

Luca Tegon

Laurea Triennale in Ingegneria Energetica

n. matricola 545278



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

“L’IMPATTO DELLA MOBILITA’  
ELETTRICA SUL CONSUMO DI  
CARBURANTI”

Relatore : Professore Arturo Lorenzoni

Anno accademico 2009/2010



## INDICE

- Introduzione
- 1) Quadro normativo
- 2) Situazione attuale
  - 2.1 Parco auto circolante
  - 2.2 Domanda di carburante per il settore dei trasporti
- 3) Situazione prevista per il 2020
  - 3.1 Parco auto circolante
  - 3.2 Domanda di carburante per il settore dei trasporti
- 4) Ipotesi parco auto elettriche per il 2020
- 5) Riduzione dei consumi di carburante
- 6) Dati di riferimento per l'auto elettrica
- 7) Consumi di energia dovuti al parco auto elettriche e costi annui
- 8) Movimento di denaro dal mercato dei carburanti al mercato dell'energia elettrica
- 9) Quantitativo di gas naturale per generazione energia elettrica destinata al settore automobilistico
- 10) Prezzo competitivo di un'auto elettrica sul mercato italiano
- Conclusioni
- Bibliografia

## INTRODUZIONE

Il settore automobilistico è uno dei comparti industriali più importanti nel panorama mondiale ed è oggetto a particolari attenzioni da parte dei governi mondiali, soprattutto per il prestigio che questo comporta e per il volume di manodopera che questo settore coinvolge.

L'automobile, dal secondo dopoguerra, rappresenta il più comune mezzo di trasporto civile, sia urbano che extraurbano, e negli anni il suo sviluppo ha sempre seguito le necessità e le preferenze dell'uomo.

Date le sue caratteristiche l'automobile ha sempre avuto un'enorme espansione, nei paesi europei negli anni 50 come nei paesi in via di sviluppo oggi, e ha sempre rappresentato elevazione sociale e benessere.

Bisogna comunque sottolineare che il settore automobilistico, ed in generale il settore dei trasporti, è caratterizzato dal fatto di essere un settore industriale che negli anni non è riuscito a portare grandi innovazioni, presentando in sostanza la stessa tecnologia di trent'anni fa; solo negli ultimi anni, sospinta dalle normative in termini di tutela ambientale e riduzione delle emissioni, l'auto si sta evolvendo, verso una riduzione dei consumi e alimentazioni diverse dai combustibili fossili.

L'elevato tasso di inquinamento dei centri urbani, al quale contribuisce un traffico sempre crescente, rende sempre più urgente la sostituzione dell'attuale parco auto, con autovetture più pulite: l'auto elettrica rappresenta una valida alternativa in questa sostituzione, dato il rendimento energetico nettamente superiore e la quasi assente emissione di gas inquinanti.

L'auto elettrica potrebbe sostituire il concetto di *non mobilità* adottato dagli amministratori locali con le periodiche chiusure al traffico delle aree urbane con la *mobilità sostenibile*, per dare vitalità ai centri urbani e una spinta verso l'innovazione per il settore dei trasporti.

La sostituzione delle auto odierne con le auto elettriche, soprattutto in ambiente urbano, porterebbe sicuramente benefici: come risulta dal rapporto CIVES il 60% degli automobilisti europei e italiani percorre meno di 30 km al giorno, e circa il

90% degli automobilisti percorre meno di 100 km al giorno: distanze che già le auto elettriche odierne, con le batterie in commercio, potrebbero soddisfare.

L'introduzione delle auto elettriche porterebbe anche ad una potenziale diversificazione nel settore dei trasporti, con l'introduzione del vettore elettrico come fonte di alimentazione per le vetture, che consentirebbe una flessibilità maggiore sotto l'aspetto della variazione del prezzo del carburante, e una riduzione del consumo di risorse primarie, dove il settore dei trasporti rappresenta il 30% dei totali consumi.

Sulla base di quanto finora introdotto, con questo elaborato si tratterà la situazione italiana sotto il profilo del parco auto circolante e dei consumi di carburante, per poi introdurre nel parco auto italiano alcune quote significative di autovetture elettriche, andando a studiare la situazione prevista in futuro, riportando le nostre ipotesi al 2020.

La data del 2020 e le quote di introduzione delle auto elettriche sono in accordo con il quadro normativo in materia di combustibili alternativi, e prenderemo in considerazione soprattutto la direttiva europea 2003/30/CE.

Una volta stabilita la situazione per il 2020 in termini di parco auto e consumo di carburanti si valuteranno le conseguenze che la mobilità elettrica comporta, analizzando soprattutto in termini quantitativi come varieranno il mercato dei carburanti e il mercato dell'energia elettrica.

Infine verranno valutati i cambiamenti percepiti dall'automobilista italiano, in termini di spesa di mantenimento della vettura e di prezzo di mercato di un'auto elettrica.

## 1) QUADRO NORMATIVO

La normativa europea ed italiana che regola il settore automobilistico è consistente e in notevole fermento; basti pensare che sul mercato delle automobili agiscono norme in materia di sicurezza sempre crescente, standard ambientali, scelte costruttive, ecc...

Il settore automobilistico e in generale quello di trasporti rappresenta uno dei maggiori settori industriali, e in termini di uso finale dell'energia il solo settore dei trasporti prende il 30% del totale utilizzo di energia; questa importanza pertanto giustifica tutto l'impegno normativo.

Le normative più importanti riguardanti il settore dei trasporti sono le normative EURO, che fissano sempre più rigidi standard di emissioni per le autovetture, mentre per quanto riguarda i carburanti le maggiori direttive europee sono la 98/70/EU e la direttiva 2003/30/CE.

- La direttiva europea 2003/30/CE

Per la stesura dell'elaborato prendiamo come riferimento principale la direttiva europea 2003/30/CE dell'8 maggio 2003 sui biocarburanti.

Questa direttiva fa parte di una serie di norme comunitarie atte a regolamentare l'utilizzo di risorse fossili e a contrastare l'aumento di emissioni di gas serra, soprattutto di biossido di carbonio.

Questa direttiva promuove lo sviluppo e l'utilizzo di biocarburanti e carburanti alternativi nel settore dei trasporti; stabilisce quali sono i biocarburanti oggi in commercio e quali siano le tecnologie assimilabili a carburanti alternativi come per esempio le fuel-cell e il vettore elettrico, e stabilisce l'obiettivo di arrivare alla sostituzione del 10% in valore energetico di carburanti tradizionali con biocarburanti o carburanti alternativi al 2020, con target intermedi del 2% per il 2005 e del 5,75% per il 2010.

La direttiva promuove i biocarburanti e i carburanti innovativi, soprattutto se di origine rinnovabile, al fine di contribuire anche per il settore trasporti alla

riduzione di emissione di CO<sub>2</sub> e al rallentamento dello sfruttamento delle risorse fossili.

L'Unione Europea e gli stati membri promuovono, proprio con questa direttiva, lo sviluppo e l'utilizzo di biocarburanti, utilizzati puri o in miscela con carburanti tradizionali, per favorire il raggiungimento dell'obiettivo fissato tenendo in considerazione lo stato tecnologico attuale. Le auto attuali infatti funzionano correttamente senza problemi con miscele di carburanti tradizionali e bio, ed esistono già soluzioni tecnologiche che consentono l'utilizzo puro dei biocarburanti, biodiesel in particolare.

In questa sede considereremo come alimentazione alternativa il vettore elettrico: essendo il vettore elettrico una alimentazione alternativa incompatibile con le auto di maggior diffusione allo stato attuale, il raggiungimento dell'obiettivo in valore energetico si raggiunge anche attraverso la sostituzione, in valore compatibile, del parco auto circolante con autoveicoli elettrici.

Considereremo solo la situazione italiana, andando a sostituire una quota delle auto circolanti previste per il 2020 con vetture elettriche; analizzeremo tre differenti gradi di espansione delle vetture elettriche, designando così diversi scenari.

I gradi di espansione considerati sono quello dell'1%, del 5% e del 10% di vetture elettriche sul totale parco auto circolante in Italia per il 2020:

1%) rappresenta il mancato sviluppo della mobilità elettrica nel settore trasporti italiano; è una percentuale interessante e in linea con le previsioni attuali di sviluppo delle auto elettriche, in quanto previsioni di mercato per auto e carburanti prevedono per il 2020 un ammontare di autoveicoli elettrici al 2020 pari a 500 mila unità, pari a meno del 2% del totale.

La quota dell'1% rappresenta l'ipotesi più pessimistica di questa indagine ma che più si avvicina alle previsioni attuali.

5%) rappresenta la situazione intermedia fra la situazione peggiore e la situazione ottimale di sviluppo delle auto elettriche nel mercato italiano.

10%) rappresenta il totale raggiungimento della direttiva europea attraverso il solo utilizzo di auto elettriche, quindi con la maggior penetrazione elettrica sui

totali consumi finali per il settore trasporti. Sarà interessante notare i volumi di carburante invenduto e di domanda di energia elettrica con questa situazione.



## 2) SITUAZIONE ATTUALE

- 2.1 Parco auto circolante

Il parco auto circolante in Italia conta un totale di oltre 46 milioni di automezzi, considerando sia le auto che moto, camion, autobus.

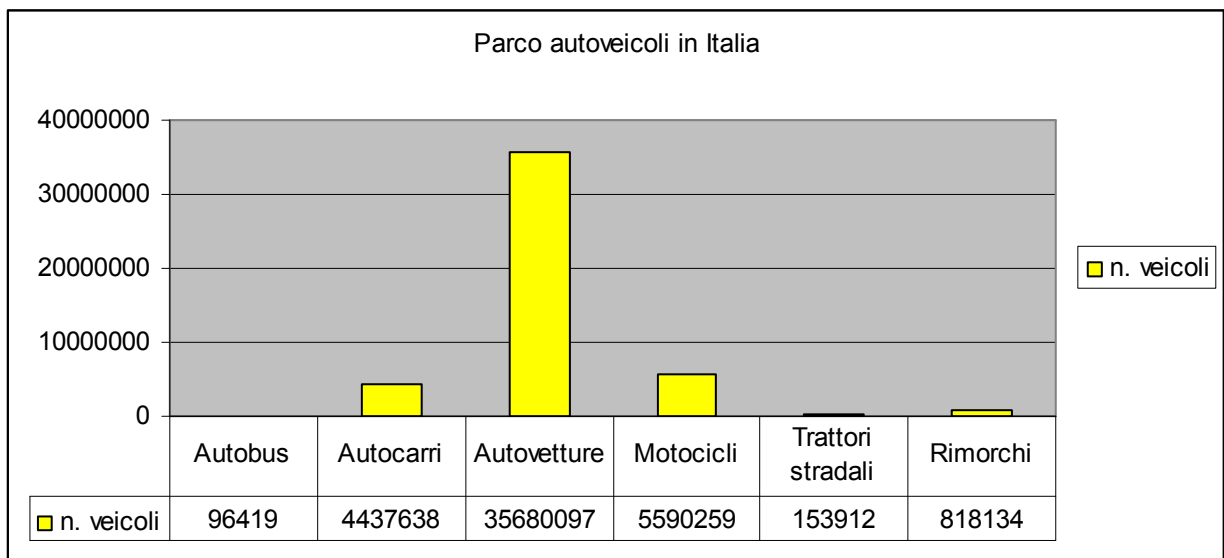


Figura 2.1 Parco autoveicoli in Italia; fonte: ACI

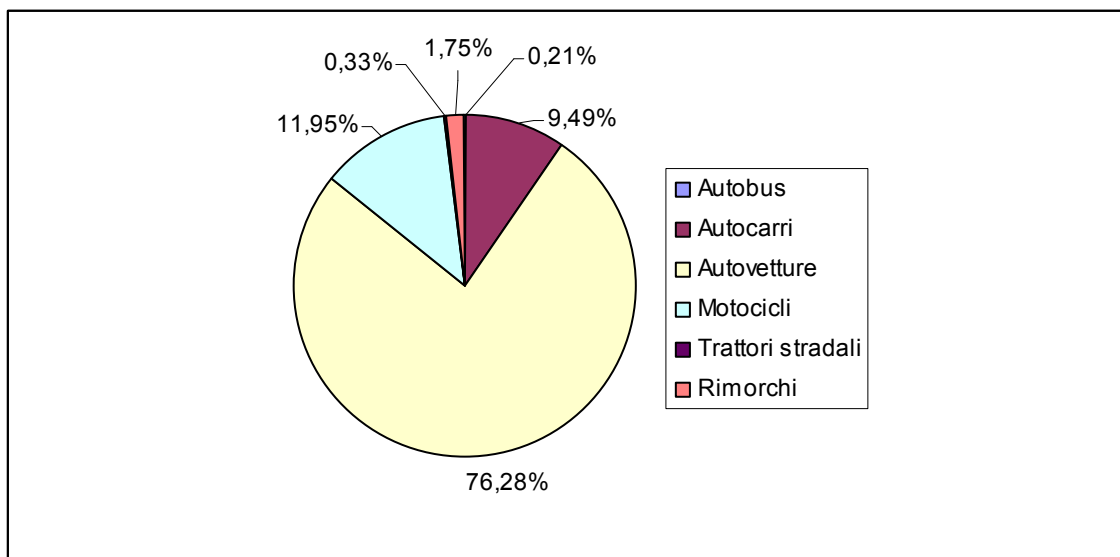


Figura 2.2 Quote percentuali autoveicoli in Italia; fonte: ACI

Per quanto riguarda le auto, in Italia circolano 35 680 097 auto, con una densità di 60 auto per abitante (il valore più alto d'Europa), con una anzianità media di 7 anni e 6 mesi, le auto alimentate a benzina sono 22 180 385, con un'anzianità media di 9 anni e 4 mesi; le auto alimentate a gasolio sono 12 065 254, con un'anzianità media di 4 anni e 4 mesi.

Le restanti 1 434 458 son auto ad altre alimentazioni, soprattutto alimentate a GPL, la cui anzianità media è di 11 anni e 7 mesi.

E' da notare la presenza di circa 3 milioni di automobili con un'anzianità superiore ai 20 anni: questa fetta di autoveicoli contiene veicoli sicuramente poco utilizzati o comunque auto d'epoca o collezionismo; al fine della nostra indagine non considereremo queste vetture.

Altro dato interessante è che sulla totale quantità di veicoli in Italia, le automobili ricoprono il 76% del settore.

In base alle considerazioni fatte, basiamo i calcoli su un parco circolante totale pari a circa 32,7 milioni di vetture

	Autovetture [milioni di auto]		
	Totali immatricolate	Anzianità > 20 anni	Auto realmente circolanti
Benzina	22,1	2,33	19,8
Gasolio	12,06	0,44	11,6
Altro	1,43	0,14	1,29
Totale			32,7

Tabella 2.1 auto immatricolate e auto circolanti in Italia

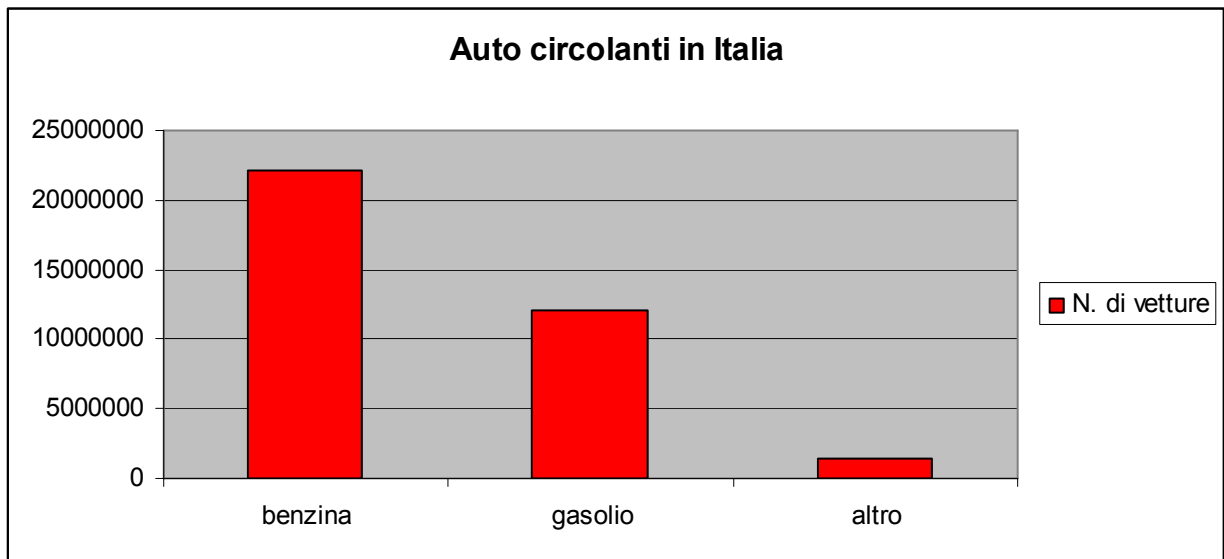


Figura 2.3 Auto immatricolate in Italia; fonte: ACI, Analisi dell'anzianità del parco veicoli in Italia, dicembre 2008

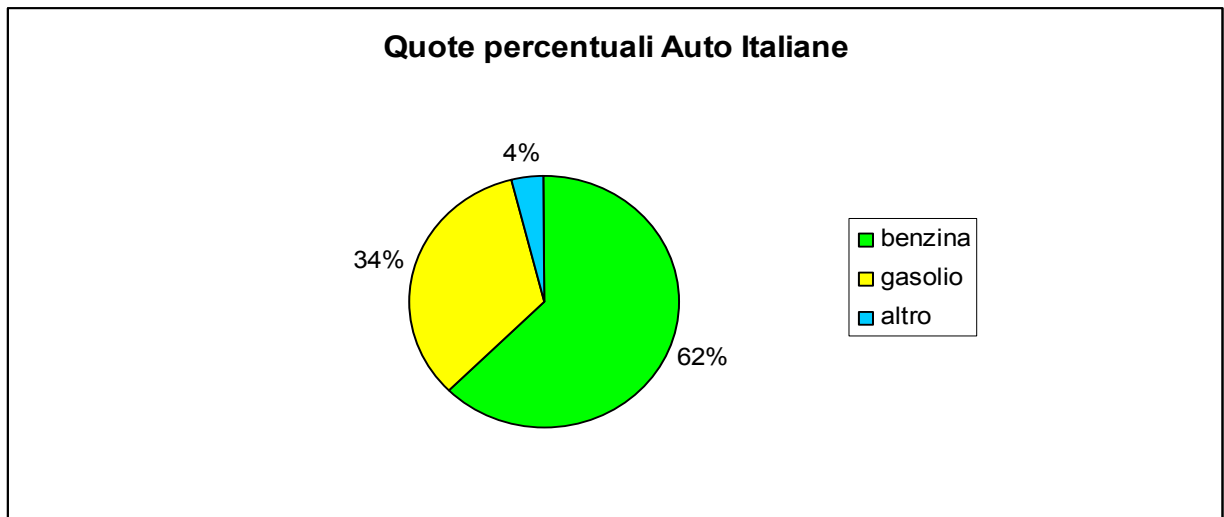


Figura 2.4 quote percentuali auto in Italia; fonte: ACI, Analisi dell'anzianità del parco veicoli in Italia, dicembre 2008

Per quanto riguarda i consumi, i dati attuali parlano di un consumo medio per le auto a benzina di 15,3 km/litro, mentre i consumi specifici per le auto a gasolio sono più contenuti, con un valore medio di 17,7 km/litro. La percorrenza annua invece per le auto a benzina vale 11500 km/anno, e 25000 km/anno per le auto a gasolio.

	Consumo [km/Lt]	Percorrenza [km]
Benzina	15,3	11500
Gasolio	17,7	25000

Tabella 2.2 Dati su consumo e percorrenza auto in Italia; fonte: UP

- 2.2 Domanda di carburante per il settore dei trasporti

Ad oggi in Italia la domanda i combustibili per il settore dei trasporti corrisponde a 13 milioni di tonnellate annue per la benzina e 29 milioni di tonnellate annue di gasolio (dati 2007 Ministero sviluppo economico).

Fra i carburanti non tradizionali la domanda di GPL è di circa 950mila tonnellate annue, che rappresenta il 30% del totale GPL consumato in Italia.

Un dato interessante è quello del gasolio extrarete, con una domanda annua pari a circa 10 milioni di tonnellate; questa quota rappresenta il gasolio utilizzato da flotte private, come trasportatori o comunque utilizzati nel settore industriale e commerciale, che non entrano nel circuito dei punti vendita stradali.

La domanda di carburanti negli ultimi anni è mutata in maniera considerevole ed è in continua evoluzione con cambiamenti a volte repentini; questa variabilità è dovuta: al continuo cambiamento del prezzo dei carburanti sul mercato, all'evoluzione tecnologica nel settore automobilistico, con l'avvicinamento delle prestazioni tra vetture a benzina e gasolio, inoltre è dovuta anche al forte sviluppo di auto a GPL e metano spinta anche da vincoli ambientali imposti dagli enti locali e incentivi statali alla vendita di queste vetture.

La benzina ha subito, dal 2005 ad oggi, un calo della domanda del 6%, il gasolio invece vede un incremento della domanda del 4%: questi dati coincidono sia su base autostradale che su base locale.

Il GPL è in leggera flessione, con un calo dal 2005 ad oggi del 2%, in linea con l'andamento del complessivo settore combustibili-carburanti.

	Rete [kton]	Extrarete [kton]	Autostradale [kton]	TOTALE [kton]
GASOLIO	16862	9749	2414,5	29025,5
BENZINA	11712	638,5	767,8	13118,3
LUBRIFICANTI	537		238,5	775,5
	Civile	Militare		
CARBOTURBO	4117,5	113,5		4231
	Autotrazione			
GPL	944			944
METANO [mc]	450			450
<b>TOTALE COMBUSTIBILI PER AUTOTRAZIONE</b>				<b>48544,3</b>

Tabella 2.3 Consumo combustibili in Italia per autotrazione anno 2007; fonte: Ministero Sviluppo Economico

I dati della domanda di carburante in Italia non si riferiscono alle sole autovetture, ma all'intero settore dei trasporti, e quindi sono compresi i consumi di veicoli come motocicli, rimorchi, semirimorchi, autobus e macchine agricole.

### 3) SITUAZIONE PREVISTA PER IL 2020

- 3.1 Parco auto circolante

Le previsioni di vendita per il settore automobilistico stabiliscono che per il 2020 in Italia il parco auto complessivo sarà costituito da 33 milioni di vetture, con una crescita marginale dai 32,5 milioni attuali, in base anche all'aumento della popolazione italiana (1 milione di abitanti).

L'andamento complessivo vedrà il diminuire delle vetture a benzina, e un aumento di vetture a gasolio e GPL. In termini quantitativi il parco auto sarà costituito da 15,6 milioni di vetture alimentate a benzina, 14,4 milioni di vetture alimentate a gasolio e le restanti 3 milioni di vetture ad altre alimentazioni la maggior parte delle quali alimentate a GPL.

Grazie all'innovazione tecnologica e al progressivo miglioramento delle autovetture, per il 2020 è previsto un leggero calo dei consumi per le auto a benzina, passando dai 15,3 ai 15,4 km/lt, e un sensibile miglioramento per il gasolio passando dai 17,7 ai 19 km/lt.

Le previsioni non danno molta importanza alle auto elettriche, quantificando al 2020 un totale di circa 500 mila unità.

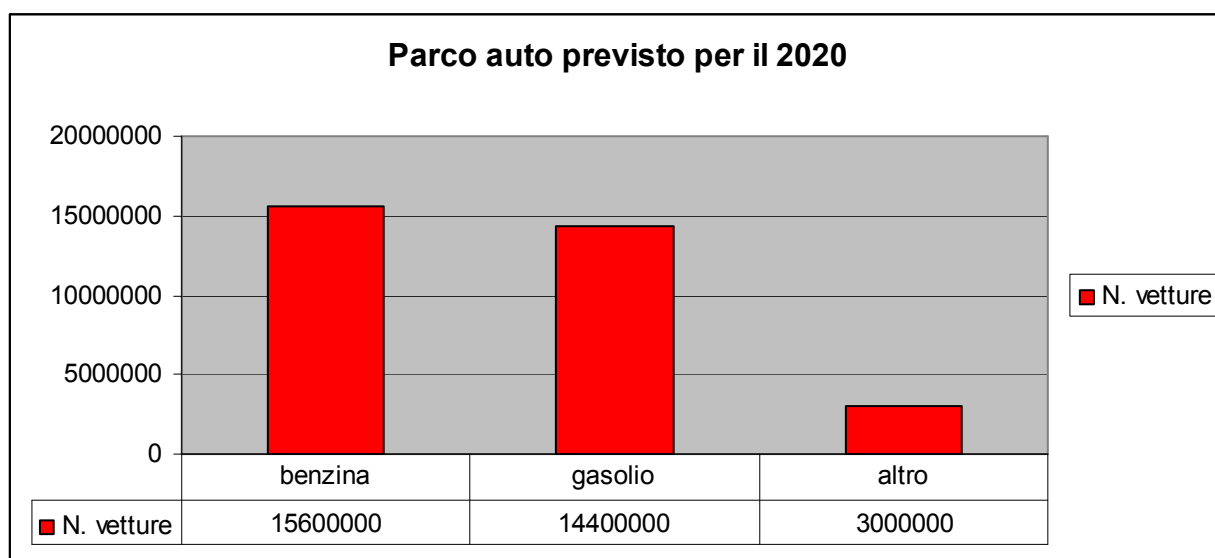


Figura 3.1 Previsioni parco auto in Italia al 2020; fonte: UP, *Il mercato dei carburanti: evoluzione normativa e prospettive*, giugno 2009

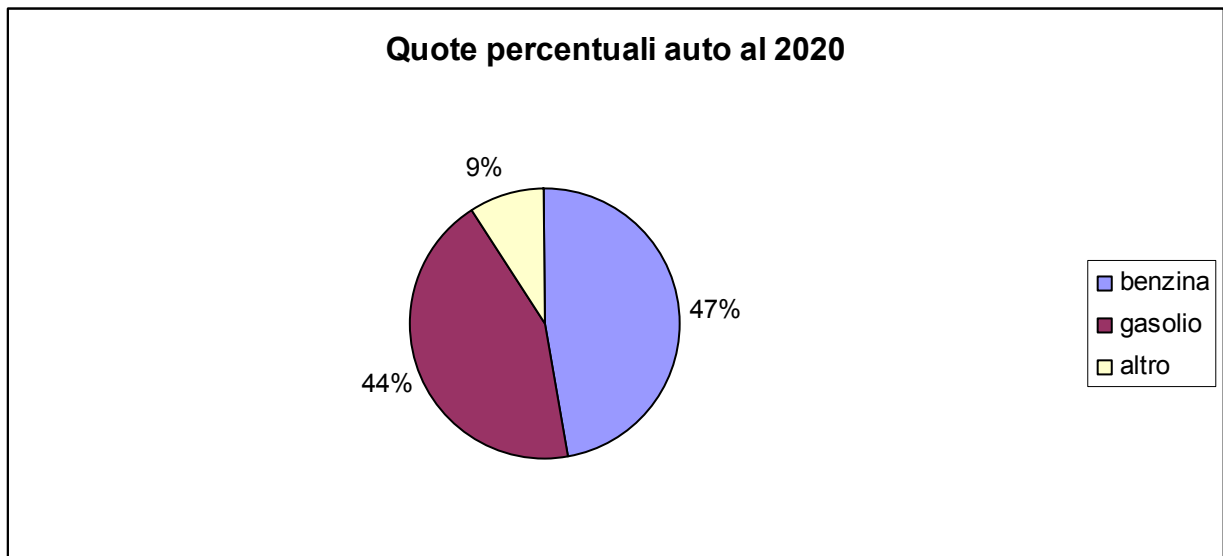


Figura 3.2 quote percentuali auto al 2020 in Italia; fonte: UP, Il mercato dei carburanti: evoluzione normativa e prospettive, giugno 2009

	Consumo [km/lt]	Percorrenza [km]
Benzina	15,4	11500
Gasolio	19	25000

Tabella 3.1 dati su consumo e percorrenza previsti per il 2020; fonte: UP

- 3.2 Domanda di carburante per il settore dei trasporti

Per il 2020 il settore dei carburanti prevede una domanda complessiva di combustibili per autotrazione stazionaria, in linea con i volumi di consumo attuali, ma con un differente evolversi per i singoli carburanti.

La domanda di benzina continuerà a calare, con un volume previsto in 9,25 milioni di m<sup>3</sup> per il 2020; il gasolio crescerà fino a 27,5 milioni di m<sup>3</sup> annui per il 2020 e soddisferà più della metà dell'intera domanda di carburanti per autotrazione.

Per i carburanti alternativi per il 2020 sono previsti 3 milioni di m<sup>3</sup> di GPL, in aumento rispetto ad oggi, 1,75 milioni di m<sup>3</sup> di metano e, in accordo con la direttiva 2003/30/CE il settore dei carburanti prevede 5 milioni di m<sup>3</sup> di biofuels, pari al 10% della domanda complessiva.

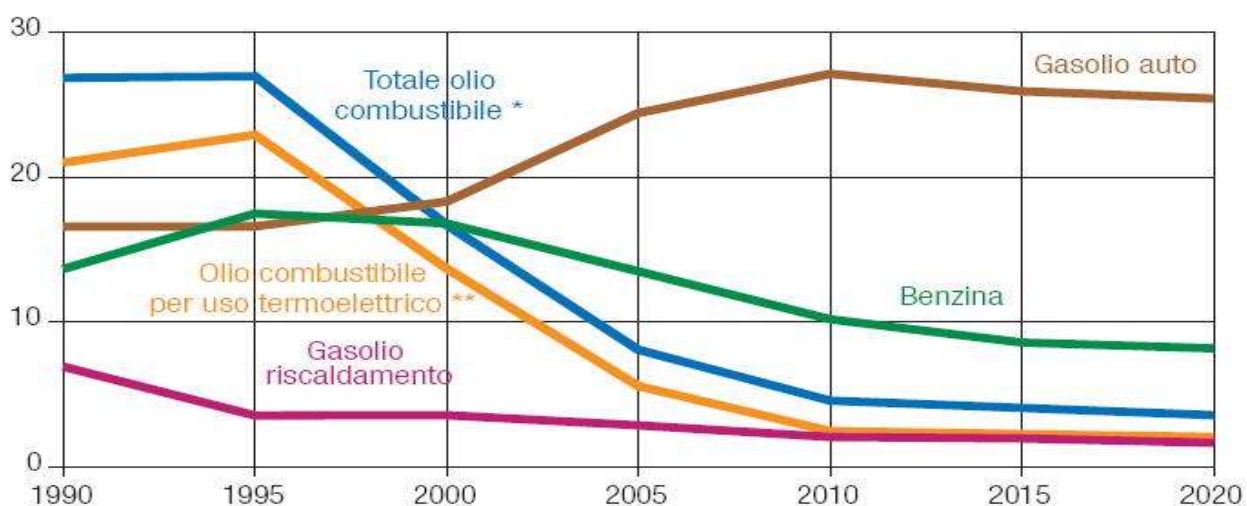


Figura 3.3 Andamento e previsioni consumo idrocarburi 1990-2020; fonte: UP, Databook 2009

*Evoluzione domanda di carburanti [migliaia di m<sup>3</sup>]*

	1995	2000	2005	2010	2015	2020	PESO %
BENZINA	23650	22470	18270	13495	10390	9250	18%
CARBOTURBO	3530	4530	4780	4300	5430	5690	11%
GASOLIO AUTO	19920	21940	29090	28875	29915	27200	52%
GPL	2310	2590	1870	2145	2475	3090	6%
METANO	300	400	460	700	1300	1750	3%
BIOFUEL	-	40	210	1325	3120	5190	10%
TOTALE	49710	52240	54680	50840	52630	52170	100%

Tabella 3.2; fonte: UP, Previsioni domanda energetica e petrolifera italiana 2009-2020

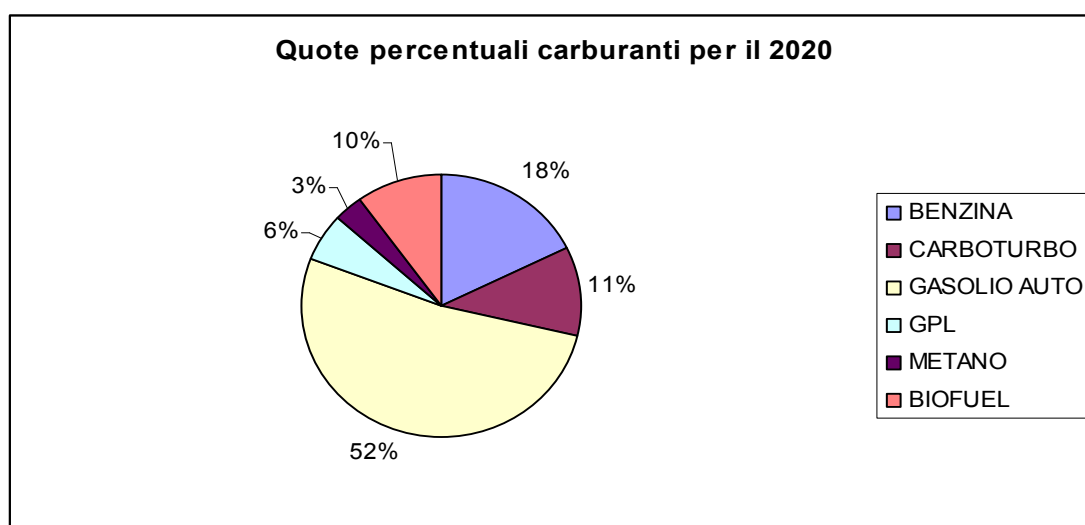


Figura 3.4 Quote percentuali carburanti previsti per il 2020; fonte: UP



#### 4) IPOTESI PARCO AUTO ELETTRICHE PER IL 2020

Come detto in precedenza consideriamo tre possibili scenari di penetrazione elettrica nel settore automobilistico, considerando come percentuali l'1%, il 5% e il 10%.

Abbiamo scelto queste tre percentuali in modo da rappresentare i due casi estremi, di maggior e minor sviluppo possibile dell'auto elettrica e il caso intermedio.

Le auto elettriche sono calcolate in base alla percentuale considerata e vengono sottratte in parti uguali dal quantitativo di auto alimentate a benzina e alimentate a gasolio.

Abbiamo scelto di mantenere inalterata la quota di auto con altre alimentazioni (GPL o gas metano) perché sono comunque alimentazioni promosse dalla direttiva 2003/30/CE.

Su un totale di 33 milioni di veicoli, otteniamo per le 3 percentuali queste vetture elettriche:

1%	330000 vetture elettriche
5%	1650000 vetture elettriche
10%	3300000 vetture elettriche

La situazione prevista per il 2020 è questa:

	n. vetture [10 <sup>6</sup> auto]	Consumo [km/litro ]	Domanda di carburante [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	Percorrenza [km/anno]
Benzina	15,6	15,4	9,25	10000
Gasolio	14,4	19	27,2	25000
Altro	3		0,475	

Tabella 4.1 Riepilogo dati previsti per il 2020

Sostituiamo le auto tradizionali con le auto elettriche:

	Auto circolanti [milioni di vetture]		
	1%	5%	10%
Elettriche	0,33	1,65	3,3
Benzina	15,4	14,7	14
Gasolio	14,2	13,6	12,8
Altro	3	3	3
<b>Totale</b>	<b>33</b>	<b>33</b>	<b>33</b>

*Tabella 4.2 Possibili scenari per il parco auto con diverse penetrazioni di vetture elettriche*

Una volta calcolato il nuovo parco auto con l'inserimento delle quote di auto elettriche si possono valutare principalmente due cose: quali riduzioni di volumi di carburanti si ottengono con questi scenari e come cambia la domanda di energia elettrica.

## 5) RIDUZIONE DEI CONSUMI DI CARBURANTE

Per prima cosa calcoliamo quanto del gasolio consumato attualmente è attribuibile alle sole autovetture, per poter arrivare ad un dato confrontabile con le previsioni al 2020 e con l'obiettivo di arrivare ad un dato specifico per l'unità di vettura.

I dati sul parco auto attuale e sul consumo di carburante odierno danno questi risultati

	N. vetture [10 <sup>6</sup> auto]	Consumo [km/litro]	Consumo annuo carburante [kton]	Percorrenza [km/anno]
Benzina	19,8	15,3	13027,3	11500
Gasolio	11,6	17,7	29025,5	25000
Altro	1,43		944	

Tabella 5.1 Riepilogo dati parco auto odierno; fonte: UP, ACI

Il dato del numero di vetture per il gasolio è costituito dall'insieme autovetture, rimorchi e semirimorchi, autobus: questo perché non è possibile avere un dato certo del consumo di carburante diviso per categoria di automezzi.

Il contributo delle auto è pari a 12065254, mentre il complessivo altri veicoli (camion autobus) è pari a 5352191.

La situazione prevista per il 2020 è la seguente:

Vetture benzina: 15600000

Vetture gasolio: 14400000

Vetture alimentazioni alternative: 3000000

Totale vetture previste al 2020: 33000000

	N. vetture [10 <sup>6</sup> auto]	Consumo [km/litro]	Consumo annuo carburanti [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	Percorrenza [km/anno]
Benzina	15,6	15,4	9,25	11500
Gasolio	14,4	19	27,2	25000
Altro	3		4,75	

Tabella 5.2 Riepilogo dati parco auto previsti per il 2020

Il volume di carburante relativo alle altre alimentazioni è costituito dalla somma dei volumi previsti per GPL e metano.

Il numero vetture per il gasolio è costituito dal numero di auto previste al 2020 sommato ad un quantitativo di camion e autobus pari a 5350000, pari a quello presente attualmente.

Consideriamo in questo caso per la componente gasolio il dato delle sole autovetture, mantenendo come dato discriminante il consumo di carburante km/lt e considerando la percorrenza annua stabilita in precedenza: per le auto a benzina consideriamo una percorrenza annua di 11500 km/anno e per le auto a gasolio una percorrenza di 25000 km/lt.

In base agli scenari considerati valutiamo a quanto ammonterebbe il volume di carburante invenduto con l'inserimento nel mercato delle auto elettriche:

	N. vetture invendute [kauto]	Consumo [km/litro]	Percorrenza [km/anno]	Carburante invenduto [Milioni di litri]
<b>1%</b>				
benzina	165	15,4	11500	123,2
gasolio	165	19	25000	217,1
<b>5%</b>				
benzina	825	15,4	11500	616
gasolio	825	19	25000	1085,5
<b>10%</b>				
benzina	1650	15,4	11500	1232
gasolio	1650	19	25000	2171

Tabella 5.3 Carburante invenduto al 2020 in base alla penetrazione elettrica

Vediamo che il totale del carburante invenduto ogni anno va dai 340 milioni di litri per l'ipotesi dell'1% ai 3,4 miliardi di litri per l'ipotesi del 10%.

Da notare che il dato del gasolio per il 10%, se esteso a tutte le autovetture, corrisponde ad un calo di vendite pari all'8% del totale.

## 6) DATI DI RIFERIMENTO PER L'AUTO ELETTRICA

Per stabilire dei valori di riferimento per le auto elettriche al fine di arrivare ad un dato utile alla comparazione con le auto ad alimentazione tradizionale consideriamo le specifiche tecniche di alcune vetture elettriche in commercio e una vettura di prossima commercializzazione: le auto considerate sono la Reva NXR, la Panda Elettra e la Mitsubishi i-MiEV.

I dati sotto riportati non hanno lo stesso grado di attendibilità trattandosi a volte di dati più utili alla promozione della vettura che rappresentativi della bontà del mezzo.

	Batterie [kWh]	Autonomia [km]	Potenza [kW]	Consumo [kWh/km]
Reva NXR	9,6	160		0,13
Panda E.		80		0,18
i-MiEV	16	160	47	0,1

Tabella 6.1 parametri auto elettriche in commercio o di prossima commercializzazione

Il dato sul consumo per la Mitsubishi è dato sulla base di prove a banco e non di veri test sulla percorrenza, considereremo successivamente un valori più elevato. I dati sull'autonomia non sono da considerare come assoluti, poiché l'autonomia varia molto con la velocità di utilizzo dell'auto. Il campo di velocità che una normale automobile a combustione interna consente (dai 50 km/h ai 130 km/h), applicato a vetture elettriche, porterebbe a valori di autonomia che vanno dai 40 ai 300 km.

Per la nostra auto elettrica di riferimento consideriamo questi parametri:

Consumo [kWh/km]:	0,15
Autonomia [km]:	100
Percorrenza annua [km]:	10000 - 15000
Rendimento ciclo carica scarica batteria [ $\eta$ ]	0,75 – 0,80

Una volta standardizzata l'auto elettrica di riferimento possiamo valutare quantitativamente la penetrazione elettrica nel settore dei trasporti e

confrontare le soluzioni auto tradizionale – auto elettrica in termini di costi annui di rifornimento.

Per prima cosa calcoliamo quanta energia elettrica richiede nell'arco di un anno un'auto elettrica con le caratteristiche stabilite precedentemente:

Percorrenza [km]	Autonomia [km]	Consumo [kWh/km]	Rendimento	Consumo annuo [kWh/anno]
10000	100	0,15	0,75	2000
10000	100	0,15	0,8	1875
15000	100	0,15	0,75	3000
15000	100	0,15	0,8	2812,5

*Tabella 6.2 consumo annuo di energia elettrica per unità di auto*

Con questi dati otteniamo che ogni auto consuma all'anno dai 1875 ai 3000 kWh, energia che l'utente dell'auto elettrica può usufruire direttamente dall'impianto elettrico domestico.

Vediamo che con questi valori la batteria di un'auto elettrica subisce un numero di cicli di carica-scarica superiore ai 200, numero che limita l'utilizzo di queste vetture ad utenti con un consumo programmato e stabile dell'autoveicolo o ad utenti che hanno la possibilità di ricaricare quotidianamente il mezzo.

## 7) CONSUMI DI ENERGIA ELETTRICA DEL PARCO AUTO ELETTRICHE E COSTI ANNUI

Con consumi di 0,15 kWh/k e percorrenze medie annue dai 10000 ai 15000 km, otteniamo un consumo annuo di energia elettrica per unità di auto che va dai 1875 ai 3000 kWh/anno. Estendendo questi risultati alla totalità delle auto elettriche considerate otteniamo:

	N. vetture	Consumo [kWh/km]	Percorrenza [km/anno]	Rendimento Carica scarica	Domanda energia [GWh/anno]
1%	330000	0,15	10000	0,75	660
				0,8	619
			15000	0,75	990
				0,8	928
5%	1650000	0,15	10000	0,75	3300
				0,8	3094
			15000	0,75	4950
				0,8	4641
10%	3300000	0,15	10000	0,75	6600
				0,8	6188
			15000	0,75	9900
				0,8	9281

Tabella 7.1 Consumo annuo nazionale di energia elettrica per il settore automobilistico

Con le quote previste di auto elettriche otteniamo un aumento della domanda di energia elettrica per usi finali dell'ordine dei 900 GWh/anno per l'1%, dei 4,6 GWh/anno per il 5% e arriviamo a circa 10 TWh/anno per la previsione del 10%: rappresenta circa il 3% della totale domanda di energia elettrica italiana.

La ricarica delle auto elettriche dovrebbe avvenire durante le ore notturne, nel momento in cui l'auto non viene utilizzata e nei momenti in cui l'energia elettrica costa meno all'utente. Nelle ore notturne è richiesto il minimo quantitativo di energia elettrica: la ricarica notturna di auto elettriche porterebbe anche ad un miglioramento del fattore di carico della rete energetica nazionale.

Se vogliamo studiare invece i costi che ogni utente deve sostenere per alimentare e ricaricare la propria auto partiamo dal dato sul consumo annuo di energia: 1875 – 3000 kWh/anno. Questi sono kWh che vanno ad aggiungersi al consumo domestico che l'utente già sostiene e questo surplus di energia utilizzata viene quindi fatturato nella bolletta elettrica.

Consideriamo un prezzo al kWh pari a 8,838 c€/kWh, pari alla componente di consumo intermedio stabilito dall'Autorità per l'energia elettrica e il gas per le tariffe domestiche D2 e D3.

Oltre al costo del kWh vanno aggiunte le imposte sull'energia e l'I.V.A. pari al 10%.

Otteniamo questa spesa annua:

Consumo annuo [kWh]	Costo kilowattora [c€/kWh]	Accisa en. Elettrica [c€/kWh]	Accisa ente locale [c€/kWh]	I.V.A. 10%	Costo totale annuo [€/anno]
1875	8,838	0,47	1,859	1,1	230
3000	8,838	0,47	1,859	1,1	368

Tabella 7.2 spesa annua di energia elettrica per la ricarica di un'auto

In base alle percorrenze annue stabilite precedentemente, ogni utente sostiene una spesa annua per la ricarica della propria auto che va dai 230 €/anno ai 370 €/anno.

Attualmente, con un'auto a benzina e gasolio, lo stesso utente, a parità di percorrenza annua e con i dati di consumo attuali, sostiene una spesa annua più alta:

	Percorrenza [km/anno]	Consumo [km/litro]	Prezzo [€/litro]	Spesa annua [€/anno]
BENZINA	10000	15,3	1,25	817
	15000	15,3	1,25	1225
GASOLIO	10000	17,7	1,1	621
	15000	17,7	1,1	932

Tabella 7.3 Spesa annua per il rifornimento di un'auto a benzina o a gasolio



Sono stati presi come prezzi unitari al litro per i carburanti 1,1 €/lt per il gasolio e 1,25 €/lt per la benzina, ottenendo una spesa annua che va dai dai 620 ai 930 €/anno per vetture a gasolio e dai 820 ai 1225 €/anno per vetture a benzina; il confronto da tenere più in considerazione è quello con l'auto a benzina, essendo quella che attualmente copre i valori di percorrenza stabiliti.

Con la scelta dell'auto elettrica otteniamo una forte riduzione dei costi variabili sostenuti dall'utente, che si tramuta in una maggior sicurezza economica dell'investimento. Nello specifico arriviamo ad una spesa annua pari ad un quarto rispetto a quella richiesta da auto tradizionali.

Altra vantaggio è che l'energia elettrica viene prodotta in centrale, con elevati rendimenti di ciclo e più accurati controlli sulle emissioni: il tutto porta ad un utilizzo delle risorse fossili più efficiente e una riduzione delle emissioni per il settore dei trasporti.

## 8) MOVIMENTO DI DENARO DAL MERCATO DEI CARBURANTI AL MERCATO DELL'ENERGIA ELETTRICA

Con il modificarsi della domanda di auto da motori a combustione interna verso le auto elettriche abbiamo anche un conseguente movimento di fatturato dal mercato dei carburanti al mercato dell'energia elettrica.

Valutiamo, sulla base dei dati finora calcolati e relativamente agli scaglioni fissati, a quanto ammonta il volume di affari; per prima cosa calcoliamo il mancato fatturato per il settore dei combustibili:

	Benzina invenduta [10 <sup>6</sup> litri]	Gasolio invenduto [10 <sup>6</sup> litri]	Prezzo benzina [€/lt]	Prezzo gasolio [€/lt]	Mancato fatturato annuo [M€/anno]
1%	123,2	217,2	1,25	1,1	393
5%	616	1085,5	1,25	1,1	1964
10%	1232	2172	1,25	1,1	3930

Tabella 8.1 mancato fatturato anno del settore carburanti dovuto alla penetrazione elettrica

Il mancato fatturato per il settore dei carburanti varia dai 390 milioni di € per l'1%, fino 3,9 miliardi di € l'anno per lo scenario ottimistico del 10%.

Calcoliamo ora l'aumento di fatturato annuo per il settore dell'energia elettrica dovuto al consumo per i trasporti:

	Auto elettriche	Spesa unitaria [€/anno]	Fatturato energia elettrica per mobilità [M€/anno]
1%	330000	230	76
		368	121,6
5%	1650000	230	380
		368	608
10%	3300000	230	760
		368	1216

Tabella 8.2 aumento di fatturato energia elettrica dovuto al settore automobilistico

L'aumento di fatturato annuo ammonta a 121 milioni di € annui per l'ipotesi del 1%, 608 milioni di € per il 5% e 1,21 miliardi di € per il 10%: risulta quindi un

aumento di fatturato pari a circa un terzo rispetto al mancato fatturato dovuto al settore dei combustibili.

Il passaggio da motori a combustione interna ad auto elettriche porterebbe quindi ad una spesa minore per la popolazione, con un risparmio annuo pari a:

	Risparmio annuo [M€]
1%	272
5%	1360
10%	2720

*Tabella 8.3 Risparmio annuo per la popolazione con l'utilizzo di auto elettriche*

Con l'ipotesi del 10% il risparmio per la popolazione ammonterebbe a 2,72 miliardi di €.

## 9) QUANTITATIVO DI GAS NATURALE PER GENERAZIONE ENERGIA ELETTRICA DESTINATA AL SETTORE AUTOMOBILISTICO

L'aumento di vetture ad alimentazione elettrica porta ad un aumento di produzione di energia elettrica, pari a 9,9 TWh/anno per l'ipotesi ottimistica del 10%. Un confronto utile con la riduzione della domanda di combustibile per i rifornimenti delle auto è quello con il quantitativo di combustibile fossile utilizzato per la produzione in centrale dell'energia elettrica richiesta, considerando quale combustibile fossile il gas metano.

Dati caratteristici gas metano e centrale elettrica:

Potere calorifico inferiore	$H_u = 8250 \text{ kcal/m}^3$
Rendimento centrale	$\eta = 0,50$
Energia richiesta annua	$E = 9,9 \text{ TWh/anno}$ $= 3,564 \times 10^{13} \text{ kJ/anno}$
Prezzo gas metano	$p = 0,25 \text{ €/m}^3$

La portata di gas metano annua necessaria per la produzione di energia elettrica necessaria alla ricarica delle auto elettriche vale

$$m = \frac{E/8760}{\eta \times H_u} = \frac{9,9 \times 10^9 / 8760}{0,5 \times 34535} = 65,45 \text{ m}^3/\text{s} = 2,064 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{anno}$$

La portata annua di gas naturale utilizzata in centrale per la produzione di energia elettrica destinata al settore dei trasporti ammonta a 2 miliardi di  $\text{m}^3$ . Con un prezzo per il gas metano per uso industriale pari a  $0,25 \text{ €/m}^3$  otteniamo una spesa in centrale pari a

$$S = m \times p = 2,064 \times 10^9 \times 0,25 = 516 \text{ M€/anno}$$

Il costo per il combustibile ammonta a 516 milioni di € annui, contro una spesa complessiva di energia elettrica da parte degli utenti pari a 1,21 miliardi di €:

questo dato conferma la fattibilità economica e la convenienza del passaggio benzina-elettrica nel settore automobilistico, oltre alla riduzione dei consumi di risorse fossili utilizzate come carburante.

## 10) PREZZO COMPETITIVO DI UN'AUTO ELETTRICA SUL MERCATO ITALIANO

Alla luce di quanto calcolato finora, proponiamo un confronto tra quelle che sono le spese che vengono sostenute con l'acquisto e il mantenimento di un'auto tradizionale e quelle che possono essere sostenute con un'auto elettrica, al fine di stabilire un prezzo di vendita per l'auto elettrica che la renda competitiva nel mercato automobilistico italiano.

Per il confronto consideriamo i dati finora utilizzati per quanto riguarda l'auto elettrica, mentre per quanto riguarda l'auto tradizionale confrontiamo alcuni modelli di attuale commercializzazione per ottenere un prezzo di vendita medio: le auto considerate sono auto di piccola-media taglia con alimentazione a benzina, e terremo in considerazione il prezzo di vendita di listino, senza considerare gli incentivi statali validi per la fine del 2009.

I dati verranno calcolati sulla base della stessa percorrenza annua e per un periodo pari a 10 anni, rappresentativo della vita media di un'auto.

Il criterio di valutazione del prezzo competitivo dell'auto elettrica è quello di calcolare il valore attuale netto della soluzione benzina e poi uguagliarlo a quello della soluzione elettrica per poter trovare il prezzo.

Fissiamo un tasso d'interesse per l'attualizzazione dei risultati pari al 5%

La tabella riporta i prezzi di alcune auto oggi in commercio:

	Fiat Grande Punto	Ford Fiesta	Peugeot 207	Citroen C3	Opel Corsa
Prezzo listino Quattroruote [€]	13000	13500	14000	13500	13000

Tabella 10.1 Prezzi di listino delle principali utilitarie in commercio; fonte: Quattroruote.it

Dall'analisi di questi dati consideriamo come prezzo medio di un'auto tradizionale pari a 13.500 €.

<u>Dati</u>	Prezzo Auto Benzina:	13500 €
	Tasso di interesse	5%
	Percorrenze	10000 e 15000 km
	Costi annui benzina	817 e 1225,5 €/anno
	Costi annui elettrica	230,3 e 368,5 €/anno

Otteniamo questi risultati:

Percorrenza [km]	Tasso d'interesse	Prezzo auto benzina [€]	Costo annuo [€/anno]	Costo annuo elettrica [€/anno]	Costo benzina attualizzato [€]	Costo elettrica attualizzato [€]	Prezzo auto elettrica [€]
10000	5%	13500	817	230,32	6308,6	1778,5	18030,1
15000	5%	13500	1225,5	368,5	9409,9	2845,5	20064,4

Tabella 10.2 Calcolo del prezzo competitivo di un'auto elettrica in base alla percorrenza annua

Otteniamo che allo stato attuale un'auto elettrica per essere competitiva sul mercato italiano dovrebbe venire a costare attorno ai 20000 €; alla luce del prezzo attuale di queste vetture, attorno ai 30000 €, l'azione statale di incentivo dovrebbe essere importante, ricoprendo per circa un terzo del costo d'acquisto del veicolo.

In prospettiva, con l'aumento della quota di mercato che queste auto avranno sicuramente il loro prezzo di listino scenderà, permettendo un'agevole acquisto di queste vetture, anche alla luce dei benefici visti fin d'ora.

Il prezzo competitivo dell'auto elettrica è fortemente dipendente dal prezzo del carburante delle auto tradizionali perché modifica sensibilmente i costi variabili di rifornimento dell'automobile.

Mantenendo gli stessi dati considerati finora e andando a variare il prezzo della benzina, valutiamo come varia il prezzo dell'auto elettrica.

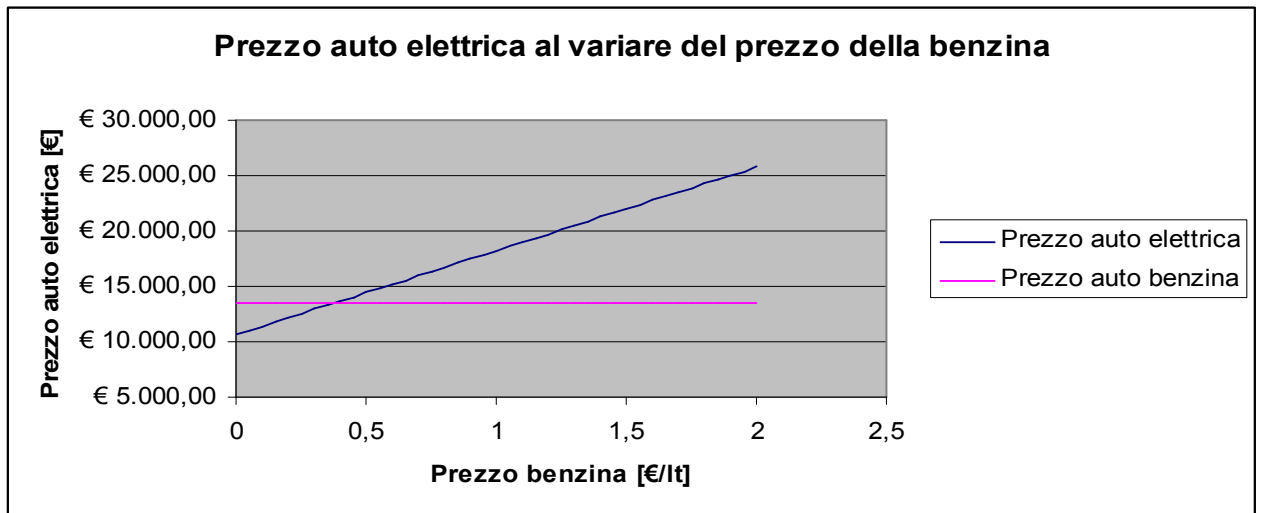


Figura 10.1 andamento prezzo massimo di vendita di un'auto elettrica al variare del prezzo della benzina

Vediamo che all'aumentare del prezzo della benzina aumenta anche il prezzo massimo di vendita dell'auto elettrica, consentendo quindi una maggior espansione di questa tecnologia; con la benzina a 2 €/lt, risulta comunque conveniente un'auto elettrica con un prezzo di listino di 25.700 €, quasi due volte il prezzo fissato per un'auto tradizionale.

La vettura elettrica risulta non competitiva nel caso in cui la benzina abbia un prezzo inferiore ai 0,38 €/lt, situazione ormai improponibile per il mercato italiano.

La differenza tra il costo di acquisto di un'auto elettrica ed un'auto a benzina assume questo andamento:

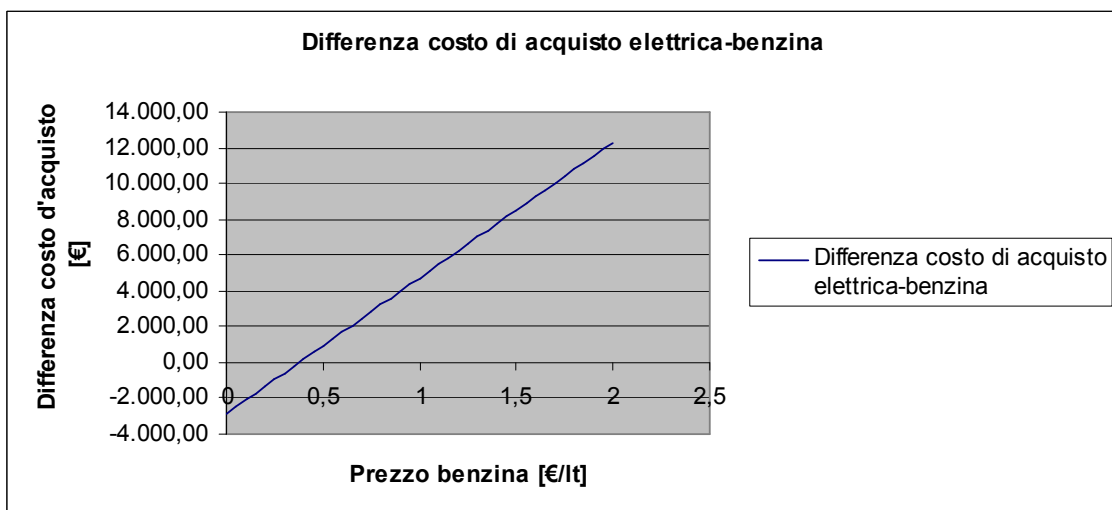


Figura 10.2 differenza del costo di acquisto auto elettrica – benzina al variare del prezzo della benzina



Vediamo che la differenza si annulla in corrispondenza di un prezzo della benzina pari a 0,38 €/lt, vale 6.500 € con il prezzo attuale della benzina e arriva fino a 12.000 € nel caso di 2 €/lt per la benzina.

Questi risultati confermano la bontà dell'auto elettrica sotto il profilo dell'investimento, caratterizzato da costi variabili inferiori e pressoché costanti nel tempo: a maggior ragione si evidenzia un comportamento negativo dell'auto alimentata a benzina, in relazione ad un prezzo del carburante molto variabile e con tendenza all'aumento.

Ribadiamo che questi confronti sono stati fatti sulla base di vetture con percorrenze annue limitate, e quindi la convenienza dell'auto elettrica è limitata agli utenti che usano l'automobile per piccoli tragitti, prevalentemente in ambiente urbano, e con la possibilità di ricarica giornaliera.

In futuro, con l'evolversi della tecnologia verso il miglioramento delle batterie e l'aumento della percorrenza e della flessibilità dell'auto elettrica questo confronto potrà esser valido anche per utenze extraurbane.

## CONCLUSIONI

In questo elaborato è stato studiato la struttura del mercato delle auto e dei carburanti in Italia, soprattutto in termini quantitativi fornendo dati sul parco auto auto circolante, sui combustibili venduti per autotrasporti e sull'evoluzione della domanda di auto e carburante.

È stato analizzato il quadro normativo afferente a questi settori industriali, in particolare la direttiva europea 2003/30/CE, da cui si è preso spunto per l'ipotesi di nuovi scenari di diffusione delle auto elettriche.

Dei tre scenari ipotizzati si sono valutati aspetti energetici ed economici, quantificando l'ammontare delle auto elettriche di possibile utilizzo, le nuove richieste di energia elettrica e carburanti, i nuovi costi sostenuti dalla popolazione e dalla rete energetica nazionale, il movimento di fatturato da mercato dei carburanti a mercato dell'energia.

Da queste analisi sono stati ottenuti tre risultati importanti: l'impatto modesto che l'espansione dell'auto elettrica porterebbe sul mercato elettrico nazionale, il consistente calo dei fatturati per il mercato dei carburanti e vantaggi per la mobilità individuale data dalla diversificazione dei costi di rifornimento e costi di acquisto del mezzo.

Con la massima espansione ipotizzata l'impatto sulla rete elettrica nazionale è contenuto, contribuendo ad un aumento della domanda di energia elettrica del 3%, e contribuendo a migliorare il fattore di carico della rete grazie alle ricariche notturne delle auto.

L'impatto sul mercato dei carburanti dell'auto elettrica è notevole, perché una penetrazione elettrica del 10% sul parco auto comporta un calo del fatturato pari all'8%.

L'auto elettrica infine, se presente sul mercato con le percentuali considerate e con i dati di consumo e percorrenza stabiliti, rappresenta una valida alternativa sul piano economico con le auto tradizionali, oltre ai vantaggi ambientali che questa soluzione comporta: con costi di alimentazione pari ad un quarto e con la sicurezza di una tariffa energetica stabile l'auto elettrica potrebbe portare ad

un risparmio superiore ai 10000 € cumulato nell'arco del periodo di utilizzo del mezzo.

Allo stato attuale l'auto elettrica rimane comunque una tecnologia non adatta alla sostituzione integrale del parco auto italiano, soprattutto per la percorrenza ridotta e la minor flessibilità che garantisce: sicuramente rappresenta oggi una valida alternativa per le auto di ambiente urbano dati gli importanti vantaggi in termini di emissioni ed economici.

Si auspica che l'ingresso delle auto elettriche nel mercato italiano possa porre la base di sviluppo per questa tecnologia, portando via via ad un miglioramento dell'offerta economica della vettura elettrica per arrivare ad una maggior appetibilità sul mercato, e stimolare lo sviluppo tecnologico al fine di poter proporre, negli anni a venire, auto elettriche con autonomia più elevata e migliori prestazioni.

## BIBLIOGRAFIA

- [www.unione petrolifera.it](http://www.unione petrolifera.it); **"Data Book 2009"**
- Piero De Simone; **"Il mercato dei carburanti, evoluzione normativa e prospettive"** Roma, giugno 2009
- Marina Mastragostino, Francesca Soavi; **"I veicoli elettrici per un trasporto ad alto rendimento energetico e a basso impatto ambientale"**, 2006
- [www.aci.it](http://www.aci.it) **"Analisi dell'anzianità del parco veicoli in Italia"**, Area statistica direzione studi e ricerche dicembre 2008
- [www.eur-lex.europa.eu](http://www.eur-lex.europa.eu) **"Direttiva 2003/30/CE sui carburanti non tradizionali"**
- [www.agip.eni.it](http://www.agip.eni.it) **"Evoluzione dei carburanti per autotrazione nel contesto europeo"**, Giuseppina Pisaniello, giugno 2008
- Ministero Sviluppo Economico; [www.sviluppoeconomico.gov.it](http://www.sviluppoeconomico.gov.it) **"Consumi petroliferi definitivi anno 2007"**
- Autorità Per l'Energia Elettrica E il Gas; [www.autorita.energia.it](http://www.autorita.energia.it)
- [www.quattroruote.it](http://www.quattroruote.it)
- [www.mitsubishi.motors.com](http://www.mitsubishi.motors.com)
- [www.revaglobal.com](http://www.revaglobal.com)