 1946 viene alla luce la Spacelander di Benjamin Bowden.

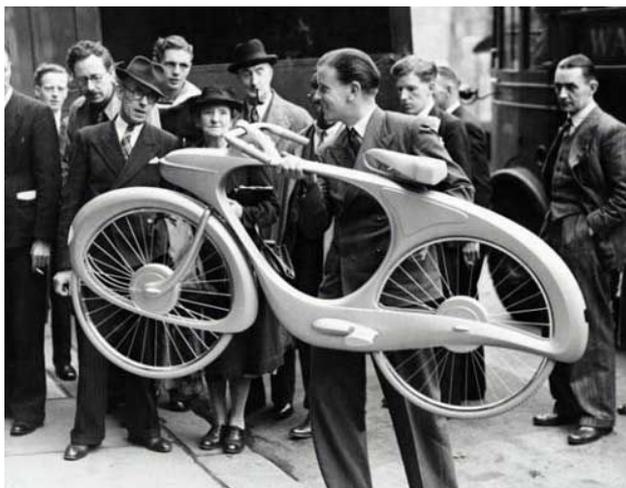


Figura 1: Benjamin Bowden con il modello Spacelander.

Possedeva un design affascinante per l'epoca ed una tecnologia avveniristica: era già dotata di un motore elettrico capace di funzionare anche da generatore per il recupero dell'energia prodotta durante i tratti in discesa (come l'odierno KERS delle automobili).

Questo però rimase un prototipo e per i primi veri tentativi di diffusione di biciclette elettriche si dovette aspettare gli anni '80 e l'esplosione dell'inventiva giapponese. Sfruttando l'invenzione delle batterie Nichel-Cadmio (ben più leggere delle precedenti al piombo sigillate ma destinate ben presto ad essere sostituite da quelle NiMH e al Litio perché particolarmente inquinanti), cominciarono a circolare in Giappone i primi rudimentali esempi di bici assistite elettricamente.

I due punti di svolta, capaci di dare un fortissimo impulso propositivo allo sviluppo di biciclette pedelec, sono rappresentati dal "pas prototype" (brevettato dalla Yamaha nel 1989) e da un'iniziativa senza precedenti da parte del consiglio nazionale delle ricerche cinese, che nel 1991 indicò la bici elettrica come uno dei progetti prioritari, avviando il processo che condusse dalle 40000 unità vendute in quel paese nel 1998 ai 10 milioni del 2005.

Sempre la Yamaha nel 1994 iniziò la commercializzazione della sua bicicletta a pedalata assistita, mentre un anno più tardi la Biketec (Svizzera) realizzò la prima Flyer, iniziandone nel 2001 la produzione in serie.

Nello stesso periodo anche altre case costruttrici affermate iniziarono la commercializzazione dei primi modelli di biciclette elettriche avviandone la diffusione in Italia.

Queste biciclette introdussero, per la prima volta, il concetto di "pedalata assistita", ovvero non erano più biciclette spinte da un motore elettrico ma l'energia prodotta andava a "sommarsi ed integrarsi" con quella espressa dalla forza muscolare del ciclista.

La grande evoluzione di questo prodotto ha portato un vuoto normativo che ha portato alla creazione dei Pedelec (quindi con la pedalata assistita, cioè il motore si spegne se non vi è propulsione muscolare) e le E-Bike (biciclette che presentano un motore in grado di funzionare senza lo sforzo umano) che è stato colmato solo nel 2002 a livello europeo e 2003 in Italia.

### **1.1.2. Mercato**

Il mercato della bicicletta elettrica ha avuto una discreta diffusione a causa dei prezzi più contenuti rispetto a scooter e automobili grazie alle necessità di potenza impiegate molto contenute (si passa dai 23kW della Renault ZOE, una macchina dalle dimensioni contenute ai 0,25kW massimi delle biciclette) e per la possibilità di coprire distanze abbastanza contenute (dai 2 ai 5 chilometri) senza eccessivi sforzi e lunghi tempi con una grande possibilità di risparmio sul carburante (i veicoli a motore endotermico hanno rese molto basse se usati per compiere tragitti molto brevi), in questi anni in forte crescita di prezzo.

L'economicità e la semplicità d'uso (basta pedalare, il motore riduce solo lo sforzo) hanno consentito di ottenere buoni volumi di vendita. Basti pensare che in questo quinquennio di crisi, nel 2011 sono state vendute più di 50000 bici a pedalata assistita con incrementi nell'ordine di due cifre per il 2012. Nel mondo invece, i prodotti venduti si sono aggirati intorno alle 30 milioni di unità con previsioni future di ulteriore crescita.

A livello mondiale, il numero di velocipedi presenti sul mercato è di 30 milioni di unità ed è prevista una crescita a 45 milioni al 2018.

Il mercato più florido è quello asiatico (in particolare quello cinese) con circa l'89% delle vendite globali, dove si prevede un giro di affari di circa 12 miliardi di euro, in grado di assorbire il 20% del mercato mondiale della bicicletta in termini di prodotti venduti e del 40% del fatturato ottenuto, pari

a circa 7 miliardi di dollari (questo a causa di un costo circa doppio delle versioni elettriche rispetto quella tradizionale).

Lato produttori, la produzione è divisa principalmente tra le aziende cinesi ed europee.

Il mercato offre tendenzialmente 3 tipologie di prodotti per prezzo e caratteristiche tecniche:

1. 400/500€: sono prodotti ritenuti scadenti e dalle prestazioni poco rilevanti a causa dell'utilizzo di componenti elettronici e batterie qualitativamente scadenti ed ecologicamente (lo scopo di questi dispositivi) poco compatibili a causa dell'utilizzo di batterie al piombo.
2. 700/1000€: il prodotto garantisce un rapporto qualità prezzo soddisfacente anche in termini di durata del prodotto.
3. 1500/4000€: si tratta di prodotti con le tecnologie migliori e design ricercati in collaborazione con disegnatori noti.

Questa sostanziale differenza di prezzo è data principalmente dal costo della batteria, in quanto il motore può erogare al massimo la stessa potenza di 0,25 kW, creando quindi una ridotta differenza di prezzo (rispetto a due tipologie differenti di batterie per esempio) ed eventualmente dalla ricercatezza dello stile della bicicletta.

### **1.1.3. Tecnologia**

#### **1.1.3.1. Batteria**

- 1.1. Litio: Sono le più leggere con l'autonomia più estesa, presentano però delle criticità non indifferenti agli shock termici e di tensione di corrente
- 1.2. Piombo: sono le batterie meno costose e quelle utilizzate sui primi modelli. Hanno consentito grazie alla loro economicità un buono sviluppo del mercato. Risultano essere però molto pesanti, ambientalmente poco compatibile durante lo smaltimento e presentano una bassa resa, soprattutto se usate a piena potenza.
- 1.3. Nichel: sono considerate un buon compromesso in quanto sono meno sensibili alle variazioni di temperatura e tensione ed hanno un impatto ambientale a livello di smaltimento meno gravoso del piombo.
- 1.4. Gel Silicone: sono un'evoluzione di quelle al piombo. Presentano una ottima resistenza alla scarica ma anch'esse sono molto pesanti, con rendimenti contenuti e elevato impatto ambientale.

Le batterie in genere vengono situate su un portapacchi dedicato sopra la ruota posteriore, su un apposito sostegno posto all'interno del telaio dove tradizionalmente viene posto il porta borraccia, su un sistema di ancoraggio posto tra la ruota posteriore e la parte di telaio contenente il canotto della sella.



Figura 2: Bicicletta elettrica con batterie poste dietro il telaio.



Figura 3: Bicicletta elettrica con batterie poste sul portapacchi.



Figura 4: Modello di una mountain bike elettrica con batteria sotto il telaio.

### 1.1.3.2. Motore

Generalmente, sono alimentati da corrente a 12 o 48 V e sono situati su una delle due ruote o sull'asse dei pedali stessi e generalmente sono di tipo Brushless. I motori sincroni a magneti permanenti ed a commutazione elettronica, brevemente detti anche *brushless*, sono diventati in tempi relativamente recenti fra le più diffuse macchine elettriche impiegati in tutti i settori dell'automazione, specialmente in ambito industriale e nel campo della robotica in azionamenti di piccola e media potenza. Il loro crescente utilizzo è legato ai pregi che essi introducono rispetto ai tradizionali motori a corrente continua o ai motori ad induzione. Tra i principali vantaggi possiamo trovare un'elevata densità di potenza, i volumi ridotti e la facilità di controllo, caratteristiche che rendono spesso il motore brushless destinato ad azionamenti in cui siano richieste elevate prestazioni.

Sostanzialmente, è costituito da uno statore dove ha sede l'avvolgimento di eccitazione, tipicamente trifase connesso a stella, e da un rotore dotato di magneti permanenti. Il termine brushless significa letteralmente "senza spazzole".

In questo tipo di motore infatti non è necessario il sistema di contatti striscianti su lamelle solidali al rotore (spazzole-collettore) tipico dei motori a corrente continua. L'avvolgimento di eccitazione posto sul rotore viene quindi sostituito con un insieme di magneti permanenti, in grado di instaurare un campo magnetico al traferro del tutto simile a quello prodotto da un avvolgimento. Come in tutti i motori, il principio di funzionamento che seguono è quello dei *sistemi elettrodinamici*, che si basa sull'interazione fra conduttori percorsi da corrente e campi magnetici (in questo caso creati dai magneti permanenti): lo scopo è quello di produrre una coppia sul rotore tale da metterlo in rotazione e produrre il lavoro. Essendo privo del sistema spazzole-collettore per la "commutazione meccanica" della corrente, questi motori necessitano di poca manutenzione.

Altri vantaggi sono la leggerezza complessiva, scarse induttanze e riscaldamento del motore, mancanza di magnetizzazione allo statore che consente di avere rendimenti maggiori. I motori delle pedelec possono essere situati nella parte inferiore del telaio, agendo direttamente sul sistema pedale-manovella, oppure sulla ruota anteriore o posteriore o su entrambe (per ottimizzare il bilanciamento dei pesi e garantire una migliore stabilità e guidabilità, si utilizza maggiormente quello sulla ruota posteriore).



Figura 5: Motore posto nella parte inferiore del telaio.



Figura 6: Coppia di motori posti su entrambi i mozzi delle ruote.

### 1.1.3.3. Display

Semplice dispositivo digitale che consente di monitorare la carica della batteria durante la marcia.



Figura 7: Display indica tante lo stato di carica della batteria.

#### 1.1.4. Ricarica

Uno dei vantaggi principali dei Pedelec è la ricarica. Questa infatti avviene collegando la batteria alla rete attraverso una normale presa Shuko, permettendo di non necessitare di infrastrutture dedicate per la ricarica (come le auto). Inoltre, grazie alla leggerezza delle batterie ed alla loro maneggiabilità, è possibile estrarre la stessa dall'apposito sistema di sostegno per poterla ricaricare in ufficio o in casa o comunque consentendo di non lasciarla all'aperto, in balia di agenti atmosferici o furti.

#### 1.1.5. Pedelec alternativi: le “bici-cariola”

Ad oggi si stanno studiando e sviluppando nuovi progetti riguardo l'utilizzo delle pedelec. Quello ritenuto più importante per una diminuzione sensibile del traffico nelle città è quello riguardante l'utilizzo della bici come sistema di trasporto merci per coprire “l'ultimo miglio” tra il negozio in centro città (o in zone ZTL) ed il centro logistico di dislocamento.



Figura 8: “Bici-cariola” elettrica per il trasporto merci.

Questo sistema consentirebbe di servire solo negozi con prodotti piccoli o con ordini non eccessivamente voluminosi, ma permetterebbe di abbattere i costi del trasporto poiché eviterebbe l'uso dei furgoncini dedicati (spesso aventi consumi elevati), non dipendere più dai carburanti e dalle rispettive oscillazioni di prezzo, ridurrebbe la manutenzione dei veicoli utilizzati (diventerebbe praticamente nulla) muoversi con maggiore agilità nel traffico senza dipendere da eventuali limitazioni sulla circolazione (ad oggi solo le merci fresche e medicinali non sono interessati dal blocco della mobilità indetto dalle varie città per abbattere i livelli di inquinamento).

Questo sistema però richiederebbe la presenza di un centro logistico in prossimità della città poiché non consentirebbe la distribuzione di grandi quantità di merci in tempi abbastanza contenuti su grandi distanze.

Altra possibile applicazione potrebbe essere quella della consegna della spesa a domicilio per le grandi catene di distribuzione. Oltre ad essere ecologico ed a costi ridotti, avrebbe gli stessi vantaggi sopra citati per la consegna nei negozi dislocati nel centro città consentendo però di farsi pubblicità durante le consegne trasmettendo però un'immagine di rispetto dell'ambiente (che

potrebbe dare effetti maggiori rispetto al vedere il nome del negozio sul fianco di un furgone con rumoroso con scarse prestazioni ed evidenti esalazioni di nubi di particolato).

Questi sistemi sono oggi in fase di studio nella città di Bergamo, dove però emerge il problema della salita per accedere dalla città al centro storico della parte Alta.

### **1.1.6. Retrofit**

Il retrofit consente di elettrificare una bicicletta esistente attraverso l'installazione del motore brushless, della batteria e della componentistica accessorica necessaria.

Questa pratica consente di non dover acquistare ex-novo una bicicletta elettrica ma di far "evolvere" quella in proprio possesso.

Il retrofit sta iniziando a prendere piede in alcune pubbliche amministrazioni particolarmente sensibili alle tematiche ambientali come, ad esempio, quella di Bergamo. Questo è dovuto a:

- Economicità della modifica. È poco costosa in quanto le procedure sono semplici e la componentistica è abbastanza semplice da trovare sul mercato, permettendo inoltre di scegliere in base alle proprie esigenze e necessità
- Economicità nel lungo termine. Oltre a non avere una elevata manutenzione da effettuare come una qualsiasi bici elettrica, consente di effettuare con maggior velocità e minor sforzo le commissioni all'interno del comune evitando code, emissioni e costi relativi al carburante utilizzato
- Mantenere in forma le persone grazie ad una minore sedentarietà
- Dare un esempio, per le pubbliche amministrazioni, di investimenti in prima persona per combattere le emissioni compiendo dei sacrifici in termini di comodità personale (in caso di pioggia o vento ad esempio la vettura costituisce un riparo)

Le problematiche principali sono però la non presenza sul territorio di meccanici specializzati nel retrofit e la mentalità delle persone che dovrebbero diventarne gli utilizzatori.

Se per il primo aspetto si sta procedendo a corsi di formazione dedicati per aumentare la qualità dell'installazione, per il secondo aspetto ci sono delle criticità maggiori. Queste sono dovute al fatto che spesso le azioni imposte (usare la bici anziché l'auto) non vengono accettate per principio e inoltre le persone non vogliono perdere la comodità dell'automobile in caso di freddo o maltempo.

Ad oggi, il comune di Bergamo ha convertito circa 10 biciclette in pedelec e stima di poter avere dei risparmi sul carburante dati dai piccoli spostamenti di qualche migliaio di euro.

## **1.2. Scooter elettrici**

### **1.2.1. Introduzione**

Lo scooter nasce e si diffonde molto rapidamente nel primo dopoguerra come mezzo di trasporto individuale, duttile e caratterizzato da un basso costo di acquisto. Il suo iniziale scopo era anche quello di risollevarne il morale delle persone falcidiato da lunghi anni di guerra e dagli stenti che questa provocò, cercando di diventare un simbolo di spensieratezza e allegria. Questo mezzo di trasporto si diffuse soprattutto in Italia, dove il mercato è ancora oggi uno dei più sviluppati ed esigenti in termini di design, tanto da influenzare la prototipazione delle varie case motociclistiche.

Nonostante si accrediti la sua invenzione alla francese Werner nel 1897 con il deposito del brevetto, il primo scooter prodotto in numeri abbastanza significativi fu l'MP5 della Piaggio in Italia, un esemplare ritenuto goffo ed esteticamente non soddisfacente. Con la rivisitazione del designer D'Asciano, dall'MP5 nacque la Vespa, pensato e realizzato per soddisfare le esigenze di comodità e praticità dei giovani.



Figura 9: Piaggio MP5 Paperino del 1944.



Figura 10: Piaggio Vespa del 1964.

Inizialmente, lo sviluppo degli scooter portò all'uniformazione dello stile del prodotto ed allo sviluppo di una guerra di prezzo per consentire ad una casa di attrarre il maggior numero di giovani possibili (se nel 1947 servivano 80000 Lire, cioè due mensilità dello stipendio di un normale impiegato, la Lambretta di Innocenti riuscì a ridurre il costo dello scooter diventando una delle principali realtà del mercato).

Con il passare degli anni, lo scooter riuscì a diffondersi anche nel resto d'Europa mentre in Italia, grazie al film "il sorpasso" divenne il simbolo del cambiamento della mobilità e dell'affermazione sociale.

Lo sviluppo dello scooter ha portato le case produttrici a realizzare motori sempre più performanti arrivando ad oggi a sviluppare motori da 50 cc quattro tempi in grado di percorrere circa 50 km/l (come i primi scooter poiché dotati di 4 marce e non con il variatore di velocità come quelli odierni) con velocità bloccate elettronicamente e meccanicamente a 45km/h, ben al di sotto delle reali potenzialità, in grado di emettere circa 178 gr di CO2 ogni 100 chilometri, il 70% in meno degli scooter a carburazione più vecchi. Con il passare del tempo, sono state realizzate versioni significativamente più grandi come cilindrata arrivando all'Aprilia SRV850, lo scooter omologato con la cilindrata più grande, nel tentativo di portare le performance e le conoscenze maturate dalle varie case motociclistiche durante le competizioni sportive.

### 1.2.2. Sviluppo del mercato elettrico.

A partire dagli anni novanta ha iniziato a svilupparsi il mondo dello scooter elettrico. Il segmento di mercato coinvolto da questa rivoluzione è stato quello dei cosiddetti “cinquantini” poiché risultavano essere sufficientemente leggeri per consentire una maggior durata delle batterie rispetto ai maxi scooter, di per sé molto pesanti.

Ad oggi, il mercato degli scooter ha subito una forte contrazione passando dagli oltre 123000 del 2008 ai 48909 del 2012, evidenziando una contrazione del mercato del 60.2% in soli 5 anni. Questo dato è sicuramente influenzato dalla crisi economica globale che, proprio dal 2008, sta colpendo i mercati di tutto il mondo. In Italia, il 30% dell’acquisto di scooter viene effettuato dalla società Poste Italiane, acquistandone circa 18000 all’anno.

A fronte di questi numeri in forte riduzione e della congettura economica, la vendita dei ciclomotori elettrici non è cresciuta negli ultimi anni mantenendo un volume di vendita abbastanza contenuto rispetto quelli endotermici tradizionali, raggiungendo quote di molto inferiori all’1% per i soli ciclomotori.

Il mercato, soprattutto in Olanda, si sta sviluppando più velocemente grazie all’introduzione di questi dispositivi come taxi per il trasporto individuale nella città di Amsterdam sfruttando le piste ciclabili, adibite anche al passaggio dei ciclomotori, tali da consentire un trasporto cittadino rapido ed economico poiché in grado di evitare il traffico e ridurre l’incidenza dei costi del combustibile sulla tariffa corrisposta (il costo del viaggio è di circa 2.70 €, approssimativamente il costo di un biglietto per l’autobus).

Per quanto riguarda i maxi scooter, i volumi di vendita sono ancora più ridotti rispetto ai ciclomotori in quanto, soprattutto nel mercato italiano, conta molto l’effetto moda e di conseguenza i modelli più venduti degli ultimi 5 anni sono rimasti pressoché invariati e sono:

- Yamaha Tmax 500, 830 veicoli venduti nel 2011;
- Honda SH 300, 435 veicoli venduti nel 2011;
- Piaggio Liberty 125 RST, 389 veicoli venduti nel 2011;
- Honda SH 150, 376 veicoli venduti nel 2011;
- Honda SH 125, 332 veicoli venduti nel 2011.

Al decimo posto si trova Honda SW 400 con soli 96 esemplari venduti sempre nel 2011, permettendo di evidenziare una grande incidenza sui volumi totali delle vendite dei primi modelli, sottolineando ancora una volta l’effetto moda presente in questo mercato.

Per quanto riguarda il mercato elettrico, nei primi 100 modelli venduti in Italia, non è presente nessun modello elettrico, evidenziando come le vendite di questi dispositivi ad oggi sia contenuta sotto la decina di unità.

L’esplosione del mercato elettrico non si è mai avvenuta sino a circa il 2010, dove grazie alla diffusione della mentalità ecocompatibile e di una mobilità a basso impatto ambientale si è potuto assistere ad una rapida crescita del mercato. Ad oggi in Italia sono presenti un discreto numero di player che utilizzano due diverse tipologie di approccio al mercato:

1. Produrre tutto in Italia per poter garantire tramite il concetto di “Made in Italy” la bontà e solidità dei propri prodotti.

2. Produrre tutta la componentistica meccanica in paesi a basso costo produttivo per poi assemblarla con la componentistica elettronica italiana in Italia.

Essendo lo scooter tradizionale un dispositivo dal prezzo di acquisto abbastanza contenuto, molte case produttrici si stanno spostando dal primo al secondo approccio per poter garantire comunque prodotti qualitativamente buoni ma a costi significativamente inferiori (basti pensare che uno scooter tradizionale costa dai 1300€ ai 2400€ mentre alcuni scooter elettrici arrivano sino a 1800€ esclusa la batteria, costo che varia dai 300 ai 1000€).

Il successo che sta acquistando questo prodotto è dato da principali motivazioni:

1. Il prodotto non è modificabile, violando il codice della strada, poiché il motore elettrico è realizzato per operare ad un livello massimo di potenza oltre il quale non può andare. Questo consente di utilizzare lo scooter fino ad un massimo di 45 km/h.
2. La durata della batteria è del tutto soddisfacente rispetto all'utilizzo medio individuale. Questo problema è significativamente meno percepito dalle persone poiché nell'immaginario comune, lo scooter è un dispositivo utilizzato solo per brevissimi tratti, quindi un'autonomia di circa 80 chilometri è ritenuta più che soddisfacente.
3. Lo scooter elettrico è economicamente vantaggioso rispetto agli scooter tradizionali.

Facendo un rapido esempio, questo emerge molto rapidamente:

Confronto per 5 anni percorrendo 2000km/anno	Scooter tradizionale	Scooter elettrico con batterie al litio (le più costose e performanti)
Costo d'acquisto	1600€	2800€
Bollo totale	95.55€	/ (incentivazione)
Assicurazione	890€/anno	445€ (incentivazione)
Consumi	40 km/l → 412€ nei 5 anni	80 km/carica → circa 160€
Manutenzione	Freni, gomme, lubrificanti, tagliandi obbligatori, parti meccaniche usurate del motore, rulli, candele, tagliando	Freni, gomme e olio lubrificante
Totale	6145€	5025€

Tabella 1: Confronto economico di uno scooter tradizionale ed uno elettrico.

In soli cinque anni, lo scooter permette di risparmiare circa 1120€ senza considerare l'incidenza della manutenzione (ancora a favore del modello elettrico) e, nel confronto, è stato considerato uno scooter tradizionale dal costo medio mentre per la versione elettrica quella più costosa.

Il mercato presenta però alcune criticità particolarmente significative.

1. Mentre nelle persone anziane il cambiamento viene percepito come più facilmente assorbibile dagli operatori di mercato, questo non accade nei genitori degli adolescenti che ne evitano l'acquisto a favore di uno endotermico.
2. I ragazzi non gradiscono la soluzione elettrica perché anche se personalizzabile in termini di colori e accessori, non è possibile modificarne le prestazioni.

3. I ragazzi temono di essere esclusi o visti sotto una cattiva luce da parte dei propri amici a causa del possesso di un veicolo elettrico, creando la paura di essere ritenuti dei “secchioni” e quindi sentirsi esclusi.
4. I rivenditori tradizionali vedono il prodotto elettrico come antieconomico e contrario al loro business. Questo accade perché il rivenditore ha margini molto ridotti sulla vendita delle moto/scooter per favorirne l’acquisto e fidelizzare il cliente, facendo sì che questo venga da lui ad effettuare la manutenzione, l’aspetto sul quale i rivenditori ottengono i guadagni maggiori. Lo scooter elettrico va in direzione opposta a quelli tradizionali perché vuole mantenere i margini sull’acquisto ridotti, compensandoli però con uno sperato aumento dei volumi di vendita a causa della quasi totale assenza di manutenzione.
5. I rivenditori che accettano di vendere il prodotto elettrico non lo studiano e, conseguentemente, quando un cliente sarebbe propenso ad acquistare uno scooter ecocompatibile, non riceve le giuste informazioni su questa tipologia di veicoli e quindi, oltre a risultare confuso, preferisce non correre rischi sul proprio acquisto e ricorrere al prodotto tradizionale.
6. Considerando i fattori 4 e 5, gli unici modi per raggiungere il cliente sono fiere, esibizioni, eventi con la partecipazione delle pubbliche amministrazioni ed il web che però non riescono a conferire al produttore “elettrico” la stessa notorietà di quello tradizionale.

Per sopperire a queste problematiche, un’impresa particolarmente sensibile all’approccio del mercato come la MotoriniZanini, ha ideato un nuovo scooter totalmente “Made in Italy” dai costi contenuti (considerando i vantaggi prima elencati), dal design non tradizionale e dalle molteplici personalizzazioni per trasmettere alle persone anche visivamente il senso di rivoluzione che la mobilità elettrica potrebbe portare. Infatti, secondo il proprietario, l’aspetto principale per la diffusione del mercato elettrico è, ancor più di una corretta incentivazione e chiarificazione della normativa da parte dello Stato, la necessità di cambiare la mentalità delle persone per fargli accettare questa nuova tipologia di prodotti attraverso campagne di sensibilizzazione specifiche per capire i vantaggi ambientali ma anche più semplicemente economici portati dalla mobilità sostenibile.

### **1.2.3. Caratteristiche tecniche**

#### **1.2.3.1. Batterie**

Sono principalmente di due tipologie, al piombo o al litio. Tecnicamente, sono del tutto comparabili a quelle utilizzate per le pedelec ad eccezione del fatto che risultano essere più grandi per poter fornire un maggior quantitativo di potenza al motore ed aumentarne quindi la percorrenza. La differenza sostanziale tra le due tipologie è data dal fatto che le batterie al litio risultano essere più leggere ed in grado di garantire una autonomia di circa 100 km (a seconda di come viene utilizzato lo scooter) mentre quelle al piombo sono in grado di arrivare al massimo a 60. Le batterie al piombo vengono utilizzate sugli scooter di prima generazione o come variante a quelle al litio sui nuovi modelli per offrire un’alternativa meno costosa di quelle al litio. Quest’ultime invece sono in fase di studio da parte dei produttori per poterne allungare la durata colmando il differenziale con le versioni termiche rendendolo quindi perfettamente sostituibile.

### 1.2.3.2. Telaio

Viene realizzato come per gli scooter tradizionali in acciaio ed ha il compito di reggere strutturalmente i carichi a cui è sottoposto.

Per cercare di ridurre il peso degli scooter e quindi aumentare l'autonomia delle batterie, il consorzio italiano Motorini Zanini, GSI, VE&D Engineering and Design S.r.l. e ROSSA di Clerici & Associati S.r.l. ha realizzato il ME, il primo scooter elettrico con telaio in materiale plastico: il sheet moulding compound (SMC). Questo materiale consente di ridurre il peso del 35% circa rispetto ad un tradizionale scooter senza compromettere la solidità della struttura stessa. Inoltre, per garantire maggiore ecosostenibilità, il telaio è realizzato con fibre resine termoindurenti prodotte tramite un processo ambientalmente compatibile e partendo da materiali riciclati, così da ridurre ulteriormente le emissioni di gas serra anche sulla produzione.



Figura 11: Struttura del telaio in SMC del ME di MotoriniZanini.

### 1.2.3.3. Motori

Il motore elettrico di uno scooter è in genere Brushless da 48 o 120 V, cioè come quello utilizzato per i pedelec, per garantire una maggiore potenza e velocità. Negli scooter, la potenza erogata è contenuta in un range di 1800-3000W a seconda della richiesta dell'utilizzatore.

Come per le biciclette elettriche, il motore viene posizionato sull'asse della ruota posteriore.

### 1.2.4. Metodologie di ricarica

La ricarica può avvenire secondo due modalità, parzialmente simili.

1. Si può collegare lo scooter ad una tradizionale presa schuko domestica.
2. Il battery swap, ovvero il veicolo è realizzato per consentire l'asportazione della batteria e quindi la possibilità di ricaricarla in ufficio o dentro la propria abitazione collegandola sempre alla presa domestica.

I tempi di ricarica sono abbastanza lunghi, dalle 4 alle 6 ore, e dipendono dall'autonomia che la batteria è in grado di fornire (la versione al piombo richiede circa 3 ore abbondanti, quelle al litio più performanti quasi il doppio del tempo). Gli operatori del mercato però ritengono che non si avranno grandi riduzioni sul tempo necessario poiché non si ritiene necessario investire su questa tecnologia. Ovvero, si ritiene che durando meno di una notte il tempo di carica, questa possa essere svolta una volta tornati al proprio domicilio, con la sicurezza di terminarla prima del mattino successivo (con le macchine questo non è possibile, perché la ricarica durerebbe dalle 12 alle 16 ore).

### **1.2.5. Retrofit**

Anche per gli scooter, è possibile effettuare il retrofit trasformando quelli a motore endotermico a trazione elettrica.

Per effettuare questa operazione si può trovare sul mercato un kit predefinito che consente di togliere il serbatoio ed il motore a combustione per far spazio a quello elettrico ed alle batterie. Questi kit possono costare all'incirca come quelli per le biciclette, ma in questo caso risulta più complessa la sostituzione, rendendo necessario il lavoro di un meccanico specializzato.

Ad oggi, non sono presenti progetti di retrofit su scooter termici poiché viene ritenuto più conveniente procedere all'acquisto di uno o più dispositivi per poterne garantire la qualità della componentistica.

Gli specialisti del settore ritengono che una delle realtà che possa maggiormente beneficiare dell'elettrificazione del proprio "parco scooter" siano le Poste Italiane. Grazie all'investimento con un costo maggiore sui modelli elettrici, sarebbe in grado di ottenere risparmi significativi in intervalli di tempo inferiori rispetto a quelli elencati nell'esempio sopra riportato poiché percorrerebbero una distanza annua maggiore. Il vantaggio economico si tradurrebbe praticamente in risparmi nell'ordine dei 500€/anno a scooter solo in termini di carburante ed a questo va sommato il risparmio in manutenzione e moltiplicato per il numero di scooter presenti (per 10 scooter, il vantaggio si traduce in circa 5000€/anno escluso il risparmio sulla manutenzione).

## **1.3. Auto elettriche**

### **1.5.1. Introduzione**

La tecnologia con la quale venne sviluppato il primo prototipo di automobile fu quella a vapore di Cugnot che consentì, nel 1769, di procedere per circa 12 minuti ad una velocità di 10 km/h con una capacità di carico di circa 4 tonnellate. Questo prototipo di macchina ad uso commerciale segnò la nascita della concezione del trasporto motorizzato.

La tecnologia del vapore venne abbandonata quasi immediatamente poiché, a causa dell'enorme peso di questi prototipi, risultò sin da subito critico il procedimento di sterzata (il primo veicolo a vapore si schiantò contro un muro proprio a causa dell'incapacità di svoltare in tempi brevi).



Figura 12: Auto di Cugnot del 1769.

Nel 1864 l'italiano Innocenzo Manzetti introdusse la prima autovettura a vapore moderna in grado di circolare lungo le strade.

La seconda tecnologia che si sviluppò fu quella dei motori a combustione interna. Il primo prototipo sviluppato fu nel 1802 ad opera di Isaac de Rivaz e si basava su un serbatoio di idrogeno da utilizzare per alimentare un motore endotermico.

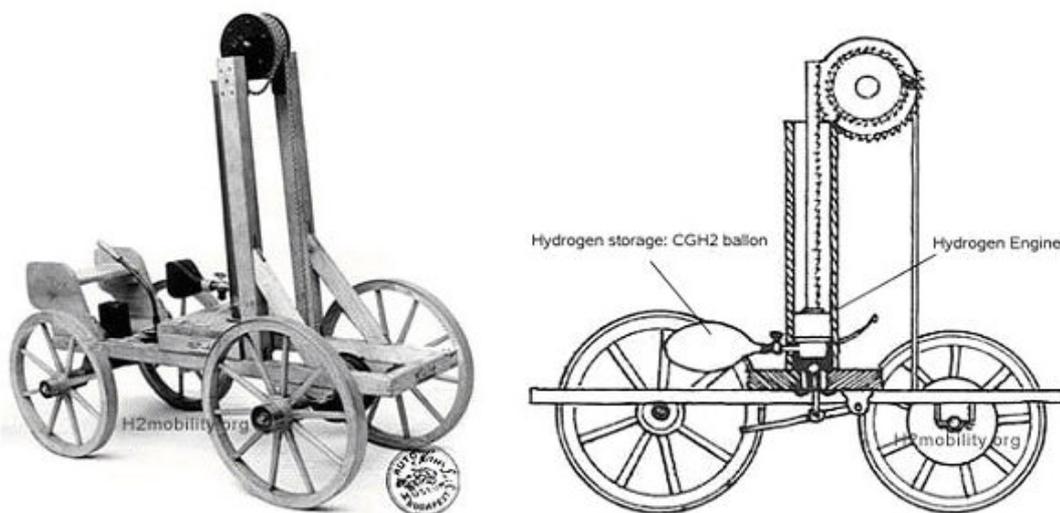


Figura 13: Prima auto con motore a combustione interna di Isaac de Rivaz del 1802.

La terza tecnologia utilizzata fu quella dei motori elettrici, sviluppata tra il 1832 ed il 1839 da Robert Anderson ad Aberdeen. Questo veicolo era una carrozza sulla quale era stato installato il motore elettrico ed il primo sistema di accumulo a batterie.

Negli anni successivi, venne progettata a Groningen dal professore Sibrandus Stratingh e successivamente realizzata da Christopher Becker nel 1835 la prima vera auto elettrica.

Lo sviluppo di queste vetture fu spinto dalle innovazioni nel campo dell'accumulo di energia elettrica portate dagli studi di Gaston Plante nel 1865 e Camille Faure nel 1881 che consentirono di aumentare la potenza fornita dalle batterie e la loro capacità di carica. Questa innovazione portò verso la fine del XIX secolo al raggiungimento di molti record da parte della tecnologia a trazione elettrica, tra i quali la maggior percorrenza con una carica (rispetto alle prime auto a combustione interna) ed alla realizzazione della prima vettura in grado di superare il muro dei 100 km/h: la "Jamais Content" del francese Camille Jenatzy, che fece registrare la velocità di 105,88km/h nel 1899.

Nel 1897 l'intera flotta dei taxi di New York divenne elettrica. Le automobili erano inizialmente disponibili in tre versioni: elettriche, a vapore e a benzina. In quegli anni nacque l'auto ibrida e la tecnologia fu sviluppata da Ferdinand Porsche.

Le automobili elettriche erano preferite rispetto alle altre perché silenziose, senza vibrazioni, non emettevano sgradevoli odori e non avevano nemmeno il cambio. Tra il 1899 e il 1900, negli Stati Uniti le auto di tipo elettrico furono in assoluto le più vendute. Le auto a vapore invece vennero presto abbandonate perché richiedevano lunghi tempi di avviamento, fino a 45 minuti. La quarta tecnologia sviluppata fu quella dei motori endotermici in grado di funzionare utilizzando come combustibile i derivati del petrolio. Nel 1860 il belga Étienne Lenoir fu poi in grado di sviluppare un modello alimentato a gas applicato ad alcuni tricicli denominati Hippomobile.



Figura 14: Hippomobile di Étienne Lenoir del 1860.

Con il passare degli anni, lo sviluppo dei motori endotermici subì numerose rivoluzioni quali l'introduzione del ciclo a quattro tempi ideato dall'ingegnere tedesco Nikolaus August Otto, nel 1883 vennero fondate le prime imprese produttrici di automobili: a Puteaux, la "De Dion, Bouton et Trépardoux" e in Germania a Mannheim, la "Benz & Cie". fondata dall'ingegnere tedesco Carl Benz.

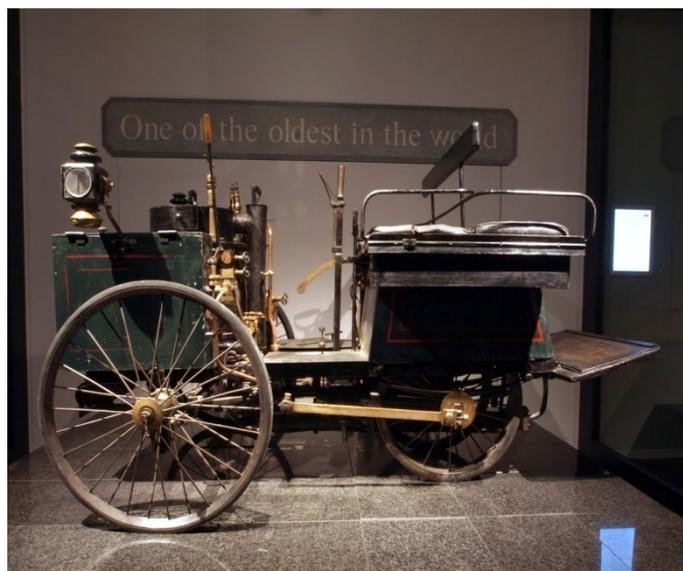


Figura 15: Modello La Marquise, prima auto a biomasse e carbone.

La Marquise, funzionava bruciando carta, legno o carbone e raggiunse una velocità massima di 65 km/h.

Nel 1892 venne ideato da Rudolf Diesel il primo motore a combustione interna a diesel, in grado di migliorare l'efficienza dei motori tradizionali a benzina o carbone.

A partire dal 1920, una serie di fattori economico-ambientale segnarono un cambio di tendenza a favore dell'auto a benzina, eclissando il successo dell'auto elettrica. Innanzitutto la scoperta di grandi giacimenti di petrolio in Texas diminuì drasticamente il prezzo di mercato del carburante, e l'introduzione di importanti innovazioni come la catena di montaggio dell'industriale Henry Ford, e il motorino di avviamento, segnarono una svolta decisiva della tendenza. Queste nuove invenzioni permisero infatti di ridurre i costi di produzione e di rendere i prezzi delle auto accessibili a una maggiore fetta di mercato. Inoltre, la buona autonomia delle auto a benzina permetteva di soddisfare anche la crescente necessità di percorrere sempre più lunghe distanze.

### 1.5.2. La storia dell'auto elettrica

Durante il 1900, si susseguirono alcuni modelli di automobili progettati da diverse case automobilistiche, tra cui:

Nome	Commenti	Anni di produzione	Volumi realizzati	Costo
Henney Kilowatt	La prima auto elettrica moderna (controllata da transistor), capace di percorrere le autostrade a velocità di più di 95 km/h ed era dotata di freni idraulici moderni.	1958-60	<100	Non disponibile
Fiat City Car X1/23	Presentata dalla Fiat nel 1974 consisteva nella variante elettrica della Fiat City Car. Nell'estate del 1979, a cura del Centro Ricerche Fiat ne venne presentata una versione ancora migliorata, con batterie al nichel-zinco e motore a corrente continua ad eccitazione separata e controllo elettronico ad impulsi.	1974-1979	/	Non disponibile
Pilcar	Quadriciclo progettato e costruito	1977-79		~ 16.000Franchi

	in Svizzera a quattro posti			dell'epoca
Sinclair C5	Piccolo veicolo monoposto recumbent a tre ruote realizzato da Sir Clive Sinclair	Gennaio 1985- Novembre 1985	> 12000	~ 399 Sterline dell'epoca
General Motors EV1	Fornita soltanto in leasing, tutti i modelli sono stati distrutti	1996-2003	>1000	~ US \$40.000 (senza i sussidi)
TWIKE	Veicolo elettrico a tre ruote, con la possibilità di pedalare. Prodotto in Germania.	1996+	>750	~ US \$16K
Chrysler EPICminivan	Seconda generazione del Chrysler TEVan, utilizzava batterie piombo-acido da 324 Volt, nel '97 e batterie NiMH da 336 Volt NiMH dopo il '98; Velocità massima di 128 km/h, autonomia di 110-144 km	1997-2000	<351	dato in leasing al governo ed a "flotte" di servizi.
Honda EV Plus	Primo BEV costruito da una grande ditta, senza l'uso di batterie piombo-acido. autonomia di (130-180 km); velocità max. superiore ai 130 km/h; 24 batterie a 12V accumulatore NiMH	1997-99	~300	US \$455/mese per un leasing di 36 mesi, o \$53.000 senza sussidi
Toyota RAV4 EV	Sono scarse, alcune date in leasing e vendute nella costa est ed ovest degli USA, attualmente ricevono assistenza tecnica e manutenzione. La Toyota ha accettato di non demolirle.	1997-2002	1249	US \$40.000 senza sussidi
Chevrolet S10 EV	S-10 con motori, circuiti di controllo e batterie della EV1, 45 apparecchi venduti a privati cittadini, ancora in funzione; alcune sono state vendute a flotte	1998	100	

	aziendali, disponibili da rivenditori come veicoli aggiornati e dalle caratteristiche ampliate.			
Citroën BerlingoElectricque	65+ MPH top speed, 40-60 mile range; 27 batterie nichel-cadmio da 6 volt, 100 batterie ampere-ora in tre pacchetti. Molto simile alla Peugeot Partner che è stata offerta come VE.	1998-2005		
Ford Ranger EV	Alcuni venduti, altri in leasing; quasi tutti distrutti. La Ford concedeva la trasformazione elettrica e la vendita di piccole quantità a dei "leasers" in base ad una lotteria.	1998-2002	1500, forse sopravvivono 200	~ 50.000 US\$, sussidiato a 20.000 \$
Nissan Altra EV	Station wagon di medie dimensioni disegnata dall'inizio come il primo veicolo BEV ad usare gli accumulatori Li-ion; 75+ MPH v.max., autonomia di 192 km, durata della batteria > 160.000 km	1998-2000	~133	Affitto mensile di US \$470
Think NordicTH!NK City	Bi-posto, automia di 85 km, vel. max. 90 km/h, batterie Ni-Cd	1999-2002	1005	

Tabella 2: Vendite delle auto elettriche dagli anni 50 al 2002. Fonte: Wikipedia.

Come evidenziato da questa tabella, gli unici modelli in grado fornire volumi di vendita significativi furono la Sinclair C5 negli anni '80 e solo a cavallo degli anni 2000, la Toyota RAV4 EV e la Think Nordic Th!nk City.

Uno sviluppo massivo di questa tecnologia avvenne negli anni 2000 a causa della spinta dei governi all'abbattimento delle emissioni inquinanti dovute alla mobilità urbana. Infatti, a causa delle normative comunitarie europee e di alcuni stati (come la California negli Stati Uniti o il Giappone) si rese necessario lo sviluppo di un mobilità ad impatto nullo.

Questo fu reso possibile grazie all'evoluzione tecnologica dei sistemi di accumulo dell'energia, trainata dal settore elettronico dovuta alla rapida crescita prestazionale delle batterie dei cellulari, smartphone e computer portatili. Grazie a questi progressi tecnologici, furono ideate le prime batterie al litio, in grado di soddisfare il fabbisogno energetico dei motori elettrici in termini di

densità di potenza e livelli di carica tali da garantire una percorrenza media per ricarica in linea con le distanze medie percorse giornalmente dagli automobilisti. Questa tecnologia è stata in grado di soppiantare in brevissimo tempo le batterie al piombo, utilizzate solo per pedelec o scooter a percorrenza contenuta.

### 1.5.3. Tecnologia ibrida

I veicoli ibridi elettrici, detti anche HEV, sono caratterizzati da un motore termico tradizione affiancato da uno elettrico. Questo viene utilizzato quando vi è una richiesta di potenza improvvisa, o comunque repentina, nella quale la trazione elettrica consente di contenere i consumi del motore endotermico.

Fino alla prima metà del 2012, le versioni ibride delle automobili (per evidenti limiti volumetrici, non sono mai stati implementati scooter né tantomeno moto con questa tecnologia) erano tutte composte dal motore termico alimentato a benzina mentre dal giugno 2012 e l'inizio del 2013, sono disponibili sul mercato il Peugeot 3008 HYbrid4 e 508 RXH e la Citroen DS5 Hybrid 4 Diesel, le prime vetture ibride con motore termico alimentato a diesel.

Le forme di “ibridazione” sono diverse nel mondo dell’automobile e presentano delle caratteristiche particolari.

1. In primo luogo sono presenti le vetture microibride dette “ibride con funzione Start&Stop”, cioè sulla vettura è presente un motorino d’avviamento da 2-3 kW. Questo sistema consente di far spegnere il motore durante le brevissime soste (semaforo rosso...) dove al momento della ripartenza basta schiacciare il pedale dell’acceleratore per far ripartire il motore termico. Il sistema consente di ridurre i consumi del 5% grazie all’alternatore che durante la frenata ricarica il motore elettrico e questo vantaggio aumenta all’aumentare dei chilometri percorsi su tragitti urbani. Il sistema Start&Stop si pensa possa andare ad equipaggiare circa la metà delle macchine vendute già dal 2013.
2. La seconda tecnologia utilizzata è detta “MildHybrid” che presenta un motore elettrico da 10-15 kW alimentato da batterie ai litio-ioni o NiMH da 42 o 150 V. in questo caso, oltre alla funzione Start&Stop descritta prima, il motore elettrico “aiuta” il motore termico durante le accelerazioni riducendo i consumi. Durante le frenate, anche questa tipologia di ibridazione recupera l’energia che altrimenti andrebbe dispersa. Ad oggi la casa più evoluta in questa tipologia è la Honda
3. La terza tipologia è quella “Full Hybrid” è quella che consente di percorrere brevi tragitti in modalità esclusivamente elettrica, purché si mantengano velocità di crociera inferiori ai 60 km/h. questa caratteristica viene sfruttata soprattutto in città e consentono di avere livelli di emissione sufficientemente ridotti da ricevere degli incentivi statali all’acquisto. La problematica principale di questa tecnologia è la scarsa potenza elettrica accumulabile nelle batterie che consente di percorrere solamente tragitti molto brevi.
4. L’ultima tecnologia ad oggi disponibile è quella “Plug In”. La tecnologia per la trazione è del tutto analoga a quella presente sulle vetture Full Hybrid, però presentano la possibilità di ricaricare le batterie dalla rete elettrica, evitando quindi di dover attendere che le frenate ricarichino a sufficienza il motore elettrico per consentirne l’uso. In questo segmento, la casa che da più tempo offre dei prodotti qualitativamente significativi è la Toyota mentre dal 2013 stanno entrando sul mercato anche modelli Volvo e Ford.

## Caratteristiche tecnologiche delle configurazioni Full Hybrid e Plug In

La tecnologia di questo tipo di auto è basata sulla presenza del motore elettrico e termico in grado di funzionare simultaneamente durante le varie condizioni di marcia.

Escludendo l'ibridazione con il solo "Start&Stop", nelle altre configurazioni i motori vengono impostati in modo tale da variare il contributo di potenza fornita durante la marcia del veicolo. La regolazione, impostata tramite il circuito elettrico della vettura, consente di ridurre i consumi in maniera significativa, portando ad un raddoppio della percorrenza per litro di combustibile (una vettura benzina berlina percorre circa 10/14 km/l, in modalità ibrida riesce ad arrivare a 22/26 km/l in base alle modalità d'utilizzo).

Generalmente, il contributo di potenza viene suddiviso in:

1. Partenza: il veicolo si azionerà solamente grazie all'energia fornita dalla batteria al motore elettrico.
2. Marcia Normale: il veicolo procede grazie alla propulsione del motore termico. Questo produrrà energia che viene suddivisa in due: una parte è destinata alle ruote di trazione per consentire l'azionamento del veicolo, l'altra quota viene fornita al motore elettrico che la converte in elettricità per ricaricare le batterie.
3. Massima Accelerazione: entrambi i motori entrano in funzionamento per sopperire alle necessità del percorso.
4. Riduzione di Velocità: è presente un sistema di recupero dell'energia (KERS, Kinetic Energy Recovery System) che consente di recuperare quella cinetica, trasferirla al motore elettrico per consentire la generazione di elettricità che permetta di ricaricare le batterie.
5. Frenata Rigenerativa: il KERS entra nuovamente in funzione recuperando l'energia che altrimenti andrebbe dispersa in ambiente sotto forma di energia termica. Rispetto alla riduzione di velocità, la generazione di energia è meno significativa in termini quantitativi.
6. Arresto: entrambi i motori sono spenti.

Questa configurazione consente di risparmiare carburante durante le fasi che altrimenti ne richiederebbe un uso significativo (partenza e accelerazione) e di ridurre i carichi sull'impianto frenante grazie al recupero dell'energia (in questo modo la vettura risulta frenata per l'entrata in funzione dei sistemi di recupero senza l'azionamento dei freni). In questo modo è possibile recuperare energia e salvaguardare i freni, allungandone la vita utile (dai 40000/60000 km circa, in funzione dello stile di guida possono avere una durata significativamente inferiore, ai quasi 100000 km delle soluzioni ibride).

Inoltre, consente di far funzionare il motore a benzina a regimi più elevati, dove riesce a garantire delle prestazioni migliori in termini di distanza percorsa per litro di carburante utilizzato.

Queste configurazioni comportano un aumento dell'investimento iniziale da sostenere a causa del doppio propulsore ma non comportano un aumento dei costi di manutenzione poiché il motore elettrico è considerato privo di guasti con una vita utile maggiore di quella del veicolo stesso.

Versioni	Auris Benzina Lounge	Auris Hybrid Lounge
Costoiniziale (approssimativo) €	22550	25250
Consumicombinato km/l	18.2	25.6
Emissioni CO2 gr/km	138	91

Manutenzione	x	x
Litri per percorrere 17000 km	934	664
Costocarbureante annuo (1.65 €/l)	1541	1095
Incentivazione	Non disponibile	Fino a 4000€

Tabella 3: confronto tra la Toyota Auris Hybrid e la versione omonima a benzina.

Grazie ai risparmi annui di circa 500€/anno, il costo iniziale d'investimento è in grado di ripagarsi anche senza incentivazione nell'arco di circa 6 anni ed questo intervallo di tempo diminuisce all'aumentare dei chilometri percorsi annualmente. Inoltre, ipotizzando una vita utile di 10 anni, si andrebbero ad evitare emissioni di CO2 pari a 7,990 tonnellate.

Quindi, da una analisi rapida, i modelli ibridi sono in grado di essere economicamente convenienti anche senza incentivo statale (aspetto da non sottovalutare visto il rapido esaurimento del 2013) all'utilizzatore riuscendo anche ad abbattere i livelli di emissioni in modo significativo.

Questo raffronto sarebbe possibile farlo su modelli diesel quale Citroen DS5 o Peugeot 3008, dove il vantaggio in termini ambientali è ancor più significativo (il diesel è caratterizzato da un'emissione di CO2 maggiore rispetto ad una alimentazione a benzina) mentre quello economico risulta essere più dilatato nel tempo, circa 20 anni, senza l'incentivazione statale, con la quale scenderebbe a 10.

#### 1.5.4. Mercato

Il mercato dell'auto elettrica deve essere diviso essenzialmente in tre settori concorrenziali:

1. Dispositivi da lavoro per il trasporto di carichi contenuti;
2. Concorrenza con i maxi scooter ;
3. Concorrenza con le vetture termiche tradizionali.

Il primo viene controllato dai produttori di quadricicli, i quali forniscono strumenti di lavoro mono o biposto generalmente forniti di un cassone per il trasporto merci all'interno di un sito produttivo (ad esempio nel mondo agricolo). Questo tipo di veicoli però non viene considerato per il raggiungimento dell'obiettivo europeo di veicoli presenti sul mercato al 2020 poiché ritenuti non alternativi all'auto tradizionale.

La seconda tipologia di mercato è quella relativi alle micro-car come la Renault Twizy.



Figura 16: Renault Twizy.



Figura 17: Presentazione della Renault Twizy al salone dell'auto di Barcellona.

Questa vettura, proposta al mercato come un biposto con i sedili in serie, è pensata per sostituire l'acquisto dei maxi scooter o degli scooter che presentano una copertura del passeggero (possono essere guidati senza casco perché presentano delle protezioni laterali anche). Infatti, come gli scooter, Twizy non presenta una portiera in grado di proteggere lateralmente, ed in modo completo, i passeggeri ed è stata realizzata con misure del tutto paragonabili ad uno scooter (2,34 metri contro 2,22 metri di un maxi scooter). Inoltre, considerando il prezzo di acquisto e le forme incentivanti sulla tassa di circolazione e l'assicurazione, il gap di 3000/4000 euro va a colmarsi in tempi abbastanza contenuti (come per gli scooter elettrici rispetto quelli endotermici, entro i cinque anni si può assistere ad un pareggio dei costi considerando il mantenimento dello stato di buon funzionamento del veicolo) escludendolo quindi dal mercato delle autovetture nel senso più stretto del termine.

Ad oggi, le Twizy vendute nel 2013 sono circa 92, con un interessante volume di 1600 nel 2012 rendendo Renault leader della mobilità elettrica.

Nel 2013 ci si attende un rallentamento sulla vendita di questa micro-car poiché a causa di un problema al sistema frenante sono stati ritirati circa 6000 esemplari in tutta Europa, facendo calare un generale scetticismo su questo dispositivo per la mobilità elettrica.

Il terzo settore di mercato è quello dell'auto elettrica nel senso più tradizionale del termine. Rispetto a quello sopra elencato prima comprendente Renault Twizy, i numeri di questo mercato risultano essere ad oggi molto più contenuti nonostante la presenza di un numero significativamente maggiore di modelli disponibili.

Se fino alla fine del 2012 sono stati immatricolati circa 524 veicoli il mercato non può essere definito strutturato. Infatti, circa il 77% di queste vetture è stato acquistato da società di car sharing o di noleggio, andando ad ampliare il loro parco auto, senza incrementare le vetture private, il vero target delle società automobilistiche.

Questo è dovuto al fatto che per le imprese di noleggio è possibile ridurre i prezzi di acquisto delle vetture elettriche facendo economie di scala, cioè effettuando ordini di circa qualche decina di vetture per ottenere uno sconto di circa il 20% oppure perché in grado di stipulare accordi commerciali di esclusività sul noleggio dei propri veicoli.

#### 1.5.4.1.Mercato italiano

Dalla tabella UNRAE, è stato possibile raccogliere i dati di vendita delle vetture elettriche dal 2003 al 2012. Nella seguente tabella, sono riportati i dati dei modelli elettricici, ibridi benzina e diesel.

Tipologia	Volumi di vendita delle vetture elettriche/ibride									
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Diesel + elettrico	0	0	2	13	2	0	0	0	12	1198
Benzina + elettrico	11	455	1110	2179	3450	3337	7584	4843	5150	5638
Elettrico	143	42	30	28	24	137	63	116	307	524

Vendite totali mercato italiano	2.247.743	2.264.872	2.237.656	2.326.397	2.493.819	2.162.235	2.139.312	1.961.559	1.748.989	1.402.831
Percentuale Diesel + elettrico	0	0	0,000089	0,000056	0,00008	0	0	0	0,001	0,085
Percentuale Benzina + elettrico	0,000	0,020	0,050	0,094	0,138	0,154	0,355	0,247	0,294	0,402
Percentuale elettrico	0,006	0,002	0,001	0,001	0,001	0,006	0,003	0,006	0,018	0,037
Percentuale totale basse emissioni	0,007	0,022	0,051	0,095	0,139	0,161	0,357	0,253	0,313	0,525

Tabella 4: Volumi di vendita delle auto elettriche dal 2003 al 2012. Fonte: Unrae.

I valori indicano come il mercato elettrico al 2012 non sia riuscito a superare lo 0.525% del mercato delle automobili immesse sul mercato.

Questo è dovuto in parte alla mancata promozione delle vetture elettriche attraverso i canali più utilizzati dal marketing (internet, televisione, giornali e spazi pubblicitari nelle città) e conseguentemente ad una mancata conoscenza di questi prodotti da parte dei consumatori. Inoltre, sino al 2012 risultavano esigui i concessionari aventi una vettura elettrica.

anno 2003	anno 2004	anno 2005
TOYOTA PRIUS 11	TOYOTA PRIUS 455	TOYOTA PRIUS 745 LEXUS RX 365
anno 2006	anno 2007	anno 2008
LEXUS RX 1.089 TOYOTA PRIUS 683 HONDA CIVIC 214 LEXUS GS 98	TOYOTA PRIUS 1.926 LEXUS RX 1.015 HONDA CIVIC 342 LEXUS GS 123 LEXUS LS 47	TOYOTA PRIUS 2.063 LEXUS RX 745 HONDA CIVIC 358 LEXUS GS 95 LEXUS LS 79
		
anno 2009	anno 2010	anno 2011
HONDA INSIGHT 3.897 TOYOTA PRIUS 2.579 LEXUS RX 759 HONDA CIVIC 152 MERCEDES CLASSE S 46 LEXUS GS 28 LEXUS LS 24	TOYOTA PRIUS 2.014 HONDA INSIGHT 982 LEXUS RX 708 TOYOTA AURIS 511 HONDA CR-Z 233 PORSCHE CAYENNE 151 MERCEDES CLASSE S 58 VOLKSWAGEN TOUAREG 51 HONDA CIVIC 41 BMW X6 40	TOYOTA AURIS 1.372 TOYOTA PRIUS 1.071 LEXUS CT 873 LEXUS RX 583 HONDA JAZZ 472 HONDA INSIGHT 365 PORSCHE CAYENNE 133 HONDA CR-Z 132 VOLKSWAGEN TOUAREG 52 AUDI Q5 39
anno 2012	10 anni dal 2003 al 2012	
TOYOTA YARIS 1.966 TOYOTA PRIUS 520 TOYOTA AURIS 841 LEXUS CT 716 PEUGEOT 3008 525 PEUGEOT 508 371 LEXUS RX 341 CITROEN DS5 289 HONDA JAZZ 272 AUDI Q5 121	TOYOTA PRIUS 12.508 LEXUS RX 5.825 HONDA INSIGHT 5.428 TOYOTA AURIS 2.724 TOYOTA YARIS 1.966 LEXUS CT 1.589 HONDA CIVIC 1.116 HONDA JAZZ 744 PEUGEOT 3008 535 LEXUS GS 409	

Tabella 5: Classifica delle prime dieci auto ibride ed elettriche dal 2003 al 2012. Fonte: Unrae.

Nel settore delle ibride elettriche, le uniche case automobilistiche che da qualche anno stanno investendo sul settore elettrico sono il gruppo Toyota (comprendente anche Lexus) e Honda. Queste tre case automobilistiche, puntando principalmente su Prius (solo dal 2012 Auris, inserendosi subito al terzo posto nella graduatoria di settore), RX (successivamente affiancata dalla CT) e Insight (dal 2009 affiancata da Civic e CR-Z), sono riuscite a monopolizzare il mercato delle ibride per numerosi anni, aggiudicandosi nove delle prime dieci auto ibride vendute in 10 anni (l'unica è Peugeot 3008, capace di vendere 535 vetture nel solo 2012, ma ben lontana dalle 12508 Prius).

## 1.5.4.2. Mercato 2013

### 1.5.4.2.1. Vetture elettriche

Nonostante l'incentivazione di 5000€ a vettura fornita dallo stato, le vetture elettriche acquistate fino a maggio sono in una crescita contenuta rispetto le vendite del 2012, riuscendo a coprire poco più della metà delle vendite dell'anno precedente i 5 mesi.

I modelli venduti sono suddivisi rispettivamente in:

Modello	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	totale
Renault Zoe				10	80	90
Smart Fortwo	3	2	20	22	22	69
Nissan Leaf	24	2	8	13	11	58
Renault Fluence	1	2	5	8	1	17
Peugeot iOn	3	1	2	1	-	7
Tesla Roadster	1	1	-	-	-	2

Tabella 6: Volumi di vendita mensili delle auto elettriche nel 2013. Fonte: GreenStart

Quello che emerge dalla ricerca effettuata è l'improvviso incremento di vendite dovuto all'ingresso sul mercato di Renault ZOE. Gli esperti del settore ritengono questa vettura in grado di produrre una violenta scossa al mercato elettrico accelerando il processo di crescita ad oggi abbastanza contenuto.

Leggendo i valori della tabella, emerge immediatamente come in soli due mesi la ZOE sia stata in grado di vendere circa il 30% in più della Smart, raggiungendo livelli nemmeno sfiorati dalle altre vetture durante i mesi precedenti, sostenendo il pensiero degli operatori del mercato.

#### 1.5.4.2.2. Vetture ibride

Il mercato delle vetture ibride risulta essere più sviluppato ma ancora ben lontano dai volumi che ci si attende nel prossimo futuro (una percentuale di immatricolazioni superiore al 10% nel 2020, valore prefissato per le vetture totalmente elettriche).

	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	Totale 2013
ibride	1.001	895	1.114	1.238	1.450	4.060
elettriche	33	8	36	56	118	133
totale auto vendute in Italia	114.255	109.213	132.553	116.725	136.711	472.446
% ibride	0,88%	0,82%	0,86%	0,90%	1,06%	
% elettriche	0,03%	0,01%	0,03%	0,05%	0,09%	

Tabella 7: Volumi di vendita mensili delle auto ibride nel 2013. Fonte: GreenStart.

Dalla tabella, si evince come nonostante l'entrata sul mercato della Renault ZOE stia facendo lievitare il numero di veicoli elettrici acquistati, ad oggi le vetture ibride scontano almeno un ordine di grandezza in più sul volume mensile di vendite.

È importante osservare come per la prima volta, le auto ibride siano riuscite a occupare circa l'1% delle vendite del mercato, rispettando un trend di continua crescita.

Per quanto riguarda i modelli trainanti del settore, i primi cinque risultano essere:

Modello	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	Totale
Toyota Yaris Hsd	364	236	220	544	853	2.240
Toyota Auris Hsd	337	419	593	288	328	2.033
Toyota Prius HSD	103	48	63	46	45	396
Lexus CT200	26	37	62	47	91	264
Peugeot 508 RXH	43	51	58	42	19	213
Peugeot 3008 Hybrid4	53	41	36	44	28	202

Tabella 8: Volumi di vendita mensili per modello delle auto ibride nel 2013. Fonte: GreenStart

Anche nel 2013 le vetture più vendute fanno capo al gruppo Toyota – Lexus, con una percentuale di circa il 90% rispetto l'intero mercato.

#### 1.5.4.3. Mercato europeo

Grazie ad un maggiore sviluppo infrastrutturale, nel resto d'Europa il mercato dell'auto è più sviluppato anche se con numeri comunque contenuti rispetto al mercato tradizionale.

Ad oggi, il sensibile incremento di vendite è stato registrato in Francia grazie alla vendita della Renault ZOE. Infatti, a differenza del mercato italiano, in Francia la vettura elettrica viene venduta a circa 14000 € (quasi la metà rispetto ai 21000 € con cui viene proposta in Italia), creando maggior interesse nel consumatore finale francese che in quello italiano. Questo è stato registrato anche dalla vendita nel primo quadrimestre di 2347 ZOE e 1487 Renault Kangoo, molto distanti dalla terza classificata, la Nissan Leaf, con 318 vetture. Questo incremento di vendite ha spinto il paese a promuovere ulteriormente la mobilità elettrica e accelerare sullo sviluppo della rete infrastrutturale.

In Germania invece, la più venduta risulta essere con 390 unità nello stesso periodo la Smart ForTwo ED e al secondo posto si trova la Citroen C zero con 262 vetture. L' "effetto ZOE", riscontrabile in Francia ed Italia con il repentino aumento della vendita delle vetture elettriche, in Germania non si è verificato poiché la casa francese ha deciso di non commercializzare ancora la propria vettura.

#### 1.5.5. Considerazioni sullo sviluppo del mercato dell'auto elettrica

Ad oggi, gli operatori del settore ritengono il mercato ancora troppo statico e sicuramente non in grado di raggiungere gli obiettivi definiti dall'Unione Europea (125000 vetture al 2020 in Italia) a causa di gravi problemi quali:

1. Il ritiro per manutenzione straordinaria di Renault Twizy (guasto all'impianto frenante, niente a che vedere con la trazione elettrica) ha scoraggiato l'acquisto di auto elettriche perché ritenute non sicure.
2. Il prezzo molto alto delle batterie (circa 400 €/kw) incide per il 60% sul prezzo totale del prodotto, rendendolo poco appetibile nei confronti di un'automobile tradizionale (un esempio è la Renault Clio e Zoe, del tutto simili nelle dimensioni e nella forma, dove il prodotto elettrico sconta un differenziale di circa 8000€ rispetto a quello tradizionale).
3. Ansia da ricarica. Lo sviluppo non ancora massivo e capillare della rete di ricarica non consente di attenuare la paura dell'utilizzatore di rimanere senza energia per tornare a casa o alla prima stazione di ricarica.
4. L'auto elettrica è mal vista poiché l'utilizzatore la confronta erroneamente con una macchina termica tradizionale per effettuare tragitti superiori ai 500-600 chilometri. A causa di una incapacità di far cambiare mentalità ai possibili utilizzatori, i produttori di auto elettriche non riescono a far percepire alle persone che l'auto elettrica è destinata, ad oggi, al solo utilizzo urbano (eccezion fatta per Tesla Roadster, che ha una percorrenza media di 400 chilometri circa, e di tutte le vetture ibride).
5. Il sistema incentivante è fatto per sviluppare il mercato dell'auto elettrica ma viene condiviso che le forme ibride a metano e GPL che, godendo di mercati ben più solidi e strutturati, esauriscono l'incentivazione in tempi molto brevi (nel 2013 circa due settimane) compromettendo le vendite del settore elettrico durante il periodo dell'anno non incentivato.
6. Non si riesce a far percepire il vantaggio economico che una vettura è in grado di portare ad un utilizzatore lungo il suo intero ciclo di vita.
7. Le batterie sono percepite erroneamente poco sicure e con una perdita di carica troppo repentina. Questi "miti" risultano essere difficilmente removibili poiché le persone comuni si concentrano sull'esplosività del litio e non sui numerosi test sostenuti da questa tecnologia prima di essere proposta al mercato e sulla ignoranza riguardante la vita utile di una batteria e la componentistica elettronica di bordo delle vetture (infatti i circa 2000 cicli di ricarica oggi disponibili garantiscono circa 200000 chilometri di percorrenza mentre i sistemi di management delle batterie sono in grado sopperire alla perdita di potenza delle batterie una volta prossime alla fine della loro vita utile).

A vantaggio di questo mercato ci sono però i seguenti aspetti:

1. L'economicità del veicolo elettrico, in quanto una volta percepita dal cliente, riesce ad essere un driver di scelta rilevante.
2. La percezione della sostenibilità ambientale da parte delle persone è in continua crescita.
3. Si stanno stipulando accordi commerciali tra le società automobilistiche e le aziende presenti sul territorio per elettrificare il proprio parco auto senza pesare direttamente sul lavoratore. Questo potrebbe portare ad una più rapida crescita della rete infrastrutturale e ad una maggior sensibilizzazione sulla mobilità elettrica delle persone.
4. Le case automobilistiche stanno promuovendo forme di noleggio della batteria per evitare di accrescere eccessivamente il prezzo dell'automobile rispetto a quello delle vetture termiche. Questo viene fatto anche per consentire una sostituzione della batteria in caso di malfunzionamento senza gravare ulteriormente sull'acquirente.

5. La diffusione delle vetture elettriche abbatterebbe l'emissione di CO<sub>2</sub> nelle città, consentendo di evitare il blocco del traffico che saltuariamente vengono effettuati.
6. Essendo veicoli privi di rumore, consentono di effettuare spostamenti con la percezione di una maggiore rilassatezza durante il viaggio.
7. L'abbattimento di CO<sub>2</sub> porta a sensibili risparmi sulla spesa sanitaria nazionale e conseguentemente una possibile riduzione della pressione fiscale.

## **1.5.6. Componenti tecnici**

### **1.5.6.1. Batterie**

Le batterie utilizzate per la trazione elettrica delle autovetture sono la pila zinco-aria, l'accumulatore piombo-acido ("inondate" e VRLA), il NiCd, il tipo a NiMH, le litio-ione, le Li-ion polimero. Queste rappresentano il componente più costoso di una vettura elettrica oltre che la parte più inquinante durante la produzione.

Le batterie infatti essendo composte da metalli pesanti come il Cadmio o il Nichel, se mal gestite una volta arrivate al fine vita, potrebbero rilevarsi più inquinanti delle emissioni di idrocarburi durante la raffinazione del petrolio e della CO<sub>2</sub> data dalla combustione del combustibile nei motori endotermici.

Lo sviluppo del mercato elettrico infatti, secondo gli operatori del mercato, sarà affiancato sempre di più da pratiche di riciclo e riutilizzo delle batterie nonché dallo sviluppo di accumulatori realizzati con materiali sempre meno inquinanti (come i prototipi litio-aria, che non prevedono la presenza di alcun metallo).

Le differenze tra le varie tipologie di batterie sono esclusivamente di tre tipi:

1. Costo: gli accumulatori al piombo-acido sono molto meno costose di quelle NiM o litio-ioni, quest'ultime le più costose.
2. Reperibilità: a fronte di un prezzo inferiore, le batterie piombo-acido sono anche quelle più facilmente reperibili sul mercato.
3. Durata: si passa dai 50-130 km di quelle al piombo, ai 200 circa di quelli al NiM ai quasi 500 delle litio-ioni.
4. Perdita di carica: mentre le litio-ioni presentano un'inesorabile perdita di carica e potenza erogata durante tutto il loro ciclo (fenomeno attenuato dai dispositivi di gestione della carica) con un numero di cicli di ricarica tale da consentire il raggiungimento dei 200000 km di percorrenza totale, le NiM consentono di percorrere circa 160000 km mantenendo intatte le proprie prestazioni, le batterie al piombo-acido invece degradano più velocemente.

Questo vuole indicare come la scelta della batteria sia cruciale per la stessa vita utile del veicolo.

Oggi giorno, le case automobilistiche hanno adottato due diverse strategie di mercato:

1. Utilizzare le batterie litio-ioni sulle auto totalmente elettriche per poterne sfruttare la maggior densità di carica e quindi aumentare il più possibile la distanza percorribile per ogni carica.
2. Utilizzare gli accumulatori NiM per i veicoli ibridi, per evitare perdite prestazionali dovute alle continue ricariche durante la marcia che le altre tecnologie esistenti sarebbero costrette a subire.

3. Non utilizzare le batterie al piombo-acido data la scarsa compatibilità ambientale a fronte delle pessime prestazioni in termini di durata della carica.

Ad oggi, come sopra citato, solo Tesla è riuscita ad aumentare fino a circa 400 km la durata delle batterie sfruttando le stilo al litio-ioni con una disposizione studiata in modo specifico. Questo sistema è stato implementato anche per ridurre il costo, in quanto essendo le pile stilo prodotte su larghissima scala a livello mondiale con prezzi contenuti, le batterie al litio tradizionali per le vetture invece hanno pochi produttori e risentono del monopolio cinese su questa risorsa.

La capacità delle batterie ad oggi utilizzate vanno dai 65-80 kWh per la configurazione delle vetture Tesla, ai 24 kWh, ai 22 kWh della Renault Zoe, i 17 kWh della Smart forTwo (compensa la potenza mancante con la drastica riduzione di peso del veicolo rispetto ai competitor ) ed i 7 kWh di Renault Twizy.

### **1.5.6.2. Motori elettrici**

Ad oggi i motori utilizzati nel mondo della mobilità elettrica hanno un grande range di potenza disponibile per poter assecondare le varie richieste dei consumatori (per effettuare il retrofit della propria vettura ad esempio).

La caratteristica comune a tutte le varianti montati sulle vetture ad oggi sul mercato però è che sono asincroni trifase. Questa tipologia di motore consente di facilitare l'erogazione di potenza da parte del motore poiché non necessita del perfetto sincronismo rotazionale dei campi elettromagnetici generati dal rotore e dallo statore.

Il rotore è avvolto da tre poli (per questo motore trifase) ferromagnetici avvolti da bobine di materiale conduttore generando il campo magnetico statorico.

Il rotore invece viene avvolto da spire di materiale conduttore e viene posto all'interno della struttura statorica. Per effetto del campo magnetico rotante dello statore, si induce negli avvolgimenti del rotore una forza elettromotrice che si oppone alla causa generatrice, trascinando il rotore stesso grazie alla forza elettromotrice generata. La potenza erogata sarà massima quando il rotore sarà fermo mentre risulterà nulla con il rotore che ruota alla stessa velocità del capo magnetico statorico.

È stato scelto il motore asincrono rispetto quello sincrono per la maggior facilità di conduzione ed erogazione di potenza, caratteristica necessaria per una vettura elettrica, a fronte di una resa leggermente inferiore (circa un punto percentuale).

Oggiogiorno, la collaborazione Nissan – Renault sta portando all'uscita degli ultimi modelli elettrici (rispettivamente Leaf e Zoe) equipaggiate con motore elettrico sincrono, in grado di sviluppare una potenza pari a quella di un motore termico da 110 cavalli.

Tesla, che invece utilizza un motore asincrono, ha raggiunto potenze di 288 cavalli con un tempo di reazione 0-100 km/h in circa 3,7 secondi (del tutto paragonabili alle auto sportive a motore a combustione).

## **1.6. Moto Elettriche**

### **1.6.1. Introduzione**

Il mercato delle motociclette elettriche è sicuramente quello meno strutturato ed in termini di offerta di prodotto, quello meno variegato.

Ad oggi, le case più importanti a livello mondiale stanno iniziando a sviluppare i primi prototipi ma, verosimilmente, finché non introdurranno nel loro catalogo di offerta molteplici prodotti elettrici, alcuni operatori ed esperti nel settore ritengono sia impossibile assistere ad uno sviluppo del mercato.

Questo è dovuto a molteplici fattori quali:

1. Le motociclette, consumando meno, risultano meno convenienti rispetto al confronto tra auto elettrica e tradizionale.
2. Si pensa che le performance della versione elettrica delle due ruote non possa essere in grado di fornire le prestazioni ricercate dai clienti.
3. Essendo il mondo dei motociclisti una sorta di club a cui appartenere (per questo motivo vengono organizzati motoraduni per le varie tipologie esistenti, dalle super sportive, ai chopper o le versioni senza carene), l'acquisto di un prodotto elettrico provocherebbe l'automatica estromissione da tutti i gruppi, non soddisfacendo il senso di appartenenza ricercato.
4. Le persone interessate al prodotto sono spaventate dall'eccessivo peso che la motocicletta andrebbe ad acquisire con il sistema di accumulo a batterie, compromettendone la guidabilità. D'altro canto però, sono consci che ridurre il numero di batterie presenti sul veicolo andrebbe ad inficiare in modo eccessivo sulla loro durata.
5. La necessaria mancanza del cambio manuale rende il prodotto abbastanza disincentivante poiché viene associato ad uno scooter tradizionale.

A livello normativo, lo Stato italiano corrisponde incentivi solo al mercato degli scooter e delle automobili poiché questi due settori sono più sviluppati e con volumi nettamente più grandi. Ad oggi i conoscitori del mercato non si ritengono nemmeno in grado di prevedere una possibile incentivazione per questi prodotti.

Una delle peculiarità dell'offerta di moto a trazione elettrica è il fatto che dato l'immobilismo delle grandi case, stanno nascendo numerose imprese semi artigianali dai volumi di vendita ridotti che stanno introducendosi nel settore. Queste società sono state create solo negli ultimi anni e si stanno dedicando esclusivamente alla produzione di veicoli elettrici.

Un esempio di queste società sono:

1. "zecOO", produce un incrocio tra scooter e moto, un prodotto esclusivo da 70000\$ prodotto in serie limitata
2. Evolve Motorcycle: produce scooter e la moto senza carene Lithium, disponibile solo sul mercato americano a partire da 20000\$. Hanno realizzato un prototipo chiamato Xenon e ad oggi utilizzato solo per le riprese del film "Tron Legacy" ed acquistabile su richiesta a 50000\$.



Figura 18: Evolve Lithium



Figura 19: Evolve Xenon

3. Energica eCRP bike: una delle poche case italiane operanti nel settore.



Figura 20: Energica eCRP 1.4.

4. Neiman Marcus Mission One, considerato un gioiello da 75000\$, è utilizzabile solo in pista ed ha una velocità di oltre 240 km/h ed un'autonomia di 250km.



Figura 21: Neiman Marcus Mission One

5. Killa Cycle, prodotta in Colorado da una ragazza appassionata, che ha raggiunto la velocità di 285 km/h.
6. Roehr eSuperbike
7. eSupersport
8. Zero Motorcycles
9. Mission R Electric
10. Sora, la moto elettrica con più autonomia e capace di raggiungere i 200 km/h.
11. Solomoto Motoczysz E1pc. È stata la moto da gara che ha fatto da apripista all'Isola di Man nel 2010.



Figura 22: Solomoto Motoczysz E1pc

12. Brammo: con Empulse ed Energia, cerca di avvicinare il mercato con due prodotti economicamente convenienti rispetto alle altre case motociclistiche.
13. Enertia Plus.

Ad oggi, le moto elettriche vengono sviluppate per competere in campionati dedicati come sport prototipi ma sono ancora abbastanza lontane dal possibile ingresso sul mercato a prezzi competitivi con le concorrenti endotermiche ( basti pensare che una moto elettrica costa mediamente 50000€ mentre una moto esclusiva a con il motore a combustione si attesta attorno ai 25000€).

### 1.6.2. Prestazioni

Ad oggi, le prestazioni possono essere divise in base alla categoria di appartenenza del motociclo.

1. Gli sport prototipi riescono a raggiungere velocità di punta superiori ai 280 km/h con un'autonomia di circa 200 km/h
2. Le moto da serie riescono a raggiungere una velocità di punta di circa 180 km/h, una durata delle batterie media di circa 200 km e delle prestazioni in genere paragonabili con motori a combustione interna da circa 100 cavalli. La Sora detiene il record di percorrenza con circa 300 km.

I tempi di ricarica invece si attestano in intervalli compresi tra le 3 e le 5 ore con la ricarica domestica, cioè quella più lenta ed in ogni caso l'unica che ad oggi il mercato è in grado di offrire per questi dispositivi.

Tecnologicamente, le versioni prototipi più prossime alla messa in produzione in serie, nonché le motociclette già disponibili sul mercato, utilizzano solo batterie al litio-ioni per ottenere la massima distanza percorribile a fronte di un contenimento massimo del peso globale della moto per non ridurre la guidabilità e la stabilità del veicolo.

I motori utilizzati hanno range di potenze molto ampi a causa delle diverse fasce di mercato per cui sono state pensate.

1. Le versioni economicamente competitive con le versioni endotermiche utilizzano motori da circa 13kW con batterie da 3,1 kWh di capacità.
2. Le supersport utilizzano motori da 500 V raffreddati a liquido che sfruttano una capacità delle batterie da circa 13,5 kWh.

#### **1.4.3. Configurazioni Particolari**

1. L'italiana eCRP bike propone una motocicletta provvista di due motori elettrici per la trazione con una potenza complessiva di 52 kW in corrente continua, batterie con energia compresa tra 7,4 kWh e 8,9 kWh.
2. Mission R Electric ha ideato la struttura della moto e del telaio per integrare in esso il sistema di accumulo e rendere le batterie intercambiabili in pochi secondi, come durante un pit-stop durante la competizione.

Questa soluzione è stata rivista da altre case, come Solomoto, che sta integrando le batterie nella struttura della moto consentendone una rapida estrazione per facilitarne la sostituzione in ambito competitivo.

#### **1.4.4. Campionati Elettrici**

Ad oggi non esiste ancora un vero e proprio campionato mondiale riconosciuto ma si stanno sviluppando dei campionati continentali.

La differenziazione che viene fatta è per potenza dei motori e per peso dell'intero veicolo.

Mentre negli Stati Uniti, sede della maggior parte delle case produttrici, già da qualche anno si stanno sviluppando questo tipo di competizioni coinvolgendo sempre più team e sponsor, in Europa la prima gara è stata effettuata in Svezia nel maggio 2012.

Da sottolineare la presenza della sezione "e-Bike" al Tourist Trophy, competizione annuale che si svolge sull'Isola di Mann, paese che fa capo al Regno Unito e posto nel Mare d'Irlanda, che ormai dal 2010 ha istituito la categoria elettrica nata con il nome "TTZero" ed oggi chiamata TTXGP. La competizione si basa su un percorso di circa 60.725 da ripetersi per una sola tornata. Il governo dell'Isola di Man ha messo in palio un premio di 10000 £ per il primo concorrente che fosse riuscito a superare la barriera delle 100 mph (22 minuti e 38.388 secondi) di velocità media lungo il circuito

del Mountain. Come nella tradizione di questa competizione, effettuata senza interruzioni dal 1977 con una sola apparizione nel motomondiale nel 1949 (successivamente tolta per l'eccessiva pericolosità), il percorso si sviluppa sulle strade urbane dell'isola e non vi è nessuna modifica tra il tracciato tradizionale e quello per le e-Bike.



Figura 23: Immagine della gara del Tourist Trophy del 2012.

## **1.5. Autobus elettrici**

### **1.5.4. Introduzione**

Nel 1827 fu inventato in Inghilterra il primo autobus e, come per le automobili, la prima tecnologia utilizzata per la movimentazione fu il vapore. Il primo pullman di linea a trazione combustibile fu inaugurato il 18 marzo 1895 in Germania tra Siegen e Netphen e veniva gestito dalla Netphener Omnibusgesellschaft. Per l'esercizio della linea venne impiegato un veicolo dal nome Landauer, che aveva le somiglianze dell'omonima carrozza che con un autobus moderno. Questo primo modello al mondo veniva costruito a mano a partire dal 1895 nell'azienda a conduzione familiare del pioniere dell'automobile Carl Benz e disponeva anche di otto posti a sedere e di un motore da 5 cavalli. La sua velocità media era di 15 km/h, tanto da poter percorrere il tratto di strada tra Siegen e Netphen in 1 ora e 20 minuti. Il viaggio costava la cifra, per i parametri di allora molto significativa, di 70 pfennig (circa 0,35€). Per la ridotta maneggevolezza dei primi autobus Benz, l'esercizio del servizio nel territorio di Siegen fu, tuttavia, nuovamente interrotto prima della fine dell'anno. Nonostante questo colpo sorsero negli anni successivi in tutto il mondo collegamenti di linea sempre più nuovi grazie al continuo miglioramento delle tecniche dei veicoli.

Negli anni '60 iniziò in Germania un'unificazione delle tipologie di autobus grazie al Verband öffentlicher Verkehrsbetriebe (VÖV), che in collaborazione con alcune aziende di trasporto ha sviluppato prototipi per autobus di linea standard, che sono poi stati adattati da diversi produttori.



Figura 24: Immagine di un autobus nel 1944 in Germania.

Il primo prototipo di VÖV I ha portato, a partire dal 1968, per esempio alla produzione dell'MB O 305 della Daimler-Benz (1969), al Magirus-Deutz 170S11H (1967), al Büssing 110V (1967), al SL 200 della MAN AG (1971) e all'Ikarus 190 (1973).

Il VÖV II in qualità di successore del VÖV I aveva come scopo dell'evoluzione un pavimento basso e perciò anche un'altezza di salita più bassa. Dai prototipi S80 provati tra il 1976 e il 1978 si sono sviluppati per esempio il Auwärter Neoplan N416, il Mercedes-Benz O 405 e il MAN SL 202.

Con il "VÖV III" venne sviluppato un autobus a pianale ribassato, che costituì il fondamento per esempio per il Neoplan N4014NF, per l'O 405 N della Mercedes-Benz, per il MAN NL 202 e l'IVECO CityClass.

Negli ultimi anni è stato ripreso il concetto di autobus a percorso guidato. Gli sviluppi, ad esempio del CiVis Irisbus-Iveco sviluppato presso la filiale francese del TVR (Bombardier) di Caen o dell' AutoTramdel Fraunhofer-Institut, hanno portato a veicoli ibridi che esteriormente assomigliano ai comuni tram ma circolano su pneumatici di gomma e per mezzo di diversi sistemi possono essere automaticamente guidati su un tragitto predefinito.

Per quanto riguarda il trasporto urbano, oggi molte pubbliche amministrazioni stanno investendo sugli autobus elettrici per migliorare la qualità della vita in città. Infatti, questo sistema di trasporto a combustibili fossili risulta molto inquinante sia a livello acustico sia per ciò che riguarda le emissioni di gas inquinanti.

Inizialmente, per arginare questo problema si pensò alla realizzazione di numerose reti dedicate ai filobus, ovvero degli autobus collegati attraverso degli appositi sistemi di collegamento e trasmissione dell'energia elettrica dalla rete posta sopra di essi.

Il principale problema di questi veicoli sono:

1. La necessità di installare la rete elettrica a mezz'aria per consentire l'alimentazione del filobus lungo tutti i tragitti predefiniti.
2. Il conseguente impatto visivo sulle persone, che poco gradivano il sistema di cavi a mezza altezza.
3. Se il conducente del filobus effettuasse una manovra sbagliata e sgancia i sistemi di trasmissione dell'elettricità al veicolo, questo si fermerebbe immediatamente perché sprovvisto di sistemi di accumulo al suo interno.



Figura 25: Tentativo di collegamento di un filobus scollegatosi durante la tratta percorsa.

Per sopperire a queste evidenti problematiche, grazie allo sviluppo della mobilità elettrica e dei sistemi di accumulo, si stanno sviluppando numerose compagnie e progetti volti ad incentivare l'utilizzo degli autobus elettrici. Questi infatti, non richiedendo alcuna linea ad alta tensione in aria, sono in grado di abbattere le emissioni di CO<sub>2</sub> e particolato dei veicoli a trazione fossile e di ridurre sensibilmente l'inquinamento acustico.

#### **1.5.5. Autobus Ibridi**

La prima versione di autobus elettrico è quella ibrida, ovvero caratterizzata da un motore elettrico asincrono trifase responsabile del trazionamento del veicolo e da un sistema di accumulo (inizialmente al piombo-gel ma con la possibilità ad oggi di sostituire queste batterie con varianti più moderne ed efficienti). Il sistema elettrico è affiancato da una microturbina multicomcombustibile (gasolio-GPL/Metano) che entra in funzione automaticamente per ricaricare le batterie una volta che queste raggiungono livelli di carica inferiori ad una soglia prestabilita.

Questa versione, progettata e realizzata dal 1999, è stata una delle prime diffuse su larga scala e consentiva di percorrere dai 180 ai 300 km a seconda delle dimensioni del veicolo trasportando contemporaneamente fino a 47 persone.

#### **1.5.6. Autobus elettrici**

Lo sviluppo di questi veicoli sta avvenendo in modo molto rapido in questi ultimi anni grazie all'evoluzione dei sistemi di accumulo, passando dal piombo al litio, consentendo quindi una riduzione del peso delle batterie a fronte della stessa autonomia, e conseguentemente all'installazione sul bus di un quantitativo di capacità energetica sufficientemente elevato da percorrere una distanza significativamente lunga tra due punti di ricarica.

Un aspetto fondamentale lo ha avuto anche la riduzione dei tempi di ricarica. Con i sistemi di ricarica tradizionali, i tempi di ricarica delle batterie di un autobus sarebbero troppo lunghi ma, con i sistemi di ricarica ultrarapida, questa può già avvenire in poche ore.

Ad oggi gli autobus puramente elettrici sono sviluppati solamente da pochissime compagnie tra cui ad esempio la cinese BYD, che risulta essere ad oggi una delle poche in grado di realizzare su grande scala questa tipologia di veicoli, o altre che stanno sviluppando progetti di ricerca per rendere il trasporto in autobus esclusivamente elettrico con tempi di ricarica ridottissimi.

### 1.5.6.1. Caso BYD (Built Your Dream)

Questa multinazionale cinese (leader nella produzione di energia da fonti rinnovabili specializzata nel fotovoltaico) sta offrendo al mercato dei bus totalmente elettrici da utilizzare per il trasporto urbano quotidiano. Il modello K9, ritenuto dai blog del settore il pioniere della mobilità elettrica, è disponibile sul mercato dal 2011 e ad oggi ha coinvolto numerose città cinesi, tra le quali Shenzhen, Changsha e Shaoguan, e nel resto del mondo, tra cui Chicago, New York, Denver, Los Angeles (per collegare la città all'aeroporto), Washington D.C., Singapore, Hong Kong, Madrid, Barcellona, Helsinki e Copenhagen, sta riscontrando un discreto successo grazie all'elevata autonomia di 250 km per ogni carica in condizioni di traffico urbano.

Il sistema di accumulo utilizzato si basa sulla tecnologia ferro-fosfato affiancato dall'installazione di pannelli fotovoltaici sulla copertura dell'autobus stesso per generare durante il giorno una parte dell'elettricità richiesta dal veicolo, consentendogli di aumentare la percorrenze media per ricarica.

Le specifiche tecniche principali sono:

1. Potenza elettrica consumata: meno di 100kW
2. Accelerazione: 0–50 km/h in 20s
3. Velocità massima: 96 km/h
4. Carica normale: 6h per una ricarica totale
5. Ricarica rapida: 3h
6. Range: 250 km
7. Lunghezza\*Larghezza\*Altezza: 12,000mm\*2,550mm\*3,200mm[19]
8. Posti seduti: 31+1 (31 passeggeri e 1 per il conducente)
9. Peso: 18,000Kg[19]



Figura 26: BYD K9



Figura 27: Sistema di moduli fotovoltaici sulla copertura del BYD K9.

Ad oggi il mercato più sviluppato per BYD è quello cinese dove sono stati acquistati autobus per circa 209 unità, mentre nel resto del mondo sono state acquistate alcune unità per sviluppare metodi di ricarica rapida attraverso l'induzione o i supercapacitori (solo Los Angeles negli Stati Uniti lo utilizza quotidianamente per il trasporto urbano).

Ad oggi, il problema maggiore alla diffusione di questi autobus elettrici è principalmente il prezzo, di circa 500000€ ad unità, nonostante sia in grado di portare risparmi annui comprovati dalla casa per circa 18000€/anno.

La produzione avviene per il mercato asiatico in Cina mentre per quello europeo avviene in Bulgaria. La BYD, per aumentare la sua notorietà e quindi il potenziale mercato, sta aprendo numerosi sedi nel mondo tra cui Milano.

#### **1.5.6.2. Progetto Primove**

È stato annunciato da Bombardier nel 2012 e nel Marzo 2013 è stato inaugurato il primo sistema di ricarica wireless per autobus, macchine e tram.

Questo sistema vuole consentire la ricarica dei veicoli elettrici durante le pause alle fermate/stazioni predefinite o durante la propria marcia.

Il progetto entra nel vivo visto che a Mannheim, in Germania – dopo gli ottimi risultati registrati negli esperimenti sulla rete tranviaria di Augsburg e quelli in Belgio su un autobus e un'auto Volvo – stanno per iniziare i primi test massicci sugli autobus della città.

Il progetto vuole ricaricare i veicoli attraverso l'installazione di bobine dedicate poste al di sotto della carreggiata generando elettricità quando il veicolo elettrico transiterà nelle sue vicinanze.

Questo sistema è studiato per garantire tempi di ricarica molto contenuti (circa 1-4 minuti a seconda della carica necessaria) l'energia necessaria per arrivare alla stazione di ricarica successiva (senza quindi la necessità di installare ad ogni fermata una postazione di ricarica). Il progetto si sta sviluppando in Svizzera per osservare come la carica induttiva riesca ad affrontare l'aumento di consumo energetico dovuto alla salita. Per fronteggiare questo problema, si stanno installando bobine di ricarica nelle strade poste in serie tra loro in modo tale da poter ricaricare il veicolo durante la marcia, consentendogli di ricaricarsi o al più non perdere energia immagazzinata. Il

progetto si sta sviluppando anche in Canada per vedere come il sistema induttivo reagisce alle basse temperature.

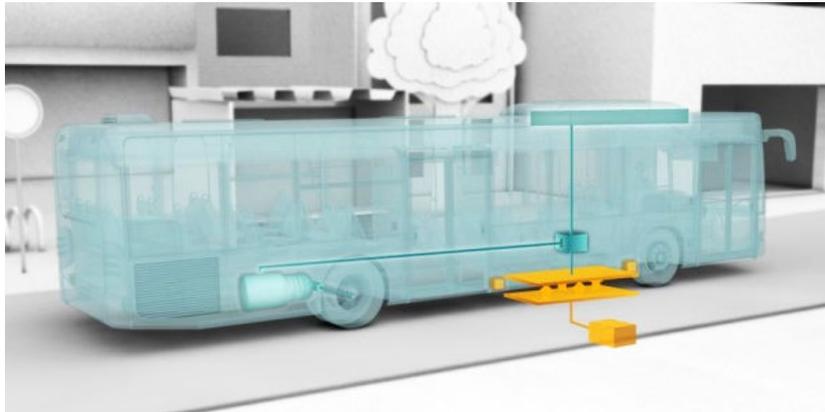


Figura 28: Progetto del sistema di ricarica sviluppato da Bombardier.



Figura 29: Possibile stazione degli autobus elettrici sviluppata da Bombardier.

## **Parte II: Sistema di accumulo.**

### **2.1. Introduzione**

I veicoli elettrici sono dotati di un motore elettrico che, per il suo funzionamento, utilizza l'energia contenuta in una o più batterie ricaricabili che costituiscono il sistema di accumulo. Questo risulta essere l'elemento fondamentale del generico veicolo elettrico, sia esso auto o scooter o bici, che, oltre a determinare la diffusione dei veicoli elettrici, rappresenta il componente che maggiormente incide sul prezzo del veicolo.

Le batterie sono dispositivi la cui carica può essere completamente ristabilita attraverso l'applicazione di un'energia elettrica adeguata in termini di amperaggio e voltaggio. Possono essere anche definiti generatori chimici reversibili in quanto in essi si sfrutta l'energia chimica delle

reazioni che avvengono tra le sostanze attive che la costituiscono. Possono essere ristabilite le condizioni precedenti la scarica ricostruendo, con un processo elettrolitico, le sostanze inizialmente presenti attraverso l'inversione del senso della corrente ai morsetti, ovvero fornendo energia all'accumulatore. Le batterie sono costituite da due parti essenziali:

1. Gli elettrodi, ove avvengono le reazioni elettrochimiche e si scaricano gli ioni; si distingue tra elettrodi negativi e positivi in relazione al potenziale che presentano gli uni rispetto agli altri;
2. L'elettrolita, interposto tra gli elettrodi, costituito da una soluzione, in genere acquosa, nella quale avviene il passaggio degli ioni.

L'insieme di due o più accumulatori aventi uguali caratteristiche e interconnessi tra loro in serie viene denominato batteria di accumulatori, o più semplicemente batteria.

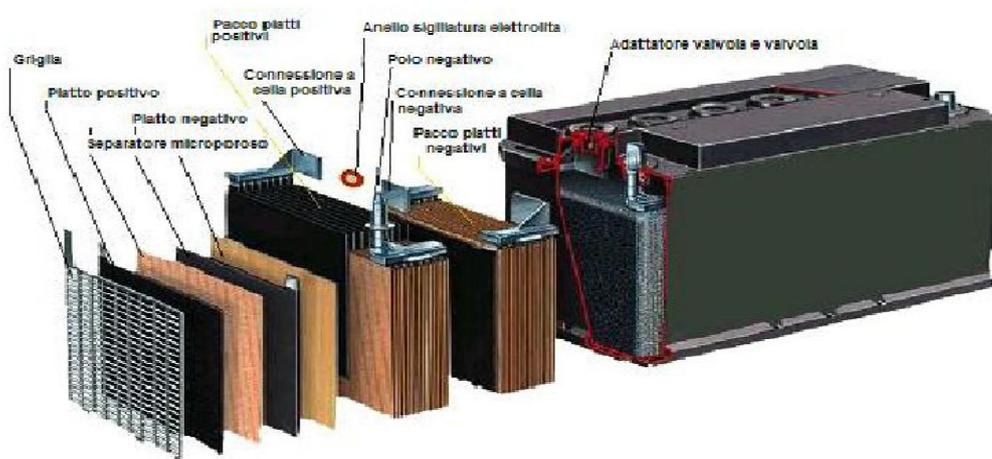


Figura 30: Rappresentazione di una batteria

Per quanto riguarda la capacità della batteria di resistere al degrado nel tempo, è considerata sufficiente una durata del ciclo di vita di circa 10-15 anni; mentre la numerosità dei cicli di carica e scarica dipende dai materiali chimici usati per la realizzazione della batteria stessa ma oggi, per le batterie ai litio-ioni usate principalmente sulle autovetture, è di circa 1200-1300 cicli completi.

Gli accumulatori ai litio-ioni hanno oggi ancora ampio margine di sviluppo e non hanno ancora raggiunto il livello di maturità delle batterie NiMH, come sottolineato dalla IEA (International Energy Agency).

Il costo della batteria Li-Ione comprende il costo del materiale presente sull'anodo e sul catodo, il costo di fabbricazione e altri costi aggiuntivi quali R&S, marketing e trasporto. Il costo dei materiali rappresenta circa il 75% del costo totale della batteria, mentre i costi di produzione e gli altri costi aggiuntivi coprono rispettivamente circa il 5% e il 20%. Una lista di batterie Li-ione con i rispettivi costi è rappresentata nella figura sottostante.

Ad oggi, il costo dei materiali è fortemente incidente poiché il mercato è strutturato in modo monopolistico poiché è la Cina il paese che detiene le riserve del litio a livello mondiale.

Gli elevati volumi di produzione raggiunti oggi per le batterie litio-ione suggeriscono che i relativi costi di produzione diminuiranno significativamente nel breve termine (si pensa intorno al 40% per volumi di vendita di veicoli simili a quelli previsti dall'Unione Europea entro il 2020), in accordo con le diverse economie di scala e di apprendimento. Questa diminuzione di costi ad oggi non si è manifestata nonostante la crescita dei volumi di vendita delle auto elettriche perché, se in termini percentuali i tassi sono molto significativi, i valori assoluti sono molto contenuti. Basti pensare che in Italia, uno dei paesi che sta investendo di più nella mobilità elettrica dopo il Regno Unito (grazie agli investimenti fatti soprattutto a Londra per le Olimpiadi), Olanda (il paese più sviluppato e avanzato in questo settore), Germania e Danimarca (dove ad esempio la Tesla, casa automobilistica elettrica americana, è risultata essere l'auto elettrica più venduta, nonostante il costo molto elevato di circa 100000€) è di circa 500 veicoli, di cui buona parte di proprietà di car sharing o facenti parte delle flotte aziendali (numeri ben lontani dalle richieste europee di circa 125000 entro il 2015 ed il milione entro il 2020). Gli attori coinvolti in questo mercato ritengono che verosimilmente, la massa critica verrà raggiunta nel momento in cui si venderanno alcune migliaia di auto elettriche all'anno in numerosi paesi al mondo.

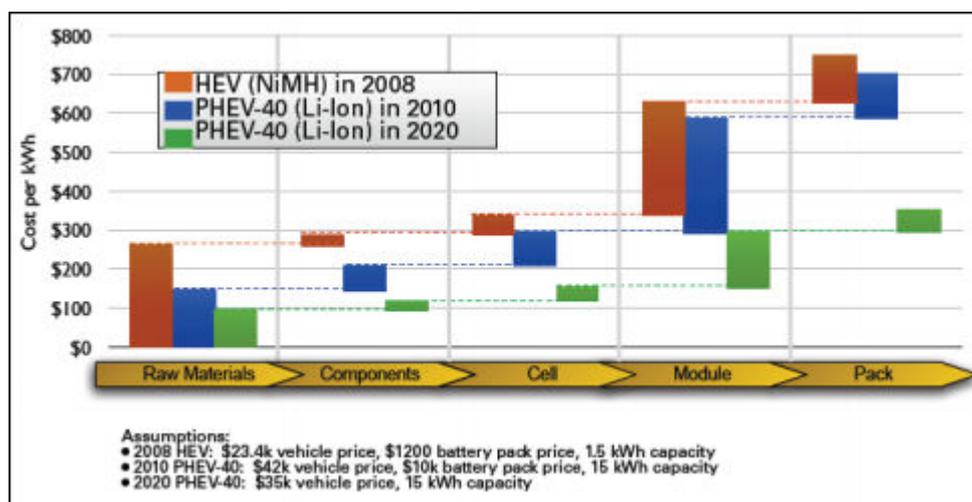


Grafico 2:1 Evoluzione attesa dei costi relativi alla batteria Li-ione per un PHEV40 dal 2010 al 2020.  
 Fonte: EESC

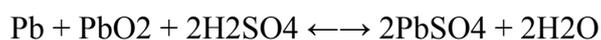
## 2.2. Tipologie di batterie

Parlare in generale di auto elettriche è in un certo senso riduttivo, poiché i sistemi di accumulazione di energia utilizzati sui veicoli che cadono sotto questa definizione sono molteplici e profondamente differenti tra loro. Le principali tipologie di batterie presenti si possono isolare cinque macrocategorie:

- L'accumulatore Piombo-Acido;
- La pila Zinco-Aria;
- Le batterie Nichel-Metallo;
- Le batterie al Litio;
- La batteria sodio/cloruro di nichel "ZEBRA".

### 2.2.1. Batterie Piombo-Acido

Le batterie Piombo-Acido rappresentano i primi tipi di accumulatori utilizzati per i veicoli elettrici. Gli elettrodi negativi contengono piombo elementare (Pb) mentre le piastre positive sono ricoperte generalmente da biossido di piombo (PbO<sub>2</sub>) come materiale attivo in stato di carica, entrambi immersi in un elettrolita, solitamente composta da acido solforico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). La reazione chimica generale è:



La maggior parte dei veicoli ICE (InternalCombustion Engine), ovvero i veicoli a classica combustione interna, utilizzano batterie SLI<sup>1</sup> (start, lighting and ignition) a piombo-acido. Gli accumulatori Pb-acido, essendo i primi ad essere commercializzati, presentano la tecnologia più matura e conseguentemente la più economica del mercato. Tuttavia essi hanno un'energia specifica bassa rispetto alle altre batterie che si aggira intorno ai 35 Wh/Kg e una potenza specifica di circa 250 W/Kg. Il numero di cicli di vita che si può ottenere da una normale batteria Pb-A è solo di 100 cicli a causa del processo di corrosione del materiale attivo che avviene sull'elettrodo positivo. La batteria a piombo più avanzata può invece raggiungere circa gli 800 cicli fornendo cicli di carica e scarica più rapidi e quindi più adatti all'implementazione di BEV. Nel caso invece ci sia un processo di compressione degli elettrodi positivi in una piastra tubulare, la batteria può raggiungere i 1500 cicli (80% DOD<sup>2</sup>). I prezzi oggi di una batteria Pb-A per veicoli elettrici si aggirano intorno ai 90 €/kWh.

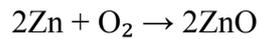
### 2.2.2. Batterie Metallo-Aria

La maggior parte delle batterie metallo-aria presentano una peculiarità non indifferente, ovvero non possono essere ricaricate invertendo il senso della corrente come avviene generalmente per le normali batterie. Gli elettrodi infatti devono essere sostituiti da piastre nuove. Il principale vantaggio di queste tipologie di pile è che la batteria è composta da un solo reagente, essendo l'altro l'ossigeno, che permette di mantenere il peso più contenuto rispetto ad altri tipi di batterie. La batteria metallo-aria più diffusa è quella composta da zinco-aria mentre gli altri tipi di batterie, quali alluminio-aria, litio aria e magnesio-aria, sono ancora in fase di ricerca e di sviluppo e sembrano rappresentare delle soluzioni promettenti per il futuro. La pila zinco-aria ha un'elevata densità di energia ed è usata in apparecchiature di piccole dimensioni quali gli apparecchi acustici. La reazione chimica alla base è la seguente:

---

<sup>1</sup> Le batterie SLI alimentano il motorino di accensione, le luci e il sistema di accensione del motore di un veicolo tradizionale a combustione interna

<sup>2</sup> La Profondità di scarica (Depth Of Discharge - DOD) è una misura di quanta energia è stata prelevata da una batteria, viene espressa in una percentuale della capacità totale della batteria. Per esempio, una batteria da 100 Ah a cui sono stati prelevati 30 Ah ha una profondità di scarica del 30%. La profondità di scarica è lo stato inverso dello stato di carica (State Of Charge - SOC), nell'esempio precedente la batteria ha uno stato di carica del 70%). Fonte: Wikipedia



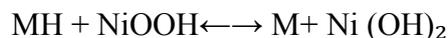
Lo zinco presente nella batteria reagisce con l'aria dando origine all'ossido di zinco. La pila zinco-aria ha sì un'elevata energia specifica pari a 230 Wh/Kg, ma presenta una potenza specifica relativamente bassa, di circa 105 W/Kg.

### 2.2.3. Batterie Nichel-Metallo

Ci sono quattro tipi di batterie che hanno nichel come elemento base sull'anodo:

- La batteria ferro-nichel (Fe-Ni);
- La batteria zinco-nichel (Ni-Zn);
- La batteria nichel-cadmio (Ni-Ca);
- La batteria nichel-idruro metallico (Ni-MH).

I primi due tipi di batteria non vengono considerati nella produzione di veicoli elettrici a causa della bassa potenza specifica e del breve ciclo di vita che le caratterizza. La tecnologia più matura è fornita dagli accumulatori è al Ni-Ca che presenta caratteristiche simili a quella formata da Ni-MH. Quest'ultime, non utilizzando il cadmio, hanno un minore impatto ambientale. Queste utilizzano l'idrogeno assorbito dall'idruro metallico nell'elettrodo positivo, mentre all'elettrodo negativo viene rilasciato idrogeno con la produzione di acqua ed elettroni durante la scarica. La reazione può essere riscritta in questo modo:



Le batterie nichel-idruro metallo sono state introdotte nel 1991 e hanno avuto un rapido sviluppo negli anni: sono oggetto d'uso di veicoli come la Honda CivicHybrid e la Toyota Prius grazie all'elevata potenza specifica che le caratterizza. Le batterie Ni-MH in commercio hanno incrementato le proprie prestazioni passando da una potenza specifica di 200 W/Kg nei primi anni '90 ai 2000 W/kg al giorno d'oggi, oltre che da un'energia specifica di 50 Wh/Kg ad una di 75 Wh/Kg. La durata di queste batterie che si può ottenere oggi è di circa 1000 cicli (80% DOD). Questa è stata la tecnologia dominante dei veicoli elettrici e dei veicoli ibridi in quanto si potevano sfruttare i vantaggi a riguardo della sicurezza e la longevità del ciclo di vita rispetto alle batterie al litio iniziali. Inoltre, le batterie Ni-MH non si deteriorano nel tempo e se vengono monitorate durante il funzionamento, possono durare per l'intera vita del veicolo.

Tuttavia, lo sviluppo tecnologico di questa tipologia di batterie non si ritiene possa avere ulteriori migliorie e sviluppi nel futuro. Il prezzo di una batteria Ni-MH è di circa 450 €/kWh e si pensa rimarrà su questo livello per il prossimo decennio in quanto dipendente dal prezzo sul mercato del nichel in quanto occupa un terzo della massa della batteria di un veicolo elettrico ed è caratterizzato da un prezzo altamente volatile, con elevate fluttuazioni che ne rendono difficile una previsione accurata e di conseguenza impediscono gli acquisti significativi per superarne la variazione.

### 2.2.4. Batterie al Litio

Le batterie al litio dispongono del potenziale necessario per diventare la tecnologia dominante dei veicoli elettrici ed ibridi del prossimo futuro. Hanno avuto un rapido sviluppo negli ultimi anni,

spinto in parte dall'utilizzo nelle tecnologie dei cellulari e dei notebooks e in parte dal possibile impiego per l'alimentazione dei veicoli elettrici. La maggior parte dei veicoli che sono stati introdotti sul mercato sono dotati di questo tipo di batteria, tra i quali Tesla Roadster, Th!nk City e la Renault ZOE. Le batterie al litio, rispetto alle precedenti al nichel, oltre ad essere più leggere e meno ingombranti, hanno una maggiore capacità di corrente e riescono a sopportare meglio la ricarica parziale: questo tipo di batteria non perde la capacità di immagazzinare corrente quando viene ripetutamente ricaricata senza aspettare lo "scaricamento" totale. Tuttavia dispongono di un ciclo di vita più breve e, se non trattate con cura, hanno una perdita di rendimento significativo. La ricerca nel settore delle celle al litio è molto attiva negli ultimi anni e si propone il miglioramento e lo sviluppo di nuovi materiali meno pericolosi, il miglioramento delle prestazioni, della vita attesa e dell'affidabilità delle celle. Le batterie Li-ioni forniscono le migliori prestazioni in assoluto grazie alle caratteristiche intrinseche del litio stesso. Questo infatti presenta il più alto potenziale standard, il maggior potenziale energetico specifico (Wh/Kg) oltre ad essere il più leggero tra i metalli; mentre sulla base di energia a livello volumetrico (Wh/l) è inferiore solo ad alluminio e magnesio. Come gli altri metalli alcalini, inoltre, il litio nella sua forma pura è altamente infiammabile e leggermente esplosivo se esposto all'aria e soprattutto all'acqua, con la quale reagisce in maniera violenta (produzione di idrogeno). È anche corrosivo e leggermente tossico, perciò deve essere maneggiato con cura, evitando il contatto con la pelle.

Densità	535 kg/m <sup>3</sup>
Struttura cristallina	Cubica
Isotopi (presenza in natura in %)	6Li (7.4%) e 7Li (92.6%)
Stato di ossidazione	1 (base forte)
Peso atomico	6.941 g/mol
Punto di fusione	453.69 K (180.54 °C)
Punto di ebollizione	1615 K (1342 °C)
Calore specifico a 25°C	3582 J/(KgK)
Conducibilità termica	84.7 W/(mK)
Conducibilità elettrica	10.8 x 10 <sup>-6</sup> S/m

Tabella 9: Caratteristiche principali del litio. Fonte: [www.chimica-online.it](http://www.chimica-online.it)

Gli accumulatori al litio sono disponibili in diverse versioni: le specifiche della batteria possono variare a seconda dei materiali che vengono utilizzati sull'anodo e sul catodo. Le batterie commercializzate comunemente presentano carbone litiato sull'anodo, ma alcune aziende stanno sperimentando altre soluzioni sfruttando altri materiali. L'impresa Altairnano3, per esempio, ha sviluppato una batteria realizzata con moduli di celle litio-ioni con anodo al titanato di litio, dimensionata per soddisfare un carico da 1 MW per 15 minuti (250 kWh), integrata con un

<sup>3</sup>Altair NanotechnologiesInc. è una società specializzata nello sviluppo e nella produzione di sistemi di accumulo di energia. Progetta e produce sistemi avanzati di batterie al litio. Fonte: Wikipedia

convertitore elettronico e un sistema di controllo installato in un container per facilitarne il trasporto. Un vantaggio di questa soluzione è la velocità con cui si muovono gli elettroni nella griglia nanostrutturata.

Si possono distinguere tre diverse categorie di batterie al litio: le più note e tecnologicamente più mature sono le batterie litio-ioni (con elettrolita liquido). Accanto a queste si stanno diffondendo su larga scala anche le celle litio-ioni-polimeri, che presentano un elettrolita solido di tipo polimerico e garantiscono maggiore sicurezza di utilizzo. La terza e ultima categoria sono le celle litio-metallo-polimeri, ove il litio è in forma metallica allo stato liquido, ma per motivi di sicurezza non sono ancora state poste sul mercato a causa di problemi legati alla sicurezza.

La ricerca nel comparto del litio è ancora molto aperta e numerose sono le aspettative per quella che è considerata la batteria del futuro, in termini di capacità delle celle, di durata del ciclo di vita e di affidabilità.

Le varie tipologie generalmente presentano una struttura comune. L'anodo è costituito da grafite mentre il catodo è ricoperto da un ossido litato di un metallo di transizione che può essere per esempio ossido di cobalto o fosfato di ferro. L'elettrolita liquido permette il collegamento tra le due piastre (anodo e catodo), separate da uno strato isolante, e favorisce il passaggio degli ioni.

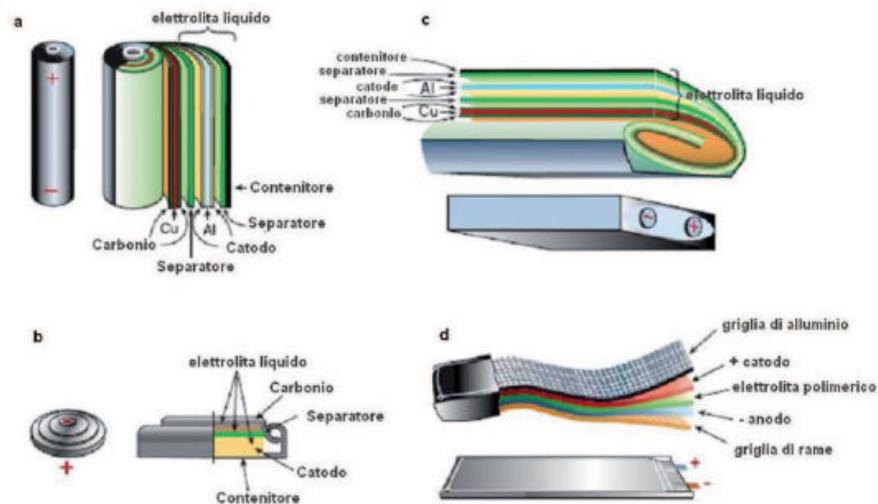


Figura 31: 2Strutture tipiche per celle litio-ioni: a) cilindrica; b) bottone; c) prismatica; d) piatta (polimerica).

Le batterie al litio sono molto sensibili e necessitano di un'adeguata cura poiché operano con sistemi ad elevata energia. Se utilizzate incautamente, possono causare una fuga termica con il conseguente danneggiamento delle celle e, nei casi peggiori, l'esplosione. Per i motivi citati, le celle litio-ioni sono spesso equipaggiate con un apparecchio di controllo elettronico (BMS – Battery Management System) che consente di monitorare in modo continuo i parametri chiave quali tensione, corrente e temperatura, e, nel caso di anomalie, permettono di intervenire riportando i termini all'interno dei limiti standard di funzionamento.

Un altro aspetto non trascurabile è l'importanza del collegamento in serie e/o in parallelo che può essere realizzato su un numero maggiore di celle ma che richiede una componentistica specifica,

come sistemi di bilanciamento delle tensioni di cella (BMI) che consentono di evitare tensioni inammissibili e quindi ridurre la pericolosità.

Le celle litio-ioni polimeri sono state sviluppate per la prima volta nel 1996, ma solo nel 1999 sono state introdotte nel mercato dell'elettronica di consumo. Sono sostanzialmente delle batterie al litio: esse presentano una struttura analoga ad una cella con la differenza che il litio è composto da un polimero solido (ad esempio ossido di polietilene o poliacrilonile). Un'altra sostanziale differenza è data dal fatto che le celle polimeriche presentano una struttura a fogli flessibili, spesso pieghevoli, contenenti un solvente organico. Proprio questa struttura flessibile permette una maggiore adattabilità alle diverse forme dei dispositivi elettronici, facilitando anche il processo manifatturiero delle stesse. L'elemento differenziante più importante delle celle in polimero rispetto alle celle litio-ione classiche è che nelle prime i fogli di elettrodo e separatore (dielettrico) sono laminati ciascuno sull'altro, non richiedendo una determinata pressione. Questo permette di ottenere i classici 3.7 V del litio ma con una densità di carica pari a circa 3 volte le normali batterie Ni-Cd o Ni-MH a pari dimensioni. Inoltre, le celle litio-ione polimero sono considerate più sicure in quanto l'elettrolita, non essendo in forma liquida e contenuto in una struttura piatta e non viene rilasciato all'esterno anche in caso di sovraccarico o sovrascarico; quindi non risultano necessari sistemi aggiuntivi di controllo di tensione che innalzerebbero soltanto il costo dell'intera struttura.

Le celle litio-ioni hanno un'energia specifica tra i 130-180 Wh/Kg, corrispondente ad una densità di energia pari a 270-380 Wh/l. La potenza specifica può raggiungere i 2000 W/Kg, per celle "ad hoc" progettate per lavorare ad elevata potenza. Le celle litio-ioni polimeri, dall'altro lato, presentano valori di energia specifica e densità di energia molto simili (intorno ai 140-150 Wh/Kg), mentre la potenza specifica può raggiungere un picco di 2800 W/Kg. Il rendimento energetico si aggira intorno al 95%, in funzione delle condizioni operative. La durata del ciclo di vita delle celle è stimato sui 1000 cicli circa con una profondità di scarica del 100% (DOD dell'80%). Per quanto riguarda la temperatura, il range ottimale è piuttosto ampio: può variare dai -30°C (in alcune celle può arrivare anche ai -60°C) ai 60°C.

## **2.3. Progetti di ricerca**

### **2.3.1. Grafene**

Recentemente le attività di ricerca si sono concentrate su come applicare le nanotecnologie al fine di aumentare la densità di potenza caratteristiche delle batterie litio-ioni. Nella ricerca presentata da Nanotek Instruments e Angstrom Materials, i ricercatori hanno utilizzato un approccio nuovo basandosi sul grafene nanostrutturato come materiale per gli elettrodi. Nei dispositivi prototipali realizzati nel corso della ricerca, il grafene poroso nanostrutturato è collegato sia all'anodo che al catodo, in due blocchi distinti separati da una membrana porosa ed è immerso nell'elettrolita. Il flusso di corrente è basato sullo scambio di litio tra la superficie dei due elettrodi in grafene nanostrutturato. Le due superficie in grafene possono catturare gli ioni di litio, rapidamente e reversibilmente, attraverso meccanismi di adsorbimento di superficie e/o reazioni redox sempre di superficie. Gli autori della ricerca hanno effettuato i vari esperimenti utilizzando diverse strutture in grafene. Lo studio è ancora in una fase preliminare, ma risultati sono stati così promettenti da rendere possibile l'ipotesi di una prossima realizzazione di sistemi in grado di raggiungere densità energetiche di 160 Wh/kg per unità di cella. Questo valore è oltre 30 volte superiore a quello raggiungibile con i supercapacitori convenzionali, ed è comparabile con quello delle batterie agli

ioni di litio. In più, questi sistemi possono raggiungere densità di potenza di 100 kW/kg per unità di cella, 10 volte superiori a quelle dei tradizionali supercondensatori e addirittura 100 volte maggiori delle batterie agli ioni di litio.

I benefici che il grafene è in grado di portare, secondo gli studi della Rice University sono la rapidità di carica (stimata in 20 secondi potenzialmente), la possibilità di mantenere oltre il 90% della carica terminati i primi mille cicli di lavoro (contro la perdita repentina che avviene oggi, portando il fine vita a circa 1000 cicli) grazie alla sua struttura chimica che è in grado di conferire un rapido passaggio di elettricità.

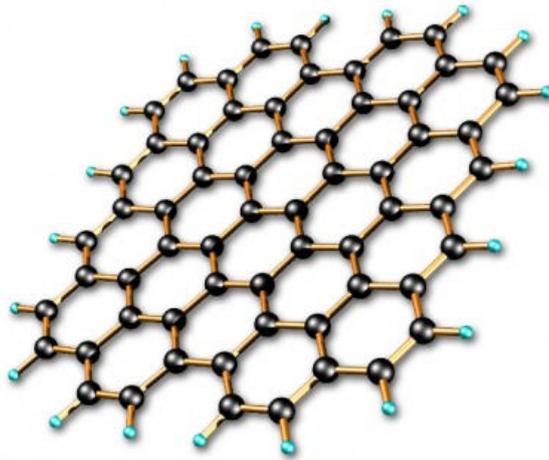
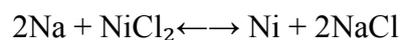


Figura 32: Il grafene ha una struttura piana e non tridimensionale come il diamante, gli garantisce spessori circa 20 volte inferiori a quelli di un foglio di carta.

### 2.3.2. La batteria “ZEBRA”

Le batterie sodio/cloruro di nichel, più comunemente chiamate “ZEBRA” (acronimo di Zero Emission Battery Research Activities) sono prodotte dall’azienda svizzera MES DEA e hanno trovato applicazione nell’ambito dell’auto motive sulla vettura elettrica Th!nk City. Essa rientra nella famiglia delle batterie ad alta temperatura e presenta molte peculiarità in comune con la batteria sodio/zolfo, da cui discende. Questi accumulatori costituiscono un notevole passo in avanti rispetto alle tradizionali batterie al piombo e alle successive batterie al nichel-cadmio, sia in termini di energia specifica che di densità energetica. La batteria è composta da un elettrodo positivo formato da cloruro di nichel solido e da un elettrodo negativo composto da sodio fuso. L’elettrodo positivo viene bagnato da un elettrolita liquido di cloruro di sodio-alluminio e circondato da materiale ceramico. Durante la scarica, il cloruro di nichel ed il sodio si trasformano in sale e nichel. La reazione è:



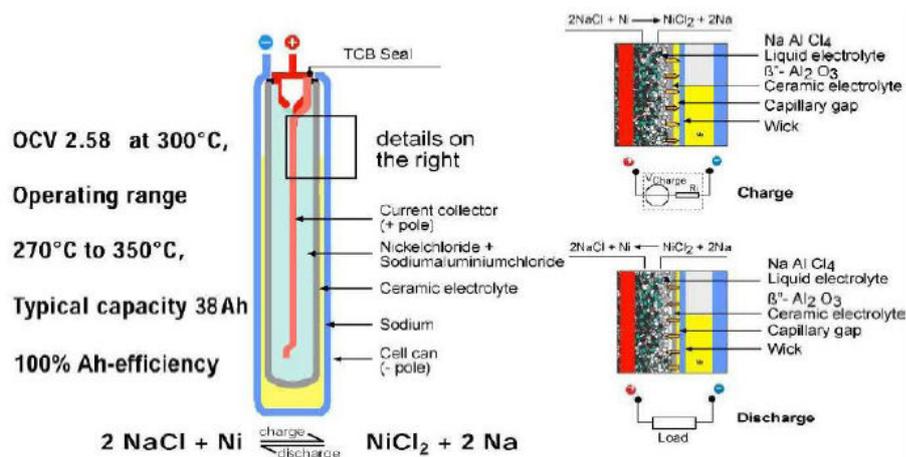


Figura 33: Reazioni di carica e scarica della batterie ZEBRA.

L'energia teorica della batteria è di 790 Wh/kg, mentre i moduli in commercio, comprendenti il sistema di controllo BMI (Battery Management Interface), hanno un'energia specifica di 100-130 Wh/kg (che corrisponde ad una densità di energia pari a 160-190 Wh/l) e una potenza specifica di 160-190 W/kg. La cella opera a circa 250 °C ed ha un voltaggio di 2.35 V. Il rendimento energetico della batteria è molto elevato, raggiungendo livelli che variano dall'80% al 93% in base al ciclo di lavoro.

Le batterie ZEBRA però presentano alcuni limiti rispetto a quelle litio-ioni. Il più importante è rappresentato dal funzionamento ad alta temperatura che causa, da una parte, perdite legate al mantenimento della batteria in temperatura di sicurezza, dall'altra, una maggiore difficoltà di gestione. Una caratteristica distintiva delle batterie ZEBRA è la totale indipendenza delle prestazioni dalle temperature di lavoro. La densità di potenza relativamente bassa non soddisfa le necessità dei veicoli PHEV e EV puri e, proprio per questo motivo, sono prodotte in piccoli volumi (1500 all'anno). I campi di applicazione più comuni e più adatti alle batterie ZEBRA sono sicuramente i piccoli veicoli elettrici (Smart ED), ibridi elettrici pesanti e autobus urbani. Prima dello sviluppo e commercializzazione delle batterie al litio, le batterie ZEBRA erano l'unica soluzione disponibile per BEV, sono state infatti utilizzate, oltre che per la Th!nk City, anche per la Twingo elettrica.

Le batterie ZEBRA sono coperte da un brevetto che permettono solo alla MES-DEA di fabbricarle, limitandone in questo modo la diffusione.

Tipo	Densità di energia	Tensione di una cella	Durata di vita (cicli di carica)	Tempi di carica	Auto scarica mensile	Tensione minima di ricarica (per cella)	Effetto memoria
Piombo	30-50 Wh/kg	2,4 V	200-300	8-16 h	5 %	2,3 V	?
Ni-Cd	48-80 Wh/kg	1,25 V	1500	1 h	> 20 %	1,25 V	Si
Ni-MH	60-120 Wh/kg	1,25 V	300-500	2-4 h	> 30 %	1,25 V	parziale
Ni-MH LSD	60-120 Wh/kg	1,25 V	1800	2-4 h	< 2 %	1,25 V	parziale
Alcalina	80-160 Wh/kg	1,5-1,65 V	100	1-16 h (secondo la capacità)	< 0,3 %	a seconda della batteria	?
Li-ion	110-160 Wh/kg	3,7 V	500-1000	2-4 h	10 %	3,7 V	No
Li-Po	130-200 Wh/kg	3,7 V	300-500	2-4 h	10 %	3,7 V	No

Tabella 10: Riassuntiva delle caratteristiche delle batterie. Fonte: Wikipedia

Attualmente, tutti i veicoli elettrici e ibridi plug-in lanciati sul mercato sono dotati di un pacco batterie agli ioni di litio. Tra i modelli più diffusi che adoperano questo tipo di accumulatori rientrano la Citroen C-Zero, la Peugeot iOn, la Renault Fluence Z.E. e la ZOE, la Chevrolet Volt e

la Toyota Prius. Le batterie al Piombo-Acido vengono utilizzate soprattutto per gli scooter e le biciclette elettriche (principalmente per motivi economici, in quanto costano meno ed il prodotto in sé è meno costoso, quindi l'impatto di una batteria al litio non sarebbe sostenibile per il mercato).

Data la grande importanza della batteria, è necessario che il veicolo elettrico disponga di un sistema di gestione delle batterie che permetta l'interazione tra gli accumulatori di carica e il motore elettrico. Soprattutto per quanto riguarda le batterie agli ioni di litio, il sistema elettronico di bilanciamento e controllo (Battery Management System – BMS) è indispensabile per un corretto utilizzo della batteria. Questo consente il monitoraggio continuo ed il bilanciamento delle tensioni delle celle, equalizzando la carica e controllando la scarica, garantendo così la protezione del pacco batterie massimizzandone l'efficienza, la potenza e la vita utile.

### 2.3.3. Batteria a litio-ioni sviluppata da Tesla

La batteria usata da Tesla per le sue autovetture è si agli ioni di litio ma merita una considerazione a parte. Infatti, tra le vetture ad oggi presenti sul mercato, la Tesla Roadster è quella che equipaggia i sistemi di accumulo con la maggior densità di energia.

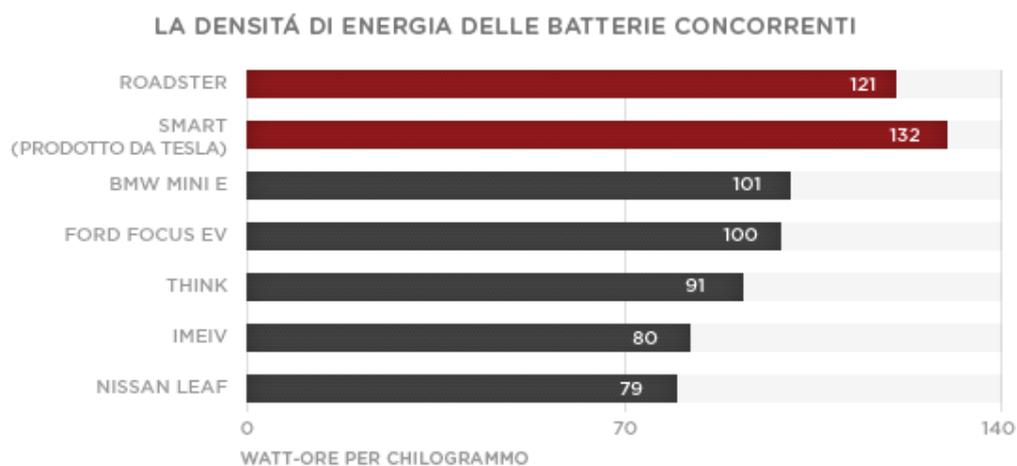


Figura 34: Confronto della densità di carica delle batterie di Tesla e quelle tradizionali delle altre vetture.

Questo è dovuto al fatto che Tesla ha brevettato un innovativo sistema di disposizione delle celle agli ioni di litio che consente di controllarne la temperatura, massimizzarne la resa (in termini di densità energetica e potenza erogabile) incrementando le prestazioni e le condizioni di sicurezza.

La scelta iniziale è stata quella di scartare le batterie NiMH perché avrebbero compromesso le prestazioni e la maneggevolezza di un'auto sportiva a causa del peso dell'accumulatore (circa il doppio).

La scelta è stata quella di utilizzare le celle 18650, cioè delle batterie simili alle comuni "pile stilo". La dimensione ridotta delle celle permette un'efficiente trasferimento del calore, una gestione migliore della carica, migliora l'affidabilità ed aumenta il periodo di vita dell'intero pacco batteria. Ogni cella è racchiusa all'interno di un involucro di acciaio che allontana il calore dalle celle con grande efficacia. La piccola dimensione rende le celle isotermitiche e la loro superficie allargata permette loro di diffondere il calore nell'ambiente circostante.

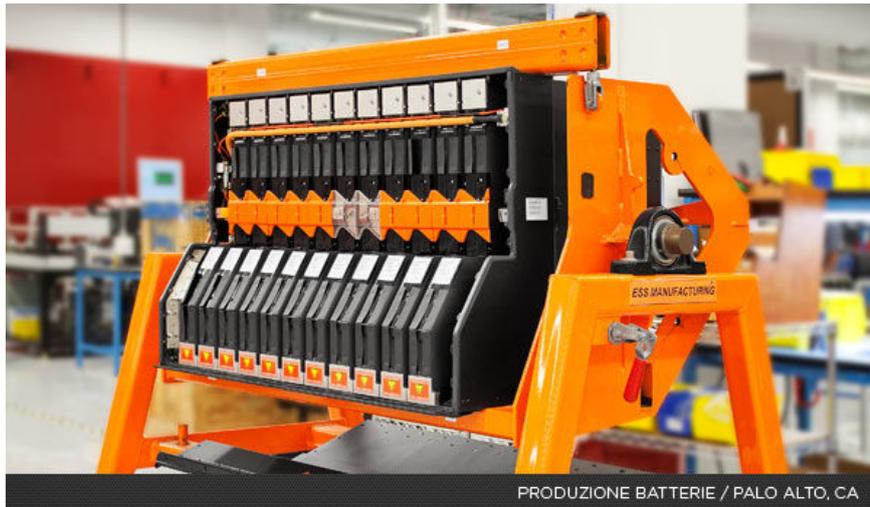


Figura 35: Batterie equipaggiate sulle vetture Tesla, prodotte a Palo Alto in California.

La batteria è composta da 6831 celle, derivanti dall'inserimento di 11 lastre composte da sessantanove celle collegate in parallelo per formare dei “mattoncini” e novantanove di questi connessi in serie tra loro. Un sistema di raffreddamento a liquido, che comprende dei sensori all'interno della stessa batteria che vengono monitorati dal firmware, mantiene appropriati i livelli di temperatura delle celle garantendone la sicurezza ed il fluido di raffreddamento viene pompato all'interno della batteria garantendo l'efficiente trasferimento di calore da e verso ogni singola cella (le celle hanno pochi gradi di differenza le uno con le altre).

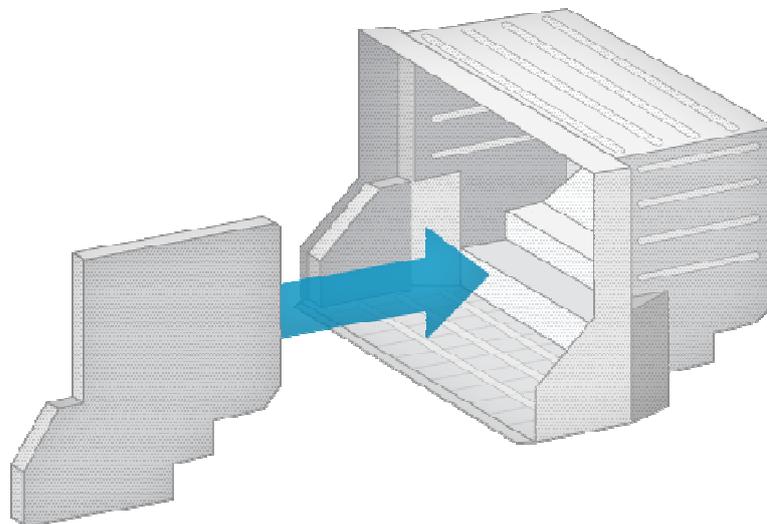


Figura 36: Inserimento di una lastra all'interno della copertura protettiva in acciaio.

Questo sistema consente anche di gestire meglio il fine vita della batteria. Infatti, non essendoci metalli pesanti o materiali tossici, le celle possono essere smaltite in discarica. La strategia di Tesla però ha messo a punto un sistema che ne consente il riutilizzo o il riciclo di circa il 60% delle celle totali in nuove batterie dedicate alle sue vetture ma si pensa che con l'aumento dei volumi il sistema di riciclaggio studiato possa arrivare a recuperare il 90% delle celle.

#### 2.3.4. Progetto batterie alluminio – aria

L'israeliana Phinergy sta studiando, progettando ed in prima fase realizzato un prototipo di veicolo elettrico con 1000 km di autonomia; si tratta di una Citroen C1 convertita ad auto elettrica. Una combinazione di batterie al litio e un "range extender", montato nel bagagliaio e composto da batterie ad alluminio-aria che consentono di raggiungere i 1000 km di autonomia. I test fino ad oggi effettuati sono positivi e si prevede che, entro il 2017, la produzione su strada commissionata da un produttore globale di auto ad oggi ignoto possa portarne una realizzazione massiva. In realtà, non si tratta di una vera e propria novità visto che si conosceva già l'elevato potenziale delle batterie alluminio-aria, ma questo tipo di soluzione rappresenta una rivoluzione nel contesto della mobilità sostenibile poiché per la prima volta è in fase di implementazione.

Attualmente è difficile stabilire una tabella di marcia del progetto ma Phinergy è una realtà concreta e l'interesse suscitato attorno a questo sistema di batterie è moltissimo. Questa azienda è leader nello sviluppo di sistemi ad alta densità di energia basati su tecnologie energetiche alluminio-aria, principalmente alluminio-aria e zinco-aria. Le batterie alluminio-aria funzionano attraverso la combinazione di alluminio metallico puro con molecole d'acqua e ossigeno per ottenere ossidi idrati d'alluminio con liberazione di energia elettrica. La batteria per funzionare ha bisogno di acqua e di "respirare" ossigeno dall'ambiente esterno; Phinergy ha risolto il problema dell'effetto dannoso che l'anidride carbonica, naturalmente presente nell'aria, che ha sugli elettrodi attraverso un apposito sistema che impedisce l'ingresso nella batteria preservandola e potendo quindi puntare su una produzione massiva.

L'Aluminum-Air battery system è stata adottata con successo sul prototipo elettrico Citroen C1 con risultati, almeno per il momento, davvero soddisfacenti. Nel prototipo una batteria contiene 50 piastre d'alluminio, ognuna delle quali apporta un contenuto energetico sufficiente a viaggiare per circa 32 km. Le 50 piastre assicurano un'autonomia totale di 1.600 km circa, mentre il livello dell'acqua va reintegrato ogni 200 km circa, un problema non trascurabile ma facilmente risolvibile in quanto l'acqua è facilmente ottenibile e presenta una rete distributiva ben radicata.

Il vantaggio rispetto ad una batteria tradizionale è che questa è costituita da un anodo e un catodo, dove il catodo determina fino al 70% del peso della batteria. Il catodo è utilizzato come contenitore per un reagente (ad esempio l'ossigeno), generalmente fino al 5% del suo peso, che è necessario per liberare l'energia in un anodo di metallo. In questo sistema la maggior parte del peso della batteria è scarsamente utilizzato al fine di immagazzinare elettricità e quindi incrementare l'autonomia.

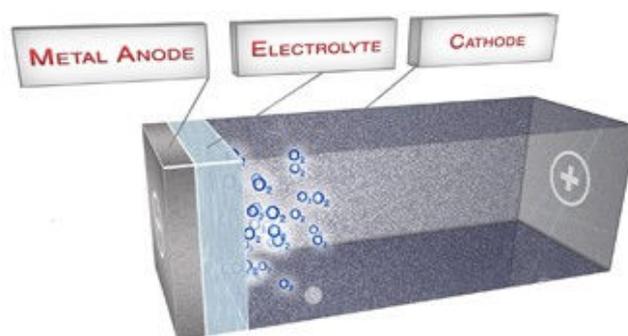


Figura 37: Schema di una batteria tradizionale

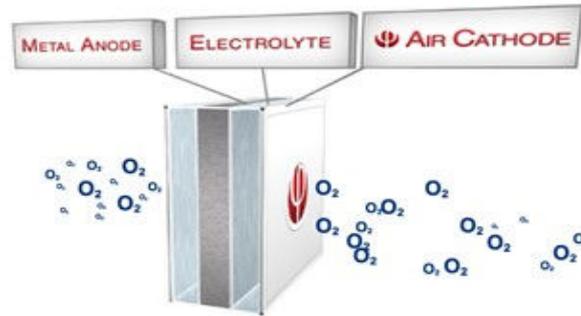


Figura 38: Schema di una batteria metallo aria.

Le batterie alluminio-aria potrebbero essere usate come fonte energetica su un veicoli elettrici, oppure al posto di un motore termico come range extender di una ibrida, assicurando così emissioni praticamente nulle. L'abbinamento tra una cella primaria di elevata densità energetica e capacità, anche se con necessità di rifornimenti o di sostituzione di materiali di consumo, e una batteria ricaricabile di capacità medio-bassa ma senza manutenzione e di lunga durata, potrebbe entrare in produzione nel 2017.

#### 2.4. Gestione del fine vita delle batterie

La gestione delle batterie al termine della vita utile è un problema ad oggi non presente data la scarsa penetrazione della mobilità elettrica nel mercato ma diventerà sempre più rilevante al crescere del numero di veicoli elettrici.

Oltre alla soluzione di Tesla, che ne consente il riutilizzo per la realizzazione di nuove batterie dovuto all'utilizzo di un particolare tipo di celle, le batterie al litio di ultima generazione ad oggi utilizzate o implementate necessitano di un trattamento diverso e specifico.

Infatti, quando una batteria giunge al fine vita, in realtà si intende l'incapacità della batteria di erogare livelli energetici sufficienti alla movimentazione delle vetture. In realtà, queste batterie al litio possiedono ancora una carica residua di circa il 70% di quella teorica con tempi di ricarica ed energia rilasciata inferiori alla batteria nuova.

Questi livelli però sono utilizzabili in ambiti diversi da quelli dell'automotive. Ad esempio, si sta pensando di utilizzare le batterie giunte alla fine della loro vita utile come sistemi di accumulo dell'energia domestica a basso costo. Questa possibilità viene vista con grande favore perché consentirebbe ad una famiglia di produrre energia attraverso l'installazione di pannelli fotovoltaici o impianti micro-eolici a costo "nullo" e successivamente utilizzare questa energia nel momento del bisogno.



Figura 39: Batterie durante la fase di smaltimento.

Questo è possibile grazie alla grande flessibilità delle batterie delle automobili (sono state usate in casi particolari per alimentare una rete domestica, ad esempio durante l'uragano Sandy del 2012 due proprietari di auto elettriche sono riusciti a collegare la batteria delle rispettive auto con l'impianto elettrico di casa e quindi "creare" una scorta di energia di cui disporre) ed alla necessità di eliminare il paradosso ad oggi percepito dai possessori di sistemi di generazione di energia elettrica: la creazione di energia pulita durante il giorno che viene immessa in rete e l'utilizzo di quella proveniente dalla rete la sera, prodotta però da impianti a combustibili fossili.

Questi due aspetti sono importanti perché:

1. La disponibilità di sistemi di accumulo come le batterie "riutilizzate" delle autovetture consentirebbe di fornire un quantitativo di energia (ad oggi circa il 70% di 22kW) sufficiente ad affrontare catastrofi naturali o black out garantendone una riserva minima per sopperire alle esigenze primarie (minima fonte di luce per le ore notturne, alimentazione di sistemi elettronici quali pc o la ricarica di telefoni per eventuali richieste di aiuto o altro).
2. L'accumulo dell'energia prodotta durante il giorno ed il suo utilizzo durante la sera/notte consentirebbe di evitare la vendita di elettricità "pulita" e l'acquisto di quella prodotta da centrali tradizionali (a fonti fossili e con rendimenti abbastanza contenuti) consentendo all'utente di rincorrere l'autosostentamento energetico, e quindi eliminare la bolletta della luce, in totale rispetto dell'ambiente.
3. Questo sistema consentirebbe di riutilizzare batterie con prestazioni inferiori alle condizioni iniziali e quindi non più utilizzabili per la movimentazione delle vetture, consentendo quindi di ridurre il costo degli accumulatori (ad oggi non implementati nelle abitazioni proprio per questo motivo) in quanto si utilizzerebbe un prodotto teoricamente da smaltire. Inoltre, per la legge della domanda e dell'offerta, se il mercato dei veicoli elettrici arrivasse al numero auspicato del 10% dei veicoli venduti sul mercato nel 2020 (quindi nell'ordine delle centinaia di migliaia), al 2030 circa si avrebbe la disponibilità di un elevato numero di batterie da riciclare, riducendo ulteriormente il prezzo (nell'ipotesi verosimile di un'auto elettrica a famiglia, la stessa famiglia potrebbe riusare la sua batteria acquistando solo il cablaggio con il sistema di generazione rinnovabile).

Ad oggi questo scenario è ritenuto abbastanza lontano nel tempo proprio per il ridotto numero di veicoli elettrici ad oggi presenti sul mercato e per l'elevato costo delle batterie (circa 400€/kWh con una riduzione attesa data dall'effetto scala fino ai 180-200€/kWh) ma si ritiene che sia la strada da

percorrere per ridurre l'inquinamento dato dalla produzione di energia elettrica, dare più autonomia alle abitazioni in termini energetici e consentire un sensibile risparmio di denaro ai nuclei familiari (dato anche dall'odierna diminuzione dei prezzi dei pannelli fotovoltaici, rendendo questa tecnologia sempre più appetibile anche senza incentivazione statale).

## **Parte III: Tecnologia delle infrastrutture di ricarica**

### **3.1. Introduzione**

Per quanto riguarda la connessione lato veicolo, le case automobilistiche hanno già da tempo definito gli standard dei connettori. Negli USA e in Giappone è già stato definito lo standard con il nome di SAE J1772, che corrisponde al connettore di tipo 1, denominato Yazaki. In Europa, invece, lo standard predisposto per i veicoli elettrici è il connettore di tipo 2, monofase e trifase, conosciuto come Mennekes, anche se alcuni veicoli, ad esempio la Nissan Leaf, sono dotati anche della moderna presa CHAdeMo per la ricarica rapida in corrente continua. In alcuni paesi europei, quali Francia e, unitamente alla presa 2, Italia, si utilizza la presa 3A per la ricarica lenta e 3C per quella veloce a causa della normativa vigente in tema di sicurezza, in quanto si impone la presenza degli shutter protettivi (come nelle comuni prese di casa). Ad oggi si sta sviluppando anche la presa Combo Connector serie J1772, che consente di avere la ricarica rapida in corrente continua e quella standard di tipo 2 o 1 in una sola unità.

Nonostante questa varietà di spine disponibili sul mercato, in occasione del quindicesimo International VDI-Congress dell'Association of German Engineers, tenutosi il 12 ottobre 2011 a Baden-Baden, è stato svelato il proposito di definire un CombinedCharging System. Sette grandi produttori (Audi, BMW, Daimler, Ford, General Motors, Porsche e Volkswagen) si sono accordati per introdurre il CombinedCharging System. Il CCS prevede l'utilizzo di una presa con quattro opzioni di funzionamento: corrente alternata monofase, corrente alternata trifase, corrente alternata rapida e corrente continua, adattandosi così alle infrastrutture disponibili nei vari paesi e fornendo anche i più veloci sistemi di ricarica di ultima generazione, capaci di effettuare una ricarica completa in circa 20 minuti.

Lato colonnina, si riscontra invece una mancanza di standardizzazione che sta portando ad uno sviluppo della rete che ad oggi non consente di ricaricare la propria vettura elettrica in qualsiasi stazione installata nelle città, ma necessita la ricerca di quelle con una presa omologa a quella posseduta, generando confusione nei clienti finali e quindi un rallentamento della crescita del mercato.

Questo problema è stato risolto dal Giappone in quanto si è deciso di adottare, per le stazioni di ricarica pubblica, una colonnina di ricarica con incorporato il connettore, evitando in tal modo la problematica della scelta del connettore lato colonnina. Invece, la Commissione Europea ha bocciato la soluzione giapponese poiché ritiene questa tipologia di colonnina con il cavo di ricarica in vista, non del tutto sicura, in quanto potrebbe essere soggetta ad atti di vandalismo. È stato deciso quindi di optare per le colonnine senza cavo integrato ma fornite di un connettore standard la cui definizione è oggetto di un forte contrasto tra le imprese europee (tra le quali la tedesca Mennekes, con il sostegno delle imprese dell'auto motive nazionale, e l'italiana Scame, sostenuta dal consorzio EV Plug Alliance coinvolgente tra le varie aziende Lagrand e Schneider Electric).

Ad oggi, oltre alla differenziazione per tipologia di corrente erogata, le colonnine presenti sul mercato si dividono in:

1. Tradizionali, cioè quelle con le 2 prese (siano esse entrambe di tipo 2 o 3)
2. Multiple, cioè presentano l'installazione di prese tipo 2, 3A e 3C
3. Per ricarica CHAdEMO, poiché per la ricarica in corrente continua, il caricabatterie è incluso nella colonnina stessa.

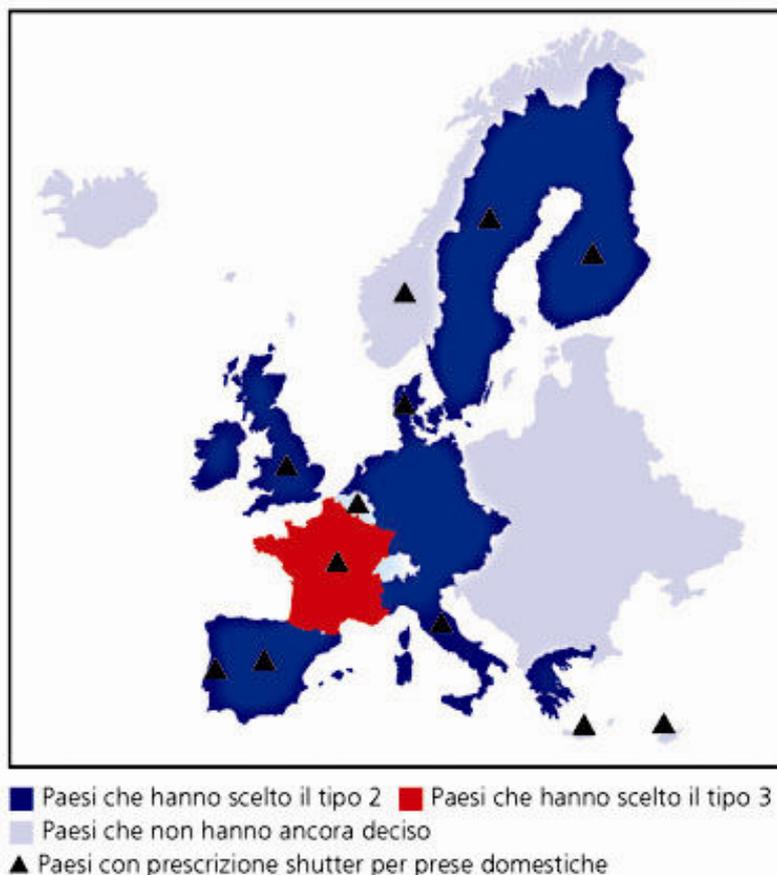


Figura 40: Situazione europea attuale secondo il documento Eurelectric Marzo 2013.

Secondo i player sul mercato, la soluzione di tipo Multiplo sarà destinata a sparire, eccezion fatta per le colonnine già installate, perché si sta andando a definire lo standard comune europeo che porterà all'inclusione nella colonnina di una presa sola e perché contengono un extracosto che il mercato già oggi, con l'entrata in commercio delle vetture con spina tipo 2, non è più disposto a pagare.

L'Europa ha concesso la libertà di usare qualsiasi tipo di connettore fino al Febbraio 2013, dove il CENELEC, ente incaricato nella definizione di uno standard comunitario, ha optato per consigliare ai paesi membri l'utilizzo della presa di tipo 2. Questo principio di standardizzazione è stato recepito in Italia con la Norma CEI 20-106<sup>4</sup>, che vuole definire un modello unico nazionale.

In particolare, in Europa si utilizza in tutti i paesi la presa di tipo 2 tranne in Francia dove si continua ad utilizzare la presa di tipo 3 con shutter, mentre in Norvegia, Islanda, i paesi balcanici e dell'est europeo aderenti all'UE, è ancora in fase di definizione la tipologia da utilizzare. Come

<sup>4</sup> Cavi elettrici con isolamento reticolato non propaganti la fiamma, con tensione nominale non superiore a 450/750 V destinati alla ricarica dei veicoli elettrici.

emerge dal grafico accanto però, sorge evidente il problema degli shutter di sicurezza in quanto su 27 paesi membri, 13 lo riconoscono come componente necessario per legge.

La SCAME, sempre supportata dal consorzio EV Plug Alliance, propone di utilizzare quantomeno la presa di tipo 2 con l'inserimento di shutter protettivi. Questa variante è ritenuta dagli operatori del mercato insostenibile in quanto l'Unione ha già definito come sicura la presa 2 senza questo componente (poiché già prevede sistemi di scarico della condensa e protezione da urti accidentali). La proposta di EV Plug Alliance propone come unico connettore europeo lato infrastruttura, in linea con gli standard di sicurezza in vigore, le soluzioni tipo 1 e tipo 2, per il lato veicolo lasciando nell'infrastruttura un sistema universale di collegamento che prevede un semplice adattatore. Per fare un esempio chiarificante, il connettore tipo 3, per quanto riguarda il lato infrastruttura, può essere paragonato ad un normale connettore di collegamento USB per PC, mentre, dall'altro lato del cavo di connessione, il connettore può essere diverso a seconda delle esigenze e della marca dell'apparecchio utilizzato (cellulare, fotocamera, MP3 ecc.)

Questa soluzione è stata scartata per la sicurezza già comprovata della presa "Mennekes", per l'interoperabilità della presa tipo 2 sia in ricarica rapida che lenta senza la necessità di un adattatore (non possibile tra le prese 3 in quanto hanno n sistema di attacco diverso), per evitare di introdurre componenti intermedi tra la vettura e la colonnina di ricarica. Riguardo agli shutter, si pensa non verranno mai usati poiché si tratterebbe di aggiungere un ulteriore costo ad un sistema di per sé molto costoso e già sicuro.

Un ruolo di fondamentale importanza è rivestito dal sistema di comunicazione che permette il colloquio e lo scambio di dati tra il veicolo e l'infrastruttura di ricarica. Non è ancora stato determinato uno standard nazionale ne tantomeno uno comunitario, ma l'attività di ricerca è molto attiva sul campo allo scopo di definire un insieme di norme complete e univoche. Sotto è riportato un esempio di infrastruttura ICT per la ricarica dei veicolo elettrici.

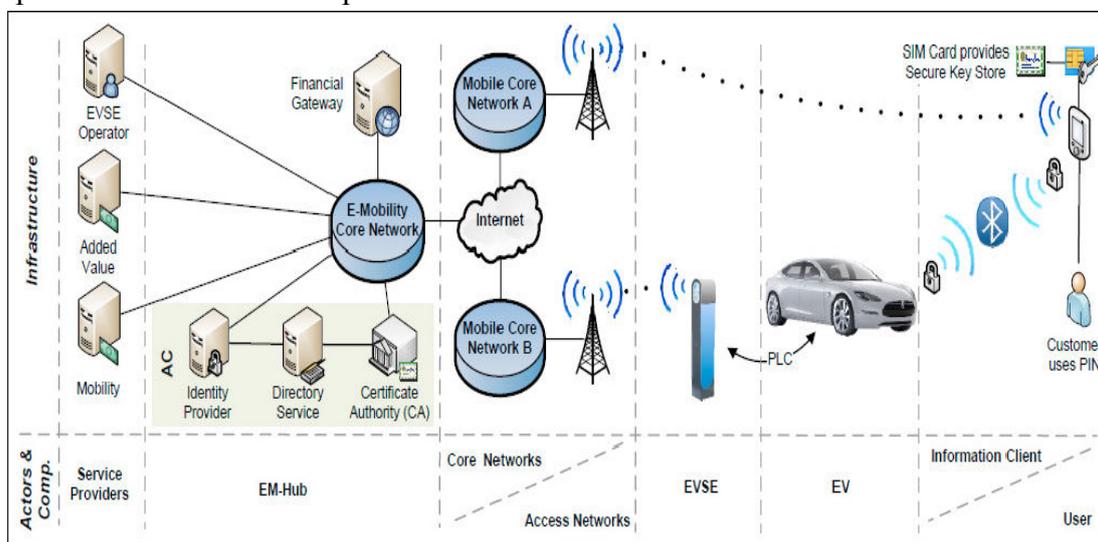


Figura 41: Comunicazione tra veicolo e Smart Grid.

Come previsto dal Piano Nazionale Infrastrutturale, la comunicazione durante la ricarica deve soddisfare i requisiti di:

1. Inizio del processo di carica, previo inserimento della spina
2. Setup della comunicazione di carica
3. Gestione certificata, elemento base per l'identificazione dell'utilizzatore
4. Identificazione, autenticazione e autorizzazione ad usufruire del servizio

5. Fissazione di obiettivi e pianificazione della carica, quali scambio dati, durata, avvio carica batterie
6. Controllo ed eventuale ripianificazione della carica
7. Uso di eventuali servizi accessori (ad esempio risultati di diagnostica sui componenti della macchina)
8. Fissazione di obiettivi e pianificazione della carica (scambio dati, definizione durata, carica batterie).
9. Fine del processo di carica (elettrica, e disegnare spina)

L'obiettivo di questa standardizzazione delle procedure è quello di garantire un'effettiva interoperabilità tra i player che erogheranno l'energia per la ricarica ed i dispositivi coinvolti, gestendo in maniera flessibile gli standard già esistenti per i veicoli elettrici con quelli in via di definizione che caratterizzano la Smart Grid stessa (come ad esempio il Vehicle to Grid). L'esistenza di questa interoperabilità tra rete, sistemi di controllo e veicoli è possibile solo mediante la definizione di determinati protocolli standardizzati che consentono il colloquio diretto, lo scambio di dati e di informazioni tra i diversi soggetti coinvolti nel rispetto della privacy e senza causare problematiche di scambio di identità.

### 3.2. Tipologie di connettori

Oggi sono presenti sul mercato tre tipologie di connessioni elettriche promossi da altrettanti costruttori, secondo le norme IEC<sup>5</sup> 62196-1 e IEC 62196-2:

1. Il connettore tipo 1: Yazaki;
2. Il connettore tipo 2: Mennekes;
3. Il connettore tipo 3: SCAME.

---

<sup>5</sup> IEC 62196 è uno standard internazionale per i connettori elettrici e le modalità di ricarica della Commissione Elettrotecnica Internazionale (IEC)  
IEC 62196-1 si riferisce alle spine di alimentazione multifase e industriali.  
La IEC 62196-2 contiene una classificazione dei tipi di spine:

- IEC 62196-2 "Type 1" - *single phase vehicle coupler* - reflecting the [SAE J1772/2009](#) automotive plug specifications
- IEC 62196-2 "Type 2" - *single and three phase vehicle coupler* - reflecting the [VDE-AR-E 2623-2-2](#) plug specifications

IEC 62196-2 "Type 3" - *single and three phase vehicle coupler with shutters* - reflecting the [EV Plug Alliance](#) proposal.  
Fonte: Wikipedia

Produttori Principali	Tipo	Fasi	N° di poli	Max Ampere	Voltaggio
YAZAKI	1	Singola	5	32 A	480V
MENNEKES	2	Singola	7	70 A	480v
		3 fasi	7	63 A	
SCAME	3	Singola	4	16 A	250 V
			4		250 V
		3 fasi	7	32 A	480 V

Tabella 11: Schematizzazione delle diverse tipologie di prese sul mercato europeo. Fonte: Scame.

### 3.2.1. Tipo 1



Figura 42: Presa tipo Yazaki.

Il primo Tipo è stata sviluppata da Yazaki in Giappone ed è molto utilizzata anche negli USA poiché risulta conforme alle prescrizioni SAE J1772, definite dalla SAE International<sup>6</sup> e, dispone delle seguenti caratteristiche:

- Monofase;
- Massima corrente: 32 A;
- Massima tensione: 250 V;
- 5 pin: L1, L2 (N), Terra, contatto pilota (consente la comunicazione tra veicolo e stazione di ricarica), proximity (consente al veicolo di rilevare la presenza del connettore per la ricarica e lo trattiene);
- Grado di protezione: IPXXB<sup>7</sup>

<sup>6</sup> SAE International è un'associazione mondiale che conta oltre 128.000 ingegneri ed esperti tecnici nei settori aerospaziale, autoveicolistico e dei veicoli commerciali.

<sup>7</sup> È un grado di protezione stabilito dalla IEC (Commissione Elettrica Internazionale). IPXXB garantisce la protezione contro l'acqua e contro oggetti solidi esterni.

### 3.2.2. Tipo 2



Figura 43: Presa tipo Mennekes.

Il Tipo 2 viene prodotto dall'azienda tedesca Mennekes ed è nato per soddisfare le esigenze di carica rapida e per le modalità cosiddette "vehicle to grid", in modo tale da supportare un flusso bidirezionale di energia, dalla colonnina alla vettura e viceversa. La presa Mennekes presenta le seguenti caratteristiche:

- monofase o trifase;
- massima corrente: 63 A in AC e 70 A in DC
- massima tensione: 500V
- 7 Pin, tra cui anche il contatto neutro, terra, pilota e proximity
- Grado di protezione: IPXXB

### 3.2.3. Tipo 3



Figura 44: Presa tipo 3C.

Il connettore di tipo 3 è stato prodotto nel 2000 in Italia da SCAME con la partnership delle aziende francesi Legrand e Schneider. SCAME è entrata nei comitati che, a livello italiano e internazionale (CEI<sup>8</sup>, CENELEC<sup>9</sup> e IEC), hanno avuto il compito di individuare e normare la materia ed ha rivestito un ruolo importante nella definizione della prima norma nazionale (CEI 69-6<sup>10</sup>) per i

---

<sup>8</sup>Il CEI - Comitato Elettrotecnico italiano – è l'ente responsabile della formazione, in campo elettrotecnico, elettronico e delle telecomunicazione in ambito nazionale, con la partecipazione diretta – su mandato dello Stato italiano – nelle organizzazioni di formazione europea (CENELEC) e mondiale (IEC). Fonte: <http://www.ceiweb.it/it/>

<sup>9</sup> Il CENELEC - *Comité européen de normalisation en électronique et en électrotechnique*- è il Comitato europeo di per la formazione elettrotecnica. Fonte: Wikipedia

<sup>10</sup> La CEI 69-6 è la norma di riferimento per i dispositivi di connessione

Connettori e i Sistemi di ricarica per i veicoli elettrici stradali. È disponibile in tre versioni, comprendenti anche la ricarica rapida. Le tre diverse versioni (3A, 3B e 3C) sono previste dalle norme di riferimento, ma solo il tipo 3C ha la stessa universalità di impiego in monofase a 16 A come in trifase a 32 A. È l'unica presa in commercio dotata di shutter, ossia di speciali otturatori che impediscono ogni contatto.

- Mono o trifase
- 16 A in DC e 32 in AC
- 250 V in DC e 480 V in AC
- 4 poli in DC e 7 in AC

#### 3.2.4. Tipo Combo Connector



Figura 45: Presa tipo Combo Connector.

La presa Combo è stata ideata da un consorzio di case automobilistiche americane e tedesche (tra cui Volkswagen e GM) ed è l'unica che consente di caricare la vettura sia in corrente continua la ricarica rapida che alternata per quella lenta, a seconda della tipologia di colonnina a nostra disposizione.

Il vantaggio, banalmente, è la possibilità di racchiudere in un'unica presa entrambe le modalità di ricarica, evitando all'utilizzatore problemi quali l'impossibilità di ricarica dovuto ad una presa non adatta alla corrente erogata dall'infrastruttura. A seconda del mercato in cui viene utilizzata, la presa per la ricarica continua sarà affiancata da quella di tipo 2 per la ricarica in corrente alternata in Europa, mentre per gli Stati Uniti sarà presente la tipo 1.

### 3.3. Metodi di ricarica

Per le modalità di ricarica in AC (Modo 1, Modo 2, Modo 3), tutti i componenti di potenza sono posti sul veicolo e gli attuali standard non richiedono l'isolamento tra la rete elettrica e la batteria.

#### 3.3.1. Modo di ricarica 1

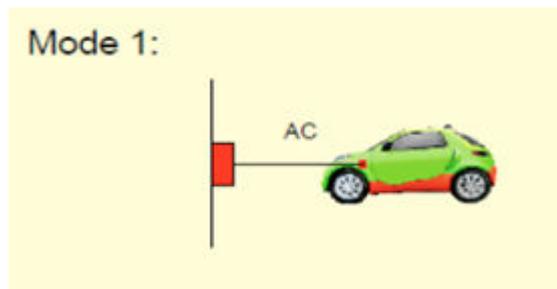


Figura 46: Modo di ricarica 1.

Il veicolo elettrico è collegato alla colonnina attraverso un sistema presa-spina standardizzato che sopporta una corrente massima pari a 16 A e non eccede i 250 V monofase o i 480 V trifase. La presa può essere di formato domestico (ad esempio schuko), o di formato industriale e presenta sul cavo di alimentazione un conduttore di protezione. In alcuni paesi (ad esempio negli USA) non è ammessa questa modalità di ricarica mentre in altri lo è, ma con la raccomandazione o obbligatorietà del RCCB (Residual-current circuit breaker), ovvero un sistema di protezione a corrente residua in grado di interrompere il flusso elettrico in caso di guasto verso terra o folgorazione fase-terra. Questo dispositivo di sicurezza è utilizzato principalmente per installazioni domestiche poiché è utilizzato per le ricariche lente, in particolare per gli scooter e quadri cicli leggeri.

### 3.3.2. Modo di ricarica 2

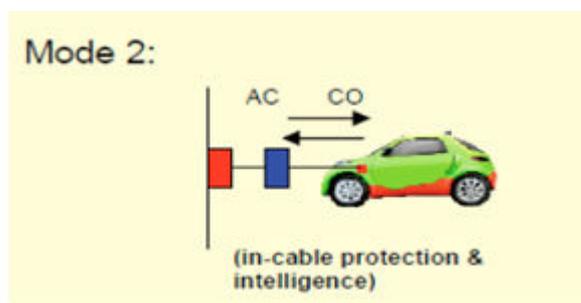


Figura 47: Modo di ricarica 2.

Il veicolo elettrico è connesso alla rete mediante un sistema presa-spina standardizzato che sopporta una corrente di 32 A e non eccede i 250 V monofase o i 450 V trifase. È una modalità ibrida tra il modo 1 e il modo 3. È utilizzata quando un veicolo generalmente predisposto per la ricarica in modo 3 è ricaricato da una presa di tipo comune utilizzando l'apposito cavo dotato di un dispositivo per la protezione e il controllo. Questa modalità di ricarica è prevalentemente destinata a ricariche occasionali o di emergenza. Utilizza un cavo di alimentazione con conduttore di protezione, conduttore pilota di controllo e sistema di protezione RCCB.

### 3.3.3. Modo di ricarica 3

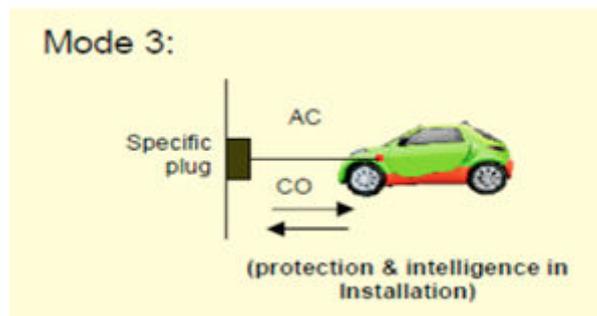


Figura 48: Modo di ricarica 3.

Il veicolo elettrico è collegato alla rete attraverso un EVSE (Electric Vehicle Supply Equipment) specifico, poiché la ricarica è effettuata a 230/400 V. È necessaria la predisposizione di un controllore di ricarica all'interno dell'infrastruttura che a sua volta è connesso al caricatore a bordo del veicolo. Questa modalità richiede la predisposizione di un dispositivo RCCB e di una protezione contro il sovraccarico e viene raccomandato anche l'uso di uno scaricatore di sovratensione. La stazione di ricarica, a colonnina o a parete, può essere posta in ambiente privato, pubblico o semipubblico e di solito include anche i necessari sistemi di protezione (interruttore differenziale e magnetotermico) ed un eventuale contatore di energia.

### 3.3.4. Metodo di ricarica domestica per automobili

Questa metodologia di ricarica dei veicoli prevede il collegamento della vettura alla rete elettrica presso la propria abitazione. Può avvenire secondo due modalità estremamente differenti tra loro.

#### 3.3.4.1. Collegamento Auto-Rete elettrica tramite la normale presa della corrente

Questo sistema è utilizzabile per la ricarica della vettura in quanto viene consegnato al momento dell'acquisto dell'automobile il cavo di collegamento dedicato. Questa modalità è da ritenersi però insicura per la rete, la vettura e le persone limitrofe stesse in quanto:

- a) Non è previsto nessun dispositivo intermedio tra la rete e la vettura, impedendo l'inserimento di quelli che sono parametri di analisi per il collegamento della vettura con la rete in regime di sicurezza. Questo vuol dire che, essendo le prese domestiche prive di intelligenza ed incapaci di comunicare con la vettura, non sono in grado di gestire eventuali sbalzi di tensione senza il rischio di compromettere la sicurezza della vettura.
- b) Non avendo dispositivi di protezione (bloccaggio della presa lato infrastruttura e sistemi per la rilevazione di perdite di carico o cortocircuiti) e di interruzione dell'erogazione di corrente, è possibile compromettere la sicurezza dell'individuo nel momento in cui scollega la vettura (anche in modo casuale, come inciampi o interruzioni accidentali).
- c) Senza i dispositivi di interfaccia tra rete e vettura, gli sbalzi di tensione possono provocare dei guasti o malfunzionamenti alla strumentazione e componentistica elettronica dell'automobile stessa.
- d) La rete elettrica domestica potrebbe non essere in grado di erogare continuamente la potenza necessaria per la carica. Questo sarebbe dovuto non all'incapacità del contatore di sostenere la potenza erogata, ma dall'inadeguatezza dell'impianto elettrico di erogare i 2

kWh richiesti per un intervallo di tempo di otto ore. Questo perché gli impianti sono fatti per sopportare carichi di simile potenza per pochi minuti (al più mezz'ora) o per lunghi periodi ma con potenze assorbite significativamente inferiori (mentre un phon assorbe 1,5 kWh per 5/10 minuti, una lavastoviglie o lavatrice assorbe una potenza di circa 2,2 kW ma per istanti di tempo inferiori all'ora).

#### **3.3.4.2. Ricarica domestica con Wall Box**

È il sistema che permette di rispettare tutte le misure di sicurezza per il veicolo, la rete domestica e l'individuo. Infatti è possibile associarlo ad un contatore separato per la misurazione dell'energia utilizzata creando un collegamento dedicato.

A fronte della sicurezza che questo dispositivo è in grado di dare, il contro è che necessità di un costo di installazione da parte di società del settore che va ad aggravare quello che è già l'elevata onerosità percepita della mobilità elettrica.

### **3.4. Sistemi di gestione delle infrastrutture**

Uno degli aspetti maggiormente critici è la gestione delle infrastrutture di ricarica.

Infatti, oltre a dover erogare l'energia necessaria a ricaricare il veicolo, si deve garantire una elevata protezione dei dati riguardanti la ricarica dell'utilizzatore, è necessario garantire che la ricarica avvenga secondo livelli di energia elettrica tali da conservare il sistema di accumulo, far sì che la ricarica non possa essere interrotta casualmente e che questa avvenga in totale sicurezza per la vettura (evitando, ad esempio, sbalzi di tensione) e le persone adiacenti la struttura.

I sistemi di ricarica oggi implementati svolgono le seguenti procedure:

- a) Identificazione del soggetto che chiede di effettuare la ricarica
- b) Contrattazione tra cliente e fornitore sul valore del:
  - bene (energia erogata)
  - servizio (es. tempo di erogazione ricarica)
- c) Misurazione del "bene" erogato (energia erogata)
- d) Fatturazione del "bene + servizio"
- e) Saldo della transazione

Con lo sviluppo dei progetti pilota, si vuole completare la funzionalità dell'infrastruttura andando a fornire un numero di servizi aggiuntivi sempre crescenti fino alla realizzazione della Smart Grid durante il roll out massivo

Un esempio dei servizi aggiuntivi sono:

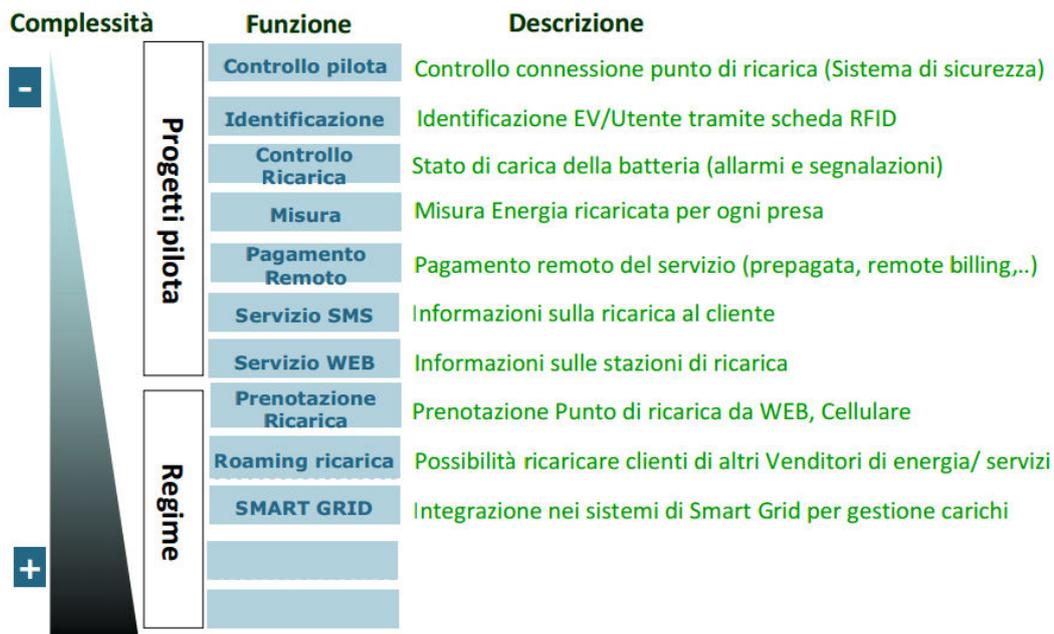


Figura 49: Schema dei servizi aggiuntivi alla ricarica durante la fase pilota e a regime.

La gestione dell'infrastruttura può essere vista sia in ottica di fatturazione e recupero/salvataggio dei dati del cliente, sia come strumento di manutenzione preventiva del veicolo e della rete stessa. Infatti, durante i controlli per la corretta connessione del veicolo, si potrebbero implementare strumenti che consentano di capire al gestore se il punto di ricarica presenta delle anomalie o malfunzionamenti che potrebbero comprometterlo se non risolti in tempo breve o limitare i punti di ricarica, creando un disservizio al cliente.

Lato gestione dell'infrastruttura, i progressi che possono essere implementati sono potenzialmente molto numerosi ed economicamente rilevanti per l'intero sistema, in quanto consentirebbero di aumentare la marginalità dei gestori del servizio attraverso la fornitura di servizi aggiuntivi (gestibili con contratti diversificati che consentano di scegliere di effettuare questi controlli o includerli nel contratto stipulato con il cliente) e per l'utilizzatore di monitorare lo stato d'integrità della propria vettura in modo rapido. Inoltre, il rilevamento di anomalie e guasti in tempi paragonabili al real time (tra una ricarica e la successiva potrebbero trascorrere al più pochi giorni) porta ad una ulteriore riduzione dei costi di manutenzione in quanto si potrebbero risolvere i malfunzionamenti in modo rapido e semplice (lo pneumatico viene rilevato sgonfio, posso gonfiarlo una volta arrivato al proprio domicilio evitando un'usura anomala; controllo degli oli lubrificanti con eventuale, e semplice, riempimento).

Questi sistemi ad oggi sono sviluppati, come nel caso di Siemens e A2A, per consentire un accesso remoto ai dati raccolti dal sistema. Questo viene fatto per evitare l'installazione di software specifici che vanno poi aggiornati e mantenuti e consentire invece un accesso rapido all'informazione tramite la rete web ai dati relativi alla gestione, al controllo ed al pagamento per ogni singola ricarica.

Inoltre, il vantaggio dell'accesso in remoto è quello di poter consentire una migliore gestione dei dati poiché questi sarebbero disponibili al centro di controllo, senza avere quindi problemi di immagazzinamento o reperibilità a fronte di una connessione web sempre disponibile con rete di scambio dati veloci capillari.

Ad oggi, società come Siemens sono in grado di vendere il prodotto inteso come sistema di gestione e monitoraggio o di fornirlo come servizio, in modo da dare al cliente dei costi fissi di gestione a

fronte della disponibilità di un aggiornamento continuo del sistema senza dover acquisire nuove conoscenze non centrali per il business aziendale.

### **3.5. Sicurezza**

Risulta essere uno degli aspetti più critici durante il processo di ricarica poiché deve essere garantita sia per la rete, in quanto un eventuale danneggiamento provocherebbe la riduzione dei punti di ricarica, per le persone e le autovetture.

Se per la rete la sicurezza è basata sui sistemi di controllo delle colonnine e sui sistemi di protezione della vettura, per gli individui e la vettura stessa servono strumenti specifici.

Su questi aspetti, le società di gestione dell'infrastruttura stanno investendo molte risorse ritenendolo uno degli aspetti più critici.

#### **3.5.1. Sicurezza per l'individuo**

Per la protezione personale, è necessario eliminare le problematiche relative ai cavi di collegamento in quanto questi devono essere realizzati con materiali perfettamente isolanti in grado di resistere alle intemperie ed evitare il folgoramento dell'individuo, nonché resistere all'usura e ad eventuali sollecitazioni accidentali dati dall'urto con le persone.

Se per la riduzione della probabilità di inciampo si stanno ideando le colonnine con caduta del cavo dall'alto, per quanto riguarda la sicurezza dai rischi elettrici si devono rispettare le norme introdotte dagli enti preposti a livello italiano ed europeo.

Questa viene garantita dall'utilizzo di prese di collegamento approvate dal CENELEC (quindi in grado di soddisfare i requisiti imposti dalla Comunità Europea).

Per quanto riguarda il cavo di collegamento, questo deve essere realizzato secondo le direttive italiane CEI<sup>11</sup> del Comitato Tecnico 20, redatto in collaborazione con ANIE<sup>12</sup> Confindustria e IMQ<sup>13</sup>. Ad oggi, non è presente ancora uno standard europeo o mondiale definito rispettivamente dal CENELEC o dal IEC ma gli operatori sono in attesa di un comunicato per iniziare ad armonizzare le varianti fino ad oggi realizzate, definendo le candidate ad uno standard continentale/mondiale.

La Norma CEI 20-106, (Cavi elettrici con isolamento reticolato non propaganti la fiamma, con tensione nominale non superiore a 450/750V destinati alla ricarica dei veicoli elettrici) pubblicata

---

<sup>11</sup> Comitato elettrotecnico Italiano, è un'Associazione senza scopo di lucro responsabile della normazione in campo elettrotecnico, elettronico e delle telecomunicazioni in ambito nazionale, con la partecipazione diretta - su mandato dello Stato Italiano - nelle organizzazioni di normazione europea (CENELEC) e mondiale (IEC). Le Norme CEI sono documenti che definiscono le norme di buona tecnica per prodotti, processi e impianti, costituendo il riferimento per la presunzione di conformità alla "regola dell'arte". La missione del CEI, quale organo *super partes*, è quella di elaborare documenti normativi di buona tecnica, partecipare alla stesura e recepire documenti normativi armonizzati europei, partecipare alla stesura di normative internazionali, diffondere la cultura tecnico-scientifica della standardizzazione.

<sup>12</sup> Associazione Nazionale Industrie Elettrotecniche, in essa è presente dal 2012 il Gruppo E-Mobility, nato con l'obiettivo di affrontare le tematiche tecniche e strutturali legate alla mobilità elettrica. Su questo tema l'industria rappresentata da ANIE rivendica il ruolo chiave di offerta di soluzioni tecnologiche innovative. Tra gli obiettivi vi è l'auspicio

<sup>13</sup> Il Gruppo IMQ rappresenta la più importante realtà italiana nel settore della valutazione della conformità (certificazione, prove, verifiche, ispezioni). Forte della sinergia tra le società che lo compongono, dell'autorevolezza acquisita in 60 anni di esperienza, della completezza dei servizi offerti, il Gruppo IMQ si pone infatti come punto di riferimento e partner delle aziende che hanno come obiettivo la sicurezza, la qualità e il rispetto per l'ambiente.

nel mese di Febbraio 2013, si applica ai cavi flessibili con isolamento elastomerico reticolato e guaina a base di materiale termoplastico o elastomerico, utilizzabili per la ricarica di veicoli elettrici, secondo Norma IEC 61851, in tre casi specifici:

- a) connessione del veicolo elettrico alla sorgente di alimentazione realizzata con un cavo (e relativo connettore) permanentemente collegato al veicolo stesso;
- b) connessione del veicolo elettrico alla sorgente di alimentazione realizzata con un cordone prolungatore (cavo e relativi connettori) tra la sorgente di alimentazione e il veicolo elettrico;
- c) connessione del veicolo elettrico alla sorgente di alimentazione realizzata con un cavo (e relativo connettore) permanentemente collegato alla sorgente di alimentazione.

I cavi previsti dalla Norma sono particolarmente adatti al collegamento tra il veicolo elettrico ed il dispositivo di erogazione dell'energia elettrica poichè possono essere utilizzati all'interno ed all'esterno degli edifici, dove la temperatura ambiente è compresa tra -30°C e + 50 °C e con temperatura in servizio permanente del conduttore non superiore a 90 °C. Inoltre possono essere esposti alla luce solare oppure a contatto con sostanze corrosive contaminanti o acqua durante il tempo necessario per la ricarica del veicolo (quindi precipitazioni ed eventualmente piogge acide). Queste caratteristiche di idoneità sono state valutate nei laboratori di IMQ che ne garantisce gli aspetti di sicurezza. In previsione dell'utilizzo "pubblico" che tali cavi avranno, questi saranno infatti sottoposti al regime del Marchio IMQ, il che significa verifica del sistema produttivo dell'azienda, testing sul prodotto e sorveglianza periodica della produzione anche attraverso prelievi in azienda e sul mercato e l'apposizione del marchio IMQ sul prodotto.

### **3.5.2. Sicurezza per la vettura**

Dato il costo ad oggi estremamente significativo, l'infrastruttura deve essere un grado di salvaguardare il veicolo in carica.

Durante il processo di ricarica, le batterie vengono collegate alla rete attraverso il cavo con le relative prese per il fissaggio ed il passaggio dell'energia.

Durante questa fase, risulta critica la necessità di portare a termine la ricarica con un voltaggio ed una tensione il più costanti possibili, così da salvaguardare l'integrità del sistema di accumulo.

Infatti, se soggetto a sbalzi di tensione durante il processo di carica, le batterie potrebbero surriscaldarsi e danneggiarsi o esplodere (una delle maggiori criticità delle batterie al litio-ioni).

Ad oggi, i sistemi di collegamento e controllo della ricarica sono ideati per interloquire con la vettura per impostare la potenza della carica che verrà erogata seguendo un ordine predefinito:

1. Dopo aver effettuato il collegamento con la colonnina, si verifica l'integrità del sistema elettrico della macchina e si procede al collegamento con la batteria.
2. Viene definita la potenza erogata dalla rete e quindi assorbita dalla batteria.
3. Trasmissione dell'energia.
4. Una volta saturata la capacità delle batterie o richiesta di interruzione dell'utente dall'interfaccia della colonnina, cessa l'erogazione dell'energia per evitare surriscaldamenti.
5. Viene concesso il distacco della presa dalla vettura/colonnina.

Questa procedura ad oggi è perfettamente consolidata ed è già presente sulle strutture oggi giorno installate nel mondo.

Gli implementatori dei sistemi di gestione, come ad esempio Bosch, vorrebbero introdurre come servizio aggiuntivo a valore aggiunto, una comunicazione più radicata e profonda per consentire di comunicare al proprietario della vettura lo stato di salute stessa.

Negli appositi centri di studio, si stanno pianificando e sviluppando dei software di comunicazione basati su piattaforme web. Questo viene fatto per consentire all'utente di poter monitorare lo stato di ricarica della vettura da remoto attraverso pagine web dedicate o applicazioni specifiche su tablet e smartphone.

I servizi aggiuntivi ad oggi pensati ed in parte sviluppati sono:

1. Durante la fase di collegamento, effettuare un monitoraggio dello stato di salute della vettura, analizzando l'integrità dei componenti principali attraverso la raccolta dati di specifici sensori (vibrazioni anomale rilevate nel vano motore, stato di usura del sistema frenante o di altre parti meccaniche, livello dei fluidi della macchina, auto non perfettamente orizzontale a causa di una ruota sgonfia ecc...)
2. Stesura di un report sui malfunzionamenti della vettura e comunicarli al cliente per consentirgli di intervenire il prima possibile.
3. Possibilità di interloquire con la vettura per variare durante il processo il profilo di carica erogata per sopperire ad eventuali cali di tensione o sovraccarichi sulla rete.

Questi sistemi possono essere sviluppati però solo con un parallelo sviluppo delle vetture in questa direzione da parte delle case automobilistiche per consentire l'inserimento di sensori specifici e di sistemi "intelligenti" per consentire una corretta comunicazione con i centri di controllo dell'infrastruttura.

Questo ad oggi è il problema maggiore, mentre a livello software è già realizzabile la struttura comunicativa lato colonnina.

### **3.6. Comunicazione tra la rete e il veicolo**

La comunicazione tra due sistemi di controllo presuppone due diversi livelli: una comunicazione "semplice" a modulazione di impulsi (PWM – PulseWidthModulated) sui cavi elettrici e una comunicazione in standard TCP/IP<sup>14</sup>. Entrando più nel dettaglio, la prima tipologia di comunicazione è adatta alle ricariche AC in cui il veicolo elettrico ha la sola necessità di conoscere la potenza massima che può prelevare dalla rete (ad esempio, la ricarica domestica), la seconda, invece, viene utilizzata quando gli EV oltre al dato sulla potenza necessitano di dati contrattuali quali l'ID del cliente, i piani tariffari, i programmi di ricarica ed eventuali servizi a valore aggiunto (sistemi che ad oggi sono in fase di sviluppo dai produttori dei sistemi di interconnessione della rete). Si possono classificare differenti livelli di comunicazione tra veicolo e colonnina di ricarica:

---

<sup>14</sup> Lo standard TCP/IP è una suite di protocolli su cui si basa il funzionamento della rete internet. È chiamata suite di protocolli TCP/IP, in funzione dei due più importanti protocolli in essa definiti: il Transmission Control Protocol (TCP) e l'Internet Protocol (IP).Fonte: Wikipedia

- Comunicazioni a basso livello: consistono nei tradizionali segnali di controllo che viaggiano sui cavi elettrici di potenza (PWM) e assumono la funzione di controllo della sicurezza elettrica e della ricarica. La maggior parte dei sistemi dispongono di questa tipologia di controllo e, ai fini dell'interoperabilità, sarebbe opportuno che i veicoli adottassero questa configurazione. Sono utilizzate per la modalità di ricarica 3 e sono coperte dalle norme della serie IEC 61851-XX.
- Comunicazione ad alto livello: rappresentano le comunicazioni digitali sui cavi di potenza. Sfruttando il protocollo TCP/IP inviano una sequenza di informazioni di tipo contrattuale quali ID cliente, state of charge, tipo di contratto per il pagamento, dati per la fatturazione ecc.. Sono coperte dalle norme ISO/IEC 15118-X che consentono la definizione di standard di dati comuni per facilitare la comunicazione tra veicolo e infrastruttura di ricarica.
- Alternativamente ai cavi di potenza è possibile l'uso della trasmissione a radio frequenza.

Ulteriori scambi informativi avvengono tra utente e colonnina, mediante l'uso della tastiera digitale presente sull'infrastruttura di ricarica o attraverso card specifiche (RFid, NFC<sup>15</sup>, carta di credito), ed infine vi è un ulteriore livello di scambio dati all'interno della colonnina stessa grazie alla rete PLC (Power Line Communication)<sup>16</sup> o tramite la rete GPRS/GSM.

### 3.7. Progetti pilota sulla gestione dell'infrastruttura

#### 3.7.1. E-Moving

A2A sta sviluppando un progetto sullo sviluppo ed il controllo dei sistemi di gestione dell'infrastruttura e dei dati di ricarica nelle città di Milano e Brescia, cioè le municipalità dove è presente. E-Moving si basa sul progetto pilota basato sull'utilizzo di un limitato numero di veicoli elettrici (prototipi o auto pre-serie) e delle colonnine installate sempre da A2A a Milano (32) e Brescia (18). Durante il biennio 2010/2011 la società lombarda ha provveduto all'installazione dell'infrastruttura, la messa in funzione del servizio di ricarica e ancora oggi sta raccogliendo e analizzando i dati raccolti.

---

<sup>15</sup> NFC – Near Field Communication (letteralmente “Comunicazione di prossimità”) è una tecnologia che fornisce connettività wireless (RF) bidirezionale a corto raggio (fino ad un massimo di 10 cm). È stata sviluppata congiuntamente da Philips, Sony e Nokia. La tecnologia NFC si è evoluta da una combinazione d'identificazione senza contatto o RFID (Radio Frequency Identification – Identificazione a Radio Frequenza) e altre tecnologie di connettività. Contrariamente ai più semplici dispositivi RFID, NFC permette una comunicazione bidirezionale. Fonte: Wikipedia

<sup>16</sup> PLC – Power Line Communication è una tecnologia per la trasmissione di voce o dati che utilizza la rete di alimentazione elettrica come mezzo trasmissivo. Si realizza sovrapponendo al trasporto di corrente elettrica, continua o alternata a bassa frequenza (50 Hz in Europa e gran parte dell'Asia e dell'Africa, 60 Hz in altre regioni del mondo), un segnale a frequenza più elevata che è modulato dall'informazione da trasmettere. La separazione dei due tipi di correnti si effettua grazie al filtraggio e separazione degli intervalli di frequenze utilizzate. Fonte: Wikipedia



Figura 50: Simbolo del progetto E-Moving di A2A.

Gli obiettivi del progetto sono quello di, dato che A2A è un gestore di rete sul territorio, guidare uno sviluppo armonico dell'infrastruttura di distribuzione dell'energia elettrica; partecipare allo studio delle problematiche e delle opportunità collegate al servizio di ricarica in modo propositivo con gli altri soggetti coinvolti ai tavoli di consultazione; mettere a disposizione delle municipalità l'esperienza e la conoscenza che si sta maturando durante questo progetto al servizio della mobilità elettrica cittadina; fornire alla fine della sperimentazione i risultati e le informazioni emerse per valutare la linea dello sviluppo del progetto E-Moving una volta terminata la fase pilota.

Ad oggi, questo progetto è ritenuto interessante in ottica di immagine "green" data alla cittadinanza ma paga il problema di essere ad oggi privo di redditività (i possibili ritorni sono da ritenere significativi a fronte di un mercato dell'auto elettrica ben sviluppato) con costi sensibili e, secondo i responsabili del progetto, nonostante le informazioni raccolte diano una prima idea dello sviluppo dei consumi e dell'impatto sulla rete, si ritiene incida molto il limitato numero di veicoli coinvolti sulla veridicità dei dati.

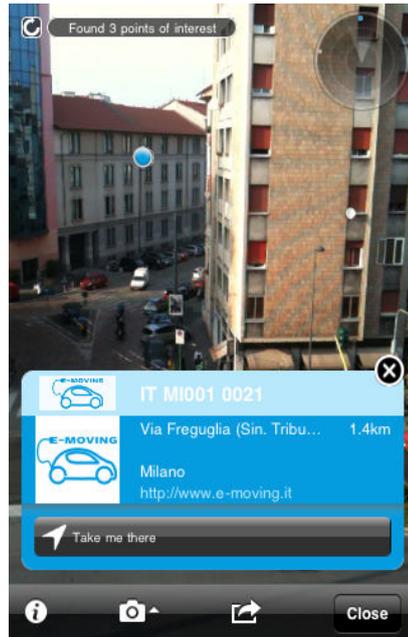


Figura 51: Immagine dell'applicazione E-Moving visualizzata su uno smartphone.

In questo progetto, si stanno già sviluppando applicazioni per smartphone e tablet collegate alla rete internet sulla ricerca dei punti di ricarica liberi più vicini all'utilizzatore.

### 3.7.2. Company For eMilan

Questo progetto è sviluppato da Bosch nella città di Milano ed è stato presentato il 29/11/2011 in compartecipazione con Arval<sup>17</sup>. Questo progetto è stato proposto alle imprese operanti nella città di Milano per promuovere la mobilità ad impatto zero ai propri collaboratori ed agli operatori nel proprio business oltre che ridurre l'inquinamento acustico e dell'atmosfera dovuto all'emissione dei gas combustibili. L'accordo è stato fatto per poter sfruttare il parco auto posseduto da Arval, con i servizi normalmente inclusi nei loggi a lungo termine, e le conoscenze nel settore automotive e della softwaristica via web di gestione delle infrastrutture dei veicoli elettrici di Bosch.



Figura 52: Sigle dei partner principali coinvolti dal progetto Company For Milan.

<sup>17</sup> Società di noleggio a lungo termine di veicoli elettrici e tradizionale del gruppo BNP Paribas

Ad oggi, le società aderenti sono BNP Paribas Real Estate, Bosch Rexroth, Cofely, Schindler e Sorgenia ed i responsabili sperano di arrivare ad una quindicina di imprese coinvolte già alla fine del 2013.

Il primo passo del progetto è stato quello di installare presso le società coinvolte dei sistemi di ricarica Bosch e successivamente sono state fornite da Arval le vetture elettriche (che godono della possibilità di accesso alle zone Ecopass). Il progetto si basa sulla condivisione tra le varie aziende dei propri punti di accesso alla rete, per consentire la ricarica dei veicoli elettrici, posti ad una distanza che varia dai 4 ai 45 chilometri, così da poter sopperire a ogni tipo di esigenza degli utilizzatori.

Questo progetto vuole essere anche una best practice, oltre che modello a cui ispirarsi, per la collaborazione tra aziende sostanzialmente diverse tra loro per promuovere la mobilità elettrica ed aumentare la diffusione dei punti di ricarica nella città di Milano.

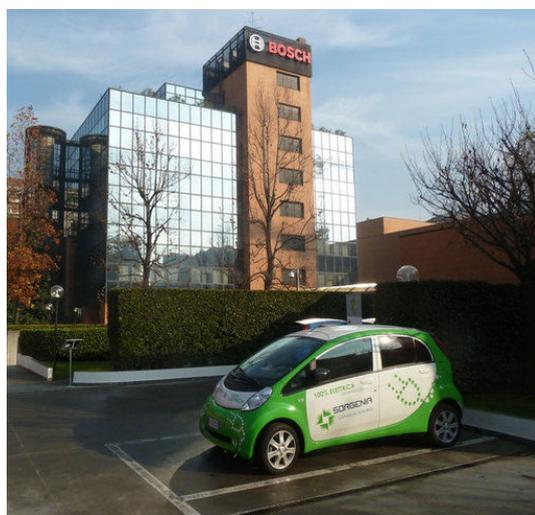


Figura 53: Il parcheggio per auto elettriche alla sede di Milano di Bosch in via Marco Antonio Colonna 35.



Figura 54: Inaugurazione del progetto.

Il progetto viene sfruttato inoltre da Bosch per raccogliere dati ed informazioni sulla mobilità elettrica e quindi consentire uno sviluppo dei sistemi di gestione tale da renderli competitivi nel momento in cui la mobilità elettrica riuscirà a diffondersi massivamente.

1. Mobilità sulle Isole. Progetto sempre sviluppato da Bosch per sviluppare la mobilità insulare, caratterizzata da brevi spostamenti, aspetto del tutto congeniale alla mobilità elettrica. Questo progetto vuole avere lo scopo di aumentare il volume di dati raccolti e quindi consentire un più celere sviluppo dei sistemi di gestione delle infrastrutture. Tuttavia, è ancora in fase di definizione.
2. Progetto Singapore. Bosch sta fornendo le stazioni di ricarica con Greenlands e CHAdeMO per creare una rete nella città asiatica. Questo progetto è stato sviluppato anche da Bosch per poter iniziare a sviluppare una rete di gestione del tutto indifferente alla tipologia di corrente utilizzata nel processo di ricarica, sia essa continua o alternata, dotando quindi di ulteriore intelligenza il loro sistema.

### **3.8. Ricarica in corrente continua (DC)**

#### **3.8.1. Definizione dello standard**

È stata anche ideata da diversi consorzi OEM<sup>18</sup> e utility per sviluppare una modalità di ricarica ultraveloce in corrente DC, i quali standard devono essere tuttora definiti. Ad oggi è stata sviluppata solo una tipologia di presa giapponese chiamata CHAdeMO, proposta da un consorzio privato industriale formato da produttori di automobili (Toyota, Nissan, Mitsubishi, Subaru), dalla utility TEPCO e da altre 158 compagnie (di cui 20 straniere). Il termine “CHAdeMO” è formato dalla contrazione delle parole “CHARge de MOve”, ovvero “charge for moving” (una carica per muoversi), la quale rievoca l’espressione giapponese “O cha demo ikagadesuka”, che significa “caricare la batteria nel tempo necessario a consumare un tè”. Il connettore elettrico è stato pensato e ideato dal consorzio omonimo e sarà coperto dalle norme IEC 61851-23<sup>19</sup> e IEC 61851-24<sup>20</sup>.

---

<sup>18</sup>L’espressione inglese originale equipment manufacturer, in acronimo OEM, letteralmente “produttore di apparecchiature originali”, si utilizza nel contesto dei processi produttivi industriali. La società che ha originalmente prodotto un componente, un prodotto finito, un sistema viene detta OEM.

<sup>19</sup> IEC 61851-23 definisce i requisiti per le stazioni di ricarica in corrente continua in termini di sicurezza elettrica, connessioni di rete e architettura di comunicazione.

<sup>20</sup> IEC 61851-24 definisce la comunicazione digitale per il controllo della ricarica in corrente continua tra il controller del veicolo elettrico e il controller della stazione.



Figura 55: Connettore tipo CHAdeMO.



Figura 56: Infrastruttura dedicata per la ricarica in corrente continua.

Questa tecnologia di ricarica nasce in Giappone nel 2007 ed è sostanzialmente diversa da quelle sopra descritte in quanto consente di effettuare la carica attraverso stazioni apposite che contengono al loro interno il caricabatterie per trasmettere la corrente alle batterie stesse con la giusta tensione ed intensità (escludendo dal costo della vettura, già di per sé elevato, quello di un ulteriore componente elettronico di cruciale importanza). Ad oggi, si hanno numeri rilevanti di installazioni in Giappone (980 circa), Estonia (circa 500) e Stati Uniti (100).

Questa metodologia di ricarica è l'unica che, ad oggi, riesce a garantire una ricarica completa della vettura in circa 20 minuti. Questo è possibile però solo attraverso l'utilizzo di corrente continua a 400 V e 125 A con una potenza massima di 86 kW, valori ad oggi tecnologicamente non raggiunti dalle prese in corrente alternata.

Questa tipologia di presa sta spingendo il mercato dell'infrastrutture di ricarica in corrente alternata ad innovare i sistemi ad oggi esistenti per riuscire a portare il valore dell'ampereaggio a circa 60 A, valore che si ritiene possa portare i tempi di ricarica prossimi ai 30 minuti.

### 3.8.2. Modalità di ricarica

Per la ricarica in DC, come precedentemente detto, tutta o una parte della strumentazione necessaria è posta nell'infrastruttura di ricarica. Sono disponibili due alternative per la ricarica in corrente continua:

1. Ricarica a corrente controllata: generalmente utilizzato per le ricariche in DC. I componenti di potenza e il trasformatore alloggiato nella colonnina di ricarica. Queste risultano essere più costose rispetto a quelle tradizionali in AC.
2. Ricarica a tensione costante o non regolata DC: il trasformatore e il convertitore AC/DC non sono situati all'interno del veicolo e l'elettronica del veicolo è utilizzata per regolare la corrente. Questa opzione è ancora in fase di studio e deve essere ancora ultimata.

### 3.8.3. Modo di ricarica 4

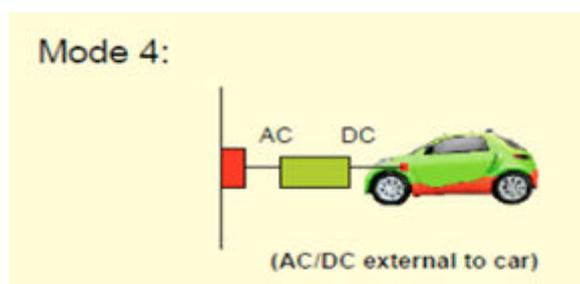


Figura 57: Modalità di ricarica 4 in corrente continua.

La corrente elettrica arriva alla colonnina di ricarica in alternata e viene trasformata dall'inverter predisposto nella colonnina in corrente continua. A differenza con le modalità 1,2 e 3, il circuito caricabatteria, infatti, è posto a terra nell'infrastruttura di ricarica. La vettura, quindi, è caricata in corrente continua all'effettiva tensione di ricarica degli accumulatori. La tensione è regolata dal sistema di controllo della ricarica posto sulla vettura, che è in grado di comandare in remoto il caricabatteria posto a terra, tramite un idoneo protocollo di comunicazione. È la modalità più indicata per le ricariche dai 20 ai 50 kW. Il sistema oggi utilizzato per la ricarica in modo 4 è il CHAdeMO, idoneo a ricariche sino a 62,5 kW (500 V, 125 A): 10 minuti di ricarica garantiscono 50 km di autonomia mentre, per le batterie di ultima generazione come quelle installate su Renault ZOE o Nissan Leaf, possono essere caricate al 100% in circa 20 minuti, a seconda della carica residua ancora presente nel momento in cui si collega la macchina alla colonnina.

La ricarica veloce dovrebbe soppiantare, in un futuro ritenuto abbastanza prossimo dagli operatori del settore (già oggi ci sono delle installazioni di colonnine ultrarapide, come a Bolzano dove nel 2012 è stata installata la prima in Italia), la "vecchia" ricarica lenta grazie ai progressi tecnologici e alle diverse opzioni che verranno sviluppate e commercializzate nei prossimi anni. Molte società elettriche europee, nei propri progetti dimostrativi, hanno già sviluppato sistemi di ricarica che oltre alla ricarica basilare a bassa potenza, possono essere predisposti, sia dal punto di vista della connessione che da quello dell'hardware della colonnina, alla ricarica veloce tramite l'innalzamento del livello di potenza erogata. Un esempio lampante è quello della società elettrica tedesca RWE che ha sviluppato un sistema di ricarica equipaggiato di una presa Mennekes (Tipo 2) con valori di alimentazione massimi di 400 V, 64 A, raggiungendo quindi potenze dell'ordine di 44 kW in

corrente in alternata. Anche la società Siemens ha sviluppato una colonnina (CP700A) in grado di ricaricare un veicolo elettrico a diverse potenze AC che è in grado di funzionare in modalità veloce, a corrente di 32 A, toccando potenze dell'ordine di 22 kW, ma può anche operare a corrente di 20 A. Ad oggi, solo gli ultimi modelli di autovetture sono equipaggiati con batterie in grado di sostenere le potenze erogate dalle colonnine per la ricarica rapida (ZOE e Leaf). Questo tipo di ricarica veloce, infatti, implica l'utilizzo di carica batterie molto pesanti a bordo del veicolo e con specifiche necessità di isolamento che ne stanno rallentando la diffusione. L'unica soluzione ad oggi effettivamente funzionante è il metodo di ricarica 4 attraverso le colonnine/connettori CHAdeMO.

## **Parte IV: Metodologie di ricarica alternativa.**

### **4.1. Battery swapping**

È un metodo di ricarica tramite la sostituzione delle batterie che vengono usate dai motocicli e velocipedi ed è in fase di sperimentazione per le autovetture.

Questo sistema viene proposto poiché cerca di porre rimedio ad uno dei problemi principali di diffusione delle batterie elettriche: il costo del sistema di accumulo. Il sistema si basa sul “mancato acquisto” delle batterie per poter invece utilizzare quelle presenti nelle stazioni di ricarica dedicate in una sorta di “noleggio con termine alla successiva sostituzione”.

Tutto si basa sul fatto che in questo modo, oltre ad evitare il costo delle batterie, da aggiungersi a quello della macchina, consente di evitare la gestione e la sostituzione delle batterie alla scadenza dei termini di funzionamento in sicurezza, ad oggi circa 8-10 anni, o eventuali permuta a causa dell'aggiornamento tecnologico.

Questo sistema presenta delle sostanziali differenze tra la sostituzione per velocipedi a pedalata assistita e scooter, che può essere effettuata manualmente dall'utilizzatore, e quella per autovetture, dove si necessita di stazioni altamente robotizzate.

Questo sistema prevede come base quella di diffusione delle stazioni di servizio automatizzate per la sostituzione e ricarica delle batterie ed un sistema di ricarica domestico o presso il luogo di lavoro per effettuare le ricariche spot. Il battery swapping infatti non prevede come unica forma di ricarica della batteria la sostituzione ma anche la ricarica tradizionale da colonnina o presa domestica.

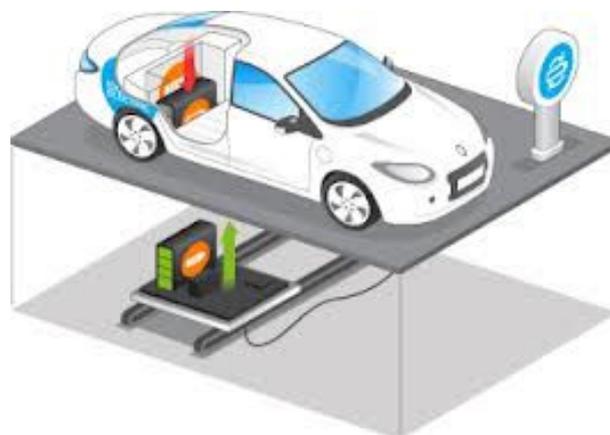


Figura 58: Schematizzazione del funzionamento della stazione di ricarica Battery Swap.

L'utente, nel momento in cui la batteria si approssima all'esaurimento, si reca verso una stazione di servizio dedicata. Qui, in circa un paio di minuti, il conducente colloca la macchina su appositi segnali di posizionamento in modo tale da consentire il prelievo e la sostituzione delle batterie nell'autovettura in sicurezza e senza intralcio per il robot posto nel pianale sottostante la vettura. In questo modo viene effettuata la sostituzione della batteria, e quindi la ricarica totale ed è possibile riprendere il proprio itinerario.

Secondo i progetti ad oggi esistenti, questo sistema è ritenuto vincente perché:

- Consente di evitare l'esborso iniziale di acquisto delle batterie ed eventuali sostituzioni che scoraggiano ad oggi l'acquisto di veicoli elettrici.
- È economico, poiché si paga praticamente solo l'energia che in teoria andrebbe immessa nella batteria scarica per effettuare la ricarica. Se questo sistema prendesse piede assieme al mercato della mobilità elettrica in generale, avremmo un notevole numero di "sostituzioni" per batteria e quale potrebbe comunque contare su volumi elevati e fare economie di scala, quindi averle ad un prezzo sin dall'inizio inferiore)
- Veloce, poiché non sarebbe nemmeno più necessario aspettare i tempi delle ricariche (quelle rapide impiegano oggi circa 60 minuti per l'80% della capacità) ad oggi ritenuti troppo lunghi dai clienti finali
- Viene definito a chilometraggio illimitato, poiché non ci sono tempi di attesa significativi per un "pieno", evitando quindi lunghe soste forzate lungo il percorso
- Vi è la possibilità di gestire le ricariche in base al carico della rete dovuto alla produzione di energia da fonti rinnovabili, per loro natura aleatorie.



Figura 59: Rappresentazione dall'esterno di una stazione di sostituzione del sistema di accumulo.

Queste stazioni vengono affiancate anche da una rete informatica e informativa per ottimizzare la gestione della batteria. Questi sistemi, installati sulle vetture e scaricabili come applicazioni su pc e smartphone, consentono attraverso un'informazione realtime di utilizzare strade meno trafficate per non disperdere l'energia della batteria, individuare i punti di ricarica/sostituzione più vicini e consentire di monitorare l'utilizzo e la gestione del veicolo (l'"aggressività" durante la guida incide sulla durata della batteria proporzionalmente).

Il sistema inoltre consente di garantire elevati livelli qualitativi delle batterie perché:

- una volta effettuato il ritiro, vengono monitorate dalla stazione stessa e sottoposte a diagnosi per evidenziare malfunzionamenti o anomalie;
- vengono ricaricate e stockate in ambienti a temperatura controllata così da evitare possibili problemi legati al surriscaldamento e quindi il deterioramento delle stesse.

→ Questo consente di scaricare il cliente dall'insorgere di problematiche tecnologiche costose da risolvere.

Ad oggi questo sistema di ricarica è in via di perfezionamento e sviluppo e sono presenti progetti pilota operativi in Israele, Cina, Danimarca, Olanda (Schiphol Airport), Giappone, Australia e USA (Hawaii) e si continua la ricerca di nuovi siti disponibili. Ad oggi, vengono sviluppati con il sostegno delle autorità governative e le principali compagnie di taxi operanti nelle città selezionate (questo accade a Tokio, Tel Aviv, Guangzhou per esempio) e le più importanti società di fornitura elettrica nazionale.

Le problematiche principali del battery swapping sono date dal fatto che:

- Per sostenersi, questo modello di business deve usufruire di numerose sostituzioni per ripagare gli investimenti sostenuti (dalle numerose batterie acquistate per stazione, alle infrastrutture necessarie e lo sviluppo dei sistemi software) e ad oggi, così come nel brevissimo futuro, non sono presenti sul mercato i numeri di vetture elettriche che ne consentono un auto sostentamento;
- Necessita della realizzazione di un pianale omologo per tutte le autovetture presenti sul mercato per consentire una corretta sostituzione delle batterie (per evitare intralci e possibili danneggiamenti alle costosissime stazioni);
- Numerosi punti di ricarica spot sulla superficie urbana per consentire percorsi non vincolati dalle dislocazioni delle stazioni;
- Il cliente psicologicamente è in difficoltà a lasciare la propria batteria, di cui conosce durata, tempi di ricarica, potenza e sente "sua", per utilizzarne un'altra del tutto ignota che potrebbe essere qualitativamente inferiore a quella lasciata nella stazione.
- Le dimensioni delle batterie, sulle quali si dovranno poi definire i sistemi robotici di sostituzione e i sistemi di stockaggio e climatizzazione nella stazione stessa ed i pianali di montaggio delle autovetture.
- Il costo. Ad oggi queste stazioni costano circa 1 mln € l'una ed è ritenuto eccessivamente costoso rispetto alle tecnologie ad oggi disponibili (colonnine tradizionali e ricarica domestica) per la realizzazione di una nuova rete.

Per la mobilità non automotive, il discorso risulta essere molto più semplice, facilmente gestibile a livello infrastrutturale e, contemporaneamente, in parte diverso.

Infatti, per un velocipede o motociclo, la sostituzione può avvenire manualmente poiché la batteria non pesa più circa 250-300 kg ma solamente una decina e le sue dimensioni possono essere paragonate a quelle di una bottiglia d'acqua da 2 litri (45cm x 12cm x 12 cm circa). Questo implica che la persona può utilizzare la bicicletta per effettuare il tragitto che desidera potendo contare su una batteria di riserva che può facilmente portare con se o trovare in una eventuale stazione di sostituzione. In questo caso il vincolo è solo realizzativo in quanto devono essere le case produttrici a realizzare i prodotti in cui la batteria risulti facilmente sostituibile dall'utilizzatore (ad oggi i prodotti sono pensati per consentire l'estrazione dalla batteria e quindi la ricarica domestica).

In questo caso, potremmo considerare il sistema un “battery swapping alternativo” poiché non sarebbero più necessarie delle stazioni altamente robotizzate e costose dedicate alla sostituzione ma solamente dei siti in cui riporre la propria batteria scarica e prelevarne una carica.

Per le autovetture questo sistema, ad oggi, è spinto da un unico player internazionale (Better Place) e nel momento in cui dovesse affermarsi come standard futuro (ritenuto poco probabile l'eccessiva incidenza delle criticità realizzative rispetto ai benefici portati), dagli odierni concorrenti (sviluppatori ed installatori di colonnine/software di gestione) lo vedono come un sistema utilizzato solo dalle compagnie di autonoleggio/car sharing/taxi perché consentirebbe di effettuare delle installazioni di dimensioni limitate (come dimensioni dell'infrastruttura e numero di batterie nella stazione stessa) che consentirebbero di limitare l'esborso dell'investimento stesso e limitando la standardizzazione dei veicoli ad un numero più contenuto e non a tutto il mercato dell'automobile.

#### 4.2. Induzione Elettromagnetica

È un processo di ricarica delle batterie dedicate alla mobilità elettrica ancora in fase di sviluppo con ad oggi delle rese nella carica di circa il 90%. Si basa sull'utilizzo del campo magnetico generato da una bobina posta nel terreno per ricaricare la batteria del veicolo che viene posto sopra essa. Infatti, il campo elettromagnetico che va ad immergere la macchina, interagisce con un'altra bobina di materiale conduttore presente nell'auto. Questa, sentendo la variazione del campo elettromagnetico, genererà una corrente che andrà a ricaricare la batteria presente nel veicolo.

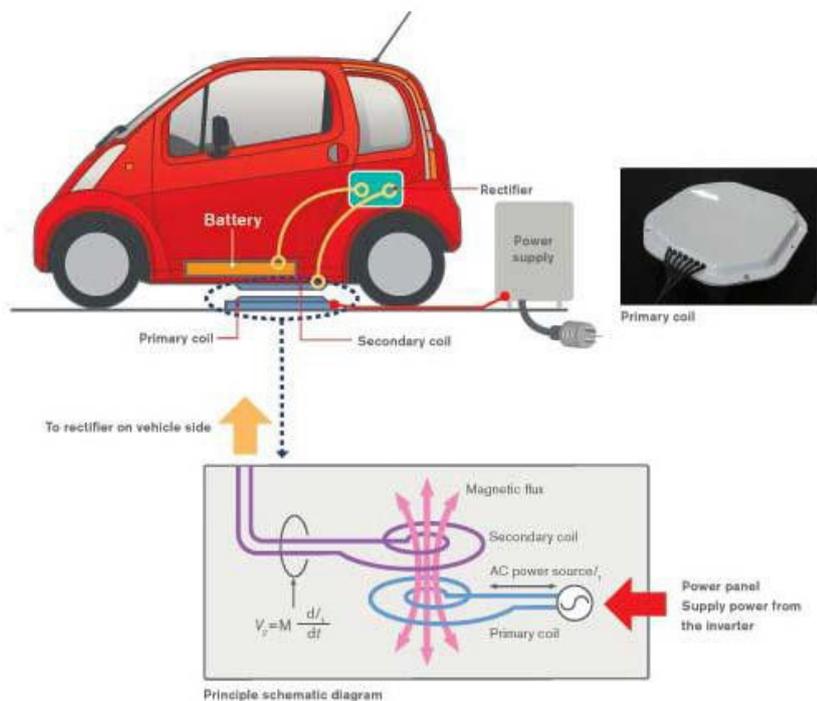


Figura 60: Schema di funzionamento del sistema di ricarica induttivo.

Questo sistema è ritenuto ad oggi futuristico e non se ne vedono applicazioni commerciali nel breve-medio periodo perché è tuttora in una fase di studio preliminare.

Questo è dovuto al fatto che questo sistema di ricarica andrebbe integrato con l'abitazione dell'individuo proprietario dell'autoveicolo per poterne consentire il rifornimento nel proprio

domicilio oppure realizzare delle stazioni dedicate sul suolo urbano o sul posto di lavoro. I progetti che si stanno sviluppando in Germania in merito a questo infatti, spingono verso una abitazione ecosostenibile in grado di sopperire al suo fabbisogno energetico e di produrne una quantità maggiore, immagazzinata in un sistema di storage adeguato, sufficiente a sostenere la mobilità dei veicoli elettrici posseduti.

Una seconda strada, studiata ma non percorribile prima del lungo/lunghissimo periodo, è quella di installare le bobine nelle strade urbane. In questo modo, sarebbe possibile ricaricare la propria vettura semplicemente percorrendo il proprio itinerario senza avere mai la necessità di fermarsi a fare rifornimento. Questa modalità, ad oggi, è difficilmente percorribile perché richiederebbe ingenti investimenti per l'installazione delle bobine nelle carreggiate da parte di tutte le amministrazioni comunali e nazionali e, nell'atto pratico, sta spingendo verso altri sistemi di ricarica o lo sviluppo di strutture di accumulo più performanti rispetto quelli oggi disponibili sul mercato. Inoltre, a fronte degli investimenti necessari, al momento solo le principali compagnie tedesche automobilistiche stanno progettando queste soluzioni senza averne ancora commercializzato nessun modello.

Ad oggi quindi questo sistema è in fase di studio, soprattutto come metodo di ricarica alternativa presso la residenza dei possessori di auto elettriche, ma richiede una generale modifica dei dispositivi ad oggi utilizzabili per la mobilità, ma richiederà studi approfonditi sull'impatto che potrebbe avere un campo elettromagnetico "residenziale" sulla salute delle persone.

Ad oggi, c'è in esecuzione dal marzo 2011 il progetto "Effizienzhaus-Plus mit Elektromobilität" (Efficienza della casa trova la mobilità elettrica) dove Daimler, fornendo la Mercedes Benz Classe A E-CELL, collaborando con il ministero dei trasporti, dell'edilizia e dello sviluppo urbano tedesco, sta osservando come creare una casa in grado di produrre più energia di quella consumata. In questo progetto, l'energia in più prodotta dalla casa viene immagazzinata in appositi sistemi di accumulo collegati alle infrastrutture di ricarica, integrate nell'abitazione, per ricaricare l'autoveicolo (attraverso l'induzione). Il progetto è stato realizzato a Charlottenburg, con una casa monofamiliare di 130mq in grado di produrre il doppio dell'energia consumata. Le autorità tedesche vogliono vedere come questo sistema è in grado di sostenersi, come impatta sulla vita delle persone (a livello psicologico e di costo delle bollette e di evitati rifornimenti) fornendo loro anche i mezzi per effettuare gli spostamenti in città (oltre alla Classe A, sono state date delle bici elettriche e una Smart forTwo elettrica) per un periodo di 15 mesi.



Figura 61: "Mercedes Classe A" a ricarica induttiva durante il processo di rifornimento.

### 4.3. Sistemi di trazione elettrici ad autonomia estesa (configurazione ibrido serie)

Questo sistema è stato implementato dalla casa automobilistica tedesca Opel per consentire la diffusione dei veicoli elettrici superando quelle che sono ad oggi le barriere psicologiche percepite dagli operatori di mercato: l'ansia da ricarica e il chilometraggio disponibile ritenuto insufficiente. Ad oggi, è stato implementato solo sul modello Ampera.

Questo innovativo sistema consente di utilizzare il motore elettrico per la trazione ed un motore endotermico a benzina per produrre l'energia elettrica ed alimentare il propulsore a elettricità.

Questa soluzione consente di ricaricare le batterie dell'auto sia dalle infrastrutture di ricarica, che oggi si stanno diffondendo nelle città, che dalle colonnine domestiche ma anche di procedere ad una auto generazione di energia elettrica durante lo svolgimento del proprio itinerario, consentendo l'utilizzo dell'auto elettrica come se fosse una normale vettura con motore a combustione interna.

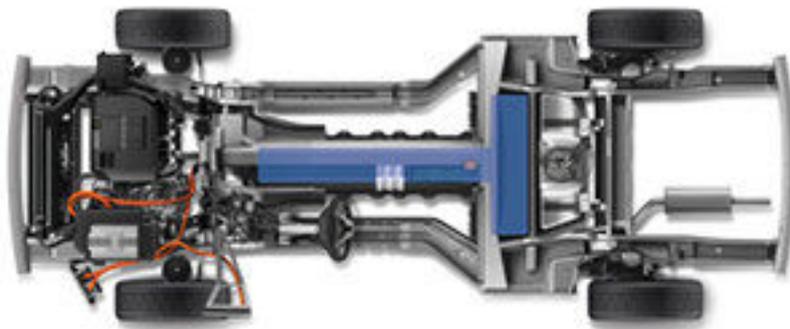


Figura 62: Rappresentazione della disposizione del motore elettrico, termico e del sistema di accumulo.

Questa soluzione consente di:

- Aumentare la resa del motore, in quanto quello endotermico viene fatto funzionare al regime ottimale per la generazione di corrente mentre quello elettrico ha un rendimento del 90% circa. In questo modo il rendimento complessivo della vettura aumenta fino a percorrere circa 100 km/l, con un conseguente abbattimento delle emissioni di gas serra e dell'utilizzo dei combustibili fossili.
- Avere una vettura totalmente elettrica con un sistema endotermico di sicurezza per generare corrente con un elevato rendimento e superare le barriere psicologiche ad oggi presenti nel mercato.
- Aumentare la percorrenza in modalità elettrica illimitatamente, superando il limite capacitivo delle batterie di circa 40-80 km dovuto principalmente al peso della vettura.

Gli svantaggi più significativi di questo sistema è il costo di realizzazione, in quanto si devono installare due motori con i relativi sistemi di funzionamento; una parziale riduzione della manutenzione, in quanto è presente il sistema di trazione endotermico che ne richiede necessariamente una periodica; il peso della vettura, che va ad incidere considerevolmente sulla durata delle batterie.

I vantaggi economici che questa tipologia di vetture è in grado di portare è:

- Esenzione dal bollo per 5 anni dove previsto o totale nelle regioni che incentivano in questo modo la mobilità elettrica o ibrida;
- Riduzione del premio assicurativo per i primi 5 anni;
- Risparmio di circa l'80% sul combustibile utilizzato per la generazione di energia elettrica e quindi del costo del trasporto (si passa da percorrenze nell'ordine dei 10 l/100 km a 2-2.5 l/100km).

È stato possibile valutare il differenziale di costo tra la Opel Ampera (venduta sul mercato solo in configurazione ibrido serie) e la Opel Insignia, considerabile la vettura di pari livello della casa tedesca.

Versioni	Opel Ampera	Opel Insignia 2,0 diesel 195 cv
Costo iniziale (approssimativo) €	45.000 €	36.500 €
Consumi combinati km/l	70	17
Emissioni CO2 gr/km	0	129
Manutenzione	x	Tagliandi
Litri per percorrere 17000 km	243	1000
Costo carburante annuo (1.65 €/l)	€ 401	€ 1.650
Incentivazione	5.000 €	Non disponibile
Assicurazione	€ 500	€ 1.000
Bollo	x	€ 500

Differenza di prezzo all'acquisto	8.500 €
Risparmi dopo un anno senza incentivo	€ 2.249
Risparmi dopo un anno con incentivo	€ 7.249

Tabella 12: Valutazione del differenziale economico tra una auto ibrida serie ed una tradizionale.

#### 4.4. Supercapacitori

I supercapacitori sono dei capacitori in grado di accumulare una capacità elettrica di circa 4000 Farad, un livello significativamente superiore ad altri sistemi. Una delle loro caratteristiche è quella di non presentare il dielettrico in materiale ceramico, film polimerici o ossidi di alluminio per separare gli elettrodi fisicamente in quanto usano una barriera fisica in carboni attivi.

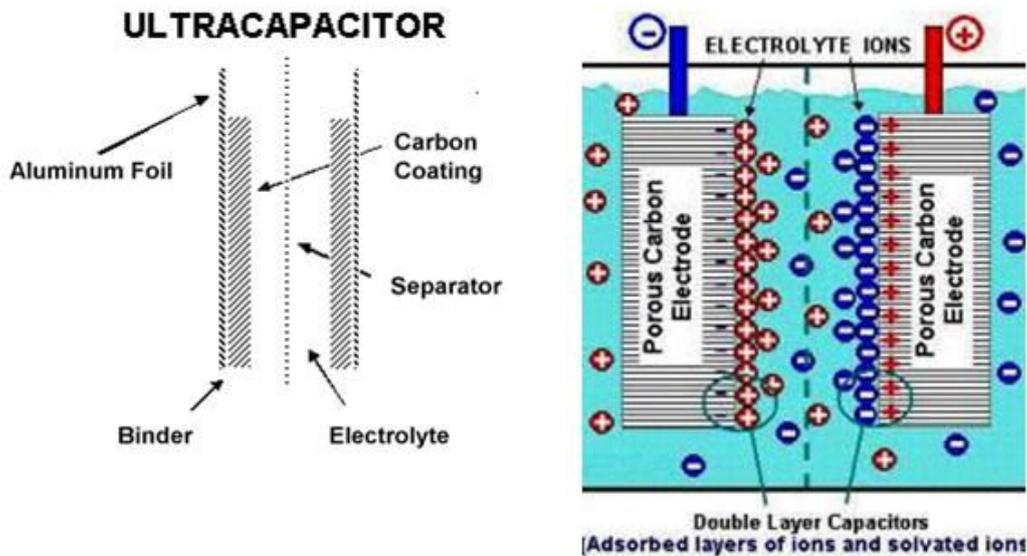


Figura 63: Schema di funzionamento di un supercapacitore.

Questa superficie è in grado di assorbire una grande quantità di elettroni con estrema rapidità.

I vantaggi degli ultracapacitori sono:

1. Il voltaggio delle celle è determinato dall'applicazione del circuito e non dai limiti chimici dei materiali utilizzati.
2. Elevata densità di carica
3. Può sopportare temperature molto elevate
4. Il metodo di ricarica è semplice
5. Velocità di carica e scarica
6. Impossibilità dell'insorgere di problemi di sovraccarico
7. Vita utile molto lunga
8. Bassa impedenza

Gli svantaggi di questo sistema sono:

1. Le linee di scaricamento della Potenza ne consentono l'utilizzo solo in particolari applicazioni
2. La Potenza è disponibile solo per brevi intervalli temporali
3. Il voltaggio delle celle è limitato a 2.7-3 V
4. La densità energetica è abbastanza contenuta

Il profilo di carica/scarica per i veicoli elettrici e ibridi presenta degli elevate picchi e valli dovute alle frequenti accelerazioni e frenate. Il risultato che ne consegue è che si genera un elevato calore nella batteria che ne fa crescere il livello di resistenza interna, andando quindi a peggiorare il rendimento complessivo del sistema di trazione.

I supercapacitori sono quindi dei sistemi con grande possibilità di accumulo di energia e densità di potenza e potranno essere utilizzati solo se si troveranno dei sistemi di controllo dell'energia e di conversione in grado di ridurre le perdite, date dal trasferimento al motore, e consentire di allungare il periodo di mantenimento della carica accumulata.

Ad oggi questi sistemi sono in fase di studio e si ritiene possano essere un passaggio fondamentale nella mobilità sostenibile del futuro.

Ad oggi si stanno studiando progetti sui supercapacitori per quanto riguarda le tratte percorse dagli autobus.

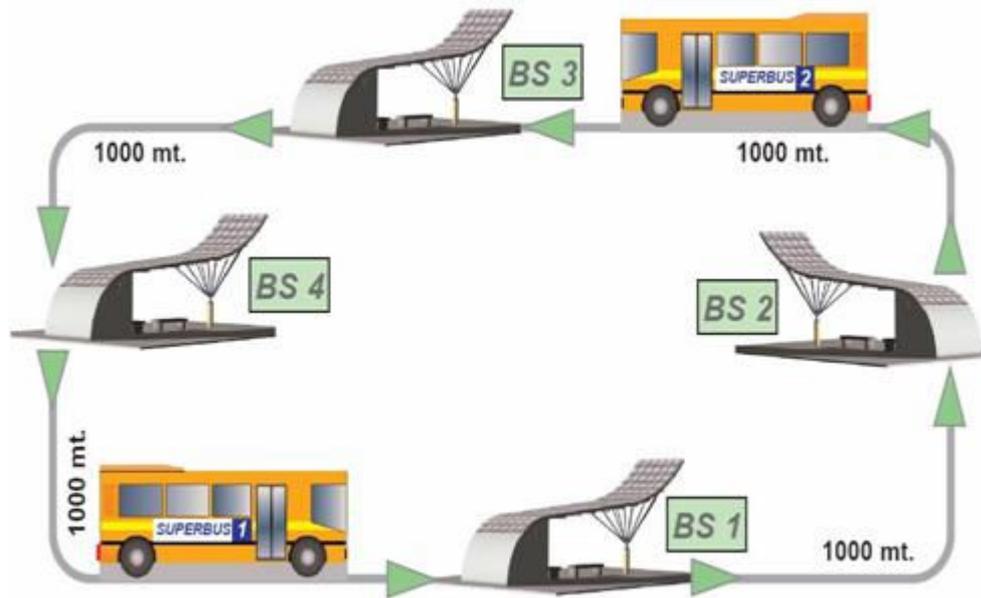


Figura 64: Possibile utilizzo del sistema supercapacitivo affiancato agli autobus.

Questo perché, ristudiando le tratte ed organizzandole ad anello “continuo”, si potrebbero realizzare alle fermate i sistema di ricarica tali da consentire il rifornimento del supercapacitore nei pochi istanti necessari agli utilizzatori dell’autobus di salire sulla vettura (la velocità di carica è il vantaggio principale di questi sistemi) consentendo poi alla vettura di incamerare l’energia necessaria ad arrivare alla fermata successiva.

#### 4.4.1. Progetto Straddling bus

Questo sistema consentirebbe di svincolare i bus dalla dipendenza dai carburanti fossili e consentirebbe di non avere un sistema di cavi di alimentazioni per le strade come nel caso dei filobus (ritenuti anti-estetici) sfruttando sia i vantaggi dei supercapacitori che gli svantaggi (la breve durata è compensata da tratte breve).

Questo sistema è in fase di studio anche in Cina dove si vuole riorganizzare il traffico degli autobus poiché sono una delle principali cause di traffico nelle città, con un ruolo molto rilevante anche sull’inquinamento.



Figura 65: Traffico ad un incrocio nella città di Guangzhou.

I nuovi autobus (il progetto è definito come “straddling bus”, ovvero “bus a cavallo”, durante il 13th Beijing International High-tech Expo del maggio 2012) sarebbe strutturati su 4 vagoni comunicanti tra loro con una capacità totale di 1200 persone ed una velocità di crociera di 40 km/h, in pieno rispetto dei limiti vigenti nelle città. Questi “autobus del futuro” consentirebbero di eliminare parte del traffico (stimato dal 20% al 30% in meno) che generalmente creerebbero grazie ad una struttura sopraelevata che consente il passaggio delle macchine al di sotto dell’autobus stesso. Per l’alimentazione di questo sistema, si stanno studiando i supercapacitori a causa della loro velocità di carica, compensando la rapidità di scarica con le frequenti fermate che l’autobus dovrebbe sostenere come detto precedentemente.

Il progetto ha le sue criticità maggiori nella realizzazione di una “carreggiata dedicata” di due corsie, fermate sopraelevate (con enormi costi infrastrutturali) ed un necessario cambio del modo in cui ci si interfaccia all’autobus in strada come:

- imparare a passargli sotto, può rivelarsi non immediato a causa del timore di essere “intrappolati o schiacciati” dall’autobus stesso.
- rispettare il codice della strada, se una vettura passasse con il rosso durante la curva di un “super bus” e si verificasse un incidente, vi sarebbero ingenti danni.
- si necessita di strade molto ampie, poiché sono larghi due carreggiate.
- non devono esserci impedimenti al passaggio poiché l’autobus sarebbe alto dai 4,5 metri ai 5.



Figura 66: Immagine dalla prototipazione virtuale dello Straddling Bus.

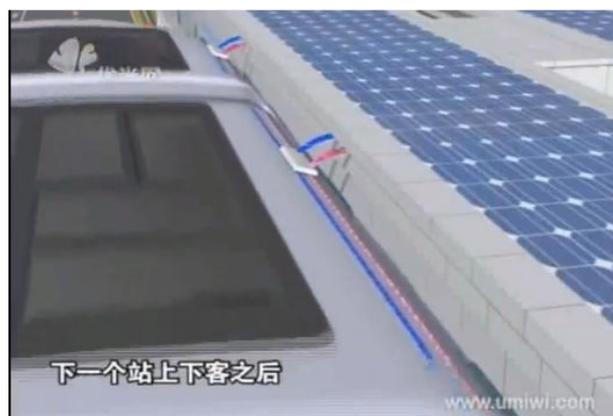


Figura 67: Integrazione del sistema supercapacitivo sullo Straddling Bus.

#### **4.5. Colonnine verticali**

Rappresentano uno dei sistemi di ricarica in fase di progettazione e studio in quanto consentirebbe di eliminare l'intralcio costituito dal cavo che collega la vettura con l'infrastruttura di ricarica. Questo sistema è in fase di studio poiché, con i numeri previsti per la diffusione delle colonnine, si vuole evitare il rischio di avere di numerosi cavi all'altezza di circa 70-80 cm che potrebbero creare un sorta di barriera al passaggio delle persone. Questo problema verrebbe amplificato dalle persone diversamente abili o incapaci di scavalcare il cavo senza rischiare la propria incolumità personale per limiti fisici (persone anziane per esempio).

Inoltre, il secondo fine di questo sistema è quello di elevare il sistema di ricarica per metterlo al riparo da eventuali atti vandalici che comprometterebbero l'integrità della colonnina stessa, compromettendo parzialmente la rete di ricarica e privando il cittadino di un punto di ricarica (con conseguenti problemi di congestionamento nel caso in cui una macchina si dovesse mettere in coda per effettuare la ricarica presso un'altra colonnina).

Questo cambiamento sarebbe abbastanza semplice da implementare poiché non richiederebbe rivoluzioni tecnologiche (come la carica ad induzione) ma solamente lo studio di una struttura stabile, architettonicamente integrabile per limitare l'impatto visivo delle persone. Inoltre, questo schema di impianto richiederebbe la discesa del cavo di ricarica dalla sommità della colonnina stessa poiché non sarebbe possibile inserirlo altrimenti (quindi introducendo un sistema di rilascio e riavvolgimento del cavo).

#### **4.6. Progetto V-Tent**

Un parcheggio ecosostenibile per proteggere e insieme ricaricare i veicoli elettrici. Questo è il progetto V-Tent, realizzato dal designer turco Hakan Gürsu che, con questa idea, si è aggiudicato il premio di una delle sezioni del Green Dot Awards 2012, uno dei più importanti concorsi dedicati a prodotti e servizi realizzati per essere rispettosi dell'ambiente.

Si tratta di un modulo di ricarica a energia solare che prevede una copertura, realizzata con un materiale multistrato, alla cui base c'è una tecnologia di pannello solare a microfilm di ultima generazione estremamente flessibile e adattabile, dotato di eccezionali proprietà anti radiazione UV.

Oltre a ricaricare il veicolo, la copertura speciale è in grado di proteggere il veicolo stesso, fungendo da barriera fisica contro gli agenti atmosferici e il calore. Questo è possibile poiché nello strato più interno, il tessuto utilizzato per la copertura del V-Tent è dotato di tubi di micro ventilazione che evitano il surriscaldamento del materiale e del veicolo. All'esterno invece, lo stesso tessuto multistrato è ricoperto con materiali riflettenti.

Nell'idea del designer, V-Tent potrebbe per essere utilizzato sia nei parcheggi privati (proteggendolo, la copertura permetterebbe di allungare il ciclo di vita del veicolo) come anche nelle aree pubbliche. In quest'ultimo caso, potrebbe essere "noleggiato" ed essere dotato di un'interfaccia che permetta agli utilizzatori di scegliere il tempo di sosta e di effettuare il pagamento con una card dedicata di riconoscimento. Inoltre, una volta parcheggiata la vettura, per essere informati su quanto tempo rimane prima di dover spostare la macchina, i proprietari potrebbero

accedere da remoto all'interfaccia con un app dedicata sullo smartphone, come quelle che si stanno già sviluppando per le infrastrutture oggi presenti nelle città.

Insieme alla copertura, V-Tent comprende anche un colonnina dotata di una barra luminosa che indica, con colori diversi, la percentuale di ricarica del veicolo elettrico.

Per rendere ancora più efficiente ed ecologicamente sostenibile il parcheggio solare, si è pensato ad un ulteriore utilizzo dell'energia in eccesso generata da V-Tent per l'arredo urbano, come l'illuminazione pubblica.

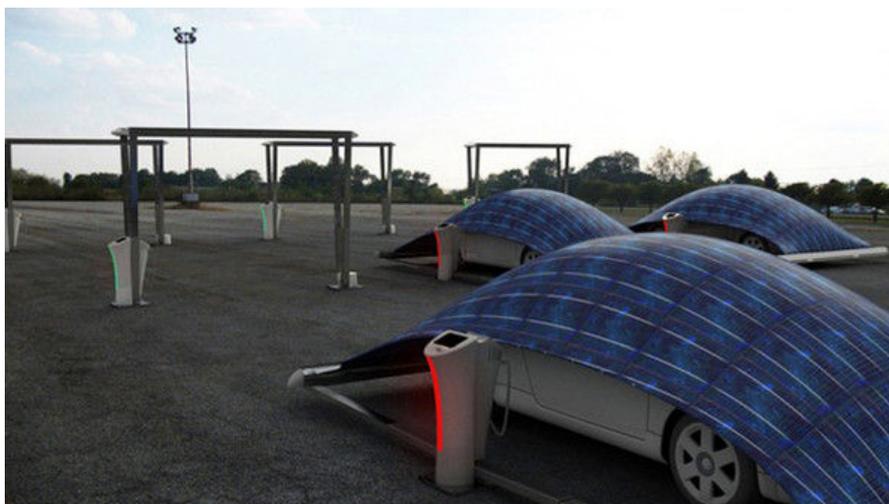


Figura 68: Immagine dell'unica installazione V-Tent in Turchia ad Istanbul.



Figura 69: Sistema V-Tent chiuso o non operativo.

Le problematiche principali nella produzione massiva di questi sistemi di ricarica alternativa sono:

1. Il costo, in quanto risulterebbe significativamente superiore a quello di una tradizionale stazione di ricarica. Questo è dovuto alla presenza del sistema di movimentazione delle barre e della superficie fotovoltaica con i relativi sistemi di trasmissione dell'energia. I sistemi di comunicazione e collegamento con la vettura possono ritenersi omologhi a quelli delle colonnine ad oggi installate.
2. La durata del "telo fotovoltaico" in quanto ad oggi, i moduli fotovoltaici non vengono usati su superfici mobili soggette a frequenti movimentazioni.
3. Necessita di radiazione solare diretta, quindi potrà essere installato prevalentemente in luoghi ad alta insolazione media annua (sud Italia, Spagna, Grecia per fare alcuni esempi).

europei). Inoltre è necessario capire come varia l'energia prodotta dal sistema nel momento in cui la superficie fotovoltaica risultasse ombreggiata.

I vantaggi principali sono invece:

1. La protezione del veicolo dalla radiazione solare, mantenendolo più fresco e preservando gli interni della vettura dall'esposizione solare.
2. Consentire una ricarica con energia totalmente priva di emissioni, azzerando la CO2 emessa in ambiente per il trasporto urbano.

A mio avviso, ritengo che le criticità ad oggi siano predominanti rispetto ai vantaggi e questo ne bloccherà almeno inizialmente la diffusione. Inoltre, penso si svilupperanno prima le pensiline fisse dotate di superficie fotovoltaica poiché risultano meno critiche dal punto di vista della struttura del modulo fotovoltaico.

## **Parte V: Riconoscimento e pagamento dei sistemi di ricarica non domestici.**

### **5.1. Introduzione**

Per lo sviluppo della mobilità elettrica, in particolar modo per quella automotive che richiede un sistema di infrastrutture interconnesse e capillarmente distribuito dove la ricarica dovrà, e verrà, effettuata anche presso le colonnine sul territorio, questo è uno dei principali problemi da affrontare e conseguentemente risolvere, garantendo sicurezza e privacy adeguati per ogni utilizzatore.

Mentre la ricarica domestica risulta semplice da gestire dal sistema informativo poiché è previsto un contatore dedicato alla stazione domestica che rileva, monitora e quantifica l'energia utilizzata per ricaricare la vettura. In altri casi invece, potrebbe non essere presente un contatore separato da quello domestico dove però sarà sempre quest'ultimo a rilevare i consumi e consentire quindi la definizione della bolletta da parte dell'ente fornitore.

Per la ricarica dalle infrastrutture pubbliche e presso le sedi lavorative la situazione risulta essere radicalmente diversa.

### **5.2. Analisi delle problematiche della ricarica presso il luogo di lavoro.**

Per la società presso la quale si sta effettuando la ricarica è importante definire chi sta accedendo al servizio poiché deve essere possibile risalire in modo univoco a chi sta ricaricando il proprio veicolo e, in base alle condizioni contrattuali definite, determinare l'ammontare della ricarica.

Questo aspetto è di cruciale importanza poiché per certe persone la ricarica potrebbe essere un benefit dato dal proprio grado gerarchico mentre per altre potrebbero essere definiti delle trattenute sullo stipendio o garantendo solo una quota parte massima scontata, oltre la quale il lavoratore dovrà partecipare alla spesa. Questo aspetto potrebbe essere cruciale per i bilanci energetici delle imprese anche se con i numeri ad oggi presenti, dove si possono trovare pochissime auto elettriche nel parco di una società, i costi di ricarica sarebbero molto contenuti.

#### **5.2.1. Esempio sulla stima del vantaggio della flotta aziendale elettrica**

Supponendo:

1. Chilometraggio annuo di 17000 km con una autonomia media di 160 km/carica e potenza di 23kW immagazzinabile nelle batterie e ricariche effettuate esclusivamente sul posto di lavoro.
2. Numero ricariche: 107 circa.
3. Costo medio ricarica: stimato in circa 4€.
4. Costo totale annuo per l'azienda: 428€/anno.

Se il numero salisse a 30 vetture elettriche dalle omologhe prestazioni si avrebbe:

Numero ricariche annue: 3210

Costo totale annuo per l'azienda: 12840 €/anno.

- ➔ Il costo non risulta essere più insignificante per l'impresa.
- ➔ L'ipotesi di ricarica solo presso il posto di lavoro è molto forte, ma se si dovessero manifestare delle condizioni che lo favoriscono, sarebbe del tutto plausibile come scenario (ricarica come benefit, partecipazione aziendale alla spesa del lavoratore, garantire una certa quantità di energia erogata gratuitamente ed oltre contribuita per una certa percentuale dall'impresa).

Per garantire un corretto ed univoco riconoscimento, si potrebbero utilizzare i badge magnetici aziendali. Questi, se opportunamente integrati con il sistema informativo aziendale per la gestione dei benefit e la definizione delle buste paga, potrebbero permettere un'identificazione univoca del lavoratore e le conseguenti azioni da intraprendere sulla ripartizione del costo di ricarica tra lavoratore e impresa.

In questo caso, la tecnologia necessaria sarebbe quella dei sistemi informativi presenti sulle "porte aziendali" per il riconoscimento con l'aggiunta di un programma software in grado di identificare le condizioni contrattuali dell'individuo e definire per il soggetto il costo del servizio.

Un'altra strada percorribile è quella dell'erogazione del servizio come "prodotto interno", ovvero attraverso un sistema di credito ricaricabile (come la chiavetta dei distributori automatici presenti nelle aree relax) che consenta di effettuare la ricarica in base al credito disponibile su questa. In questo modo, si eviterebbe:

1. la gestione del pagamento, poiché ognuno utilizzerebbe la propria prepagata come già avviene per altri servizi quali i distributori automatici;
2. il riconoscimento, in quanto la "prepagata" utilizzata si sobbarca il costo della data ricarica e come le carte prepagate delle banche, nel caso in cui fosse smarrita o rubata, avrebbe un credito limitato a cui poter accedere (bloccabile attraverso una semplice azione di blocco definita dall'impresa da parte del lavoratore, come le carte fornite delle banche, presso l'unità aziendale dedicata.)

### **5.3. Analisi delle problematiche della ricarica presso una stazione pubblica**

Le principali problematiche identificabili sono analoghe a quelle presenti per la ricarica aziendale però a queste si deve aggiungere la necessità di trasmissione dei dati all'erogatore dell'energia

elettrica per consentire la fatturazione del costo al cliente, eventuali piani tariffari stipulati dall'utilizzatore e consentire l'accesso ad un utilizzatore legato ad una certa utility diversa da quella che ha in gestione la colonnina.

Il problema, dai primi progetti pilota sviluppati sul territorio, si vuole tentare di risolverlo con una Carta Identificativa dedicata (RFID Card) al servizio di ricarica dell'autovettura.

Con questa carta, oltre a rendere possibile l'identificazione del richiedente in modo univoco, è possibile risalire ai dati presenti nel sistema informativo di gestione e quindi identificare anche la compagnia di fornitura con la quale si ha un contratto, inviare i dati per la fatturazione, i dettagli del contratto e quindi la tariffa da applicare.

Gli installatori principali, come ad esempio A2A, riconoscono la problematica principale nella privacy dell'informazione riguardante i dati delle ricariche delle persone. Infatti, attraverso i sistemi di controllo sarebbe possibile risalire agli spostamenti dell'individuo, nonché la spesa effettuata per la ricarica in un certo intervallo temporale. Questi dati sono ritenuti fondamentali per lo sviluppo della rete ma sono riconosciuti come sensibili e da proteggere da eventuali attacchi esterni.

Come eventuale soluzione futura, alcuni installatori stanno ideando sistemi di riconoscimento attraverso applicazioni su smart phone o tablet, in modo tale da associare la ricarica ad un determinato numero di telefono univoco sfruttando una registrazione al servizio on-line.

#### **5.4. Sicurezza sull'erogazione di potenza desiderata**

Per garantire che la ricarica avvenga secondo le esigenze del consumatore, è stato introdotto un sistema di rilascio della presa basata sul passaggio della propria RFID Card sull'interfaccia della struttura di ricarica. Passando la propria carta sull'apposita piattaforma di rilevamento, viene fermata la ricarica e resa possibile quindi l'estrazione della presa di collegamento.

Questo sistema è stato ideato per evitare che ci possano essere delle interruzioni del processo di carica dovute ad estrazioni o movimentazione della presa in modo più o meno accidentale. Questo quindi è in grado di consentire l'erogazione della ricarica totale senza dover soprassedere all'operazione, consentendo quindi all'utilizzatore di svolgere altre operazioni durante il lasso di tempo necessario.



Figura 70: Arresto del processo di ricarica tramite la RFID Card.



Figura 71: Procedura di rilascio del cavo di ricarica utilizzando la RFID Card personale.

## Parte VI: Business Model.

### 6.1. Definizione dei business model ad oggi identificati

Mentre dal punto di vista tecnologico, infrastrutturale ed informativo si sta procedendo verso degli standard comuni in modo più o meno celere, ci si trova ora ad affrontare in ogni singolo paese la scelta sulla modalità di gestione dei punti di ricarica della rete per la fornitura di elettricità.

Questa scelta gestionale viene affrontata in modo diverso dai vari paesi per sfruttare le sinergie già presenti nel settore tra le varie imprese che ad oggi stanno investendo nello sviluppo della mobilità elettrica.

I modelli di business ad oggi identificabili per l'erogazione di energia elettrica per i veicoli elettrici sono tre:

- Modello distributore: le infrastrutture di ricarica vengono installate e gestite dall'impresa distributrice nella propria area di concessione. Ovvero, una società in grado di distribuire energia elettrica, può realizzare una rete di infrastrutture dalle quali può vendere l'energia elettrica al pubblico per consentire la ricarica del veicolo nell'area urbana nella quale ha ricevuto la concessione di installare i sistemi di ricarica.
- Modello service provider in esclusiva: il servizio di ricarica è operato in regime esclusivo a seguito di gara o concessione da parte dell'ente locale. Questo modello prevede un'autorizzazione per erogare il servizio che viene concessa dall'ente locale in via esclusiva, cioè il player approvato sarà l'unico presente nell'area urbana definita. Questa concessione viene elargita sotto forma di gara o selezione da parte dell'ente stesso.
- Modello service provider in concorrenza: ricalca quello in vigore per le stazioni di rifornimento dei carburanti, ovvero la possibilità di creare e diffondere delle stazioni di ricarica elettriche dedicate o nelle già esistenti stazioni di servizio tradizionali.

In questa prima fase di sviluppo del mercato elettrico non si individua un modello di riferimento unico ma un elemento distintivo che deve essere garantito da tutti i sistemi e le reti che si stanno sviluppando a livello: quello della libera competizione della vendita di energia ed il libero accesso senza distinzioni di fornitore. In altro senso, gli utenti devono potersi rivolgere sul mercato a qualunque società accreditata alla vendita di energia elettrica sul territorio nazionale, purché in possesso di un'offerta dedicata in modo specifico alla mobilità.

Da una analisi delle esperienze maturate nel corso dei progetti pilota, è emerso che al fine di poter realizzare una infrastrutturizzazione più capillare ed in tempi più rapidi per le aree urbane/metropolitane, il modello distributore risulta preferibile in Italia rispetto agli altri. Tuttavia tale schema presenta il rischio di una "infrastrutturizzazione selvaggia" e non funzionale alle reali esigenze del territorio e della mobilità in sé, se non supportata da apposite analisi di traffico/mobilità a giustificazione delle localizzazioni prescelte. A riguardo di queste problematiche, il numero e l'ubicazione delle infrastrutture di ricarica dovrà essere stabilita in coerenza con i principi del "Piano Nazionale Infrastrutturale per la Ricarica dei Veicoli Elettrici" e in accordo con le amministrazioni locali.

Qualora un'amministrazione locale avesse intenzione di mettere a bando i servizi di erogazione di energia elettrica per la ricarica dei veicoli elettrici, il distributore della zona è obbligato a provvedere all'allacciamento della linea elettrica così come avviene per le attuali utenze domestiche di energia elettrica.

Tale principio non ricade sul modello service provider in concorrenza dove il punto di ricarica ricalca la

struttura di una stazione di rifornimento per carburanti tradizionali. In questo caso, per il sistema elettrico c'è un unico utente per il dispacciamento ed un solo cliente. Tale modello potrà essere applicato per l'ammmodernamento/adequamento degli impianti di rifornimento tradizionali attraverso la costruzione di infrastrutture di ricarica elettrica "custodite" (ossia che prevedono la presenza di personale ad hoc per accedere al servizio, come già accade per il gas metano ed il GPL).

In ogni caso, nella fase transitoria (dall'odierna fase di studio ed installazione di infrastrutture grazie ai progetti pilota alla futura rete infrastrutturale di ricarica) è stata definito un tavolo tecnico

composto dal Ministero dello Sviluppo Economico, dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e dall'Autorità per l'Energia Elettrica ed il Gas (AEEG) con l'obiettivo di monitorare i prezzi praticati, i servizi erogati e definire le azioni utili a supportare la diffusione delle infrastrutture di ricarica evitando distorsioni del mercato legata alla iniziale, ed inevitabile, disponibilità limitata delle stazioni. Questo tavolo servirà anche a supportare le proposte che il Ministero dello Sviluppo Economico dovrà sottoporre al Presidente del Consiglio dei ministri affinché quest'ultimo possa formulare indicazioni all'AEEG in merito alla determinazione delle tariffe, riconoscimento e recupero dei costi sostenuti, opportunità di differenziazione del regime tariffario del servizio domestico o privato da quello pubblico.

Per lo sviluppo dei progetti pilota e delle prime installazioni "massive", in Italia è in atto un forte contrasto tra le società che vorrebbero procedere con l'installazione delle infrastrutture di ricarica nei centri città, così da favorire il turismo ed il trasporto di merci e prodotti ai negozi attraverso l'uso di auto elettriche, e le amministrazioni comunali delle grandi città.

## **6.2. Esempio della città di Bergamo**

Un esempio di questo "scontro" è il caso di Bergamo, città che sta accogliendo numerosi progetti relativi alla mobilità elettrica, dal retrofit delle proprie biciclette per poterle utilizzare nei tragitti brevi per "dare il buon esempio alla cittadinanza", all'installazione presso la Stazione ferroviaria, le sedi della Provincia e del Comune di punti di ricarica pubblici, a corsi di formazione ed istruzione dei meccanici della provincia sul retrofit delle macchine e scooter e sulla prima assistenza ai veicoli guasti. Purtroppo, per favorire il turismo, si vorrebbero installare delle colonnine per la ricarica anche al limite esterno dell'area pedonale della città alta, la parte storica della città. Il problema principale però è che questa installazione si andrebbe a effettuare in uno dei punti di osservazione delle valli circondanti Bergamo, andando a "rovinare" il sito.

Questo sta portando quindi ad una problematica sulla logistica d'installazione delle infrastrutture in quanto il comune è conscio del vantaggio che si potrebbe creare collegando il centro della città con la stazione ed in un futuro prossimo l'aeroporto di Orio al Serio in termini di accesso al centro, ma è altrettanto consapevole di non poter intaccare il patrimonio della città storica proprio per non diminuirne l'attrattività.

Nonostante questo problema, la comunaltà sta pensando a forme di incentivazione alla mobilità elettrica da aggiungersi a quelle statali, quali l'accesso alle Zone a Traffico Limitato (da qui in poi ZTL), l'esenzione dai parcheggi a pagamento nei silos e lungo il bordo carreggiata, la possibilità di parcheggiare nei posti riservati ai residenti oltre al sostegno alla mobilità elettrica come strumento di trasporto merci nella città.

## **6.3. Situazione italiana**

La delibera 242/10 del 15/12/2010 dell'AEEG ha definito come sia necessario utilizzare il modello di business "distributore" per consentire la realizzazione dell'infrastruttura e l'erogazione del servizio in tempi più rapidi possibili, considerando anche lo stato dell'arte dello sviluppo tecnologico in questo settore.

Si ritiene inoltre implementabile il modello service provider in esclusiva come supporto a quello distributore per sviluppare la rete. Il modello in concorrenza è ritenuto, in ottica futura, quello che verrà implementato per sostenere il numero di veicoli attesi sul territorio nazionale.

Ad oggi, il modello effettivamente utilizzato è quello distributore poiché la rete elettrica italiana è posseduta quasi interamente da Enel, la quale sta spingendo sulla realizzazione della rete infrastrutturale di ricarica. Questa scelta si sta ripercuotendo sui cittadini in quanto la spesa d'implementazione viene ribaltata sulla bolletta dell'elettricità attraverso la voce "oneri di sistema". La collettivizzazione dei costi incide sul bilancio delle famiglie, ed in periodi di recessione economica non ha un peso da trascurare, ma consente di sviluppare la rete il più velocemente possibile a fronte di un necessario utilizzo sensato delle risorse raccolte da parte di Enel. Il problema principale del sistema ad oggi implementato in Italia, è la necessità di avere un totale accordo su questa modalità di recupero delle risorse per lo sviluppo della rete. Infatti, mentre molti possono vedere la spesa come accettabile per l'erogazione di un servizio futuro che può portare benefici economici, strutturali e sull'incremento della qualità della vita, c'è chi potrebbe essere contrario e se questo numero fosse rilevante si dovrebbe considerare la cessazione del prelievo percentuale tramite "l'onere di sistema".

Ad oggi, l'Italia è il paese che in Europa sta spingendo di più su questo modello.

Le poche eccezioni presenti al modello distributore sono date da accordi commerciali tra Enel e Eni per l'installazione presso le stazioni di rifornimento di quest'ultima delle colonnine. Questi sono accordi del tutto straordinari che rappresentano un'eccezione a livello sistemico italiano.

#### **6.4. Modelli utilizzati nel resto d'Europa**

La situazione europea appare molto diversificata in quanto sono state percorse scelte abbastanza differenti tra loro, incentrate però su modelli di concorrenza o d'intervento diretto dello stato.

1. Inghilterra: si è scelto di sviluppare la rete infrastrutturale basandosi sugli Assessorati ai Trasporti delle varie città/paesi, i quali sono autorizzati a gestire la realizzazione della rete infrastrutturale e quindi la successiva erogazione del servizio. Questo è dato dal fatto che il governo ha deciso di investire pubblicamente sulla mobilità elettrica anche grazie alla spinta data dalla recenti Olimpiadi.
2. Spagna: si basa su un modello service provider in concorrenza in quanto il governo, pur incentivando l'acquisto di auto elettriche, ha lasciato autonomia alle società di fornitura di elettricità sull'installazione della rete infrastrutturale.
3. Olanda: essendo il mercato più sviluppato a livello europeo, la realizzazione della rete si è basata sul modello concorrenziale e questo ha portato ad oggi ad avere una rete abbastanza capillare nelle città di maggior rilevanza.

### **Parte VII: Normativa.**

#### **7.1. Incentivazione italiana**

La normativa in Italia non è percepita come chiara o efficace sul tema della mobilità elettrica.

Infatti, ad oggi il Ministero dei Trasporti ha definito gli incentivi per l'acquisto delle auto ecologicamente sostenibili a tutte le vetture in grado di emettere meno di 90 gr di CO<sub>2</sub> al

chilometro. Questo vuol dire che, allo stesso incentivo, potranno accedere sia le macchine elettriche, sia quelle ibride o ad autonomia estesa, scooter, che le vetture alimentate a GPL, gas metano, biocombustibili, biomasse, idrogeno e turbodiesel o benzina dalle emissioni ridotte.

Il sistema incentivante per quest'anno inoltre, prevede una parzializzazione dell'incentivo in base alla quantità di emissioni evitate ed il prezzo della vettura. Viene stabilito che l'incentivo non deve superare il 20% del costo della vettura con un tetto massimo di 5000€ per ad emissioni inferiori ai 50 gr/km di CO2 (ovvero le auto elettriche e alcune ibride elettriche), fino a 4000€ per quelle ad emissioni comprese tra i 50 ed i 95 grammi al chilometro, fino a 2000€ per le vetture oltre la soglia dei 125 gr/km.

Questo sistema incentivante resterà in vigore per tutto il 2013 ed il 2014, mentre per il 2015 verrà ridotto per ogni categoria rispettivamente a 3500, 3000 e 1800€.

La distorsione della normativa vigente è data dal fatto che:

1. Dei 120 mln€ previsti, ne sono stati prima aggiunti 20 dal decreto sviluppo dell'estate 2012 e poi ne sono stati tagliati circa 20 alla fine del 2012 dalla Legge di Stabilità del 24/12/2012. Questi sono stati suddivisi in 40 mln per il 2013, per il 2014 ed il 2015 45. Successivamente sono stati suddivisi in circa 1/9 per la sostituzione delle auto dei privati cittadini, i restanti 8/9 alla sostituzione ed ammodernamento delle flotte aziendali (un rapporto costante per tutti e tre gli anni).
2. L'incentivo dato dallo stato deve essere compartecipato del rivenditore dell'automobile o dello scooter ecosostenibile. Ad esempio: se si comprasse una macchina elettrica ottenendo un ecoincentivo di 5000€, di questi ne vengono erogati 2500€ obbligatoriamente dal concessionario, i restanti 2500€ vengono dati dallo stato che "risarcirà" il rivenditore dello sconto forzato al cliente in circa 6 mesi. Questo sistema crea un forte disinteresse dei rivenditori perché sono obbligati ad abbassare i margini di profitto sulle vetture dato uno sconto forzato al momento dell'acquisto e sulla restituzione futura del capitale anticipato, sotto forma di sconto, al cliente.
3. La definizione dell'incentivo in base alle emissioni ha portato al finanziamento anche di vetture a combustibili tradizionali, in antitesi con lo scopo dell'incentivazione stessa.
4. L'entità dell'incentivo erogato si è esaurito in sole 2 settimane, incentivando l'acquisto di poco più di mille veicoli ( $5\text{mln}/2000=2500$  vetture, considerando l'incentivo più basso possibile → mediando con la vendita di macchine GPL e metano, sistemi con incentivazione maggiore, il numero decresce naturalmente).
5. La condivisione dell'incentivo con le auto GPL e metano, quelle ad oggi con volumi di vendita più rilevanti, ha portato ad una cannibalizzazione del finanziamento da parte di queste tipologie di prodotti senza portare alcun beneficio all'introduzione di auto elettriche nel mercato (problema accentuato dal fatto che Renault ZOE, l'auto elettrica più attesa dagli operatori del settore nonché auto principalmente coinvolta nei progetti pilota delle varie società di installazione di infrastrutture di ricarica durante la sua fase di prototipazione, è uscita ad Aprile, cioè due settimane dopo l'inizio dell'erogazione dell'incentivo, non trovando nessun finanziamento disponibile).

Secondo alcuni degli attori presenti sul mercato, per favorire realmente la mobilità elettrica, servirebbe:

1. Dedicare una parte dell'incentivo esclusivamente alle auto elettriche e renderlo disponibile alle altre tipologie solamente alla fine del periodo incentivato o reinvestirlo in altri progetti sempre sulla mobilità elettrica
2. Incentivazione del retrofit, la conversione di bici-scooter-auto termiche in dispositivi elettrici da parte delle attività comunali per lo svolgimento delle loro attività più semplici (piccoli spostamenti nella città stessa per brevi commissioni ad esempio) per far percepire il cambiamento ai cittadini come possibile;
3. Svincolare l'incentivazione dallo "sconto forzato" del rivenditore per evitare di incidere sui margini delle vendite soprattutto in un periodo di recessione economica del mercato, della mobilità in generale soprattutto, come quello odierno.
4. Per apportare degli effettivi benefici al ricambio dei dispositivi utilizzati per la mobilità, è corretto dividere l'incentivo, ma questo dovrebbe essere assegnato metà per l'acquisto di un veicolo elettrico, metà per la rottamazione di un veicolo "tradizionale" (come avviene per l'acquisto di scooter elettrici nella provincia di Bologna).
5. Forte sistema incentivante alternativo-complementare. Le municipalità, oltre all'accesso alle ZTL, devono garantire dei vantaggi supplementari quali il parcheggio gratuito o scontato nei parcheggi a pagamento e/o silos, accesso ai parcheggi per residenti ed alle corsie riservate, partecipazione ad una quota del costo della ricarica nel momento in cui il parcheggio a pagamento non fosse scontato. A livello regionale servirebbero azioni come l'esenzione definitiva dal pagamento del bollo (nelle regioni in cui si paga il cittadino è esente per 5 anni, solo in Lombardia e Piemonte è definitiva).
6. A livello statale, è ritenuta indicata una riduzione del costo dell'assicurazione per un determinato periodo tempo (ad esempio 5 anni, idealmente la metà del ciclo di vita della batteria).

Tutte queste incentivazioni di contorno consentirebbero all'individuo di avere risparmi sensibili che renderebbero il veicolo elettrico più appetibile di uno tradizionale, dando quindi una forte spinta al mercato e quindi la possibile riduzione dei prezzi (con conseguente riduzione dell'incentivazione statale-regionale-comunale nel lungo periodo).

## **7.2. Accesso ai Titoli di Efficienza Energetica (TEE)**

Il GSE<sup>21</sup> ha consentito con la scheda tecnica 42E, pubblicata nella Gazzetta Ufficiale il 2/1/2013 come allegato al Decreto "Certificati bianchi 2013-2016", la possibilità di accesso ai soggetti autorizzati a questa forma di incentivazione attraverso la sostituzione del parco auto privato (inteso come soggetto imprenditoriale) tradizionale con uno elettrico (con le schede tecniche 43E e 45E invece è stata regolamentata la sostituzione con veicoli ibridi e GPL rispettivamente).

Il meccanismo dei certificati bianchi si basa sull'implementazione di progetti volti a generare un risparmio di energia rispetto ad una soluzione tradizionale o meno efficiente.

Attraverso le diverse tipologie di intervento (dal Tipo I al V con in aggiunta il Tipo II-CAR, IN ed E) e le tre differenti tipologie di valutazione (standardizzata, analitica, a consuntivo), il soggetto

---

<sup>21</sup> Gestore dei Servizi Energetici.

autorizzato (sia esso obbligato, ESCo o volontario) deve raggiungere dei livelli soglia minimi di risparmio energetico cumulato per le diverse forme di valutazione (20 TEP/anno per la standardizzata, 40 TEP/anno per la analitica e 60 TEP/anno per quella a consuntivo) tale da consentirgli di accedere al TEE (dove 1 TEE= 1 Tep risparmiata).

Successivamente, sarà possibile vendere sul mercato dei certificati bianchi gestito dal GSE i propri certificati, ottenendo quindi l'incentivo relativo all'efficienza energetica.

La scheda tecnica 42E fa parte degli interventi di Tipo II e definisce:

- I veicoli utilizzabili per accedere ai TEE → Solo i modelli facenti parte dei segmenti A,B,C,D.
- Il sistema di valutazione, poiché definisce sia la formula di valutazione che i parametri per le diverse tipologie di veicolo.

$$\text{Risparmio Specifico Lordo} = \text{RSL} = [\text{CS}(\text{VR}) - \text{CS}(\text{VE})] * P / 10^{-6} \text{ [tep/anno/autovettura]}$$

Con:

- 1) P: percorrenza media per tipologia di vettura.
  - a. City car: 9000 km.
  - b. Utilitarie 11000 km.
  - c. Medie 15000 km.
  - d. Medio grandi 18000km.
- 2) CS(VR): è il consumo di energia primaria per unità di percorrenza della autovettura di riferimento ( $10^{-6}$  tep/km).
  - a. City car: 40.34
  - b. Utilitarie: 43.84
  - c. Medie: 48.31
  - d. Medio grandi: 58.07
- 3) CS(VE): è il consumo di energia primaria per unità di percorrenza della autovettura elettrica ( $10^{-6}$  tep/km).

$$\text{CS}(\text{VE}) = (\text{CE} / 100) \times f_E \times 1000$$

Con:

- a. CE: è il consumo specifico in fase d'uso, espresso in kWh/100km, dichiarato dal costruttore e pubblicato ogni anno, per tutte le autovetture presenti sul mercato italiano, dal MiSE nella "Guida sul risparmio di carburanti e di emissioni di CO2 delle autovetture".
- b.  $f_E$ : E è il coefficiente di conversione da energia elettrica a primaria, pari a 0,142 tep/MWh.

Per la valutazione finale si usa un coefficiente di addizionalità "a" pari al 100% e di durabilità "τ" di 1.87, ottenendo:

- ➔ Risparmio netto contestuale:  $\text{RNc} = a \times \text{RSL} \times \text{NUFR}$  [Tep/anno]
- ➔ Risparmio netto anticipato:  $\text{RNa} = (\tau - 1) \times \text{RNc}$  [Tep/anno]
- ➔ Risparmio netto integrale:  $\text{RNI} = \text{RNc} + \text{RNa} = \tau \times \text{RNc}$  [Tep/anno]

Questa scheda tecnica vuole cercare di promuovere la diffusione delle autovetture esclusivamente a trazione elettrica, alimentate da un sistema di accumulo elettrico (batterie) a bordo ricaricabile dalla rete rivolgendosi solo ai soggetti privati, cioè quelle società che decidono di elettrificare il proprio parco auto (da non confondere il termine soggetto privato con il comune cittadino, poiché questo non è autorizzato ad accedere a questo meccanismo di mercato nemmeno come soggetto volontario, poiché con questa definizione si intendono le società di vendita dell'energia elettrica con meno di 50,000 clienti o le imprese che decidono di investire nell'efficienza energetica).

### **7.2.1. Offerta Enel Distribuzione**

Enel ha deciso di stimolare gli interventi di sostituzione del parco auto aziendale con vetture elettriche.

L'incentivazione viene raccolta da Enel, la quale accorpa al suo interno i benefici di tutti gli interventi implementati per il raggiungimento della soglia minima di accesso ai TEE (essendo il beneficio limitato, se si considerasse la flotta auto di una sola azienda sarebbe impossibile raggiungere la soglia delle 20 Tep/anno risparmiate) suddividendo il beneficio economico ottenuto tra i propri partner proporzionalmente all'intervento effettuato dai singoli.

Le criticità riscontrate da Enel nello sviluppo di questo progetto sono soprattutto relative a:

- 1) Novità del meccanismo, quindi ad oggi non del tutto compreso in termini di funzionamento e documentazione necessaria all'ottenimento dell'incentivo.
- 2) Tempi, infatti la richiesta deve essere fatta entro i quattro mesi dallo sviluppo.
- 3) Costo della documentazione, il quale a volte è più oneroso del beneficio ottenibile.
- 4) Incertezza della normativa, in quanto negli ultimi anni è stata mutevole in tutto ciò che concerne le energie rinnovabili e l'efficienza energetica.
- 5) Evitare la richiesta multipla di incentivazione da parte dei soggetti richiedenti.

### **7.3. Incentivazione europea ed extra-europea**

All'interno dei paesi dell'UE, la forma di incentivazione è pressoché identica, cioè suddividendola in incentivi all'acquisto ed esenzioni dal pagamento di determinate tasse (immatricolazione, bolli...).

L'unico paese che si differenzia leggermente per l'entità dell'incentivo è la Francia, dove si è deciso di aumentare quello a favore delle vetture elettriche (fino a 7000€ per un massimo del 30% del costo della vettura) penalizzando le altre tecnologie disponibili (GPL, metano, etanolo...) ed abbassando la quota di inquinamento massima per accedervi da 50 gr/km a 25 gr/km di CO2 (escludendo quindi tutti i dispositivi non "full electric").

Nei vari paesi però sono state introdotte misure complementari molto diversificate tra loro:

- Olanda (è il mercato più sviluppato in Europa): l'incentivazione non è diretta ma ci sono notevoli esenzioni da tasse ed aliquote che portano a risparmi di circa 5000€ per i privati cittadini e 19000€ alle imprese in quattro anni;
- Belgio: l'incentivo è basato su una detrazione IRPEF del 30% comprendente l'IVA sull'acquisto del generale dispositivo) e sono presenti incentivazioni fino al 40% per l'installazione di stazioni di ricarica aperte al pubblico;

- Norvegia: tutti i veicoli elettrici sono esenti dalla tassa annuale di circolazione, dalle tariffe dei parcheggi pubblici, dal pedaggio delle autostrade oltre che dalla possibilità di poter viaggiare sulle corsie preferenziali e nei tunnel senza pagare il pedaggio. Come ulteriore incentivo all'acquisto, viene derogato il pagamento dell'IVA al 23%. Secondo uno studio di *Statistics Norway*, le esenzioni fiscali per l'acquisto di un'auto elettrica sono del valore di quasi 11.000 dollari ed è stimato il beneficio di possedere un veicolo elettrico in 8.200 dollari per anno.

La Cina è uno dei paesi che ha deciso di investire maggiormente sui dispositivi per la mobilità totalmente o ibridi elettrici. Questo è dovuto al fatto che le città più importanti, come Pechino, Shanghai e Guangzhou, sono città molto trafficate con livelli di inquinamento altissimi. Questo sta provocando un aumento annuo di malattie cardiorespiratorie nella popolazione urbana, con una conseguente esplosione della spesa medica nazionale pro capite (sono i risultati di una ricerca del 2010 indicano che ogni anno ci sono circa 1,2 milioni di morti causate dall'inquinamento dell'aria, perdendo circa 25 milioni di anni di vita salubre della popolazione) per circa 200 miliardi di dollari all'anno, pari al 3,5% del PIL.

Per sopperire a questo problema, il governo cinese sta spingendo sia sulla produzione di energia rinnovabile (primo mercato al mondo per l'eolico e sede della diga più grande del mondo per l'energia idroelettrica) sia incentivando fortemente la mobilità elettrica. La particolarità dell'incentivazione cinese è che il finanziamento viene dato alle case produttrici per ogni veicolo venduto.

Negli USA il modello incentivante è simile a quello europeo eccezion fatta per la California, il mercato americano più sviluppato. Qui sono state introdotte incentivazioni più cospicue che hanno portato in questo stato il 40% della presenza di autovetture ibride della nazione. Inoltre, per legge le case automobilistiche sono obbligate a presentare almeno un modello di auto totalmente elettrico tra i modelli offerti.

Il Giappone invece ha iniziato i programmi di incentivazione per auto elettriche e combustibili alternativi dal 1996 sul modello europeo e questi sono stati protratti fino ad oggi.

## **7.4. Normativa infrastrutturale**

### **7.4.1. Introduzione**

La crescita del mercato elettrico, nella sua accezione più generale, deve essere supportato da una crescita adeguata anche delle strutture di ricarica.

Ad oggi, in Italia è stata riconosciuta l'urgenza dello sviluppo della rete di ricarica dalla Legge n. 134 del 7.8.2012, che converte in legge con modificazioni il D.L. 22.6.2012, n. 83. Con questa legge si indica la necessità di installazione di nuove stazioni di ricarica per superare l' "ansia da ricarica" che affligge le persone attraverso una collaborazione tra il Governo, le Regioni e le società di fornitura elettrica.

Nel 2013 sono state definite le linee guida della standardizzazione europea lato infrastruttura dal CNELEC (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique) e queste dovranno essere integrate dalla normativa italiana nel minor tempo possibile.

Entro il 1/6/2014 viene definito che i Comuni devono adeguare il regolamento edilizio prevedendo che per il conseguimento del titolo abilitativo, gli edifici di nuova costruzione ad uso diverso da

quello residenziale con superficie utile superiore a 500 mq e per gli interventi di ristrutturazione edilizia, sia necessaria l'installazione di infrastrutture elettriche per la ricarica dei veicoli tali da permettere la connessione di una vettura da ciascuno spazio destinato a parcheggio coperto o scoperto e da ciascun box auto. Queste disposizioni non si applicano agli immobili di proprietà delle amministrazioni pubbliche. Inoltre si definisce a livello regionale uno standard di strumenti urbanistici minimi per garantire la dotazione di impianti di ricarica per i veicoli elettrici ad uso pubblico e delle attività commerciali presenti in modo sufficiente.

#### **Legislazione regionale (Articolo 17-ter, comma 4)**

*Entro sei mesi dalla data di entrata in vigore della legge di conversione del presente decreto, il Governo promuove la stipulazione di un'intesa ai sensi dell'articolo 8, comma 6, della legge 5 giugno 2003, n. 131, per assicurare la realizzazione di posizioni unitarie e l'armonizzazione degli interventi e degli obiettivi comuni nel territorio nazionale in materia di reti infrastrutturali di ricarica a servizio dei veicoli alimentati ad energia elettrica*

#### **Normalizzazione (Articolo 17-quarter, comma 1)**

*Fatte salve le competenze dell'Unione europea stabilite dalla direttiva 98/34/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 22 giugno 1998, sono consentite la realizzazione e l'installazione di reti infrastrutturali di ricarica dei veicoli elettrici rispondenti agli standard fissati dagli organismi di normalizzazione europei e internazionali International electrotechnical Commission (IEC) e Comité européen de normalisation électrotechnique (CENELEC).*

#### **Semplificazione dell'attività edilizia e diritto ai punti di ricarica (Art. 17-quinquies, c.1)**

*Entro il 1° giugno 2014, i comuni adeguano il regolamento edilizio prevedendo, con decorrenza dalla medesima data, che ai fini del conseguimento del titolo abilitativo edilizio sia obbligatoriamente prevista, per gli edifici di nuova costruzione ad uso diverso da quello residenziale con superficie utile superiore a 500 metri quadrati e per i relativi interventi di ristrutturazione edilizia, l'installazione di infrastrutture elettriche per la ricarica dei veicoli idonee a permettere la connessione di una vettura da ciascuno spazio a parcheggio coperto o scoperto e da ciascun box per auto.*

#### **Disposizioni in materia urbanistica (Art. 17-sexies)**

*1. Le infrastrutture, anche private, destinate alla ricarica dei veicoli alimentati ad energia elettrica costituiscono opere di urbanizzazione primaria realizzabili in tutto il territorio comunale. 2. Le leggi regionali stabiliscono contenuti, modalità e termini temporali tassativi affinché gli strumenti urbanistici generali e di programmazione territoriale comunali e sovracomunali siano adeguati con la previsione di uno standard minimo di dotazione di impianti pubblici di ricarica dei veicoli alimentati ad energia elettrica e in coerenza con il Piano nazionale di cui all'articolo 17-septies. 3. Le leggi regionali prevedono, altresì, che gli strumenti urbanistici e di programmazione siano adeguati con la previsione di uno standard minimo di dotazione di impianti di ricarica dei veicoli alimentati ad energia elettrica ad uso collettivo a corredo delle attività commerciali, terziarie e produttive di nuovo insediamento.*

### **7.4.2. Installazioni condominiali**

Per quanto riguarda l'installazione di colonnine o di qualsiasi altro tipo di dispositivo per la ricarica domestica dei veicoli elettrici (esclusi bici e scooter, poiché basta la normale presa Schuko per collegarsi alla rete domestica), la normativa prevede che sia l'assemblea di condominio a deliberare e solo dopo aver ottenuto l'approvazione dei lavori infrastrutturali tramite la maggioranza dei voti, si potrà procedere con l'opera edilizia. Nel caso in cui il condominio invece si rifiuti, il singolo condomino interessato può installare a proprie spese i dispositivi necessari alla sua ricarica personale.

### ***Semplificazione dell'attività edilizia e diritto ai punti di ricarica (Art. 17-quinquies, c.2-3)***

*2. Fatto salvo il regime di cui all'articolo 1102 del codice civile, le opere edilizie per l'installazione delle infrastrutture di ricarica elettrica dei veicoli in edifici in condominio sono approvate dall'assemblea di condominio, in prima o in seconda convocazione, con le maggioranze previste dall'articolo 1136, secondo comma, del codice civile. 3. Nel caso in cui il condominio rifiuti di assumere, o non assuma entro tre mesi dalla richiesta fatta per iscritto, le deliberazioni di cui al comma 2, il condomino interessato può installare, a proprie spese, i dispositivi di cui al citato comma 2, secondo le modalità ivi previste. Resta fermo quanto disposto dagli articoli 1120, secondo comma, e 1121, terzo comma, del codice civile.*

## **7.5. Piano Nazionale Infrastrutturale per la ricarica dei veicoli alimentati ad energia elettrica**

Il "Piano nazionale infrastrutturale per la ricarica dei veicoli alimentati ad energia elettrica" vuole garantire su tutto il territorio i livelli minimi uniformi di accessibilità al servizio di ricarica dei veicoli elettrici. Questo piano è approvato entro sei mesi dalla data di entrata in vigore della L. 7.8.2012, n.134 (cioè dal 12.8.2012) e viene aggiornato ogni anno il 30 giugno e definisce le linee guida per garantire lo sviluppo unitario del servizio di ricarica sulla base di criteri oggettivi che tengano conto dell'effettivo fabbisogno nelle diverse realtà territoriali e permetta, dove possibile, il recupero del patrimonio edilizio. In particolare il piano prevede l'istituzione di un servizio omologato a quello europeo, l'introduzione di procedure di gestione che riguardano l'assegnazione dei costi di ricarica al cliente che la effettua identificandolo univocamente, la predisposizione di tariffe differenziate, la regolazione di tempi e modi di ricarica; l'introduzione di agevolazioni anche amministrative in favore dei titolari e dei gestori degli impianti di distribuzione del carburante per ammodernare gli impianti e la realizzazione di programmi di promozione per adeguare gli edifici esistenti. Ai fini del finanziamento del Piano nazionale, è istituito nello stato di previsione del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti un apposito fondo, con una dotazione pari a 20 milioni di euro per l'anno 2013 e a 15 milioni di euro per ciascuno degli anni 2014 e 2015.

Il Ministero partecipa al cofinanziamento fino ad un massimo del 50% delle spese sostenute per l'acquisto e per l'installazione degli impianti. Per dare poi un'accelerata allo sviluppo è previsto per il 2013 uno sblocco tempestivo di 5 milioni di euro da destinare alle aree urbane ad alta congestione di traffico.

### ***Piano nazionale infrastrutturale per la ricarica dei veicoli alimentati ad energia elettrica (Art. 17-septies)***

1. Al fine di garantire in tutto il territorio nazionale i livelli minimi uniformi di accessibilità del servizio di ricarica, entro sei mesi dalla data di entrata in vigore della legge di conversione del presente decreto (..) è approvato il Piano nazionale infrastrutturale per la ricarica dei veicoli alimentati ad energia elettrica, di seguito denominato "Piano nazionale". 2. Il Piano nazionale deve essere aggiornato entro il 30 giugno di ogni anno. (...) 3. Il Piano nazionale ha ad oggetto la realizzazione di reti infrastrutturali per la ricarica dei veicoli alimentati ad energia elettrica nonché interventi di recupero del patrimonio edilizio finalizzati allo sviluppo delle medesime reti. 4. Il Piano nazionale definisce le linee guida per garantire lo sviluppo unitario del servizio di ricarica dei veicoli alimentati ad energia elettrica nel territorio nazionale, sulla base di criteri oggettivi che tengono conto dell'effettivo fabbisogno presente nelle diverse realtà territoriali, valutato sulla base dei concorrenti profili della congestione di traffico veicolare privato, della criticità dell'inquinamento atmosferico e dello sviluppo della rete stradale urbana ed extraurbana e di quella autostradale. In particolare, il Piano nazionale prevede: a) l'istituzione di un servizio di ricarica dei veicoli, a partire dalle aree urbane, applicabile nell'ambito del trasporto privato e pubblico e conforme agli omologhi servizi dei Paesi dell'Unione europea, al fine di garantirne l'interoperabilità in ambito internazionale; b) l'introduzione di procedure di gestione del servizio di ricarica di cui alla lettera a) basate sulle peculiarità e sulle potenzialità delle infrastrutture relative ai contatori elettronici, con particolare attenzione: 1) all'assegnazione dei costi di ricarica al cliente che la effettua, identificandolo univocamente; 2) alla predisposizione di un sistema di tariffe differenziate; 3) alla regolamentazione dei tempi e dei modi di ricarica, coniugando le esigenze dei clienti con l'ottimizzazione delle disponibili della rete elettrica, assicurando la realizzazione di una soluzione compatibile con le regole del libero mercato che caratterizzano il settore elettrico; c) l'introduzione di agevolazioni, anche amministrative, in favore dei titolari e dei gestori degli impianti di distribuzione del carburante per l'ammodernamento degli impianti attraverso la realizzazione di infrastrutture di ricarica dei veicoli alimentati ad energia elettrica; d) la realizzazione di programmi integrati di promozione dell'adeguamento tecnologico degli edifici esistenti; e) la promozione della ricerca tecnologica volta alla realizzazione di reti infrastrutturali per la ricarica dei veicoli alimentati ad energia elettrica (...). 7. I comuni possono accordare l'esonero e le agevolazioni in materia di tassa per l'occupazione di spazi ed aree pubbliche (...) in favore dei proprietari di immobili che eseguono interventi diretti all'installazione e all'attivazione di infrastrutture di ricarica elettrica veicolare dei veicoli alimentati ad energia elettrica.. 8. Ai fini del finanziamento del Piano nazionale, è istituito nello stato di previsione del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti un apposito fondo, con una dotazione pari a 20 milioni di euro per l'anno 2013 e a 15 milioni di euro per ciascuno degli anni 2014 e 2015. 9. (...), il Ministero partecipa al cofinanziamento, fino a un massimo del 50 per cento delle spese sostenute per l'acquisto e per l'installazione degli impianti, dei progetti presentati dalle regioni dagli enti locali relativi allo sviluppo delle reti infrastrutturali per la ricarica (...). 10. Ai fini del tempestivo avvio degli interventi prioritari e immediatamente realizzabili, previsti in attuazione del Piano nazionale, parte del fondo di cui al comma 8, per un ammontare pari a 5 milioni di euro per l'anno 2013, e' destinata alla risoluzione delle più rilevanti esigenze nelle aree urbane ad alta congestione di traffico. (...)

## **7.6. Piano infrastrutturale Europeo**

Il Parlamento Europeo e il Consiglio dell'Unione Europea hanno riconosciuto che per migliorare l'efficienza e il risparmio energetico, è necessario adottare opportune strategie all'interno del settore dei trasporti per affrontare il problema dell'uso dell'energia e delle emissioni di gas a effetto serra. A questo scopo è stata adottata la Direttiva 2009/33/CE del 23 aprile 2009 che mira

a stimolare il mercato dei veicoli adibiti al trasporto su strada puliti e a basso consumo energetico, tenendo conto dell'impatto energetico e ambientale durante l'intero ciclo di vita.

Il 28 aprile 2010 la Commissione Europea ha redatto una comunicazione al Parlamento Europeo, al Consiglio e al Comitato Economico e Sociale Europeo intitolata "Una strategia europea per i veicoli puliti ed efficienti sul piano energetico". Questa strategia intende favorire lo sviluppo e la diffusione di veicoli pesanti, come autobus e autocarri, e leggeri, automobili e furgoni, di veicoli a due e tre ruote e di quadricicli non inquinanti ed efficienti sul piano energetico.

Attualmente nell'Unione Europea i trasporti sono la causa di un quarto del totale delle emissioni di CO<sub>2</sub> e contribuiscono in modo rilevante, soprattutto nelle zone urbane, al deterioramento della qualità dell'aria (con le esalazioni di particolato, NO<sub>x</sub>, HC e CO). L'utilizzo di carburanti alternativi alla benzina e al diesel ridurrebbe l'impatto ambientale del trasporto stradale a patto che questi siano prodotti in modo sostenibile. L'impatto di questi veicoli "verdi" deve essere attentamente valutato e confrontato con quello dei veicoli convenzionali analizzando l'intero ciclo di vita, quindi le emissioni derivanti dalla produzione di energia elettrica e gli impatti ambientali della produzione e dello smaltimento del veicolo.

I veicoli elettrici possono contribuire in modo significativo ad affrontare le sfide che l'Unione Europea ha deciso di intraprendere, come il surriscaldamento globale, la dipendenza dai combustibili fossili e l'inquinamento atmosferico. I primi obiettivi di vendita dei veicoli elettrici, definiti nel 2009, vorrebbero puntare ad occupare circa l'1-2% del mercato nel 2020 per arrivare a 11-30% nel 2030.

L'aumento della quota di mercato si avrà solo in seguito alla diminuzione dei prezzi degli stessi veicoli che sarà resa possibile dal progresso tecnologico e dalla presenza di economie di scala.

Un ulteriore impegno dell'Unione Europea è permettere di connettere alla rete di distribuzione per la ricarica tutti i veicoli elettrici ovunque all'interno degli Stati membri e con tutti i tipi di caricatori possibili.

Eventuali problemi di compatibilità che impedissero la ricarica dei veicoli in qualsiasi stazione potrebbero minare la fiducia dei consumatori nella tecnologia di questi veicoli.

Il documento più recente e riguardante la mobilità sostenibile a livello europeo è il "Libro Bianco, Tabella di marcia verso uno spazio unico europeo dei trasporti – Per una politica dei trasporti competitiva e sostenibile" COM(2011) 144 del 28 marzo 2011.

L'obiettivo della Commissione Europea è costruire un sistema di trasporto moderno e competitivo stimolando la crescita economica e l'occupazione, riducendo la dipendenza europea dal petrolio e contestualmente ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub>. Sono state proposte 40 iniziative concrete che possono essere suddivise in tre ambiti d'azione:

1. Creare una rete di trasporti efficiente ed integrata;
2. Stimolare lo sviluppo delle tecnologie e modelli di comportamento sostenibili e innovativi;
3. Reperire i fondi per il necessario potenziamento strutturale.

La Commissione europea inoltre vorrebbe promuovere modalità di trasporto alternative all'auto privata e rende obbligatori Piani di Mobilità per tutte le città.

In conclusione, sono stati delineati gli obiettivi strategici: oltre il 50% del trasporto passeggeri nel medio raggio dovrà avvenire su rotaia, tutti gli aeroporti principali dovranno essere collegati alla rete ferroviaria, le soluzioni di intermodalità dovranno avere un livello di informazione eccellente,

dovranno essere applicati i principi di “pagamento in base all’utilizzo” e “chi inquina paga”, passare ad un sistema concorrenziale regolato in modo graduale, andranno adottati sistemi intelligenti di gestione dei trasporti, verranno promossi la competitività e gli obiettivi globali sull’energia ed il clima e bisognerà rendere il trasporto a zero emissioni nei maggiori centri urbani e azzerare in numero di vittime degli incidenti stradali.

La Commissione europea ha annunciato il 24 Gennaio 2013 un ambizioso pacchetto di misure volte a garantire la creazione di stazioni di combustibili alternativi in tutta Europa, con standard comuni relativi alla progettazione e all’utilizzo in tutti gli stati membri. Finora, le iniziative prese in questo ambito avevano riguardato principalmente combustibili e veicoli, senza prendere in considerazione la distribuzione del carburante, quindi la rete necessaria e un’armonizzazione di questa nella struttura urbana dei vari paesi. Ad oggi inoltre, la stessa Unione Europea riconosce gli sforzi fatti dai vari stati membri per incentivare l’acquisto e l’utilizzo di veicoli a basso impatto ambientale come insufficienti e non coordinati.

L’uso di combustibili puliti viene considerato ostacolato da tre fattori principali:

1. L’elevato costo dei veicoli.
2. Un basso livello di accettazione da parte dei consumatori delle nuove tecnologie.
3. La mancanza di stazioni di ricarica e rifornimento.

Questo viene riconosciuto come un circolo vizioso che deve essere interrotto in prima battuta dai paesi stessi e viene percepito come una delle priorità da risolvere anche dagli operatori del mercato. Questo è dovuto al fatto che non vengono costruite stazioni di rifornimento poiché non ci sono abbastanza veicoli da rendere questo settore economicamente attrattivo per gli odierni, e ipoteticamente futuri, player. I veicoli, soprattutto quelli elettrici, ad oggi prodotti non sono venduti a prezzi competitivi perché la domanda è ritenuta insufficiente mentre per le versioni metano e GPL sono previste delle manovre di sconto specifiche e più volte reiterate durante l’anno. Il tutto risulta essere condizionato dal fatto che i consumatori non acquistano i veicoli perché, oltre ad essere ritenuti eccessivamente costosi, non percepiscono gli investimenti delle compagnie del settore riguardanti la creazione di una rete capillare di stazioni di rifornimento. La Commissione Europea propone pertanto un pacchetto di obiettivi vincolanti per gli Stati membri con un livello minimo di infrastrutture per combustibili puliti quali energia elettrica, idrogeno e gas naturale, nonché standard comuni a livello di Unione Europea per le attrezzature necessarie.

Siiim Kallas, Vicepresidente e Commissario responsabile per i Trasporti, ha dichiarato:

*“Lo sviluppo di combustibili innovativi e alternativi è un modo efficace per rendere l’economia europea più efficiente sotto il profilo delle risorse, ridurre l’eccessiva dipendenza dal petrolio e sviluppare un settore dei trasporti pronto a rispondere alle esigenze del XXI secolo. La Cina e gli Stati Uniti prevedono che entro il 2020 circoleranno complessivamente più di sei milioni di veicoli elettrici. Si tratta di una grande opportunità per l’Europa di assicurarsi una posizione solida in un mercato globale in rapida crescita.”*

Il pacchetto “Energia pulita per il trasporto” è composto da una comunicazione relativa a una strategia europea per i combustibili alternativi, una direttiva incentrata sulle infrastrutture e sulle norme e un documento di accompagnamento che descrive un piano d’azione per lo sviluppo di gas naturale liquefatto (GNL) nel trasporto marittimo.

Le principali misure proposte per le varie fonti sono:

1. Energia elettrica: la situazione relativa ai punti di ricarica varia sensibilmente all’interno dell’Unione Europea stessa. I paesi leader sono Germania, Francia, Paesi Bassi, Spagna e Regno Unito.

Nell'ambito di questa proposta, per ogni Stato membro sarà stabilito:

- 1.1. Un numero minimo di punti di ricarica che utilizzeranno lo stesso tipo di connettore. L'obiettivo è creare una massa critica di punti di ricarica in modo tale che le imprese garantiscano una produzione di massa delle automobili a prezzi ragionevoli e competitivi.
- 1.2. Un connettore universale a livello UE, è ritenuto un elemento essenziale per la diffusione di questo combustibile. Per porre fine all'incertezza del mercato, la Commissione ha annunciato l'uso del connettore di tipo 2 come standard comune per tutta l'Europa.
2. Idrogeno: Germania, Italia e Danimarca dispongono già di un numero significativo di stazioni di rifornimento di idrogeno, anche se alcune non sono accessibili al pubblico. Per alcuni elementi, come ad esempio i tubi per carburante, sono ancora necessarie norme comuni. In virtù della presente proposta, le stazioni di servizio esistenti saranno collegate tra loro in modo da formare una rete soggetta a norme comuni che garantiscano la mobilità dei veicoli a idrogeno. Questo vale per i 14 Stati membri che dispongono attualmente di una rete per l'idrogeno.
3. Biocarburanti: rappresentano già quasi il 5% del mercato. Funzionano come combustibili miscelati e non richiedono alcuna infrastruttura particolare. Una delle sfide principali consisterà nell'assicurare la loro sostenibilità.
4. Gas naturale liquefatto (GNL) e compresso (GNC): il GNL viene utilizzato per il trasporto per via acqua, sia marittimo che per vie navigabili interne. Le infrastrutture per il rifornimento di GNL per le navi sono ancora in fase iniziale: soltanto la Svezia è provvista di alcune infrastrutture per navi marittime e altre sono previste in vari Stati membri. La Commissione propone che vengano installate stazioni di rifornimento di GNL in tutti i 139 porti marittimi e interni della rete centrale transeuropea rispettivamente entro il 2020 e il 2025. Non si tratta di importanti terminali di gas, bensì di stazioni di rifornimento fisse o mobili. Questa misura riguarda tutti i principali porti dell'Unione.
5. GNL: il gas naturale liquefatto è utilizzato anche per gli autocarri, ma nell'Unione ci sono soltanto 38 stazioni di servizio. La Commissione Europea propone che, entro il 2020, vengano installate stazioni di rifornimento ogni 400 km lungo le strade della rete centrale transeuropea.
6. GNC: il gas naturale compresso è utilizzato principalmente per le autovetture. Attualmente questo combustibile è utilizzato da un milione di veicoli, pari allo 0,5% del parco automobilistico continentale (il settore punta a decuplicare questo dato entro il 2020). La proposta fatta vuole garantire che, entro il 2020, siano disponibili in tutta Europa punti di rifornimento accessibili al pubblico con norme comuni e ad una distanza massima di 150 km.
7. GPL: gas di petrolio liquefatto. Non è prevista alcuna azione per il GPL, poiché le infrastrutture di base esistono già e si ritengono ben capillarizzate.

Gli Stati membri saranno in grado di attuare questi cambiamenti senza dover necessariamente ricorrere alla spesa pubblica, mediante la modifica di norme locali che promuovano gli investimenti e l'orientamento del settore privato. L'Unione Europea offre già oggi il proprio sostegno attraverso i fondi TEN-T, strutturali e di coesione, per lo sviluppo del sistema infrastrutturale di ricarica dei combustibili alternativi.

<b>Stati membri</b>	<b>Infrastrutture esistenti 2011</b>	<b>Obiettivi proposti in materia di infrastrutture accessibili al pubblico entro il 2020</b>	<b>Piani degli Stati membri relativi al numero di veicoli elettrici per il 2020</b>
Austria	489	12 000	250 000
Belgio	188	21 000	-
Bulgaria	1	7 000	-
Cipro	-	2 000	-
Repubblica Ceca	23	13 000	-
Germania	1 937	150 000	1 000 000
Danimarca	280	5 000	200 000
Estonia	2	1 000	-
Grecia	3	13 000	-
Finlandia	1	7 000	-
Francia	1 600	97 000	2 000 000
Ungheria	7	7 000	-
Irlanda	640	2 000	350 000
Italia	1 350	125 000	130 000 <i>(entro il 2015)</i>
Lituania	-	4 000	-
Lussemburgo	7	1 000	40 000
Lettonia	1	2 000	-
Malta	-	1 000	-
Paesi Bassi	1 700	32 000	200 000
Polonia	27	46 000	-
Portogallo	1 350	12 000	200 000
Romania	1	10 000	-
Spagna	1 356	82 000	2 500 000
Slovacchia	3	4 000	-
Slovenia	80	3 000	14 000
Svezia	-	14 000	600 000
Regno Unito	703	122 000	1 550 000

Tabella 13: Sono indicati il numero di installazioni effettuato, il valore obiettivo imposto dall'Unione Europea ed il valore autoimposto da ciascun Paese. Fonte: Unione Europea.

## **Parte VIII: Car Sharing.**

### **8.1. Introduzione**

L'urbanizzazione dei giorni nostri sta generando nuove problematiche, fra cui il traffico cittadino. La congestione delle strade, e quindi il tempo "perso" da ogni persona in coda, è stato valutato dall'economia americana ben 78 miliardi di dollari nel 2005, portando a 4.2 miliardi le ore perdute in code estenuanti, oltre all'inquinamento ed allo spreco di carburante. Questi costi stanno crescendo dell'8% all'anno così come il degrado dell'aria. Diverse stime suggeriscono che i costi legati al traffico – nelle città dei paesi sviluppati e in via di sviluppo - siano tra l'1 e il 3% del PIL. Ogni automobile privata in Europa genera costi sociali di circa 16.000 euro ogni dieci anni in termini di incidentalità, inquinamento, congestione, rumore e contributo al riscaldamento globale, per un totale di **373 miliardi di euro all'anno**. Nelle città dei paesi emergenti i cittadini che usano prevalentemente il proprio veicolo sono oggi una porzione minore rispetto al 75-90% dei paesi più sviluppati. Al crescere del numero di auto private, da meno di una ogni 10 abitanti a tre o più, aumenterà di conseguenza la pressione sulle infrastrutture dei trasporti.

È in questo panorama che prendono forma varie iniziative, collegate al veicolo elettrico, per ridurre al minimo l'utilizzo dell'auto e quindi cercare di minimizzare code, inquinamento ed i problemi di parcheggio.

Il primo esempio di car sharing fu ideato dall'ingegnere-imprenditore-corridore belga Camille Jenatzy, figlio di un fabbricante di pneumatici, che aveva fondato una fabbrica di veicoli elettrici vicino a Parigi nel 1888. Il suo business model era estremamente moderno vista l'epoca storica: mettere a disposizione veicoli in stazioni di ricarica simili a quelle che oggi vengono chiamate "colonnine". L'idea si basava sull'obiettivo di consentire agli utenti di noleggiare con costi estremamente contenuti tali veicoli, opportunamente distribuiti nell'area urbana per i propri spostamenti, con il vantaggio di poterli lasciare nella colonnina più vicina alla propria destinazione. La geniale proposta era ciò che oggi chiameremmo car sharing e guardava già ad un modello di mobilità urbana sostenibile e condivisa.

### **8.2. Progetti italiani**

Di seguito sono elencati i principali obiettivi principali che i progetti di car sharing si propongono di raggiungere:

1. Garantire la diminuzione del numero di veicoli in strada (ogni vettura in car sharing "elimina" 6/8 veicoli di proprietà). Questo vuol dire cambiare la modalità di utilizzo della vettura: la condivisione. Questo aspetto è innovativo perché vorrebbe dire passare dall'auto di proprietà ad un'auto condivisa, prenotabile per gli orari in cui si necessita (quindi sempre disponibile) senza più dover sostenere il costo per l'acquisto di una vettura.
2. Assicurare una diminuzione della densità del traffico e quindi una maggiore fluidità delle aree più congestionate della città;
3. Garantire la circolazione di veicoli di più recente immatricolazione (anzianità media inferiore a tre anni) e quindi in linea con gli standard fissati dalla Unione Europea relativamente ai consumi di carburante, alle emissioni inquinanti e alla sicurezza;

4. Consentire un noleggio dell'auto o scooter a costi più contenuti di un taxi o di una società di autonoleggio tradizionale (Milano-Malpensa costa rispettivamente: car sharing sono 5€ per un'ora (lasso di tempo plausibile per percorrere l'itinerario), taxi circa 85€, noleggio tradizionale circa 60€).

### 8.2.1. e-Vai

SEMS (società controllata da Trenord) ha iniziato la sua attività dai primi anni 2000 come società di noleggio a lungo termine di vetture elettrificate rivolte soprattutto alle amministrazioni pubbliche, ospedali o imprese. Alla fine del 2010 SEMS lancia il progetto e-Vai, offerto inizialmente solo alla città di Milano ed in particolare dalla Stazione di Cadorna e successivamente è stata ampliata la capillarità del sistema in altre zone di Milano e della Lombardia. Attualmente, infatti, il servizio e-Vai è presente nella Stazione di Milano Cadorna, nella Stazione di Milano Bovisa, nel Centro Direzionale Leoni (Milano), nella Stazione di Como Lago, all'aeroporto di Linate e Malpensa, Pavia, nella Stazione di Lodi, le città di Legnano, Varese, Travedona Monate, Cuggiono, Cremona, Casalmaiocco, Magenta, Maccagno, Alzate Brianza, Mariano Comense e Laveno Mombello. È un servizio basato su un'idea innovativa di mobilità, che permette all'utente di prelevare in qualsiasi momento il veicolo elettrico a disposizione, per un qualsiasi arco temporale, in alternativa al possesso del mezzo privato.

Per quanto riguarda il parco auto disponibile, essendo un progetto puramente ecologico, opera nel pieno rispetto dell'ambiente, disponendo di sole auto elettriche e bifuel. e-Vai permette il noleggio di auto elettriche quali: Peugeot iOn, Mitsubishi i-MiEV, Citroen C-zero, Fiat Panda mentre per quanto riguarda le automobili a basso impatto ambientale Euro 5 e GPL, sono disponibili la Fiat Punto EVO, la 500 twinair e la Panda twinair, la Citroen C3 bifuel.

L'iscrizione al servizio può avvenire tramite internet o presso gli "e-Vai point" con la possibilità di scegliere tra due diversi profili clienti: Gold o Silver (tariffe differenziate in base alla frequenza d'uso del servizio). L'auto si può prenotare contattando il numero verde, dal sito del servizio o direttamente presso un punto e-Vai. L'apertura e la chiusura del noleggio avviene tramite la ricezione e il successivo invio di un SMS dal servizio e-Vai: 20 minuti prima dell'orario di ritiro prestabilito verrà inviato all'utente un SMS con i codici di sblocco della vettura.

Per utilizzare la vettura è necessario inoltrare (non rispondendo) l'SMS ricevuto al numero predisposto, mentre per riconsegnare l'auto dovrà essere inoltrato lo stesso SMS al numero, sostituendo solo la parola APRI con CHIUDI.

In quanto ai costi, il servizio dispone di tariffe diversificate per andare incontro pienamente alle esigenze dei clienti, che cambia a seconda del noleggio di un'auto elettrica o endotermica.

1. Tariffa oraria:
  - a. Tariffa veicoli elettrici: 5 euro/ora. Nessun costo chilometrico.
  - b. Tariffa veicoli endotermici: 2,4 euro/ora. Costo chilometrico: 0,48 euro/km.
2. Tariffa giornaliera (24H):
  - a. Elettrico: 60 €
  - b. Endotermico: 28,80 € (escluso costo chilometrico)
  - c. Maggiorazioni applicate: Riconsegna presso e-vai point in un'altra città rispetto a quello di ritiro: 15 € .

3. Tariffa annuale:
  - a. Clienti Gold :
  - b. Quota annuale: 0€
  - c. Versamento iniziale: 50 euro convertiti in credito prepagato.
  
4. Clienti Silver :
  - a. Quota annuale: 0€
  - b. Costo fisso aggiuntivo per ogni noleggio: 5 €
  - c. Pagamento solo tramite carta di credito.



Figura 72: Punto car sharing E-Vai presso la stazione Trenord Bovisa – Politecnico.

Con il noleggio di un'auto e-Vai, l'abbonato gode del libero accesso a corsie preferenziali e ZTL, ha la possibilità di circolare anche in caso di blocco del traffico, può parcheggiare gratuitamente sia sulle linee blu che su quelle gialle ed è esente da alcun costo fisso, dato che paga l'effettivo uso del veicolo.

### 8.2.2. GuidaMi

Il servizio GuidaMi è strettamente offerto dal Comune di Milano e ha pressoché le stesse funzionalità di e-Vai con la differenza che non dispone esclusivamente di auto elettriche, bensì la maggior parte dei veicoli sono a combustione interna. Il noleggio GuidaMi permette all'utente di pagare l'effettivo uso della vettura, senza incorrere nei costi di rifornimento, manutenzione, tasse e assicurazioni. Infatti, nel noleggio sono inclusi carburante, assicurazione Kasko e PAI (Assicurazione Personale contro gli Infortuni), copertura furto e incendio, tagliandi, manutenzione e pulizia. Le auto sono a disposizione 24 ore su 24, ed è possibile viaggiare con un'auto GuidaMi prelevata sul territorio milanese in tutta Italia, in Svizzera e nei paesi dell'Unione Europea.

Il servizio si estende in oltre 85 aree di Milano e province e, aderendo al circuito di car sharing nazionale IO Guido, offre inoltre la possibilità di prenotare i veicoli anche a Bologna, Brescia, Firenze, Genova, Padova, Palermo, Parma, Roma, Savona, Torino e Venezia.



Figura 73: Smart ForTwo elettrica utilizzata nel car sharing GuidaMi.

L'iscrizione al servizio può essere effettuata online o presso una delle agenzie preposte. Per la prenotazione dell'auto esiste la modalità online (gratuita) oppure è si può realizzare tramite il call center (0,5 €). Per l'utilizzo di un veicolo GuidaMi è necessario possedere la Smart Card, che verrà rilasciata al termine dell'iscrizione al servizio. Per avviare l'auto, infatti, bisogna appoggiare la suddetta carta al parabrezza dell'auto in modo tale che si aprano le portiere e che si possano recuperare le chiavi disposte nel vano porta oggetti. A fine utilizzo vanno riposte le chiavi nel vano portaoggetti e va premuto il tasto Rilascia. Una volta scesi dalla macchina, si appoggiano le chiavi sul parabrezza cosicché le porta si chiudano e termini l'utilizzo.

Il servizio ha un costo di iscrizione di 120 € annuo, IVA inclusa, e prevede una tariffa binaria, che consiste cioè nella somma del costo del tempo di utilizzo e dei km percorsi in funzione del modello di vettura scelto. Sono previsti due regimi tariffari, orario e giornaliero. La scelta tra oraria o giornaliera viene operata automaticamente dal sistema in fase di fatturazione.

Esiste però un tempo minimo di utilizzo di un'ora, mentre, al massimo, il veicolo può essere utilizzato per 72 ore consecutive.

L'iscrizione è personale, anche se, è possibile iscrivere i propri familiari i cui viaggi e costi faranno tutti capo al singolo abbonamento e alla carta di credito indicata nell'atto dell'iscrizione. Sono previste convenzioni e sconti sull'abbonamento annuale (abbonati annuali ATM, over 65, giovani sotto 26 anni).

### **8.2.3. BEE green mobility sharing**

Il 5 Settembre 2012 nasce a Napoli il servizio di mobilità totalmente ecocompatibile che consente ai cittadini di avere a disposizione un'auto o una bici elettrica senza doversi occupare delle incombenze connesse al possesso di una vettura (dall'acquisto alla manutenzione o il pagamento di assicurazioni e bolli). Statisticamente, si ritiene che ogni BEE sia in grado di sopperire alle esigenze di 50 utenti.

I vantaggi di Bee per la mobilità elettrica sono:

1. Libero accesso alle ZTL e alle isole pedonali;
2. Prenotazione online o presso i punti Bee;
3. Lasciare l'auto in appositi parcheggi;

- 4. Pagare solo l'utilizzo;
- 5. Risparmio dei costi di assicurazione, carburante e manutenzione.

	LA TUA AUTO*	BEE
ACQUISTO	€ 13.500	€ 15 / mese
COSTO AL MINUTO	-	€ 0,15
ASSICURAZIONE	€ 1.300	0
CARBURANTE	€ 792* / 10.000 km anno	0
MANUTENZIONE	€ 460	0

Figura 74: Costi servizio Bee.

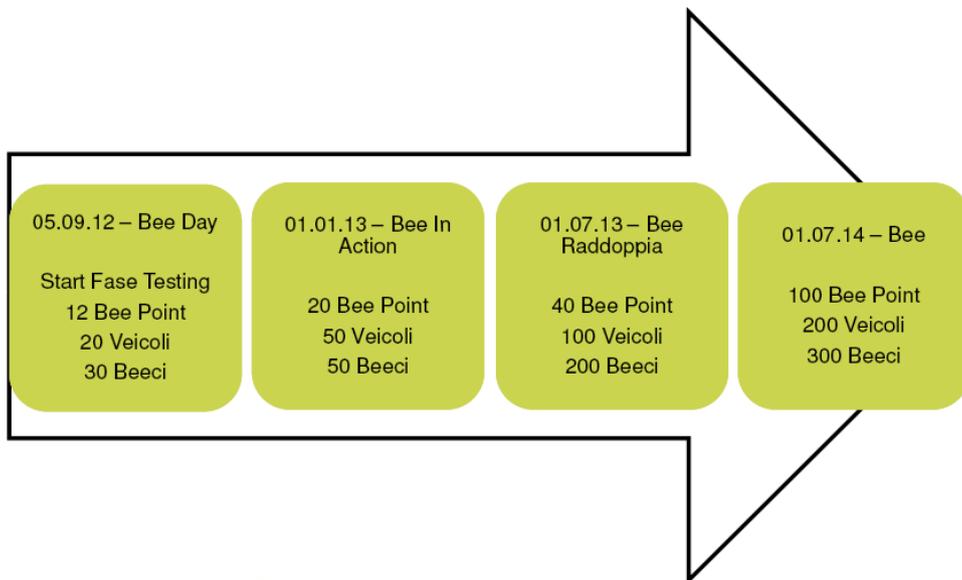


Figura 75: Sviluppo di Bee.

### 8.2.4. Ci.Ro. – City Roaming

Napoli è senza dubbio una delle città più trafficate d'Italia e proprio da questo ha preso spunto il progetto Ci.Ro., che si pone l'obiettivo di realizzare un sistema di mobilità urbana ecosostenibile, condivisa e intelligente.

La città di Napoli è caratterizzata da un'elevatissima densità di popolazione (8.179,62 ab/kmq, con 959.224 ab., e 117,27 kmq), da un'ingente inquinamento ambientale ed acustico e da un'elevata concentrazione di piccole attività commerciali all'interno delle ZTL e del centro storico, tutti fattori che spingono verso lo sviluppo di un'efficiente progetto di mobilità sostenibile.

Mediante il progetto Ci.Ro., il Comune di Napoli vorrebbe dare una svolta alla logistica urbana, sia dal punto di vista dei trasporti delle persone, sia da quello delle merci creando un servizio di noleggio “lascia e prendi”, caratterizzato dalla condivisione (van sharing) di furgoni con capacità di carico compresa tra i 650 ed 800 kg.

Il progetto Ci.Ro. ha l'intenzione di implementare le infrastrutture per il suo servizio, mediante la costruzione di parcheggi e stazioni di car e van sharing, volti anche alla produzione di energia e alla comunicazione con il sistema per la risoluzione di pratiche amministrative.

Il progetto Ci.Ro. è stato realizzato partendo dall'analisi dei principali punti di debolezza dei sistemi di car sharing già in vigore. Tra i principali problemi analizzati, sia a livello interno che a livello dell'utenza, vi sono sicuramente la difficoltà di accesso al servizio, le scarse utilità di sistema e la sostenibilità economica. Una volta compiuta un'attenta analisi, l'obiettivo tecnologico da implementare è l'introduzione di servizi di mobilità ecosostenibile interattivi e personalizzati, supportati dall'uso di hardware e software volti alla creazione di una relazione tra il servizio di mobilità ed il territorio.



Figura 76: Simbolo del progetto Ci.Ro.

Per quanto concerne la tariffazione, Ci.Ro. vuole creare i propri listini basandosi sullo status dell'utilizzatore, andando incontro anche agli individui meno abbienti.

Inoltre, sono previsti circa 100 veicoli elettrici in sharing, di cui 20 specializzati esclusivamente al trasporto merci (van sharing) e gli altri 80 ripartiti tra quadri cicli e autovetture a 4 posti. Il settore commerciale, infatti, è considerato particolarmente importante per gli effetti positivi che potrebbe avere sulla gestione delle attività commerciali, soprattutto all'interno delle aree ZTL.

I principali indicatori di sistema sono:

1. Rapporto ore/giorni per veicolo	3,5
2. N° ore annue utilizzo veicoli	123.000
3. km/ore annue	8,18
4. Costo ipotetico ora per 8,18 km (€)	12,13
5. km totali percorsi in ambito urbano	1.000.209,50

6. Minori emissioni di CO <sub>2</sub> (kg)	80.016,76
7. kwh risparmiati dal sistema mobilità integrata	160.000,00
8. N° medio di minori veicoli in circolazione a motore termico/anno	360.000,00

I benefici che si attendono dal successo del progetto Ci.Ro. sono sicuramente la riduzione delle emissioni dirette ed indirette dovute alla diminuzione dei veicoli in circolazione; l'incremento dell'uso dei veicoli elettrici, il cui consumo da fonti tradizionali sarà compensato da impianti ad energie alternative opportunamente dimensionati; un aumento della qualità della vita grazie alla riduzione delle sostanze nocive emesse, dell'inquinamento ambientale ed acustico. Non meno importante è anche la possibilità di condivisione delle informazioni tra Pubblica Amministrazione e cittadini, oltre ai minori costi sociali determinati dalla minimizzazione degli incidenti, della manutenzione e delle malattie da inquinamento urbano.

### **8.3. Progetti Europei**

#### **8.3.1. Autolib**

Il servizio di carsharing totalmente elettrico di Autolib nasce dal gruppo Bolloré e rappresenta sicuramente un esempio di eccellenza a livello europeo e mondiale. Il loro modello di trasporto è incentrato su una auto elettrica, detta "bluecar", di facile utilizzo con un'autonomia di circa 250 Km ed alte prestazioni grazie ad un'unica tecnologia a livello della batteria (LMP). Il parco auto è composto da 1740 (dato 30 Maggio 2012) bluecars che possono rifornirsi presso circa 700 (dato 1° Ottobre 2012) colonnine di ricarica in tutta Parigi e dintorni. Attualmente Autolib può vantare un parco clienti di oltre 40'000 abbonati di cui 13'500 premium (dato Agosto 2012) e oltre 600'000 noleggi.

All'inizio del 2013, è stato avviato lo stesso progetto nelle città di Lione e Bordeaux, con l'obiettivo di raggiungere i 90 veicoli, 40 parcheggi dedicati e 180 stazioni di ricarica entro Settembre 2013. Inoltre, la società sta valutando possibili investimenti in alcune delle città asiatiche più importanti, poiché famose per essere tra le più congestionate al mondo.

Il funzionamento è semplice:

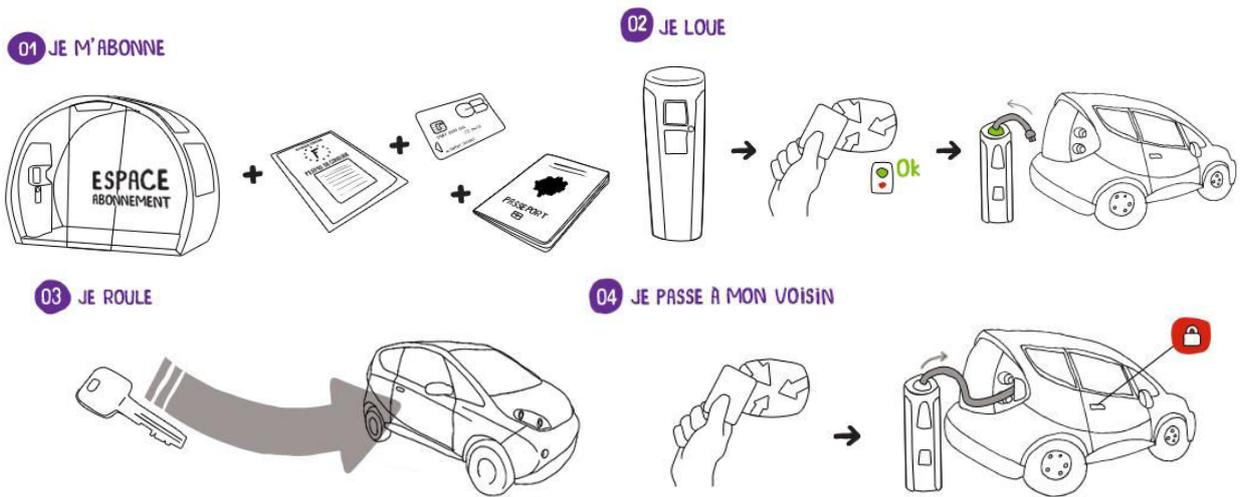


Figura 77: Funzionamento di Autolib.



Figura 78: Blue Car.

Specifiche della Blue Car:

- Un'autonomia di 250 km (ciclo urbano);
- 4 posti a sedere;
- 100% della potenza elettrica;
- Lunghezza: 3,65 m, Larghezza: 1,70 m, altezza: 1,61 m;
- Portabagagli : 350 dm<sup>3</sup>;

Gruppo motopropulsore e batteria:

- Picco Potenza motore: 50 kW
- Uscita normale del motore: 35 kW
- Batteria BatScap LMP
- Densità di energia: 30 kWh

- Tensione: 410 V
- Built-in caricatore: 16 A
- Tempo di ricarica completa: 8 ore

Per quanto riguarda i costi di utilizzo, come tutti i servizi di car sharing, Autolib offre una serie di tariffe differenziate, in modo da garantire un'elevata flessibilità e appetibilità del servizio.

Subscription time	Subscription rates	Rental rates
One year	144 €	0,17 €/min - 5€ per half an hour
One month	30 €	0,20 €/min - 6€ per half an hour
One week	15 €	0,23 €/min - 7€ per half an hour
One day	10 €	0,23 €/min - 7€ per half an hour

Group rates	Subscription	Tarif hors forfait
16 hours/month	165 € shared	0,25 €/min
During a year	Between 1 and 4 users	7.5 € per half an hour

Tabella 14: Tariffe Autolib. Fonte: Autolib.

Analizzando i profili dei clienti del servizio Autolib, è emerso che il 70% degli utilizzatori sono uomini e il 30% sono donne, con quest'ultima percentuale in forte crescita. L'età media è compresa tra i 25 e i 49 anni e, la maggioranza, vive a Parigi (57%).

I viaggi con una Blucar, secondo le statistiche, è generalmente un viaggio di sola andata, da un generico punto A ad un punto B, con una durata media di circa 42 minuti. Il 67% dei trasporti mediante il servizio Autolib avviene all'interno della città di Parigi, mentre un terzo dei viaggi comprende anche i dintorni della città.

Gli obiettivi per il 2013 di Autolib sono alquanto ambiziosi: raddoppiare sia il numero di bluecars che di colonnine (passando, rispettivamente, a 3000 e 1050).

### 8.3.2. CAR2GO

Car2go è una società satellite della Daimler AG rivolta ai progetti di car sharing.

*“La mobilità del futuro è già realtà. La Smart fortwo elettrica è in consegna a moltissimi clienti in 18 paesi di tutto il mondo. E Car2go, il nostro progetto di mobilità innovativa, è stato un successo sia in Germania sia in USA”* afferma Dr. Dieter Zetsche, amministratore delegato di Daimler AG e

Mercedes BenzCars. *“Fisseremo presto nuovi standard in questo mercato unendo due concetti intelligenti come sostenibilità e mobilità individuale.”*

Sono oltre 100 mila gli utenti del servizio Car2go, funzionante attualmente in circa tredici città nel mondo. È già stata raggiunta la quota di 2 milioni di noleggi evidenziando quindi le enormi potenzialità del servizio. Inoltre, dato il grande successo, è possibile una prossima apertura anche in Italia.



Figura 79: Smart ED di Car2go.

Car2go dispone di enorme flotta auto, formata da oltre quattromila Smart, di cui 625 elettriche, situate in 13 diverse città di Canada, USA, Inghilterra, Olanda, Francia, Germania e Austria. Il progetto è stato lanciato dal gruppo Daimler (Mercedes e Smart) nel 2009, anno in cui vennero messe in servizio le prime Smart ad Austin negli USA e a Vancouver in Canada. Il servizio ha l'obiettivo di sollecitare l'uso condiviso dell'automobile, basandosi esclusivamente sulla city car Daimler per eccellenza, la Smart. Il servizio ha avanzate modalità di funzionamento, caratterizzate da noleggi brevissimi, gestione tecnologica del servizio (anche mediante smartphone o tablet) e possibilità di prelevare e/o lasciare l'auto in qualsiasi punto o parcheggio del programma, le quali ne fanno una realtà molto interessante in grado di rispondere pienamente alle esigenze di mobilità sostenibile negli agglomerati urbani.

### 8.3.3. Getaround

Grazie anche alla diffusione di Internet, il connubio tra le due tecnologie, la rete e l'auto, permette la creazione di servizi ancora più avanzati di car sharing. In questo contesto è nata, nel maggio del 2011, la società Getaround, che fornisce i servizi di "peer-to-peer" car sharing più avanzati degli USA. Già presente a San Francisco, Austin, Portland e San Diego e Chicago, la società permette il noleggio del proprio veicolo ad altri automobilisti, applicando una tariffa oraria, attraverso un sito web. La società afferma che i ricavi medi per chi utilizza questo sistema sono di 350 dollari al mese. Inoltre, per chi l'auto la usa proprio sporadicamente, Getaround offre un altro servizio di noleggio, chiamato Getaway, che permette il noleggio per un minimo di 6 mesi, che include i costi di

manutenzione e di gestione del parco veicoli. Il mercato del peer-to-peer car sharing sta acquistando grande successo ed è in rapida crescita negli USA, tanto che, oltre a Getaround, stanno nascendo ulteriori concorrenti quali HiGear, RelayRides e Wheel.

Il funzionamento del servizio è abbastanza semplice in quanto i proprietari devono creare un profilo online per la propria auto e impostare gli orari, le tariffe giornaliere o settimanali. Possono scegliere a chi vogliono affittare il proprio veicolo, quando farlo e stabilire standard personali per la "qualità" del conducente. Il servizio utilizza un sistema di gestione del feedback tramite recensioni, opinioni e valutazioni in modo che i proprietari e gli affittuari possano esser consapevoli della persona con chi avranno a che fare.

Affittuari e proprietari effettuano le transazioni di noleggio on-line o attraverso i loro telefoni cellulari tramite un browser web, o attraverso SMS. Gli affittuari possono richiedere fino a cinque auto alla volta per un singolo periodo di noleggio. Il noleggio è fatto con il primo proprietario che approva la richiesta.

Sono richiesti determinati requisiti: gli affittuari devono avere almeno 19 anni e 2 anni di esperienza di guida e devono esser dotati di un valido account Facebook (come livello di protezione extra). Non possono parteciparvi chi ha fatto incidenti gravi, specialmente se correlati all'alcol. Infine, i veicoli devono avere meno di 150.000 km e essere stati immatricolati al più tardi nel 1995.

#### **8.4. Car pooling**

Il car pooling è una pratica che sta iniziando a diffondersi in Italia in questi anni ed è una forma di mobilità sostenibile senza, oggi, ricorrere all'uso dell'auto elettrica. In pratica consiste nella creazione di un database di utenti registrati presso un sito (ad esempio BlaBlaCar, CarPooling, CarPoolingPolimi...) nel quale si condivide l'itinerario che si deve percorrere e si cercano persone a cui dare un passaggio, senza variare significativamente il tragitto, condividendo quella che è la spesa per il viaggio e riducendo il numero di macchine presenti nelle strade.

Questo sistema viene utilizzato in quanto consente di effettuare viaggi in compagnia, riducendo i costi e collateralmente riducendo anche l'inquinamento prodotto dai trasporti. Inoltre, il car pooling consente di condividere non solo le tratte "pendolari", ma anche lunghi viaggi (Milano-Roma per esempio).

Questo sistema, soprattutto nel futuro con la prevista diffusione delle auto elettriche, potrà contribuire oltre che all'abbattimento dell'inquinamento prodotto anche alla riduzione del traffico in modo molto sensibile perché, a differenza del car sharing dove si condivide l'auto ma potenzialmente il viaggio si effettua da soli, il car pooling consentirebbe di fare meno viaggi "per macchina" cercando però di saturare la disponibilità di persone trasportabili. Inoltre, data l'economicità al chilometro delle auto elettriche, un eventuale car pooling elettrico sarebbe ancor più vantaggioso economicamente per gli utilizzatori.

### **Parte IX: Progetti in fase di sviluppo sulla mobilità elettrica.**

#### **9.1. Progetti italiani**

### 9.1.1. Progetto Hera - Emilia Romagna - Enel

Un possibile passo avanti per lo sviluppo della mobilità elettrica in Emilia-Romagna e, conseguentemente in Italia, potrebbe essere dato dal progetto “L’Hera della mobilità elettrica in Emilia-Romagna”.

La Regione Emilia Romagna ha siglato un accordo con Enel ed i comuni di Bologna, Reggio Emilia e Rimini nel 2010 e col Gruppo Hera il 19 Settembre 2011, riuscendo ad ampliare la rete di comunality coinvolte inserendo Modena e Imola, già coinvolte nel progetto regionale “Mi Muovo elettrico” ed integrate in esso. Questi due progetti pilota sono basati sullo sviluppo di infrastrutture innovative per la ricarica dei veicoli elettrici destinati al trasporto di persone e di merci, da installare in sede sia pubblica che privata, nelle città coinvolte cercando di creare una delle prime configurazioni interoperabile tra utility differenti per l’erogazione di energia elettrica sotto la supervisione della Regione.

A partire dall’estate 2011 Hera S.p.A. ha iniziato l’installazione di 10 stazioni di ricarica pubblica in ogni comune a servizio di un parco circolante di mezzi elettrici già piuttosto sviluppato, fortemente sostenuto dal Gruppo Hera stesso e dai suoi partner grazie ai quasi 100 veicoli.

Il progetto si basa sull’installazione del medesimo hardware e software per la realizzazione dell’infrastruttura di ricarica lungo la via Emilia per rendere possibile l’interoperabilità delle colonnine di una società erogatrice con qualsiasi cliente (sia esso cliente Enel che Hera). Per utilizzare questo servizio basterà munirsi della tessera regionale “Mi muovo elettrico” come RFID identificativo, integrando così il contratto relativo alla mobilità elettrica alla tessera regionale dei servizi di trasporto, il bike sharing ed i futuri servizi collegati alla mobilità elettrica.

La rete sarà costituita da circa 100 punti di ricarica dislocati tra le varie città coinvolte dando così la possibilità di una prima mobilità extraurbana a percorrenza contenuta in modalità esclusivamente elettrica consentendo inoltre un futuro orientato al mondo delle aziende per lo sviluppo della mobilità urbana, con particolare attenzione alla circolazione cittadina delle piccole merci, allo spostamento dei dipendenti tra le sedi territoriali e verso il proprio posto di lavoro.

La sperimentazione durerà fino al termine del 2015 e già ad oggi prevede l’installazione di altre colonnine private presso le sedi delle aziende supporter che hanno acquistato o che acquisteranno almeno un veicolo elettrico. Inoltre, con la seconda fase del progetto, a seguito della valutazione sulle erogazioni di energia delle stazioni di ricarica, potranno essere installate altre colonnine pubbliche per le quali sono già stati identificati i siti più idonei all’ubicazione.



Figura 80: Al centro Tomaso Tommasi di Vignano (Gruppo Hera) sigla il protocollo d'intesa.

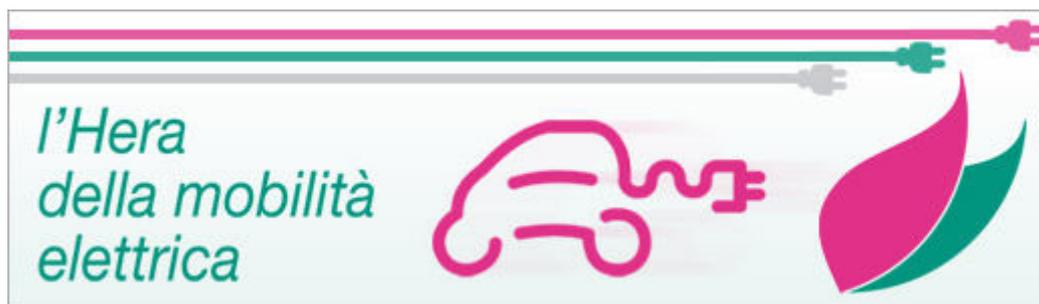


Figura 81: Simbolo del progetto Hera sulla mobilità elettrica.

Si vuole in questo modo rapidamente definire un primo asse della mobilità elettrica a beneficio dei cittadini che, abitualmente, si muovono lungo la direttrice della via Emilia grazie al primo progetto in Italia di respiro regionale e grazie alla collaborazione tra il Gruppo HERA ed Enel che, condividendo la stessa tecnologia di ricarica e gli stessi sistemi di gestione delle stazioni di ricarica, permetteranno ai proprietari delle auto elettriche di trovare punti di ricarica a intervalli di circa 30 km fra Reggio Emilia e Rimini.

Ad oggi sono state installate circa 40 stazioni di ricarica e sono state effettuate dalla fine del 2011, anno in cui è iniziato il progetto, ad oggi 527 ricariche, erogando circa 2756 kWh di energia elettrica che ha consentito di evitare l'emissione di 2854 kg di anidride carbonica.

### 9.1.2. E-Mobility Italy

E-mobility Italy è il progetto ideato da Enel che ha come obiettivo lo sviluppo della mobilità elettrica nelle varie città italiane con la partecipazione di Siemens per la fornitura del centro di controllo operativo.

La sperimentazione prevede la diffusione di 100 auto elettriche alimentate da 400 punti di ricarica distribuiti nelle città pilota Roma, Milano e Pisa.

Enel, per la creazione del progetto, fornisce l'infrastruttura di ricarica intelligente in grado di dialogare con le vetture e di riconoscerle e conseguentemente erogare la ricarica elettrica richiesta. I punti di rifornimento delle auto elettriche saranno ubicati in parte per le strade delle tre città campione (colonnine pubbliche) ed in parte presso le utenze installate nei garage, box o parcheggi privati (le cosiddette home station). Il costo della fornitura di energia elettrica sarà di 25 € al mese senza limite di utilizzo.

Le 100 auto elettriche utilizzate in questo progetto sono tutte "Smart Fortwo electric drive" del gruppo Daimler, dotate di batterie agli ioni di litio con una autonomia di circa 135 km. I clienti selezionati per il progetto sosterranno un canone mensile di 480 € iva compresa per il noleggio e la manutenzione ordinaria dei veicoli concessi per 48 mesi oltre ai costi di ricarica mensili sopracitati.

Nei 4 anni di sperimentazione si prevede si riesca ad evitare l'emissione in atmosfera di 600 tonnellate di CO<sub>2</sub> nelle aree urbane interessate.

Questo progetto è integrato con "Car2Go", il progetto di car sharing internazionale di cui Enel è uno dei principali partner e sviluppatori con Daimler (che ha ottenuto l'esclusiva sull'auto elettrica utilizzata con la Smart).

I partner di questo progetto sono in continua crescita, basti pensare che ad oggi sono coinvolti più di 140 veicoli elettrici per le società coinvolte le quali risultano ad oggi molto soddisfatti dell'adesione a questo programma poiché hanno riconosciuto nell'auto elettrica vantaggi quali l'accesso alle ZTL, parcheggi a pagamento, effettivi benefici economici in termini di risparmio sul carburante. Inoltre, grazie al successo di questo progetto, Daimler ha deciso di proporre anche in Italia la "Smart

forTwo electric drive” al costo di 15900 € con il noleggio della batteria (54 €/mese) oppure 19000 € tutto incluso.

### **9.1.3. Progetto “Green Line”**

Questo progetto coinvolge i comuni di Albino, Nembro, Pradalunga, Villa di Serio e Seriate (eccezion fatta per quest’ultimo, sono situati tutti in Val Seriana) nel tentativo di sviluppare la mobilità elettrica lungo la valle bergamasca fino alla città di Bergamo e l’aeroporto di Orio al Serio. Questo progetto ad oggi è in fase di studio e definizione dei dettagli per la fase di avvio e ha subito un rallentamento a causa del blocco degli incentivi regionali lombardi dalla nuova giunta. Infatti, se questi dovessero essere sospesi definitivamente, a detta dell’architetto Leo, rappresentante del Comune di Nembro per il progetto, si ritiene possa essere sospeso l’intero progetto a causa dell’eccessivo costo non sostenibile dai singoli comuni (anche a causa dell’impossibilità di spesa imposta dal “Patto dei Comuni”).

La proposta di intervento prevede la realizzazione di 140 stazioni di Eco-Ricarica e 280 Green Parking (parcheggi riservati ai veicoli elettrici) riservati distribuiti nei Comuni di Villa di Serio, Albino, Pradalunga, Nembro e Seriate nei prossimi 3-4 anni.

I luoghi sono stati individuati scegliendo i centri commerciali e/o i supermercati, i complessi industriali e i luoghi pubblici con stazionamento di almeno 30 minuti.

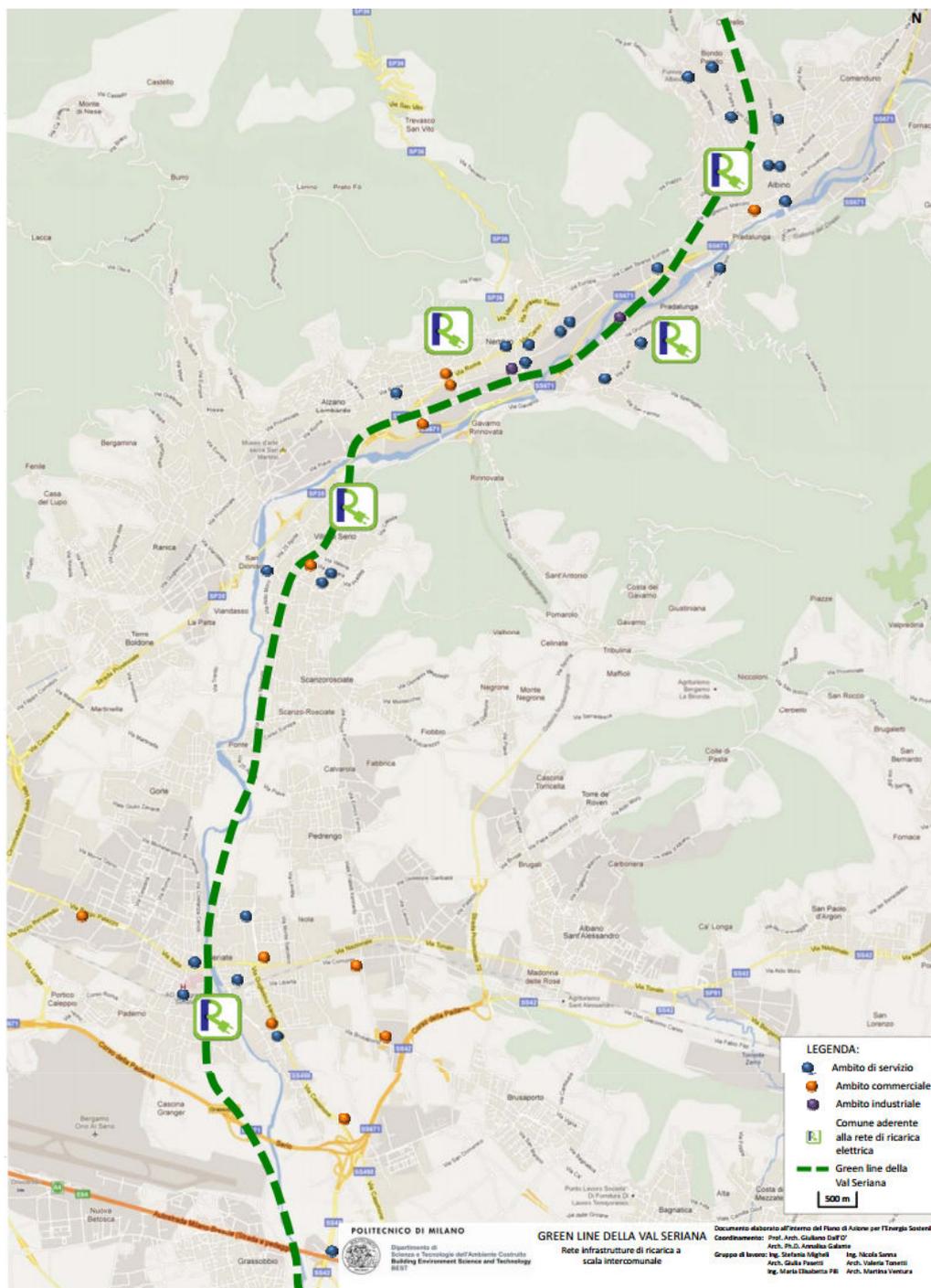


Figura 82: Mappa dei paesi coinvolti dal progetto Green Line e disposizione di alcuni dei punti di ricarica.

#### 9.1.4. Parma “Zero Emission City”

Il comune di Parma ha iniziato questo progetto per consentire la diffusione della mobilità elettrica con l'obiettivo di diventare la prima città al mondo a “zero emissioni” per il trasporto.

Iniziato nel 2011, è stato posto l'obiettivo di installare 100 colonnine entro l'anno di avvio e 300 entro il 2015.

Per consentire ciò, sono stati stanziati ingenti finanziamenti per un totale di 9 mln € di cui: 1.9 nella fase di start up per l'installazione delle infrastrutture di ricarica.

Garantire 6000€ di incentivo per l'acquisto di auto elettriche.

Acquistare 100 veicoli elettrici nel 2011 e portare questo numero a 1000 nel 2015

Ad oggi siamo significativamente lontani da questi numeri poiché quando manca poco più di un anno e mezzo al termine prestabilito sui 4 totali, in Italia sono presenti poco più di 600 veicoli in totale (con 140 suddivisa tra Milano, Roma e Pisa nel progetto E-Mobility Italy, 110 circa nel car sharing E-Vai e le altre vetture coinvolte in altri progetti o di privati cittadini al di fuori di Parma) Come nota negativa di questo progetto, sono state trovate delle irregolarità nella comunicazione dei risultati ottenuti agli enti preposti dello Stato che ha deciso di sospendere l'erogazione degli incentivi dedicati al progetto. Inoltre, l'interesse relativo alla mobilità elettrica è andata scemando dalla metà del 2011 a causa dei problemi giudiziari di alcuni membri della giunta comunale<sup>22</sup>.

### **9.1.5. Progetto “Io zero: Emissioni, Consumi, Rumore”**

Questo progetto vuole coinvolgere l'intera regione Sicilia nel tentativo di integrare la mobilità elettrica con l'autoproduzione di energia necessaria al proprio fabbisogno energetico.

Il progetto si basa sulla diffusione di sistemi di produzione di energia elettrica da fonte solare sfruttando l'incentivazione statale in grado di far pesare sulle famiglie solo il costo assicurativo dell'installazione beneficiando però dell'energia prodotta.

Sfruttando l'accordo di fornitura di veicoli elettrici con Effedi<sup>23</sup> e “Maranello 4 Cycle”, si sta cercando di diffondere questi dispositivi per il trasporto urbano delle persone.

## **9.2. Progetti europei**

### **9.2.1. “Amsterdam electric”**

Nel 2009 la giunta comunale della città di Amsterdam ha lanciato il Piano d'Azione per la Mobilità Elettrica che mira a creare una città vivibile, sana e sostenibile in cui coesistano salubrità dell'aria, mobilità e sviluppo economico.

In questo progetto non sono coinvolte solo le auto private ed i veicoli commerciali, ma anche mezzi speciali (pulizia delle strade e carrelli elevatori), scooter e imbarcazioni (da diporto, da crociera sui canali, chiatte comunali, ecc.). Per incentivare la diffusione di veicoli a zero emissioni è stato necessario introdurre una valida e capillare rete di stazioni di ricarica in modo da garantire che gli utenti siano in grado di ricaricare i propri mezzi ovunque si trovino. Le prime installazioni verranno fatte in luoghi strategici come strade, aree di car sharing, parcheggi d'interscambio, depositi, società locali e garage municipali.

Nel periodo 2009-2012 le autorità cittadine hanno individuato le società che ogni anno percorrono un significativo numero di chilometri e che sono disposte a introdurre veicoli elettrici nella propria flotta, impegnandosi a diventare “ambasciatrici del trasporto elettrico”. Questo gruppo include taxi, compagnie del settore business to business e creativo, servizi di spedizioni e corrieri, società per alloggi sociali e car sharing. Per i cittadini e i turisti è stato inoltre attuato un servizio di car sharing in collaborazione con il progetto Car2go, che prevede la realizzazione di 1000 colonnine entro il 2012 a completare le 300 esistenti. Sul territorio sono già presenti 300 Smart elettriche, libere da vincoli di parcheggio poiché esse infatti possono essere restituite in qualsiasi area loro dedicata a qualsiasi ora.

Per supportare il passaggio ai veicoli elettrici, la città di Amsterdam, oltre a prevedere degli incentivi sull'acquisto, ha predisposto delle agevolazioni per i possessori. Durante i primi due anni in cui si svolge il progetto pilota, i parcheggi lungo le stazioni di ricarica pubbliche saranno gratuiti e l'energia elettrica utilizzata non avrà nessun costo per il cittadino poiché le spese saranno interamente coperte dal budget del progetto.

---

<sup>22</sup> Sono stati avviati procedimenti per corruzione a carico di persone vicine al sindaco e per il buco in bilancio che ha portato le dimissioni dello stesso Vignali.

<sup>23</sup> Realtà produttrice siciliana del settore.



Figura 83: Inaugurazione di Amsterdam Electric.



Figura 84: Smart ForTwo durante il processo di ricarica nel centro di Amsterdam.

### 9.2.2. “Source London”

Il progetto “Source London”, sviluppato dal Dipartimento dei trasporti in collaborazione con le autorità locali, mira a trasformare Londra nella “capitale europea del veicolo elettrico” come voluto dal sindaco Boris Johnson che ne possiede già uno. Questo piano per la mobilità elettrica è in piena fase di realizzazione e al momento prevede investimenti di 150 milioni £ (170 milioni €) che nel 2015 dovrebbero portare alla disponibilità di 25.000 punti di ricarica e a dotare la flotta municipale di 1.000 veicoli elettrici.

L’obiettivo è di avere a Londra 100.000 veicoli elettrici circolanti nel più breve tempo possibile rispetto ai 1.700 in uso oggi. Questo strumento avrà un ruolo fondamentale per raggiungere lo scopo finale proclamato dal sindaco: ridurre le emissioni di CO2 a Londra del 60% entro il

2025.

Il curatore del progetto è l'ente municipale "Transport for London" che si occupa di tutta la mobilità, non solo dei mezzi pubblici. Oggi i punti di ricarica sono 400 (giugno 2011) e dovrebbero diventare 1.300 entro la fine del 2013. La gara per la fornitura di colonnine è già stata avviata parallelamente a quella per i 1.000 veicoli elettrici per la flotta municipale, parte dei quali è stata dedicata ad altri enti pubblici o privati. Gli investimenti previsti per questi due interventi sono di 72 milioni di £ (82 milioni €).

È previsto anche un incremento del piano per altri 300 veicoli elettrici e ulteriori punti di ricarica in caso di richiesta d'acquisto collettivo da parte di altre organizzazioni, per un ulteriore investimento di 25 milioni di £ (28 milioni €). A febbraio 2010 un Consorzio pubblico/privato, guidato da Transport for London, si è assicurato 30 milioni £ (34 milioni €) in finanziamenti governativi per lo sviluppo di questo progetto. Di questo consorzio fanno parte operatori della grande distribuzione (Sainsbury's e Tesco), noleggio auto (Hertz, Europcar, Enterprise rent a car) e aziende energetiche (EDF Energy, Scottish&Southern Energy) oltre a Siemens e Nissan. Dei circa 7.500 punti di ricarica che dovrebbero essere attivi a primavera 2013, 6.000 sono previsti presso aziende, 500 lungo le vie cittadine, 330 in posteggi pubblici, 140 in aree di sosta di supermercati, 50 in corrispondenza della metropolitana e 120 presso associazioni automobilistiche.

I punti di ricarica saranno di tre tipi rispetto alla capacità di erogazione. Si parte da 3 kW, assimilabili a quelli in uso presso abitazioni che permetterebbero la ricarica completa di un'auto in 6-8 ore, per i quali è previsto un tetto massimo del costo unitario fissato a 3.500 sterline (4.000 euro). La carica rapida sarà affidata a colonnine di potenza compresa tra 7 e 43 kW (30 minuti – 3 ore i tempi indicativi per la ricarica completa) del costo stimato compreso tra 3.500 e 5.000 sterline (4.000 – 5.700 euro). Infine i grossi calibri, i punti da 50 – 250 kW che richiederebbero solo 15 – 20 minuti per rifornire un veicolo scarico. Importante anche il costo: l'amministrazione londinese conta di spendere tra 25.000 e 50.000 £ (29.000 – 57.000 €) per ciascuna di queste colonnine a ricarica rapida.

Per il trasporto pubblico sono già 56 gli autobus ibridi diesel-elettrico in circolazione a Londra; tra questi i popolari double decker. Nel 2011 dovrebbero diventare 300 mentre dal 2012 tutti i nuovi veicoli acquistati con motore termico saranno ibridi. Secondo Transport for London, la riduzione dei consumi e delle emissioni di CO2 risulta pari a "almeno il 30%", con abbattimento delle emissioni nocive di ossidi di azoto e monossido di carbonio e rumorosità media percepita. Quest'anno gli autobus ibridi saranno affiancati da una miniflotta di 5 veicoli elettrici alimentati da celle a idrogeno; Transport for London sta trattando per avere dall'Unione Europea finanziamenti per dotarsi di altri tre autobus a fuel cell.



Figura 85: Mitsubishi Miev utilizzata nel progetto.

### 9.2.3. Progetto Sainsbury's

Nel novembre 2009, la catena Inglese di supermercati Sainsbury's ha inaugurato la prima rete per la ricarica di veicoli elettrici nella città di Londra. Le stazioni di ricarica saranno utilizzabili gratuitamente da tutti i clienti e saranno disponibili in 11 punti vendita della città.

Il direttore commerciale Neil Sachdev ha dichiarato che, entro 10 anni, tutti i supermercati della catena presenti nei grandi centri abitati saranno dotati di punti di ricarica.

Le Fuel Cell, ovvero celle a combustibile, sono generatori che producono elettricità da idrogeno e ossigeno; generano la corrente chimicamente come delle batterie, ma diversamente da esse non si scaricano mai, continuano infatti a produrre energia fino a quando è fornito idrogeno.

Quest'affermazione è stata accolta con entusiasmo dal sindaco di Londra Boris Johnson, promotore del progetto destinato ai veicoli elettrici "Source London".

Nello stesso anno questa catena di supermercati ha iniziato un progetto pilota nel suo punto vendita a Gloucester installando delle piastre cinetiche nell'asfalto. Ogni volta che un veicolo vi transita sopra per accedere al parcheggio, abbassandola, genera energia che viene utilizzata dal punto vendita e si prevede che questo sistema sia in grado di produrre 30 kWh di energia verde ogni ora.

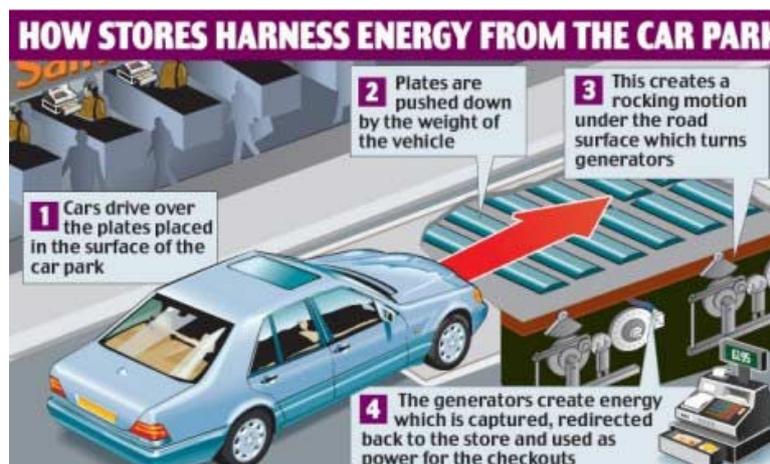


Figura 86: Funzionamento del processo di generazione dell'energia elettrica utilizzabile dal centro commerciale Sainsbury's.

#### 9.2.4. Progetto “Berlino elettrizza”

L'amministrazione cittadina insieme alla EMO- Agentur für Elektromobilität (Agenzia per la mobilità elettrica) ha redatto il progetto “Berlino elettrizza”, un programma d'azione per la mobilità elettrica per la città di Berlino che ha come obiettivo il raggiungimento di un milione di auto elettriche private in circolazione sul suo territorio entro il 2020. Il piano si basa sull'aiuto del governo, sugli investimenti nelle nuove tecnologie e sulla sponsorizzazione dei grandi produttori di auto per favorirne la diffusione.

I fondi pubblici stanziati per la realizzazione del progetto sono di 80 milioni di euro.

Per incentivare la diffusione sono previsti inoltre una politica di detassazione per 10 anni nei confronti di chi compra un'auto elettrica e una riduzione sulle imposte per le auto usate come mezzo di servizio, riferendosi quindi alle flotte aziendali.

Attualmente sono presenti 100 colonnine di ricarica pubbliche e altrettante private su tutto il territorio cittadino: sarà il Land di Brandeburgo a fornire la corrente elettrica pulita prodotta dai suoi campi di pale eoliche e fotovoltaico.



Figura 87: Simbolo del Berlin Elektrisiert!

## Parte X: Problematiche energetiche del futuro.

### 10.1. Introduzione

La situazione energetica della maggior parte dei paesi risulta oggi ben delineata: tutti presentano una forte dipendenza dai prodotti del petrolio per la produzione di energia, sia essa calore o elettricità.

Dalle ricerche e gli studi emersi negli ultimi anni sulle disponibilità delle fonti fossili, è emerso che vi sono riserve per soddisfare la domanda attuale per circa 50 anni. La problematica principale è data dal fatto che nel mondo la richiesta di energia è in continua crescita a causa dello sviluppo di nuovi paesi emergenti (provenienti dal centro-sud America, Sud Africa, middle east e far east) i quali stanno vedendo aumentare esponenzialmente le necessità energetiche per sopperire ai propri bisogni.

La problematica principale legata a questa fonte è la concentrazione di risorse in aree geografiche molto circoscritte (golfo arabico, Russia, nord e sud America detengono l'80% circa delle riserve globali) che crea una totale dipendenza dei paesi importatori verso i grandi esportatori. Inoltre, negli ultimi anni, il prezzo del greggio è aumentato notevolmente, incidendo sempre di più sui conti dei vari stati/impres.

Per risolvere questa esigenza, soprattutto nel continente europeo (importatore netto eccezion fatta per la Norvegia, in grado di sopperire al suo modesto fabbisogno con gli impianti di estrazione nel Mare del Nord), assecondando la crescente necessità di sviluppo ecosostenibile nel tentativo di salvaguardare il nostro pianeta, si è deciso di investire sulle fonti rinnovabili per la produzione di calore ed elettricità.

Considerando questa seconda forma di energia, ad oggi le fonti energetiche più sviluppate sono l'eolico, il solare, l'idroelettrico, le biomasse e la combustione dei rifiuti solidi urbani. Queste tecnologie di produzione energetica hanno consentito uno sviluppo molto sensibile dell'industria (la società danese Vestas è leader mondiale nel campo eolico ad esempio) ed una rapida e consistente diffusione.

Ad oggi, grazie al decreto europeo del 2009 "DIRETTIVA 2009/28/CE" l'Unione Europea si è imposta di arrivare a produrre entro il 2020 il 20% dell'energia da fonti rinnovabili (variando le quote da paese a paese in base allo stato dell'arte della tecnologia, le installazioni esistenti ed il fabbisogno energetico) e questo obiettivo, ad oggi, sembra verosimilmente raggiungibile grazie agli sforzi fatti dai vari paesi membri.

Però è stata introdotto una criticità assolutamente rilevante: il bilanciamento delle reti durante il giorno. Infatti le fonti rinnovabili, come per il solare e l'eolico, le più diffuse, sono imprevedibili e di conseguenza è stato introdotto un grado di complessità significativo nella rete che, se non affrontato per tempo, potrebbe portare ad una sorta di collasso generale.

Lo stesso decreto, delinea come linea guida la necessità di sviluppare una mobilità sostenibile in grado di ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> del 20% al 2020. Su questo punto, gli operatori di mercato nel settore della mobilità elettrica credono non si riuscirà a raggiungere questo obiettivo a causa del lento sviluppo del mercato elettrico.

Oggi, la domanda di energia elettrica è concentrata nella fascia giornaliera mentre durante le ore notturne si ha una domanda costante e abbastanza stabile. L'avvento delle energia prodotta da fonti rinnovabili porterà al problema del bilanciamento della rete, cioè alla necessità di riuscire a gestirla senza creare sovraccarichi o black out dovute alle possibili variazioni dei volumi prodotti dal rinnovabile. Inoltre, la spinta verso la mobilità elettrica sta portando alla nascita di un aumento della richiesta di energia (nel futuro medio breve, poiché ad oggi i volumi sono ancora contenuti e quindi non creano nessun tipo di problema di alimentazione) che andrà ad influenzare il profilo dei consumi.

Ad oggi si pensa che i veicoli elettrici in generale sposteranno il consumo energetico nelle ore notturne, cioè quando le persone, una volta tornate nelle proprie abitazioni, potranno ricaricare i propri apparecchi. Inoltre, grazie al possibile collegamento che può essere instaurato tra la rete ed i veicoli in carica grazie alle infrastrutture, sarà possibile avere un "serbatoio" di energia durante il giorno potenzialmente sfruttabile.

L'opportunità che si intravede è quella di impostare delle diverse strategie di offerta del mercato dell'energia in modo tale da influenzare le attività dei consumatori al riguardo della mobilità elettrica (quando creare fasce orarie più convenienti ad esempio, incentivare a consumare in certi

momenti a causa di una sovrapproduzione o viceversa). Questo porterebbe alla possibilità di gestire i carichi della rete attraverso l'interazione con i veicoli. Attraverso sistemi software intelligenti in grado di interagire con le vetture, si pensa possa essere possibile modulare le ricariche dei veicoli per fronteggiare le necessità della rete.

La possibile comunicazione della rete con i veicoli consentirebbe di regolare l'intensità delle ricariche in base alla potenza disponibile in rete evitando quindi possibili sovraccarichi, con conseguenti perdite di sistema, o sottoproduzioni.

Per rendere questo sistema sostenibile, servono:

- Una rete di infrastrutture di ricarica ramificata su tutto il territorio;
- Un elevato numero di veicoli elettrici per consentire dei livelli energetici in gioco significativi (una macchina che assorbe 23 kWh è poco significativa, 10000 veicoli che assorbono in totale 230 MWh possono creare una grande opportunità/criticità);
- Software che consentono al veicolo di non vedere la modulazione di potenza erogata dalla rete come un'anomalia (e quindi la necessità di interrompere la connessione) e consentirgli una ricarica modulabile senza mettere a rischio i sistemi elettronici dei sistemi.

Questa possibilità di creare una rete intelligente è denominata Smart Grid e, nell'ambito della mobilità elettrica, prende il nome di Grid to Vehicle e Vehicle to Grid, cioè la possibilità di variare i carichi in entrata alla batteria dei veicoli e, dove necessario, la possibilità di far alimentare la rete dai veicoli stessi.

## **10.2. Vehicleto grid**

È possibile considerarlo come la base iniziale dal quale sviluppare la smartgrid nell'ambito della mobilità. Infatti il V2G utilizza le batterie delle auto presenti sul territorio, collegate ai sistemi di ricarica, come degli accumulatori di energia. Infatti, attraverso i software di gestione della rete che comunicano con il sistema di gestione dello stesso veicolo elettrico, è possibile caricare o scaricare la batteria dell'automobile per cercare di modulare la domanda di elettricità e non sovraccaricare il complesso nazionale di produzione dell'energia. Questo sistema è in fase di studio soprattutto per far fronte all'aleatorietà della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili non predittive, quali l'eolico e il fotovoltaico. Infatti, essendo questi due metodi di produzione di energia non prevedibili (se non come numero di ore di funzionamento attese annue basate su una stima ricavata dagli storici della ventosità di un determinato luogo o le ore di insolazione), il sistema V2G consentirebbe di gestire l'assorbimento o la cessione di energia elettrica delle vetture in base alle esigenze della rete.

Qual'ora durante il giorno ci fosse un fabbisogno di energia elettrica istantaneo maggiore di quello producibile dal sistema energetico nazionale, le batterie cederebbero una parte della loro energia per compensare lo squilibrio ed evitare possibili black out.



Figura 88: Schema di interazione tra rete e veicolo in un sistema Vehicle to Grid.

Il V2G viene anche pensato proprio per dare una configurazione smart alla rete consentendo di evitare sia i sovraccarichi dati dai picchi delle energie rinnovabili (ad oggi con un tasso medio di incremento di circa 500 MW/anno per l'eolico, per il fotovoltaico si attendono numeri diversi dal grande incremento del 2011 di 4 GW in pochi mesi a causa della cessazione dell'erogazione degli incentivi) che la rete non è in grado di assorbire e, soprattutto, per fronteggiare i momenti in cui il sistema è a rischio black out a causa di una richiesta maggiore della produzione istantanea. Questo è possibile grazie all'implementazione di software che consentono alla rete di dialogare con la vettura e modulare la potenza assorbita durante la ricarica, aumentandola o diminuendola a seconda del carico presente o assorbendola direttamente.

A fronte dei vantaggi nella gestione dell'energia prodotta dagli impianti rinnovabili, presenta però delle complessità ad oggi rilevanti quali:

- La necessità di un numero cospicuo di vetture per consentire un effettivo bilanciamento della rete senza privare della carica le autovetture stesse;
- La realizzazione di software necessari per far comunicare la rete elettrica nazionale con il sistema di gestione dell'automobile (con conseguenti problemi di comunicazione per le vetture di un certo paese con il sistema di gestione della rete extranazionale in assenza di standard quantomeno continentali);
- Sistemi in grado di erogare energia e di assorbirla dalle vetture, quindi un'evoluzione delle colonnine ad oggi in commercio.
- Le batterie delle auto, ad oggi, hanno un numero limitato di cariche e utilizzarle per cariche e scariche parziali andrebbe a ridurre sensibilmente la vita della batteria stessa. Il problema nasce dal fatto che la batteria agli ioni di litio si deteriora più velocemente se si effettuano cariche e scariche parziali (in proporzione, incide maggiormente una scarica parziale che una ricarica) andando ad abbreviare la vita utile, composta in genere da alcune migliaia di

cicli completi. Si potrebbe pensare a dei risarcimenti o conguagli delle utility ma sono difficili da stimare e sarebbero una spesa ingente a fronte del milione di vetture auspiccate al 2020.

I vantaggi che il V2G può portare ai vari attori sono:

1. Possibilità di bilanciamento della rete, con evitate perdite di energia (quindi evitare costi di produzione a fronte di una mancata vendita) lungo la rete per evitare sovraccarichi.
2. Dare la possibilità di auto sostenere la propria abitazione in caso di black out (dovuto a guasti sulla linea o negli impianti produttivi o per eventuali disastri ambientali) collegando la propria vettura alla rete di casa.
3. Possibile “trading energetico” da parte del proprietario del veicolo, effettuando la ricarica nei momenti in cui l’energia ha un costo contenuto (ad esempio la notte) o vedendosi riconoscere un premio per l’utilizzo delle proprie batterie come sistemi di controllo della rete.

Questa soluzione è in fase di studio ed è in cerca di quella che è la tecnologia (in termini di software sia lato rete che macchina) necessarie al suo sviluppo ed applicazione e potrà essere in futuro una delle principali componenti che costituiranno la gestione dell’energia nel paese e, quindi, una delle basi per la realizzazione della smartgrid.

Ad oggi si stanno sviluppando alcuni progetti pilota per vedere come la rete e le vetture riescono ad interagire tra loro.

### **10.3. Smart grid negli Stati Uniti**

Oggi la smart grid è vista in paesi come gli Stati Uniti, una delle possibili vie da perseguire per riuscire a posizionare il mercato, e conseguentemente l’impresa, americana nuovamente ai vertici mondiali incrementando oltretutto il benessere dell’economia nazionale.

Infatti, la ristrutturazione della rete consentirebbe di incrementare le prestazioni qualitative e l’efficienza della rete stessa ottenendo una contestuale riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> e lo sviluppo di diversi settori tra cui la mobilità elettrica, ritenuto dagli esperti uno dei mercati con maggiori margini di crescita ad oggi previsti.

Il cambiamento dei consumi energetici a causa della digitalizzazione delle attività quotidiane ha portato ad un rapido incremento della potenza richiesta tale da prevedere un’ulteriore ascesa nei prossimi anni. Questo incremento previsto è dato anche dalla richiesta sempre più esplicita dei consumatori di avere una totale disponibilità di energia durante il giorno (anche per il continuo diffondersi dei sistemi di condizionamento degli ambienti), per sostenere lo sviluppo industriale e a causa dell’incremento previsto della mobilità elettrica.

Ad oggi, la produzione centralizzata di energia è considerata dagli esperti americani inefficiente con perdite nell’ordine del 15% nella sola trasmissione ai punti di consumo, alle quali vanno aggiunte le perdite date dalle inefficienze produttive.

Per sopperire a queste problematiche, si vorrebbe implementare la struttura della smart grid, proprio per garantire la qualità della fornitura energetica, l’affidabilità della stessa integrando senza conseguenze per la rete le fonti energetiche rinnovabili non predittive (il fotovoltaico statunitense è uno dei mercati più sviluppati al mondo grazie alle numerose aree desertiche presenti) riducendo al minimo i tempi di fuori servizio della rete grazie all’utilizzo di sistemi di accumulo per il

bilanciamento della rete con la produzione capillare di energia, facendo diventare i clienti delle utility parte integrante della rete stessa.

Per perseguire questa strada servirà implementare sistemi intelligenti nei dispositivi elettronici per la regolazione dell'avviamento/utilizzo e lo sviluppo della mobilità elettrica (ad oggi considerata in tema smart grid la principale possibilità di accumulo energetico) con la conseguente modernizzazione e revisione della rete.

I benefici economici previsti da questi sistemi sono previsti in 1200 \$/anno con un costo di 400\$/anno per l'implementazione (previsti al 2030 investimenti tra i 300 ed i 450 miliardi di dollari per modernizzare la rete secondo l'EPRI, l'Electric Power Research Institute). Questa modernizzazione potrà però essere spinta solo dalla collaborazione tra i consumatori, i governi (locali e nazionali), le utility e i fornitori di elettronica del settore per l'ammodernamento della rete e l'installazione di sistemi di gestione dell'energia domestici intelligenti in grado di interagire con i segnali provenienti dalla rete.

Aspetti non secondari sono inoltre i benefici sulla salute pubblica e la spesa individuale per il sistema sanitario a causa della mancata emissione dei gas combustibili, una delle principali cause dell'insorgere del tumore al sistema respiratorio, ed il risparmio energetico procapite grazie ad un miglioramento dei consumi energetici.

Nel 2009 la ARRA (American Recovery and Reinvestment Act) ha iniziato l'operazione di modifica della rete attraverso 99 progetti pilota finanziati con 8 miliardi di dollari (3.4 miliardi pubblici e 4.6 privati) per sviluppare la tecnologia "smart", dispositivi elettronici intelligenti, sistemi di trasmissione e distribuzione efficienti. Inoltre la ARRA ha previsto fondi per aiutare le imprese ad adattarsi alla tecnologia smart grid con campagne di sensibilizzazione e progetti base da sviluppare per iniziare la realizzazione di una struttura comunicante con la rete.

### **10.3.1. Progetto dell'University of Delaware**

L'università americana sta sviluppando un progetto di mobilità elettrica volto a scoprire quelli che sono le possibili opportunità date dall'interrelazione tra il veicolo e la rete stessa, anche in termini economici.

Questo progetto si basa sullo sviluppo di un software di gestione della domanda e dell'offerta sulla rete, come avviene nelle tradizionali centrali di produzione, consentendo di monitorare il prezzo dell'elettricità ed incamerare i dati relativi alle transazioni effettuabili tra rete e veicolo.

Questo si è reso possibile grazie alla commercializzazione di Nissan e Chevrolet, per le rispettive Leaf e Volt, di sistemi in grado di consentire una comunicazione bidirezionale con la rete, inizialmente non previsti o quantomeno non venduti sul mercato statunitense. Inizialmente, i software di comunicazione bidirezionale tra rete/auto sono stati installati solo sui modelli venduti in Giappone per consentire la possibilità di allacciamento della vettura alla rete domestica in caso di black out (causato da eventi naturali quali terremoti o tsunami).

Dalla ricerca svolta dall'University of Delaware dal professor Willett M. Kempton, insegnante di ingegneria elettrica, ci si è accorti che la comunicazione tra rete e veicolo era in grado di produrre guadagni netti al proprietario di circa 5\$/giorno per un totale di circa 1800\$/anno. Questa possibilità è ritenuta dal professore come un nuovo sistema incentivante del mercato elettrico dove, a fronte di un costo iniziale di acquisto del veicolo, si è in grado di fare un vero e proprio trading energetico durante i periodi di tempo in cui la vettura resta collegata alla rete.

Questo progetto ha portato a questi risultati coinvolgendo solo 15 BMW Mini E Model e si ritiene possano essere anche maggiori nel momento in cui il mercato della mobilità elettrica coprisse i due terzi del mercato auto motive americano.

La possibilità di guadagno sta nel fatto che la macchina, collegata alla rete, invia alla sede di controllo ogni 4 secondi indicazioni riguardanti il suo stato di carica e le sue necessità (da ricaricare oppure no). Comunicando con la rete in questo modo, è lo stesso gestore che può chiedere alla macchina di cedere, assorbire energia o restare inerte in base a quelli che sono i carichi energetici sulla rete istantaneamente. A fronte di questa disponibilità della vettura, la società fornitrice di elettricità riconosce un premio per la concessa possibilità di bilanciare la rete.

Ad oggi, solo 8 case automobilistiche produttrici di veicoli elettrici stanno sviluppando sistemi di comunicazione bilaterale dove Nissan ha riconosciuto gli evidenti vantaggi di questi sistemi, mentre una delle case implementatrici rimasta anonima, sostiene di poter sviluppare sistemi tre volte più performanti circa, cioè in grado di cedere o incamerare energia più velocemente e di comunicare con maggior celerità con la rete stessa.

Inoltre si ritiene questo sistema facilmente integrabile con la rete poiché si baserebbe sui comuni software di interrelazioni con le centrali elettriche tradizionali, portando quindi a solo vantaggi di bilanciamento a fronte di un costo contenuto.

La criticità maggiore è data dalla possibilità del sistema di comunicazione bidirezionale dell'auto di comunicare con qualsiasi compagnia di gestione della rete alla quale si allaccia per non portare un eccessivo numero di mancati scambi, dannosi per la rete in termini di problematiche nella gestione della rete e per il proprietario vedendoli come mancati guadagni.

### **10.3.2. Progetto sviluppato da AeroVironment Inc. ed il Pacific Northwest National Laboratory (PNNL) del Dipartimento dell'energia americano**

Questo progetto è nato per sfruttare la capacità di energia stockabile dalle vetture elettriche (Total Electric Vehicol o Plug In) per creare una rete elettrica nazionale più sostenibile e facilmente gestibile dagli enti preposti. Questo si renderebbe possibile grazie al continuo monitoraggio della frequenza della rete effettuata dalle vetture elettriche collegate ad essa durante la ricarica. Infatti, durante la ricarica, il sistema di controllo della vettura monitora la frequenza in modo tale da porre in sicurezza il sistema di storage della vettura, dando quindi simultaneamente informazioni ai gestori della rete su eventuali criticità in tempo reale.

Inoltre, il sistema permetterebbe di assorbire gli "shock energetici". Questo avverrebbe grazie alla comunicazione real time bidirezionale tra vettura e rete. Nell'istante in cui dovesse verificarsi un calo di tensione improvviso, il gestore potrebbe interrompere la fornitura di energia alle vetture collegate evitando balck out della rete, la possibilità di ripristinare il normale funzionamento della stessa e successivamente riprendere la carica delle vetture in totale sicurezza.

Questo sistema viene ritenuto "Triple Win" perché:

1. Riduce il costo di integrazione delle fonti rinnovabile alla rete, riducendo il costo delle bollette di conseguenza (oggi questi costi di integrazione e sviluppo si ripercuotono sul conto energetico dei cittadini).
2. La possibilità di alimentare le auto elettriche con energia rinnovabile. Questo non sarebbe possibile senza la flessibilità di ricarica offerti dai veicoli di questa tecnologia

3. La riduzione del costo energetico, dato dalla miglior integrazione delle fonti rinnovabili solari ed eoliche, porta ad un aumento del risparmio delle macchine elettriche nei confronti di quelle a combustibili tradizionali

### 10.3.3. Progetto LIPA

La LIPA (Long Island Power Authority), la seconda municipalizzata degli Stati Uniti in termini di energia fornita e la terza come numero di clienti, sta sviluppando un progetto con Landis&Gyr Gridstream RF di rete smart grid per rendere consapevoli i consumatori della città di Farmingdale sui propri profili di utilizzo dell'energia e sensibilizzarli sulla possibilità di variare i propri consumi in base al costo dell'energia stessa. Il progetto vuole dimostrare ai consumatori come sia possibile sfruttare la smart grid per ottimizzare i propri consumi rispetto al costo dell'energia. La regione interessata della città è quella del Farmingdale State College Campus, in quanto è in grado di dare risultati su profili di consumo del tutto confrontabili con quelli della maggior parte dei clienti LIPA (escludendo quindi le utenze industriali). Oltre alla sensibilizzazione sulla variazione dei consumi in base al prezzo dell'elettricità, il sistema vuole cercare di garantire una maggiore qualità del servizio di fornitura elettrica, di un incremento sensibile della qualità e dell'efficienza del sistema stesso con l'utilizzo degli smart meter nelle abitazioni.



Figura 89: Schema ideale di funzionamento del progetto LIPA.

### 10.3.4. Progetto pilota sviluppato da IBM, Honda e PG&E

Questo progetto è stato sviluppato per testare la capacità dei veicoli elettrici di rispondere alle variazioni dei profili di ricarica del proprio sistema di accumulo a fronte delle richieste della rete e lo stato di carica della batteria.

L'idea alla base di questo progetto è quello di creare un sistema di incoraggiamento all'adozione delle auto elettriche grazie alla creazione di un accordo tra il consumatore ed il gestore di rete per intervenire efficacemente nella gestione dell'energia nelle ore di picco.

Il sistema si basa sulla raccolta dati da parte di una piattaforma software IBM in grado di raccogliere le informazioni sullo stato della domanda di energia elettrica richiesta dalla rete e definire il profilo di ricarica ottimale per le autovetture fornite da Honda partecipanti al progetto (cioè i modelli forniti di sistemi di comunicazione con la rete ed il software di analisi IBM) per

consentire una corretta gestione della rete locale, evitando sbalzi di tensione ed una maggior qualità del servizio di erogazione.

Questo primo sistema vuole cercare di essere una base su cui costruire la tecnologia fondante del sistema smart grid, il modello da perseguire per lo sviluppo della “rete intelligente” sfruttando le conoscenze e le capacità di tre grandi player a livello mondiale.

#### **10.4. Sistema di storage dell’energia in Svezia**

ABB ha installato tra la fine del 2012 e l’inizio del 2013 il primo sistema di accumulo dell’energia in Svezia.

L’energia viene immagazzinata in 20 batterie Li-ioni in grado di assorbire circa 75 kWh.



Figura 90: Ricarica delle vetture elettriche tramite infrastrutture collegate al sistema di accumulo.

La società municipalizzata locale Falbygdens Energi, sta valutando come lo storage possa influenzare ed interagire con la rete, i veicoli elettrici e le fonti rinnovabili aleatorie per la produzione di energia. Uno degli aspetti maggiormente significativi è lo studio dell’effetto che questo sistema è in grado di apportare alla rete in termini di qualità del servizio di erogazione e la stabilità in termini di potenza e voltaggio della potenza fornita ai veicoli elettrici. Questo sistema è in grado in ogni caso di ridurre sulla rete l’effetto dell’aleatorietà della produzione di energia dei sistemi fotovoltaici ed eolici, riducendo le criticità del sistema in termini di gestione della rete e della frequenza della corrente.

#### **10.5. Progetto di mobilità elettrica in Scozia**

La Scozia ha iniziato un progetto con l’intento di installare ogni 50 miglia delle strade statali scozzesi. Per perseguire questo scopo, sono stati stanziati circa 2.6 milioni di sterline per l’installazione dei punti di ricarica stradale, per le installazioni domestiche e per l’implementazione di strumenti in grado di instaurare una comunicazione intelligente tra veicolo e rete.

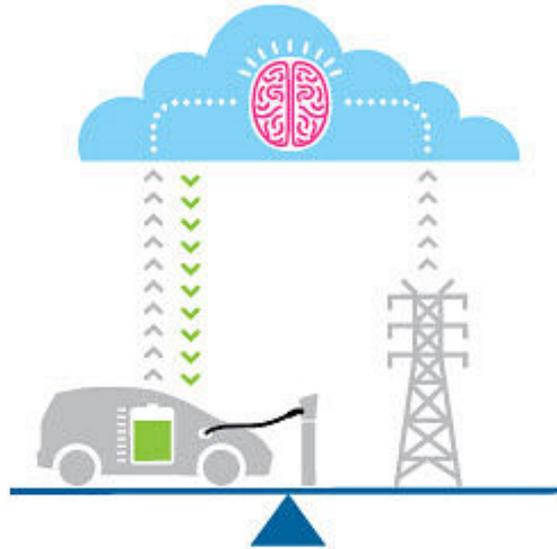


Figura 91: Immagine di promozione del progetto scozzese relativo alla smart grid.

Lo scopo del progetto, secondo il ministro dei trasporti scozzese Keith Brown e quello dei cambiamenti ambientali e climatici Paul Wheelhouse, è quello di riuscire a rendere la Scozia indipendente dai combustibili tradizionali entro il 2050. I 2,6 milioni di sterline includono anche 750000 £ per lo sviluppo di punti di ricarica nei porti dei traghetti, nei parcheggi pubblici e sui luoghi di lavoro con connessioni e comunicazione intelligente con la rete.

Questo progetto vuole essere sviluppato per sostenere la mobilità elettrica nazionale e consentire ai turisti la possibilità di noleggiare auto elettriche per girare durante il loro periodo di soggiorno senza l'ansia da ricarica in completa autonomia e disponibilità di stazioni di ricarica. Per la vita quotidiana degli scozzesi, il governo vuole sviluppare la mobilità elettrica per consentire di raggiungere il posto di lavoro in modo ambientalmente sostenibile oppure consentirgli di raggiungere le stazioni di metro e treno per completare l'itinerario.

I vantaggi di questo progetto sono molteplici per la collettività:

1. Si riduce il costo per la percorrenza del proprio itinerario (Edimburgo - Glasgow con solo 1,5 £).
2. Essendo la Scozia un paese dalle dimensioni contenute, risulta più semplice collegare le città tra loro con stazioni di ricarica elettriche senza assistere ad una vera e propria esplosione dei costi di realizzazione.
3. Si riducono le emissioni di CO<sub>2</sub>, aumentando quindi la salubrità dell'aria, e l'inquinamento sonoro delle città.
4. Esenzione dalla tasse di possesso degli autoveicoli per chi possiede un'automobile elettrica.
5. Creare la possibilità di sviluppare nuove compagnie nel settore della mobilità elettrica, creando occupazione e benessere.
6. Consentire di ridurre il costo per l'approvvigionamento delle fonti energetiche dall'estero e parallelamente riuscire a gestire in modo maggiormente efficiente la produzione energetica da fonti non programmabili come l'eolico, molto diffuso nel Regno Unito sia in termini on-shore che off-shore.

## 10.6. Impatto della ricarica sui sistemi di distribuzione secondo RSE (Ricerca Sistema Energetico)

L'incremento del mercato e conseguentemente dell'utilizzo dei veicoli elettrici provocherà inevitabilmente un incremento dell'energia elettrica assorbita dalla rete.

Già ad oggi, la rete elettrica nazionale si trova in grave difficoltà a gestire l'energia prodotta da fonte fotovoltaica. Questo perchè durante le ore di picco di potenza prodotta, il gestore della rete si trova a dover assorbire energia in bassa tensione dai produttori distribuiti (in quanto in grado di soddisfare autonomamente i propri fabbisogni e di vendere a Terna la restante parte di energia) e doverla ridistribuire in luoghi diversi, facendo funzionare il sistema elettrico nazionale in modo inverso. Questo è dato dal fatto che la rete elettrica nazionale ad oggi prevede di produrre in modo centralizzato l'energia e distribuirla localmente, con un percorso che va dal nord al sud Italia. Con l'incremento delle installazioni di fotovoltaico, si è arrivati a produrre quantità energetiche eccedenti la domanda della zona specifica, cedendo energia alle cabine di conversione e costringendole a trasmettere verso la rete di alta tensione l'energia ricevuta (cioè a funzionare in modalità inversa, introducendo perdite di efficienza significative).

Dal 2010 al 2011, nelle Marche le installazioni di fotovoltaico hanno portato ad un surplus di energia prodotta nella regione durante il giorno, creando al gestore della rete il problema di ridistribuire l'energia prodotta in senso inverso in direzione delle aree del nord.

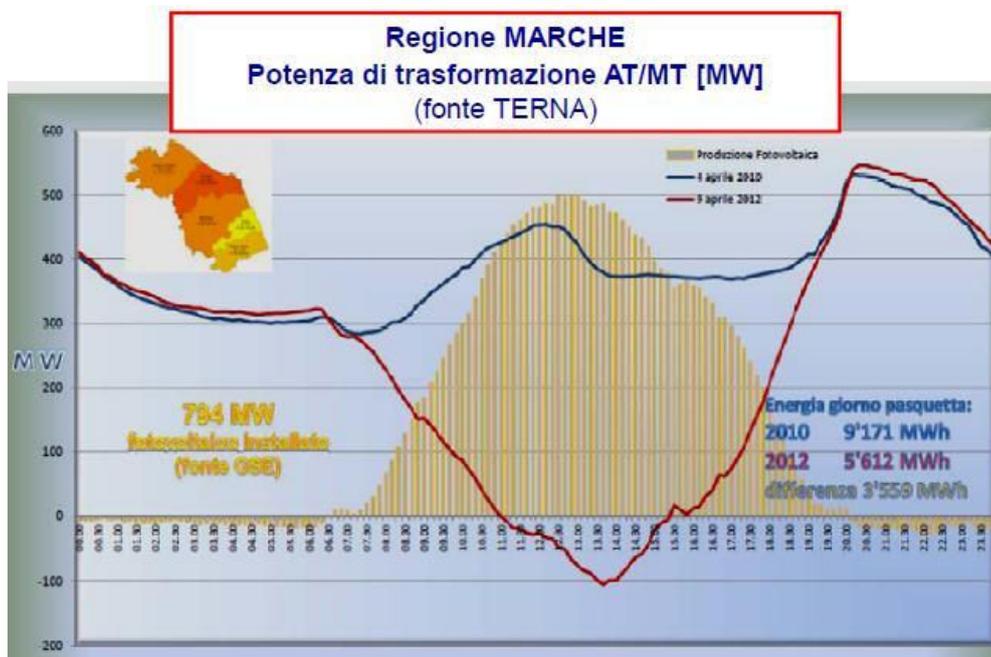


Grafico 3: Grafico della produzione e del consumo dell'energia elettrica nelle Marche. Fonte Terna.

In Sicilia, con l'aumento delle installazioni di fotovoltaico avvenute in questi anni, Terna è in grado di soddisfare la domanda elettrica regionale con la sola produzione di energia da fonte rinnovabile, creando il problema di gestire l'aleatorietà produttiva data dalle possibili mutazioni climatiche istantanee non prevedibili (un sistema nuvoloso che copre parzialmente un parco fotovoltaico di alcuni MW potrebbe creare degli sbilanciamenti sulla rete non prevedibili e difficili da gestire).

La domanda di energia elettrica annua di un veicolo elettrico ricaricato sulla rete di distribuzione è confrontabile con i consumi di una famiglia media (2.700 kWh/anno). Il livello di consumo dei veicoli cambia al variare del segmento di mercato del veicolo stesso (in quanto variano le dimensioni ed il peso della vettura, incidendo quindi sulla percorrenza media che una ricarica completa è in grado di fornire).

Ad oggi, i consumi si possono dividere in due principali categorie:

1. Segmento A-B: city car o piccole vetture prevalentemente da città.
2. Segmento C-D: macchine per la famiglia piccole e grandi.

Supponendo un utilizzo della vettura per 240 giorni all'anno per una percorrenza media di 12000 km, si ottengono livelli di consumo di:

- a. Per il segmento A-B di 1680 kWh/anno per auto (1.7 TWh/anno per un milione di vetture) con consumi di 140 Wh/km.
- b. Per il segmento C-D di 2400 kWh/anno per auto (2.4 TWh/anno per un milione di vetture) con consumi di 200wh/km.

I consumi di questi due settori di veicoli, i principali oggi presenti in Italia, andrebbero ad assorbire circa l'1.3% della produzione elettrica annua italiana. Per questo motivo, si reputa necessario sviluppare contestualmente alla crescita del mercato delle auto elettriche un sistema di gestione della rete intelligente (la smart grid).

La ricarica, secondo gli esperti operanti nel settore, si pensa verrà effettuata principalmente nel proprio ambiente domestico in modalità lenta con corrente alternata per sfruttare la fascia notturna di prezzo, inferiore a quella giornaliera, ed iniziare il processo di ricarica una volta tornati al proprio domicilio dopo la giornata lavorativa.

Questo porterà ad un incremento significativo dei consumi elettrici dalle ore 19 in poi, generando un problema di gestione del carico della rete, senza interessare in modo significativo le fasce orarie diurne, non provocando criticità nella gestione della rete stessa. L'influenza della ricarica dell'auto elettrica si pensa andrà a terminare verso le 8 del mattino, l'orario in cui le persone utilizzano il proprio veicolo per recarsi sul posto di lavoro.

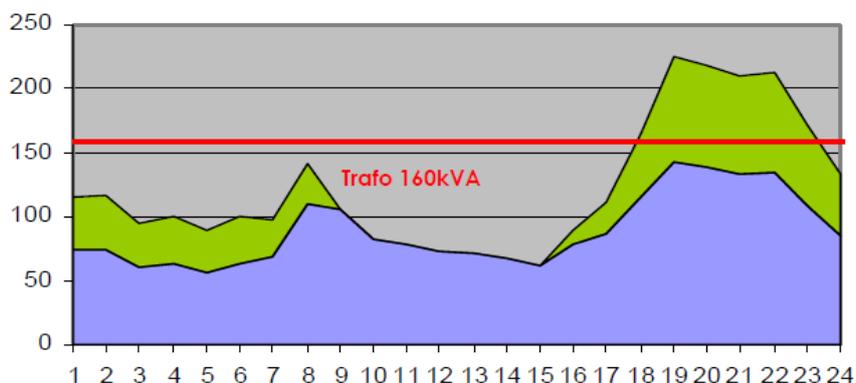


Grafico 4: Grafico dei consumi odierni e futuri di energia elettrica dovuti alla crescita della mobilità elettrica. Fonte: RSE

Si rende quindi necessario implementare una struttura intelligente per gestire il carico assorbito durante la notte e ripartirlo in modo uniforme su tutta la rete senza superare la soglia limite di produzione di energia.

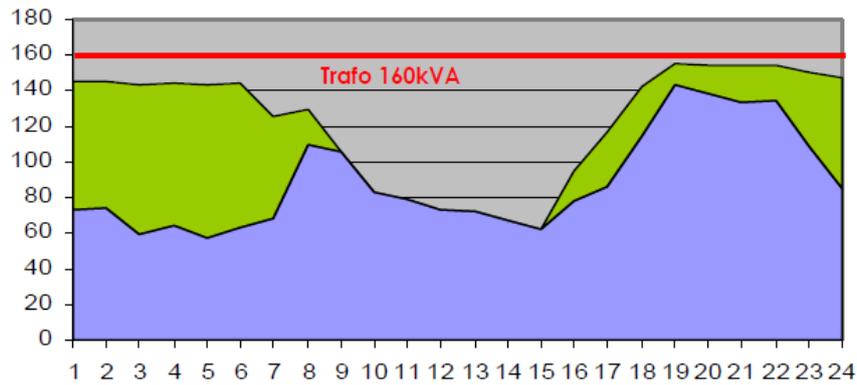


Grafico 5: Possibile profilo di consumi futuro attraverso una gestione smart della rete. Fonte: RSE

Con un profilo di ricarica indicato nel grafico qui sopra, è possibile osservare come la soglia limite dei 160 kVA non venga mai superata attraverso una gestione dell'energia assorbita dai veicoli durante la ricarica. Ovvero, una volta collegati alla rete, le vetture elettriche non inizieranno ad assorbire la potenza massima dalla rete (circa 2 kWh in ambiente domestico) ma avranno un profilo di ricarica distribuito lungo tutto l'arco di tempo notturno così da evitare il picco serale dovuto all'inizio della fase di ricarica nell'istante in cui si ritorna al proprio domicilio dal luogo di lavoro. In questo modo, attraverso una modulazione dei carichi assorbiti, è possibile non creare un impatto negativo sulla rete con picchi di domanda concentrati in poche ore.

Inoltre, a sostegno del sistema, vi sarebbero i sistemi di vehicle to grid in grado di bilanciare eventuali errori previsionali sul profilo di energia assorbita grazie all'interazione delle vetture con la rete, in grado di cedere parte dell'energia posseduta dalle batterie delle macchine cariche connesse alla rete restituendola in un secondo momento, in cui la rete risulta stabile e facilmente controllabile.

Il risultato dello studio condotto dalla Ricerca sul Sistema Energetico evidenzia come sia possibile incrementare di dieci volte il numero delle auto ricaricabili in bassa tensione con i parametri di rete presenti oggi nel sistema senza apportare modifiche significative alla rete stessa ma utilizzando solamente sistemi di gestione dei profili di carica ed interazione tra le vetture e la rete stessa.

Analizzando l'uso della vettura che oggi viene effettuato, è emerso come questa risulti utilizzata per circa due ore a fronte di un periodo di fermo pari alle ventidue ore restanti.

Questo vuol dire che, ipotizzando il milione di vetture presenti nel mercato italiano previsto dall'UE nel prossimo futuro aventi una capacità media di energia immagazzinabile di 10 kWh per auto, si creerebbe una riserva di energia di 10 GW distribuita sul territorio a disposizione della rete per ventidue ore al giorno in grado di assorbire e cedere energia alla stessa.

Attraverso la modulazione dei profili di ricarica, rispetto alla domanda energetica italiana un parco auto elettrico di dieci milioni di vetture andrebbe a:

- Aumentare di pochi punti percentuali il consumo elettrico nazionale;
- Questo aumento di consumo non richiederebbe un aumento significativo della capacità produttiva di energia installata nel nostro paese poiché risulta già ad oggi largamente superiore alla domanda giornaliera;
- Creare problemi di congestione della rete, già ad oggi abbastanza critica;
- L'opportunità di sfruttare le vetture collegate per bilanciare eventuali errori previsionali del gestore della rete e la possibilità di fornire servizi ausiliari in grado di aumentare il valore

percepito dall'utilizzatore, spingendolo all'acquisto di eventuali servizi erogabili dal gestore di rete.

Gli operatori del settore considerano come la ricarica rapida sarà fortemente meno utilizzata rispetto a quella domestica. Si crede verrà utilizzata come ricarica spot nel momento in cui la carica residua non consente all'utilizzatore di giungere sul posto di lavoro o al proprio domicilio. Inoltre è prevedibile un costo maggiore della ricarica rapida, a parità di energia assorbita, a fronte di un riconoscimento di un premium price per la rapidità della ricarica rispetto a quella domiciliare.

## 10.7. Progetti Pilota di Smart Grid in Italia approvati dall'AEEG

Con la delibera ARG/elt 39/10, l'AEEG ha iniziato lo sviluppo di progetti pilota per l'implementazione della smart grid.

Questi progetti sono stati sviluppati per rappresentare concretamente gli effetti dell'applicazione della smart grid sulla rete di distribuzione in media tensione; implementare un sistema di controllo e regolazione della tensione della rete e uno di registrazione automatica degli indicatori maggiormente rilevanti; lo sviluppo di protocolli comuni non proprietari per creare una prima base di installazioni sul territorio; dimostrare la capacità di questi sistemi di rispettare la normativa vigente sulla qualità del servizio di fornitura elettrica minimo.

Come stimolo allo sviluppo di questi progetti, lo Stato prevede l'erogazione di un incentivo pari al 2% per 12 anni sui cespiti entrati in esercizio.

Ad oggi, i progetti sviluppati dall'AEEG che hanno avuto accesso all'incentivazione definito il 10 Febbraio 2011 con la pubblicazione pubblicata la Delibera ARG/elt 12/11:

Pos.ne in classifica	Rete interessata (CP)	Impresa di distribuzione
1	A2A - CP Lambrate (MI)	A2A Reti Elettriche S.p.A.
2	ASM Terni (TR)	ASM Terni S.p.A.
3	A2A - CP Gavardo (BS)	A2A Reti Elettriche S.p.A.
4	ACEA Distr. (Roma)	Acea Distribuzione S.p.A
5	ASSM Tolentino (MC)	Assm S.p.A.
6	ENEL Distr. - CP Carpinone (IS)	ENEL Distribuzione S.p.A.
7	Deval - CP Villeneuve (AO)	Deval S.p.A.
8	A.S.SE.M. S. Severino Marche (MC)	A.S.SE.M. S.p.A

Tabella 15: Elenco dei progetti sviluppati dall'AEEG e imprese distributrici coinvolte. Fonte: EnergyLab.

I risultati ottenuti dai progetti hanno indicato l'aumento di energia immettabile in rete a parità di struttura grazie ad un incremento della capacità di gestione della stessa; permettere di regolare la tensione locale evitando sbalzi improvvisi; consentire di modulare il flusso di potenza alla cabina di alta/media tensione.

A livello di sistema invece, si rende possibile la diffusione di conoscenza tra gli sviluppatori dei progetti sperimentali per studiare una possibile replicabilità e garantire la sicurezza dell'intero sistema di rete.

### **10.8. Accordo Eni-Enel per lo sviluppo della mobilità elettrica**

Questo accordo vuole gettare le basi per la creazione di una rete di ricarica rapida lungo la rete autostradale per rendere possibile lo spostamento elettrico extraurbano.

L'accordo prevede lo studio per individuare le stazioni più idonee all'installazioni di punti di ricarica per ottimizzare le percorrenze ottenibili dalle attuali tecnologie di immagazzinamento di energia con la disponibilità di stazioni nel territorio. Le colonnine di ricarica prevedono l'utilizzo della tecnologia sviluppata da Enel e verranno installate nelle stazioni di servizio Eni.

Ad oggi l'obiettivo è quello di definire dei siti adeguati all'installazione delle infrastrutture di ricarica (ricarica rapida in corrente continua e alternata dalla durata di 20-30 minuti) per migliorare le attività di ricerca e consentire l'implementazione ottimale nel futuro del roll out del sistema.

L'unica nota negativa individuata dai responsabili del progetto, è quella della mancata partecipazione di Fiat in sostegno della mobilità elettrica in quanto ha deciso di investire esclusivamente sul metano e GPL (la 500 elettrica è destinata al mercato americano-californiano) lasciando il sostegno del progetto a società concorrenti quali Nissan, Daimler e Chrysler.

## Conclusioni

Le evidenze emerse da questo lavoro di tesi sono state confermate anche dai player coinvolti direttamente nello sviluppo di questa nuova mobilità.

È presente infatti molta fiducia riguardante lo sviluppo nel breve e medio periodo di questa nuova rivoluzione tecnologica ma vi è un'elevata consapevolezza sulle criticità sino ad oggi emerse.

Le principali riscontrate sono:

- 1) Il costo dei dispositivi per la mobilità elettrica è ad oggi ritenuto eccessivo dal mercato e per questo il suo sviluppo risulta essere più contenuto rispetto a quelle che potevano essere le attese iniziali. Questo costo eccessivo è da attribuire quasi interamente al sistema di accumulo, ad oggi non in grado di dare le stesse prestazioni di un'auto tradizionale a fronte di un extra costo molto significativo.
- 2) La necessità di una rete infrastrutturale per consentire un concreto e definitivo sviluppo del mercato in grado di risolvere le perplessità sulla ridotta capacità di carica dei veicoli ad oggi disponibili e garantire una numerosità di punti di ricarica adeguati al soddisfacimento del probabile aumento della domanda di energia.
- 3) Le criticità psicologiche dei consumatori finali in termini di “ansia da ricarica”. Infatti, nonostante questo problema non dovrebbe sussistere poiché le distanze urbane percorse in media sono ben al di sotto della distanza percorribile con una ricarica completa, ad oggi è ritenuto il problema principale che sta frenando la crescita dell'intera mobilità elettrica. Per fronteggiare questo problema è necessario far comprendere alle persone che le auto/moto elettriche sono dispositivi per l'uso cittadino, non studiati per percorrere lunghi percorsi in modo continuativo. Questo è necessario poiché ad oggi uno dei motivi per il mancato acquisto di queste vetture è l'impossibilità di percorrere i lunghi viaggi (come ad esempio per le vacanze).
- 4) È percepita la necessità di un'innovazione tecnologica sostanziale per due principali motivi: in primo luogo la necessaria riduzione dei prezzi del sistema di accumulo, successivamente per allungare la distanza percorribile con una carica completa. Se per il primo punto sono già in fase di studio diverse soluzioni che si ritengono in grado di ridurre il costo del sistema di accumulo, ad oggi la distanza percorribile è incrementabile attraverso sistemi di maggior efficienza nella trasmissione ed uno stile di guida più sostenibile. Ad oggi infatti le diverse evoluzioni presenti sul mercato dei sistemi di accumulo non sono stati in grado di aumentare la percorrenza dei veicoli in modo significativo se non con la configurazione utilizzata da Tesla.
- 5) Serve una corretta campagna di diffusione di questi nuovi veicoli sia in termini di pubblicizzazione dei prodotti delle case produttrici, sia attraverso pubblicità progresso. Infatti la mobilità elettrica si pensa debba essere sviluppata anche per ridurre l'inquinamento presente nelle nostre città e conseguentemente ridurre il numero di malattie legate ad esso e quindi la spesa statale per la sanità.
- 6) Serve una comprensione oggi delle criticità energetiche future poiché è necessario implementare oggi dei sistemi in grado di sopperire ad essi. Infatti, uno sviluppo della smart grid tra circa 10 anni, cioè quando il problema della ricarica dei veicoli elettrici potrebbe diventare realtà per l'energia assorbita annualmente, oltre all'aumento del consumo energetico globale previsto, si arriverebbe ad una incapacità di affrontare il problema per un

ulteriore lasso di tempo, quello necessario all'implementazione, che impedirebbe al sistema elettrico ad oggi implementato di resistere e di mantenere un livello di efficienza sufficiente.

- 7) Serve una stabilità normativa in grado di incentivare, nella fase iniziale, i dispositivi legati alla mobilità elettrica per creare un mercato iniziale sufficiente, e successivamente garantire la corretta stabilità tecnica relativa alle tecnologie di accumulo e di trazione impiegate. In questo modo si dovrebbe assistere ad un continuo e progressivo sviluppo.

Data la difficoltà con cui si sta sviluppando il settore, secondo gli operatori stessi l'ente normatore dovrebbe cambiare il sistema incentivante poiché è ritenuto inefficace. Questa incapacità è data da: una scorretta pubblicizzazione degli incentivi, i quali risultano essere sconosciuti ai non addetti al settore; creare un fondo per l'incentivazione della mobilità elettrica separato da quello per i veicoli ibridi, in quanto questi esauriscono come accaduto quest'anno l'intero importo per la sovvenzione bloccando la crescita del settore elettrico; incentivare l'acquisto dei veicoli elettrici seguendo il modello di altri paesi europei, i quali oltre ad evitare il pagamento dell'IVA, danno numerosi vantaggi come l'esenzione da pedaggi per parcheggi o ponti, trafori e gallerie.

- 8) Dopo la standardizzazione del CENELEC delle prese di collegamento, confronto durato troppo a lungo secondo le stesse società coinvolte, è necessario standardizzare anche i modi di ricarica, le potenze utilizzate, le stesse infrastrutture e definire correttamente il business model da perseguire per lo sviluppo della rete. Secondo gli operatori deve essere fatto in modo rapido e responsabile per evitare il proliferare di differenti tecnologie che renderebbero ancor più critico in futuro l'introduzione e l'affermazione di uno standard comunitario.

È ritenuto necessario anche un cambio di mentalità da parte delle persone. Infatti, a fronte di impianti normativi migliori o meglio studiati, prodotti meno costosi e soluzioni in grado di ridurre gli sprechi energetici, è necessario cambiare lo stile di vita di ogni individuo. Infatti, se fino ad oggi è stato possibile "sprecare" l'energia e non utilizzarla in modo ottimale, nel futuro questo sarà sempre meno possibile anche a causa del progressivo esaurimento delle risorse fossili ed il contemporaneo aumento dei consumi energetici mondiali.

Per sopperire a tutto ciò, si deve mettere in discussione non solo le proprie abitudini quotidiane ma anche rivedere il sistema di trasporto individuale. Per risparmiare energia e risorse, il paradigma futuro ideale, percepito anche degli operatori intervistati, della mobilità è quello di condividere il proprio veicolo per effettuare il viaggio desiderato, utilizzare mezzi ad impatto ambientale nullo o prossimo ad esserlo ed allo stesso tempo scegliere in base alla distanza da percorrere il dispositivo più adatto (andare al lavoro in macchina, far la spesa con un pedelec ecc.).

Per sostenere questo, sono viste come essenziali le smart grid per gestire in modo efficiente l'energia ed evitare dispersioni sia nel trasporto che nella generazione da fonti rinnovabili.

Aspetto non di secondaria importanza è quello delle sinergie produttive lungo tutta la filiera. Infatti si ritiene necessario sviluppare soluzioni tecnologiche utilizzabili dal maggior numero di modelli possibili di autoveicoli proprio per ridurre ulteriormente i costi produttivi grazie ad una maggior saturazione della capacità produttiva ed allo stesso tempo consentire una maggior semplicità di gestione da parte dell'infrastruttura di ricarica della stessa utilizzando una minor variazione delle

specifiche tecniche durante il processo sfruttando una maggiore standardizzazione del sistema di accumulo e del sistema hardware di trasmissione e conversione dell'energia.

## **Bibliografia**

Gazzetta Ufficiale del 2/1/2013

Scame Ricarica Veicoli Elettrici

Bosch eMobility solution

Legge 7 agosto 2012, n. 134, Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 22 giugno 2012, n. 83, recante Misure urgenti per la crescita del Paese (Gazzetta Ufficiale n. 187 dell'11 agosto 2012 - Suppl. Ordinario n. 171), Art. 17 septies: Piano nazionale infrastrutturale per la ricarica dei veicoli alimentati ad energia elettrica.

“Efficienza energetica e TEE, Le opportunità offerte da Enel Distribuzione” di Donata Susca, 7/3/2012.

“Impatto sul sistema energetico nazionale della potenziale diffusione dei veicoli elettrici” Giuseppe Mauri e Michele de Nigris, RSE.

“L’evoluzione in corso: verso le smart grid”, prof. Maurizio Delfanti, Politecnico di Milano, Dipartimento di Energia.

EESC: European Economic and Social Committee.

### Parte I

<http://www.greenme.it>

<http://www.ewheel.it>

<http://www.greenreport.it>

<http://www.ewheel.it>

<http://www.unpaeseperstarbene.it>

<http://www.elciclo.it>

<http://www.microveicolielettrici.it>

<http://www.scooterelettrico.me>

<http://www.mtbelettriche.altervista.org>

<http://it.wikipedia.org>

<http://www.ancma.it>

<http://www.scame.com>

<http://www.afh2.org>

<http://motori.leonardo.it>

<http://www.greenstart.it>

<http://www.motoblog.it>

<http://www.quattroruote.it>

<http://www.ansa.it>

<http://www.energia360.org>

<http://www.protectaweb.it>

<http://www.unrae.it>

<http://www.greenstart.it>

<http://motori.leonardo.it>

<http://www.gizmag.com>

<http://thekneeslider.com>

<http://www.greenme.it>

<http://www.insella.it>

<http://www.evworld.com>

<http://life.wired.it>

## Parte II

<http://www.enea.it>

<http://www.chimica-online.it>

<http://www.ingegneriagestionalebologna.it>

<http://www.energylabfoundation.org>

<http://www.mpoweruk.com>

<http://it.wikipedia.org>

<http://www.giornalettismo.com>

<http://batteryuniversity.com>

<http://www.giordanobenocchi.it>

<http://www.fzsonick.com>

<http://www.ing.unitn.it>

<http://web.archive.org>

<http://www.betard.co.uk>

<http://blog.crit-research.it>

<http://www.megliopossibile.com>

<http://www.teslamotors.com>

<http://it.ibtimes.com>

<http://www.energylabfoundation.org>

## Parte III

<http://www.abb.it>

<http://www.electricdrive.org>

<http://www.electricmotornews.com>

<http://www.elettronicanews.it>

<http://www.sicurauto.it>

<http://www.enernew.it>

<http://www.quattroruote.it>

<http://en.wikipedia.org>

<http://www.e-moving.it>

<http://www.consulente-energia.com>

<http://www.assoelettrica.it>

<http://www.e-mobilityitaly.it>

<https://www.swe.siemens.com>

<http://www.piazzolanotizia.it>

<http://www.bosch.it>

## Parte IV

<http://www.betterplace.com>

<http://it.emcelettronica.com>

<http://www.opel.it>

<http://www.union-services.com>

<http://kitegen.com>  
<http://www.electricmobility.it>  
<http://www.smosh.com>  
<http://blog.alphabet.com>  
<http://wordlesstech.com>  
<http://life.wired.it>

#### Parte VI

<http://www.autorita.energia.it>  
<http://www.mit.gov.it>  
<http://www.sustainablepractice.eu>  
<http://www.aci.it>  
<http://ec.europa.eu>

#### Parte VII

<http://economia.panorama.it>  
<http://www.fficienzaenergetica.enea.it>  
<http://www.ediltecnico.it>  
<http://www.energylabfoundation.org>  
<http://www.motori24.ilsole24ore.com>  
<http://www.ilfattoquotidiano.it>  
<http://bd01.leggiditalia.it>  
<http://europa.eu>  
<http://www.corriere.it>

#### Parte VIII

<http://it.wikipedia.org>  
<https://www.e-vai.com>  
<http://www.atm-mi.it>  
<http://www.cityroaming.org>  
<http://www.bee.it>  
<https://www.autolib.eu>  
<https://www.car2go.com>  
<http://carpooling.polimi.it/cpool/home.do>

#### Parte IX

<http://www.motori24.ilsole24ore.com>  
<http://mobility.gruppohera.it>  
<http://www.enel.it>  
<http://www.sicurauto.it>  
<http://www.nembro.net>  
<http://www.parmatoday.it>  
<http://www.iozero.it>  
<http://green.autoblog.com>

<http://www.romamobilita.com>

<http://www.bcasa.it>

<http://www.tuttogreen.it>

#### Parte X

<http://en.wikipedia.org>

<http://www.udel.edu>

<http://www.enel.com>

<http://figliodellafantasia.wordpress.com>

<http://www.teslamotors.com>

<http://www.ilsole24ore.com>

<http://www.nytimes.com>

<http://www.smartgridnews.com>

<http://www.smartgridnews.com>

<http://www.civil.ist.utl.pt>

<http://nyssmartgrid.com>

<http://eandt.theiet.org>

<http://www.cronacacomune.it>

<http://www.rse-web.it>