

UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE
CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ENERGETICA

TESI DI LAUREA MAGISTRALE

MOBILITÀ ELETTRICA IN ALTO ADIGE,
PROSPETTIVE TECNICHE ED ECONOMICHE
PER LA SOCIETÀ ENERGETICA SEL

RELATORE: *Prof. Arturo Lorenzoni*

CORRELATORE: *Ing. Dieter Theiner – SEL spa*

LAUREANDO: *Luca Passerini*

MATRICOLA: *1040655*

ANNO ACCADEMICO: 2014/2015

INDICE

Sommario.....	III
Introduzione.....	1
1 Veicoli elettrici, storia e situazione attuale.....	2
1.1 Storia dei veicoli elettrici.....	2
1.1.1 Esperimenti di noleggio batterie.....	4
1.1.2 Declino del veicolo elettrico ad inizio XX secolo	5
1.2 Panorama europeo	7
1.2.1 Esperimenti di noleggio veicoli	10
1.3 Panorama italiano	12
2 Tecnologia veicoli elettrici puri ed ibridi.....	15
2.1 Le tecnologie di ricarica	17
2.2 Ricarica in AC.....	18
2.3 Ricarica conduttiva in corrente continua DC	18
2.4 Ricarica induttiva.....	19
2.5 Battery Swap	20
2.5.1 Ricarica pubblica o privata	21
2.6 Batterie e sistemi di accumulo.....	23
2.6.1 Batterie al Litio	25
3 Italia, incentivi per auto ecologiche	28
3.1 Veicoli elettrici ed incentivi, un caso Europeo: l’Austria.....	30
3.1.1 Confronto modello di leasing per autovetture Austria ed Italia:.....	32
3.1.2 Analisi risultati: caso Austria	36
3.1.3 Analisi risultati: caso Italia.....	37
4 Alto Adige caratteristiche parco veicoli	38
4.1 Qualità dell’aria.....	38
4.2 Alto Adige, composizione parco veicoli	43
4.3 Alto Adige, autovetture, immatricolazioni e trend di vendita	45
5 Alto Adige bilancio energetico:.....	47
5.1 Consumo combustibile per autotrazione	49
5.1.1 Approccio Top-down.....	50
5.1.2 Approccio Bottom-up.....	52
5.2 Idrogeno H2	54

5.3	Numero di veicoli elettrici circolanti	55
6	Traffico e curva di domanda.....	58
6.1	Tipologia di utenti per autotrasporto privato, modello statistico	60
6.2	Dati traffico e strade a maggior scorrimento	63
6.3	Situazione extraurbana	64
6.4	Situazione urbana.....	67
6.5	Curva di domanda energia per veicoli elettrici	69
7	Sviluppo dell'infrastruttura di ricarica.....	73
7.1	Generazione distribuita e problemi FRNP	73
7.2	Caratteristiche del metering rete elettrica in Alto Adige	75
7.3	Analisi delle cabine primarie e margini di sfruttamento.....	77
7.3.1	Caso migliore:	77
7.3.2	Caso peggiore:	79
7.3.3	Analisi risultati	80
8	Infrastruttura di ricarica pubblica, investimenti.....	81
8.1	Offerte di mercato costi	81
8.2	Modelli di business.....	87
8.3	Tariffazione elettrica	88
9	Infrastruttura di ricarica: un caso pratico.....	92
9.1	Localizzazione della stazione	92
9.2	Tipologia punto di ricarica:.....	93
9.3	Installazione ed analisi dei costi fissi	93
9.4	Messa in esercizio e dati di funzionamento	94
9.5	Analisi economica dell'investimento.....	98
9.5.1	Scenario A: Situazione reale	98
9.5.2	Scenario B: Aumento del sovrapprezzo o dei consumi	99
9.5.3	Scenario C: Riduzione del costo di installazione e aumento consumi	100
9.6	Conclusioni	101
	Bibliografia.....	103
	Ringraziamenti.....	105

SOMMARIO

Il presente lavoro di tesi è stato realizzato in collaborazione alla società energetica altoatesina *SEL spa* con l'intento di individuare i possibili scenari di sviluppo della mobilità elettrica nel contesto geografico e sociale dell'Alto Adige.

I veicoli elettrici possono essere utilizzati con successo per soddisfare il bisogno di mobilità urbana o quello di pendolarismo casa-lavoro, questa soluzione permette anche una forte riduzione delle emissioni inquinanti nonché di quelle acustiche.

Questi fattori positivi uniti allo sfruttamento delle fonti rinnovabili idroelettriche e solari presenti sul territorio in grande quantità, consentono di ridurre la lunghezza della filiera energetica migliorando l'allocazione delle risorse presenti.

Attualmente a livello europeo l'Italia appare piuttosto arretrata per quanto riguarda l'uso di veicoli elettrici. Nonostante il trend di vendita positivo, per il 2014 ha segnato un +30%, si deve considerare che gli altri Paesi possono contare su numeri assoluti maggiori e su una opinione pubblica maggiormente sensibile alla tematica. L'UE si occupa sistematicamente di regolare ed incentivare la mobilità sostenibile, ma se non si riuscirà a proporsi con un mercato minimamente maturo nel breve periodo, si rischia che i futuri provvedimenti tarati su paesi maggiormente attivi nel settore risultino limitanti per un mercato che invece non è ancora stato sviluppato ed in grado di autosostenersi.

INTRODUZIONE

Nei successivi capitoli di questo lavoro di tesi, verrà descritto il settore della mobilità elettrica, lungo tutta la sua filiera, per evidenziare i punti di forza e debolezza di questa tipologia di veicoli particolarmente adatti alla mobilità urbana ed a corto raggio. Attualmente si può notare un grande interesse per questi mezzi, sia livello mediatico, ma soprattutto osservando le nuove proposte offerte dalle case automobilistiche.

Se a livello europeo gli EV (electric vehicle) possono vantare discreti numeri di diffusione, in Italia sono ancora piuttosto rari e non rappresentano fette di mercato rilevanti. Grazie allo sviluppo tecnologico degli accumulatori agli ioni di litio spinto dall'industria elettronica, è stata resa possibile l'introduzione di vetture elettriche con percorrenze sufficienti da soddisfare la maggior parte delle esigenze di mobilità individuale. Studiare la domanda di mobilità di una certa zona risulta fondamentale per determinare le abitudini di utilizzo dei veicoli e le distanze medie da essi percorse, questo è mirato alla definizione dei migliori siti per l'installazione di stazioni di ricarica per ottenere buoni risultati di energia erogata agli utenti. Ad oggi, essendo il numero di veicoli e quindi la richiesta di ricariche molto limitato, l'implementazione della rete e la sua gestione non è un business sostenibile visti i limitati guadagni a ricarica e l'elevato costo di installazione. Tuttavia l'aver scelto con cognizione di causa i punti di installazione consentirà nel minor tempo possibile il raggiungimento di quantità di energia erogata tali da ripagare le stazioni in un numero di anni congruo. Di fatto risulta evidente che infrastruttura di ricarica e mezzi elettrici debbano seguire un percorso di diffusione parallelo in quanto risultano simbiotici dal punto di vista tecnico e quello molto importante legato all'opinione pubblica.

In aggiunta a queste problematiche economiche e sociali, 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 da marca o modello e di garantire l'interoperabilità tra i diversi stati nazionali. È necessario che i vati produttori di veicoli elettrici siano disposti a sacrificare alcuni dei loro brevetti e di know how tecnologico per consentire di identificare uno standard per uniformare il tipo di presa e di protocollo per la connessione veicolo-colonnina di ricarica.

Partendo dalla descrizione storica dei veicoli, verrà proposta una fotografia di quella che è la situazione a livello europeo e nazionale della diffusione di questi mezzi. Saranno confrontate le principali caratteristiche dei modelli più diffusi e confrontati a livello di spese di mantenimento e gestione rispetto agli omologhi modelli a motore termico.

Verrà posta particolare attenzione alle necessità locali di mobilità privata e come queste vengono attualmente soddisfatte.

Anche il punto di vista ambientale verrà tenuto in considerazione, se da un lato l'attuale sviluppo tecnologico ha consentito di ridurre le emissioni inquinanti, l'approccio tenuto dalla Comunità Europea è specificatamente mirato alle emissioni di CO₂, non considerando ad esempio le emissioni di NO₂ derivanti dai tradizionali motori termici. Infine verrà presentata una piccola sperimentazione di infrastruttura di ricarica che permetterà di osservare in maniera oggettiva l'attuale richiesta di elettricità per veicoli e di come sia possibile sostenere questo tipo di investimenti anche in funzione delle future previsioni di crescita e sviluppo del mercato.

1 VEICOLI ELETTRICI, STORIA E SITUAZIONE ATTUALE

1.1 STORIA DEI VEICOLI ELETTRICI

I veicoli elettrici hanno una lunga storia alle spalle. La loro origine risale al 1832, ben prima dell'invenzione del motore a combustione interna. La Francia e la Gran Bretagna furono le prime nazioni europee ad avere una diffusione rilevante di veicoli elettrici dalla fine del XIX secolo [1]. Due importanti pionieri di questo tipo di veicoli furono Sir Robert Anderson e Sibrandus Stratingh. Il primo di origini scozzesi, tra gli anni 1832-1839, applicò ad una carrozza un motore elettrico alimentato da un sistema di batterie non ricaricabili. Il secondo invece, di origini olandesi, nel 1835 realizzò un prototipo a trazione elettrica, nelle forme più simile alle moderne auto circolanti.

La principale limitazione allo sviluppo di tali mezzi di trasporto era l'autonomia e la potenza del sistema di accumulo, problematica che ancora oggi costituisce un punto di debolezza della tecnologia elettrica.

Le batterie ricaricabili che hanno rappresentato il primo strumento efficace di accumulo dell'energia per veicoli sono state rispettivamente, inventate ed affinate, dai francesi Gasto Planté e Alphonse Camille Faure, che tra gli anni 1859 e 1881 introdussero gli accumulatori al piombo e ne industrializzarono il processo produttivo. [2] In applicazioni particolari come per esempio i trenini da miniera, la possibilità di evitare il consumo di ossigeno e di non avere



Figure 1. Taxi elettrici a New York 1897

emissioni di gas inquinanti rappresentava un fattore determinante per la sicurezza delle attività estrattive. Inoltre in città come Londra, nel XIX secolo, cominciava a delinearsi la problematica dello smog dovuto all'eccessivo utilizzo del carbone come fonte di calore. Fu proprio nella capitale britannica che nel 1884 l'inglese Thomas Parker ideò un proprio di veicolo elettrico a 4 ruote per poi passare negli anni successivi alla produzione industriale di tram alimentati ad energia elettrica. Alla fine del secolo, la sua compagnia si fuse con altri simili produttori dando origine alla Electric Construction Corporation, azienda che deteneva il monopolio virtuale dei veicoli elettrici sul suolo britannico. Nella Figura 2 si può vedere il modello di taxi elettrico circolante a Londra negli anni 1897. Sono da ricordare anche i numerosi record di velocità raggiunti, tra i più notevoli si trova il superamento della "barriera" dei 100 km/h, compiuto da Camille Jenatzy il giorno 29 aprile 1899 a bordo di un curioso veicolo a forma di sigaro.

Il vantaggio rispetto ai veicoli alimentati con i derivati del petrolio o a vapore, consisteva nell'assenza di rumorosità, vibrazioni e gas di scarico. La semplicità costruttiva finale risultava

maggiorata, erano infatti assenti parti meccaniche complesse, come il cambio. Anche la fase di avviamento era semplice, rispetto ad altre forme di alimentazione era sufficiente chiudere un interruttore. I modelli a trazione termica prevedevano un meccanismo di accensione a manovella collocato nella parte frontale del mezzo e quelli a vapore dovevano essere avviati circa un'ora prima del loro utilizzo.



Figure 2. "Bersey cab" esposto al museo inglese della scienza.

Queste particolarità spinsero i costruttori dell'epoca ad improntare le campagne pubblicitarie dei loro mezzi elettrici sul concetto di veicolo facile da gestire e condurre, particolarmente adatto al pubblico femminile. Si riportano in seguito alcune immagini dell'epoca, a sinistra in Figura 3 è ritratta una signora mentre collega il proprio veicolo al carica batterie



Figure 3. Signora che si appresta a collegare la propria vettura elettrica al caricabatterie

1.1.1 Esperimenti di noleggio batterie

In questa pagina viene proposta una inserzione pubblicitaria per giornali quotidiani, anno di pubblicazione 1912 (Figura 4), come si può notare anche in questo caso il viene mostrata una signora al volante del veicolo.

La diffusione di questi tipi di veicolo era stata inizialmente ostacolata dalla mancanza di infrastruttura di rete elettrica, ma con l'inizio del XX secolo in molte case era disponibile l'allacciamento alla rete e quindi l'installazione di dispositivi di ricarica. È da sottolineare che in questo periodo in America vennero registrate fino a 33.842 (38% del totale) automobili elettriche [3], arrivando al primo posto per diffusione dei mezzi BEV (battery energy vehicle).

La tematica dell'autonomia e della modalità di ricarica rappresentarono un aspetto sempre tenuto in considerazione dai produttori. Insieme al mercato dei veicoli venne quindi sviluppato in parallelo quello dei sistemi di accumulo, andando a proporre tipologie di business ancora oggi in uso. Per esempio nel 1896 fu ideato il primo servizio di noleggio batterie, operato dalla Hartford General Electric, era rivolto ai possessori di mezzi di trasporto per merci. Veniva permesso l'acquisto del mezzo privo del pacco batterie e poi in seguito veniva pagato un corrispettivo mensile sulla base dei km percorsi ad un'altra società, che si occupava specificatamente dei sistemi di accumulo. I mezzi vennero appositamente modificati per velocizzare la sostituzione delle batterie in modo da rendere questa operazione pratica ed efficiente. Un altro esperimento di questo tipo e di successo, venne messo in atto nel 1917 a Chicago e rivolto ai clienti di Milburn Light Electric che permetteva di acquistare un veicolo elettrico privo delle batterie, da noleggiare in seguito presso una compagnia affiliata.

Attualmente il servizio di noleggio batteria è principalmente offerto da una sola casa automobilistica, la Renault che con la sua proposta vuole garantire ai propri clienti un'auto più competitiva dal punto di vista del prezzo di acquisto e soprattutto più performante dal punto di vista degli accumulatori. Infatti il contratto di fornitura prevede che le batterie vengano sostituite



Figure 4. Inserzione pubblicitaria del 1913 della Detroit Electric

qualora le prestazioni scendano al di sotto una determinata soglia. Il costo di noleggio varia in base ai km annuali percorsi, ma indicativamente può quantificarsi in poco più di 100 euro al mese per 20.000 km/anno.



Figure 6. Henney Kilowatt, 1959 Stati Uniti d'America

1.1.2 Declino del veicolo elettrico ad inizio XX secolo

Dopo questi importanti risultati ottenuti dal mercato dei veicoli elettrici seguì una fase di lento declino, una serie di innovazioni tecniche furono tali da riportare in auge la tecnologia dei motori termici. In quegli anni venne infatti avviato un miglioramento delle infrastrutture stradali che fece lievitare la distanza media percorribile rendendo l'autonomia del mezzo un fattore di primo piano, in quanto con un ciclo di carica delle batterie era possibile percorrere al più una sessantina di km, rendendo di fatto limitante l'utilizzo di questi mezzi. La scoperta di grandi giacimenti petroliferi fece aumentare la disponibilità di combustibili derivati dal petrolio che unita alla capillarizzazione della distribuzione ed all'abbassamento dei prezzi, consentì la crescita del mercato per le auto a benzina e gasolio. Inoltre l'utilizzo di dispositivi come motorino di avviamento e marmitta silenziante resero sempre più attraenti i veicoli a motore termico, vantaggi ai quali si aggiunse la produzione in serie introdotta da Henry Ford, che fece ulteriormente calare i prezzi di acquisto. Nel 1912 il prezzo di una macchina a motore termico risultava dimezzato rispetto ad una elettrica.

Le auto elettriche vennero quindi confinate ad un uso prettamente urbano viste le loro scarse prestazioni di velocità massima (circa 40 km/h) e per la loro scarsa autonomia che non permetteva di percorrere tragitti superiori ai 60 km. Fu quindi un periodo di declino per questo tipo di tecnologia che culminò nel 1930 con la quasi scomparsa dal mercato dei produttori di macchine elettriche, la scelta di veicoli a batteria rimaneva vincente per applicazioni dedicate,

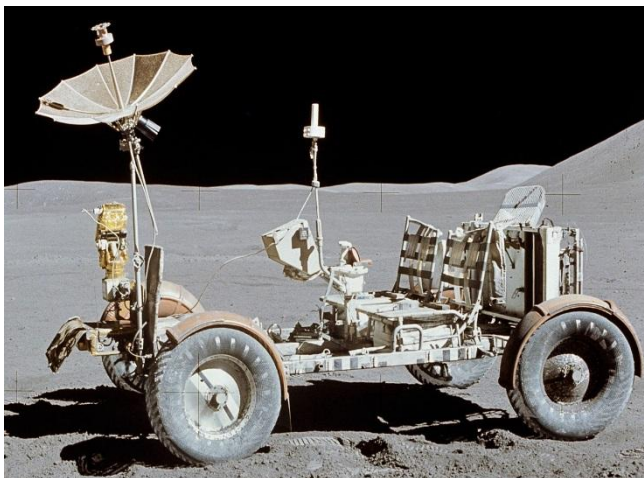


Figure 7. Rover lunare utilizzato per la missione Apollo 15 nel 1973

come per esempio i muletti da magazzino o le golf car che fin dagli albori del loro utilizzo venivano proposti con motori di tipo elettrico. Per tutta la metà del XX secolo, la mobilità elettrica subì quindi un forte rallentamento confermato anche dai pessimi risultati di vendita ottenuti dai modelli dell'epoca, riportata nella Figura 6, il veicolo offerto dalla Henney Kilowatt nel 1959. Questa vettura era alimentata attraverso un pacco batterie di accumulatori al piombo che consentivano un'autonomia di 60 miglia ed una velocità massima di circa

Capitolo 1: Veicoli elettrici, storia e situazione attuale
Storia dei veicoli elettrici

100 km/h. Furono vendute un totale di sole 47 auto per di più la maggior parte a società elettriche che le utilizzavano per motivi di immagine e marketing piuttosto che per una effettiva necessità. Per trovare nuovamente un veicolo elettrico in cima agli onori delle cronache, è necessario andare fino all'anno 1976, in altre parole quando per le missioni di allunaggio Apollo 15, 16 e 17 vennero utilizzati dall'equipaggio veicoli a trazione elettrica che riuscirono ad ottenere una visibilità senza eguali. I veicoli in questione sono i Rover lunari che purtroppo giacciono abbandonati sulla superficie del nostro satellite naturale e per il momento, da parte della NASA, non sono in programma missioni di recupero. Sono però disponibili numerose immagini che documentano il successo di tale veicolo, che può senz'altro definirsi come il veicolo per trasporto passeggeri di maggior successo a livello spaziale, aggiungendo così un nuovo record a favore della mobilità elettrica. Dopo anni al di fuori della ribalta, le crisi energetiche degli anni 1970 e 1980 portarono nuovo interesse alle alternative ai derivati del petrolio. In questi anni e soprattutto a partire dagli anni novanta vennero sperimentati molte micro car alimentate a batterie che venivano proposte come mezzo di trasporto urbano. Le dimensioni di questi veicoli erano ridotte, tant'è che furono perlopiù categorizzate come micro-car e non omologate per gli usi autostradali poiché troppo limitate in prestazioni. A seguito viene mostrata una tabella che raccoglie in ordine cronologico i dati di vendita dei veicoli elettrici [2].

Nome	Anno di produzione	Esemplari prodotti	V_max [km/h]	Costo [€] senza IVA	Autonomia [km]
Henney Kilowatt	1958–1960	<100	97	--	96
Sebring-Vanguard Citicar	1974–1979	4.444			64
Škoda Favorit ELTRA	1992–1994	<1,100	80	15.200	80
General Motors EV1	1996–2003	1.117	129	30.000	257
Chevrolet S10 EV	1997–1998	492	118	30.000	144
Honda EV Plus	1997–1999	~300	130	40.000	130–180
Toyota RAV4 EV	1997–2002	1.249	125	30.000	140
Ford Ranger EV	1998–2002	1.500		37.600	119
TH!NK City	1999–2002	>1.000	90		85
REVA	2001–	>4.000	72	11.900	80
ZAP Xebra	2006–2009	>700	65	7.500	40
Tesla Roadster (model S)	2008–2012	2.500	210	99.000 (108.00)	350
Mitsubishi i MiEV	2009–	>32.000	130	21.000	140
Nissan Leaf	2010–	>125.000	150	25.500	175
Renault Kangoo Z.E.	2011–	>14.542	130	21.650	170
Bolloré Bluecar	2011–	>3.131	130	12.000 (no batt)	250
Smart ED	2012–	>9.000	125	19.900	130
Tesla Model S	2012–	>40.000	210	72.600	480
Renault Zoe	2013–	>12.631	130	17.650 (no batt)	135
Volkswagen e-Up!	2013–	>4.952	130	22.350	160
BMW i3	2013–	>6.873	160	29.750	160

Table 1. Raccolta dati vendite mondiali di EV dal 1899-2013, fonte: Wikipedia

1.2 PANORAMA EUROPEO

Attualmente il mercato delle auto in Europa non gode di una situazione di particolare benessere e si può notare come in quasi tutti i paesi della zona euro, si sia registrato di anno in anno un calo delle immatricolazioni (Figura 8). Per arrivare ai dati più recenti e cioè

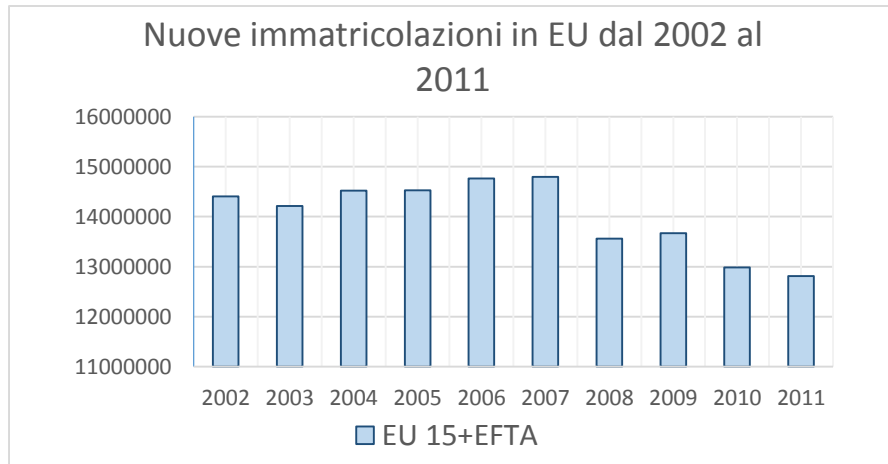


Figure 8. Variazione percentuale delle immatricolazioni nuove veicoli in Europa. Fonte: UNRAE 2013

risferiti al biennio 2012-2013, ACEA (European Automobile Manufacturers Association), registra un calo per l'Europa del -1,7% sulle immatricolazioni di nuove autovetture (Figura 9). I dati



Figure 9. Andamento del mercato autoveicoli per nazione. Fonte ACEA 2014

Capitolo 1: Veicoli elettrici, storia e situazione attuale
Panorama europeo

presentati ovviamente sono di carattere generale e riguardano il panorama complessivo dei veicoli per trasporto passeggeri, non vengono perciò caratterizzati i volumi di vendita e la tipologia di combustibile utilizzato.

Il mercato dell'auto elettrica a livello Europeo è da considerarsi marginale o in fase di avvio, sebbene le vendite restino inferiori alle previsioni proposte dalla maggior parte degli studi e report di settore, bisogna comunque registrare che il trend è positivo ed in crescita, in opposizione ai veicoli tradizionali. Fenomeno che è sostanzialmente riconducibile agli incentivi messi a disposizione dai singoli Stati e dalla Comunità Europea.

I dati riportati nella tabella 2 si riferiscono sia a veicoli elettrici "puri" denominati BEV (battery electric vehicle) sia a quelli ad alimentazione ibrida cioè i PHEV (plug hybrid electric vehicle) che invece utilizzano un motore termico tradizionale per provvedere alla ricarica degli accumulatori di bordo.

Produttore	Modello	Tipo	Segmento	Vendite 2012	Vendite 2013	Nuovo modello
Renault	Zoe	BEV	Supermini	-	8500	si
Volvo	V60 Plug-in	PHEV	SUV	-	8200	si
Mitsubishi	Outlander	PHEV	Large hatch	40	7580	si
Nissan	Leaf	BEV	Compact	2800	6160	no
Toyota	Prius Plug-in	PHEV	Midsize hatch	3200	4620	no
General Motors	Volt/Ampera	PHEV	Midsize hatch	5300	3860	no
Daimler	ForTwo ED	BEV	Citycar	1000	2960	no
Tesla	Model S	BEV	Sport	35	1660	si
BMW	i3	BEV/PHEV	Compact	-	1050	si
Volkswagen	eUP	BEV	Citycar	-	950	si
PSA	C Zero/iON	BEV	Small hatch	5100	880	no
CeComp Bolloré	Bluecar	BEV	Small hatch	1540	570	no
Mia	Mia Electric	BEV	Citycar	510	260	no

Table 2. Vendite di veicoli in Europa anno 2013. Fonte Transport & Environment

Analizzando i dati di Transport & Environment [4] in tabella 2, specifici del mercato EV, si può giungere a due considerazioni. La prima è che i veicoli elettrici suscitano sempre più interesse in quanto vi è un aumento del numero di veicoli venduti. La seconda considerazione è legata alle prime posizioni della classifica che sono interamente occupate da veicoli di nuova immisione sul mercato, segno tangibile che le nuove proposte offerte dalle case produttrici riescono ad intercettare con buoni risultati l'interesse ed il gusto dei consumatori.

A livello mondiale, nell'anno 2013 sono stati venduti ben 210.000 [5] veicoli elettrici e nello specifico il primo mercato risulta quello degli Stati Uniti, subito dietro si trova l'Europa. Va rilevato che al terzo posto si piazza il sempre forte mercato giapponese, che in precedenza al 2010, occupava la prima posizione. Questo successo del mercato nipponico era principalmente legato alla forte diffusione di micro-car per trasporto urbano a corto raggio, che in Giappone riscuotono da sempre un forte successo mantenendo vivo l'interesse per tale tecnologia consentendo anche un forte sviluppo dell'infrastruttura di ricarica.

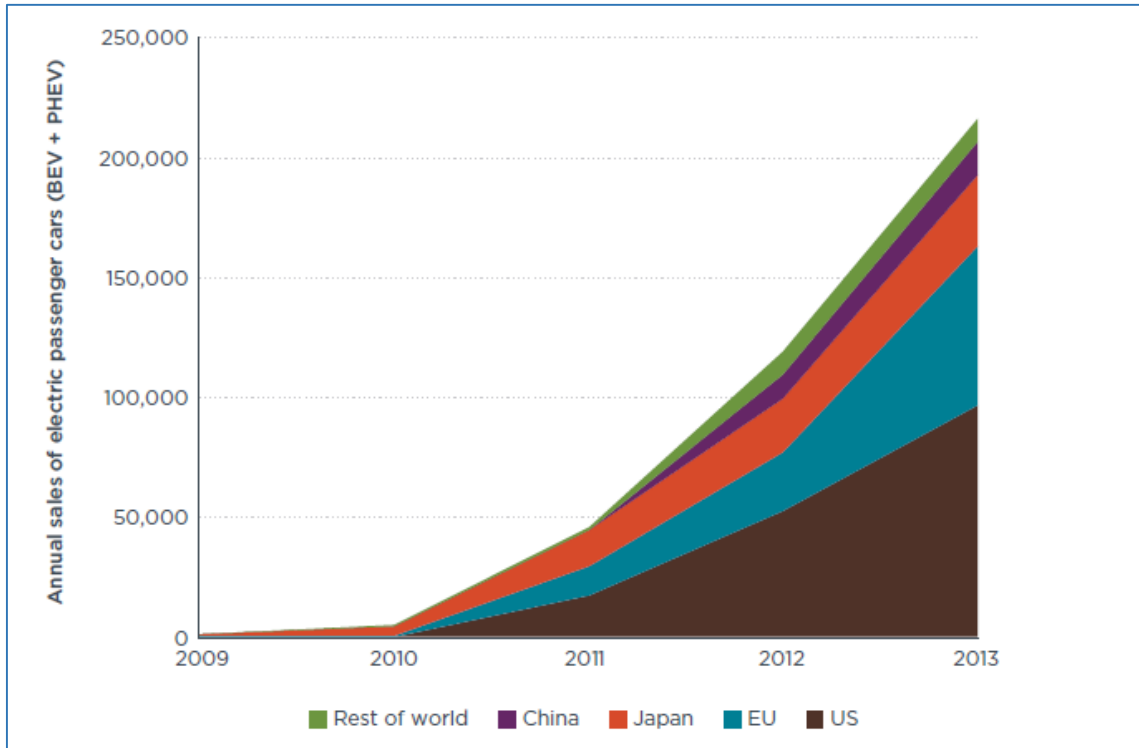


Figure 10. Andamento delle vendite di EV nel mondo 2014. Fonte ICCT.

Nel prossimo grafico si fa invece riferimento alla sola area UE, considerando i dati di vendita relativi all'anno 2013 divisi per paese. Nel grafico vengono considerati sia veicoli BEV che ibridi PHEV, interessante è anche notare che non c'è una costante proporzione tra queste due tipologia, ma a seconda del paese vi è una predominanza di uno o dell'altro tipo.

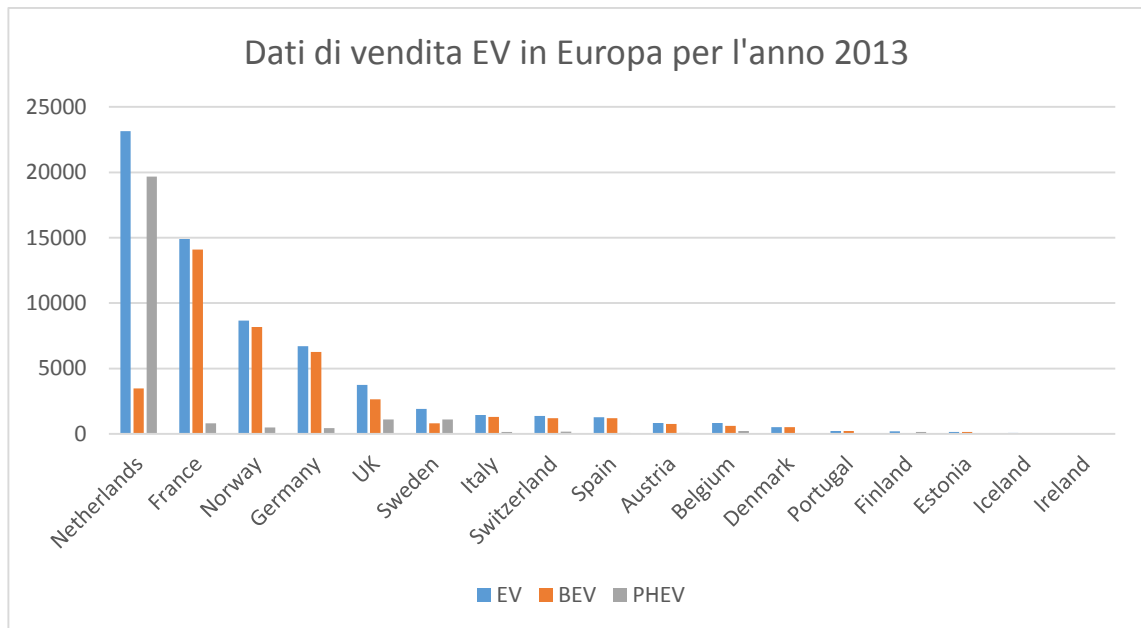


Figura 11. Vendite EV 2013. Fonte EVobsession Jan 2014, (nota EV=BEV+PHEV)

Capitolo 1: Veicoli elettrici, storia e situazione attuale Panorama europeo

In Italia per esempio i dati raccolti mostrano un totale di 1441 EV venduti di cui il 90% (1306 unità) sono veicoli elettrici puri, a differenza per esempio della situazione olandese che invece ha volumi di mercato di un ordine di grandezza superiore ma composti quasi esclusivamente da veicoli ibridi a doppia alimentazione. Più omogenea rispetto all'Italia ma con numeri nettamente maggiori è la situazione francese che si piazza al secondo posto della classifica europea con 14095 BEV vendute nel 2013, trainata soprattutto da successo ed incentivazione del modello francese Renault ZOE, una utilitaria equipaggiata con motore elettrico da 60 kW e pacco batterie da 22 kWh. Viene considerata l'alternativa elettrica al ben più noto modello dell'omonima casa con motore a combustione, la "Clio".

1.2.1 Esperimenti di noleggio veicoli

Un altro modello che invece si sta rivelando di successo e con caratteristiche di business molto interessanti è il progetto parigino denominato Autolib (automobile e liberté).

Nella capitale francese infatti è stato avviato a Dicembre 2011 un progetto di car-sharing su larga scala che ha di fatto rivoluzionato il concetto di mobilità per francesi e turisti. L'offerta di tale servizio è stata inizialmente sponsorizzata dal comune come proseguo del progetto di bike-sharing già attivo nella città dall'anno 2007.

A differenza di altre capitali europee in Francia, il numero di automobili per cittadino è particolarmente basso. A Roma per esempio ci sono ben 74 auto ogni 100 abitanti, 31 a Londra, 46 a Madrid e soltanto 25 a Parigi. Questo indice è molto importante perché dà un'idea della possibile platea di utilizzatori del servizio. Le automobili che vengono fornite agli utenti sono prodotte in Italia da una joint venture che unisce la francese Bolloré, azienda produttrice di accumulatori, l'italiana Pininfarina ideatrice del design e la torinese Cecom che ha operato l'industrializzazione del prototipo. Il veicolo conosciuto con il nome di "Bluecar" dispone di un motore elettrico da 50 kW e velocità massima autolimitata 130 km/h, l'autonomia è di ben 250 km e sfrutta il recupero dell'energia in frenata.



Figura 12. Bluecar concept, salone dell'auto di Parigi 2008

Capitolo 1: Veicoli elettrici, storia e situazione attuale Panorama europeo

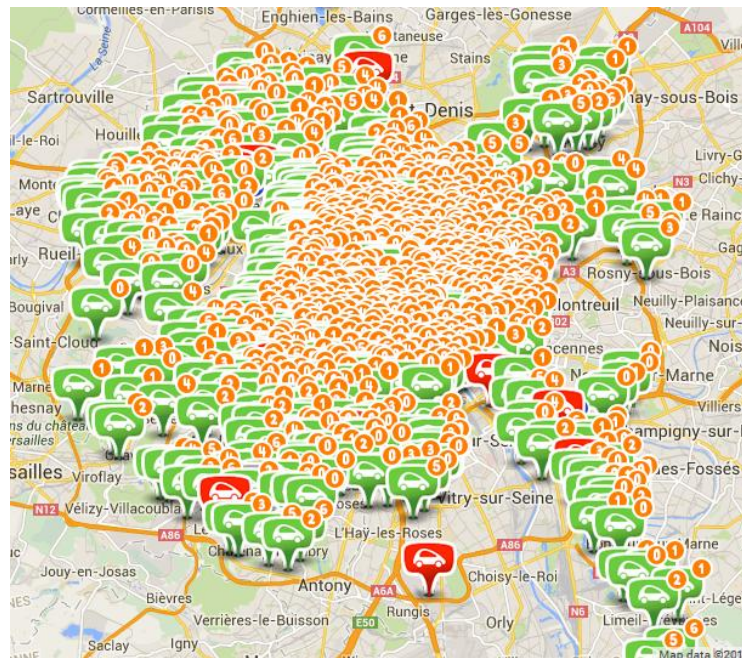


Figure 13. Mappa dei punti di ricarica Autolib nella città di Parigi, come si può notare dall'immagine il territorio è interamente coperto

I numeri parlano chiaro e rendono la proporzione del successo ottenuta dal servizio Autolib. La città di Parigi conta circa 2.250.000 abitanti e dall'inaugurazione del servizio (dicembre 2011) si è riusciti nel giro di due anni a superare la quota dei 100.000 iscritti con 2000 veicoli elettrici operativi e 4000 punti di ricarica sparsi in tutto il territorio. Autolib ha iniziato gli sforzi per incrementare ulteriormente la propria attività arrivando a 3000 veicoli ed espandendosi in altre città francesi, inoltre è stato firmato un accordo per iniziare un'attività di car sharing nella città americana di Indianapolis per il 2014. Il servizio è rivolto a tutte le persone che hanno compiuto il 18esimo anno di età e sono in possesso di una patente di guida valida o certificato di patente internazionale qualora stranieri. L'iscrizione al servizio può essere fatta via internet o in uno dei tanti chioschi clienti sparsi per la città, dopo aver registrato i propri dati si riceve una tessera RFID di riconoscimento. Una volta ritirata la tessera è sufficiente recarsi presso un posteggio dedicato (come si vede dalla figura 8 sono moltissimi e sparsi in tutto l'ambiente urbano) ed autenticarsi, operazione che consente di sbloccare l'autovettura e di riporre l'apposito cavo di ricarica. A questo punto si può circolare in libertà. Al termine dell'utilizzo è necessario ricollocare la vettura in un qualsiasi altro posteggio dedicato e ricollegare il cavo di ricarica in modo da ripristinare l'autonomia del veicolo per il cliente successivo. I costi del servizio vengono definiti in base al tipo di contratto scelto dall'utente ed in generale sono suddivisi in scatti da trenta minuti, in modo da soddisfare la tempistica della maggior parte degli spostamenti in ambito urbano. Un campo di prova così esteso è fondamentale per analizzare e comprendere le problematiche legate a sicurezza e problemi di manutenzione dei veicoli elettrici. Oltre alle colonnine di ricarica per questo tipo di veicoli è necessario formare specificatamente sia i tecnici che devono occuparsi della manutenzione (le differenze con i modelli tradizionali non consentono ai meccanici di autovetture di operare manutenzioni senza una preparazione specifica) sia dei corpi dei Vigili del Fuoco che devono essere pronti ad intervenire in caso di incidenti. Quest'ultimo aspetto legato alla sicurezza è fondamentale perché è necessario utilizzare procedure e metodi di

Capitolo 1: Veicoli elettrici, storia e situazione attuale
Panorama italiano

intervento appositamente studiati. L'alimentazione dei motori elettrici per veicoli avviene in corrente continua e ad una tensione molto elevata dell'ordine delle centinaia di Volt, con ovvio rischio per operatori che si trovano ad intervenire, in casi particolari o per esempio quando si renda necessario l'utilizzo di strumenti come le pinze idrauliche che spesso sono utilizzate in caso di incidente. Le batterie al Litio utilizzate nella quasi totalità dei modelli, in caso di guasto, sono suscettibili a surriscaldamenti e nei casi peggiori anche ad esplosioni, soprattutto le fiamme da esse generate risultano difficilmente estinguibili con i metodi tradizionali. Nel specifico caso di Autolib, si sono riscontrati un totale di 25 incidenti che hanno portato all'incendio delle vetture. Il numero piuttosto elevato va contestualizzato in quanto in molti episodi le fiamme si sono poi propagate agli altri veicoli elettrici parcheggiati nelle vicinanze ed inoltre la causa preponderante degli inneschi è sempre stata quella del vandalismo. Il progetto effettivo è iniziato nel 2009 su spinta del sindaco parigino Bertrand Delanoë, che ha previsto un investimento di circa 110 milioni di euro per le casse dell'amministrazione pubblica ed ha istituito un bando per l'erogazione del servizio di car sharing. Ad uscire vincitore dalla gara è stato il gruppo Bolloré che si è aggiudicato la concessione dal comune, l'investimento interno nel progetto da parte del gruppo ha superato il miliardo di euro ed ha compreso tutte le fasi, dall'industrializzazione ai contratti assicurativi. La parte maggiore di investimento è stata quella legata allo sviluppo della tecnologia delle batterie e per la fornitura degli autoveicoli. I costi di gestione annuali sono quantificati in 80 milioni euro ed è previsto che il progetto diventi effettivamente redditizio solo a partire dal 2018.

Autolib tariffario								
Piano	Durata	Abbonamento	Quota a tempo			Tariffe per incidenti		
			Primi 30 min	Secondi 30 min	30 min aggiuntivi	Primo	Secondo	Terzo
Single premium	1 anno	€ 144 per anno	€ 5	€ 5	€ 5	€ 200	€ 475	€ 750
		€ 12 al mese						
Premium family	1 anno	€ 132 per anno	€ 5	€ 4	€ 6	€ 200	€ 475	€ 750
		€ 11 al mese						
Settimanale	1 settimana	€ 15 a settimana	€ 7	€ 6	€ 8	€ 150	€ 450	€ 750
Giorno singolo	1 giorno	€ 10 per 24 ore	€ 7	€ 6	€ 8	€ 150	€ 450	€ 750

Tabella 4.. Tariffario servizio Autolib

1.3 PANORAMA ITALIANO

In Italia la situazione del mercato autoveicoli non è particolarmente florida, a seguito della crisi economica 2007 si è registrato un forte calo delle immatricolazioni ed in generale il trend negativo continua e non vi sono particolari segni di ripresa.

Per dare un ordine di grandezza dei problemi attualmente vissuti dall'industria automobilistica, si può prendere per esempio il dato di vendita dei veicoli a benzina, le cui immatricolazioni sono scese da 1.011.689 veicoli del 2007 a 401.729 nel 2013, registrando una variazione negativa del -60%. Nella successiva tabella 4 vengono riportati i dati UNRAE che riportano l'andamento delle immatricolazioni dell'ultimo decennio per il mercato nazionale, si può vedere come ci sia stata una forte contrazione del mercato e conseguente crisi del settore.

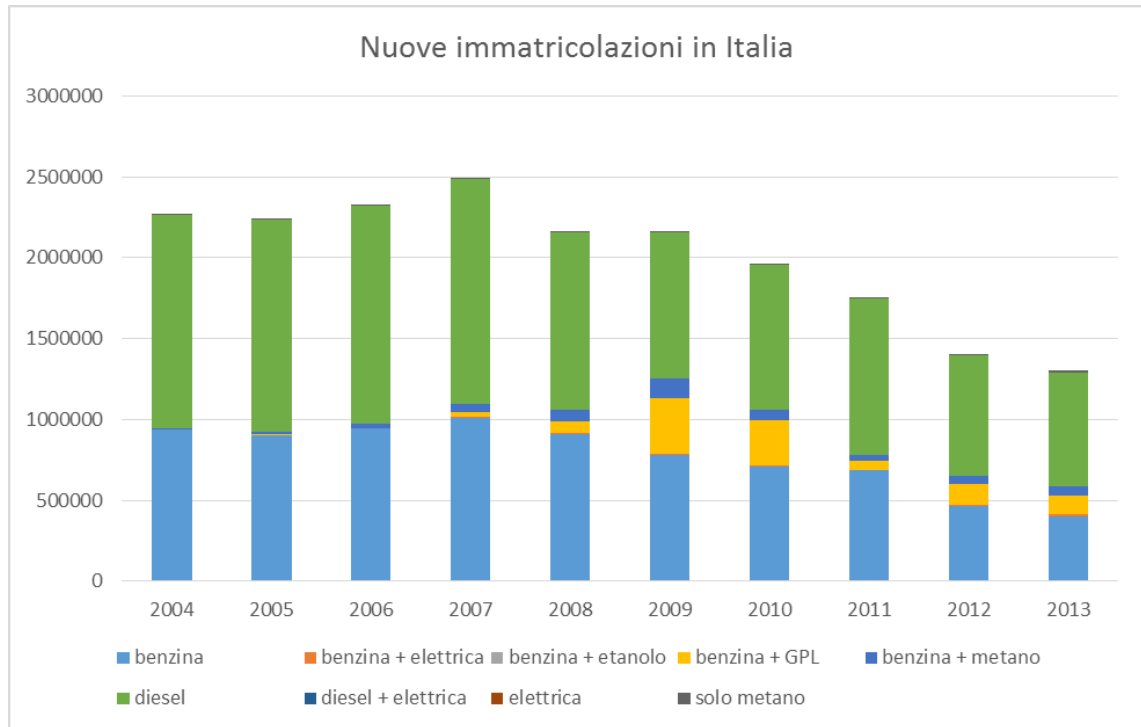


Figure 14. Nuove immatricolazioni in Italia, fonte UNRAE

Le proporzioni delle diverse tipologie di combustibile sono ovviamente influenzate dai prezzi di rifornimento alla pompa, tanto che negli anni 2009 e 2010 in corrispondenza dell'alto prezzo del barile, si nota un forte aumento delle vetture alimentate a GPL o metano in grado di assicurare una maggiore economicità di esercizio. Dal grafico di figura 14, non compare la porzione legata ai veicoli elettrici in quanto dell'ordine delle centinaia di unità e non confrontabile con i dati macroscopici, le vendite di auto elettriche vengono caratterizzate ed analizzate separatamente in tabella 5.

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
PHEV										
Diesel+elettrico	0	2	13	2	0	0	0	12	1198	1099
Benzina+elettrico	495	1110	2179	3450	3337	7584	4843	5150	5638	14057
BEV										
Elettrico puro	42	30	28	25	132	63	116	307	524	864

Table 5. Elaborazione dati immatricolazione veicoli BEV+PHEV. Fonte UNRAE paese Italia

Attualmente secondo dati ACI il parco attuale italiano vede immatricolati per la categoria veicoli elettrici ed ibridi un totale 45.404 autovetture che rielaborati sulle immatricolazioni per tipo combustibile portano a circa il 4% di veicoli BEV e al 92% di PHEV con alimentazione a benzina. Il modello che nel nostro paese ha avuto maggiore successo si è rivelata la Toyota Prius con un totale di 13443 automobili vendute dal 2004 al 2013. La successiva tabella riporta la top ten dei veicoli ibridi ed elettrici più venduti in Italia. Un ultimo dato di rilievo è quello legato alla presenza

Capitolo 1: Veicoli elettrici, storia e situazione attuale
Panorama italiano

di infrastrutture di ricarica sul territorio nazionale, ovvero la presenza di stazioni di rifornimento che permettono di ricaricare i veicoli elettrici in tempi rapidi, secondo i dati di [6] sito aggiornato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, in Italia sono ad oggi presenti 1550 stazioni di ricarica di cui 517 pubbliche.

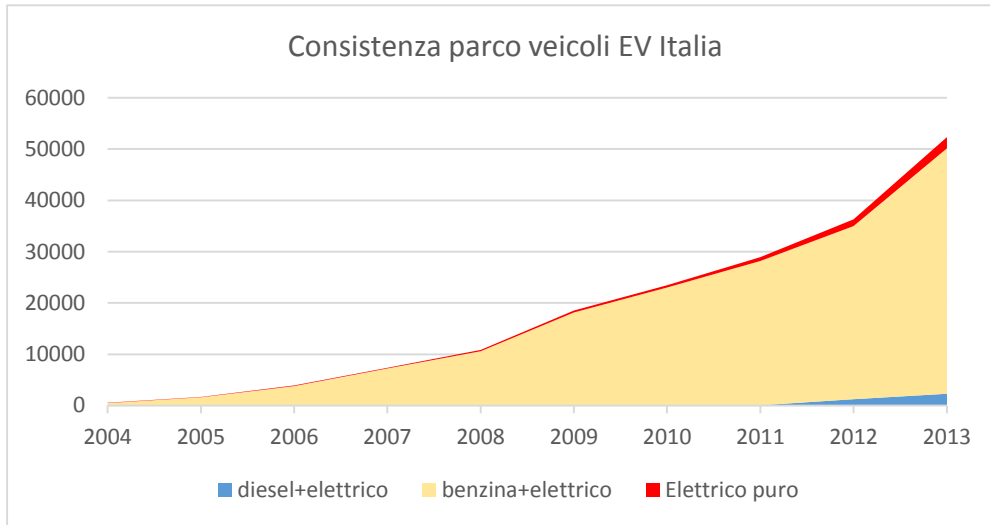


Figure 15. Consistenza parco veicoli italiano, vita veicolo ipotizzata 8 anni

PHEV		BEV	
modello	auto	modello	auto
TOYOTA PRIUS	13443	NISSAN LEAF	474
TOYOTA AURIS	8335	SMART FORTWO	305
TOYOTA YARIS	8168	CITROEN C-ZERO	289
LEXUS RX	5871	RENAULT ZOE	204
HONDA INSIGHT	5431	PEUGEOT ION	190
LEXUS CT	2121	FIAT DOBLO	82
HONDA CIVIC	1116	PIAGGIO PORTER	80
PEUGEOT 3008	839	FIAT PANDA	80
HONDA JAZZ	790	RENAULT FLUENCE	76
AUDI Q5	694	MITSUBISHI I-MIEV	56

Table 6. Top ten dei dieci veicoli BEV o PHEV più venduti in Italia negli ultimi 10 anni

2 TECNOLOGIA VEICOLI ELETTRICI PURI ED IBRIDI

Il continuo aumento del costo dei combustibili e la necessità di ridurre le emissioni di CO₂, porta le case automobilistiche a porre sempre più attenzione al concetto di mobilità sostenibile ed alla riduzione dei consumi di carburante. Anche la Comunità Europea nella sua attività di emissione provvedimenti e normative, modifica di anno in anno quelli che sono gli standard tecnologici e di consumo dei veicoli venduti negli Stati aderenti alla UE. È ormai diventato di uso comune per i veicoli l'utilizzo degli standard identificati con la sigla **Euro-** seguita da un numero, progressivamente introdotti di anno in anno secondo una scaletta dettata dalla Comunità Europea. Le emissioni specifiche diventano sempre più restrittive e riguardano le emissioni dei veicoli, misurate in g/km. Sono passati ormai più di venti anni dall'introduzione del primo limite alle emissioni, e cioè l' Euro 1, che entrò in vigore a partire dal 1 gennaio 1993 per tutti i veicoli di nuovo lancio sul mercato nazionale. Ad oggi si è arrivati allo standard Euro 6, tale norma è entrata in vigore dal 1^o settembre 2014 per le omologazioni di nuovi modelli mentre diventerà obbligatoria dal 1^o gennaio 2016 per tutte le vetture immatricolate. I limiti imposti da tale provvedimento, limiteranno le emissioni dei veicoli attraverso schemi in fase di compilazione che porteranno alla riduzione fino a 80 mg degli ossidi di azoto e fino a 170 mg quelle del THC (total hydrocarbons) e degli ossidi di azoto relativamente ai motori diesel. Ad oggi l'utilizzo di veicoli elettrici ed ibridi, ha permesso di ottenere emissioni ben inferiori a quelle imposte dalla UE ed inoltre ha portato verso un'idea sempre più diffusa di mobilità "green".

anno di riferimento	benzina			gasolio		
	valore minimo [gCO ₂ /100 km]	valore massimo [gCO ₂ /100 km]	ibrido [gCO ₂ /100 km]	valore minimo [gCO ₂ /100 km]	valore massimo [gCO ₂ /100 km]	ibrido [gCO ₂ /100 km]
2008	103	118		99	115	
2009	99	110		98	113	
2010	99	110	89	98	112	
2011	92	101	87	87	107	
2012	90	98	86	87	98	
2013	90	94	49	87	93	48

Table 7. Emissioni di CO₂ per veicoli per trasporto persone benzina e gasolio

Inoltre l'ultima trince di incentivi pubblici per l'acquisto di veicoli nuovi, è stata tarata in modo da favorire i mezzi con ridotte emissioni per kilometro, si riportano le tre diverse fasce di incentivo e l'ammontare del contributo [7]:

- veicoli con emissioni di CO₂ < 50 g/km 20% del prezzo di acquisto fino a un massimo di 5 mila euro;
- veicoli con emissioni di CO₂ < 95 g/km 20% del prezzo di acquisto fino a un massimo di 4 mila euro;
- veicoli con emissioni di CO₂ < 120 g/km 20% del prezzo di acquisto fino a un massimo di 2 mila euro.

Capitolo 2: Tecnologia veicoli elettrici puri ed ibridi
Panorama italiano

La prima categoria, cioè quella più incentivata, comprende solo i veicoli meno inquinanti e rifacendosi ai dati di tabella 7 si nota che solo quelli ad alimentazione ibrida o elettrica pura possono rispettare tali vincoli. Vi sono molteplici tipologie di veicoli elettrici e ibridi, caratterizzati da diversi gradi di elettrificazione. La successiva immagine raccoglie le varie sottofamiglie di veicoli alimentati ad energia elettrica. In particolare le prime due categorie PHEV e BEV, possono essere caricate attraverso la rete elettrica in quanto munite di carica batterie di bordo, vengono quindi considerati come target per il mercato elettrico dell'energia.

<p>BEVs</p> <p>Modalità solo elettrico con batterie</p>	<p>Veicoli elettrici a batteria che utilizzano esclusivamente un motore elettrico alimentato da batterie</p>
<p>PHEV</p> <p>Modalità solo elettrico con motore termico a per ricarica batterie</p>	<p>Veicolo elettrico ibrido con ricarica a presa: le batterie hanno una capacità elevata, possono ricaricarsi anche collegandosi ad una presa di corrente («plug-in») e hanno l'energia sufficiente a far viaggiare l'ibrida con il solo motore elettrico anche fino a 100 km/h</p>
<p>FCEV</p> <p>Modalità solo elettrico con batterie e cella</p>	<p>Veicoli elettrici a celle a combustibile che utilizzano un motore elettrico alimentato con celle a combustibile</p>
<p>Full HEV</p> <p>Modalità solo elettrico Frenata rigenerativa Start-Stop</p>	<p>Veicoli elettrici totalmente ibridi, in grado di viaggiare anche in sola modalità elettrica, cioè a zero emissioni; la bassa capacità delle batterie solitamente limita l'autonomia a poco più di un chilometro e la velocità massima a 50 km/h</p>
<p>Mild HEV</p> <p>Start-stop + Frenata rigenerativa + Electric support drive</p>	<p>Veicoli elettrici a basso/medio grado di ibridazione (Mild/Medium hybrid MEV) in cui viene installato un motore elettrico che supporta quello a benzina, ma non funziona mai da solo e le batterie si ricaricano in frenata e in decelerazione</p>
<p>MICRO HEV</p> <p>Start-stop</p>	<p>Veicoli elettrici microibridi in cui un motore a combustione interna affiancato da un sistema start&stop che spegne il motore a benzina al semaforo o in caso di sosta nel traffico; tale sistema è, in qualche caso, abbinato ad un sistema di recupero di energia in frenata</p>

Figure 16. Tabella riepilogativa del diverso grado di ibridizzazione dei veicoli

2.1 LE TECNOLOGIE DI RICARICA

Le tecnologie di ricarica per veicoli elettrici si suddividono in tre grandi famiglie: conduttiva, induttiva e battery swap [8]. La ricarica conduttiva consente il caricamento della batteria del veicolo elettrico attraverso il collegamento alla rete di alimentazione in corrente alternata (AC) sfruttando il caricabatterie a bordo veicolo. Un metodo alternativo per la ricarica consiste nell'utilizzare un caricabatterie esterno che fornisce al veicolo corrente continua (DC). Entrambi i metodi di ricarica sono caratterizzati da un collegamento fisico (attraverso il cavo di alimentazione) tra veicolo e infrastruttura di ricarica. Con la ricarica induttiva il trasferimento di energia alla batteria avviene attraverso l'accoppiamento elettromagnetico tra due bobine: una montata sotto il veicolo e l'altra appoggiata o anche interrata nel luogo di stazionamento del veicolo. Alle prime due tipologie di ricarica si affianca la tecnica del battery swap (vedi cap. 2.5), ovvero sostituzione delle batterie, assimilabile ad una tecnologia di ricarica prevede la sola possibilità di noleggio del pacco batterie. Per migliorare la descrizione e caratterizzare le prestazioni di ogni tecnologia di ricarica, viene proposta in figura 16 uno schema riassuntivo con inclusi i tempi necessari alla ricarica di una vettura utilitaria con capacità di accumulo pari a 22-25 kWh (ca. 150-180 km di autonomia).

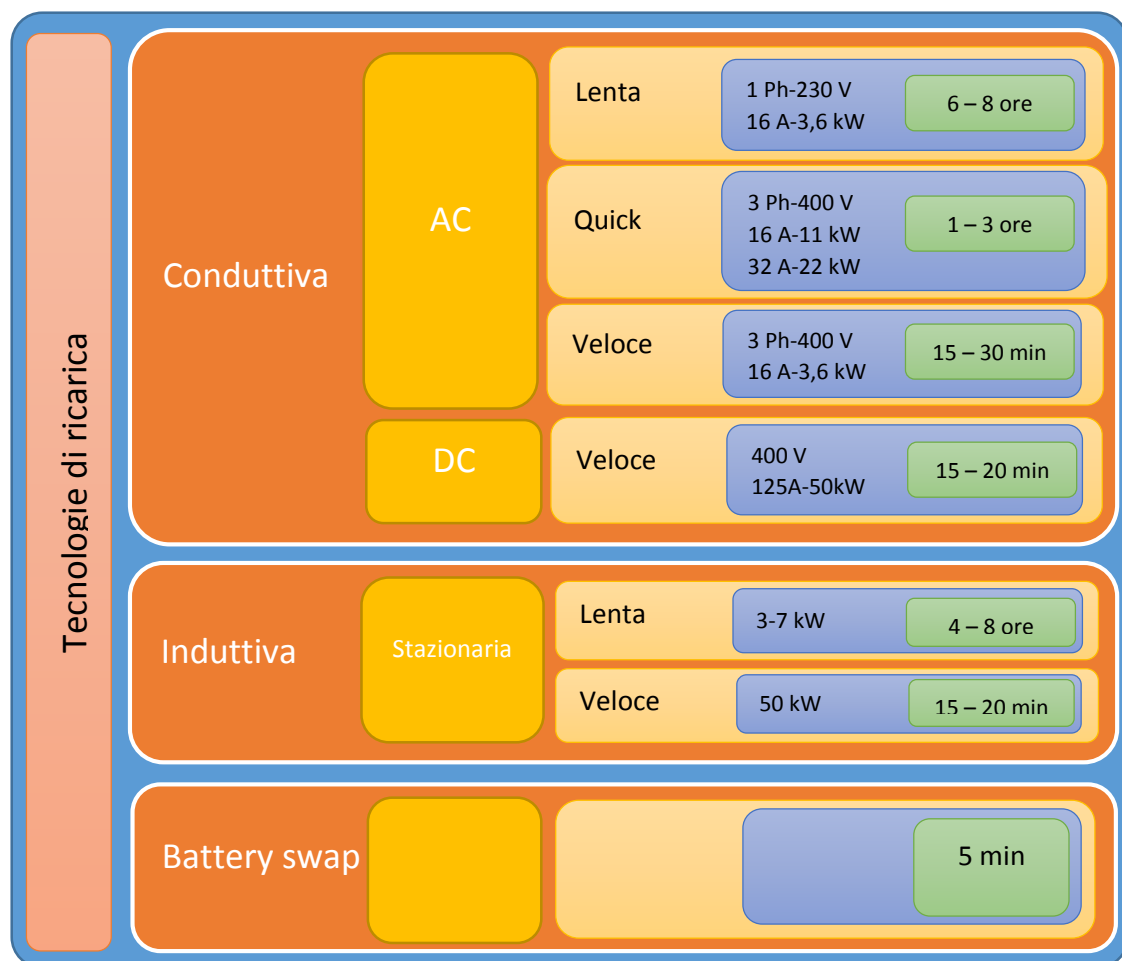


Figure 17. Tecnologie di ricarica e classificazione

Capitolo 2: Tecnologia veicoli elettrici puri ed ibridi

Ricarica in AC

La ricarica conduttiva in corrente elettrica alternata monofase può avvenire attraverso il connettore standard di tipo domestico, o quelli di tipo industriale, tuttavia approfonditi studi hanno evidenziato come i connettori domestici non siano idonei a sopportare carichi così elevati tempi prolungati. Per questo motivo, alcuni produttori di veicoli elettrici hanno sviluppato una serie di connettori dedicati che consentono di soddisfare le caratteristiche di sicurezza richieste, a seguito del moltiplicarsi dei connettori disponibili sul mercato è stato necessario per i produttori di dotarsi di uno standard comune che potesse consentire di aumentare la compatibilità tra veicoli e infrastrutture di ricarica.

2.2 RICARICA IN AC

Nel panorama dei sistemi di ricarica, è al momento quella più diffusa e che vanta il più alto numero di installazioni.

La velocità di ricarica, e quindi la potenza erogata da una colonnina, costituisce il principale parametro di classificazione, esiste una soglia limite di 22 kW che divide la ricarica lenta da quella veloce, quest'ultima consente di ricaricare completamente un'autovettura in circa un'ora di tempo. Con tale potenza di ricarica, anche se i connettori industriali consentono di sopportare queste correnti, è auspicabile che la ricarica si effettui con il Modo 3 (descritto in seguito), sia che essa avvenga in luogo pubblico o privato ed utilizzando i relativi connettori, standard Mennekes. Per ogni punto di ricarica è predisposto il metering dell'energia in transito verso l'auto, vengono quindi considerate nel conteggio anche le perdite che possono avvenire a bordo auto e nel sistema di accumulo.

Se si desidera operare una ricarica in tempi inferiori all'ora, è necessario spingersi verso stazioni di ricarica con maggiore potenza installata, per quanto riguarda la ricarica AC il limite massimo finora utilizzato sono i 43 kW (63 A trifase a 400 Volt) ma sono comunque installazioni rare, le più comuni sono quelle della taglia 11 – 22 kW (o se classificate in base alla corrente 16 – 32 A). Va sempre ricordato che la ricarica in AC si sfrutta il caricabatterie di bordo del veicolo e ad oggi rappresenta un vincolo piuttosto importante in quanto la taglia di questo dispositivo fa aumentare sia il peso che il costo finale dell'automobile, rendendo quindi limitata la gamma di veicoli in grado di sfruttare al massimo le prestazioni dell'infrastruttura di ricarica veloce.

2.3 RICARICA CONDUTTIVA IN CORRENTE CONTINUA DC

In questa categoria risiede il processo di ricarica con le migliori prestazioni in termini di tempo ed è per questo motivo che le infrastrutture di ricarica in DC potrebbero trovare la loro principale collocazione lungo le autostrade e soprattutto essere installate nelle attuali stazioni di servizio, contribuendo in questa maniera a trasformare le stazioni di servizio in "pompe" ibride per veicoli a combustione ed elettrici. Se prima la limitazione era data dal caricabatterie di bordo del veicolo, in questo caso il problema viene superato in quanto è parte della struttura di ricarica stessa e al veicolo viene fornita corrente DC potendo quindi erogare potenze più elevate, in questo caso le potenze installate vanno da 50 kW in su. La ricarica eseguita secondo queste specifiche rientra nel così detto Modo 4 e prevede l'utilizzo di due principali tipi di connettore:

- CHAdeMO
- CCS (o Combo 2)

Questo tipo di stazioni di ricarica potrebbe avere un impatto pesante sulla rete [9]. Tuttavia recenti studi hanno dimostrato che questo non avviene quando le stazioni di ricarica sono direttamente connesse alle linee di Media Tensione o se connesse alla Bassa Tensione vengono abbinata ad un polmone di accumulo (batteria) di 200-400 kWh, situazione che si rende necessaria anche vista la normativa che prevede la sola possibilità di allacciamento in media tensione per carichi di potenza maggiore di 100 kW a meno di situazioni particolari da concordare con la società distributrice.

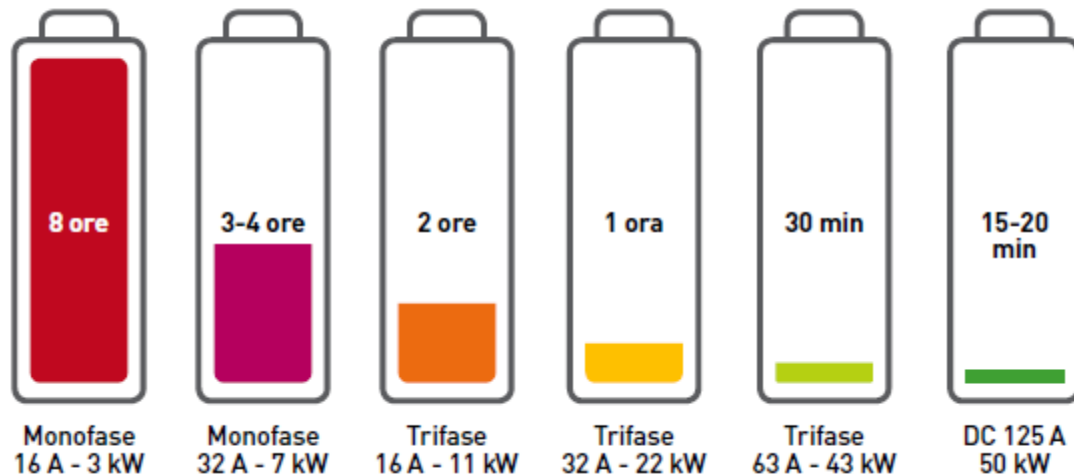


Figure 18. Confronto tra potenze impiegate e relativi tempi di ricarica. Fonte: RSE E_muoviti

La figura 17 mostra i tempi di ricarica necessari, a seconda della potenza impiegata per una ricarica completa di una batteria con capacità di 22 kWh (es. quella installata sulla Renault ZOE). Il raggiungimento di prestazioni rapide è in ogni caso vincolato ai costi di acquisto della stazione di ricarica. Va quindi considerato nei possibili scenari di distribuzione di colonnine elettriche che per rendere appetibile questo tipo di investimento è sempre necessario trovare un equilibrio dei costi. In particolare quelli di allacciamento possono rivelarsi addirittura maggiori di quelli necessari all'acquisto del impianto di ricarica.

2.4 RICARICA INDUTTIVA

Questo tipo di ricarica si basa sull'accoppiamento elettromagnetico di un circuito composto da due bobine: una posta sul veicolo ed una appoggiata o annegata nel manto stradale. Il campo magnetico ha una frequenza compresa tra i 100 ed i 150 kHz e consente di trasferire efficacemente l'energia fino ad una distanza di 30 cm tra le due bobine.

Questo sistema non è molto diffuso in quanto la quasi totalità delle ricariche vengono ad oggi effettuate con il sistema conduttivo, tuttavia la tecnologia di ricarica "senza fili" offre una serie di vantaggi:

- Assenza dei connettori e conseguente interoperabilità totale del sistema
- Ottima integrazione con il manto stradale, può addirittura esservi posta al di sotto
- Non ci sono problemi di allineamento tra veicolo e sistema di ricarica
- Assente il rischio di shock elettrici
- Adatto a tutte le condizioni atmosferiche

Capitolo 2: Tecnologia veicoli elettrici puri ed ibridi

Battery Swap

Lo svantaggio maggiore è legato al rendimento del sistema che è legato alla qualità dell'accoppiamento elettromagnetico, ma in generale non si supera il 90 %.

2.5 BATTERY SWAP

Assimilare questa tecnologia ad un processo di ricarica, può essere considerato improprio in quanto consiste nella sostituzione dell'intero pacco batterie, per questo tipo di soluzione i veicoli devono essere esplicitamente progettati. Il vantaggio principale è la velocità dell'operazione di sostituzione della batteria in quanto l'ordine di tempo è di 5 minuti, paragonabile con i tempi di rifornimento delle attuali vetture alimentate a combustibili fossili. In Italia ed in Europa queste tipologie di stazioni di ricarica sono praticamente assenti se non rivolte a specifici progetti sperimentali. Nel 2013 la ditta "Better Place", azienda ideatrice di questa soluzione di ricarica, ha dichiarato il fallimento.

Tuttavia secondo fonti ufficiali vi sarebbe un rinnovato interesse a questo tipo di tecnologia da parte della Tesla Motors, e va sicuramente segnalato che il modello Tesla S è stato concepito per la sostituzione completa del pacco batterie, operazione che può avvenire in meno di 90 secondi.



Figure 19. Operaio Mercedes testa metodo battery swap per pulmini trasporto persone, anno 1970

Un chiaro risparmio di tempo avviene grazie alla totale automazione del processo (la figura 19 è da ritenersi come retaggio del passato, attualmente questa tecnica è totalmente robotizzata). Il guidatore dell'auto elettrica non deve muovere un dito in quanto la sostituzione è del tutto automatica, a partire dall'allineamento della vettura sull'apposita pedana. L'idea di Tesla Motors è quella di offrire ai propri clienti la possibilità di scegliere tra la ricarica convenzionale e gratuita nelle stazioni Supercharger di Tesla, oppure la sostituzione completa del pacco batterie dietro il pagamento di 60 \$.

2.5.1 Ricarica pubblica o privata

La norma generale di riferimento per la ricarica conduttiva è la IEC 61851 parti 1 e 2. Essa contiene i requisiti generali di sicurezza ed utilizzo dei dispositivi di ricarica, in aggiunta sono richiamate le normative per quadri elettrici in bassa tensione ed i protocolli di comunicazione tra veicolo, infrastruttura di ricarica e rete elettrica di distribuzione. È necessario porre attenzione sulla suddivisione che viene fatta per i “Modi di ricarica”, ovvero in base a caratteristiche tecniche e logiche di controllo del processo sono stati determinati i dispositivi idonei ad operare in ambito pubblico (maggiore grado di sicurezza), e quelli che invece sono utilizzabili per la ricarica in ambiente privato non aperto a terzi.

I modi di ricarica riferiscono essenzialmente il tipo di corrente ricevuta dal veicolo (continua, alternata monofase oppure alternata trifase), la sua tensione, la presenza o meno di messa a terra e di linee di controllo per consentire un dialogo mono o bidirezionale fra stazione di ricarica e veicolo. Nelle didascalie della figura di seguito riportata (Figura 20), si nota come la ricarica AC sia consentita attraverso connettori domestici ed industriali per i Modi 1 e 2, mentre per il Modo 3 sono necessari connettori specifici che oltre a contatti per potenza (L1, L2, L3), terra e neutro siano dotati di contatti aggiuntivi per la comunicazione ed il controllo.

I Modi 3 e 4 sono gli unici utilizzabili in Italia per infrastruttura di tipo pubblico, cioè con accesso libero ed indiscriminato da parte di tutti gli utenti. La procedura di ricarica di un’auto elettrica attraverso un punto di consegna pubblico è alquanto semplice: l’utente parcheggia l’auto in una piazzola predisposta e si autentica attraverso una tessera RFID che consente di sbloccare la colonnina di ricarica.

A questo punto può essere approntato il collegamento tramite cavo ed iniziare la negoziazione dei parametri di ricarica tra veicolo e colonnina.

L’energia misurata in ciascuna ricarica viene associata al contratto di fornitura dell’utente mutuando le soluzioni consolidate per il pagamento diretto (es. pagamento sosta nei parcheggi) e per la tariffazione della telefonia mobile. In prospettiva, un’auto elettrica si potrà muovere in tutta Europa ricaricandosi dalle colonnine collocate dai diversi operatori nei diversi Paesi, pur continuando a pagare l’energia utilizzata al proprio fornitore domestico, proprio come accade per il roaming telefonico nazionale ed internazionale. Soffermandosi ulteriormente sul modo di ricarica 3, è necessario introdurre la norma IEC 62196-2 che tratta caratteristiche e tipi di connettori ammessi. Successivamente mostrati in figura 20.

Capitolo 2: Tecnologia veicoli elettrici puri ed ibridi
Battery Swap



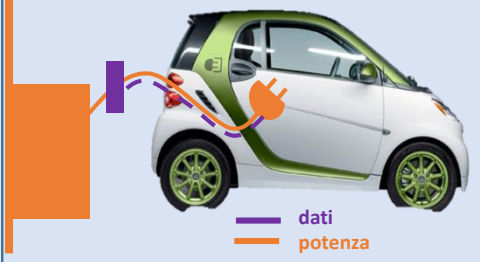

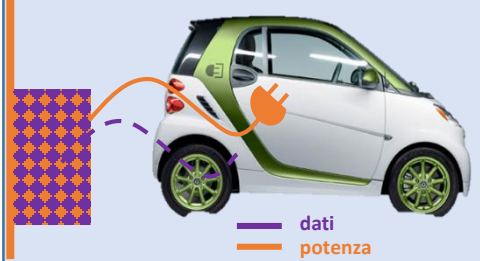


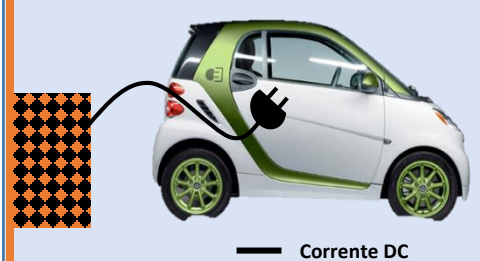


<p>AC Modo 1</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • In corrente alternata (AC) • Utilizza una presa domestica standard • Non supera i 16 A, sia monoche tri-fase • Ricarica lenta (6-8 h) • È richiesta la presenza di un interruttore RCD • Protezione da sovracorrente 	 <p>Schuko</p>
<p>AC Modo 2</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • In corrente alternata (AC) • Utilizza una presa domestica standard • Non supera i 32 A, sia monoche tri-fase • Ricarica lenta (6-8 h) • Sul cavo è previsto uno specifico dispositivo di protezione (control box) che gestisce le operazioni di ricarica 	 <p>Presa tipo industriale</p>
<p>AC Modo 3</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • In corrente alternata (AC) • Utilizza una presa dedicata e prevede protezioni e controlli integrati nell'infrastruttura • Ricarica lenta (6-8 h) o accelerata (0,5-1 h) • In Italia il Modo 3 è obbligatorio per infrastrutture aperte a terzi 	  <p>Tipo 2 e Tipo 3</p>
<p>AC/DC Modo 4</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • In corrente continua (DC) • Ricarica veloce (15-30 min) • Utilizza caricatori esterni 	  <p>Combo 2 e Chademo</p>

Figura 20. Modi di ricarica e tipologie di connettori. Tratto da norma IEC 61851 e IEC 62196

2.6 BATTERIE E SISTEMI DI ACCUMULO

In questo capitolo vengono descritte le caratteristiche degli accumulatori utilizzati per la propulsione dei veicoli elettrici, le prestazioni attuali e le prospettive di sviluppo. Come già descritto nel capitolo 1.1 (Storia dei veicoli elettrici), nel XX secolo la scarsa autonomia fornita dalle batterie dell'epoca, fu un pretesto che portò all'abbandono dell'alimentazione elettrica in favore dei combustibili fossili. Ad oggi le tecnologie permettono di ridurre tale gap, fornendo mezzi in grado di percorrere distanze dell'ordine del centinaio di km, e quindi tali da soddisfare la maggior parte delle esigenze di mobilità quotidiana o pendolare delle persone. Di importanza non trascurabile resta in ogni caso il prezzo di acquisto delle batterie in quanto costituisce una elevata frazione del prezzo finale di un veicolo elettrico e rappresenta quindi la discriminante che può rendere vantaggiosa o meno l'opzione EV. Ecco quindi che vengono fatte differenti scelte di equipaggiamento, in base alla tipologia di veicolo (si rimanda alla classificazione di figura 16). Le variabili da considerare sono: tipo di batteria, capacità energetica di accumulo, potenza erogabile e perdita di carica durante il periodo di fermo. Da sottolineare che nei veicoli ad ibridizzazione spinta c'è una sostanziale differenza tra le tensioni di alimentazione del motore (centinaia di Volt) e quella degli ausiliari (12 Volt). Di norma vengono quindi utilizzati due differenti tipi di accumulatori, uno per la trazione ed uno dedicato ad accessori e servizi.






<p>CLASSE</p> <p>1</p>	<ul style="list-style-type: none"> • veicoli tradizionali MCI • veicoli Start&Stop • veicoli micro-hybrid 		<ul style="list-style-type: none"> • Batteria per ausiliari • 12 Volt • Accumulatori al piombo
<p>CLASSE</p> <p>2</p>	<ul style="list-style-type: none"> • veicoli micro-hybrid • veicoli mild-hybrid • veicoli full-hybrid (HEVs) 	 	<ul style="list-style-type: none"> • Batteria per ausiliari • 12 Volt • Accumulatori al piombo • Batteria per motore • 48 - 400 Volt • Mix tecnologie
<p>CLASSE</p> <p>3</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Plug-in EV (PHEVs) • Veicoli full electric (EVs) 	 	<ul style="list-style-type: none"> • Batteria per ausiliari • Accumulatori al piombo • 12 Volt • Batteria per motore • Li-ion battery o NaNiCl₂ • 250 - 600 Volt

Tabella 7. Veicoli elettrici ed ibridi, tecnologie di accumulo

Capitolo 2: Tecnologia veicoli elettrici puri ed ibridi
Batterie e sistemi di accumulo

Secondo il rapporto “A Review of Battery Technologies for Automotive Applications” [10], associazione che comprende tutti i maggiori produttori di batterie per autotrazione a livello internazionale, le tipologie di batterie per i veicoli elettrici si classificano su tre livelli (Tabella 7).

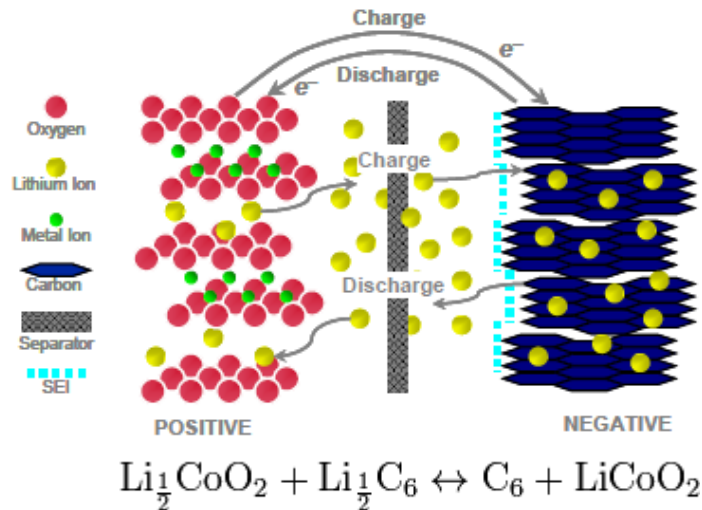


Figure 21. Schema di singola cella al Litio-ioni, e reazione red-ox

Di interesse per la ricarica elettrica risulta quindi solo la Classe 3, ovvero quella che comprende i veicoli così detti Plug collegabili direttamente alla rete elettrica. Per l'alimentazione dei motori elettrici dei veicoli PHEV e BEV, agli accumulatori è richiesto di raggiungere tensioni dell'ordine delle centinaia di Volt, in abbinamento ad una capacità installata di almeno 15 kWh. Per la categoria PHEV il range di autonomia è legato a piccoli spostamenti giornalieri (20-50 km), mentre per la categoria BEV l'energia fornita deve essere in grado di assicurare percorrenze di 100 e più km, in genere assistite dalla presenza di sistemi di recupero dell'energia in frenata che consentono di estendere queste distanze. PHEV ed EV sono generalmente equipaggiati di accumulatori Litio-ioni che garantiscono alti livelli di densità energetica e bassi tempi di ricarica. Questa tipologia di accumulatori viene attualmente considerata come l'unica scelta tecnologica in grado di soddisfare le necessità del mercato automobilistico. Per applicazioni commerciali o estremamente gravose si può optare per la soluzione di accumulatori Sodio-Nichel cloruro. Le batterie Nichel-metallo idruro o quelle al piombo rappresentano la soluzione meno costosa, ma non riescono ad essere ugualmente competitive a livello di peso totale, fattore che diventa essenziale nel compromesso tra distanza percorribile e masse strutturali. Le batterie al piombo, nella configurazione 12V, continueranno comunque ad essere la base di mercato nel consumo di massa, sia



Figure 22. Pacco batterie al Litio per autotrazione. Come si nota, le batterie sono realizzate a carattere modulare andando a collegare secondo lo schema serie o parallelo a seconda delle esigenze finali

per la Classe 1, 2 e 3. Si prevede che per l'anno 2025 saranno chiamati a svolgere ulteriori servizi nei veicoli micro-ibridi per aumentare l'efficienza di utilizzo del combustibile nei motori MCI. Verranno quindi immesse sul mercato batterie al piombo a più elevate prestazioni, anche in combinazione con batterie di altro tipo.

2.6.1 Batterie al Litio

Per quanto riguarda la tecnologia delle batterie al litio, nel prossimo decennio capitali e risorse saranno spesi cercando di ottenere un miglioramento di prestazioni, costi, processi di produzione, smaltimento e riciclo. Lo sviluppo di nuovi materiali componenti anodo, catodo, separatore ed elettroliti unito alla nascita di nuovi stabilimenti produttivi [11] porteranno al raggiungimento di tali obiettivi. Per applicazioni veicolari, le batterie vengono spesso caratterizzate sulla base di parametri specifici, l'energia specifica e la densità di energia si ottengono rapportando l'energia immagazzinabile nell'accumulatore rispettivamente al peso e al volume occupato dallo stesso, sono espresse in Wh/kg e in Wh/l. Sono parametri utili perché riprendono parametri (peso e spazio) che spesso risultano determinanti per operare scelte anche di carattere costruttivo-strutturale del veicolo. La presenza delle batterie non è da considerarsi una cosa banale ma riveste sempre più un argomento di studio anche in settori che non riguardano direttamente l'autonomia o le prestazioni come per esempio i cash test e quindi le caratteristiche di sicurezza. Essendo elementi molto pesanti e rigidi, modificano fortemente il comportamento dinamico del mezzo in quanto aumenta fortemente l'inerzia e si riduce la capacità di assorbire deformazioni. Il test più ostico per gli EV è sicuramente quello degli urti laterali.

Un parametro significativo per le batterie per veicolo elettrico è la potenza di picco specifica, che identifica la capacità di accelerazione del veicolo elettrico ed è definita come la potenza per unità di peso che il sistema di accumulo è in grado di sostenere per 30 s con un valore del DOD (Depth of Discharge) dell'80% (cioè con batteria quasi scarica). Altro parametro fondamentale è il tempo di vita espresso in cicli, esso rappresenta il massimo numero di cicli di scarica (fino all'80% del DOD) e carica completa che una batteria è in grado di sopportare prima che il calo delle sue prestazioni scenda sotto un limite minimo (tipicamente -20% rispetto al nuovo). Il numero di cicli di vita in combinazione con l'energia specifica determina la percorrenza globale del veicolo. Anticipando l'esempio di successivo, se un veicolo alimentato da un sistema da 18,7 kWh percorre 160 chilometri con un ciclo completo di scarica e la batteria ha una vita attesa di 1000 (valore tipico per accumulatori al Litio), la percorrenza globale sarà di 160.000 km (compatibile con la percorrenza di una normale utilitaria).

Per la categoria di veicoli comprendente i PHEV ed i EVs, sono installati sistemi di batterie ad alta tensione con capacità minima di 15 kWh e range di autonomia che spazia per i veicoli elettrici puri dai 20 ai 200 km. Alle batterie dei veicoli plug-in sono inoltre demandate funzioni di tipo evoluto, per esempio la frenata rigenerativa che permette un consistente aumento della distanza percorribile. Pertanto durante la fase di frenata, i sistemi di accumulo sono chiamati a operazioni di ricarica caratterizzate da un'alta potenza disponibile in modo discontinuo e per brevi periodi. Le principali caratteristiche che vengono richieste nelle applicazioni automobilistiche sono:

- Campo di tensione: 250 volt per i PHEV, 500 volt per EVs, 800 volt per autobus elettrici
- Potenza erogata: per veicoli elettrici di medie dimensioni si arriva fino a 100 kW
- Potenza assorbita: nella fase di ricarica veloce o in frenata rigenerativa, si ha l'obbligo di assorbire potenze fino a 50 kW

Capitolo 2: Tecnologia veicoli elettrici puri ed ibridi
Batterie e sistemi di accumulo

- Resistenza alle basse temperature: molto importante per i veicoli PHEV per consentire l'avviamento del motore MCI

ACCUMULATORI AL LITIO PRESTAZIONI							
Densità di potenza (T=25°C)	Densità di energia (T=25°C)	Autoscarica	Temp ottimale [°C]	Temp operativa [°C]	Ciclo vita	Costo per EV	Costo per PHEV
300 W/kg	110 Wh/kg	5% al mese	Da -10 a +35	Da -25 a +35	10 anni per i veicoli EU	100–200 €/kW	30–75 €/kW
						300–450 €/kWh	800–1200 €/kWh

Tabella 8. Matrice rappresentativa delle comuni prestazioni degli accumulatori agli ioni di litio, nella parte destra sono riportati i costi specifici

MATERIALI COMPONENTI ACCUMULATORI AL LITIO					
CATODO			ANODO		
MATERIALE	ELEMENTI	SIGLA	MATERIALE		SIGLA
Litio Cobalto Ossigeno	LiCoO ₂	LCO	Grafite		C
Litio Manganese Ossigeno	LiMn ₂ O ₄	LMO	Titanato di Litio	Li ₄ Ti ₅ O ₁₂	LTO
Litio Ferro Fosforo	LiFePO ₄	LFP			
Litio Nickel Manganese Cobalto Ossigeno	LiNi _{0,33} Co _{0,33} O ₂	NMC			

Table 9. Tabella materiali componenti celle al Litio

Attualmente per gli accumulatori con catodo in cobalto non sono previste applicazioni automobilistiche. La FEM generata dalle coppie red-ox riportate in tabella 9 è compresa fra i 3,3 V e i 3,8 V, eccezione fatta per l'anodo in grafite dove la differenza di potenziale scende a 1 V. Con i dati presentati in tabella 8, si può determinare il costo del pacco batterie per una vettura totalmente elettrica (BEV). Volendo prendere come riferimento una piccola city car, si giunge alle seguenti conclusioni:



Dati di partenza:

- Peso: 1.185 kg (930 kg per la versione a benzina)
- Potenza 60 kW
- Capacità batterie 18,7 kWh
- Autonomia 160 km
- Prezzo 27.000 € (IVA inclusa)

Figure 22. Volkswagen e-up!

La “e-up!”, sfrutta un propulsore elettrico da 60 kW, che permette di raggiungere una velocità massima autolimitata di 130 km/h. Le batterie da 18,7 kWh garantiscono autonomia fino a 160 km, la ricarica completa delle batterie con una presa casalinga richiede otto ore. Il caricatore di bordo veicolo è monofase a 16 A e permette di caricare completamente il veicolo in 5 ore.

	valore nominale	costo unitario	costo totale [€]	extracosto rispetto al modello benzina [%]
costo in base alla potenza	60 kW	150 €/kW	9000	44%
costo in base all'energia	25 kWh	400 €/kWh	7480	36%

Table 10. Matrice costi per batterie autotrazione

Il calcolo effettuato è indicativo e rivolto alle sole batterie. Esso risulta molto inferiore alla reale differenza di prezzo con il modello tradizionale. Al netto degli incentivi infatti, secondo il listino Volkswagen, la disparità tra il modello a benzina e quello elettrico è di ben 13.000 €, in favore del motore MCI convenzionale. Viene quindi naturale riflettere sulla possibile diffusione di questi veicolo “green”, che se non verrà adeguatamente agevolata con efficienti programmi di incentivazione continuerà a risultare penalizzata. Il discorso cambia con le berline di lusso (segmento D) che trovano nella Tesla S una concorrente tutt’altro che carente, in questo segmento la situazione risulta invertita e nel mercato USA è l’alternativa elettrica a raggiungere quantitativi di ordinazioni tali da superare le capacità produttive delle fabbriche.

3 ITALIA, INCENTIVI PER AUTO ECOLOGICHE

Per operare un rinnovo del parco veicoli circolante in Europa e raggiungere quindi gli obiettivi di riduzione gas serra e ridurre il consumo di combustibili fossili, i Governi nazionali emanano sistematicamente direttive e contributi volti a raggiungere tali obiettivi.

Gli effetti di tali provvedimenti sono rappresentati in figura 23. Anche quest'anno, il Ministero dello sviluppo economico, ha erogato gli incentivi per l'acquisto di nuove vetture ecologiche, basati sulla normativa aggiornata inizialmente contenuta nel Decreto Sviluppo 2013.

I soldi stanziati non sono molti: 31,3 milioni ai quali vanno sommati i 32,1 milioni di fondi inutilizzati lo scorso anno per un totale di 63,2 M€ [12], questi fondi vengono destinati in parti uguali ai privati ed alle imprese. Per le imprese, l'incentivo è rivolto a veicoli con emissioni non superiori ai 120 gCO₂/km, destinati all'uso di terzi (esempio il car sharing), o utilizzati nell'esercizio di impresa. L'unico vincolo dietro all'erogazione di tale bonus è quello di rottamare un veicolo immatricolato da 10 anni, condizione piuttosto rara per parchi macchine aziendali (i privati sono esonerati da tale obbligo). Di fatto questo vincolo ha costituito una sorta di ostacolo all'erogazione dei contributi, facendo sì che il fondo non venisse utilizzato secondo le iniziali aspettative e possibilità.

I veicoli che possono beneficiarne sono:

- Elettrici BEV
- Ibridi PHEV
- Bi-fuel metano, GPL, idrogeno
- Biocombustibili e biometano

Si segnala che gli ecoincentivi per l'acquisto di auto ecologiche (45 milioni di euro) nel corso dell'anno 2015 non saranno erogati. La loro natura sarebbe stata la medesima di quelli erogati negli anni precedenti in quanto tutti li stazionamenti erano riconducibili allo stesso decreto "Salva Italia".

Attualmente si segnala come per il primo quadrimestre 2015, in Italia, siano stati immatricolati 676 veicoli elettrici puri, meglio fanno le ibride che rispetto allo stesso periodo dell'anno precedente fanno segnare un +30,1%. Attualmente rispetto al mercato italiano che conta circa 20 milioni di veicoli, la fetta di mercato delle elettriche ed ibride rappresenta l'1,3% del totale. Questi valori sono ancora piuttosto bassi soprattutto se rapportati ad altri paesi dell'Unione Europea. La progressiva modernizzazione del parco circolante è da ritenersi fondamentale per il raggiungimento degli obiettivi posti dall'UE per quanto concerne le emissioni veicolari di CO₂.

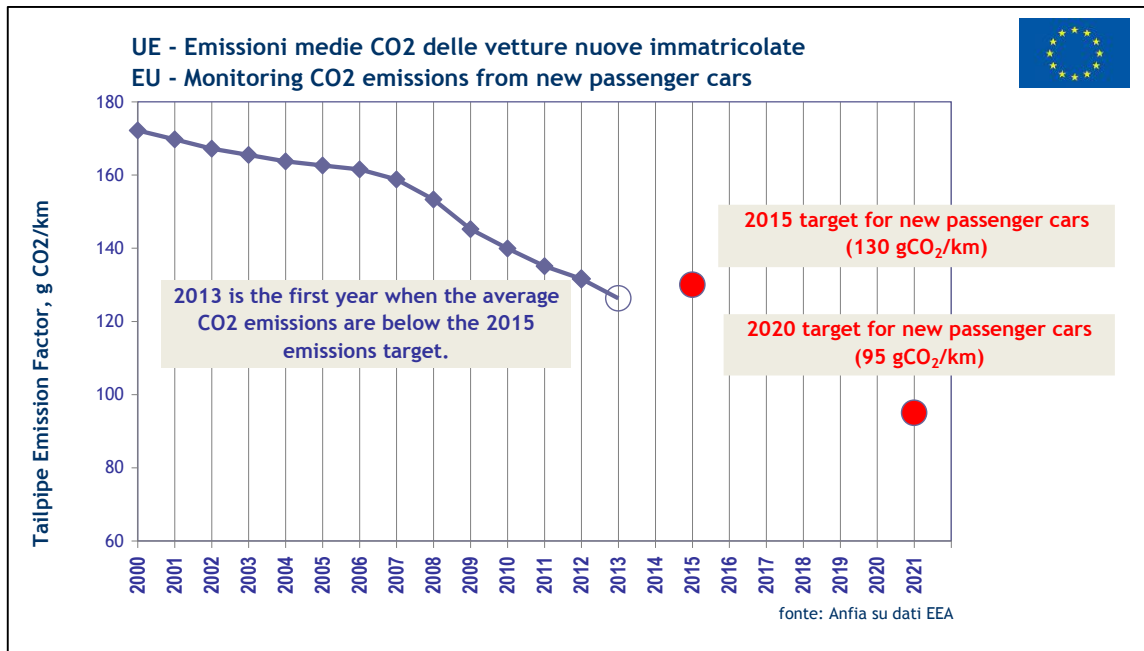


Figura 23. Andamento delle emissioni di CO2 per i veicoli di nuova immatricolazione nei Paesi UE.

Non è previsto l'incentivo per auto a sola alimentazione benzina o gasolio qualora le emissioni siano maggiori a 95 gCO₂/km, restrizione che di fatto estromette la totalità dei modelli tradizionali. La composizione dell'incentivo è la seguente:

- Veicoli con emissioni di CO₂ < 50 g/km 20% del prezzo di acquisto fino a un massimo di 5.000 €;
- Veicoli con emissioni di CO₂ < 95 g/km 20% del prezzo di acquisto fino a un massimo di 4.000€;
- Veicoli con emissioni di CO₂ < 120 g/km 20% del prezzo di acquisto fino a un massimo di 2.000€.

Grazie a questi contributi, prendendo come esempio un veicolo puramente elettrico, per il mercato italiano si riuscirebbe ad acquistare un veicolo di taglia media con una spesa di circa 20.000 €. Prendendo come esempio tre modelli di nuova immissione sul mercato: Renault ZOE (22.000 €), Nissan Leaf (25.000 €) ed una Volkswagen e-up! (27.000 €) si capisce come lo sconto diretto di 5.000 € non sia ancora sufficiente a rendere queste opzioni economicamente vantaggiose rispetto alle alternative tradizionali. Va aggiunto che seconda della zona di residenza, sono disponibili anche sconti o esenzioni totali sulla tassa di possesso (bollo). In Italia, ma anche negli altri paesi europei il mercato dei veicoli elettrici non è sicuramente maturo e deve essere incentivato per poter in un prossimo futuro riuscire ad autosostenersi. I prezzi di acquisto delle vetture sono ancora tali da rendere la scelta di veicoli puramente elettrici non completamente soddisfacente soprattutto dal punto di vista economico, fatte salvo particolari forme di utilizzazione.

3.1 VEICOLI ELETTRICI ED INCENTIVI, UN CASO EUROPEO: L'AUSTRIA

Essendo l'Alto Adige confinante a nord con l'Austria, ed affine ad esse per determinate caratteristiche morfologiche del territorio, può essere di utilità analizzare come in questo paese sia stato approcciato il sistema incentivante per i veicoli elettrici ed i risultati da esso ottenuti. Come premessa si rimanda al grafico di Figura 11 (cap. 1.4), che riporta i dati di vendita degli EV per ogni stato europeo e viene ora riportata un'analisi più dettagliata e aggiornata fornita dalla stessa fonte [13] che mostra i dati di vendita al secondo semestre 2014.

	2013 (II SEM)	2014 (II SEM)	%
France	7.293	6.405	-12,2%
Germany	2.382	4.230	77,6%
Norway	2.373	9.550	302,4%
UK	1.168	2.570	120,0%
Italy	494	648	31,2%
Switzerland	445	867	94,8%
Netherlands	437	1.149	162,9%
Sweden	298	585	96,3%
Denmark	254	604	137,8%
Austria	252	709	181,3%
Belgium	195	629	222,6%

Table 11. Dati vendita veicoli elettrici in Europa. La Francia ha subito una flessione del dato percentuale ma può contare su un più consolidato parco veicoli. L'Italia invece recepisce con difficoltà questo interesse alla mobilità elettrica. Fonte EVobsession Jan 2014

Italia ed Austria sono piuttosto differenti dal punto di vista del mercato degli autoveicoli, soprattutto per la differenza del numero di abitanti e dimensioni dei due paesi, nella seguente tabella le caratteristiche principali [2].

	abitanti	veicoli ogni 1000 abitanti	immatricolazioni	
			2012	2013
Italia	60.780.377	606	1.402.800	1.304.500
Austria	8.488.511	558	336.000	319.000

Table 12. Immatricolazioni e veicoli per numero di abitanti, Italia e Austria confronto



Si nota subito che in entrambi i paesi in numeri assoluti si è verificato un calo delle immatricolazioni, ma dalla precedente tabella 11 si evidenzia come per il mercato dei veicoli elettrici l'incremento austriaco abbia superato quello italiano di un ordine di grandezza. Attraverso un'indagine di mercato verrà ora analizzata la differenza che si verifica tra i due paesi (Italia e Austria) sul piano delle offerte di leasing per l'acquisto di una berlina di medie dimensioni corrispondente al profilo di autovettura che verrà successivamente identificato nel capitolo 5.3

(Alto Adige caratteristiche parco veicoli). La fonte dei dati relativi all'Austria è data da un'indagine di mercato operata dalla rivista specifica di settore [14].

I modelli selezionati per la comparativa sono:

- Veicoli elettrici (incentivabili)
 - Nissan Leaf
 - Renault ZOE
 - BMW i3
- Veicoli tradizionali MCI
 - Audi A3
 - Renault Clio
 - BMW 120d

Le condizioni del leasing prevedevano che a termine del contratto di 60 mesi, fosse possibile riscattare la vettura attraverso il pagamento di una ulteriore mensilità. I valori di tasso TAN sono stati invece equiparati tra i due paesi per mantenere confrontabili i due casi. Viene invece mantenuta la differenza dell'IVA ed i costi di energia elettrica e carburanti specifici dei due paesi. Per quanto riguarda il consumo sono stati mantenuti i valori dichiarati dalle case costruttrici. Percorrenza considerata 20.000 km/anno.

		
Nissan Leaf	Renault ZOE	BMW i3
		
Audi A3	Renault Clio	BMW 120d

3.1.1 Confronto modello di leasing per autovetture Austria ed Italia:

- **Austria**

	Nissan Leaf	
	e-pendler	klima:aktiv mobil
Modello	Tekna (batteria compresa)	Tekna (batteria compresa)
km percorsi all'anno [km]	20000	20000
mesi di leasing	60	60
costo senza IVA	€ 28.908,33	€ 28.908,33
costo con IVA (20%)	€ 34.690,00	€ 34.690,00
contributo "e-pendler"	€ 12.902,00	
contributo "klima:aktiv mobil"		€ 4.000,00
valore al termine leasing	una rata	una rata
rata mensile leasing	€ 350,23	€ 544,72
rata mensile manutenzione e pneumatici	€ 118,96	€ 118,96
assicurazione mensile	€ 102,12	€ 102,12
rata mensile batteria	€ 0,00	€ 0,00
costi totali mensili	€ 571,31	€ 765,80
consumo combinato [kWh/100 km]	15,00	15,00
TAN	4,55	4,25
capitale finanziato	€ 16.006,33	€ 24.908,33
valore residuo finale	€ 350,23	€ 350,23
prima parte della rata	€ 260,94	€ 409,30
oneri finanziari	€ 30,92	€ 44,63

	Audi A3
Modello	1.6 TDI 77 kW Ambiente
km percorsi all'anno [km]	20000
mesi di leasing	60
costo senza IVA	€ 24.516,00
costo con IVA (20%)	€ 29.419,20
contributo "e-pendler"	0
contributo "klima:aktiv mobil"	0
valore al termine leasing	una rata
rata mensile leasing	€ 519,72
rata mensile manutenzione e pneumatici	€ 100,20
assicurazione mensile	€ 134,19
rata mensile batteria	€ 0,00
costi totali mensili	€ 754,11
consumo combinato [l/100 km]	3,9
TAN	3,19
capitale finanziato	€ 24.516,00
valore residuo finale	€ 519,72
prima parte della rata	€ 399,94
oneri finanziari	€ 33,16

Capitolo 3: Italia, incentivi per auto ecologiche
Veicoli elettrici ed incentivi, un caso Europeo: l'Austria

Renault ZOE		BMW i3	
e-pendler	klima:aktiv mobil	e-pendler	klima:aktiv mobil
Life (batteria a noleggio)	Life (batteria a noleggio)	eDrive (batteria compresa)	eDrive (batteria compresa)
20000	20000	20000	20000
60	60	60	60
€ 17.650,00	€ 17.650,00	€ 29.750,00	€ 29.750,00
€ 21.180,00	€ 21.180,00	€ 35.700,00	€ 35.700,00
€ 7.568,00		€ 13.406,00	
	€ 4.000,00		€ 4.000,00
una rata	una rata	una rata	una rata
€ 221,57	€ 306,05	€ 357,56	€ 562,56
€ 86,53	€ 86,53	€ 140,12	€ 140,12
€ 102,12	€ 102,12	€ 102,12	€ 102,12
€ 102,00	€ 102,00	€ 0,00	€ 0,00
€ 512,22	€ 596,70	€ 599,80	€ 804,80
14,60	14,60	12,90	12,90
5,19	5,75	4,53	4,19
€ 10.082,00	€ 13.650,00	€ 16.344,00	€ 25.750,00
€ 350,23	€ 350,23	€ 350,23	€ 350,23
€ 162,20	€ 221,66	€ 266,56	€ 423,33
€ 22,45	€ 33,38	€ 31,40	€ 45,47

Renault Clio	BMW 120d
Dynamique dCi 90 EDC	5 porte F20
20000	20000
60	60
€ 16.250,00	€ 30.448,43
€ 19.500,00	€ 36.538,12
0	0
0	0
una rata	una rata
€ 344,48	€ 645,49
€ 100,36	€ 89,29
€ 127,53	€ 169,28
€ 0,00	€ 0,00
€ 572,37	€ 904,06
3,4	4,3
3,19	3,19
€ 16.250,00	€ 30.448,43
€ 344,48	€ 645,49
€ 265,09	€ 496,72
€ 21,97	€ 41,19

Capitolo 3: Italia, incentivi per auto ecologiche
 Veicoli elettrici ed incentivi, un caso Europeo: l'Austria

- **Italia**

	Nissan Leaf 80 kW
Modello	Tekna (batteria compresa)
km percorsi all'anno [km]	20000
mesi di leasing	60
costo senza IVA	€ 28.908,33
costo con IVA (22%)	€ 35.268,16
contributo "ecoincentivo"	€ 5.000,00
valore al termine leasing	una rata
rata mensile leasing	€ 528,20
rata mensile manutenzione e pneumatici	€ 118,96
assicurazione mensile	€ 103,82
rata mensile batteria	€ 0,00
costi totali mensili	€ 750,98
consumo combinato [kWh/100 km]	15,00
TAN	4,25
capitale finanziato	€ 23.908,33
valore residuo finale	€ 528,20
prima parte della rata	€ 389,67
oneri finanziari	€ 43,28

	Audi A3
Modello	1.6 TDI 77 kW Ambiente
km percorsi all'anno [km]	20000
mesi di leasing	60
costo senza IVA	€ 24.516,00
costo con IVA (22%)	€ 29.909,52
contributo "ecoincentivo"	0
valore al termine leasing	una rata
rata mensile leasing	€ 537,24
rata mensile manutenzione e pneumatici	€ 100,20
assicurazione mensile	€ 134,19
rata mensile batteria	€ 0,00
costi totali mensili	€ 771,63
consumo combinato [l/100 km]	3,9
TAN	3,90
capitale finanziato	€ 24.516,00
valore residuo finale	€ 537,24
prima parte della rata	€ 399,65
oneri finanziari	€ 40,71

Capitolo 3: Italia, incentivi per auto ecologiche
Veicoli elettrici ed incentivi, un caso Europeo: l'Austria

Renault ZOE 60 kW	BMW i3 120 kW
klima:aktiv mobil	klima:aktiv mobil
Life (batteria a noleggio)	eDrive (batteria compresa)
20000	20000
60	60
€ 17.650,00	€ 29.750,00
€ 21.533,00	€ 36.295,00
€ 5.000,00	€ 5.000,00
una rata	una rata
€ 289,13	€ 546,03
€ 86,53	€ 140,12
€ 103,82	€ 103,82
€ 103,70	€ 0,00
€ 596,70	€ 804,80
14,60	12,90
5,75	4,19
€ 12.650,00	€ 24.750,00
€ 289,13	€ 546,03
€ 206,01	€ 403,40
€ 30,98	€ 44,17

Renault Clio	BMW 120d
Dynamique dCi 90 EDC	5 porte F20
20000	20000
60	60
€ 16.250,00	€ 30.448,43
€ 19.825,00	€ 37.147,08
0	0
una rata	una rata
€ 351,95	€ 673,45
€ 100,36	€ 89,29
€ 127,53	€ 169,28
€ 0,00	€ 0,00
€ 579,84	€ 932,02
3,4	4,3
3,40	4,30
€ 16.250,00	€ 30.448,43
€ 351,95	€ 673,45
€ 264,97	€ 496,25
€ 23,52	€ 55,76

Capitolo 3: Italia, incentivi per auto ecologiche
Veicoli elettrici ed incentivi, un caso Europeo: l'Austria

3.1.2 Analisi risultati: caso Austria

	NISSAN Leaf vs A3		Renault ZOE vs Renault CLIO		BMW i3 vs BMW 120d	
Spese totali combustibile gasolio [€]	5.226,00		4.556,00		5.762,00	
Spese totali corrente [€]	2.550,00		2.482,00		2.193,00	
Differenza combustibile con EV [€]	-2.676,00		-2.074,00		-3.569,00	
Spese totali fisse in 60 mesi (MCI) [€]	45.246,60		34.342,20		54.243,60	
Spese totali fisse in 60 mesi (elettrico) [€]	34.278,60 (e-pendler)	45.049,00 (activ mobil)	30.733,20 (e-pendler)	35.802,00 (activ mobil)	35.988,00 (e-pendler)	48.288,00 (activ mobil)
Differenza sulle spese fisse [€]	-10.968,00 (e-pendler)	-196,00 (activ mobil)	-3.609,00 (e-pendler)	1.459,80 (activ mobil)	-	-5.955,60 (activ mobil)
Differenza spese totali [€]	-13.644 (e-pendler)	-2.872 (activ mobil)	-5.683 (e-pendler)	-614,2 (activ mobil)	-21.824,6 (e-pendler)	-9.524,6 (activ mobil)

Table 13. Analisi spese leasing in Austria. Parametri utilizzati: prezzo gasolio 1,34 €/l; prezzo energia elettrica 0,17 €/kWh.

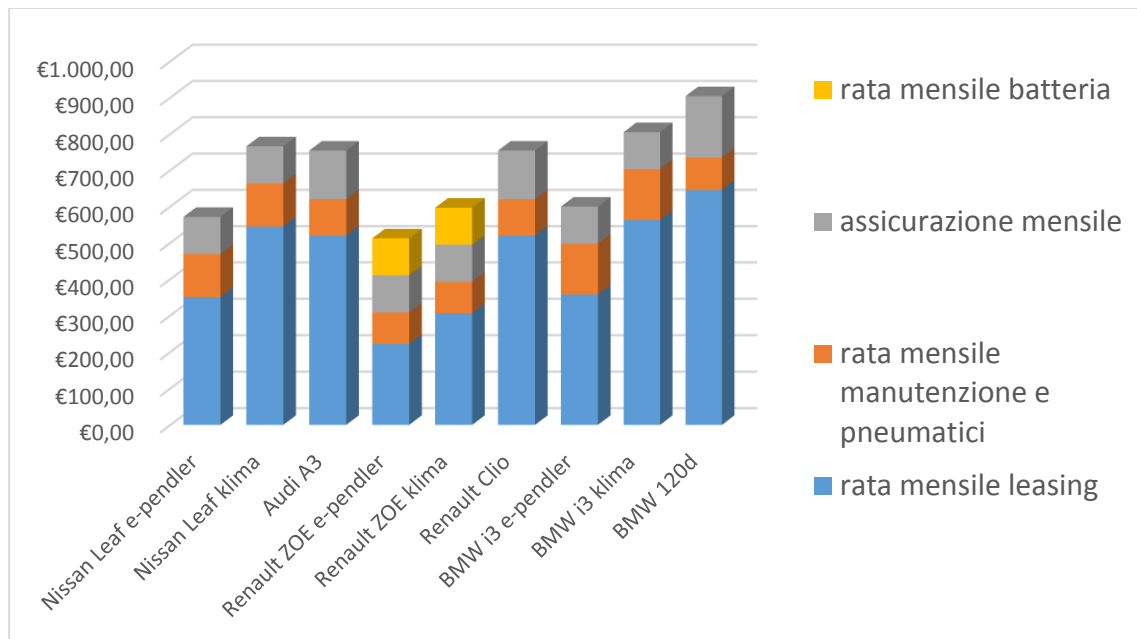


Figure 24. Analisi spese mensili leasing in Austria

3.1.3 Analisi risultati: caso Italia

		NISSAN Leaf vs A3	Renault ZOE vs Renault CLIO	BMW i3 vs BMW 120d
A	Spese totali combustibile gasolio [€]	6.630,00	5.780,00	7.310,00
B	Spese totali corrente [€]	3.000,00	2.920,00	2.580,00
B-A	Differenza combustibile con EV [€]	-3.630,00	-2.860,00	-4.730,00
C	Spese totali fisse in 60 mesi (MCI) [€]	46.297,57	34.790,64	55.921,31
D	Spese totali fisse in 60 mesi (elettrico) [€]	45.058,71	35.802,00	48.288,00
E	Risparmio bollo 3 anni EV [€]	501,60	376,20	861,75
D-E-C	Differenza sulle spese fisse [€]	-1.740,46	635,16	-8.495,06
(B-A)+ (D-E-C)	Differenza spese totali [€]	-5.370,46	-2.224,84	-13.225,06

Tabella 14.. Analisi spese leasing in Austria. Parametri utilizzati: prezzo gasolio 1,70 €/l; prezzo energia elettrica 0,20 €/kWh; costo bollo auto 2,09 €/kW.

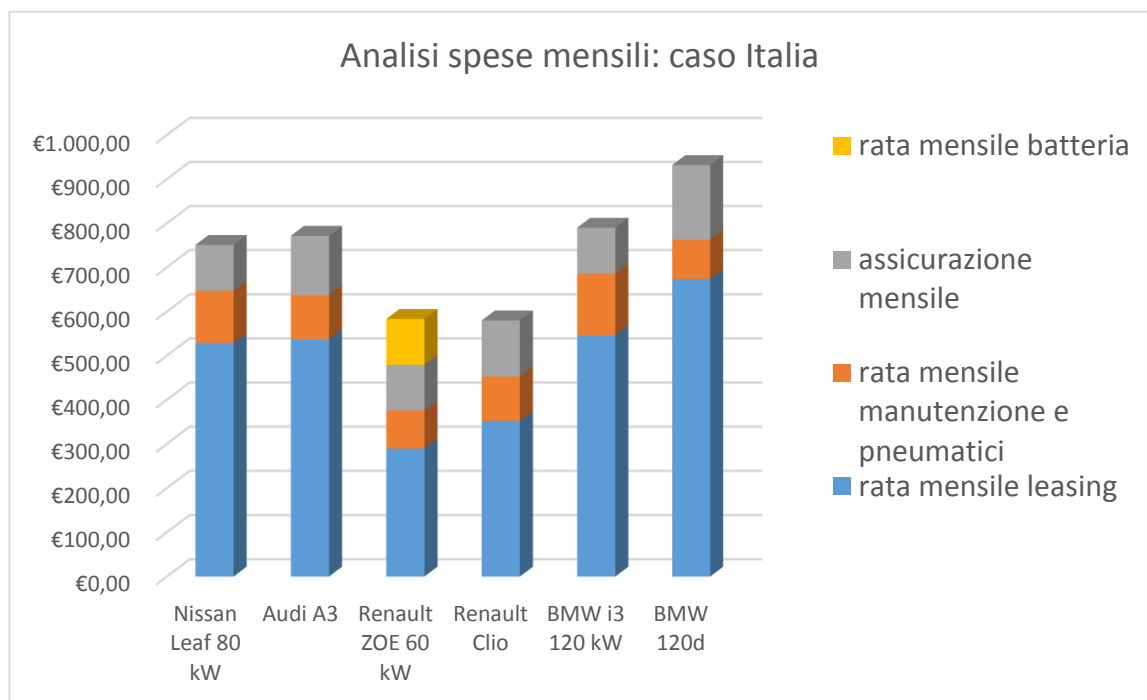


Figure 25. Analisi spese mensili leasing caso Italia

4 ALTO ADIGE CARATTERISTICHE PARCO VEICOLI

4.1 QUALITÀ DELL'ARIA

Si riporta a seguito un estratto del *“Accordo nazionale per l'adozione coordinata e congiunta di misure per il miglioramento della qualità dell'aria nel bacino padano”* [15], accordo che prevede la sinergia tra regioni, province e governo per il miglioramento della qualità dell'aria e riduzione delle emissioni inquinanti.

Articolo 1

(Oggetto)

1. Con il presente accordo le Parti, attesa la specificità meteorologica e orografica del Bacino Padano, individuano e coordinano lo sviluppo delle attività da porre in essere, in concorso con quelle ordinariamente svolte, per la realizzazione omogenea e congiunta di misure di breve, medio e lungo periodo di contrasto all'inquinamento atmosferico nelle zone del Bacino Padano.
3. Ai fini dell'attuazione del comma 1, le Parti si impegnano a realizzare interventi relativi ai seguenti settori emissivi, individuati tra quelli maggiormente responsabili delle emissioni inquinanti:
 - a. Combustione di biomasse;
 - b. Trasporto merci;
 - c. Trasporto passeggeri;
 - d. Riscaldamento civile
 - e. Industria e produzione di energia;
 - f. Agricoltura
4. Ai fini dell'attuazione del comma 1, le Parti si impegnano a porre in essere le misure di carattere normativo, programmatico e finanziario necessarie ad intervenire adeguatamente nei settori emissivi maggiormente responsabili, mediante il reperimento di nuove risorse ed il riorientamento di quelle disponibili.

Articolo 4

(Impegni del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti)

1. Ai fini dell'attuazione dell'articolo 1, il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti si impegna a:
 - g. Entro un mese della sottoscrizione del presente accordo, istituire un gruppo di lavoro, ai sensi dell'articolo 8, finalizzato a formulare una proposta volta alla diffusione e allo sviluppo dei veicoli elettrici, anche attraverso la realizzazione delle infrastrutture di ricarica elettrica, nonché alla diffusione di carburanti ad emissioni nulle di inquinanti sensibili per la qualità dell'aria

Articolo 7

(Impegni delle Regioni e delle Province autonome del Bacino Padano)

2. Ai fini dell'attuazione dell'articolo 1, le Regioni e le Province autonome del Bacino Padano si impegnano inoltre, a decorrere dalla sottoscrizione del presente accordo, a:
 - f. Assicurare che in tutti i nuovi provvedimenti attributivi di incentivi e di finanziamenti aventi ad oggetto la diffusione di nuove tecnologie, materiali, combustibili, procedure gestionali e produttive, sia valutata anche la finalità del miglioramento della qualità dell'aria.

Come si vede dagli articoli riportati, si nota come la qualità dell'aria ed i provvedimenti atti a migliorarla, siano oggetto di interesse da parte degli organi di governo e dei ministeri competenti. Tra questi si nota in particolare nell'Articolo 4 riguardante il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, l'attenzione che viene posta sulla mobilità elettrica l'infrastruttura necessaria alla sua diffusione.

Nella Provincia Autonoma di Bolzano, il monitoraggio viene operato attraverso 15 stazioni di rilevamento fisse sparse nei principali centri urbani sul territorio e due dedicate all'autostrada del Brennero A22: tre si trovano a Bolzano, due a Merano e una ciascuna a Bressanone, Brunico, Cortina s.s.d.v., Gargazzone, Vipiteno, Laives, Laces, S.Pietro Mezzomonte (Velturmo), Binnenland (Ora) e sul Corno del Renon.

Normativa vigente:

- il Decreto Ministeriale del 2 aprile 2002 n. 60 recepisce le direttive europee 99/30/CE e 00/69/CE riguardanti i valori limite di qualità dell'aria relativi al biossido di azoto (NO₂), al monossido di carbonio (CO), alle polveri PM10 ed al benzene, ed anche la direttiva 02/03/CE riguardo all'ozono (O₃).
- Decreto del Presidente della Provincia 31 marzo 2003, n. 7
- Decreto del Presidente della Provincia 14 settembre 2006, n. 47, è stato approvato il "Regolamento sulla qualità dell'aria".

Di seguito sono riportati i parametri rilevati e le rispettive soglie:

- SO₂ Anidrite solforosa, media giornaliera da non superare più di 3 volte per anno civile: 125 µg/m³)
- PM10 Polveri sottili, media giornaliera da non superare più di 35 volte per anno civile: 50 µg/m³, soglia limite annuale 40 µg/m³
- NO₂ Biossido di azoto, media oraria da non superare più di 18 volte per anno civile: 200 µg/m³, soglia limite annuale 40 µg/m³
- CO Monossido di carbonio, media massima giornaliera su 8 ore: 10 mg/m³
- O₃ Ozono, soglia di allarme: media oraria per tre ore consecutive: 240 µg/m³

Capitolo 4: Alto Adige caratteristiche parco veicoli Qualità dell'aria

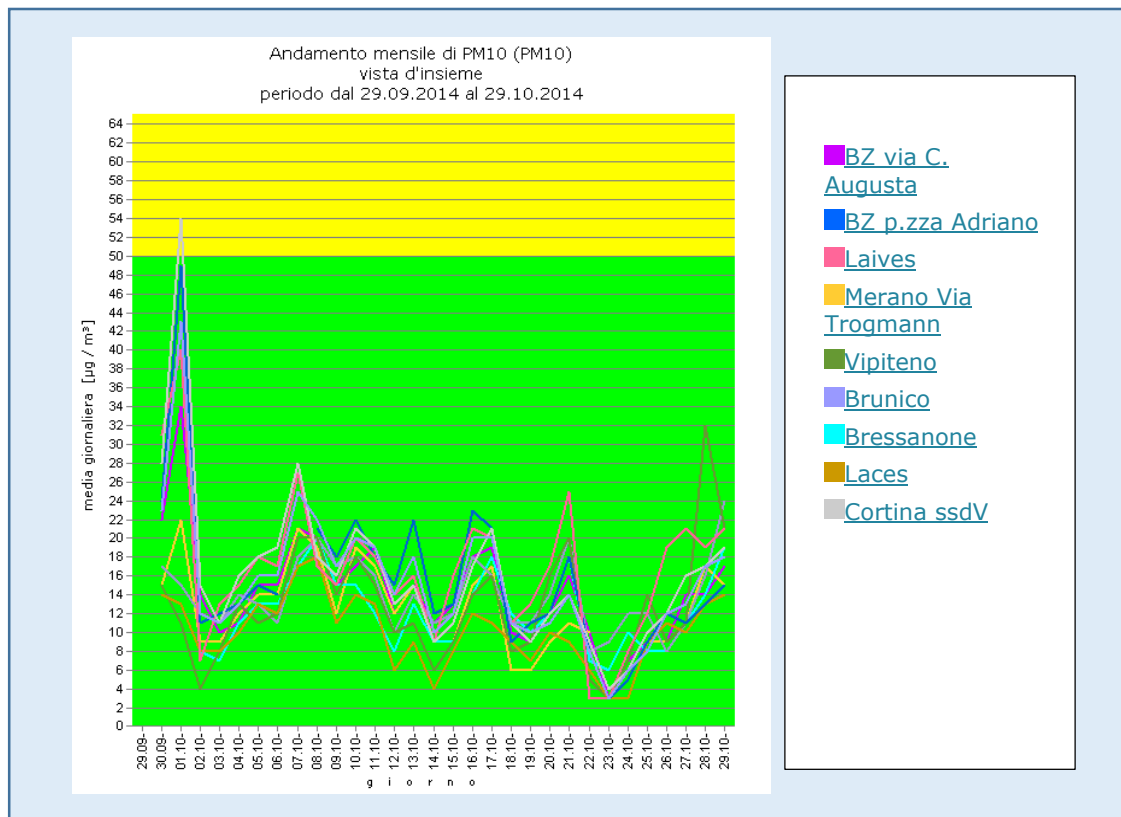


Figure 26. Grafico delle rilevazioni PM10 in Ottobre 2014 per la Provincia di Bolzano. Fonte: Ripartizione ambiente Provincia Autonoma di Bolzano

Le emissioni più importanti legate alla mobilità sono quelle delle PM10 in quanto anche a livello storico si sono rivelate determinanti per l'emanazione di provvedimenti di riduzione del traffico (vedi targhe alterne o limitazioni alla circolazione). Facendo un'analisi storica più dettagliata si arriva alla conclusione che la principale fonte di questo tipo di particolato non era da attribuire al traffico veicolare ma bensì ai sistemi di riscaldamento che soprattutto nella stagione invernale causavano sforamenti delle soglie limite in particolare nelle zone ad alta densità abitativa. La progressiva sostituzione degli impianti condominiali di riscaldamento ha portato ad una massiccia metanizzazione delle caldaie con conseguente riduzione degli inquinanti da combustione. A questa modernizzazione va sommato che negli ultimi dieci anni non si sono verificati inverni particolarmente freddi, questo ha consentito di ridurre il numero di gradi giorno (NGG) stagionale e la complessiva energia termica necessaria al riscaldamento invernale. Per esempio in riferimento al grafico delle PM10 si rileva che il NGG dell'anno 2005 è stato maggiore di 2800 mentre per l'anno 2007 è stato minore di 2500 con ovvie ricadute sulle quantità di combustibile utilizzate.

In aggiunta al monitoraggio delle PM10, sono direttamente legate alle caratteristiche di combustione dei motori MCI anche le concentrazioni degli ossidi di azoto. La combustione dei motori a ciclo Diesel o Otto avviene in condizioni non stazionarie ed a temperature molto elevate facendo sì che vengano a formarsi ossidi di azoto in concentrazioni anche molto elevate. Nella figura 27 viene riportato l'andamento periodico degli sforamenti della soglia media giornaliera per PM10, limite $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il valore riportato è quello della stazione che ha avuto il maggior

numero di sforamenti, il caso più frequente si è rivelata essere quello della stazione collocata nella città di Merano, Bolzano invece ha generalmente occupato la seconda posizione nelle rilevazioni annuali.

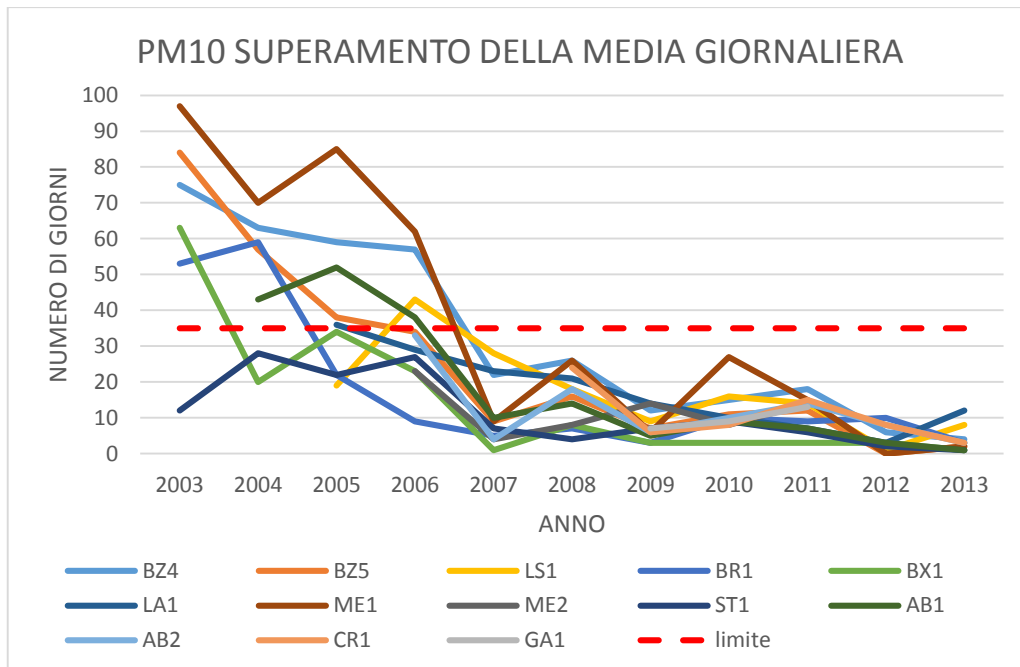


Figura 27. Numero di giorni oltre il limite di 50 µg/m³ di PM10 tutte le stazioni di rilevamento.. Rielaborazione dati della Provincia Autonoma di Bolzano

Per l'inquinante PM10, la norma prevede non solo il rispetto di un valore calcolato come media annuale, bensì anche il rispetto di una media giornaliera da non superare per più di 35 volte l'anno. L'andamento del numero di superamenti della media giornaliera dei 50 µg/m³ (figura 27) indica un netto calo a partire dal 2005. Negli anni successivi il calo è stato talmente ampio che nessuna stazione di misura ha superato il valore limite.

Le ragioni di tale calo sono da attribuire almeno in parte ai provvedimenti ed alle contromisure adottate, come per esempio:

- Rinnovo parco circolante
- Divieti di circolazione per i mezzi più inquinanti
- Potenziamento ed incentivazione del mezzo pubblico
- Bollini colorati per i veicoli "puliti"
- Campagne informative sulla combustione di legna in stufe

Per l'altra parte si possono attribuire a favorevoli condizioni climatiche che hanno consentito una maggiore diluizione degli inquinanti in atmosfera (inverni meno rigidi, venti più forti e frequenti).

L'analisi dell'inquinante NO₂ dà invece risultati meno soddisfacenti. In questo caso l'analisi eseguita porta a due differenti risultati e soglie di attenzione. La prima è dedicata alla media oraria giornaliera ed è vincolata al valore limite di 200 µg/m³, tuttavia analizzando lo storico dei

Capitolo 4: Alto Adige caratteristiche parco veicoli Qualità dell'aria

valori fino all'anno 2003 non è stato riscontrato il superamento di tale soglia. La seconda invece analizza la media annuale e qui il limite viene posto più stringente a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, in questo caso sono stati riscontrati degli sforamenti ed i risultati riportati in Figura 28.

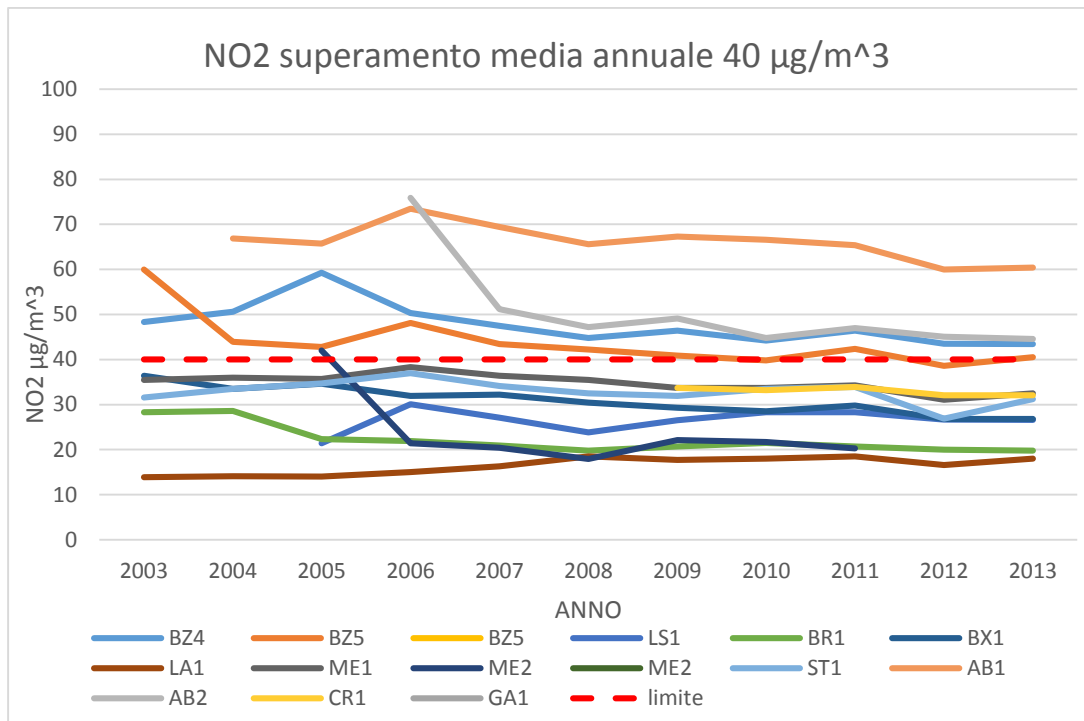


Figura 28. NO2 serie storica delle medie annuali 2003-2013, soglia limite $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Il legame tra questo tipo di inquinante e la presenza di autoveicoli risulta essere più stretto, in quanto le stazioni che presentano valori oltre il limite sono quelle poste nel capoluogo e nei pressi dell'autostrada del Brennero. Da ribadire che nonostante la rilevazione della media annuale sia al di sopra del valore massimo, le rilevazioni orarie per ogni stazione non hanno registrato sforamenti della soglia e anche nei casi peggiori si è mantenuto un margine del 10%. Per questo tipo di inquinante sono attualmente in corso sperimentazioni di viabilità dinamica, ovvero attraverso un monitoraggio costante dei valori di NO2 nei prossimi anni verrà attivato un sistema di modifica della temporizzazione dei semafori cittadini. Questo consentirà di migliorare la fluidità del traffico, in tempo reale, nelle zone interessate da congestioni. Nel complesso può ritenersi che in Alto Adige la qualità dell'aria misurata risulta soddisfacente.

4.2 ALTO ADIGE, COMPOSIZIONE PARCO VEICOLI

Età media parco veicolare per regione (anni) – anno 2012

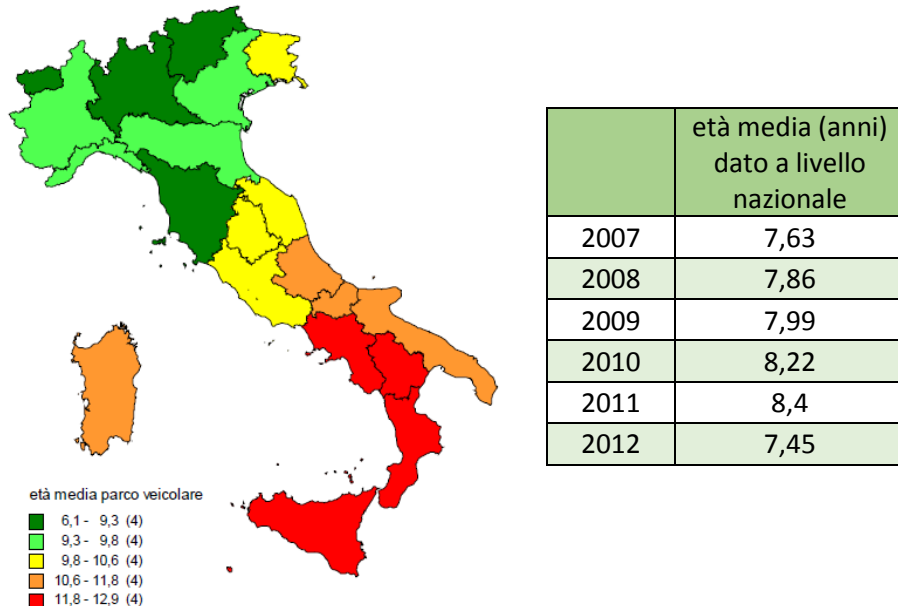


Figure 29. Età media parco veicoli Italia, fonte ACI

Riferendosi ai dati 2011, considerati più veritieri e descrittivi della situazione reale, si può dire che circa il 50% delle 269.232 autovetture per le quali è stata pagata la tassa di proprietà in Alto Adige non raggiunge la categoria Euro 4. Considerando solo le autovetture a benzina la percentuale delle automobili inferiori alla categoria Euro 4 sale al 54,8%, considerando esclusivamente le autovetture a gasolio (diesel) la percentuale è pari al 46,8%.

Il 23,1% delle autovetture per le quali è stata pagata la tassa di proprietà appartiene alla categoria 71-85 kW, percentuale che scende al 19,6% se si considerano le nuove immatricolazioni. Le autovetture di nuova immatricolazione risultano in percentuale più potenti rispetto a quelle appartenenti al parco circolante. Difatti il 37,8% delle autovetture immatricolate registra una potenza superiore ai 100 kW, mentre la percentuale scende al 22,5% se si considerano quelle del parco circolante. Ben il 12,2% delle nuove autovetture immatricolate ha una potenza oltre i 130 kW.

Capitolo 4: Alto Adige caratteristiche parco veicoli
 Alto Adige, composizione parco veicoli

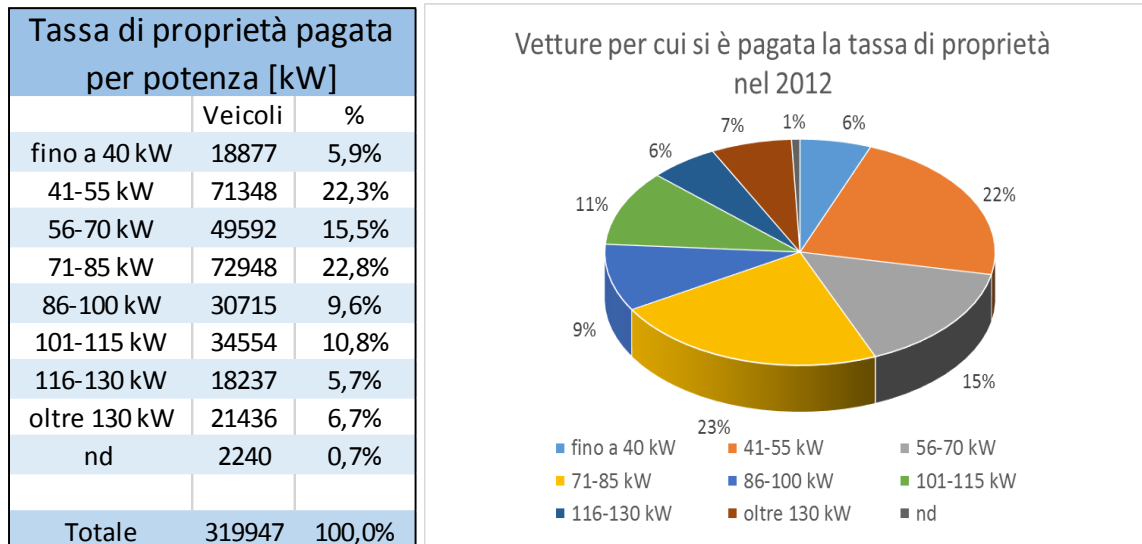


Figure 30. Suddivisione parco vetture Alto Adige in base alla potenza dati 2012

Come si vede dai grafici riportati in figura 30 e 31 (dati ASTAT), in Alto Adige la maggior parte dei veicoli che compongono il parco circolante compete, secondo la classificazione europea, ai segmenti:

- B (small cars)
- C (medium cars)
- D (large cars)

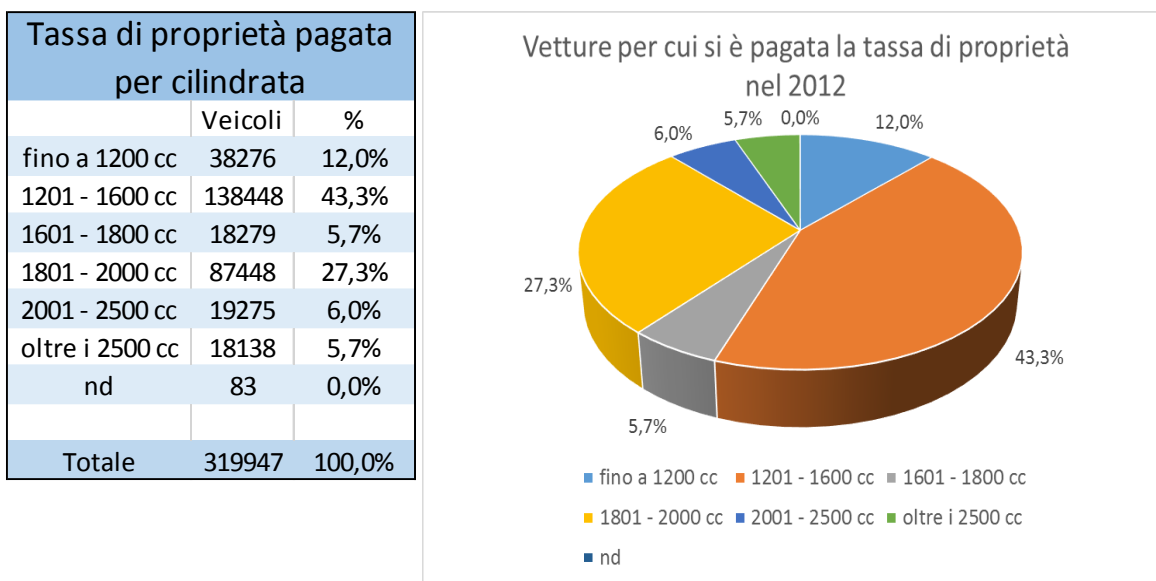


Figure 31. Suddivisione parco vetture Alto Adige in base alla cilindrata 2012

4.3 ALTO ADIGE, AUTOVETTURE, IMMATRICOLAZIONI E TREND DI VENDITA

In questa sezione è necessario introdurre una piccola nota dovuta alla particolarità di provincia a statuto speciale prevista per l'Alto Adige. Le tariffe di immatricolazione in Alto Adige, Trentino e Valle d'Aosta sono più convenienti rispetto alle regioni ordinarie, a causa della competenza primaria della provincia nella modulazione delle imposte. Nel 2012 in Alto Adige si è registrato un forte aumento delle nuove immatricolazioni di veicoli, molti dei quali sono però destinati a circolare in altre regioni. Questo incremento è legato all'introduzione di nuovi criteri di calcolo dell'IPT (Imposta Provinciale di Trascrizione), fattore che ha reso conveniente per molte società di noleggio autoveicoli lo spostamento della sede legale in Provincia di Bolzano.

Attualmente il bilancio delle immatricolazioni risulta con trend positivo e per l'anno 2013 risultano immatricolati un totale di 350.615 veicoli [16]. La percentuale maggiore è composta da veicoli alimentati a gasolio, che ha di poco superato quelle a benzina, il numero dei veicoli ad alimentazione elettrica resta esiguo ma in aumento.

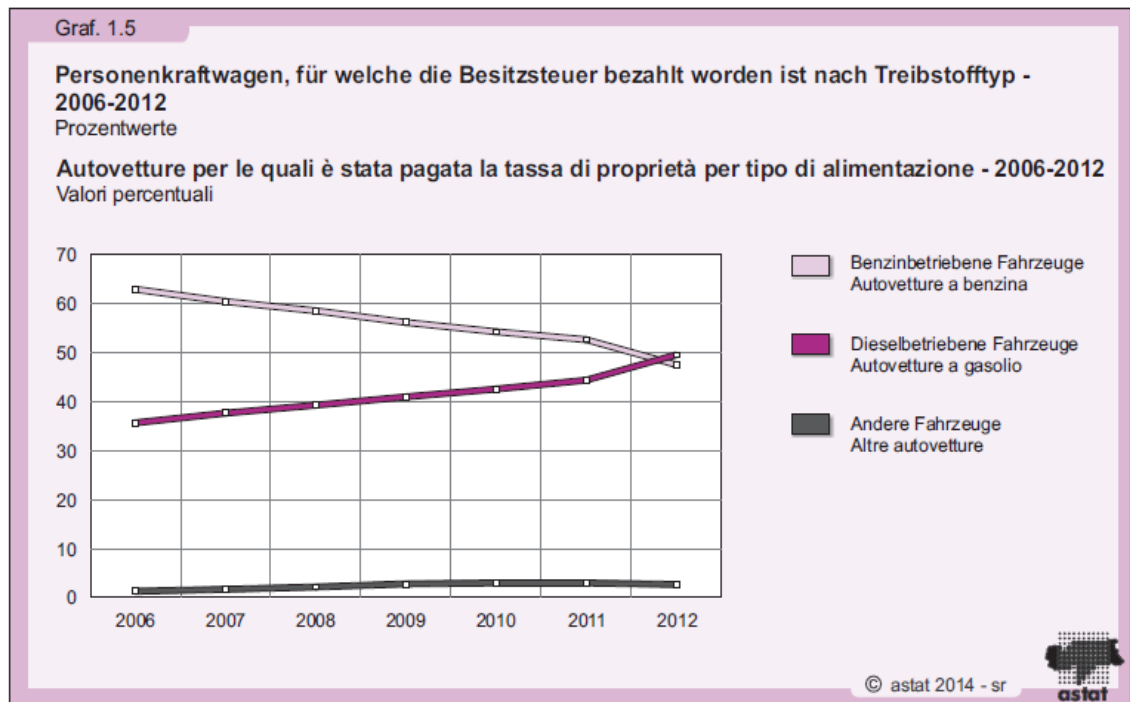


Figure 32. Andamento della composizione del parco circolante dal 2006-2012. Fonte: ASTAT 2014

Come si nota dal grafico all'anno 2012 si è verificato il sorpasso delle immatricolazioni dei veicoli a gasolio rispetto a quelli a benzina.

È importante contestualizzare il dato anche nel senso della vivacità del mercato delle automobili in quanto non ostante le politiche locali spingano verso il potenziamento del trasporto pubblico, l'automobile anche per le particolari caratteristiche geografiche del territorio rappresenta un mezzo di trasporto indispensabile. Analizzando i dati di pagamento del bollo per autoveicoli può essere scattata la seguente fotografia che identifica per ogni categoria EURO il numero di veicoli circolanti al mese di Dicembre 2013.

Capitolo 4: Alto Adige caratteristiche parco veicoli
 Alto Adige, autovetture, immatricolazioni e trend di vendita

	EURO 0	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	EURO 6	TOTALE
BENZINA	14.586	6.794	27.711	16.281	53.081	34.043	1.635	154.182
BENZINA E GPL	418	316	789	483	4.102	1.369	47	7.524
BENZINA E METANO	35	11	57	89	759	995	63	2.009
GASOLIO	1.723	1.246	12.329	33.041	50.929	69.428	17.527	186.223
ELETTRICO-IBRIDO	148	0	0	1	91	250	164	654
ALTRE	12	0	0	0	0	0	0	12
TOTALI	16.926	8.367	40.886	49.899	108.963	106.085	19.436	350.615
Percentuali	4,8%	2,4%	11,7%	14,2%	31,1%	30,3%	5,5%	100,0%

Table 15. Composizione secondo classi EURO- del parco circolante, anno 2009

In base alle caratteristiche finora individuate, il profilo del veicolo medio altoatesino ha le seguenti caratteristiche:

- Cilindrata media: 1650 cc
- Potenza media: 78 kW
- Segmento C
- Livello inquinamento: Euro 4
- Età media: 7,45 anni
- Consumo medio combinato:
6 litri/100 km



5 ALTO ADIGE BILANCIO ENERGETICO:

Nel 2009 l'energia prodotta ed importata in Alto Adige, è ammontata a 14.932 GWh [17]. Il 49,0% dell'energia in entrata viene importata sotto forma di combustibili fossili. Questi vengono utilizzati come carburante per autotrazione e per la produzione di energia termica. Il resto dell'energia in entrata (51,0%) viene prodotto in provincia di Bolzano ed è rappresentato per il 38,6% da energia idroelettrica, per il 12,1% da altre energie rinnovabili e per lo 0,3% da energia da rifiuti solidi urbani (RSU). Ne consegue che l'energia totale prodotta a livello provinciale, ad eccezione di quella generata da RSU, deriva da fonti energetiche completamente rinnovabili, inoltre la risorsa energetica preponderante è rappresentata dall'idroelettrico.

BILANCIO ENERGETICO SINTETICO DELL'ALTO ADIGE 2009 [GWh]						
	prodotti petroliferi		energia rinnovabile		RSU	TOTALE
	combustibili liquidi	combustibili gassosi	energia idroelettrica	altre rinnovabili		
energia prodotta	-	-	5.760	1.805	45	7.610
energia importata	4.273	3.049	-	-	-	7.322
energia totale in entrata	4.273	3.049	5.760	1.805	45	14.932
energia consumata	4.273*	3.049	2.785	1.805	45	11.958
energia esportata	-	-	2.975	-	-	2.975
totale	4.273	3.049	5.760	1.805	45	14.932

Table 16. Bilancio energetico Alto Adige, fonte ASTAT. (*) di cui 3.756 per il settore specifico dell'autotrazione.

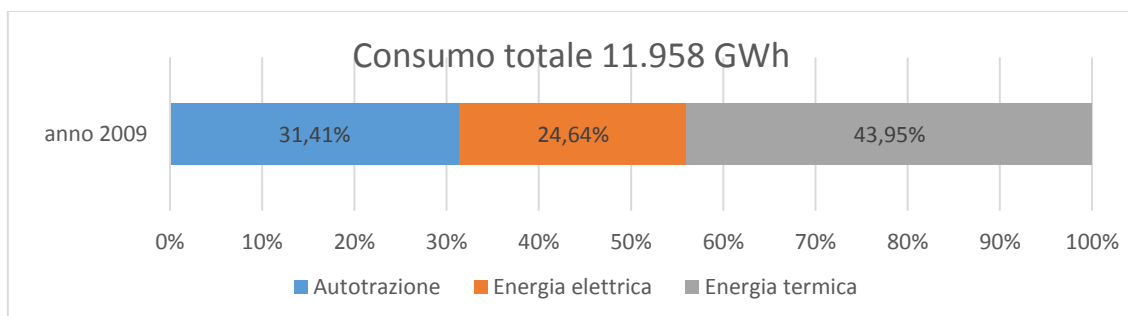


Figura 33. Divisione per settori dell'energia consumata in Alto Adige per l'anno 2009, fonte ASTAT

Capitolo 5: Alto Adige bilancio energetico:
Alto Adige, autovetture, immatricolazioni e trend di vendita

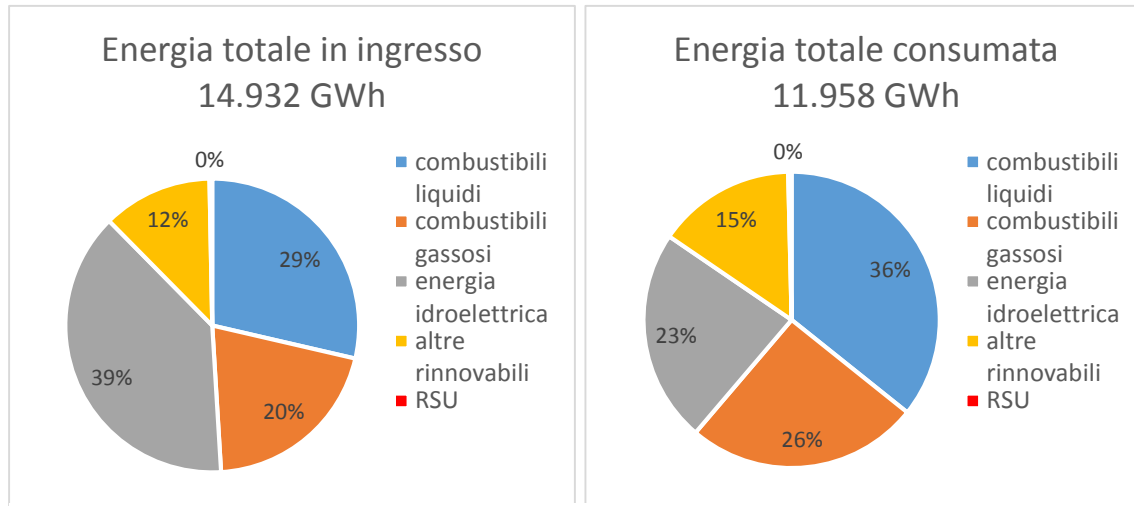


Figura 34. Divisione per fonte dell'energia in ingresso e consumata in Alto Adige per l'anno 2009

Dai grafici riepilogativi a torta, si nota come complessivamente sia proprio l'idroelettrico il settore energetico di maggior capacità produttiva per il territorio. L'Alto Adige è infatti la provincia italiana che nel corso del 2009 ha generato più energia elettrica da fonti rinnovabili, principalmente di tipo idroelettrico, ma anche da biomassa, bioliquidi, biogas, energia eolica e solare (produzione che negli anni seguenti è aumentata in modo consistente). Anche le fonti rinnovabili impiegate per produrre energia termica, ovvero legna, pellets, cippato, solare termico e biogas rivestono una notevole importanza in provincia. L'apporto disaggregato fornito dalle suddette fonti è riepilogato in tabella.

Sola produzione da fonti rinnovabili								
	Solare termico	Biomassa legnosa	Eolico	Fotovoltaico	Biogas	Idroelettrico	Bioliquidi	Totale
Energia prodotta (GWh)	115	1.582	--	33	32	5.760	43	7.565
Energia consumata (GWh)	115	1.582	--	33	32	2.785	43	4.590

Table 17. Produzione da fonti rinnovabili per tipo, anno 2009

La produzione locale è quindi caratterizzata da un parco di generazione completamente rinnovabile, che può nei limiti delle tecnologie disponibili consentire di internalizzare ulteriormente i consumi permettendo a livello locale di ridurre le emissioni di gas serra.

Secondo il bilancio energetico provinciale [17], nel 2009 il consumo di energia sul territorio è stato di 11.958 GWh. Il settore termico è quello ad aver registrato il maggior consumo di energia (5.255 GWh, 44%), seguito dall'autotrazione (3.756 GWh, 31%) e dal consumo di corrente elettrica (2.947 GWh, 25%). Il consumo di corrente elettrica, fatta eccezione per una flessione rilevata nel 2003, presenta una crescita costante. Il trend positivo misurato nel 2009 rispetto al dato 2000 ammonta al +24,4%.

Come riportato dai dati, il bilancio tra energia elettrica prodotta e consumata è maggiore di zero, c'è quindi margine per aumentare i consumi e ridurre il disavanzo. Questo obiettivo può essere raggiunto aumentando il consumo elettrico pro-capite, per esempio sostituendo una quota parte dell'energia in ingresso sotto forma di combustibili liquidi derivati del petrolio, con energia elettrica pulita prodotta localmente.

Operare un rinnovo del parco veicoli provinciale verso modelli alimentati elettricamente, rappresenta un'importante possibilità di sviluppo e di business per aziende operanti nel settore energetico.

Anche in vista di obiettivi ambientali come il "2020" o il progetto "Klimaland 2050" può risultare pragmatico spingere verso un trasporto urbano o pendolare legato in maniera più stretta al concetto di sostenibilità e non dipendenza dalle importazioni di combustibili fossili.

5.1 CONSUMO COMBUSTIBILE PER AUTOTRAZIONE

Nell'analisi dei consumi energetici del settore autotrazione è stato utilizzato l'approccio top-down [17], ovvero partendo da un macro dato a livello provinciale riconducibile alla vendita dei singoli vettori energetici sono stati calcolati i valori effettivi di vendita carburanti alla pompa, per la quasi totalità si tratta di combustibili di origine fossile.

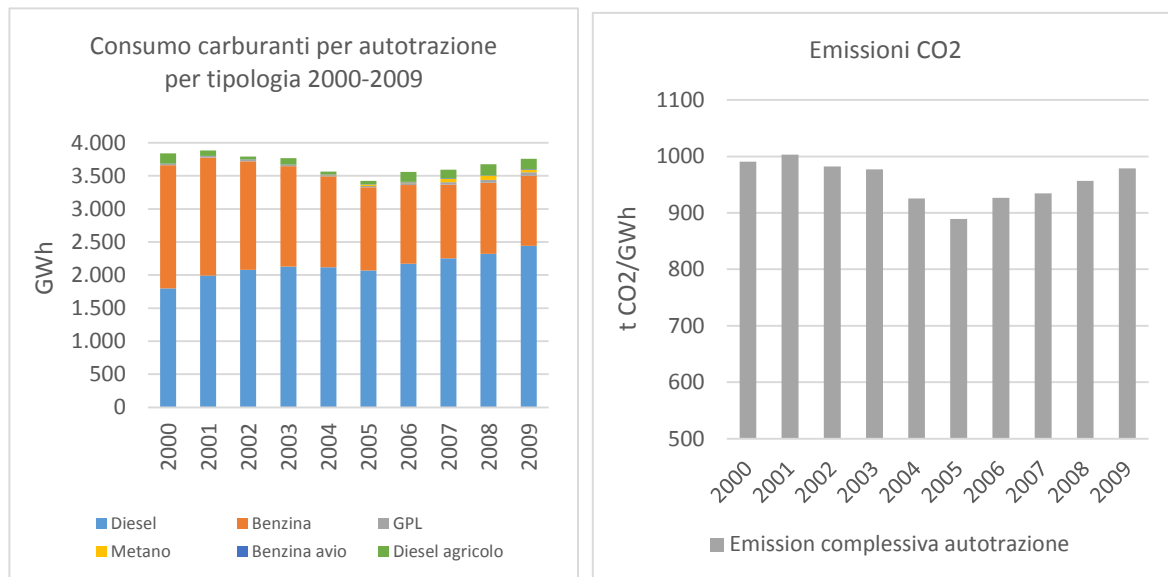


Figure 35. A sinistra consumo carburanti per tipologia combustibile. A destra emissioni totali di CO2 per autotrazione, anni 2000-2009

Capitolo 5: Alto Adige bilancio energetico:
Consumo combustibile per autotrazione

Conoscendo la tipologia di combustibile è stato possibile calcolare l'emissione di gas serra CO₂, per arrivare a questo risultato si può far uso dei fattori di conversione dell'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) riportati nella tabella 15. Per rendere più ampio il confronto, viene riportato anche il valore di emissione per la produzione di energia elettrica. La quantità di 0,483 t CO₂/MWh è riferito al parco nazionale di generazione. L'energia elettrica prodotta in Alto Adige è certificata come 100% rinnovabile e avrebbe una emissione diretta di CO₂ corrispondente a zero, si fa però riferimento al valore medio nazionale essendo la rete elettrica interconnessa, non è quindi corretto considerare indipendente il proprio parco di generazione rispetto al dato nazionale.

Tabella PCI e fattori emissione standard		
Fonte di energia	PCI [kWh]	t CO ₂ /MWh
Olio combustibile (kg)	11,43	0,279
Benzina (kg)	12,15	0,249
Benzina (l)	9,17	0,249
Gasolio (kg)	11,84	0,267
Gasolio (l)	9,94	0,267
GPL (kg)	12,82	0,227
GPL (l)	6,92	0,227
Metano (m³)	9,72	0,202
Elettricità (kWh)		0.483

Tabella 18. Poteri calorifici inferiori di alcuni combustibili.

Perciò un maggiore utilizzo di veicoli elettrici porterebbe sì ad una riduzione delle emissioni di CO₂, ma non in senso assoluto. Infatti se quota parte dell'energia ottenuta dai combustibili fossili sarà sostituita da energia elettrica, da qualche altra parte l'energia elettrica verrà prodotta utilizzando altri impianti con emissioni di anidride carbonica diverse da zero. Si osserva inoltre che tra tutti i coefficienti di tabella 18, quello elettrico è il maggiore, quasi doppio rispetto ai combustibili fossili classici. La differenza è dovuta alla produzione in centrale dell'energia elettrica mediante energia termica, il rendimento di questa trasformazione, viene infatti inserito nel computo attraverso il valore di rendimento medio nazionale di produzione (corrispondente a 0,46 per l'anno 2014, fonte ENEA).

Ipotizzando di essere un consumatore tipo che deve sostituire la propria autovettura con una nuova di nuova generazione, si vuole capire quale sarebbe la variazione delle voci del bilancio energetico dell'Alto Adige (figura 33 e tabella 16). Verranno di seguito determinati i rapporti di sostituzione dell'energia elettrica rispetto a quella derivante da combustibili fossili.

5.1.1 Approccio Top-down

Questa modalità di analisi prevede di partire da un dato statistico rilevante a livello provinciale e riconducibile alla vendita dei singoli vettori energetici sul territorio altoatesino. Questi dati sono stati rilevati soprattutto a livello dei singoli punti di erogazione dell'energia (per esempio il gasolio e la benzina ai distributori).

Per permettere il confronto tra le tecnologie MCI ed EV, è necessario utilizzare dei coefficienti che permettano di equiparare l'energia finale (output) dell'autoveicolo, in base al tipo di combustibile utilizzato. I rendimenti del successivo schema, tabella 19 [18], tengono conto dell'intera filiera di raffinazione e generazione. Questo permette di ottenere un confronto energetico più rigoroso in quanto diventa possibile confrontare la tipologia MCI con quella elettrica.

	rendimento delle raffinerie	rendimento della distribuzione	rendimento batterie/FC	rendimento motore	rendimento complessivo
benzina	75%	75%	non presente	30%	16,88%
gasolio	75%	75%	non presente	43%	24,19%
elettrico	52%	94,53%	95%	90%	42,03%
H2 - FHEV	70%	93%	40%	90%	23,44%

Tabella 19. Rendimento dalla produzione alla ruota per diversi combustibili per autovetture

Seguendo un approccio quantitativo e disaggregando il dato del combustibile venduto in Alto Adige, su un totale per l'anno 2009 di 3.756 GWh, si osservano le proporzioni tra benzina e gasolio pari a 28,2% e 65%. Il consumo di gasolio è più del doppio rispetto alla benzina e dal momento che vi è una notevole differenza di rendimento alla ruota per i due tipi di veicolo è necessario considerare il peso delle quantità vendute. Tuttavia questo valore non risulta significativo in merito all'ipotesi di EV come veicolo privato, in quanto esso è fortemente influenzato dalla vendita di combustibile per mezzi pesanti, nella cui categoria, con motorizzazioni di grossa taglia, il combustibile per eccellenza risulta essere il diesel. Inoltre non essendo presenti sul mercato consumer veicoli elettrici realisticamente utilizzabili per applicazioni di "trasporto pesante", si ritiene che il dato sia fuorviante rispetto all'analisi di impatto che la mobilità elettrica potrebbe avere. Pertanto si preferisce fare riferimento alla proporzione tra veicoli a benzina e gasolio riportata nella tabella 15 cap. 5.2, la quale tiene conto di soli veicoli leggeri.

I rendimenti riportati in tabella 19 sono riferiti all'intera filiera dei combustibili, rappresentano perciò l'inverso dei fattori di conversione in energia primaria per il medesimo tipo di output e cioè l'energia disponibile alla ruota di un autoveicolo. Questo permette di ricavare con un semplice rapporto, la proporzione di energia elettrica necessaria a sostituire quella ottenuta dai combustibili fossili:

- veicolo a benzina
 - rendimento complessivo benzina = 16,88%
 - rendimento complessivo EV = 42,03%

$$\text{Rapporto di sostituzione} \left[\frac{kWh, benzina}{kWh, EV} \right] = (0,1688)^{-1} / (0,4203)^{-1} = 2,49$$

- veicolo a gasolio
 - rendimento complessivo gasolio = 24,19%
 - rendimento complessivo EV = 42,03%

$$\text{Rapporto di sostituzione} \left[\frac{kWh, gasolio}{kWh, EV} \right] = (0,2419)^{-1} / (0,4203)^{-1} = 1,74$$

Tornando alle grandezze contenute nel bilancio energetico dell'Alto Adige (tabella 16), a parità di km percorsi, risulta che ogni singolo kWh consumato da un EV corrisponde a 1,74 kWh di gasolio o 2,49 kWh di benzina impiegati in un veicolo tradizionale a MCI. Essendo nota la composizione del parco macchine altoatesino (cap. 5.2), ci si può facilmente ricondurre ad un

Capitolo 5: Alto Adige bilancio energetico:
Consumo combustibile per autotrazione

rendimento medio per il veicolo “tipo”. Attraverso una media pesata sulle immatricolazioni per combustibile, si ottiene un valore di rendimento complessivo pari a 21.16% per i veicoli leggeri (MCI). Il fattore di sostituzione risulta pertanto essere $1,98 \left[\frac{kWh,comb\ liq}{kWh,EV} \right]$, in riferimento al bilancio energetico in tabella 16.

5.1.2 Approccio Bottom-up

La Comunità Europea ha emanato [19] diversi provvedimenti volti a regolamentare le emissioni di CO₂ dei veicoli per trasporto passeggeri, inizialmente con la No 443/2009 e più di recente il regolamento europeo No 333/2014, ha fissato i limiti di emissione, a 130 gCO₂/km per tutti i veicoli di nuova immatricolazione venduti nella UE. Se questi limiti non vengono rispettati le case automobilistiche produttrici sono fuori legge e devono pagare una sanzione proporzionata all’entità del superamento della soglia. I limiti diventeranno inoltre più restrittivi e raggiungeranno la soglia di 95 gCO₂/km per l’anno 2021 (valore che attualmente corrisponde la categoria intermedia avente diritto all’ecoincentivo per veicoli di trasporto, vedi cap. 5) Utilizzando i valori IPCC riportati in tabella 18, si ottiene:

- Veicolo a benzina
 - percorrenza 15.000 [km/anno]
 - 1 litro di benzina =0,249 [tCO₂/MWh]

$$\text{Energia consumata in 1 anno [kWh]} = \frac{\text{km percorsi 1 anno} * \text{limite emissioni per km}}{\text{fattore di emissione}}$$

$$7831,3 \text{ [kWh]} = \frac{15.000 \text{ km} * 0,130 \frac{\text{kgCO}_2}{\text{km}}}{0,249 \frac{\text{kgCO}_2}{\text{kWh}}}$$

- Veicolo a gasolio
 - percorrenza 15.000 [km/anno]
 - 1 litro di gasolio =0,267 [tCO₂/MWh]

$$\text{Energia consumata in 1 anno [kWh]} = \frac{\text{km percorsi 1 anno} * \text{limite emissioni per km}}{\text{fattore di emissione}}$$

$$7303,4 \text{ [kWh]} = \frac{15.000 \text{ km} * 0,130 \frac{\text{kgCO}_2}{\text{km}}}{0,267 \frac{\text{kgCO}_2}{\text{kWh}}}$$

- Veicolo elettrico
 - percorrenza 15.000 [km/anno]
 - consumo 0,168 [kWh/km]
 - rendimento elettrico nazionale=0,46 (fonte ENEA, 2014)

$$\text{Energia consumata in 1 anno [kWh]} = \text{km percorsi 1 anno} * \text{consumo al km}$$

$$2.520 \text{ [kWh, el]} = 15.000 \text{ km} * 0,168 \text{ kWh/km}$$

$$5478,26 [kWh] = \frac{2.520 [kWh, el]}{0,46}$$

$$\text{Rapporto di sostituzione} \left[\frac{kWh, benzina}{kWh, EV} \right] = \frac{7831,3}{2520} = 3,11$$

$$\text{Rapporto di sostituzione} \left[\frac{kWh, gasolio}{kWh, EV} \right] = \frac{7303,4}{2520} = 2,9$$

Come si nota dai calcoli esposti, soprattutto per quanto riguarda l'energia primaria, il gap energetico tra le tre tecnologie non è molto elevato soprattutto se sono considerate le caratteristiche dei mezzi di ultima generazione, in ogni caso il risultato migliore è appannaggio dei veicoli elettrici. Contestualizzando in quello che sarà uno scenario futuro (2020), migliorare rendimento nazionale incentivando le fonti rinnovabili permetterà di recuperare ulteriore margine sulla tecnologia MCI e mantenere rapporti favorevoli anche in ottica di efficienza energetica. A livello di CO₂ i veicoli ibridi PHEV sono attualmente comparabili con le emissioni legate a veicoli elettrici BEV, il punto debole restano le emissioni di NO₂ che invece sono inevitabili e come si vede nel cap 5.1 ancora non completamente rientranti nei limiti di legge per la qualità dell'aria nei centri urbani.

5.2 IDROGENO H₂

In Alto Adige è presente un impianto sperimentale di produzione dell'idrogeno per mezzo di elettrolisi. L'idrogeno così ottenuto viene impiegato per una serie di autobus urbani e veicoli privati alimentati a cella di combustibile. Le quantità energetiche in gioco sono però molto limitate, tanto da produrre effetti tangibile sul bilancio energetico della Provincia di Bolzano.

A differenza del caso di veicolo elettrico puro (BEV), per l'idrogeno non viene considerato il valore di rendimento medio del parco generazione (rif a tabella 19), questa scelta è legata all'utilizzo nel processo di elettrolisi di sola energia rinnovabile in eccesso (a detta della società che gestisce l'impianto). Il centro di produzione non funziona infatti come un impianto industriale convenzionale, ma può essere più facilmente assimilato ad un sistema di accumulo che funziona solo in momenti di eccessiva generazione distribuita. La zona industriale bolzanina è ricca di produzione fotovoltaica che in talune situazioni raggiunge un livello tale da creare problemi alla rete elettrica. Se invece questa premessa venisse meno, il rendimento finale per veicoli FHEV sarebbe del 12,2%, valore inferiore anche ai motori MCI tradizionali. Di fatto questo parametro rende i mezzi alimentati ad idrogeno altamente energivori.

Si è comunque fatta menzione di questa alternativa tecnologia in quanto la direttiva europea 94/2014 richiama espressamente l'H₂ come possibile combustibile alternativo ed ecologico ma non interviene direttamente nella regolazione dell'infrastruttura di approvvigionamento. Tale ambito è infatti demandato ai singoli Stati che possono attrezzarsi in modo autonomo e secondo le proprie esigenze.



5.3 NUMERO DI VEICOLI ELETTRICI CIRCOLANTI

Il numero di veicoli elettrici che sarà in circolazione sul territorio nazionale è una delle maggiori incognite legate allo sviluppo della mobilità elettrica. In primis va puntualizzato che qualunque tipo di risultato a medio o lungo termine sarà impossibile da raggiungere se prima non verrà sviluppata una adeguata infrastruttura di ricarica. Secondo uno studio compiuto da RSE [9], viene proposto uno scenario con orizzonte temporale 2030. Questo scenario prevede per l'Italia un numero totale 40 milioni di veicoli con circa 10 milioni di auto elettriche tra pure ed ibride, con una decisa prevalenza di auto ibride plug-in. Nella mappa riportata in figura 29 vengono esposti i risultati, in particolare si vede per le provincie di Trento e Bolzano una diffusione stimata che va da 20.000 a 80.000 veicoli per l'anno 2030.

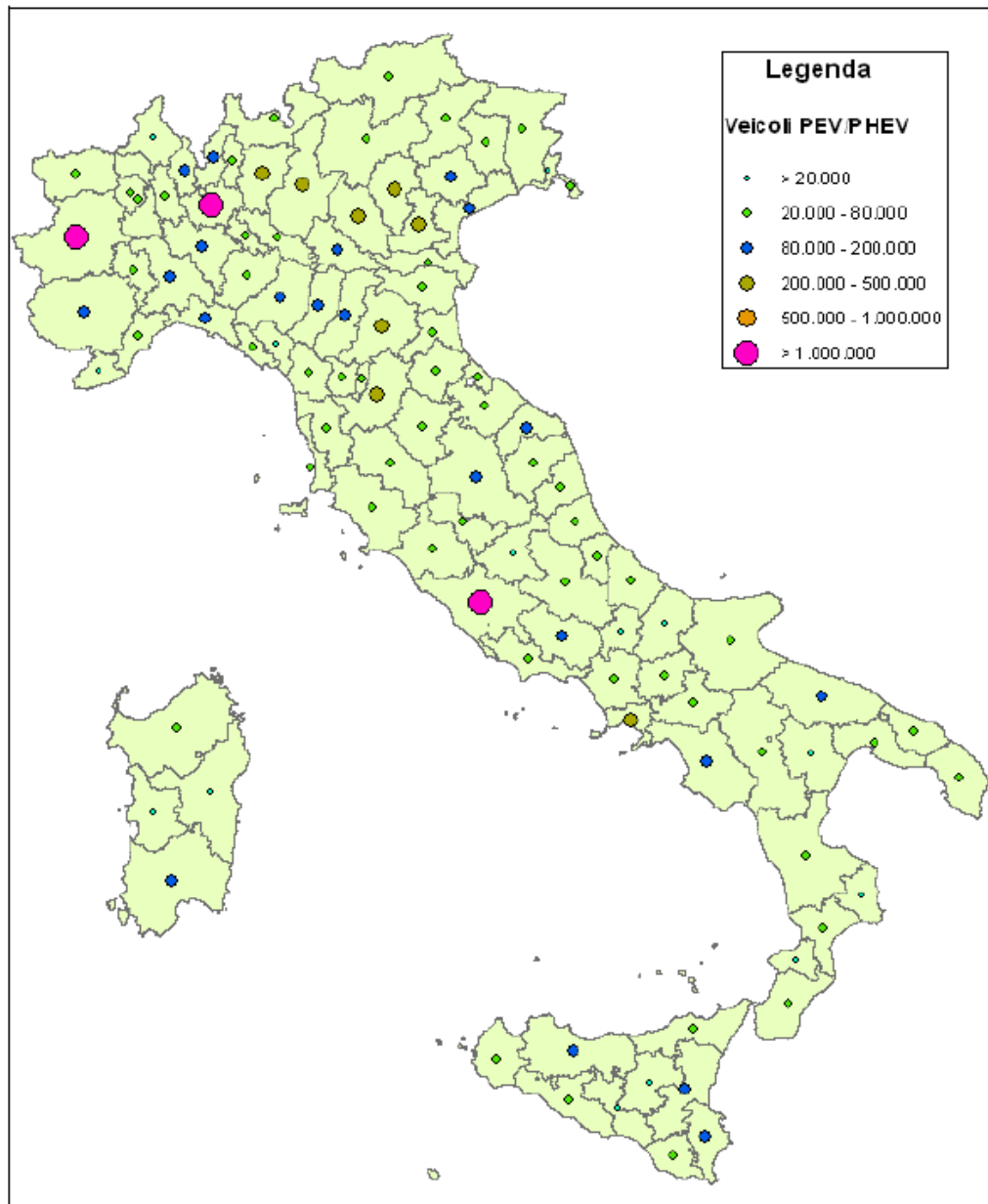


Figure 36. Simulazione RSE scenario 2030 diffusione veicoli elettrici

Capitolo 5: Alto Adige bilancio energetico:
 Numero di veicoli elettrici circolanti

La simulazione offerta da RSE si basa sull'utilizzo di dati ISTAT e ACE andando ad incrociare il tasso medio di motorizzazione ed il numero di abitanti. Vengono inoltre ammesse delle ipotesi che vanno in combinazione al PIL ed al grado d'inquinamento dell'aria nelle città. Si può notare dalla mappa che le città Torino, Milano e Roma vengono considerate come i maggiori centri di utilizzo di veicoli elettrici. Questo ovviamente è un parametro legato al numero di abitanti per ogni città e quindi rappresenta un indicatore di tipo assoluto. L'obiettivo che viene ritenuto di maggiore interesse per questo lavoro di tesi consiste piuttosto nell'individuare una percentuale di possibile penetrazione degli EV nel parco veicoli provinciale. Come indicato nel capitolo "Qualità dell'aria", in Alto Adige non sussistono particolari problematiche legate ad inquinanti derivati dalla massiccia combustione di idrocarburi ed inoltre grazie alla presenza di venti, la diluizione degli stessi è tale da non costituire una problematica primaria per la popolazione. Quindi utilizzando la stessa base di dati con maggiore risoluzione per la zona specifica si ottiene la seguente tabella di previsione del grado di motorizzazione della popolazione altoatesina.

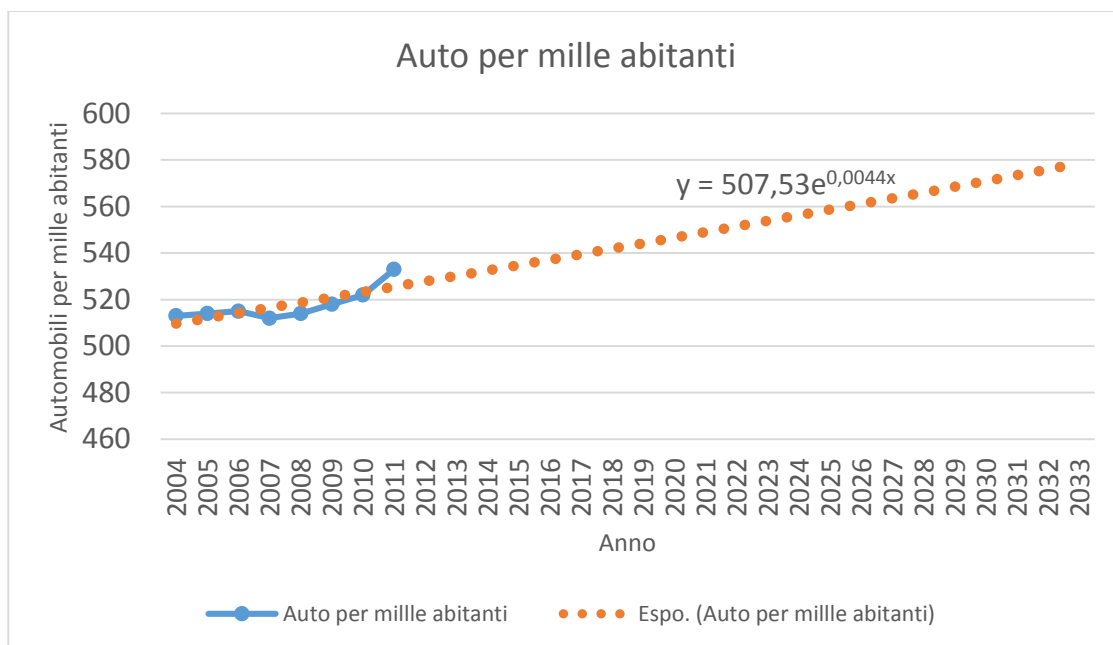


Figure 37. Elaborazione dati auto per mille abitanti, fonte: ACI, ISTAT

Attraverso una retta di tendenza con andamento esponenziale i dati vengono estesi fino all'anno 2035, quindi con orizzonte temporale 20 anni. La crescita del parco veicoli viene in seguito riportata in step di 5 anni.

		2015	2020	2025	2030	2035
Auto circolanti		280.522	296.412	311.792	326.908	341.594
Auto elettriche	scenario 5%		14.821	15.590	16.345	17.080
	scenario 10%		29.641	31.179	32.691	34.159
	scenario 15%		44.462	46.769	49.036	51.239

Tabella 20. Scenari di penetrazione mobilità elettrica nel parco veicoli provinciale

Il risultato di questa elaborazione rientra quindi nel profilo identificato da RSE [9] per l'anno 2030, anche grazie alla forbice molto ampia offerta dalla loro simulazione. Resta ora da identificare in base ai seguenti profili di penetrazione della mobilità elettrica nel parco veicolare provinciale, quale sia la quantità di energia elettrica richiesta per la ricarica dei veicoli ed anche le ore del giorno nelle quali è necessario soddisfare questo surplus.

È difficile ipotizzare quando verranno raggiunti i risultati riportati in tabella 20, in quanto tale previsione è più legata al sistema di incentivazione offerto a livello locale o nazionale piuttosto che ad una vera e propria convenienza economica di tale tecnologia. Per fare un ragionamento parallelo può essere utile pensare a come il sistema italiano di incentivazione abbia portato nel giro di poco tempo ad una crescita esponenziale del parco fotovoltaico in Italia. A livello europeo e legato ai veicoli elettrici si rimanda alle considerazioni del capitolo "Panorama europeo" figura 11, dove si nota che l'Olanda è stata soggetta ad una crescita dei veicoli PHEV di assoluto rilievo, ma questo fatto è da ricondursi quasi interamente ai forti incentivi economici erogati a livello nazionale.

6 TRAFFICO E CURVA DI DOMANDA

L'utilizzo dell'automobile per soddisfare la domanda di mobilità dei singoli individui rappresenta, oltre ad un'esigenza primaria, il modo con cui migliaia di persone identificano la soluzione dei propri bisogni di spostamento.

Un dato caratteristico molto importante è il tasso di motorizzazione, che relaziona il numero di abitanti rispetto alle vetture immatricolate. Questo indicatore è da ritenersi rappresentativo di quanto una popolazione è motorizzata, ma di fatto non è in grado di determinare le modalità di utilizzo giornaliero.

L'innovazione dell'auto è un requisito imprescindibile per la crescita complessiva della società e, dunque, o saprà farsi risorsa sostenibile, o rischierà di diventare un fattore di sofferenza endemica sia per chi la possiede sia per chi non ne può o vuole disporre.

È quindi necessario per ottenere un'immagine il più possibile nitida delle abitudini allo spostamento di una popolazione, monitorare e registrare i dati macroscopici di utilizzo dei veicoli.

Dal 2002 i dati relativi al traffico sulle strade vengono registrati mediante un sistema di rilevamento automatico del traffico, esso è costituito da 75 postazioni e gestito dal Servizio strade della Provincia Autonoma di Bolzano.

Le stazioni di rilevamento sono disposte in modo da individuare:

- Le principali linee di transito veicolare da e per i territori limitrofi alla provincia di Bolzano
- I flussi di traffico in entrata e uscita da e per i maggiori centri della provincia
- Le interrelazioni tra le principali aree di gravitazione pendolare

La rilevazione automatizzata avviene grazie a quattro spire magnetiche (due per corsia) installate nel manto stradale in corrispondenza di ciascuna postazione che rilevano le variazioni del campo magnetico generate al passaggio di ogni veicolo. Questa variazione viene elaborata dal dispositivo di rilevamento, il quale è quindi in grado di registrare il numero e l'orario dei passaggi, la direzione, il tipo di veicolo e la velocità.

Tale metodo rende accurate e rapide le procedure di rilevamento e permette la raccolta di informazioni supplementari. Lungo le strade della provincia di Bolzano, il traffico leggero è la voce che pesa sul traffico complessivo in misura prevalente, con un'incidenza oscillante nel 2012 tra l'84,8% ed il 98,4% del totale.

Come si nota dal bilancio energetico, i combustibili liquidi corrispondono a circa il 36% della totale energia consumata per l'Alto Adige. Il traffico diventa dunque un importantissimo settore di consumo e le sue caratteristiche devono essere mantenute in considerazione per arrivare ad avere un modello di distribuzione della domanda di energia.

Ci sono diversi studi interessanti riguardo alle automobili ed al loro utilizzo, l'associazione ISFORT da molti anni fornisce una serie di studi e pubblicazioni che riguardano la mobilità italiana. Un dato di grande interesse è legato alla distribuzione statistica della lunghezza di spostamento. Infatti se da un lato le persone considerano l'autonomia dei loro mezzi di trasporto un elemento di fondamentale importanza, dall'altro lato bisogna segnalare che la lunghezza media di un tragitto eseguito in automobile è di soli 38,7 km, figura 38. Questo significa che le persone

utilizzano principalmente i loro mezzi per piccoli spostamenti, come per esempio il tragitto casa-lavoro.

Ricavare le quantità di energia in gioco ed i momenti in cui queste dovranno essere erogate diventa una tematica di primaria importanza per non incorrere in situazioni critiche di congestione delle linee elettriche di distribuzione. I dati riportati in figura 38 si basano su un campione complessivo di 15.000 intervistati ed i dati provengono da 4 rilevazioni trimestrali in cui viene analizzata la mobilità degli individui nel corso delle giornate feriali [20].

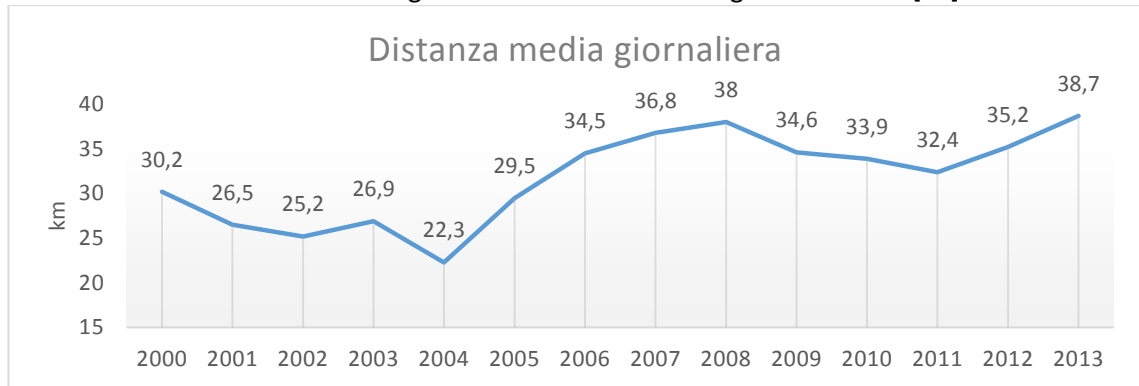


Figure 38. Distanza media giornaliera percorsa per trasporto leggero, fonte: ISIFORT

L'universo di riferimento dell'indagine è costituito dalla popolazione italiana in età compresa tra 14 e gli 80 anni. Il campione, stratificato secondo i principali caratteri demografici regionali, riproduce le distribuzioni dell'universo di riferimento. Le distanze medie giornaliere pro capite descrivono le percorrenze in km di un individuo nell'arco dell'intera giornata. Oltre al dato medio, risulta interessante considerare anche la tipologia predominante mappando per classi di distanza gli spostamenti. Questa analisi permette un approccio particolarmente adatto per determinare la quantità di energia consumata dai veicoli.

6.1 TIPOLOGIA DI UTENTI PER AUTOTRASPORTO PRIVATO, MODELLO STATISTICO

Per ricostruire numero e distanza degli spostamenti di veicoli leggeri si può fare riferimento a due studi di settore che sono stati orientati a due tipi di categoria:

- Breve percorrenza [20], limite 50 km

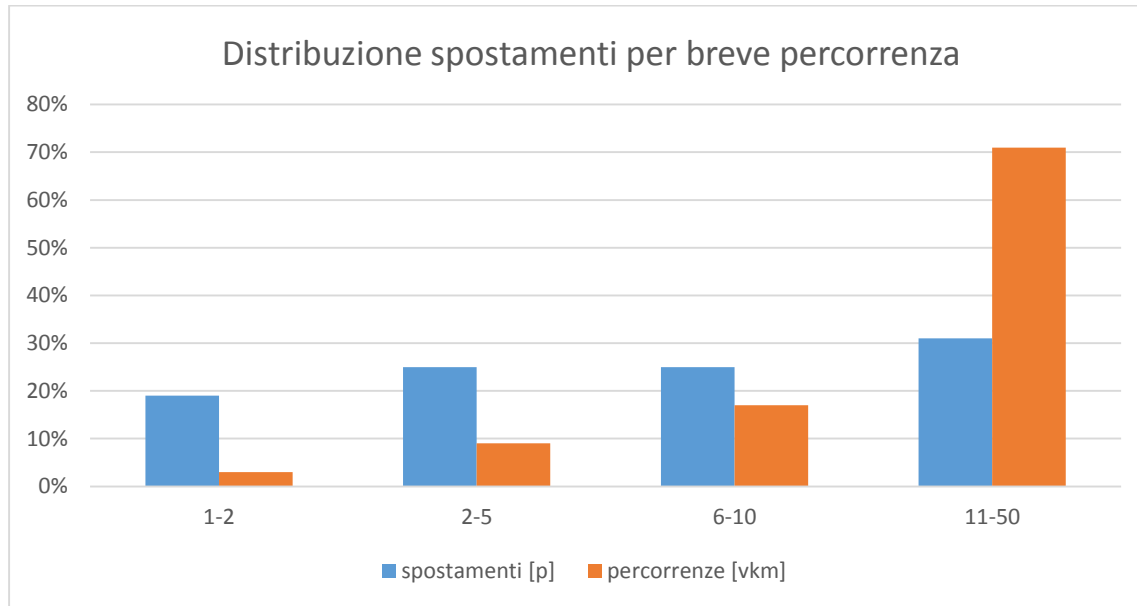


Figure 39. Distribuzione percentuale degli spostamenti a breve percorrenza. Per spostamento si intende ogni viaggio effettuato per raggiungere una destinazione, non vengono considerati spostamenti di durata minore di 5 minuti. fonte: ISFORT

- Media e Lunga percorrenza [21], limite 750 km

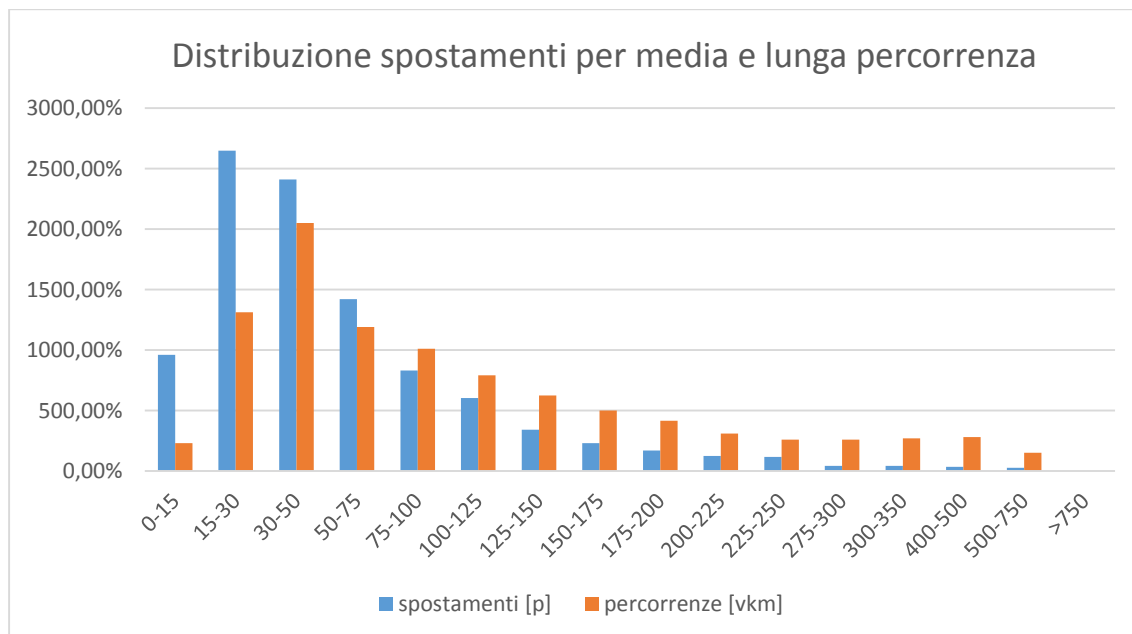


Figure 40. Distribuzione percentuale degli spostamenti a media percorrenza, fonte: TECTRA

La rilevazione viene basata sul numero medio di spostamenti nelle giornate feriali, che rappresenta il valore medio rispetto alle persone che nel corso della giornata precedente hanno effettuato almeno uno spostamento. Il secondo parametro ottenuto, cioè la percorrenza, si ricava moltiplicando il numero di spostamenti per il valore medio della classe di misura.

In questo modo i risultati permettono di ottenere la distribuzione del numero degli spostamenti e della distanza percorsa. Nel caso di modello per breve percorrenza vengono esclusi tutti gli spostamenti eseguiti a piedi e con durata inferiore ai 5 minuti, vengono inoltre esclusi anche quelli a distanza superiore a 50 km in quanto non rientrano nella definizione di trasporto a corto raggio.

Per il modello a media e lunga percorrenza vengono invece presi come suddivisione del territorio i Sistemi Locali del Lavoro (SSL) che vengono sistematicamente forniti ed elaborati dall'ISTAT. I Sistemi Locali del Lavoro, rappresentano i luoghi della vita quotidiana della popolazione che vi risiede e lavora. Si tratta di unità territoriali costituite da più comuni contigui fra loro, geograficamente e statisticamente comparabili. I loro confini vengono modificati in occasione di ogni censimento della popolazione e risultano sempre inferiori alla dimensione del territorio provinciale.

L'integrazione tra le due fonti di dati riferiti ai due macro segmenti di domanda, consente di ricostruire e conseguentemente mappare in via semplificata l'insieme degli spostamenti passeggeri, su un universo campione nazionale comprendente anche la regione Trentino-Alto Adige. La sovrapposizione tra i diagrammi di spostamenti e percorrenze nelle classi di distanza provenienti da entrambe le basi dati mostrano una convergenza compatibile con lo scopo e le modalità semplificate della stima. Su questa base, è stato possibile ricostruire un modello della domanda stradale passeggeri italiana e tracciare i relativi diagrammi degli spostamenti e delle percorrenze. Nella figura seguente si riportano gli andamenti dei diagrammi per classi di distanza relativi all'integrazione delle due tipologie di spostamento.

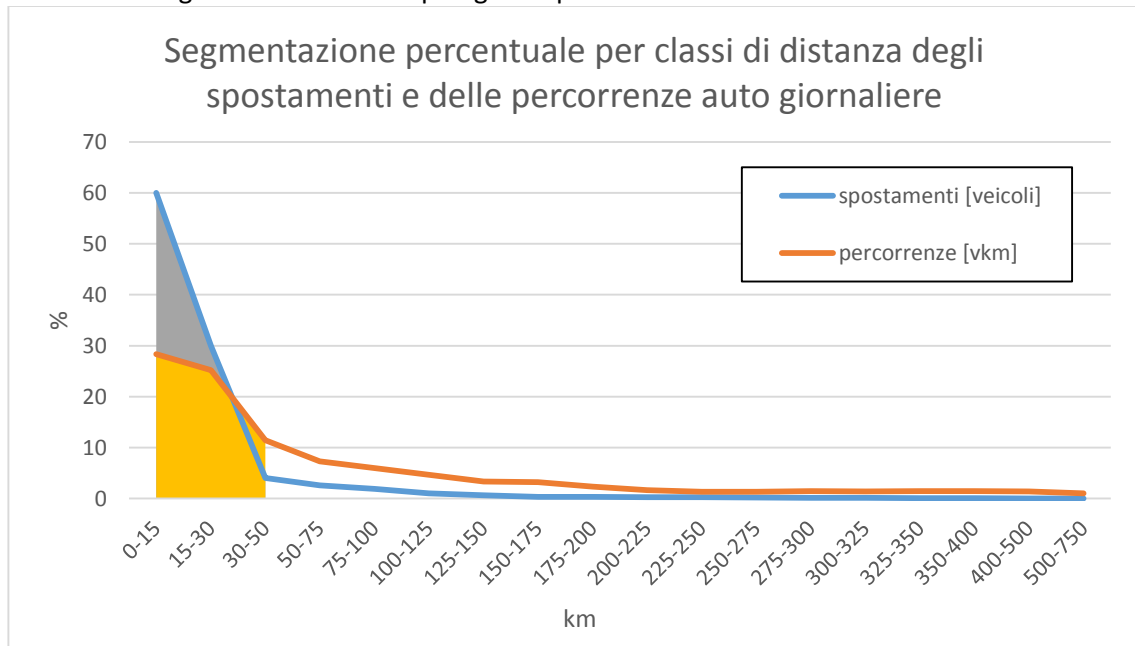


Figure 41. Grafico composto della domanda nazionale di spostamento

Capitolo 6: Traffico e curva di domanda
 Tipologia di utenti per autotrasporto privato, modello statistico

Secondo questa stima, su tutto il territorio nazionale e per tutte le tipologie di domanda di spostamento con mezzo privato analizzate, la percentuale di domanda che spostamenti inferiori ai 50 km comprende il 91% del totale (area grigia), il 60% è la sola quota di spostamenti inferiori ai 15 km, mentre quella che compie spostamenti tra 15 e 30 km è il 29% del totale.

La quota percentuale delle relative percorrenze (espressa in veicoli km) per percorsi inferiori a 50 km contribuisce per oltre il 64 % delle percorrenze [vkm] complessivamente spese sulla rete stradale, con il 28% dei km complessivi, consumati nella fascia da 0 a 15 km ed il 25 % nella fascia successiva da 15 a 30 km. In termini di traffico e di domanda di trasporto la mobilità locale è il fattore dominante della mobilità italiana. In sintesi ciò che si osserva è una netta prevalenza della mobilità di corto raggio: le maggiori distanze coperte con gli spostamenti di lunga e media percorrenza non riequilibrano il fatto che nelle brevi distanze gli spostamenti siano molti di più.

	Fino a 2 km			Da 2 a 10 km			Da 10 a 50 km			Oltre i 50 km		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011
A piedi o in bicicletta	57,6	56,4	56,2	6,9	6,5	6,5	0,7	0,6	0,6	0,2	0,1	0,2
Auto	36,2	37,5	37,1	76,5	75,7	75,7	82,7	78,9	78,8	70,3	67,5	66,8
Moto/ciclomotore/scooter	2,3	2,4	2,3	6,6	6,4	6,1	3,2	3	3,2	0,7	1,66	-
Mezzi pubblici urbani	2,9	3	3,7	6,2	6,7	7,1	1,8	2,9	2,1	0,2	0,2	0,4
Mezzi pubblici extraurbani	0	0,1	0,1	0,7	0,8	1	2,3	3,3	3,7	2,3	2	3,5
Treno	0	0	-	0,2	0,4	0,3	1,4	1,6	2,3	5,1	1,9	5,1
Altro mezzo privato anche combinato	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,4	0,4	0,5	1,2	1,7	2
Altro mezzo pubblico, anche combinato	0,4	0,3	0,5	1,6	2,5	2,4	2,9	3,6	4,6	4,3	7,7	5,9
Combinazioni di mezzi pubblico-privato	0,3	0,2	0,2	1	0,9	0,8	4,5	5,6	4,2	15,8	17,1	16,1
TOTALE	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Peso % delle distanze sul totale	31,1	31,8	28	42,2	41,5	44,5	24	24	24,6	2,8	2,7	2,9

Tabella 21. Suddivisione in classi della richiesta di mobilità per l'Italia, fonte: Ministero Infrastrutture e Trasporti

Un'interessante profilo descrittivo riguarda la distribuzione degli spostamenti per lunghezza e la suddivisione delle diverse modalità di trasporto all'interno dei raggruppamenti per distanza percorsa (rif. Tabella 21). Restano dominanti le percorrenze di cortissimo e di corto raggio: 28% il peso dei tragitti non più lunghi di 2 km e 44,5% quello tra 2 e 10 km; complessivamente gli spostamenti entro i 10 km coprono il 72,5% del totale. Per i percorsi brevi, fino a 2 km, si preferisce camminare o andare in bicicletta e l'automobile non riscuote il successo che la vede come principale mezzo per distanze maggiori. La successiva classe di percorrenze (2-10 km) registra un discreto uso del mezzo a due ruote (6,5%) e del mezzo pubblico (7,1%). Non cambia il quadro descrittivo nei percorsi compresi tra i 10 e i 50 km: l'automobile è il mezzo indiscutibilmente preferito (78,8%) [22].

6.2 DATI TRAFFICO E STRADE A MAGGIOR SCORRIMENTO

Dal precedente capitolo si deduce quindi come l'automobile rappresenti tutt'oggi il mezzo di trasporto privato preferito dalla popolazione italiana ed altoatesina. Nei successivi paragrafi si riporta l'analisi della distribuzione dei volumi di trasporto nella Provincia di Bolzano.

Va puntualizzato che nel territorio altoatesino, sono presenti due distributori di energia elettrica. In particolare per i comuni di Bolzano, Merano e per la strada SS 38 MEBO, la distribuzione elettrica è di competenza della società AEW reti. Pertanto per tali località non possono essere reperiti dati legati alla tipologia delle rete presenti ed ai relativi carichi in transito. È comunque il caso di ricordare che gli attuali business model di riferimento per la mobilità elettrica si stanno progressivamente allontanando dall'idea iniziale di modello distributore in esclusiva. Osservando anche la direttiva europea 2014/94/EU si nota come si stia sempre più migrando verso un modello in concorrenza.

Si pensa infatti che la soluzione più redditizia possa essere quella che parifichi i punti di ricarica ai POD tradizionali senza concedere particolari agevolazioni o licenze di mercato alle società distributrici. Se da un punto di vista tecnico l'installazione di colonnine di ricarica deve essere strutturato in modo da non recare criticità alla rete elettrica, dall'altro lato a livello commerciale è possibile non porre limitazioni rispetto alla zona di competenza di un diverso distributore essendo sufficiente presentare una richiesta di allacciamento come per una comune utenza elettrica.

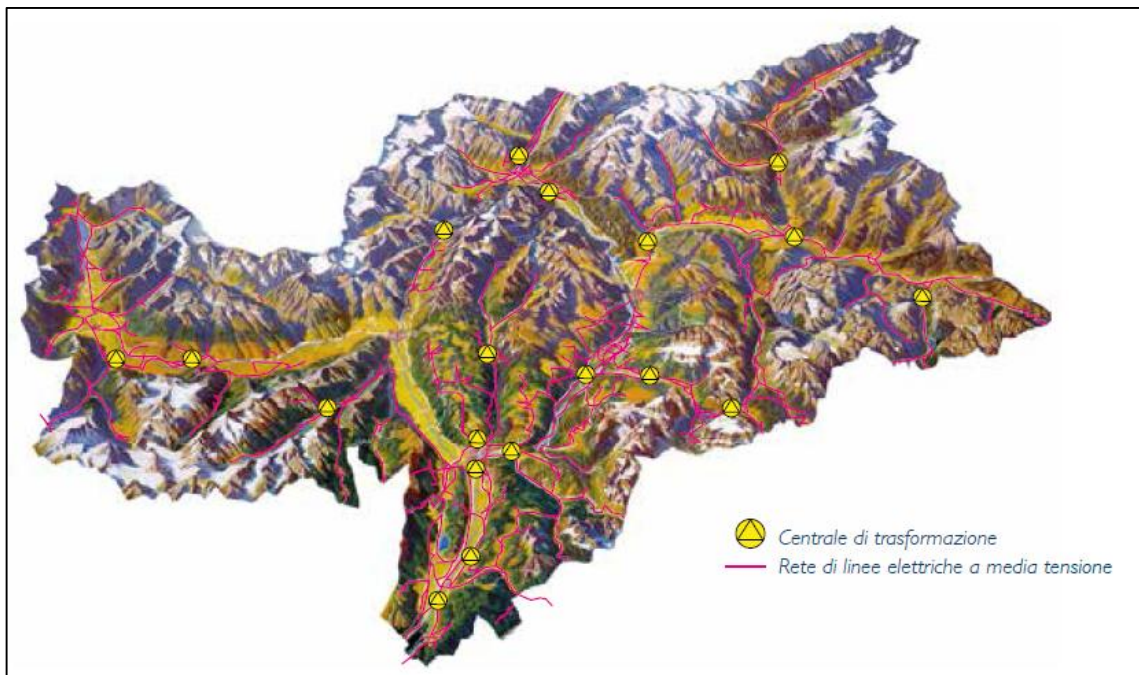


Figure 42. Alto Adige, rete di distribuzione in media tensione e localizzazione cabine primarie. Società SELNET srl

6.3 SITUAZIONE EXTRAURBANA

Come precedentemente introdotto nell'inizio di questo capitolo, il traffico in Alto Adige viene costantemente monitorato da un sistema di rilevamento automatizzato. I risultati del monitoraggio forniscono l'indicazione delle zone con il maggior numero di passaggi di autoveicoli, idealmente possono essere ricondotti ai punti, o zone, nelle quali concentrare le installazioni di dispositivi di ricarica. Il criterio che deve guidare la scelta della locazione dei punti di ricarica deve tenere conto della necessità di fornire una copertura sufficiente del territorio, vengono pertanto prese come linee guida le seguenti assunzioni:

- Autonomia effettiva dei veicoli 100 km
- Tempi di fermata o sosta relativi al tipo di infrastruttura che viene installata

In generale l'alimentazione delle stazioni è demandata alla rete BT a meno che non vengano considerate stazioni con potenze installate superiori ai 100 kW dove diventa obbligatorio, a meno di particolari situazioni a discrezione del Distributore, l'allaccio in Media Tensione. Per l'anno 2012 i dati resi disponibili dalla Provincia di Bolzano hanno individuato le seguenti zone come le aree a maggior numero di passaggi di veicoli leggeri:

Posizione	Strada	Posto di osservazione	TGM
1	S.S. 38 MEBO	Frangarto	35.701,00
2	S.S. 38 MEBO	Vilpiano	29.483,00
3	S.S. 38 MEBO	Sinigo	25.685,00
4	S.S. 42	Frangato (Maso Pill)	24.810,00
5	S.S. 42	Ponte Adige	20.355,00
6	S.S. 49	S.Lorenzo di Sebato	18.049,00
7	S.S. 12	Cardano Nord	17.915,00
8	S.S. 238	Marlengo	17.313,00
9	S.S. 12	Pineta di Laives	17.294,00
10	S.S. 49	Vandoies	17.029,00
11	S.S. 49	Brunico Ovest	16.876,00
12	S.S. 49	Brunico Est	16.548,00
13	S.S. 38 MEBO	Tel	16.351,00
14	S.S. 38 MEBO	Rablà	15.834,00
15	S.S. 621	San Giorgio	15.520,00
16	S.S. 12	Varna	14.656,00
17	S.P. 117	Sinigo	14.268,00
18	S.P. 52	Lagundo	14.063,00
19	S.P. 101	Zona industriale Lana	13.396,00
20	S.S. 44	Tunes	13.269,00

Tabella 22. Classifica delle postazioni di rilevamento a maggiore traffico rilevato per la Provincia di Bolzano

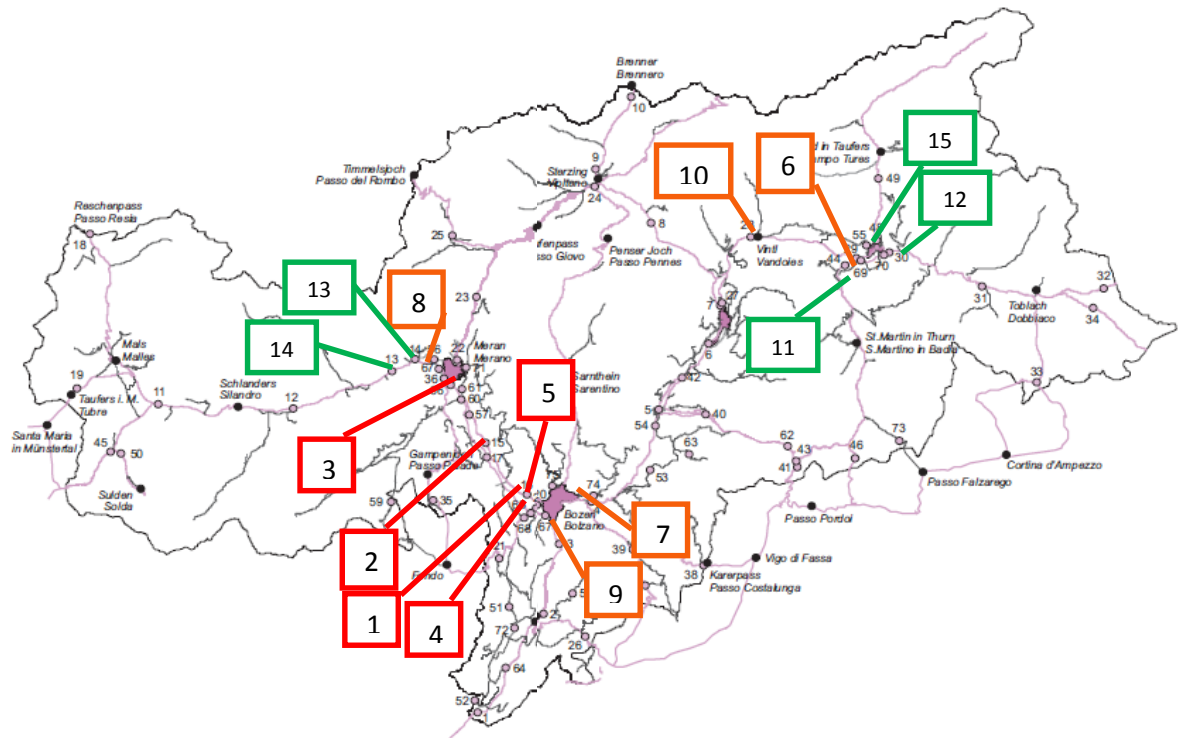


Figure 43. Rappresentazione grafica delle rilevazioni traffico Alto Adige, fonte ASTAT

Nella mappa di figura 43, vengono utilizzati tre differenti colori per identificare le diverse stazioni di rilevamento del traffico stradale. In rosso sono riportate le stazioni delle prime 5 posizioni, in arancio quelle dalla 6 alla 10 ed infine in verde quelle dalla 11 alla 15.

Come si vede la zona più trafficata è la tratta Bolzano-Merano, i volumi maggiori di traffico veicolare sono riconducibili alla superstrada MEBO ed ai veicoli provenienti dalla zona di Caldaro mediante la Strada del Vino SS 42. A seguire si colloca la SS 12 Brennero-Abetone, in particolare per il traffico proveniente dai centri urbani di Bressanone e Brunico.

Nella successiva figura 36, viene riproposta l'analisi dei volumi di traffico pendolare eseguita dalla Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile [23], su base dei dati di traffico e percorrenza forniti dall'osservatorio AUDIOMOB dell'istituto ISFORT sono stati simulati i profili di mobilità dell'Italia con particolare attenzione alle regioni del Nord-Est.

Il modello di media-lunga percorrenza trova riscontro nelle misurazioni sperimentali, si nota come a conferma delle considerazioni fatte per l'analisi dei dati di TGM della Provincia di Bolzano, gli assi stradali di collegamento tra Bressanone-Bolzano e Merano-Bolzano rappresentino delle arterie stradali nelle quali è concentrata buona parte del traffico locale. Dalle rilevazioni del TGM non risulta invece una grande componente di traffico insistente sulla direttrice Bolzano-Ora. La spiegazione di questa discrepanza tra il modello statistico e i dati rilevati, è da ricondursi alla posizione delle stazioni di rilevamento che sostanzialmente non integrano nel conteggio quello che è il traffico autostradale andando di fatto ad escludere dal campione di analisi gli utenti che utilizzano l'autostrada per i loro spostamenti quotidiani. Il traffico giornaliero medio (TGM) rilevato nella stazione di Ora, ha fatto segnare per l'anno 2012 il valore di 10.579 passaggi in calo del 3.9% rispetto all'anno precedente. Va segnalato che rispetto all'anno di riferimento del

Capitolo 6: Traffico e curva di domanda

Situazione extraurbana

campionamento dati, la situazione viaria della Bassa Atesina sia profondamente mutata. Per migliorare la viabilità sono infatti entrate in servizio delle gallerie che permettono di effettuare delle circonvallazioni in grado di rendere competitiva la scelta della strada statale SS12 rispetto all'autostrada del Brennero. Si suppone quindi che vi sia uno spostamento degli utenti verso la soluzione SS 12 (senza pedaggio) che porterà le stazioni di rilevamento di Ora a segnare un incremento dei passaggi di TGM.

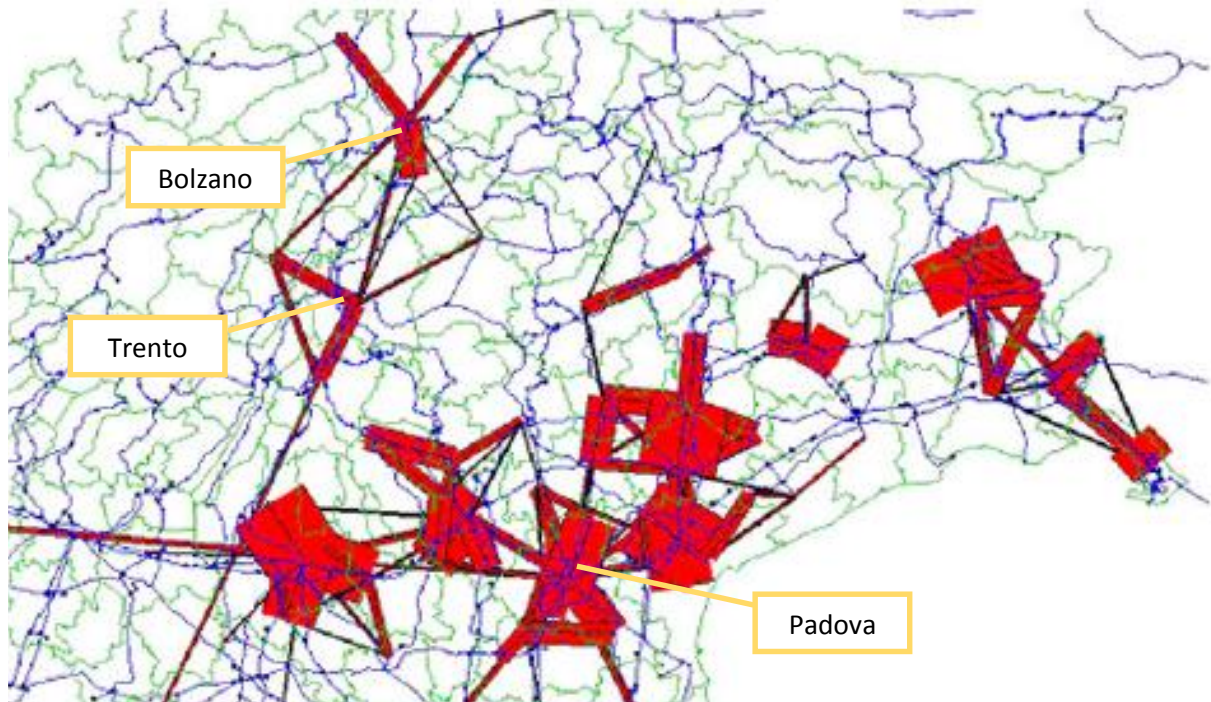


Figure 44. Elaborazione dati Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile del modello media lunga percorrenza

Il confronto con il modello statistico si ritiene quindi positivo, e descrittivo delle caratteristiche di mobilità della provincia di Bolzano. Dall'analisi di figura 41 è emerso che la distribuzione degli spostamenti sia concentrata nella classe di distanza 0-15 km (60%) e 15-30 km (29%), questo dato risulta fondamentale per decidere quale sia la distanza necessaria tra le stazioni di ricarica. Infatti se si intende realizzare un'infrastruttura compatibile con le effettive esigenze degli utenti, bisogna tenere conto delle lunghezze degli spostamenti. Per una rete di colonnine "quick", con corrente alternata e potenza installata di circa 20 kW, la distanza massima tra i punti di ricarica non dovrebbe essere superiore alla soglia dei 25 km. In questo modo si riuscirebbe ad intercettare il 90% della domanda di spostamento coniugando le esigenze di sosta e di ricarica degli utenti.

Il discorso è differente per una rete di ricarica super veloce, in corrente continua e con potenze maggiori di 50 kW. In questo caso non vi è il bisogno di prevedere la sosta poiché si può ricaricare il proprio mezzo in breve tempo, cade quindi la necessità di trovare un punto di ricarica nel luogo di arrivo. Le stazioni di questo tipo dovranno essere preferibilmente collocate su strade ad alto scorrimento in modo da intercettare il più alto possibile numero di utenti.

6.4 SITUAZIONE URBANA

A livello di ambiente urbano viene analizzato il traffico del capoluogo bolzanino. La città gestisce il problema della mobilità attraverso il sistema delle “zone colorate”, durante l’orario diurno è possibile parcheggiare all’interno del proprio quartiere, mentre per le altre zone è necessario ricorrere ai posteggi a pagamento. Resta esclusa da questo provvedimento la zona industriale, rendendo quindi possibili flussi di traffico pendolare dalla propria abitazione fino al posto di lavoro. In questo contesto e recependo alcune linee guida contenute nel PNIRE [24], può essere adottato il tipo di approccio che consente all’utente di veicoli elettrici di ricevere una serie di privilegi come posteggi dedicati gratuiti e muniti di punto di ricarica, accesso alle ZTL o utilizzo delle corsie preferenziali.

Sulla rete viaria d’accesso alla città capoluogo circolano ogni giorno circa 150.000 autoveicoli, di cui 90.000 entrano ed escono dall’area urbana. Nonostante ciò l’analisi del traffico sulla rete stradale non evidenzia particolari criticità, ma è evidente come le necessità di spostamento e parcheggio caratterizzino un fattore determinante per il buon utilizzo dei mezzi di trasporto nell’ambiente urbano.

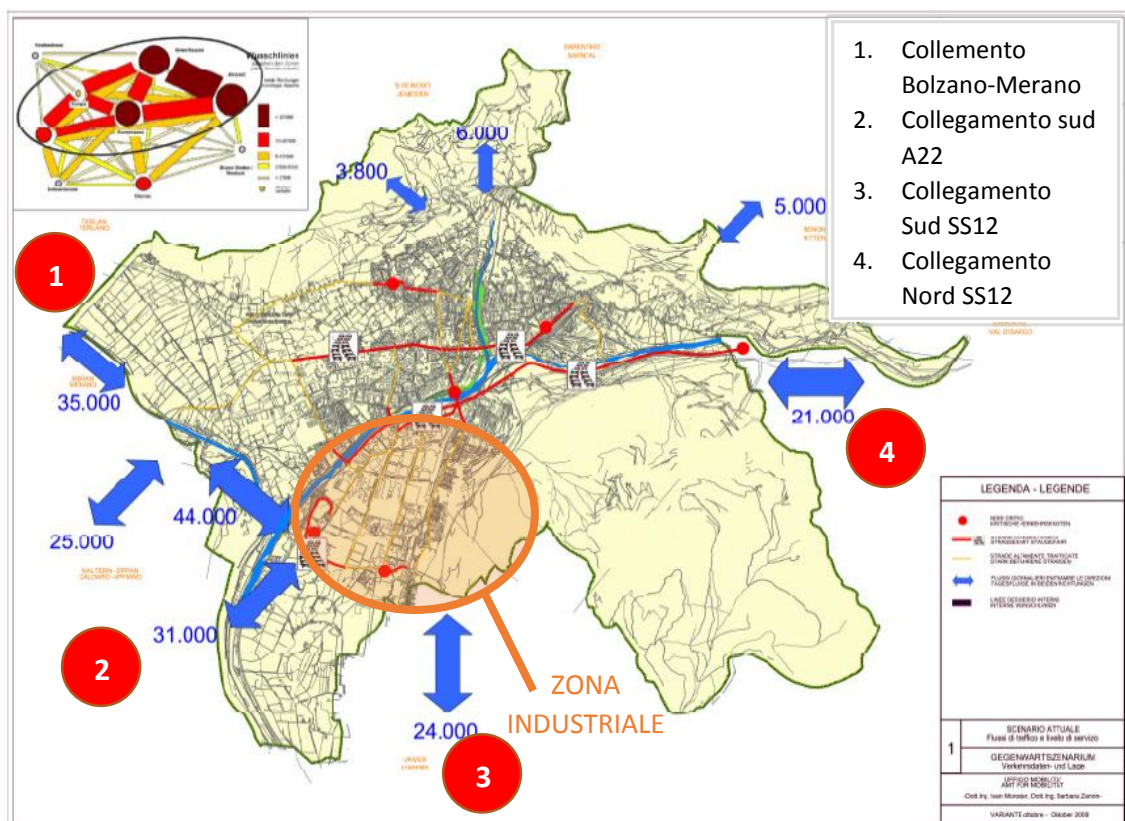


Figure 45. Mappa della città di Bolzano e relativi flussi giornalieri di veicoli, fonte: Comune di Bolzano

In figura 45 è riportata la situazione attuale del traffico per il capoluogo altoatesino, in riferimento al precedente capitolo (cap 7.3) ed alle considerazioni riportate in figura 43, si può affermare che la principale zona di convergenza dei flussi di traffico dell’Alto Adige sia la zona industriale di Bolzano.

Capitolo 6: Traffico e curva di domanda

Situazione urbana

Queste considerazioni rivestono un particolare significato per un approccio strategico e sostenibile alla mobilità elettrica. Dall'analisi dei dati si identifica che il punto di partenza per lo sviluppo della rete è sicuramente rappresentato dalla zona industriale in quanto luogo di "arrivo e partenza" della quasi totalità dei flussi di traffico urbano ed extraurbano. Le considerazioni fin qui esposte vengono riportate sulla mappa di figura 46. La conformazione del territorio viene sicuramente in aiuto in quanto la rete stradale obbliga a dei percorsi forzati e le attività sono concentrate nei centri urbani maggiori.

Per offrire un buon servizio all'utenza di tipo pendolare, la quale deve quotidianamente recarsi presso il proprio posto di lavoro è sufficiente operare delle installazioni nei principali centri urbani. Le aree rosse rappresentano il 60% della domanda di spostamento di quella zona, mentre due circonferenze consecutive (30 km) intercettano ben il 90% della domanda di mobilità ed il tutto senza superare l'autonomia massima di un EV che è stata assunta cautelativamente a 100 km.

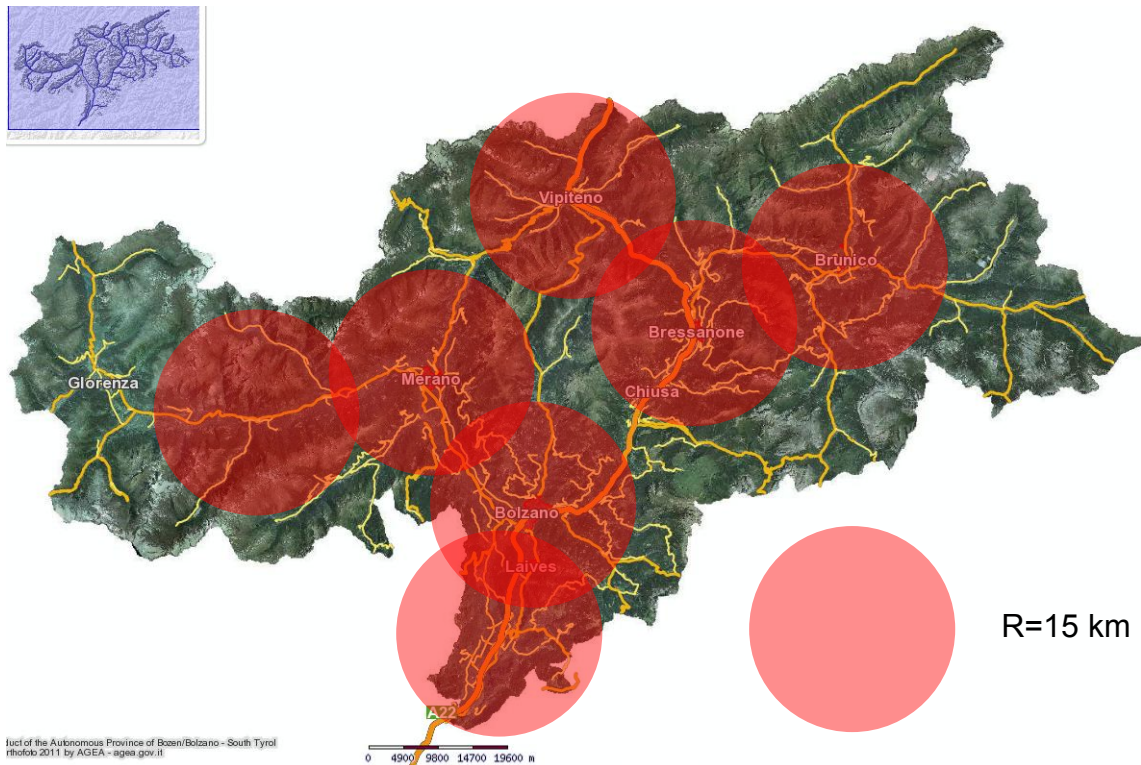


Figura 46. Ipotesi distribuzione punti di ricarica nei principali centri urbani dell'Alto Adige. Raggio delle circonferenze $R=15$ km corrispondente al 60% della domanda di spostamenti, a 30 km si soddisfa il 90% della domanda di spostamento.

6.5 CURVA DI DOMANDA ENERGIA PER VEICOLI ELETTRICI

Ipotizzare come verrà distribuita la domanda quotidiana di energia per i veicoli elettrici è di fondamentale importanza per una società che deve occuparsi della fornitura e distribuzione dell'energia elettrica. Oltre all'aspetto quantitativo entra in gioco anche il fattore temporale, perché l'incremento di potenza andrà a sommarsi alla già normale richiesta di energia con la possibilità che si manifesti la presenza di zone critiche con eventuali congestioni della rete. Anche qui è necessario distinguere tra le due tipologie di ricarica, quella effettuata in ambito privato nella propria abitazione e quella che invece viene erogata dalle colonnine di ricarica sparse sul territorio.

Si ritiene plausibile che vi sia una diretta dipendenza tra la curva del traffico giornaliero medio e la curva di domanda di energia elettrica per veicoli. Questo legame appare evidente se si considera che gli EV possono essere ricaricati solo nella fase di sosta e consumano energia solo nella fase di spostamento.

In una giornata feriale vengono delineate due tipologie di utilizzo del veicolo:

- mezzo privato per raggiungere il proprio posto di lavoro
- mezzo aziendale da utilizzare nelle 8 ore della giornata lavorativa

In entrambi i casi, il consumo di energia elettrica dei veicoli sarà proporzionale alla quantità di traffico sulla rete stradale. Supponendo di partire dalla condizione iniziale di batteria completamente carica, la domanda di nuova energia crescerà con il progressivo consumo di quella precedentemente caricata.

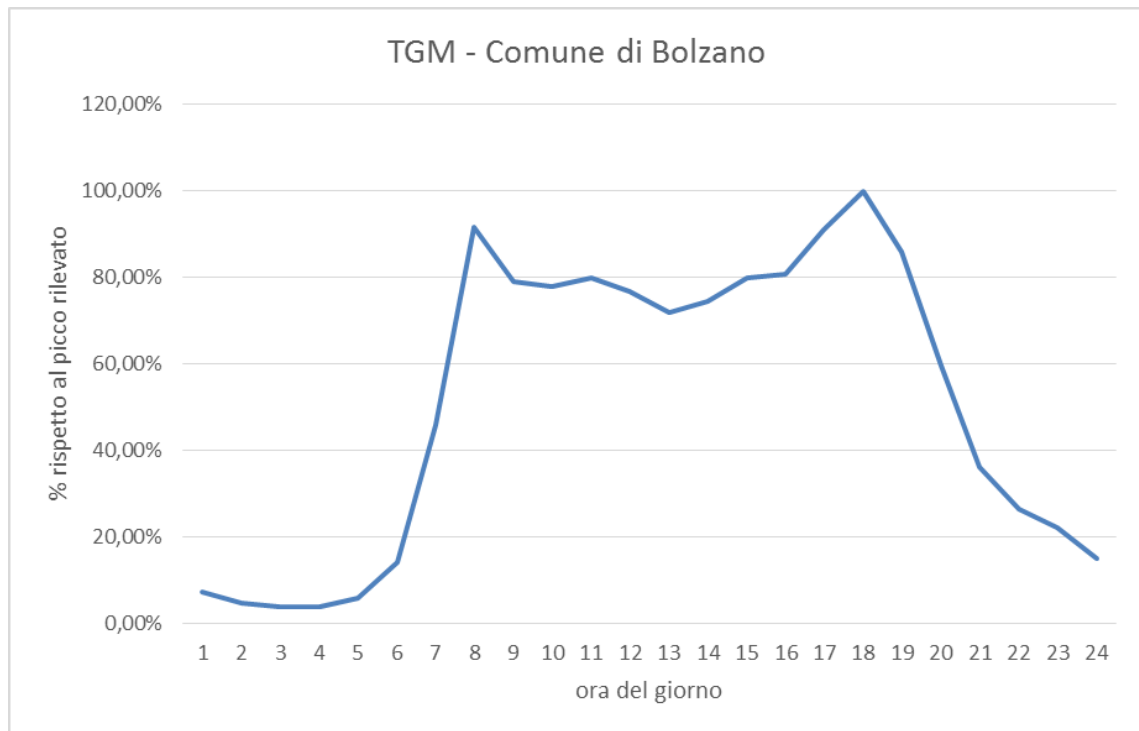


Figura 47. Traffico giornaliero medio (TGM) per il comune di Bolzano

Capitolo 6: Traffico e curva di domanda
Curva di domanda energia per veicoli elettrici

È altrettanto facile supporre che gli spostamenti per pendolarismo saranno concentrati al di fuori degli orari lavorativi 8-12 e 14-18 poiché necessari a condurre i lavoratori al proprio posto di lavoro. Mentre l'utilizzo di mezzi aziendali sarà concentrato proprio all'interno di queste fasce orarie, ma con un utilizzo più distribuito nell'arco delle ore lavorative.

Se viene ammesso che la quasi totalità degli spostamenti abbiano un range <60 km, come indicato nel grafico di figura 41 (cap 6.1), l'autonomia mediamente offerta da un veicolo elettrico è sufficiente a non richiedere delle ricariche intermedie per il completamento dei singoli tragitti. Nelle figure successive vengono proposti degli andamenti di curva di domanda. La quantità totale di energia dovrà eguagliare quella consumata dai veicoli nei loro spostamenti, si considera che la ricarica privata sia concentrata nel periodo di sosta notturno e cioè quando i veicoli sono posteggiati presso le abitazioni private. Questa considerazione vale in senso opposto per la ricarica di tipo pubblico che sarà invece maggiormente richiesta nella fase diurna.

Le curve di domanda di energia risulteranno dunque sfasate rispetto a quella del traffico ed inversamente proporzionali nel caso di ricarica privata effettuata in garage.

Attualmente le analisi dei progetti pilota di infrastrutture pubbliche di ricarica in Italia hanno dato come risultato che il 20 % dell'energia consumata dai veicoli elettrici viene erogata dalle colonnine di ricarica pubblica, mentre il restante 80 % è ricaricata privatamente in casa.

	Scenario RSE	Progetti pilota ITALIA
ricarica pubblica	36%	20%
ricarica privata	64%	80%

Nelle successive rappresentazioni di figura 48, è stato scelto il rapporto pubblico privato 20:80 per mantenere il più stretto contatto con la sperimentazione fin qui effettuata nei progetti pilota attivi in Italia dal 2011.

Per l'area comunale di Bolzano, il numero medio di auto circolanti in una giornata è di 150.000 veicoli [25], pari cioè alla metà dei mezzi immatricolati in tutto l'Alto Adige.

Unendo le considerazioni legate alle caratteristiche dello spostamento medio e le ipotesi precedentemente esposte, si ottiene che in una giornata feriale la quantità di energia richiesta nel comune capoluogo, oscillerà tra i 7,5 MWh (5% EV) ed i 22,7 MWh (15% EV), previsione basata sugli attuali volumi di traffico circolante. Gli scenari vengono evidenziati nella successiva tabella 20.

Ipotesi:

- percorrenza media: 38,7 km/giorno (valore 2013);
- consumo: 0,168 kWh/km;

- crescita parco veicoli secondo capitolo 5.3, figura 37.

Auto circolanti		2015	2020	2025	2030	2035
			280.522	296.412	311.792	326.908
Auto elettriche	scenario 5%	14.026	14.821	15.590	16.345	17.080
	consumo giornaliero [kWh]	91.192	96.358	101.357	106.271	111.045
	scenario 10%	28.052	29.641	31.179	32.691	34.159
	consumo giornaliero [kWh]	182.384	192.715	202.715	212.542	222.091
	scenario 15%	42.078	44.462	46.769	49.036	51.239
	consumo giornaliero [kWh]	273.576	289.073	304.072	318.814	333.136

Tabella 23. Stima dell'energia necessaria ai veicoli elettrici in base a diversi scenari di penetrazione e temporali, valori calcolati sull'intero parco auto della Provincia di Bolzano

Curve di domanda per il Comune di Bolzano:

- tipologie di ricarica: pubblica & privata

La domanda di energia elettrica annua determinata, deve essere ripartita a livello orario, definendo in tal modo il profilo di ricarica medio del parco. In media ciascuna auto elettrica percorrerà una distanza giornaliera significativamente inferiore alla sua massima autonomia, per cui necessiterà solo di qualche ora per ricaricarsi completamente.

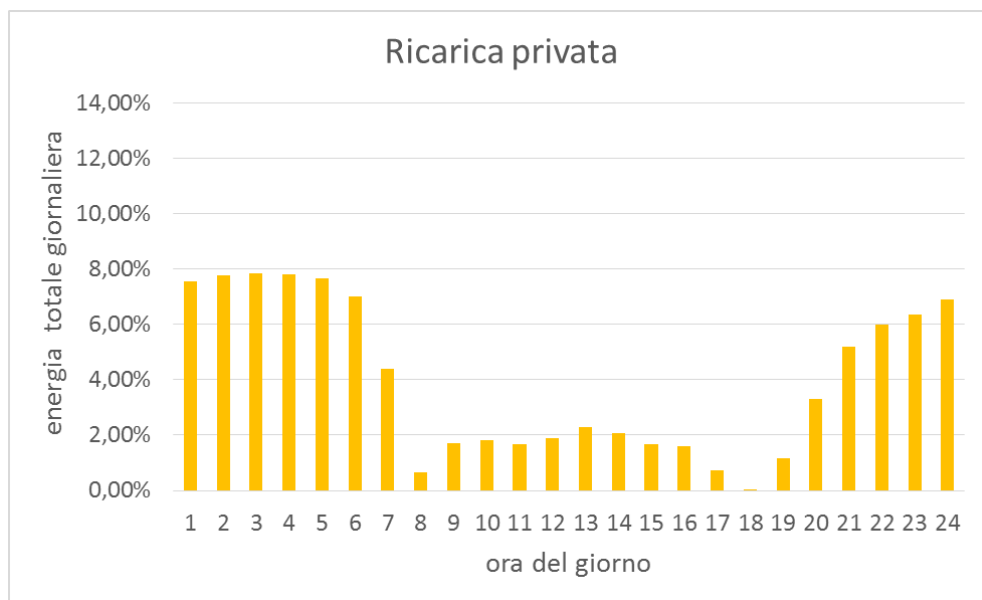


Figura 48a. Profilo di domanda per ricarica pubblica relativo al Comune di Bolzano

Capitolo 6: Traffico e curva di domanda
 Curva di domanda energia per veicoli elettrici

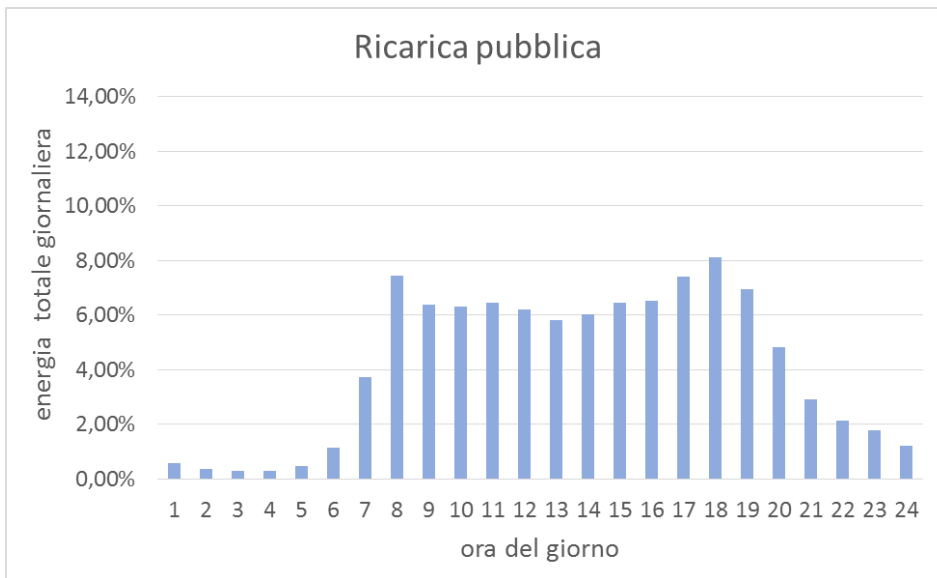


Figura 48b. Profilo di domanda per ricarica privata relativo al Comune di Bolzano

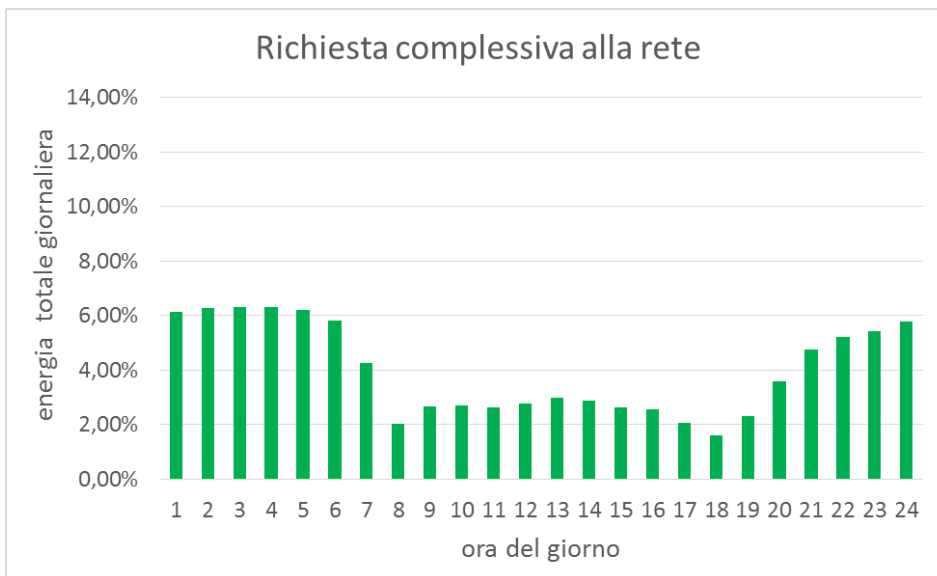


Figura 48c. Composizione della domanda di ricarica pubblica e private, proporzione 20% pubblico e 80% privato

Una singola barra definisce il quantitativo di energia (in kWh) prelevata dal parco auto elettrico attraverso la rete. Dato che si riferisce al periodo di 1 ora, lo stesso dato corrisponde al valore medio di potenza di prelievo dalla rete nel momento considerato. I grafici sono basati su ipotesi di consumo, nel caso reale sarà necessario considerare anche le caratteristiche tecniche dei mezzi e dell'infrastruttura di ricarica che sarà predisposta. Con particolare riferimento alla ricarica di tipo veloce è necessario che l'offerta di potenza dei singoli terminali di ricarica sia effettivamente recepita dai veicoli elettrici. Nel caso di ricarica in corrente alternata la taglia più diffusa delle colonnine è di 20 kW ma solo pochi modelli possono sfruttare appieno questo potenziale. Per la ricarica in DC invece sono da considerare fattori di tipo economico legati alla potenza installata al punto di consegna ed i costi di allacciamento da essa derivanti.

7 SVILUPPO DELL'INFRASTRUTTURA DI RICARICA

7.1 GENERAZIONE DISTRIBUITA E PROBLEMI FRNP

La progressiva diffusione di veicoli elettrici deve essere legata alle effettive possibilità di capacità della rete elettrica di distribuzione. È necessario che si facciano delle considerazioni legate all'attuale stato della rete per cercare di capire come l'applicazione di nuovi carichi possa essere o meno accettabile nell'attuale configurazione.

L'energia elettrica è principalmente prodotta in grandi centrali, trasportata per tratte lunghe anche diverse centinaia di chilometri sulle reti elettriche di trasmissione ad alta o altissima tensione (132-220-400 kV) e successivamente distribuita agli utilizzatori finali in media (15-20-23 kV) e bassa (230-400 V) tensione, attraverso le reti elettriche di distribuzione. Le reti elettriche di distribuzione sono connesse alla rete di trasmissione attraverso le Cabine Primarie (figura 40), che trasformano l'energia elettrica da alta tensione (AT) a media tensione (MT) e la distribuiscono per tratte che possono arrivare fino a qualche chilometro [26]. Le linee MT sono strutturate in modo da garantire possibili percorsi alternativi. La possibilità di realizzare percorsi alternativi consente, in caso di manutenzione o guasto di un tratto di linea, di "controlimentare" i restanti tratti da una diversa Cabina Primaria; l'architettura attuale non prevede invece un esercizio della rete secondo uno schema magliato (ad esempio per meglio distribuire i flussi di potenza). Lo stesso vale per le linee di bassa tensione (BT), connesse alle linee MT attraverso le Cabine Secondarie.

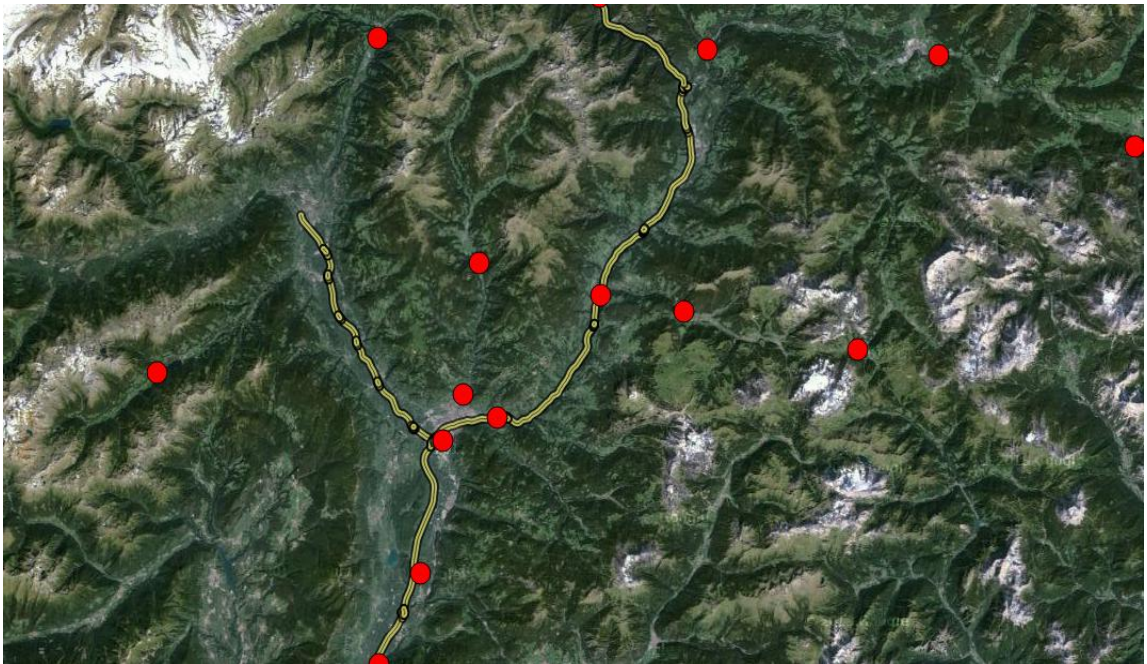


Figura 49. Collocazione delle Cabine Primarie SELNET per la Provincia di Bolzano, totale 19 unità

Capitolo 7: Sviluppo dell'infrastruttura di ricarica Generazione distribuita e problemi FRNP

Nello specifico caso dell'Alto Adige la rete elettrica di distribuzione MT e BT è di competenza di due società distributrici di riferimento:

- SELNET srl (Provincia di Bolzano)
- AEW reti srl (comuni di Bolzano e Merano)

Le considerazioni del seguente paragrafo sono riferite principalmente alla rete SELNET, la quale per le sue caratteristiche di estensione copre la quasi totalità del territorio provinciale, le conclusioni legate alla situazione considerata possono però essere ritenute assimilabili per tutta la provincia.

A quanto detto nell'inizio del paragrafo va aggiunto che negli ultimi anni si è verificato un progressivo cambiamento della situazione dovuto alla generazione distribuita (GD) sul territorio ed agli effetti che questa provoca in base alla disponibilità delle Fonti Rinnovabili Non Prevedibili (FRNP).

Nel territorio Altoatesino la generazione distribuita è principalmente composta dalle seguenti tipologie di impianto:

- Cogenerazione con teleriscaldamento;
- Mini e micro idroelettrico;
- Solare fotovoltaico.

Tutte le categorie elencate hanno carattere stagionale, il solare oltre ad avere un andamento variabile in base al periodo dell'anno ha anche una variazione giornaliera dovuta agli orari di alba e tramonto del Sole.

Il picco di produzione di fotovoltaico ed idroelettrico si verifica nei periodi di primavera ed estate, risulta invece ridotto l'apporto di queste fonti in inverno. La produzione fotovoltaica risente infatti di una calo fisiologico nei mesi freddi dovuto alla riduzione dell'irraggiamento solare. Gli impianti idroelettrici ad acqua fluente legano la loro produzione alla portata dei fiumi che risulta fortemente ridotta in inverno a causa delle basse temperature che fanno ghiacciare i torrenti ad alta quota. Nel periodo primavera-estate sussiste la situazione inversa e le portate aumentano a causa dello scioglimento delle nevi accumulate nelle zone montane.

Dall'analisi delle diverse definizioni in ambito internazionale, nonché dallo studio del quadro normativo italiano, è possibile dedurre che la cosiddetta GD consista nel sistema di produzione dell'energia elettrica composto da unità di produzione di taglia medio-piccola (da qualche decina/centinaio di chilowatt a qualche megawatt), connessa, di norma, ai sistemi di distribuzione dell'energia elettrica (anche in via indiretta), in quanto installata al fine di:

- Alimentare carichi elettrici per lo più in prossimità del sito di produzione dell'energia elettrica (è noto che la quasi totalità delle unità di consumo risultano connesse alle reti di distribuzione dell'energia elettrica), molto frequentemente in assetto cogenerativo per lo sfruttamento di calore utile;
- Sfruttare fonti energetiche primarie (in genere di tipo rinnovabile e non prevedibile), diffuse sul territorio e non altrimenti sfruttabili mediante i tradizionali sistemi di produzione di grande taglia.

Definito quindi il carattere stagionale delle FRNP presenti in Alto Adige si deduce che il soddisfacimento di una maggiore domanda di energia elettrica necessaria ad alimentare EV potrà risultare maggiormente problematico nella fase invernale. Nel successivo capitolo verrà proposta un'analisi quantitativa basata sull'uso di dati sperimentali e sfruttando i profili di domanda per veicoli elettrici precedentemente ottenuti.

7.2 CARATTERISTICHE DEL METERING RETE ELETTRICA IN ALTO ADIGE

L'architettura della rete elettrica è fortemente influenzata dalla località che essa deve servire, come è noto L'Alto Adige è un territorio montano caratterizzato da strette vallate e montagne che impongono alla rete uno sviluppo prettamente radiale con linee MT che devono svilupparsi per qualche decina di km. In passato la produzione di energia elettrica era unicamente demandata alle molte centrali idro-elettriche sparse sul territorio e quindi la determinazione delle tensioni e correnti di linea risultava semplificata attraverso l'ipotesi di flusso unidirezionale dalla rete AT a quella MT ed infine BT. Di conseguenza anche le misure elettriche della rete di distribuzione eseguite nelle CP sottostanno questa ipotesi. Ad oggi va riscontrato che numerosi auto produttori sono allacciati alla rete MT con conseguenza che in certi periodi dell'anno possa cadere l'ipotesi di rete passiva. Addirittura può verificarsi che in determinati tratti di linea vengano meno le condizioni di qualità della fornitura di energia elettrica, in quanto la tensione può superare le soglie della normativa. Ovviamente la situazione ideale prevede di conoscere le caratteristiche di corrente e tensione lungo tutte le articolazioni della rete ed in particolare nei punti finali dove viene allacciato l'ultimo utente. Tuttavia un'analisi con questo grado di dettaglio non è al momento disponibile ed anzi spesso l'esperienza degli operatori del centro di telecontrollo supplisce alla mancanza di dati.

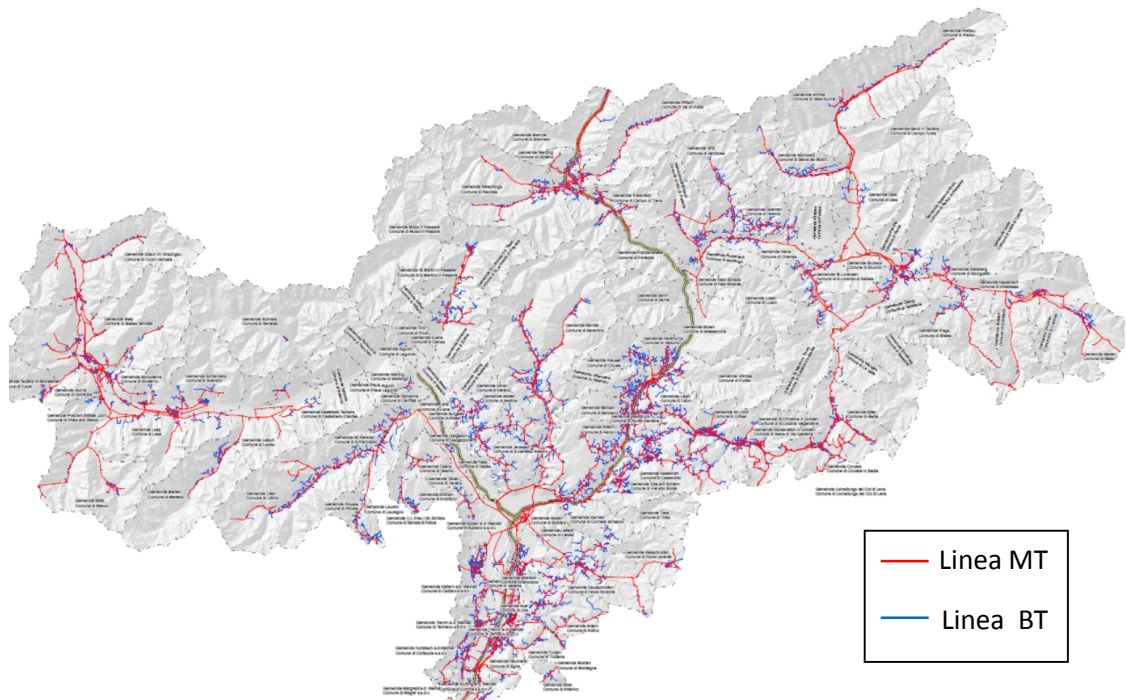


Figura 50. Alto Adige, mappa della rete di distribuzione MT e BT di SELNET

Capitolo 7: Sviluppo dell'infrastruttura di ricarica Caratteristiche del metering rete elettrica in Alto Adige

Come logico attendersi nel prossimo futuro, gli aggiornamenti tecnici alla rete di distribuzione saranno esplicitamente mirati all'aumento dei punti di misura e delle grandezze misurate. Essendo tuttavia al momento della scrittura di questo elaborato la disponibilità di dati limitata, non è stato possibile proporre ai lettori un'analisi specifica e puntuale delle situazione. Tuttavia le conclusioni alle quali si giunge permettono di qualificare il grado di risoluzione proposto come sufficiente e rendono più che validi i risultati ottenuti.

Attualmente le grandezze elettriche misurate sono:

- bilancio di potenza al trasformatore AT-MT
- tensioni di sbarra in CP
- modulo delle correnti in transito sui feeder
- frequenza

La recente norma CEI 0-16 (ed. II, allegato A della Delibera ARG/elt 119/08) pone un limite indicativo, per la connessione in BT degli utenti attivi, pari a 100 kW, nonché pari a 10 MW per gli utenti attivi MT. Nella stessa norma CEI è riportata un'ulteriore soglia indicativa di 3 MW oltre la quale gli utenti attivi sono indirizzati alla connessione diretta con la sbarra MT del trasformatore di Cabina Primaria. Più recentemente, a completare il quadro regolatorio, la Delibera ARG/elt 99/08 (e s.m.i.), recante il Testo Integrato delle Condizioni tecniche ed economiche per la connessione alle reti con obbligo di connessione di terzi degli impianti di produzione (il cosiddetto TICA), esplicita che il servizio di connessione alle reti di distribuzione deve essere erogato:

- al livello BT nel caso di richieste di connessione per potenze in immissione fino a 100 kW;
- al livello MT nel caso di richieste di connessione per potenze in immissione fra 100 kW e 6 MW.

Nella situazione attuale, si verifica che con frequenza giornaliera o stagionale il flusso di potenza risulti opposto a quello inizialmente previsto, e cioè a causa della numerosità degli autoproduttori presenti sul territorio, le zone di competenza delle CP si trasformano in "centrali elettriche distribuite" con conseguente surplus ed iniezione di potenza dalla rete MT a quella AT. Il dimensionamento di progetto dei trasformatori e delle linee è stato fatto in base ai soli utilizzatori dell'energia elettrica, supponendo che fosse possibile il solo consumo di elettricità. L'attuale incremento della generazione distribuita, porta ad un cambiamento delle ipotesi con la ricerca di un nuovo punto di equilibrio tra il consumo e la generazione, portando a considerevoli modifiche delle grandezze elettriche in transito sulle linee e nei trasformatori. Fenomeno che si verifica con stagionalità ed in brevi e particolari periodi dell'anno può assumere carattere negativo e richiedere da parte del soggetto titolare della distribuzione dell'energia elettrica di intervenire attraverso lo scollegamento della protezione di interfaccia dell'autoproduttore "colpevole" dell'alterazione dei parametri (tensione e frequenza) della qualità di fornitura dell'energia elettrica.

7.3 ANALISI DELLE CABINE PRIMARIE E MARGINI DI SFRUTTAMENTO

In questa sezione viene proposta un'analisi quantitativa dell'introduzione nel parco auto locale di veicoli elettrici.

Facendo riferimento al capitolo 6 ("Alto Adige bilancio energetico") ed ai dati riassunti in tabella 16 si evince come la produzione di energia elettrica annuale superi la quantità domandata. In totale per l'anno 2012 è stato identificato un bilancio in attivo di una quantità pari a 2.975 GWh, quantità che si può ritenere in crescita vista la crisi dei consumi energetici e l'incremento della produzione elettrica distribuita da fonti rinnovabili.

L'aspetto fondamentale è che questa sovrapproduzione non è uniformemente distribuita nell'arco annuale ma presente un carattere di stagionalità estate/inverno.

I profili di domanda riportati in figura 48c possono essere utilizzati per rappresentare sulle curve di potenza di una cabina primaria gli effetti della progressiva penetrazione di veicoli elettrici nel parco veicolare della Provincia di Bolzano. Per livellare le quantità di energia necessaria, verrà proporzionata ad una penetrazione del 10% di EV rispetto al numero di veicoli immatricolati nei comuni di competenza della CP.

Assumendo che la situazione critica per quanto riguarda la fornitura di energia elettrica sia quella invernale (vedi cap. 8.2) in base all'analisi dei flussi di potenza di un anno solare, sono state individuate le CP rappresentanti i due casi più significativi per tutta la rete di distribuzione, ovvero quella con la maggiore inversione di flusso MT->AT che rappresenta il caso migliore e quella che invece ha un funzionamento più tradizionale con preponderanza di energia assorbita dalla rete AT.

La tipica architettura di una cabina primaria è basata sulla presenza di due trasformatori con taglia di decine di MVA, in genere denominati con i colori rosso e verde. Generalmente i due trasformatori sono gemelli e possono soddisfare singolarmente l'intero carico della CP in modo da garantire continuità di fornitura anche in caso di fuori servizio o manutenzioni. I successivi grafici, vengono proposti in forma percentuale e la soglia del 100% rappresenta la taglia del singolo trasformatore in quanto viene considerata la situazione di esercizio più critica. È quindi da considerare il fatto che in condizioni normali il margine risulta doppio rispetto a quello che appare nelle figure 51 e 52.

7.3.1 Caso migliore:

La situazione di seguito riportata propone i grafici della potenza in transito attraverso una cabina primaria caratterizzata da una forte inversione di flusso dovuta ad una elevata presenza di generazione distribuita sul territorio. Nella figura 51a si vede una tipica giornata estiva con inversione di flusso totale sulle 24 ore. In questo caso la presenza di un maggiore carico dovuto ai veicoli elettrici non rappresenta minimamente un problema ed anzi la situazione è tale da poter soddisfare scenari di diffusione EV ben maggiori del 10% ipotizzato. Nella figura 51b è riportata la stessa cabina primaria ma in una giornata invernale. Come si vede in questo caso la situazione è differente, infatti la CP risulta in assorbimento nei confronti della rete AT ma la presenza di generazione distribuita è comunque abbastanza elevata da mantenere limitata la richiesta notturna di energia elettrica della zona. Il risultato finale è che in entrambi i casi il trasformatore risulta utilizzato ad un livello molto inferiore a quello di progetto garantendo quindi un ampio margine di ulteriore sfruttamento.

Capitolo 7: Sviluppo dell'infrastruttura di ricarica
 Analisi delle cabine primarie e margini di sfruttamento

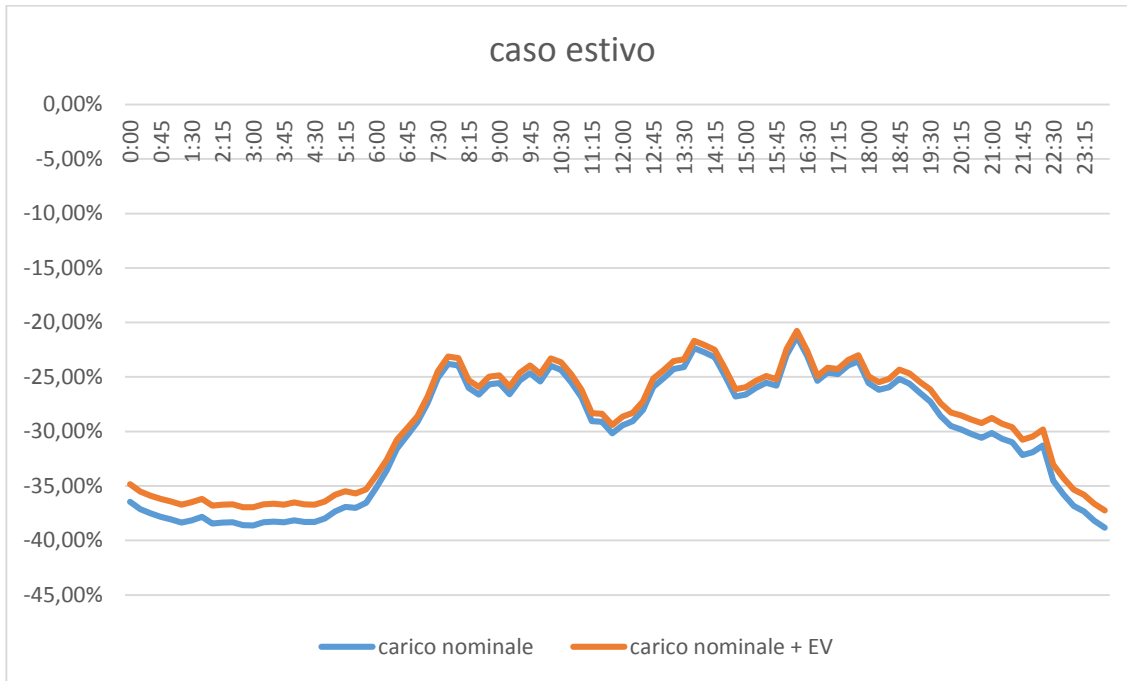


Figura 51a. Variazione della curva di carico della cabina primaria. Caso estivo ad alta presenza di generazione distribuita, presenza del 10% di EV nel parco veicoli

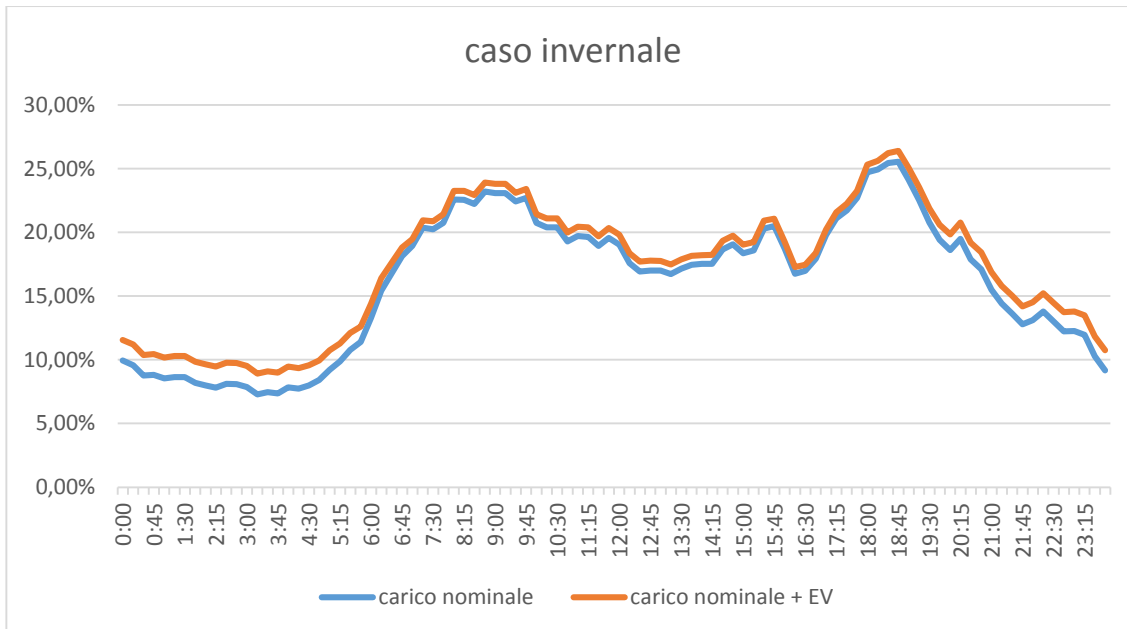


Figura 51b. Variazione della curva di carico della cabina primaria. Caso invernale ad alta presenza di generazione distribuita, presenza del 10% di EV nel parco veicoli

Come si nota dagli scenari proposti, a livello di rete elettrica la situazione più critica è quella estiva ed è condizionata non dall'aumento dei carichi ma dalla forte presenza di GD. In questo caso la diffusione degli EV svolge una funzione positiva in quanto riduce la potenza in transito al

nodo MT/AT che potrebbe soddisfare richieste di carico ben maggiori di quelle dovute alla diffusione di veicoli elettrici.

7.3.2 Caso peggiore:

Nella figura 52 è riportata una cabina primaria dal comportamento più "passivo" rispetto alla rete e che soprattutto nel periodo invernale raggiunge un elevato assorbimento di potenza. La situazione più critica è rappresentata in figura 52b, con riferimento alla stagione invernale. Va sottolineato che il profilo di domanda per mobilità elettrica è tale da influire maggiormente nella fase notturna dalle 0:00 alle 6:00 e cioè il periodo in cui il carico risulta meno elevato per la CP. Nel caso proposto, la presenza più o meno marcata di veicoli elettrici non altera in modo sostanziale l'attuale potenza in transito al trasformatore e maggiori carichi risultano facilmente gestibili con l'attuale infrastruttura di rete.

In figura 52b ci si avvicina maggiormente alle condizioni di carico nominale del trasformatore ma è una situazione da considerarsi molto rara in quanto nel normale esercizio la possibilità di disporre di due trasformatori gemelli permette di dimezzare le percentuali di carico mostrate. Inoltre proprio grazie all'ipotesi di maggiore carico assorbito nelle fasce orarie notturne, i picchi della curva risultano sostanzialmente inalterati.

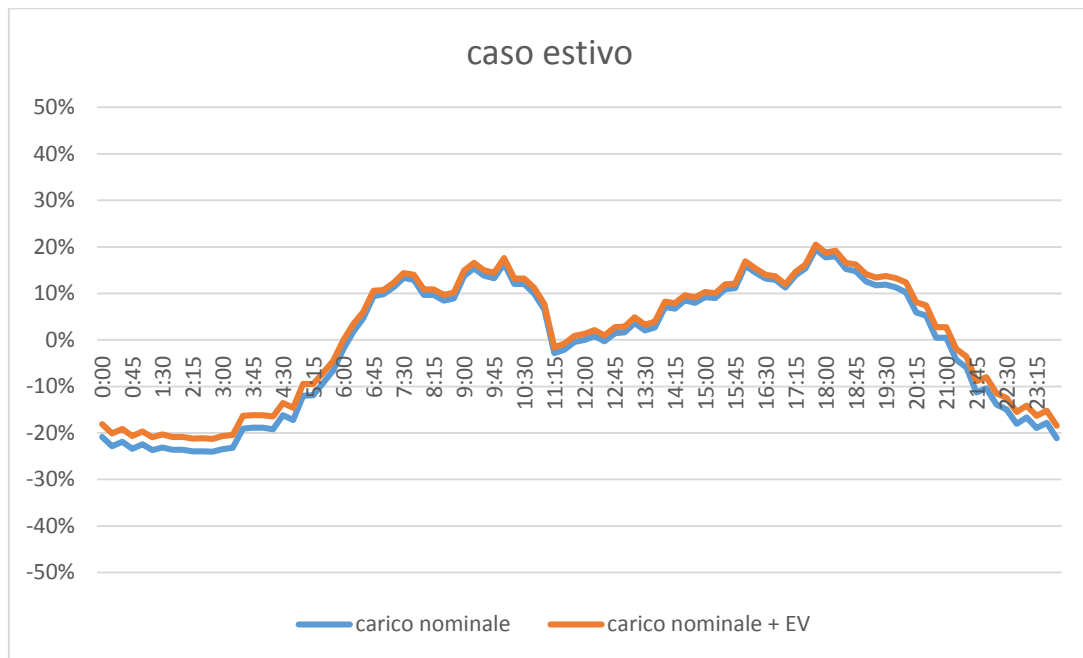


Figura 52a Variazione della curva di carico della cabina primaria. Caso invernale ad alta presenza di generazione distribuita, presenza del 10% di EV nel parco veicoli

Capitolo 7: Sviluppo dell'infrastruttura di ricarica Analisi delle cabine primarie e margini di sfruttamento

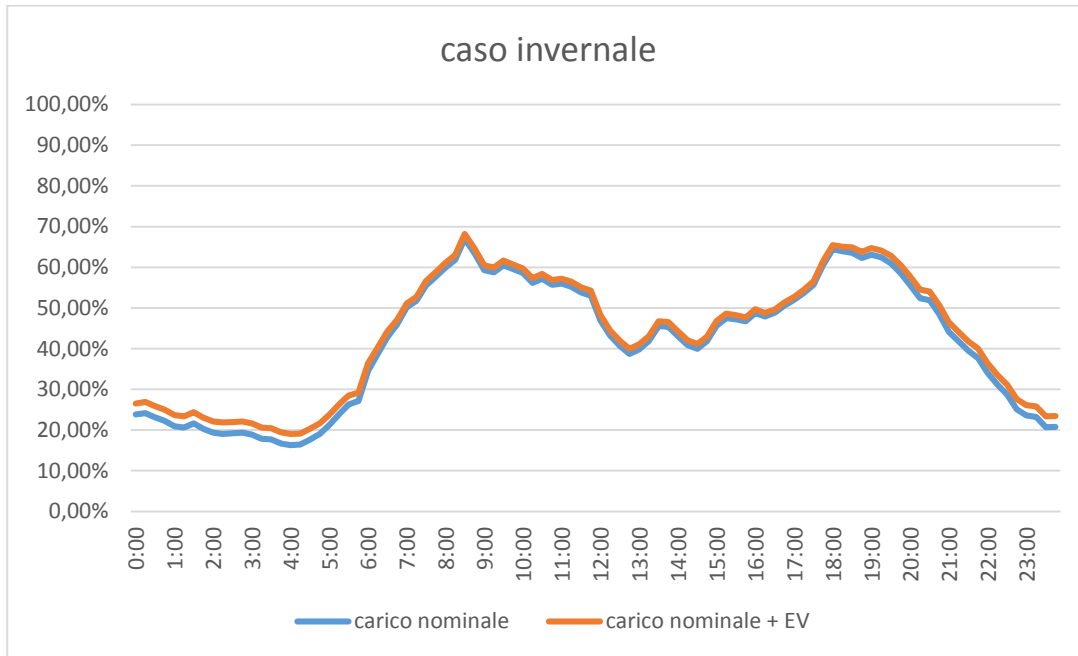


Figura 52b. Variazione della curva di carico della cabina primaria. Caso invernale ad alta presenza di generazione distribuita, presenza del 10% di EV nel parco veicoli

7.3.3 Analisi risultati

Nella situazione attuale, vi è una forte disponibilità di energia che potrebbe essere impiegata per l'alimentazione di veicoli e mezzi di trasporto elettrici. Lo scenario del 10% EV ritenuto come plausibile per un futuro orizzonte temporale è facilmente soddisfatto senza particolari modifiche alla rete. La situazione diviene più complessa se si porta il dettaglio dell'analisi alle singole cabine secondarie. Soprattutto riferendosi al profilo di ricarica pubblica, la richiesta di energia è concentrata nelle ore diurne e con elevate potenze in gioco. Per questo tipo di applicazione la soluzione più plausibile è il ricorso a sistemi di ricarica in corrente continua (modo di ricarica 4, vedi cap.2.3) che possono arrivare ad avere potenze di allacciamento considerevoli dell'ordine delle centinaia di kW. A meno di particolari prescrizioni da parte del distributore di riferimento questo tipo di allacciamenti coinvolge direttamente la rete di distribuzione MT. In base alla situazione specifica andrà quindi verificato che la cabina secondaria di trasformazione sia in grado di soddisfare la nuova potenza richiesta. Lo scenario più plausibile prevede che in questo caso gli attuali distributori di carburante vengano riconvertiti ed equipaggiati con stazioni di ricarica per veicoli elettrici [9]. Questo elemento è importante perché la maggior parte delle aree di servizio è già in possesso di un allacciamento diretto alla rete MT, si tratterebbe quindi di aumentare la sola taglia del trasformatore.

8 INFRASTRUTTURA DI RICARICA PUBBLICA, INVESTIMENTI

La dislocazione spaziale delle infrastrutture di ricarica dipende, insieme alle caratteristiche delle stesse e della rete di distribuzione, da una serie di fattori direttamente riconducibili alle caratteristiche degli schemi di mobilità dei cittadini e alle scelte tecnologiche che caratterizzano il modello di mobilità prevalente in un dato territorio. Il primo elemento da considerare è dunque quello delle caratteristiche della domanda di mobilità privata che viene soddisfatta attraverso l'utilizzo di veicoli elettrici [27]. Questo tipo di analisi permette quindi di determinare la dislocazione che l'infrastruttura dovrà avere sul territorio per essere effettivamente fruibile dagli utilizzatori di veicoli elettrici. Per quanto concerne invece le quantità di energia che dovranno essere fornite (cap 7) si è già individuato la prevalenza quantitativa della ricarica domestica con l'effetto positivo di non gravare sui picchi di domanda di energia e di moderare i costi di creazione dell'infrastruttura pubblica. La ricarica rapida in luoghi pubblici rappresenta ad oggi un'opzione maggiormente complessa e con maggiori criticità, a fronte di un elevato potenziale futuro in grado di garantire flessibilità ed affidabilità agli schemi di mobilità basati sull'auto elettrica.

8.1 OFFERTE DI MERCATO COSTI

Attualmente a livello nazionale ed attraverso il recepimento di normative europee si è riusciti, e non senza difficoltà, ad imporre uno standard per la ricarica conduttiva in corrente alternata. Questo rende possibile di garantire interoperabilità fra tutti i modelli di EV presenti sul mercato e di predisporre una rete di ricarica compatibile con tutti i veicoli. La norma IEC 61851 prevede inoltre che le colonnine siano equipaggiate con soli connettori di tipo "femmina" e che quindi ogni utente per poter provvedere alla ricarica del proprio veicolo sia munito del cavo di collegamento, svincolando di fatto la tipologia di connettore presente sul veicolo. Questo tipo di ricarica in corrente alternata è denominata "Quick charge" e sfrutta il caricabatterie di bordo del veicolo (vedi cap. 2).

La potenza erogata può arrivare 20 kW e caricare completamente una vettura in circa un'ora. Tuttavia, questa circostanza si verifica difficilmente in quanto solo poche vetture sono dotate di un carica batterie da 20 kW, la taglia più diffusa è di 7,4 kW (monofase). Alla luce dell'elevato tasso di evoluzione tecnologica in materia di consumi, autonomia e capacità delle batterie, limitare gli investimenti a infrastrutture di ricarica "quick" espone a un rischio di rapida obsolescenza e di bassa rispondenza alle esigenze dell'utente di mobilità elettrica privata. Per questo nel prossimo futuro sarà necessario spostare gli investimenti infrastrutturali verso ricarica fast (modo 4) con potenze installate >50 kW in corrente continua. Dall'altro lato l'assenza di uno standard unico per la ricarica in corrente continua costituisce un ostacolo alla diffusione di questa tecnologia, impedimento che si manifesta soprattutto in un maggiore costo di acquisto di una stazione di ricarica, la quale deve essere di tipo multistandard e comprendere due diverse tipologie di presa, Chademo e Combo2. In figura 53 e 54 vengono esposte le analisi di mercato di due differenti autori.

Estimates for investment and installation cost for single charging outlets

	Level II: Private home/garage	Level II: Commercial garage/ public street	Level III	Battery swap
PlanNYC/ McKinsey	1,500-2,500	2,000-7,500 dependent on location	more than 40,000	-
BCG, Element Energy and other studies	500-2,000	3,000 -8,000 dependent on location	more than 50,000	-
Interviews and author's estimates	500-1,000	3,000 -7,000	40,000 - 75,000	+1,500,000

Figura 53. Comparativa dei prezzi di acquisto di una stazione di ricarica secondo lo studio Philip & Wiederer, 2010 [28]. Fattore di conversione 1,32572 €//\$

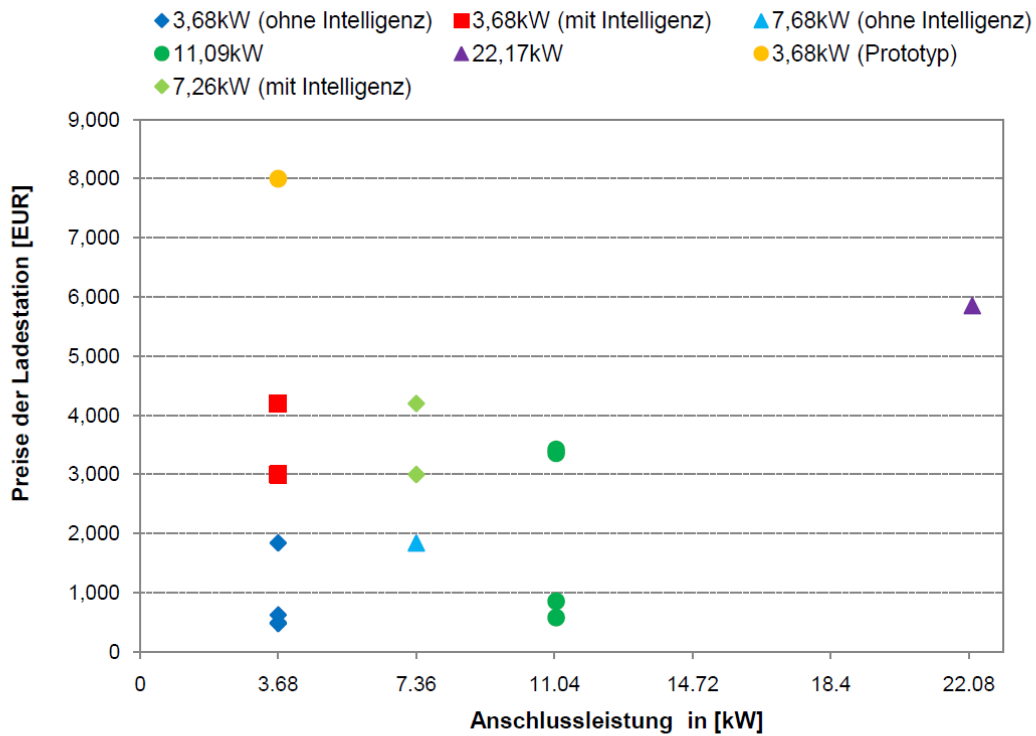


Figura 54. Prezzo di differenti stazioni di ricarica in base alla Potenza nominale, dati di Park & Charge 2010.

Queste valutazioni risalgono all'anno 2010 ma non differiscono dai prezzi di mercato attuali riscontrabili in Italia, segno che soprattutto per il mercato nazionale la scarsa diffusione di questo tipo di dispositivi non ha ancora permesso di raggiungere efficienti economie di scala. Alla determinazione del prezzo di vendita dell'energia attraverso una colonnina di ricarica andrà quindi aggiunta una parte di costo legata all'infrastruttura stessa per rendere economicamente sostenibile l'investimento. Utilizzando un semplice modello costi-ricavi [28] è possibile riportare a mezzo di un grafico il sovrapprezzo da applicare ad ogni kWh venduto all'utente finale. La componente costo necessaria per l'installazione e il mantenimento delle infrastrutture è composta da:

- costi per stazione installata, ossia il costo della colonnina sommato a quello del servizio volto all'installazione;
- manutenzione: in questa categoria rientrano i costi per l'ordinaria manutenzione, per i controlli, la pulizia e altre spese necessarie per il corretto funzionamento della struttura di ricarica;
- margine: il margine richiesto non è un costo diretto, tuttavia deve essere compreso nei ricavi generati dall'impianto; per tale motivo nel modello riportato viene considerato come un costo rappresentato dalla componente ROI (Return of Capital Invested).

Semplificando attraverso un'equazione:

$$\text{Costo per stazione} = \left(\frac{\text{Costo installazione}}{\text{periodo di vita}} \right) + O\&M + (\text{Costo installazione} * ROI)$$

La componente ricavo è ottenibile secondo due modalità:

1. Pay per Use: i ricavi in questo caso derivano dal grado di utilizzo moltiplicato per la capacità in kWh e per il mark-up al kWh:

$$\text{Ricavo} = \text{Utilizzo} * \text{quantità media erogata} * \text{Mark Up}$$

2. Abbonamento: in questo caso il ricavo è dato dal costo dell'abbonamento moltiplicato per il numero di automobili abbonate:

$$\text{Ricavo} = N^{\circ} \text{auto} * \text{Tariffa abbonamento}$$

In accordo con quanto ribadito nella direttiva europea 2014/94/UE (della quale un estratto è riportato a termine del presente capitolo), per ogni dieci veicoli elettrici deve essere previsto un punto di ricarica. Secondo le proporzioni sperimentali (vedi cap 6.5) il 20% dell'energia viene caricata dai possessori di EV dalle colonnine di ricarica. Se si considera per un mezzo un uso medio-alto di 20.000 km percorsi ogni anno si ricava un consumo di circa 3.400 kWh dei quali 680 kWh erogati attraverso stazioni di ricarica. Essendo le colonnine dotate in genere di 2 prese per la ricarica, la quantità erogata annualmente si avvicina ai 14.000 kWh. Va detto in anticipo che questo tipo di approccio e soprattutto la quantità totale erogata e di utilizzo si discostano dalla situazione italiana attuale. Negli altri paesi europei i veicoli elettrici sono molto più diffusi e questo fa sì che il grado di utilizzo delle infrastrutture risulti maggiore. Sicuramente la

Capitolo 8: Infrastruttura di ricarica pubblica, investimenti Offerte di mercato costi

sospensione dell'incentivo all'acquisto di auto ecologiche per l'anno 2015 non aiuterà la diffusione di veicoli BEV e PHEV in Italia, ma dal momento che la normativa europea porta di fatto ad una liberalizzazione del mercato è necessario contestualizzare i dati di partenza. Nel successivo capitolo 9, queste considerazioni troveranno fondamento e verranno confrontate con dati reali di utilizzo.

Riportando i dati supposti (680 kWh/anno e 10 veicoli per punto di ricarica) ad un modello di investimento si ottiene:

- Potenza media erogata: 7,5 kW;
- Tempo di utilizzo 5 ore al giorno per tutto l'anno;
- Costo di installazione: 7.000 €;
- Costi di gestione e manutenzione: 10% costo di installazione
- ROI atteso: 2,2%;
- Vita attesa: 8 anni.

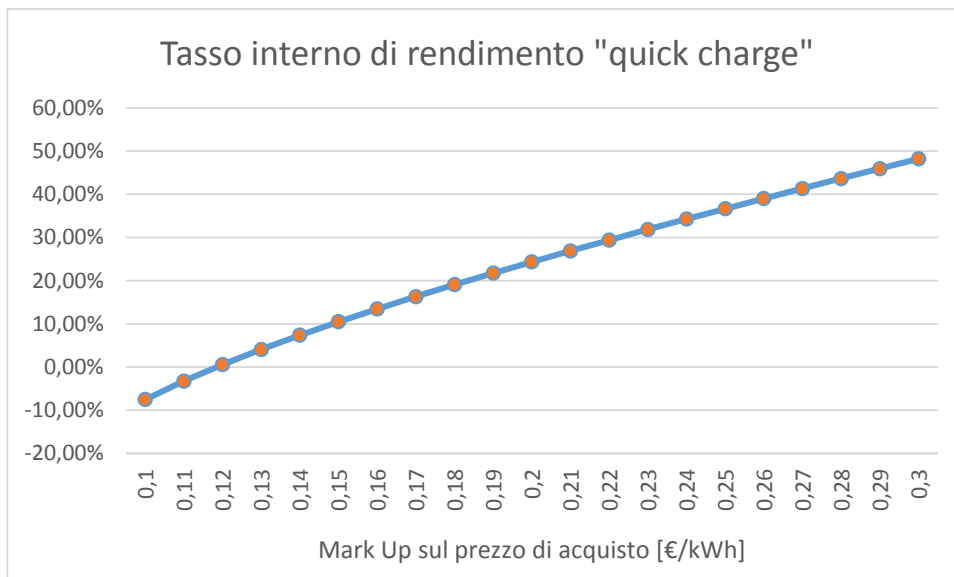


Figura 55. Andamento dell'indicatore TIR(IRR) al variare della maggiorazione di prezzo sull'energia venduta

In figura 55, si propone una stima del tasso di rendimento dell'investimento per una colonnina di ricarica, l'ipotesi più forte in questo caso è quella legata all'effettivo utilizzo del dispositivo. Infatti la maggiorazione del prezzo permette di recuperare la quota di capitale e di remunerare l'investimento. La funzione del Mark Up è ovviamente inversamente proporzionale rispetto alla quantità di energia annualmente erogata, quest'ultima è dipendente da due fattori:

- Ore di utilizzo (numero veicoli)
- Taglia carica batterie di bordo (scelta tecnologica case automobilistiche)

Nei grafici di figura 56a e 57b viene rappresentato l'andamento del sovrapprezzo dell'energia venduta in base alla variazione dei sopraelencati parametri. Come è logico intuire un aumento

delle ore giornaliere di utilizzo della stazione porta ad una riduzione del prezzo finale dell'energia o ad un aumento dei ricavi dell'azienda fornitrice, a seconda delle scelte economiche di chi della stazione è proprietario. Nel modello precedente sono state previste 5 ore di utilizzo al giorno.

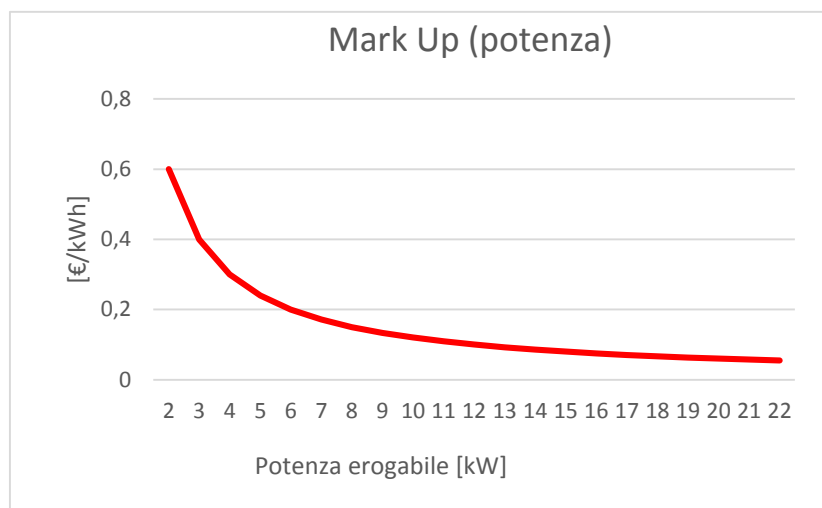
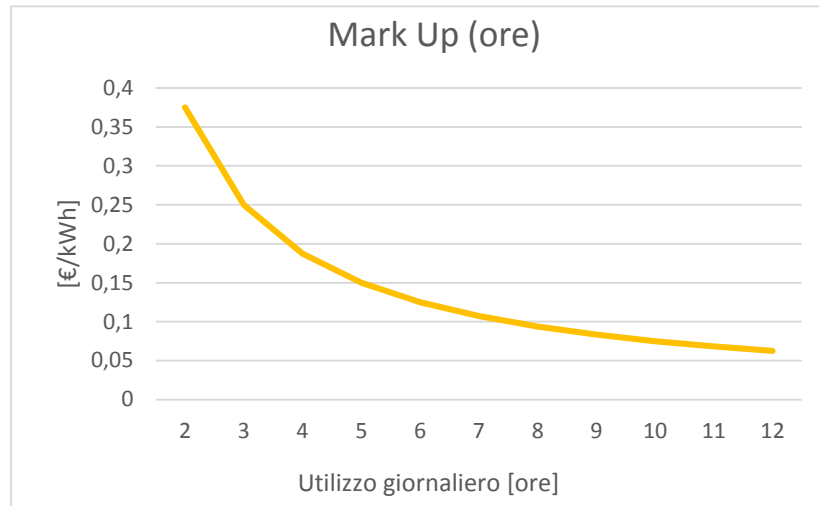


Figura 56a(alto) e 56b(basso). Variazione del sovrapprezzo in base alla variazione di energia erogata. Tasso considerato 10%

La scelta di finanziare l'infrastruttura di ricarica attraverso un aumento tariffario sull'energia venduta, deve essere interpretato mettendosi nei panni del cliente finale. Infatti la differenza di prezzo rispetto alla ricarica domestica diventa considerevole e sicuramente rappresenta una pregiudiziale verso la scelta di appoggiarsi ad una rete infrastrutturale di ricarica per EV. Anche se non sono disponibili informazioni su come un consumatore si porrà di fronte a questa decisione è facile intuire che non sarà disposto a pagare la differenza di prezzo a meno che non

Capitolo 8: Infrastruttura di ricarica pubblica, investimenti Offerte di mercato costi

vi siano ragioni strettamente vincolanti, come per esempio l'aver le batterie del mezzo quasi esaurite. In tal caso potrebbe diventare conveniente per l'utente il contratto di tipo "flat" (abbonamento), in quanto con questa soluzione non vi è un limite all'energia caricabile e quindi il prezzo finale non risulta influenzato dalla quantità. Le considerazioni finora proposte valgono in modo ancora più marcato per la ricarica rapida in corrente continua. L'investimento per questo tipo di strutture è infatti di un ordine di grandezza superiore rispetto ai costi necessari alle colonnine di ricarica in corrente alternata. In questo caso per ogni utente la potenza erogata risulta molto elevata, nell'ordine dei 50 kW, quindi in accordo con figura 56b questo dovrebbe consentire di ridurre il *mark up* di prezzo, a patto che il grado di utilizzo giornaliero sia elevato in accordo con una marcata diffusione di EV.

Il modello di investimento di figura 57 mostra l'analisi di investimento per una colonnina rapida in corrente continua da 50 kW di potenza. Le ipotesi di partenza variano rispetto al modello di figura 46, in particolare vista la maggiore potenza erogabile viene ridotto il tempo giornaliero di utilizzo per mantenere un valore plausibile del kWh prelevati annualmente. In questo esempio le ipotesi di partenza sono:

- Potenza media erogata: 50 kW;
- Tempo di utilizzo 3 ore al giorno per tutto l'anno;
- Costo di installazione: 45.000 €;
- Costi gestione e mantenimento: 5% costo di installazione
- ROI atteso: 3,5%;
- Vita attesa: 10 anni

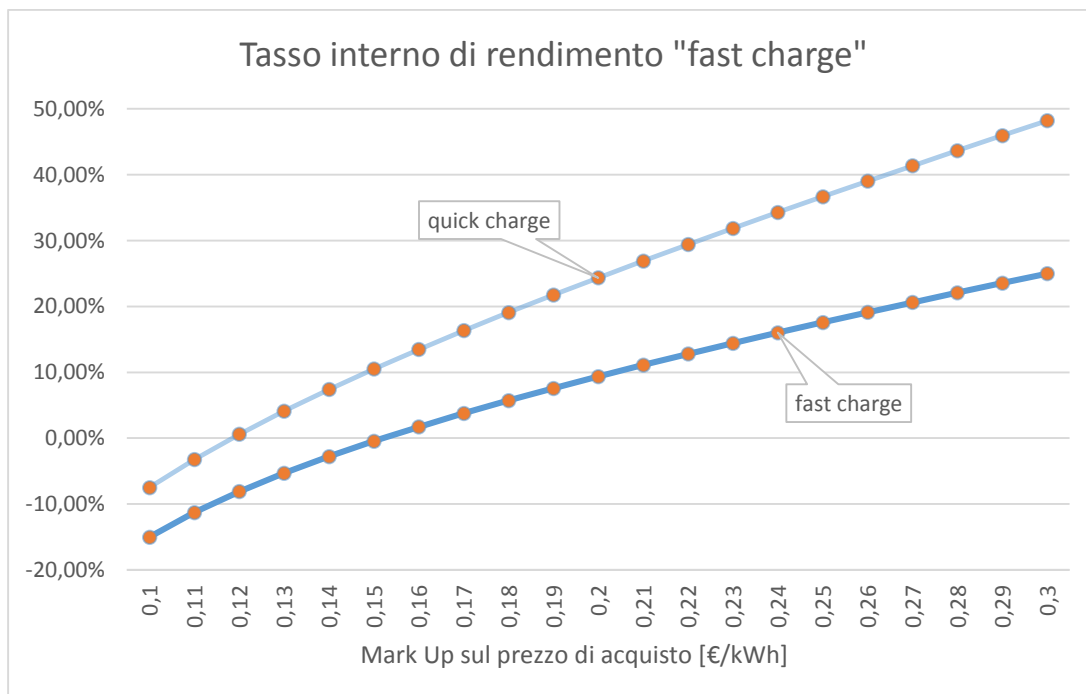


Figura 57. Andamento dell'indicatore TIR(IRR) al variare della maggiorazione di prezzo sull'energia venduta mediante una colonnina da 50 kW

Rispetto alla situazione precedente dove è stata fatta l'analisi di una colonnina da 20 kW in questo caso risulta molto più elevata la quantità di energia erogata. Questo è principalmente dovuto alla tecnologia della corrente continua che permette di svolgere l'operazione di ricarica in tempi molto ristretti eliminando la limitazione del carica batterie di bordo. Con le ipotesi utilizzate per questo modello, la quantità annuale passante da una singola stazione in corrente continua supera i 50.000 kWh, valore molto elevato ed assolutamente lontano dall'attuale richiesta di mercato.

Considerando per esempio un veicolo con consumo medio di 0,168 kWh/km che in un anno compie 20.000 km si ottiene una richiesta totale di energia pari a 3.360 kWh. Se le ricariche fossero effettuate esclusivamente presso una colonnina rapida DC, sarebbero necessari 80 utenti per raggiungere la quantità di energia precedentemente ipotizzata. Va inoltre ricordato che nei modelli economici fin qui proposti non è stata fatta alcuna valutazione sul costo finale del kWh all'utente ma si è sostanzialmente assunto che il costo dell'energia prelevata dall'impianto di ricarica sia uguale al costo domestico con una maggiorazione di prezzo tale da permettere il recupero del capitale investito per acquistare la colonnina di ricarica.

8.2 MODELLI DI BUSINESS

L'Autorità per l'energia elettrica ed il gas attraverso la delibera AEEG 242/10 e 96/11 ha emanato le nuove disposizioni per i sistemi di ricarica pubblica e privata agendo sia dal punto di vista normativo che tariffario. Si segnala, attraverso la deliberazione ARG/elt 242/10, l'introduzione di una nuova tariffa di rete (monomia), applicabile a tutte le utenze in bassa tensione dedicate all'alimentazione delle infrastrutture di ricarica per i veicoli elettrici.

Per quanto riguarda la ricarica in luoghi privati, l'AEEG ha assimilato i consumi energetici per la ricarica dei veicoli a quelli legati all'utilizzo delle pompe di calore. Oggi un consumatore di energia elettrica può quindi scegliere di avere due contatori, uno per l'abitazione e uno dedicato alla ricarica del proprio veicolo elettrico.

Nella ricarica di tipo pubblico, a seguito di un'ampia consultazione avuta con le aziende che nel 2010 hanno deciso di partecipare ai progetti pilota di mobilità elettrica in Italia, sono stati individuati tre possibili modelli di organizzazione e gestione industriale per lo sviluppo dell'infrastruttura pubblica di ricarica

1. *Modello distributore (DSO)*, il quale prevede che lo sviluppo delle infrastrutture di ricarica venga svolto dall'impresa distributrice di energia elettrica nella propria area di concessione;
2. *Modello service provider in esclusiva*, nel quale lo sviluppo delle infrastrutture di ricarica viene affidato ad un soggetto che opera in regime di esclusiva a seguito di gara o concessione, su un'area definita dalla Regione o dal Comune o altro Ente locale; e ciò indipendentemente dal concessionario della distribuzione di energia elettrica;
3. *Modello service provider in concorrenza*, il quale è simile al modello service provider in esclusiva; tuttavia, esso si sviluppa in regime di concorrenza, seppure regolata a livello locale, al pari di quanto avviene oggi per le stazioni di rifornimento dei combustibili tradizionali.

Modelli di business	Realizzazione e gestione	Tipologia dei punti di ricarica
Distributore (DSO)	Distributore di energia elettrica	Diffusione capillare dei punti di ricarica nell'ambito territoriale della concessione
Service provider in esclusiva	Operatore industriale in concessione locale (concorrenza garantita attraverso procedura di gara per l'assegnazione del servizio)	Diffusione capillare dei punti di ricarica nell'ambito territoriale della concessione
Service provider in concorrenza	Operatore industriale senza concessione locale	Punti di ricarica concentrati in aree specifiche (sul modello dei distributori di carburante esistenti)

Tabella 24. Modelli di business individuati per la creazione e gestione di infrastruttura di ricarica pubblica. Fonte AEEG

Anche la Comunità Europea ha svolto in tal senso un'attività regolatoria, in particolare con il recepimento dell'ultima direttiva 2014/94/UE (particolare riferimento ad art. 4), è stato imposto ai modelli di business il requisito multivendor. Di fatto verranno quindi eliminate le due prime tipologie che prevedevano un'assegnazione in esclusiva del servizio. La tipologia "Service provider in concorrenza" è quindi destinata a diventare di fatto l'unica opzione possibile per il servizio di ricarica pubblica.

8.3 TARIFFAZIONE ELETTRICA

Relativamente alla ricarica in ambito privato (garage privati o posto auto riservato in parcheggi condominiali) l'Autorità ha previsto che il cliente finale possa ricaricare la propria auto:

- Mantenendo la propria fornitura di uso domestico
- Richiedendo al Venditore una seconda fornitura "Altri usi" per gli usi di ricarica.

La tariffa domestica per la fornitura di energia elettrica nelle case private ha carattere orario, ovvero si utilizzano prezzi differenti durante le 24 ore. La variazione dei prezzi viene determinata dai differenti costi marginali di produzione dell'energia, infatti essendo variabile la domanda di potenza è necessario che nell'arco della giornata, il numero di impianti in funzione venga aumentato o ridotto in modo da soddisfare la richiesta istantanea di potenza. Ogni impianto è caratterizzato da differenti costi fissi e variabili di produzione dell'energia, questo comporta un costo medio di produzione dell'energia variabile.

Mediante l'uso di contatori elettronici il consumo di energia viene applicato un prezzo variabile nel corso della giornata e durante i giorni feriali o festivi. Le fasce utilizzate per conteggiare i consumi sono contrassegnate con le sigle F1, F2, F3, in dettaglio:

- F1 (ore di punta): dalle 8:00 alle 19:00 dal lunedì al venerdì;
- F2 (ore intermedie): dalle 7:00 alle 8:00 e dalle 19:00 alle 23:00 dal lunedì al venerdì e dalle 7:00 alle 23:00 del sabato;

- F3 (ore fuori punta): dalle 00:00 alle 7:00 e dalle 23:00 alle 24:00 dal lunedì al sabato e tutte le ore della domenica e dei giorni festivi.
- F23 (ore fuori punta – tariffa bioraria) dalle 19:00 alle 08:00 i giorni feriali, e tutte le ore di sabato domenica e giorni festivi

Nell'ambito di queste fasce orarie vengono adottate tariffe polinomie (binomie o trinomie) che tengono conto delle diverse durate di utilizzazione. Nella tipologia di tariffa trinomia, sono presenti tre fattori, il primo è una quota fissa per punto di prelievo, la seconda è legata alla quantità di potenza installata [€/kW] e la terza alla quantità di energia consumata [€/kWh]. In generale si può affermare che il costo più alto è quello che si riscontra nella fascia oraria F1 corrispondente al periodo di punta mentre nella F3 la domanda è più bassa e con essa anche i costi di produzione consentendo di avere prezzi più convenienti. Secondo dati di mercato, il prezzo dell'energia in bolletta oscilla tra i 20 ed i 25 c€/kWh, da segnalare che in Italia il consumo del cliente tipo si attesta a 2.700 kWh/anno, cifra che può raddoppiare se si deve provvedere alla ricarica di un EV con conseguente superamento della fascia di consumo. Riferendosi ai profili di ricarica per veicoli elettrici, si nota che la fascia oraria interessata dalla ricarica privata è la F3, cioè quella con il prezzo inferiore. Per la ricarica privata del proprio veicolo potrebbe quindi risultare conveniente il mantenimento del contratto elettrico già in essere, magari facendo aumentare la potenza installata presso il proprio punto di consegna. Questa scelta permette di non evitare i costi una tantum relativi ad un nuovo punto di consegna.

Se invece si vuole usufruire del contratto dedicato con secondo contatore elettronico, l'Autorità ha individuato una nuova tipologia di contratto di fornitura: *“utenze in bassa tensione per alimentazione delle infrastrutture di ricarica pubblica per veicoli elettrici”*.

Per questo tipo di tariffa, viene ricalcato il modello delle pompe di benzina. In questo caso il sistema di tariffazione risulta costante durante tutta la giornata e non sono quindi presenti fasce orarie che possano rendere la ricarica più o meno conveniente nei differenti momenti della giornata. Va comunque segnalato che da parte dell'AEEG vi è sempre stata una particolare attenzione alla ricarica dei veicoli sia essa di tipo privato o di tipo pubblico. Con la deliberazione ARG/elt 56/10 l'Autorità ha introdotto la tariffa di rete e oneri generali per la ricarica privata dei veicoli elettrici, eliminando i vincoli normativi che potevano ostacolare la predisposizione di eventuali punti di ricarica nei luoghi privati. A tali punti di ricarica privata l'Autorità ha previsto sia applicata la tariffa di trasporto già prevista per altri usi, indipendentemente dal fatto che il richiedente sia un cliente domestico o meno [29]. L'Autorità è poi intervenuta con la deliberazione ARG/elt 242/10 con la quale è stata introdotta una nuova tariffa, in vigore dal 1° gennaio 2011 e aggiornata trimestralmente.

La tariffa relativa ai servizi di rete e agli oneri generali dedicata alla ricarica elettrica ha una struttura monomia, ovvero espressa esclusivamente in termini di energia erogata (kWh) e non trinomia (per punto di prelievo, potenza impegnata, energia) come usuale. I valori di tale tariffa sono aggiornati trimestralmente nell'ambito degli aggiornamenti tariffari per quanto riguarda le componenti a copertura degli oneri generali e annualmente per quanto riguarda le tariffe di trasporto. Tale tariffa non include i costi dell'attività di ricarica oltre che, naturalmente, il prezzo della materia prima energia.

Capitolo 8: Infrastruttura di ricarica pubblica, investimenti
 Tariffazione elettrica

Il prezzo finale per l'utente di ricarica pubblica viene così composto:

$$\text{Prezzo finale} \left[\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right] = \text{Tariffa} + [\text{prezzo servizio di ricarica}] + \\ + \text{prezzo energia} + \text{imposte}$$

- Tariffa comprende i costi di trasmissione, distribuzione, misura e oneri generali di rete. È una tariffa monomia di applicabilità generale (privato o pubblico). Valore al IV° trimestre 2014: 18,1652 c€/kWh
- Prezzo servizio di ricarica: oltre al prezzo relativo all'energia elettrica, viene applicato un corrispettivo a copertura dei servizi di "rete" e dei costi del servizio di ricarica non superiore a **TSmax**. Valore al IV° trimestre 2014: 22,2116 c€/kWh

	IV° trimestre 2011	IV° trimestre 2012	IV° trimestre 2013	IV° trimestre 2014
Tariffa di rete+ oneri	12,183	15,5835	17,0820	18,1652
TSmax	16,2294	19,6299	21,1284	22,2116

Tabella 25. Andamento delle componenti costi di trasmissione, distribuzione, misura e oneri generali di rete regolate dall'AEEG

In tutti i casi, ai punti di ricarica pubblica viene applicato il prezzo dell'energia dei venditori convenzionati con il gestore dell'infrastruttura di ricarica pubblica. In alcuni casi i gestori hanno realizzato forme di "abbonamento" a costo fisso (vedi capitolo precedente modello costi-ricavi). Si segnala infine la recente approvazione della direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio sulla realizzazione di un'infrastruttura per i combustibili alternativi (direttiva 2014/94/UE, in particolare art. 4). Tale direttiva impone che per non creare situazioni di discriminazione degli utenti finali, venga fissato il requisito di concorrenza (multivendor) per l'erogazione del servizio pubblico di ricarica. Questo comporta che quando tale direttiva verrà recepita, verranno inevitabilmente soppressi i modelli di business che prevedono la gestione del servizio in esclusiva. Non viene quindi tenuto in considerazione il mantenimento del regime concorrenziale dovuto all'assegnazione della concessione tramite gara di appalto.

Si riportano per completezza alcuni punti tratti dalla **direttiva europea 2014/94/UE**:

Art. 4 – Fornitura di elettricità per il trasporto

- Gli Stati membri garantiscono la creazione, entro il 31 dicembre 2020, di un numero adeguato di punti di ricarica accessibili al pubblico (ipotizzato 1 punto di ricarica ogni 10 autovetture).

- Gli Stati membri assicurano che gli operatori dei punti di ricarica accessibili al pubblico siano liberi di acquistare energia elettrica da qualsiasi fornitore dell'Unione, ove questi accetti. Gli operatori dei punti di ricarica sono autorizzati a fornire ai clienti servizi di ricarica per veicoli elettrici su base contrattuale, anche a nome e per conto di altri fornitori di servizi.
- Tutti i punti di ricarica accessibili al pubblico prevedono, inoltre, modalità di ricarica ad hoc per gli utilizzatori di veicoli elettrici, senza la necessità di dover concludere contratti con i fornitori di energia elettrica o gli operatori interessati.
- Gli Stati membri assicurano che i prezzi praticati dagli operatori dei punti di ricarica accessibili al pubblico siano ragionevoli, facilmente e chiaramente comparabili, trasparenti e non discriminatori.
- Gli Stati membri assicurano che gli operatori dei sistemi di distribuzione cooperino su base non discriminatoria con qualsiasi persona che apra o gestisca punti di ricarica accessibili al pubblico.
- Gli Stati membri assicurano che il quadro giuridico preveda la possibilità che la fornitura di energia elettrica a un punto di ricarica formi oggetto di un contratto con fornitori diversi rispetto all'entità fornitrice dell'abitazione o della sede in cui sono ubicati detti punti di ricarica.
- La creazione e il funzionamento dei punti di ricarica dei veicoli elettrici dovrebbero essere ispirati ai principi di un mercato concorrenziale con accesso aperto a tutte le parti interessate nello sviluppo ovvero nell'esercizio delle infrastrutture di ricarica.

9 INFRASTRUTTURA DI RICARICA: UN CASO PRATICO

Nello svolgimento del lavoro di tesi presso la ditta SEL srl di Bolzano, in supporto all'attività di analisi dati di mobilità e consumi elettrici, è stata realizzata l'installazione di una colonnina di ricarica per veicoli elettrici. Questa attività ha permesso di utilizzare e concretizzare tutte le attività precedentemente esposte in questo elaborato. La società SEL è da tempo attiva nel settore della mobilità elettrica e si è fatta promotrice di molteplici iniziative volte a sensibilizzare la popolazione sulla mobilità sostenibile. Al momento è attiva un'offerta tariffaria espressamente dedicata agli utilizzatori di macchine elettriche ma sul territorio non era mai stato installato nessun punto di ricarica. Questo progetto è stato quindi considerato come primo step per una rete estesa a livello provinciale. L'attività di installazione della colonnina è stata completata nel mese di Novembre 2014 ed ha permesso di offrire ai clienti SEL provvisti di un EV la possibilità di ricaricare il proprio veicolo al di fuori della propria abitazione privata. In questo capitolo saranno esposti i risultati della sperimentazione.

9.1 LOCALIZZAZIONE DELLA STAZIONE

Alla luce dell'analisi di mobilità effettuata (cap 6), si è scelto di ubicare il punto di ricarica nella zona industriale di Bolzano, questa scelta è stata ponderata seguendo i risultati dell'analisi della domanda di spostamento. Applicare ad una rete infrastrutturale di questo tipo un approccio strategico ha permesso di ottenere buoni risultati di utilizzo della struttura e dati che diventano fondamentali per l'ampliamento della rete di ricarica. I flussi di traffico pendolare convergono verso la zona produttiva di Bolzano rendendola quindi un luogo idoneo alla sosta prolungata e ripetuta dei veicoli.



Figura 58. Vista aerea della zona industriale di Bolzano Sud

Il luogo scelto ha inoltre consentito di ottenere tre vantaggi legati alla vicinanza con altri sistemi di trasporto:

- vicinanza al casello autostradale Bolzano Sud
- presenza di un punto di ristoro/bar
- fermata della linea autobus per il trasporto pubblico

9.2 TIPOLOGIA PUNTO DI RICARICA:

Si è scelto di installare una stazione di ricarica in corrente alternata con due prese standard Mennekes tipo 2. La stazione è di tipo intelligente in quanto munita di modem per la gestione remota che consente anche di gestire logiche di funzionamento avanzate. Le principali caratteristiche tecniche sono (visibile in figura 61):

- Potenza di allacciamento 30 kW
- Due prese Mennekes tipo 2
- Monitor a colori
- Lettore tessere RFID e NFC
- Computer di controllo
- Modem GPRS di comunicazione
- Varie possibilità di configurazione/intervento anche da remoto.

Ai clienti viene fornita una tessere RFID con la quale è possibile effettuare il log in alla stazione e procedere alla ricarica del proprio veicolo. Visto il carattere sperimentale dell'iniziativa e per acquisire dati di utilizzo della stazione, in questa fase la ricarica viene proposta come omaggio ai clienti che sottoscrivono il contratto specifico per veicoli elettrici.

9.3 INSTALLAZIONE ED ANALISI DEI COSTI FISSI

La scelta del dispositivo è stata effettuata attraverso una procedura di gara in quanto il progetto prevede un'espansione della rete a breve termine ed era necessario oltre l'acquisto della singola colonnina prevedere la fornitura di ulteriori servizi e componenti giudicati essenziali per ottenere una rete qualitativamente accettabile. In questa analisi economica vengono riportati i costi di acquisto ed installazione della sola colonnina:

- Colonnina di ricarica in corrente alternata 2x22 kW: 3.850 € IVA esclusa
- Cavo di collegamento ed installazione (ca 70 m): 3.000 € IVA esclusa
- Quadro elettrico di protezione con interruttore differenziale tipo A: 1.000 € iva esclusa
- Basamento in metallo e posa in loco: 1600 € IVA esclusa
- Totale costi: 9.450 € IVA esclusa

Contratto di fornitura energia elettrica: "utenze in bassa tensione per alimentazione delle infrastrutture di ricarica pubblica per veicoli elettrici"

- Potenza e tensione richiesta: 3-Ph 400V 30 kW
- Quota fissa per distanza fino 200 dalla cabina: 184,11 €
- Quota fissa oneri amministrativi: 27,59 €

Capitolo 9: Infrastruttura di ricarica: un caso pratico

Messa in esercizio e dati di funzionamento

- Quota potenza €/kW: 2.076,60 €
- Totale costi di allacciamento: 2.288,3 €

Totale costi fissi: 11.526,6 €

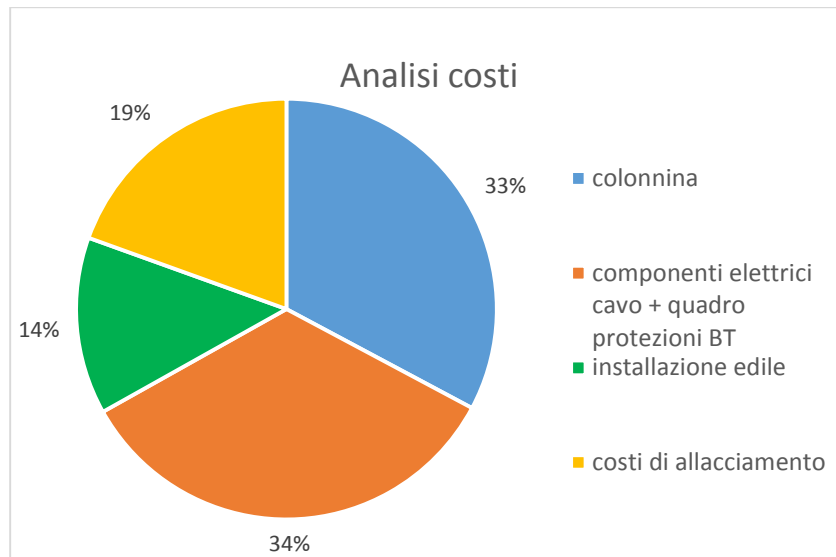


Figura 59. Analisi dei costi di installazione per una colonnina di ricarica veicoli elettrici, Totale costi fissi: 11.526,6 €

Osservando il grafico di figura 59 si può notare come le varie componenti di costo influenzino l'importo totale. La colonnina di ricarica infatti rappresenta solo un terzo dei costi totali sostenuti, la voce più cospicua è quella dei componenti elettrici. La spesa necessaria al quadro di protezione BT non è riducibile, si potrebbero ottenere degli ottimi risultati avvicinando le colonnine di ricarica alle cabine secondarie, in quanto i lavori di fornitura e posa del cavo di collegamento risultano molto onerosi. Anche i costi di allacciamento risultano molto elevati, la taglia di 30 kW è stata decisa anche per contenere questa voce di costo.

9.4 MESSA IN ESERCIZIO E DATI DI FUNZIONAMENTO

Nel mese di Novembre è stata completata l'installazione del dispositivo. Ai clienti della società che hanno sottoscritto il contratto specifico per la mobilità elettrica sono state man mano distribuite delle smart card RFID che consentono di ricaricarsi presso la stazione. Questa fase è stata graduale ed ha richiesto circa un mese per portare ad un uso costante della colonnina. A seguire vengono riportati i dati di funzionamento trimestrali dal 07 Novembre 2014 al 30 Gennaio 2015. Nella figura 60 è riportato il grafico complessivo dell'energia ricaricata nel periodo in esame.

Si riportano le ipotesi di utilizzo utilizzate nel modello al capitolo 8 [28], utilizzare i parametri realmente misurati permette di aggiornare le considerazioni a cui si era precedentemente pervenuti. Le assunzioni del modello economico erano:

- Potenza media erogata: 7,5 kW;
- Tempo di utilizzo 5 ore al giorno per tutti i giorni dell'anno;
- Costo di installazione: 7.000 €;

- Costi di gestione e manutenzione: 10% costo di installazione
- Vita attesa: 8 anni

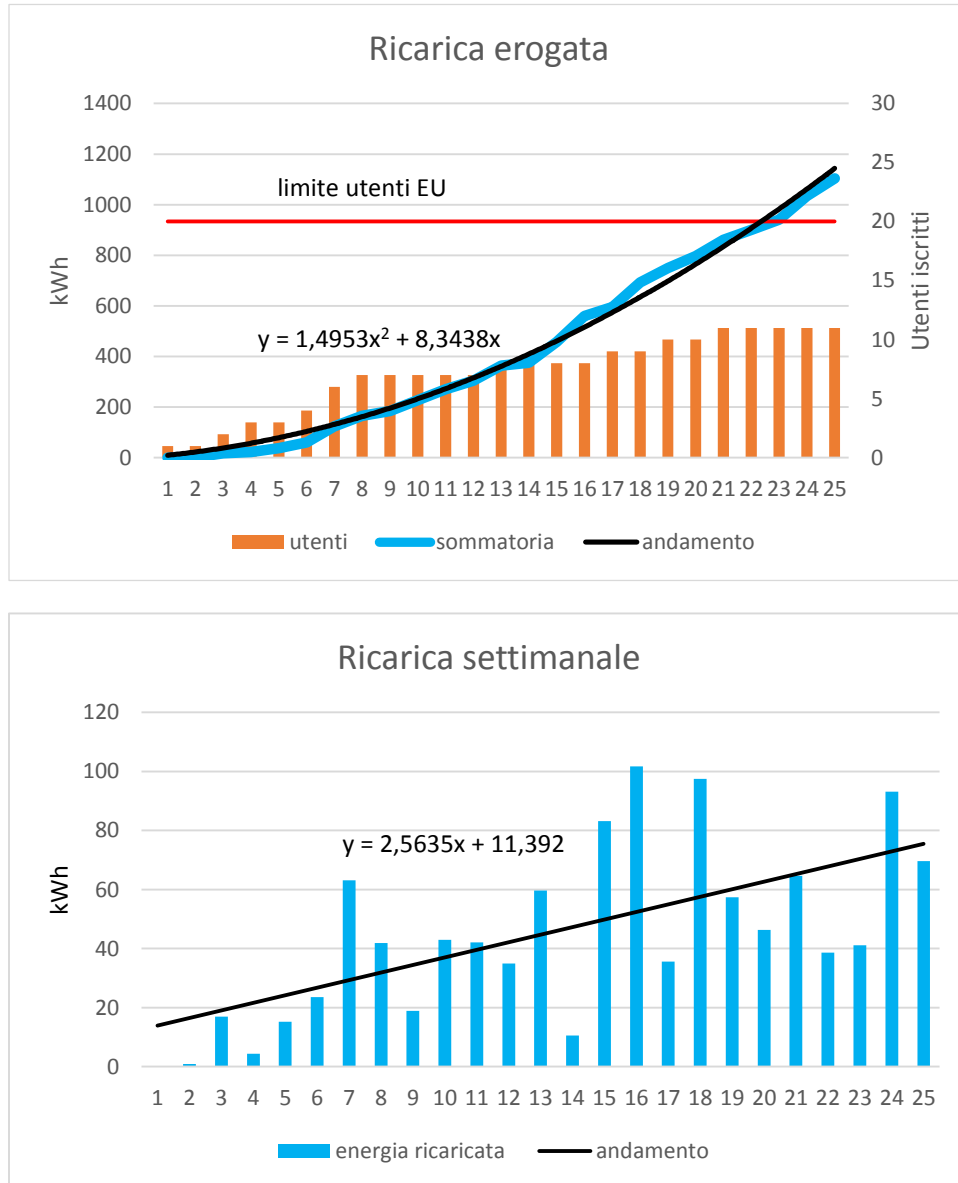


Figura 60. Grafici settimanali dell'energia erogata attraverso la colonnina di ricarica

La differenza è evidente soprattutto per le spese fisse di installazione che nel caso reale ammontano a circa 11.500 €, questa differenza è dovuta soprattutto alle esigenze di pubblicizzazione dell'installazione. Si è infatti voluto privilegiare l'aspetto legato alla visibilità del dispositivo anche per ottenere un effetto maggiormente impattante al livello visivo, rispetto quindi al modello economico è quindi necessario remunerare un investimento maggiore con le ovvie ripercussioni sul sovrapprezzo finale da applicare all'energia venduta.

Capitolo 9: Infrastruttura di ricarica: un caso pratico
Messa in esercizio e dati di funzionamento

Al termine del mese di gennaio 2015, 8 utenti hanno fatto richiesta per essere abilitati a ricaricarsi presso la colonnina installata ed il numero è salito a 11 nel mese di marzo, dai dati emerge che nel periodo riportato tutti hanno effettuato diverse ricariche ma non si è mai verificata la condizione di ricarica contemporanea di più veicoli, è invece successo che due veicoli occupassero la stazione in momenti diversi dello stesso giorno. Osservando il grafico di figura 60 si nota che dalla nona settimana in poi la curva assume una pendenza quasi costante, conseguentemente anche la quantità di energia erogata settimanalmente risulta più regolare. Si considera quindi che dalla nona settimana in poi il sistema sia andato a regime e che gli utilizzatori abbiano trovato una qualche sorta di consuetudine e conciliazione tra i loro spostamenti e la possibilità di usufruire della stazione di ricarica. Infatti è plausibile pensare che la possibilità di godimento di un posteggio privilegiato e dotato di punto di ricarica possa spingere i possessori di veicoli elettrici ad usufruire con maggiore regolarità del proprio EV per gli spostamenti quotidiani. La più frequente critica che viene posta alla mobilità elettrica è quella legata alla scarsa autonomia, ma secondo i dati mostrati si nota che vi è una certa disponibilità delle persone a riconsiderare questo fattore se viene attivata una rete di colonnine in grado di garantire la disponibilità di punti-ricarica.

La stazione attraverso il suo software di gestione permette la possibilità di rilevare i dati di utilizzo e di gestire il parco di utenti abilitati a rifornirsi. Questa funzionalità è fondamentale sia in ottica di sviluppo della rete, che per la gestione dei carichi elettrici. La colonnina di ricarica viene assimilata all'idea di stazione pubblica, infatti in accordo con la curva di domanda pubblica, è stato riscontrato che la quasi totalità delle ricariche (1 sola eccezione in un week end) è stata effettuata nell'orario tra le 08:00 e le 18:00, in accordo con i profili di domanda esposti nel capitolo 6.5.

	Tempo medio di ricarica	Dev	Energia media erogata [kWh/giorno]	Dev [kWh/giorno]	Potenza media utilizzata [kW]	Fattore di utilizzo giornaliero [ore/gg]	Energia annuale [kWh]
Modello (cap 8)			40	0	7,5	5:00:00	14.600
Bimestre Dic-Gen	03:01:23	01:49:36	10,549	5,211	3,48	1:33:43	1.989,44
Bimestre Feb-Mar	04:04:55	01:12:04	14,674	4,704	3,59	02:23:05	3.123

Tabella 26. Analisi dei parametri delle ricariche effettuate nel trimestre 11/2014 - 01/2015

I dati riportati in tabella 26 assumono una valenza fondamentale per interpretare le esigenze di sosta degli utenti. Infatti si vede che il tempo medio di ricarica è addirittura aumentato una volta che l'utilizzo della colonnina è diventato più frequente e regolare, stesso discorso per il fattore di utilizzo giornaliero. Il dato dell'energia media erogata invece è significativo se analizzato assieme alla deviazione standard sulla media. Infatti se si suppone la capacità delle batterie di un veicolo elettrico di circa 20 kWh, si nota che alcuni utenti si ricaricano solo per "rabboccare" le batterie, mentre altri ricaricano 16-17 kWh ovvero una quantità assimilabile ad un "pieno" di energia, senza il quale probabilmente non avrebbero potuto fare ritorno alla propria abitazione.

Questa seconda possibilità merita un piccolo approfondimento in quanto entra in gioco una variabile che fino a questo momento non era stata considerata nell'elaborato. La possibilità che un utente trovi la colonnina di ricarica guasta, quindi non utilizzabile, deve essere considerata nella progettazione di una rete infrastrutturale di questo tipo, soprattutto se nel prossimo futuro il numero dei veicoli elettrici circolanti diventerà più elevato. Sarà perciò fondamentale mettere in primo piano l'affidabilità del sistema che immancabilmente ricadrà come ulteriore spesa di gestione ed infine come costo per l'utente. Nell'analisi costi riportata in questo capitolo non viene fatto menzione diretta di questa voce di bilancio, ma la si può considerare compresa nel computo dei costi di mantenimento e manutenzione del dispositivo. Per le società elettriche per esempio è un caso abbastanza frequente quello di avere un servizio di segnalazione guasti di rete, attivo in continuo sulle 24 ore. Nel futuro la possibilità di potersi appoggiare a servizi di questo tipo dovrà sicuramente essere presa in esame per la gestione dei servizi di ricarica.

Tornando ai dati riportati in tabella 23, un'ultima considerazione va fatta sulla potenza media utilizzata, questo parametro è influenzato da due parametri:

- Caricabatteria di bordo veicolo
- Tempo di sosta

Nel primo caso, è una scelta delle case automobilistiche ed alla tipologia di caricatore AC che decidono di adottare per i loro modelli. Ad oggi infatti sono pochi gli EV che possono ricaricare alla potenza massima messa a disposizione, cioè 20 kW, mentre la maggior parte ha un caricatore di taglia 3,4 kW. Nel secondo caso invece è più influente la destinazione d'uso che si vuole dare al punto di ricarica, se effettivamente si pensa che la sosta degli utenti sarà in ogni caso prolungata sarà inutile optare per un'alta potenza installata presso il punto di consegna, con rispettivo aumento dei costi contrattuali. Rimandando alla figura 59 si vede che i costi di allacciamento non sono trascurabili ed hanno pesano per il 20% dei costi fissi totali.

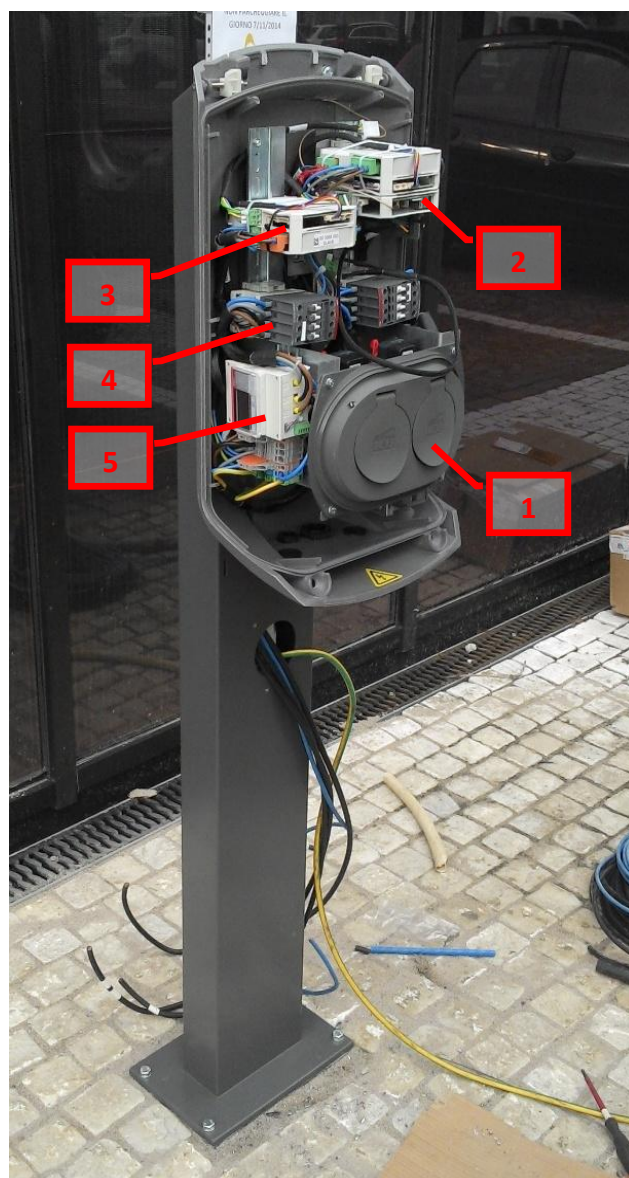


Figura 61. Immagine dei lavori di installazione della colonnina di ricarica veicoli. Le principali componenti presenti sono: 1) prese elettriche di collegamento veicolo; 2) unità centrale di controllo; 3) modem; 4) morsettiera; 5) contatori elettrici.

9.5 ANALISI ECONOMICA DELL'INVESTIMENTO

In questo paragrafo vengono analizzati i costi sostenuti per l'installazione della colonnina di ricarica, i costi fissi sono stati precedentemente esposti, mentre i costi variabili vengono desunti dalla bollette energetiche. Dati di input validi per tutti gli scenari (A,B,C):

- Vita attesa: 8 anni
- Costo iniziale di investimento: 11.526,6 € (figura 59)
- Spese di manutenzione e gestione: 5% costo iniziale
- Tasso di attualizzazione: 5%
- Potenza media erogata: 3,5 kW (in accordo con i valori sperimentali)

Costi in bolletta: 0,34 €/kWh; (questo prezzo è indicato solo a livello formale, in quanto il modello prevede che i ricavi siano ottenuti attraverso un rincaro, detto *mark up*, rispetto al prezzo di acquisto dell'energia)

9.5.1 Scenario A: Situazione reale

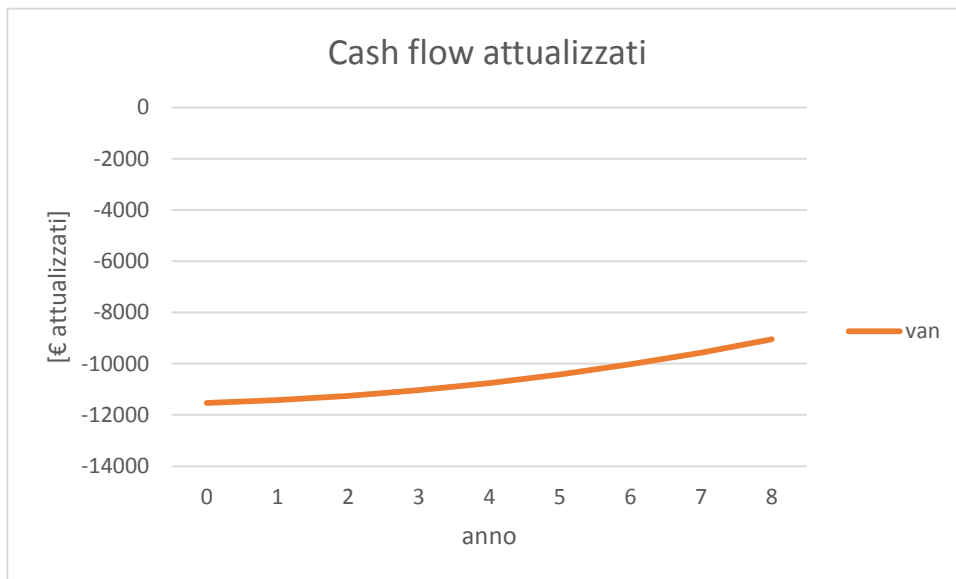


Figura 61. Flussi di cassa attualizzati scenario A, caso reale.

- Mark up: 22 c€/kWh (limite TSmax)
- Utilizzo anno 1: 3.125 kWh
- Utilizzo anno 8: 6.100 kWh (+10% ogni anno)
- VAN anno 8: -9.050 €

Questo tipo di scenario rappresenta il caso basato sugli attuali dati di consumo rilevati. Come si nota infatti la remunerazione dell'investimento risulta irraggiungibile nonostante si sia utilizzato il massimo *mark up* concesso dalla direttiva prezzi dell'AEEG.

Ai volumi attuali di utilizzo è impossibile riuscire a rendere gli investimenti profittevoli e proporre l'energia venduta a prezzi competitivi. L'incremento del consumo è valutato ad un +10% annuale, in relazione alla potenza media di 3,5 kW si arriva all'anno otto ad un utilizzo giornaliero di 5,5 ore, valore vicino a quello indicato dal modello Philip & Wiederer [28].

9.5.2 Scenario B: Aumento del sovrapprezzo o dei consumi

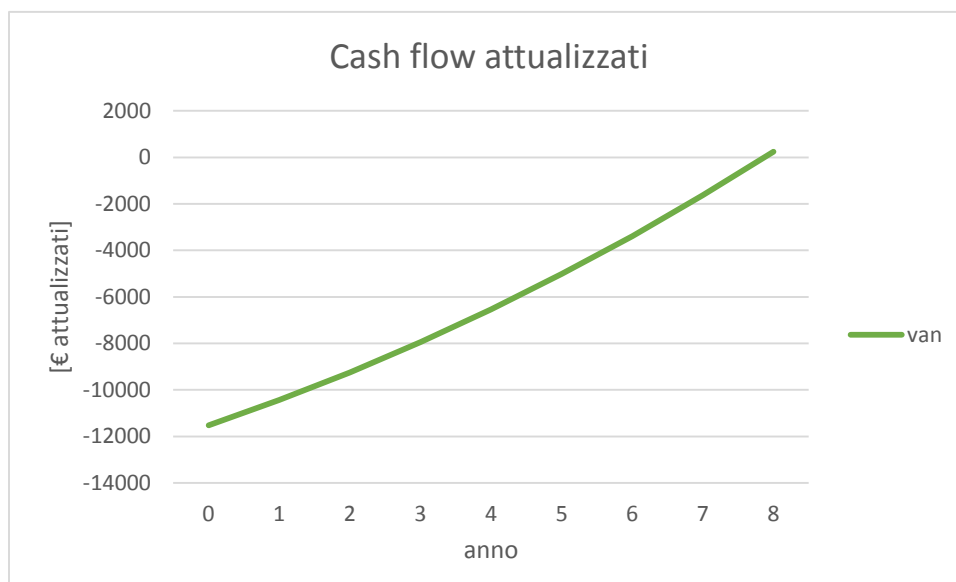


Figura 62. Flussi di cassa attualizzati scenario B, caso aumento consumi.

Aumento del sovrapprezzo:

- Mark up: 55 c€/kWh (+23 c€/kWh rispetto TSmax)
- Utilizzo anno 1: 3.125 kWh
- Utilizzo anno 8: 6.100 kWh (+10% ogni anno)
- VAN anno 8: +250 €

Aumento dei consumi

- Mark up: 25 c€/kWh (+3 c€/kWh rispetto TSmax)
- Utilizzo anno 1: 6.800 kWh
- Utilizzo anno 8: 13.650 kWh (+10% ogni anno)
- Costo O&M: 5%
- VAN anno 8: 530 €

In questo scenario si ottiene all'ottavo anno un VAN positivo attraverso la variazione di due parametri, *mark up* e quantità erogata. Questo confronto è molto indicativo perché permette di valutare nella situazione odierna qual è l'effettivo rincaro che è necessario applicare all'energia venduta. Inoltre è possibile effettuare il ragionamento inverso che permette di capire che volume di utilizzo sarebbe attualmente necessario per remunerare l'investimento, applicando la tariffa massima indicata dall'AEEG.

Capitolo 9: Infrastruttura di ricarica: un caso pratico

Analisi economica dell'investimento

Nel primo caso la quantità di 3.125 kWh è pari al consumo di un EV che percorre 20.000 km all'anno, se viene considerato un rapporto 20:80 tra ricarica pubblica e privata, sono necessari 5 utenti per raggiungere tale quantità di energia. Tuttavia il sovrapprezzo che deve essere applicato risulta completamente fuori mercato, proporre energia maggiorata di una quota pari a 55 c€/kWh può essere considerata una soluzione improponibile.

La seconda ipotesi è invece basata su un aumento dei consumi. Per raggiungere un volume di 6800 kWh erogati, gli utenti dovrebbero essere 10 ed il sovrapprezzo sarebbe più contenuto di "soli" 25 c€/kWh. Si fa notare che il prezzo completo di oneri rete e imposte risulterebbe doppio o triplo rispetto al costo domestico dell'energia. Inoltre il consumo è destinato ad aumentare annualmente arrivando ad un valore circa doppio al termine dell'ottavo anno, è bene sottolineare che una tale energia erogata possa essere verosimilmente raggiunta solo aumentando la potenza media impiegata nella ricarica e con alti fattori giornalieri di utilizzo.

9.5.3 Scenario C: Riduzione del costo di installazione e aumento consumi

- Mark up: 25 c€/kWh (+3 c€/kWh rispetto TSmax)
- Utilizzo anno 1: 4900 kWh
- Utilizzo anno 8: 9700 kWh (+10% ogni anno)
- Costo O&M: 10%
- VAN anno 8: 0 €

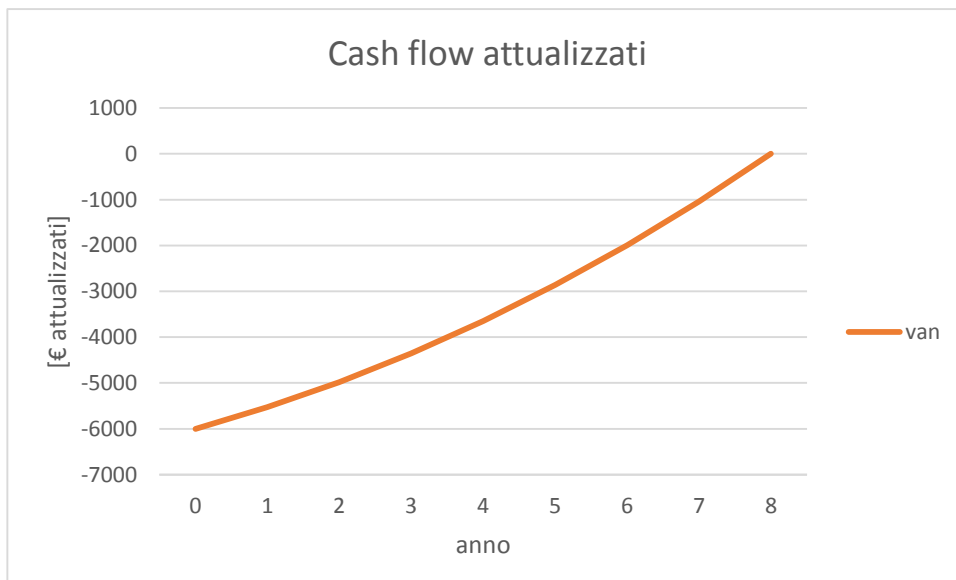


Figura 63. Flussi di cassa attualizzati scenario C, ridurre costi installazione.

La soluzione C vuole invece rappresentare un punto di medio su quello che potrebbe essere uno scenario a medio bassa diffusione di veicoli EV, considerato più veritiero soprattutto nel breve periodo. Inoltre si prevede una scelta del luogo di installazione legata alla massima riduzione dei costi, quindi sostanzialmente in prossimità delle cabine secondarie del distributore o con mirate inserzioni ad antenna lungo le linee BT.

9.6 CONCLUSIONI

Le attuali prestazioni dei sistemi di accumulo per autoveicoli non sono in grado di garantire agli utilizzatori una sufficiente autonomia di spostamento. Inoltre per loro natura gli accumulatori sono soggetti ad un funzionamento non costante ed influenzato da fattori come l'invecchiamento e la temperatura esterna. Non risulta trascurabile nemmeno l'effetto dei dispositivi ausiliari del veicolo, ad esempio l'autoradio, i fari ed il sistema di riscaldamento sono accessori che riducono ulteriormente l'autonomia a disposizione. È quindi necessario che parallelamente alla diffusione dei veicoli elettrici venga predisposta una rete di ricarica in grado di garantire agli utenti un sufficiente grado di sicurezza per i loro spostamenti. Come riportato nel capitolo relativo all'analisi della mobilità, la maggior parte di domanda di spostamento degli utenti non va oltre i 60 km, risultando quindi molto al di sotto del range garantito dagli EV. Questa caratteristica non è però sufficiente a rendere agli occhi dell'automobilista medio i veicoli elettrici come una valida alternativa ai veicoli tradizionali con MCI. La valutazione economica di un caso reale esposta in questo capitolo, è stata volta a determinare se con l'attuale grado di diffusione dei veicoli elettrici sia possibile rendere economicamente sostenibile un business legato alla vendita di energia per gli EV con colonnine di ricarica AC. Alla luce di queste simulazioni economiche, va aperta una piccola parentesi legata ai contenuti della direttiva europea 2014/94/UE. In questa direttiva viene riportato come plausibile il numero di 1 colonnina di ricarica ogni 10 EV, per esempio quella riportata in questo capitolo è munita di due attacchi e quindi dovrebbe rispondere alle necessità di 20 veicoli. Dallo scenario C si parte da un consumo all'anno 1 di 4.900 kWh per arrivare all'anno 8 a circa un raddoppio dell'energia erogata, prendendo come valore medio annuo 7.500 kWh, stando ai dati sperimentali si ottiene che è possibile erogare tale quantità di energia con un fattore di utilizzo giornaliero di circa 11% (2 veicoli collegati per circa 02:45 ore al giorno ciascuno). Il fatto di aver utilizzato il *mark up* massimo consentito, deve mettere in guardia rispetto all'effettiva disponibilità a pagare del consumatore per avere la ricarica. Infatti per un normale contratto domestico, il prezzo dell'energia è compreso tra i 0,2-0,25 €/kWh, che è circa un terzo del prezzo finale calcolato per la vendita attraverso una colonnina di ricarica.

Ricordando la relazione proposta nel capitolo della tariffazione elettrica, il prezzo finale per l'utente di ricarica pubblica viene così composto:

$$\text{Prezzo finale} \left[\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right] = \text{Tariffa} + [\text{prezzo servizio di ricarica}] + \\ + \text{prezzo energia} + \text{imposte}$$

Considerando che il prezzo pagato per l'energia attraverso le bollette è risultato essere di 34 c€/kWh, mentre la componente di tariffa legata agli oneri generali di rete e la componente TSmax vengono fissati dall'AEEG ad un totale di circa 40 c€/kWh (senza imposte), al netto del prezzo dell'energia si raggiungono costi specifici al kWh piuttosto elevati. Il costo finale che viene presentato all'utente è sicuramente maggiore rispetto a quello che si ottiene nel proprio punto di ricarica domestico e questo rappresenta una discriminante nella scelta di ricaricarsi presso le colonnine installate. Dagli scenari riportati, all'attuale livello di domanda energetica per veicoli, le colonnine non risultano sostenibili. È quindi necessario cercare di ridurre i costi di investimento o di esercizio. Per esempio una società energetica deve considerare che i propri clienti possessori di auto elettriche effettueranno la maggior parte delle ricariche a casa e quindi il loro consumo

Capitolo 9: Infrastruttura di ricarica: un caso pratico

Conclusioni

domestico annuale risulterà all'incirca raddoppiato portando quindi ad un aumento dei ricavi. Una famiglia tipo consuma annualmente circa 2.700 kWh di energia elettrica. Il consumo per un'auto elettrica che compie annualmente 15.000 km è di 2.500 kWh, se come hanno dimostrato finora i dati dei progetti sperimentali il rapporto tra ricarica privata e pubblica è 80:20, risulta che presso la propria abitazione verranno ricaricati mediamente 2.000 kWh in più rispetto ad un utente "tipo" che non possiede un'auto elettrica. Un altro possibile scenario è quello di ricercare delle collaborazioni di co-marketing con società o enti presenti sul territorio. Al momento infatti sono già presenti a livello nazionale alcuni punti di ricarica gratuita, i quali sono per esempio offerti da centri commerciali o supermercati. L'idea che sta alla base di questo sistema è legata al ritorno d'immagine verso la comunità locale o al vantaggio offerto per i propri clienti rispetto alla concorrenza.

Potrebbe infatti essere sviluppato un modello di business tra il soggetto o azienda che vuole realizzare un'infrastruttura di ricarica (fornitrice dei dispositivi e del servizio di gestione) e quella che invece vuole investire in un settore green come iniziativa autopromozione. Questo modello riuscirebbe a ridurre i costi di realizzo e permetterebbe di realizzare una rete di ricarica a costi contenuti facendo convergere su un unico obiettivo l'interesse di più soggetti. Ovviamente queste proposte sono mirate ad una azione di breve periodo, qualora dovessero rivelarsi valide favorirebbero la diffusione degli EV facendo lievitare la quantità di energia domandata e rendendo appetibili investimenti di maggiore peso come per esempio le stazioni di ricarica veloce in corrente continua. Per compiere questo ulteriore step è infatti fondamentale che diffusione e circolazione di EV aumentino in modo consistente altrimenti per i privati non vi sarà modo di ricavare profitti ed ammortizzare gli investimenti.

BIBLIOGRAFIA

- [1] «Scame Italia,» [Online]. Available:
http://www.scame.com/it/infopoint/newmobility/origine_auto_elettrica.asp.
- [2] «History of the electric vehicle,» [Online]. Available:
http://it.wikipedia.org/wiki/Pagina_principale. [Consultato il giorno luglio 2014].
- [3] G. C. Cromer, «Enciclopedia Britannica,» 2013. [Online]. Available:
<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/44957/automobile/259061/Early-electric-automobiles#ref=ref918099>.
- [4] G. Archer, "Electric Vehicles in 2013: Progress Report," 2014.
- [5] P. M. a. Z. Yang, «Driving Electrification: a global comparison of fiscal incentive policy for electric vehicles,» ICCT International council on clean transportation, 2014.
- [6] «ev-observatory.eu,» [Online]. Available: <http://ev-observatory.eu/>.
- [7] quattroruote. [Online]. Available: www.quattroruote.it. [Consultato il giorno luglio 2014].
- [8] G. Mauri, «RSE - Ricerca sul sistema elettrico: E... muoviti! Mobilità elettrica a sistema,» Alkes, 2013.
- [9] Antonio Valsecchi, «RSE - Impatto sul sistema elettrico della potenziale diffusione dei veicoli elettrici,» Milano, 2012.
- [10] EUROBAT, «A review of battery technologies for automotive applications,» 2013.
- [11] Tesla Motors, 2014. [Online]. Available:
http://www.teslamotors.com/sites/default/files/blog_attachments/gigafactory.pdf.
- [12] M. Cianflone, «Incentivi auto al via,» *Il sole 24 ore*, 5 maggio 2014.
- [13] Z. Shahan, «www.evobsession.eu,» Agosto 2014. [Online]. Available:
www.evobsession.eu.
- [14] O. e. -. Fachmagazine, «E-Mobilität - was kostet die Zukunft,» *Oesterreichs energie - Fachmagazine*, Maggio 2014.
- [15] R. P. Governo italiano, «Accordo di programma per l'adozione coordinata e congiunta di misure per il miglioramento della qualità dell'aria nel bacino Padano,» 2013. [Online]. Available: <http://www.provincia.bz.it/agenzia-ambiente/aria/piano-qualita-aria.asp>.

- [16] H. Fuchs, «Infomob 2012 - Mobilità e traffico in Provincia di Bolzano,» ASTAT - Istituto provinciale di statistica, Bolzano, 2014.
- [17] M. Z. Thomas Benelli, «Bilancio energetico Alto Adige,» PRINTEAM, Bolzano, 2012.
- [18] R. Agnolin, «Il confronto tra i rendimenti dalla fonte alla ruota per: auto con motore endotermico, auto elettrica, auto a fuel cell H2,» Padova, 2009/2010.
- [19] E. Comunità, *Regulation (EU) No 333/2014*, Vol. %1 di %2http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2014.103.01.0015.01.ENG, Bruxelles, 2014.
- [20] Istituto ISFORT, «Osservatorio sui comportamenti di mobilità degli italiani,» 2011.
- [21] Tectra, 2012.- modello mobilità degli italiani [Online]. Available: <http://www.tectra.org/>.
- [22] M. I. e. Trasporti, «Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti,» Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato S.p.A., Roma, 2011.
- [23] F. S. Sostenibile, «LA RIDUZIONE DELLA CO2 NEL SETTORE TRASPORTI,» Naif Srl, Roma, 2013.
- [24] M. I. e. d. Trasporti, «Piano Nazionale PNIRE,» MIT, Roma, 2014 aggiornamento.
- [25] I. H. A. Z. Comune di Bolzano - Willi Hüsler, «PUM - 2020,» Ufficio mobilità comune di Bolzano, Bolzano, 2010.
- [26] A. S. Maurizio Delfanti, *Smart Grid - Le reti elettriche di domani*, Roma: GieEdizioni, 2011.
- [27] EnergyLab, *Sviluppare la mobilità elettrica*, Milano: GieEdizioni, 2011.
- [28] R. W. A. Philip, *A Policy Options for Electric Vehicles Charging Infrastructures*, MPP Harvard Kennedy School, 2010.
- [29] AEEGSI. [Online]. Available: <http://www.autorita.energia.it/it/index.htm>.
- [30] D. Bertini, 2010. [Online]. Available: <http://www.rse-web.it>.

RINGRAZIAMENTI

Al termine della stesura di questa tesi volevo ringraziare il mio relatore Prof. Arturo Lorenzoni per la sua cordialità e disponibilità nell'accogliermi come tesista, dandomi la possibilità di trattare un argomento di grande attualità in collaborazione con un'azienda operante ai più alti livelli nel settore dell'energia. In secondo luogo voglio ringraziare tutte le persone del reparto di ingegneria e consulenza elettrica dell'azienda SEL di Bolzano, i quali mi hanno accolto nei sei mesi di durata del mio lavoro di tesi. In particolar modo ringrazio il responsabile di reparto Dieter Theiner, il quale mi ha permesso di applicarmi ad un interessante caso di studio e cosa ancora più gratificante di materializzare tutto il lavoro fatto attraverso la messa a disposizione di un budget e delle risorse tecniche ed umane presenti in azienda. Un fortissimo grazie va alla mia famiglia, la quale mi ha accompagnato nel mio percorso universitario non ostante le numerose difficoltà che si possono trovare nell'affrontare un percorso scolastico molto impegnativo come l'ingegneria. Il sostegno dei miei familiari e la costanza con cui mi hanno appoggiato sono stati fondamentali per il raggiungimento della mia laurea come obiettivo finale della mia carriera di studio. In fine ringrazio i miei amici di sempre, i quali ho avuto il piacere di conoscere al di fuori della mia carriera universitaria, senza l'aiuto dei quali non avrei potuto affrontare con la serenità che mi ha caratterizzato il mio percorso di studi.

Un ringraziamento a tutti i compagni conosciuti in questa avventura universitaria, per chi come me è riuscito ad arrivare al termine del percorso, ma anche a chi ha deciso che quella non fosse la sua strada e di seguirne una differente, conscio delle difficoltà e del sacrificio che lo studio comporta, la vicinanza di tutti mi ha permesso di maturare ed accrescere il gusto nel raggiungere il traguardo finale.