



Mobility Innovation Tour, 11 giugno 2020

Mobilità sostenibile nel TPL

Valutazione economica e prospettive dagli orientamenti istituzionali in tema di energia

Ing. Claudio Carlini

Agenda



- *Quadro generale*
- *Casi studio*
- *Valutazioni tecnico – economiche*
- *Conclusioni*



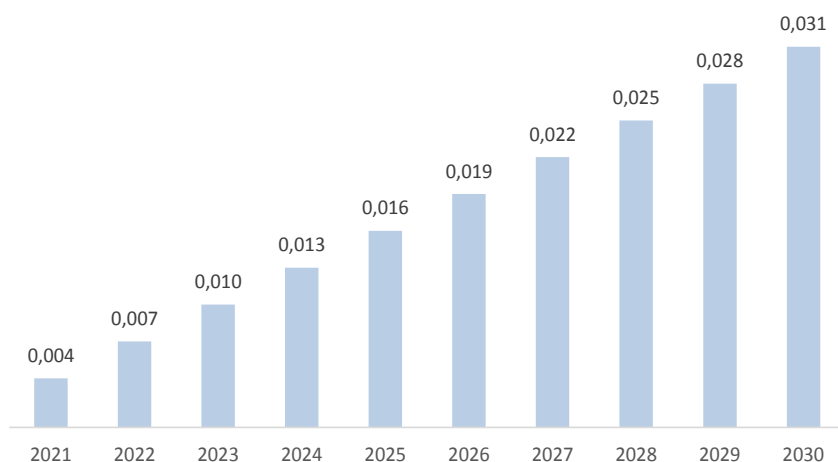
Quadro generale



Piano Nazionale Integrato Energia Clima



Risparmi annui di energia finale attesi dal rinnovo del parco mezzi del trasporto pubblico locale [Mtep]



«Ci si propone di accelerare quanto previsto al comma 10 dell'articolo 18 del D.lgs. 257/2016 prevedendo che le pubbliche amministrazioni, gli enti e le istituzioni da esse dipendenti o controllate, le Regioni, gli enti locali e i gestori di servizi di pubblica utilità per le attività svolte nelle province ad alto inquinamento di particolato PM10, al momento della sostituzione del rispettivo parco autovetture, autobus e mezzi di servizio di pubblica utilità [...] **siano obbligati all'acquisto di almeno il 30% entro il 2022, il 50% entro il 2025 e l'85% entro il 2030 di veicoli elettrici e veicoli ibridi con ricarica esterna, a metano e a idrogeno, nonché elettrici o metano nel caso degli autobus.**»

Investimenti in tecnologie, processi e infrastrutture necessari per l'evoluzione del sistema energetico

Investimenti (2017 -2030)	Politiche correnti [mld€]	PNIEC [mld€]	Delta [mld€]
Auto, motocicli e furgoni	605	623	19
Autobus	26	29	3
Camion	102	107	5
Totale	732	759	27

Fonte: PNIEC 2019

Piano Nazionale Strategico Mobilità Sostenibile



*Ministero delle
Infrastrutture e dei
Trasporti*

*Ministero delle Sviluppo
Economico*

*Ministero delle Economie
e delle Finanze*

*Ministero dell'Ambiente e
della Tutela
del Territorio e del Mare*

Piano Strategico Nazionale della Mobilità Sostenibile

per il rinnovo del parco mezzi su gomma per i servizi di trasporto pubblico locale e il miglioramento della qualità dell'aria

ai sensi della legge n. 232/2016, art. 1, commi 613, 614, 615

Dicembre 2018

Il Piano consente l'avvio dell'utilizzo di risorse con l'obiettivo di:

- a) Migliorare qualitativamente e rapidamente il parco veicoli, attraverso la **sostituzione dei veicoli maggiormente inquinanti ed energivori**, facendo in modo di soddisfare al meglio le esigenze di spostamento della collettività;
- b) Migliorare la qualità dell'aria e ridurre le emissioni climalteranti ed il particolato, tenendo conto anche di quanto definito nella normativa europea, assumendo benchmark di riferimento che considerino anche la situazione (esperienze, prospettive e modalità di implementazione) di altri paesi;
- c) Sostenere una coerente politica di infrastrutturazione, dei **centri di stoccaggio gas** [a metano e a idrogeno] e di **ricarica elettrica**, soprattutto **nei primi anni di applicazione del piano**, al fine di permettere una maggiore diffusione degli **autobus a energia alternativa**.

Proposte della Commissione EU



Brussels, 27.5.2020
COM(2020) 456 final

COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN
PARLIAMENT, THE EUROPEAN COUNCIL, THE COUNCIL, THE EUROPEAN
ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE
REGIONS

Europe's moment: Repair and Prepare for the Next Generation

{SWD(2020) 98 final}

- To help create more jobs, there will also be a focus on accelerating the production and deployment of **sustainable vehicles and vessels** as well as **alternative fuels**.
- The Connecting Europe Facility, InvestEU and other funds will support the financing of the installation of one million charging points, **clean fleet renewals by cities and companies**, sustainable transport infrastructure and enable the **shift to clean urban mobility**.
- Public investment to relaunch the recovery of the transport sector should come with a commitment from industry to invest in **cleaner and more sustainable mobility**.



Casi studio



Casi studio



Bolzano (BZ), Torino (TO), Milano (MI) e Bergamo (BG), possono essere considerate rappresentative del quadro nazionale in termini di:

- Orografia del territorio servito;
- Dimensioni della flotta;
- Tipologia di flotta;
- Varietà di carburanti impiegati;
- Percorrenza annua.

Città	Area	# veicoli	Percorrenza
BZ	M	102	42.257
TO	PM	1.091	33.547
MI	NM	1.200	58.695
BG	NM	150	38.467

Legenda: M - comune montano, PM – comune parzialmente montano, NM – comune non montano (ex Ministero delle Finanze, Circolare n. 9, 14 giugno 1993.)

Casi studio



Bolzano

- 5 **elettrici** batteria 240 kWh acquistati per **550.000 €** con manutenzione full service, e infrastruttura di ricarica;
- Costi di riferimento **diesel** Euro VI (**220.000 €**), carburante (**0,38 €/km**), manutenzione full service (**0,3 €/km**);
- 20 **ibridi** Euro VI acquistati a **380.000 €** con opzione manutenzione full service 8 anni o 480.000 km;
- Costi di riferimento **LNG** (**250.000 €**), del carburante (**0,23 €/km**), manutenzione full service (**0,3 €/km**);
- Costi di riferimento **idrogeno** (**1.100.000 €**), carburante (**0,96 €/km, 11,29 €/kg** di prezzo alla pompa), manutenzione full service (**2,2 €/km**). A tendere 17 autobus, manutenzione full service 8 anni (totale **1.060.000 €** cadauno). La Provincia Autonoma di Bolzano dichiara un costo a tendere di acquisto **650.000 €** e **0,50 ÷ 0,80 €/km** per la manutenzione.

Torino

- 19 **elettrici** batteria 324 kWh acquistati a **420.000 €** con manutenzione full service decennale a **10.970 €/anno**. Previsti 100 ulteriori mezzi con base d'asta acquisto a **480.000 €**, manutenzione full service decennale a **11.000 €/anno**, sostituzione batteria opzionale a **130.000 €**;
- Costi di riferimento **diesel** Euro VI (**227.000 €**), manutenzione full service decennale (**18.000 €/anno**);
- Costi di riferimento **CNG** (**247.000 €**) con manutenzione full service decennale (**13.500 €/anno**).

Milano

- 25 **elettrici** batteria LFP 240 kWh acquistati a **613.000 €**, manutenzione full service 5 anni, sostituzione batteria, infrastruttura di ricarica. Previsti 40 ulteriori mezzi, batteria NMC 240 kWh per circa **700.000 €**, manutenzione full service 7 anni, ricarica a 100 kW;
- 76 **ibridi** Euro VI (presunti **494.000 €**, manutenzione full service 5 anni);
- 3 **idrogeno** a **1.860.000 €** acquistati nel 2010 (non considerati nel seguito).

Bergamo

- 12 **elettrici** batteria LFP 240 kWh a **540.000 €**, manutenzione full service 16 anni o 640.000 km, infrastruttura di ricarica a 40 kW a **15.125 €**;
- Previsto un **diesel** Euro VI con base d'asta di acquisto **210.000 €**.



Valutazioni tecnico - economiche



Prime stime



Ipotesi: percorrenza annua 44.000 km (ex allegato 4 DM 157/2018), vita utile 13 anni, sostituzione batteria a 6,5 anni, infrastruttura di ricarica ex caso città di Bergamo

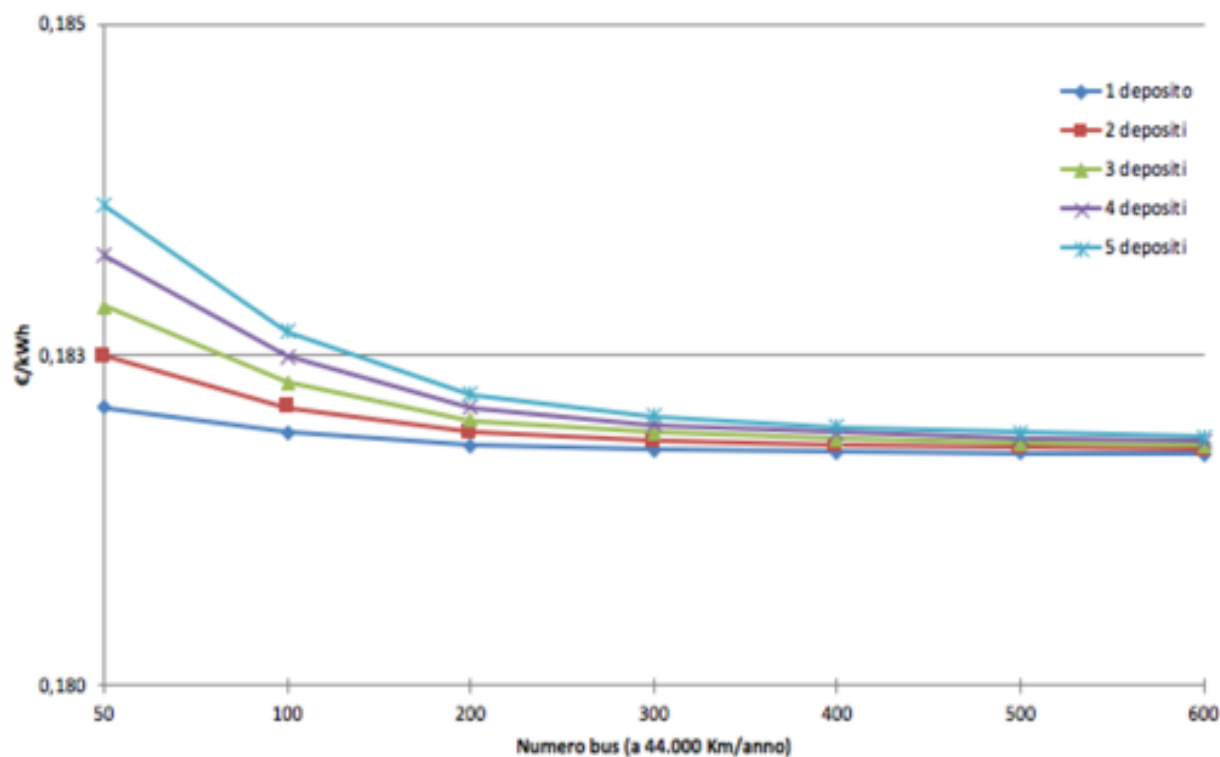
		Acquisto	Manutenzione*	Sostituzione batteria
		[€]	[€]	[€]
Elettrico	BZ	423.700	111.200	142.500**
	TO	420.000	143.000	130.000
	MI	412.600	111.200	142.500**
	BG	388.000	111.200	142.500**
Diesel	BZ	220.000	171.600	-
	TO	227.000	234.000	-
	BG	210.000	205.400	-
Hybrid	BZ	380.000	243.100	-
	MI	400.500***	243.100	-
CNG	TO	247.000	175.500	-
LNG	BZ	250.000	171.600	-
H ₂	BZ	650.000	286.000	-

* Elaborazioni RSE su dati ENEA / ASSTRA. Per idrogeno considerato valore minimo tendenziale 0,5 €/km

**Fraunhofer Institute, "Ansätze zur Standardisierung und Zielkosten für Elektrobusse", 2017

*** Valore ricavato, per scarsità di documentazione disponibile, su fornitura CONSIP lotto 6 anno 2019 a medesimo costruttore e da dati contenuti in comunicati stampa ATM

Approvvigionamento elettrico



Ipotesi:

- Almeno **dieci punti** di ricarica da **50 kW** per deposito;
- Tipologia di contratto «**Altre utenze in media tensione con potenza disponibile superiore a 500 kW**» con incluse perdite al 3,8%;
- **Esenzione da accisa** (ex art. 52 del decreto legislativo n. 504/1995);
- Consumo **1,5 kWh/km**;
- **Valore energia** basato sul valore medio del Prezzo Unico Nazionale (**PUN**, equivalente a **0,071 €/kWh** mediato su profilo PNIEC 2020 -2030 e proiezione a 2033)

Quota fissa	Quota potenza	Quota energia	Costo energia
[€/anno]	[€/kW]	[€/kWh]	[€/kWh]
1.264	52,69	0,0595	0,071

Valore considerato: 0,182 €/kWh → 0,273 €/km

Total Cost of Ownership – Stime –



Ipotesi: percorrenza annua 44.000 km (ex allegato 4 DM 157/2018), vita utile 13 anni, sostituzione batteria a 6,5 anni, 75 passeggeri totali per elettrico e 90 per altri.

		Acquisto	Manutenzione	Sostituzione batteria	Alimentazione	Totale	
		[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€/passeggero]
Elettrico	BZ	423.700	111.200	96.200*	156.200	787.300	10.497
	TO	420.000	143.000	96.200*	156.200	815.400	10.872
	MI	412.600	111.200	96.200*	156.200	776.200	10.349
	BG	388.000	111.200	96.200*	156.200	751.600	10.021
Diesel	BZ	220.000	171.600	-	286.000**	677.600	7.529
	TO	227.000	234.000	-	286.000**	747.000	8.300
	BG	210.000	205.400	-	286.000**	701.400	7.793
Hybrid	BZ	380.000	243.100	-	263.300***	886.400	9.849
	MI	400.500	243.100	-	263.300***	906.900	10.077
CNG	TO	247.000	175.500	-	288.000****	710.500	7.894
LNG	BZ	250.000	171.600	-	272.800****	694.400	7.716
H ₂	BZ	650.000	286.000	-	516.600*****	1.452.600	16.140

*: Aggiornamento valore batteria a 240 kWh a partire dal valore della città di Torino per 324 kWh e BNEF «A Behind the Scenes Take on Lithium-ion Battery Prices», 2019

** : Performance chilometrica 2,2 km/l (ex F. Allora, «Analisi energetica ed economica di propulsioni alternative al motore a gasolio nel trasporto pubblico su strada,» PoliTO, 2015) e costo carburante 1,1 €/l stimato considerato valore attuale Brent 42\$/bbl e PNIEC 80,8 \$/bbl al 2025, 88,7 \$/bbl al 2030, 90\$/bbl al 2033.

***: Performance chilometrica 2,39 km/l alle medesime condizioni del punto precedente.

****: Consumo 0,53 kg/km 0,90 €/kg GNL 0,95 €/kg GNC considerato attualmente 0,754 €/kg GNL, 0,804 €/kg GNC, 5,95 €/MWh prezzo gas all'ingrosso (ex GME) con 29,2 €/MWh al 2025 e 32 €/MWh PNIEC al 2033

*****: Consumo 0,08 kg/km (ex Alessandro Cafarelli, «Bus a idrogeno», ATAC, 2018)

Grandezze energetiche



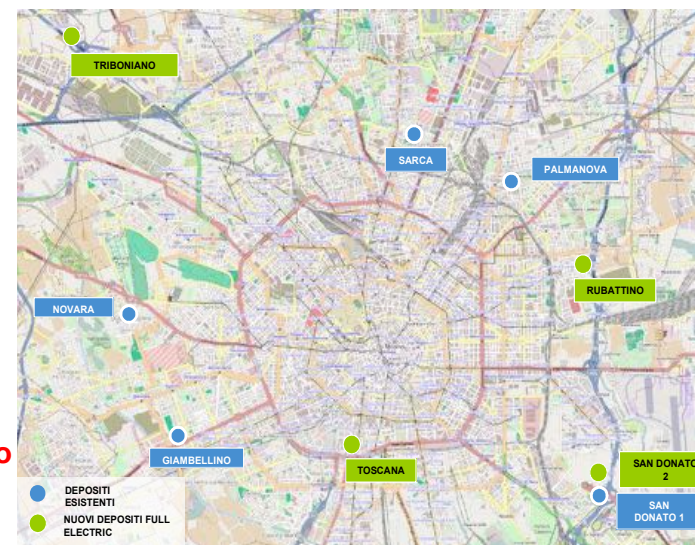
Evoluzione della domanda area Milano

Aumento del carico e potenza di picco al 2030

• Progetto Full Electric ATM	+ 90 MW depositi ricarica
• E- mobility – Quick /fast Charge	+ 440 – 920 MW
• Ricarica privata	
• Nuove linee Metropolitane	+ 40 MW
• Nuove Urbanizzazioni	+ 140 MW

**+ 600 MW
alla punta**

+1.000 GWh/anno



Lo scenario definito dalla città di Milano prevede l'acquisto dal 2020 di mezzi esclusivamente elettrici giungendo, tra il 2025 e la fine del 2030, all'eliminazione dei veicoli a combustibile fossile (flotta composta da circa 1.200 mezzi)

Fonti: Piano sviluppo Unareti 2018-2019; A. Zorzan «Il Piano Full Electric di ATM – Primi Step Realizzati», eMob, 2019

Aspetti tariffari



Valore risultante: 0,156 €/kWh → 0,234 €/km*

*: Consumo 1,5 kWh/km (ex A. Zorzan, "L'Innovazione per i Sistemi di Mobilità Elettrica", eMob 2017)



ARERA Documento di Consultazione 318/19

Tariffa monomia per punti in media tensione (MTVE)

*«Possono sussistere specifiche configurazioni di stazioni di ricarica connesse in MT tramite punti di prelievo dedicati; tra queste, appaiono meritevoli di attenzione, al fine di massimizzare l'utilità in termini di passeggeri*km, anche se non in luoghi accessibili al pubblico:*

a) le applicazioni di ricarica per trasporto collettivo anziché individuale, quali ad esempio i depositi di autobus elettrici delle imprese di trasporto pubblico locale che investano in tal senso»

ARERA Documento di Consultazione 481/19

«È stato inoltre osservato come un'eventuale nuova tariffa monomia MTVE non risulterebbe utile per sostenere l'elettrificazione del TPL, i cui fabbisogni energetici sono facilmente prevedibili in anticipo, diversamente da quanto può invece avvenire per punti di ricarica fast e ultra-fast posizionati lungo le arterie stradali.

Per quanto riguarda l'ipotesi di introdurre una nuova struttura tariffaria monomia applicabile alle infrastrutture di ricarica connesse in media tensione (convenzionalmente indicata come tariffa MTVE), [...], l'Autorità ritiene al momento di non disporre di un quadro informativo sufficientemente completo per valutarne a pieno rischi e opportunità dell'introduzione di tale nuova struttura tariffaria »

Il nodo «energivori»

Dal 1 gennaio 2018 i **sogetti beneficiari** possono accedere alle **agevolazioni** per le imprese che hanno un **consumo medio di energia elettrica pari ad almeno 1 GWh/anno**, rientranti in categorie definite da **Linee guida CE** e previste dal **D.M. MISE 21/12/2017** (imprese del **Trasporto Pubblico Locale escluse**).

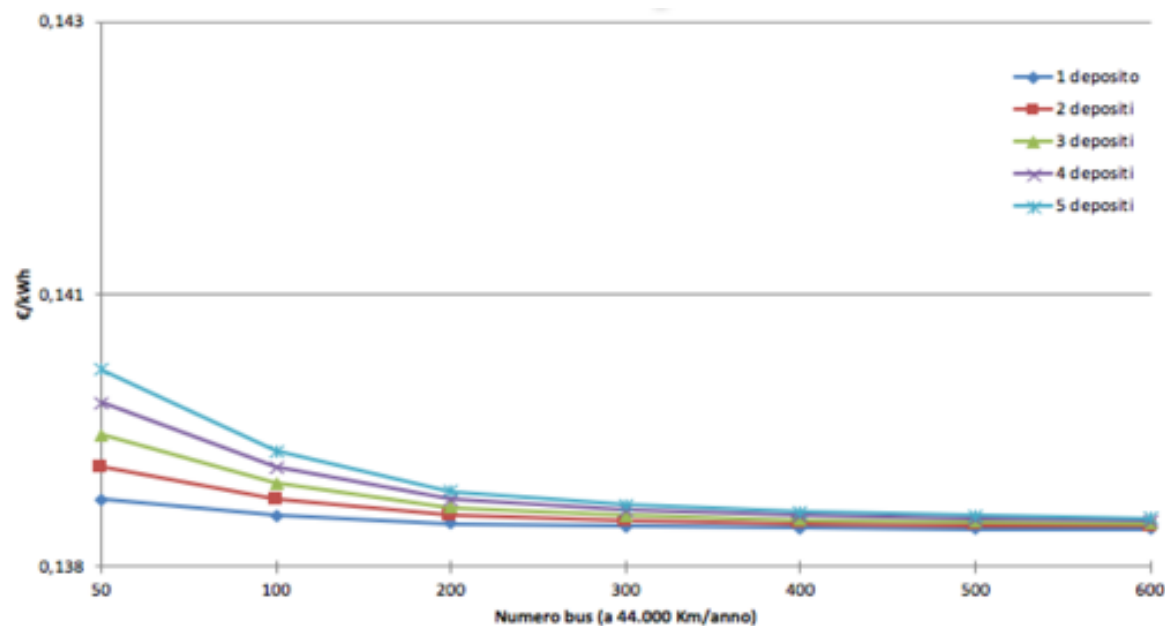
Eccezioni alle Linee guida CE sottostanno alle regole degli aiuti di stato.

Esempi:

- Decisione EU DG Trasporti – Aiuti di Stato SA. 43468 (2016/NN) - Francia
- Decisione EU DG Competition – Aiuti di Stato SA. 43728 (2014/N) – Germania - valutazione compatibilità condotta anche sulla base delle Linee guida relative a Energia e Ambiente (frazione di esternalità evitabili rispetto ai modi di trasporto concorrenti)



Nota: La metodologia ha introdotto quanto previsto dalla Decisione EU DG Competition Aiuti di Stato SA. 43728 (2014/N) attraverso una riduzione della componente A_{SOS} degli oneri generali di sistema di circa l'80%.



Valore risultante: 0,138 €/kWh → 0,207 €/km*

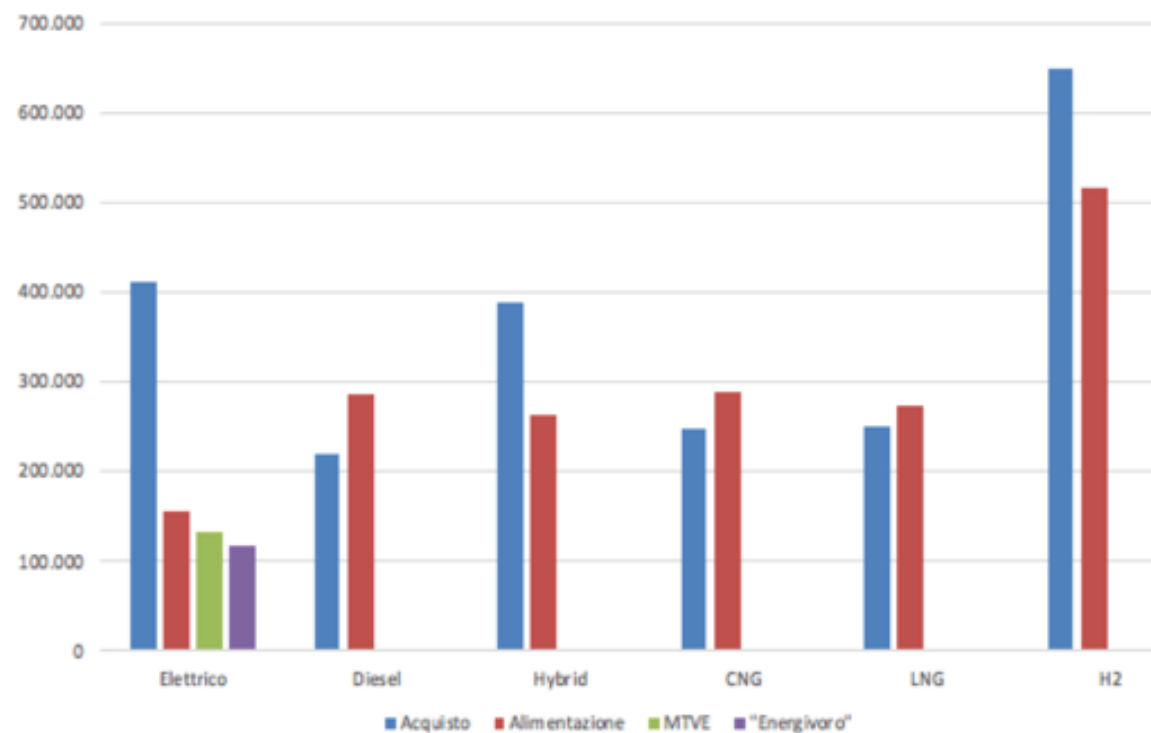
Note:

*: Consumo 1,5 kWh/km (ex A. Zorzan, "L'Innovazione per i Sistemi di Mobilità Elettrica", eMob 2017)

Total Cost of Ownership – Ipotesi di evoluzione –



		Totale	Totale MTVE	Totale «energivoro»
		[€]	[€]	[€]
Elettrico	BZ	787.300	764.900	749.500
	TO	815.400	793.000	777.600
	MI	776.200	753.800	738.400
	BG	751.600	729.200	713.800
Diesel	BZ	677.600		
	TO	747.000		
	BG	701.400		
Hybrid	BZ	886.400		
	MI	906.900		
CNG	TO	710.500		
LNG	BZ	694.400		
H ₂	BZ	1.452.600		



Costi di acquisto e totali di alimentazione per tipologie di mezzo

Retrofit



Risoluzione 7-00122/2013 - Commissioni IX e XI della Camera dei Deputati «Sulle misure a sostegno del trasporto pubblico locale, anche con riferimento alla salvaguardia dei livelli occupazionali e dei redditi dei dipendenti dello stabilimento Irisbus di Flùmeri»: «Le Commissioni IX e XI [...] impegnano il Governo a valutare l'opportunità di assumere iniziative per rivedere la normativa in materia di retrofit nell'ottica di una semplificazione dell'iter burocratico che disciplina le operazioni di conversione di mezzi a trazione endotermica in mezzi a trazione elettrica, anche al fine di risollevare un settore in crisi quale quello inerente alla produzione di mezzi destinati al trasporto pubblico locale.»



Di recente, alcune aziende stanno proponendo **kit** destinati a sostituire il motore diesel con uno elettrico, in combinazione con una batteria agli ioni di litio. La letteratura cita un costo di conversione di **350.000 €** per un autobus di 15 anni con installazione di una batteria ioni di litio da **320 kWh** e un'estensione stimata della vita operativa di **circa 6 ÷ 8 anni** (19 anni di vita operativa).

TCO (19 anni)	Elettrico	Retrofit
BZ	1.006.900	897.200
TO	1.049.700	981.300
BG	971.200	921.000

Nota: Aggiornamento valore batteria a 240 kWh considerato il valore della fornitura della città di Torino per 324 kWh e BNEF «A Behind the Scenes Take on Lithium-ion Battery Prices», 2019



Conclusioni



Conclusioni



- L'autobus elettrico si caratterizza per un prezzo di acquisto di poco più di **400.000 €**, un consumo medio nelle aree urbane di **1,5 kWh / km** e un costo di "chilometraggio" medio di **0,27 € / km**.
- Il **costo delle batterie** (acquisto e sostituzione a metà vita) costituisce ancora una **componente notevole** nel TCO di un mezzo elettrico.
- Pur essendo i veicoli **diesel, GNC e GNL** attualmente la **soluzione economicamente più vantaggiosa, la soluzione elettrica** risulta tuttavia essere discretamente competitiva.
- Fattori che possono rendere effettivamente conveniente la soluzione elettrica:
 - Prevista **riduzione del costo degli accumuli**
 - **Nuovi assetti normativi e regolatori** (es. decreto «vehicle to grid»)
- La tecnologia ad idrogeno non appare sufficientemente matura, soprattutto per quanto riguarda i costi di acquisto dei mezzi.

Questo lavoro è stato finanziato dal Fondo di Ricerca per il Sistema Elettrico in ottemperanza al Decreto del Ministro dello Sviluppo Economico 16 aprile 2018.



Grazie per l'attenzione

claudio.carlini@rse-web.it