

FIRENZE, febbraio 2006.

LA CONVERSIONE A GAS DI AUTOVEICOLI A BENZINA. ALCUNI DATI E CONSIDERAZIONI TECNICHE.

Daniele Grechi - ARPAT, Dipartimento provinciale di Firenze.

1 Introduzione.

Da vari anni il Ministero dell'Ambiente, le Regioni e gli EE.LL. promuovono e finanziano la trasformazione post vendita delle auto a benzina in veicoli bi-fuel ovvero in grado di essere alimentati, oltre che a benzina, anche con combustibile gassoso, sia esso gas di petrolio liquefatto (GPL) o gas naturale (GN), quest'ultimo comunemente indicato con il termine "metano".

L'Italia ha una grande tradizione in tal senso e senza dubbio può essere considerata leader nella tecnica e nella componentistica per questo tipo di interventi. Negli anni '30 per motivi di autarchia, negli anni '50 e soprattutto negli anni '70 a seguito dello choc petrolifero, per motivi economici, più recentemente ovvero negli anni '90 anche per motivi ecologici, il mercato delle trasformazioni di veicoli in uso ha avuto sempre una sua consistenza, pur fra inevitabili alti e bassi.

Certamente, la finalità più concreta di tale intervento tecnico è stata costantemente riconducibile ad un vantaggio economico per l'utilizzatore del veicolo, grazie ad una politica di minore pressione fiscale sui carburanti gassosi.

Sul piano del miglioramento della qualità delle emissioni, e quindi di possibile vantaggio ambientale per la collettività, si sono vantati effetti importanti, soprattutto a partire dai primi anni '90, a seguito della crescita della sensibilità verso il problema dell'inquinamento urbano.

Se ci limitiamo a considerare l'aspetto ambientale in senso ristretto e, in particolare, l'impatto derivante dalle emissioni allo scarico dei veicoli, appare opportuno tentare una valutazione dei benefici dell'operazione di trasformazione (o conversione) da mono-fuel (solo benzina) a bi-fuel (benzina e gas), soprattutto in quanto questa viene finanziata, almeno in parte, con denaro pubblico.

Precisiamo che, attualmente, l'incentivo alla conversione del Ministero dell'Ambiente e Tutela del Territorio è riservato ai soli veicoli catalizzati (EURO I ed EURO II), mentre talune amministrazioni locali sono orientate a confermarlo anche per le auto non catalizzate c.d. EURO 0 (meglio definibili come pre-EURO 1). Il Ministero delle Attività Produttive, inoltre, potrebbe rifinanziare incentivi per l'acquisto di nuovi veicoli e gas e per la conversione di quelli immatricolati da meno di tre anni.



2 Generalità.

La tipologia di motorizzazione suscettibile di conversione da mono-fuel a bi-fuel mediante interventi non eccessivamente costosi ed "invasivi", è costituita da motori ad accensione comandata alimentati a benzina che possono essere resi idonei all'uso di carburanti gassosi (GPL o GN). La conversione di motori diesel richiederebbe modifiche radicali della struttura del motore e non viene praticata.

I principali inquinanti allo scarico di veicoli con motore a combustione interna hanno sostanzialmente due origini:

- mancata o incompleta combustione, che causa l'emissione di idrocarburi (HC), componenti del carburante, e dell'ossido di carbonio (CO);
- sintesi nella camera di scoppio fra l'ossigeno e l'azoto (componenti dell'aria comburente), che causa la formazione e l'emissione di ossidi di azoto (NOx), di cui la maggior parte è costituita da monossido di azoto (NO).

I gas di scarico contengono numerosi altri componenti, taluni dei quali di grande significato sanitario. Fra questi possiamo citare inquinanti come il benzene e il particolato fine (PM10), normati a livello di qualità dell'aria ma non a livello di omologazione dei veicoli a benzina.

Il benzene è uno dei componenti della classe degli idrocarburi (HC). Il livello di emissione dipende, in prima approssimazione, dal tenore di benzene e di idrocarburi aromatici nel carburante ed è correlato al livello di emissione di HC totali.

Il particolato, almeno per i motori a benzina, si trova nei gas di scarico principalmente a causa dell'emissione di olio lubrificante. Altre sorgenti di emissione di particolato legate all'uso dei veicoli sono riconducibili all'usura di freni, frizioni, pneumatici, asfalto e alla risospensione dal piano stradale.

3 Alcuni dati.

Nel 1996 a Firenze, per iniziativa dell'Amministrazione Comunale e dell'Automobile Club di Firenze furono effettuate delle campagne di misura sui gas di scarico di varie tipologie di veicoli a motore.

In particolare furono provate:

- n. 1309 auto a benzina catalizzate
- n. 86 auto convertite bi-fuel benzina/GPL non catalizzate
- n. 21 auto convertite bi-fuel benzina/GPL catalizzate
- n. 15 auto convertite bi-fuel benzina/GN non catalizzate
- n. 3 auto convertite bi-fuel benzina/GN catalizzate

Per disporre di dati rilevati con simili modalità di prova su auto a benzina mono-fuel non catalizzate, venne acquisito il database dei controlli effettuati dalle officine di Roma nell'ambito di



campagne per il rilascio del "bollino". Da tale database, riferito all'anno 1996, sono stati elaborati i valori di emissione relativi a:

- n. 9552 auto a benzina non catalizzate.

Inoltre, per arricchire i dati di riferimento relativi ad auto in configurazione originale, si è tenuto conto del valore medio di CO rilevato al minimo sulla quota parte del parco circolante di Firenze che si è presentato alle officine per il rilascio del bollino nell'anno 1996.

Durante le prove in campo, condotte con la procedura stabilita per la revisione annuale¹, vennero misurate le concentrazioni di ossido di carbonio (CO) e di idrocarburi totali (HC) al regime di minimo e a 2500 giri/min (rpm). In più, venne misurata anche la concentrazione di monossido di azoto (NO) mediante sensore a cella elettrochimica. Sono state registrate anche le concentrazioni di ossigeno (O₂), anidride carbonica (CO₂) i valori del parametro LAMBDA (λ) che informa sul rapporto aria/combustibile.

Le auto bi-fuel vennero provate con ambedue i carburanti.

In tabella 1 si riportano i valori medi rilevati nella sperimentazione sulle auto bi-fuel non catalizzate e i valori medi relativi alle auto a benzina non catalizzate ma non convertite.

Tab. 1: Concentrazioni medie di inquinanti allo scarico. Confronto benzina-GPL e benzina-GN per auto non catalizzate bi-fuel e dati relativi ad auto non catalizzate non convertite (Firenze e Roma, 1996).

Inquinante (parametro)	regime	Bi fuel Bz/GPL		Bi fuel Bz/GN		Monofuel Bz (**)	
		Benzina	GPL	Benzina	GN	1° controllo	2° controllo
CO %	Minimo	3.76	2.73	3.50	0.57	6.25 (***)	2.49 (***)
	2500 rpm	3.20	1.06	2.50	0.29	4.10 (****)	1.80 (****)
HC(*) vpm	Minimo	548	713	322	292	388 (***)	562 (***)
	2500 rpm	220	174	170	240	n.r.	
NO vpm	Minimo	132	77	127	86	n.r.	
	2500 rpm	220	174	295	240	n.r.	
O ₂ %	Minimo	2.10	2.25	0.70	3.86	3.72 (***)	2.71 (***)
	2500 rpm	0.87	2.10	1.16	3.80	n.r.	
CO ₂ %	Minimo	10.86	10.13	12.30	8.60	10.86 (***)	12.20 (***)
	2500 rpm	12.15	11.20	12.44	8.80	n.r.	
λ	Minimo	0.998	1.020	0.918	1.256	n.r.	
	2500 rpm	0.952	1.007	0.975	0.981	n.r.	

(*) Come esano.

(**) Il valore relativo al 1° controllo si riferisce alla misura effettuata prima di operazioni di manutenzione, quello relativo al 2° controllo si riferisce alla misura effettuata dopo le operazioni di manutenzione.

(***) Campagna "bollino" Roma 1996.

(****) Campagna "bollino" Firenze 1996.

¹ Misura diretta nei gas di scarico della concentrazione di CO, HC, CO₂, CO, O₂ e calcolo del valore del parametro λ , a motore caldo (temperatura olio >80°C).



In tabella 2 si riportano i valori medi rilevati nella sperimentazione sulle auto bi-fuel catalizzate e i valori medi relativi alle auto a benzina catalizzate ma non convertite. Non sono riportati valori per le auto convertite bi fuel Bz/GN in quanto il campione provato è costituito da soli tre veicoli.

Tab. 2: Concentrazioni medie di inquinanti allo scarico. Confronto benzina-GPL per auto catalizzate bi-fuel e dati relativi ad auto catalizzate non convertite (Firenze, 1996).

Inquinante (parametro)	regime	Bi fuel Bz/GPL		Mono fuel Benzina
		Benzina	GPL	
CO %	Minimo	0.85	4.33	0.06
	2500 rpm	0.93	0.51	0.08
HC(*) vpm	Minimo	78	412	21
	2500 rpm	61	71	10
NO vpm	Minimo	47	31	3
	2500 rpm	163	212	30
O2 %	Minimo	0.39	0.92	0.33
	2500 rpm	0.64	0.33	0.21
CO2 %	Minimo	14.02	9.87	14.07
	2500 rpm	14.16	12.44	14.80
λ	Minimo	0.998	0.903	1.012
	2500 rpm	0.991	1.014	1.008

(*) come esano

Nell'anno 2001 l'Automobile Club di Firenze eseguì una ulteriore campagna di verifica delle emissioni avvalendosi per le misure in campo, come nella sperimentazione del 1996, della Soc. ACITOSCANA SERVICE srl e adottando le stesse metodologie di prova.

Nelle tabelle 3 e 4 si riportano i dati relativi a tale sperimentazione, durante la quale furono provati:

- n. 13 auto convertite bi-fuel benzina/GPL non catalizzate
- n. 16 auto convertite bi-fuel benzina/GPL catalizzate
- n. 10 auto convertite bi-fuel benzina/GN non catalizzate
- n. 11 auto convertite bi-fuel benzina/GN catalizzate

Tab. 3: Concentrazioni medie di inquinanti allo scarico di auto non catalizzate bi-fuel benzina/GPL e benzina/GN (Firenze, 2001).

carburante	CO %		HC vpm (*)		NOx vpm	
	minimo	2500 rpm	minimo	2500 rpm	minimo	2500 rpm
GPL	7,33	n.r.	473	n.r.	34	n.r.
GN	1,15	n.r.	148	n.r.	27	n.r.

(*) come esano



Tab. 4: Concentrazioni medie di inquinanti allo scarico di auto catalizzate bi-fuel benzina/GPL e benzina/GN (Firenze, 2001).

carburante	CO %		HC vpm (*)		NOx vpm	
	minimo	2500 rpm	minimo	2500 rpm	minimo	2500 rpm
GPL	7,02	0,39	300	36	26	40
GN	0,65	0,01	90	53	27	78

(*) come esano

Più recentemente, il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ha rilasciato l'omologazione di dispositivi necessari alla conversione bi-fuel di autoveicoli a benzina catalizzati (EURO III), prodotti da una società di Firenze. Il rilascio è stato effettuato in base all'esito di prove su n. 5 veicoli. Le prove hanno riguardato la verifica dei livelli di emissione secondo le procedure previste per l'omologazione dei veicoli (ciclo EUDC).

Nella tabella 5 si evidenziano le configurazioni dei veicoli provati

Tab. 5: Tipo di alimentazione adottata e prove effettuate per l'omologazione di dispositivi per conversione a gas di auto a benzina EURO III (2001-2004).

autoveicolo	benzina	GPL	GN
A		X	X
B		X	X
C	X	X	
D	X	X	X
E	X	X	X

In tabella 6 si mostrano i valori medi di emissione determinati in base alle prove sul ciclo EUDC.

Tab. 6: Emissione media su ciclo EUDC (g/Km).

carburante	CO	HC	NOx	autoveicoli
benzina	0,6438	0,0810	0,0645	C, D, E
GPL	0,6695	0,0762	0,0607	A, B, C, D, E
GN	0,4119	0,0629	0,0288	A, B, D, E

In dettaglio, le variazioni percentuali di emissione per ciascun inquinante e per singolo veicolo, determinate dall'uso dei diversi carburanti, sono riportate in tabella 7.



Tab. 7: Variazioni di emissione media percentuale su ciclo EUDC per singolo veicolo provato.

<i>confronto</i>	<i>inquinante</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>
GPL vs BENZINA	CO	n.d.	n.d.	+ 20%	+ 114%	+ 7%
	HC	n.d.	n.d.	+ 22%	+ 36%	+ 14%
	NOx	n.d.	n.d.	+ 21%	+ 13%	+ 27%
GN vs BENZINA	CO	n.d.	n.d.	n.d.	+ 65%	- 16%
	HC	n.d.	n.d.	n.d.	+ 54%	- 6%
	NOx	n.d.	n.d.	n.d.	- 17%	- 37%
GPL vs GN	CO	+ 48%	+ 108%	n.d.	+ 30%	+ 28%
	HC	- 39%	+ 3%	n.d.	- 12%	+ 21%
	NOx	+ 87%	+ 42%	n.d.	+ 36%	+ 102%

Nota: per agevolare la lettura dei dati, gli incrementi di emissione sono indicati in grassetto.

4 Commento.

Se ci poniamo l'obiettivo di stimare le variazioni di emissione indotte dalla conversione da mono-fuel a bi-fuel, il confronto dovrebbe essere condotto fra i valori rilevati, con modalità il più possibile omogenee, nell'uso di carburanti diversi (benzina, GPL e GN) su un consistente numero di autoveicoli di ciascuna categoria (catalizzati e non catalizzati), dopo la conversione in veicolo bi-fuel.

Nel caso delle auto non catalizzate, in realtà, non disponiamo del termine di riferimento costituito da veicoli mono-fuel a benzina, a causa del fatto che tale categoria di veicoli non è stata testata nelle campagne di Firenze del 1996.

A scopo indicativo possiamo assumere a riferimento le concentrazioni medie di inquinanti allo scarico rilevate in occasioni diverse, come illustrate in tabella 8.

Tab. 8: Emissioni medie da autoveicoli mono-fuel a benzina.

<i>Fonte dei dati</i>	<i>CO</i> %		<i>HC</i> vpm		<i>NOx</i> vpm		<i>note</i>
	<i>min</i>	<i>2500 rpm</i>	<i>min</i>	<i>2500 rpm</i>	<i>min</i>	<i>2500 rpm</i>	
Database "bollino" di Roma (1996)	4,3	n.d.	475	n.d.	n.d.	n.d.	Media prima e dopo manutenzione
Media "bollino" Firenze (1996)	2,9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	Media prima e dopo manutenzione
Valori a monte KAT (campagne Firenze 1996)	0,92	0,92	189	93	60	316	Categoria di veicoli a iniezione e non con carburatore.



I valori medi indicati in corrispondenza della fonte informativa costituita dal database "bollino" di Roma e di Firenze si riferiscono alla media fra i valori medi rilevati prima e dopo le operazioni di manutenzione. La scelta di considerare il valore medio appare giustificata in quanto è ragionevole ipotizzare che il parco circolante di questo tipo di veicoli sia risultato distribuito fra i due casi estremi. In tal modo, il campione diviene ragionevolmente più omogeneo con quello provato nelle campagne di verifica di Firenze².

I valori medi di CO, HC e NOx indicati in corrispondenza della fonte informativa "campagne Firenze 1996" sono i dati ottenuti provando le auto catalizzate a due diversi regimi (minimo e 2500 rpm) e analizzando i fumi a monte del catalizzatore. Pur non essendo in gioco la capacità depurativa del catalizzatore, il solo fatto che i motori di questa categoria di veicoli siano alimentati mediante iniezione gestita da apposita centralina elettronica piuttosto che mediante carburatori, determina importanti riduzioni nella concentrazione di inquinanti. Data la consistente disomogeneità strutturale nei tipi di veicoli, non appare congruo effettuare valutazioni comparative sull'effetto del carburante attraverso il confronto fra i dati di emissione di auto non catalizzate e catalizzate sia pure a monte del catalizzatore stesso.

Certamente non ottimale ma meno incongruo appare utilizzare ambedue i database, sia quello di Roma che quello di Firenze, realizzati nelle campagne "bollino" delle due città.

Di seguito si mostrano e si commentano le variazioni di emissione attribuibili alla conversione bi-fuel dei veicoli, calcolate con i dati disponibili. Si è trascurato l'uso dei valori medi di cui alle tabelle 3 e 4 (rilevati da ACITOSCANA SERVICE nel 2001) sia per la modesta dimensione del campione sia perché ottenuti in un diverso contesto (campagna promozionale ACI). Tali dati sono stati mostrati soprattutto per avvalorare in senso qualitativo quanto emerso in precedenza e mostrato nelle tabelle 1 e 2.

In figura 1 si mostra la variazione percentuale dei valori medi di emissione relativa al confronto fra le auto a benzina non catalizzate trasformate bi-fuel, rispetto alla media dei valori rilevati a Roma nella campagna "bollino" del 1996 su auto a benzina non catalizzate, nella configurazione originale (mono-fuel).

Il confronto è limitato ai valori di concentrazione di CO e di HC rilevati al regime di minimo.

Si osservi che l'alimentazione a benzina (BZ) su veicoli bi-fuel benzina/GPL riduce l'emissione di CO del 13% ed aumenta quella di HC del 15% mentre su veicoli benzina/GN si verificano riduzioni su ambedue gli inquinati pari, rispettivamente, a 19% e 32%.

L'alimentazione a GPL produce la riduzione del 37% per CO ma l'incremento del 50% per HC. L'alimentazione a GN produce la riduzione sia di CO, pari a 87%, che di HC, pari a 39%.

In figura 2 si mostra la variazione dei valori medi di emissione relativa al confronto fra la auto a benzina non catalizzate trasformate bi-fuel rispetto alla media dei valori rilevati a Firenze nella campagna "bollino" del 1996 su auto a benzina non catalizzate nella configurazione originale (mono-fuel).

² Comune di Firenze "Relazione annuale sulla qualità dell'aria nel comune di Firenze. Anno 1999", allegato G "Note di riepilogo sulla campagna di controllo delle emissioni autoveicolari per l'anno 1999" (a cura di C. Cucci - ARPAT).



Il confronto è limitato ai valori di concentrazione di CO rilevati al regime di minimo.

Fig. 1: auto non catalizzate bi-fuel, variazione di emissione con alimentazione a benzina (BZ) o GPL o GN rispetto ad auto mono-fuel a benzina ("bollino" Roma)

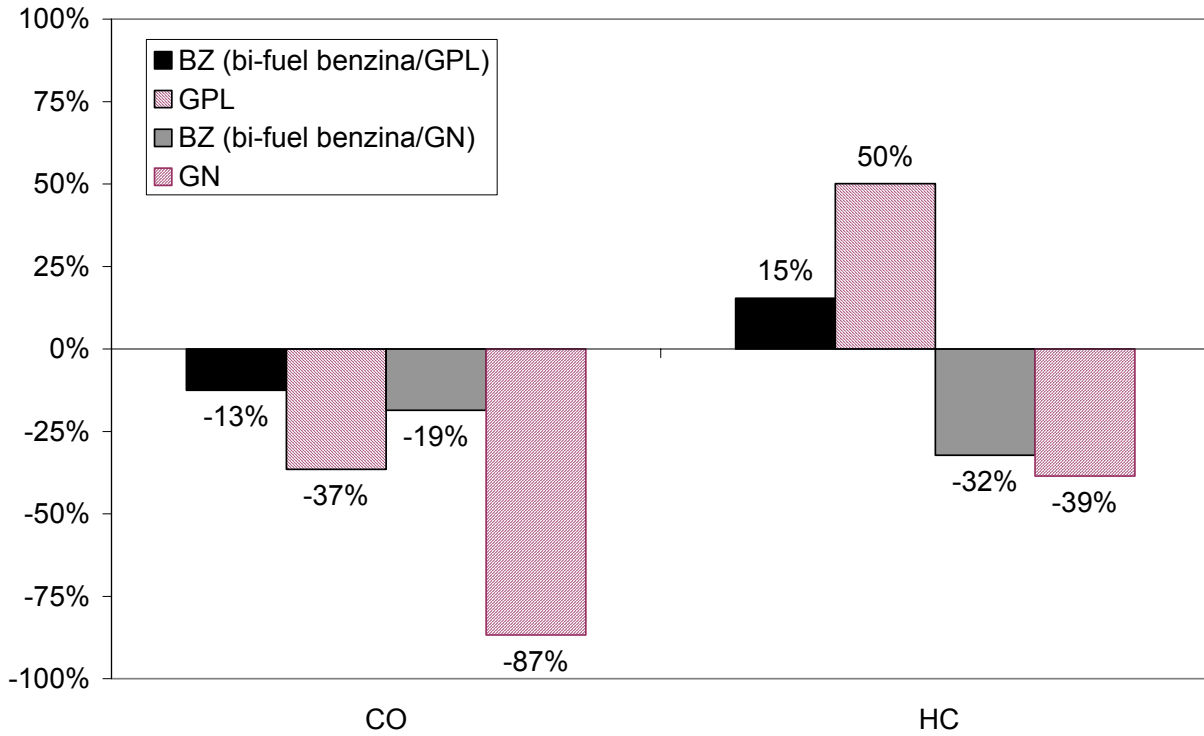
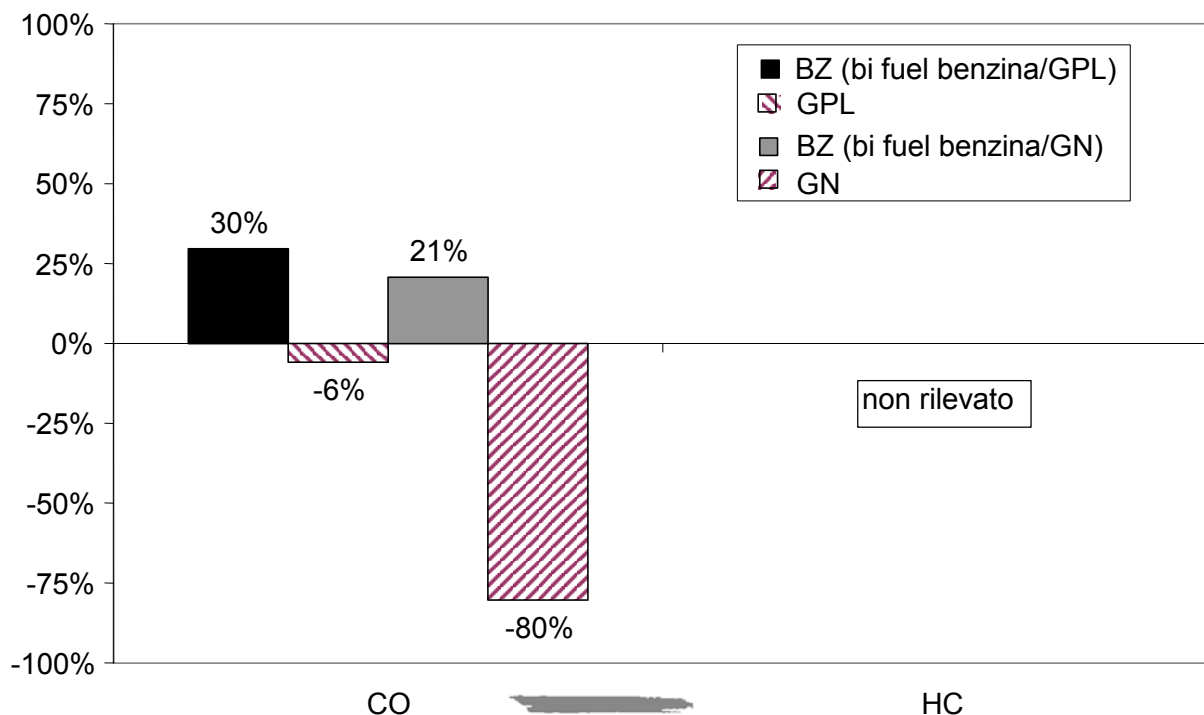


Fig. 2: auto non catalizzate bi-fuel, variazione di emissione con alimentazione a benzina (BZ) o GPL o GN rispetto ad auto mono-fuel a benzina ("bollino" Firenze).



Si osservi che l'alimentazione a benzina (BZ) su veicoli bi-fuel benzina/GPL e benzina/GN aumenta l'emissione di CO, rispettivamente, del 30% e del 21%. L'alimentazione a GPL produce la riduzione di CO del 6%, quella a GN produce la riduzione dell'80%.

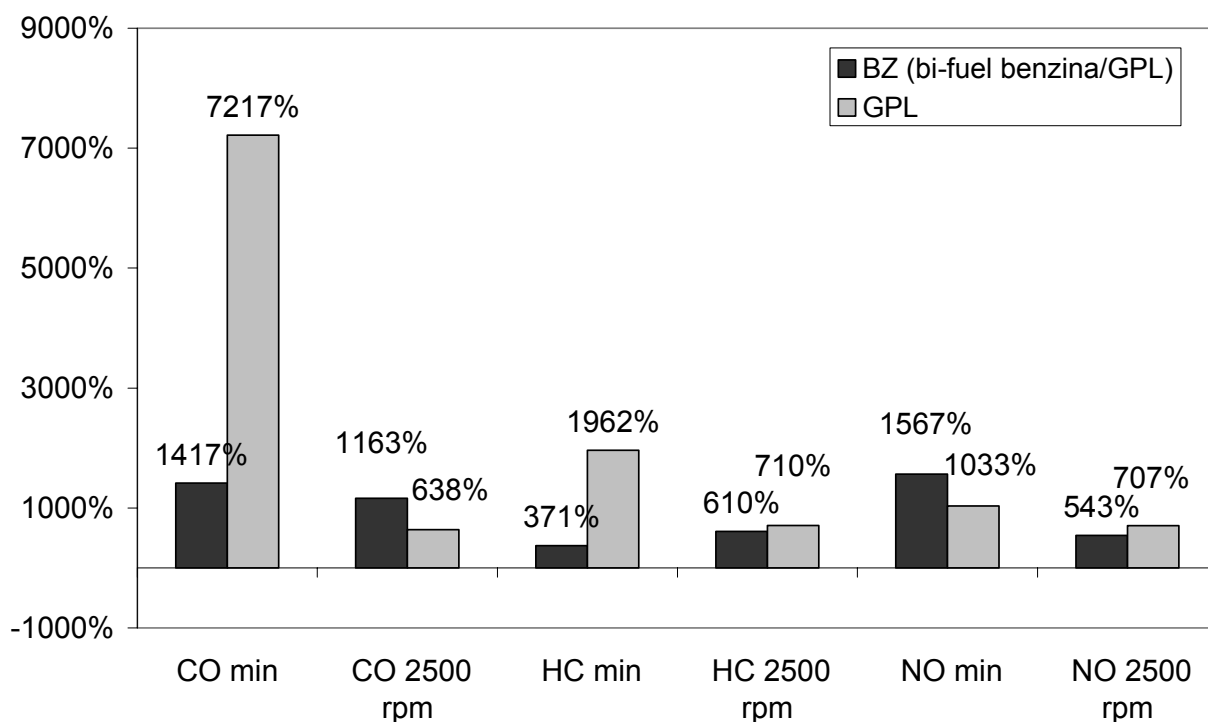
Dei due confronti mostrati nelle figure 1 e 2, riteniamo più corretto e attendibile quello di cui alla Fig. 2. Infatti, tale confronto è basato sui dati rilevati su un parco veicoli omogeneo ovvero circolante nella stessa città di Firenze.

Nel caso delle auto catalizzate EURO I ed EURO II, disponiamo del termine di riferimento costituito da veicoli mono-fuel a benzina, testati nelle campagne di Firenze del 1996.

In figura 3 si mostra la variazione dei valori medi di emissione relativa al confronto fra la auto a benzina catalizzate EURO 1 ed EURO II trasformate bi-fuel, rispetto alla media dei valori rilevati su auto a benzina di analoga categoria ma in configurazione originale (mono-fuel a benzina).

Il confronto è limitato alla categoria bi-fuel benzina/GPL in quanto il campione di auto bi-fuel benzina/GN è risultato troppo piccolo (n. 3 veicoli). Sono disponibili i valori relativi a due diversi regimi in quanto ciò è previsto dalla procedura di prova stabilita per la revisione. Sono disponibili anche i valori di NOx rilevati per completezza di sperimentazione, pur non essendo prevista per tale inquinante la rilevazione in sede di revisione³.

Fig. 3: auto catalizzate EURO I e II bi-fuel, variazione di emissione in alimentazione a benzina (BZ) o GPL rispetto ad auto mono-fuel a benzina



³ Si tenga conto che i valori di NOx misurati mediante il sensore a cella elettrochimica, di cui è dotato l'analizzatore utilizzato ma che è sensibile unicamente alla specie chimica NO, devono essere considerati in difetto rispetto al valore vero in quanto non comprensivi della specie chimica NO₂.



Si osservi che l'emissione dei vari inquinanti ad ambedue i regimi, sia con il carburante benzina che con il GPL, cresce in maniera notevole rispetto al veicolo in configurazione originale.

Considerato che all'incremento pari al 100% corrisponde l'aumento di emissione per un fattore 2, nei veicoli bi-fuel provati a benzina si rileva un incremento di circa 13-15 volte per CO (valori approssimati riferiti ai due regimi), di circa 5-7 volte per HC e di circa 6-17 volte per NOx.

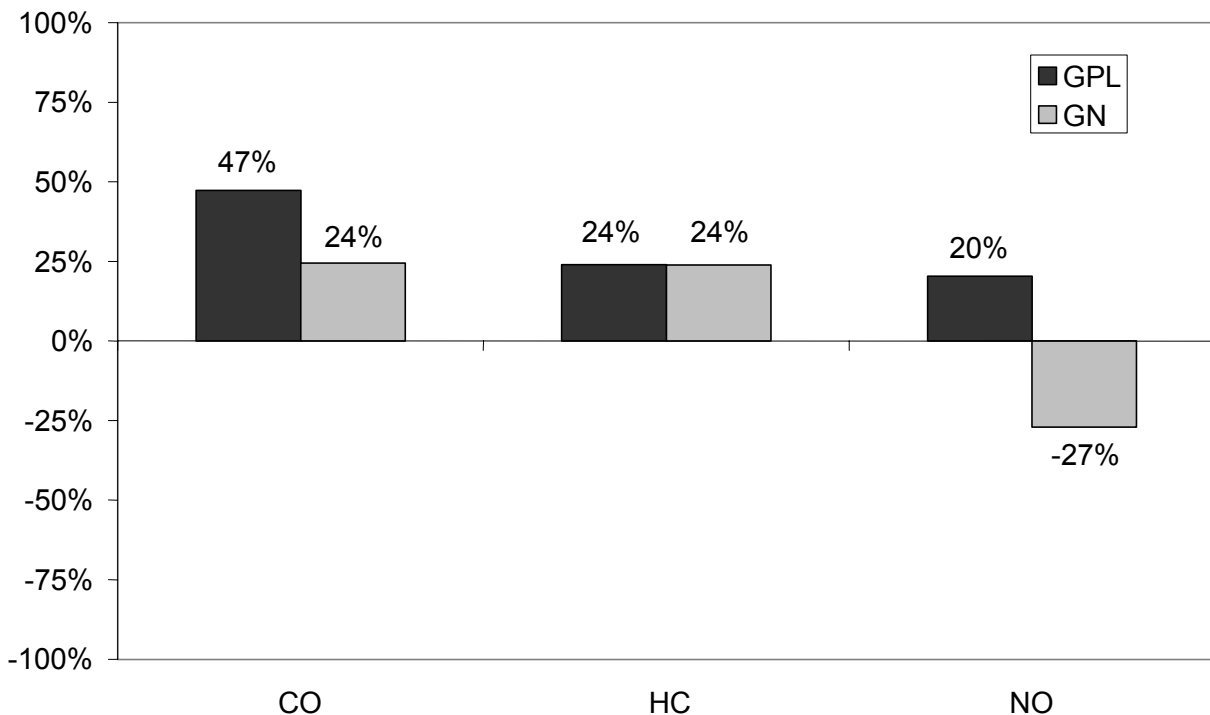
I medesimi veicoli, nella prova con GPL mostrano incrementi di emissione rispetto all'uso di benzina su veicoli mono-fuel altrettanto notevoli, pari a circa 7-73 volte per CO, 8-21 volte per HC e 8-11 volte per NOx.

Nel caso delle auto catalizzate EURO III, disponiamo del termine di riferimento costituito dagli stessi veicoli nella configurazione di alimentazione originaria (benzina).

In figura 4 si mostra la variazione media dei valori di emissione relativi all'alimentazione a GPL e a GN rispetto a quella a benzina.

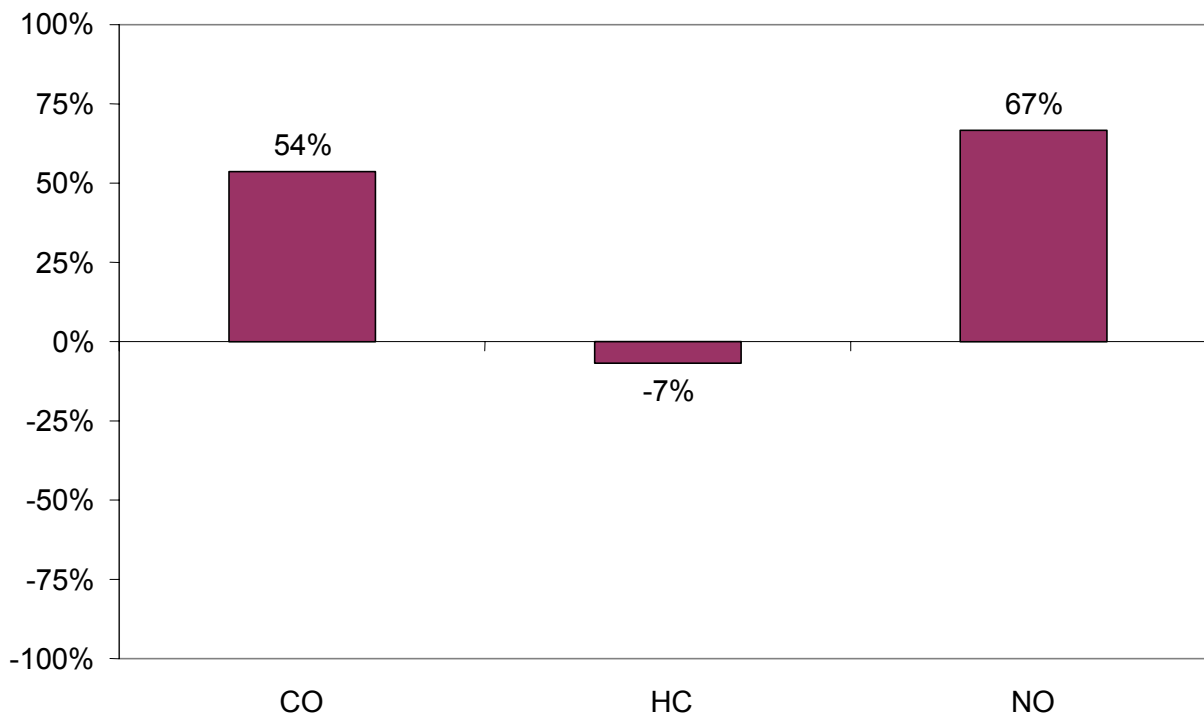
Si osservi che il GPL peggiora sempre le emissioni rispetto alla benzina: 47% in più su CO, 24% su HC e 20% su NOx. Il GN (metano) peggiora le emissioni rispetto alla benzina del 24% sia per CO che per HC ma le riduce del 27% per NOx. Di conseguenza, nell'alternativa fra GPL e GN risulta migliore quest'ultimo.

Fig. 4: auto catalizzate EURO III bi-fuel, variazione di emissione in alimentazione GPL o GN rispetto all'alimentazione a benzina.



In figura 5, con gli stessi dati utilizzati per costruire il grafico di figura 4, si evidenzia il confronto diretto fra GPL e GN. Appare evidente che l'alimentazione con GPL peggiora notevolmente le emissioni di CO e di NOx (rispettivamente del 54% e del 67%), mentre determina una leggera riduzione di quelle di HC (7%).

Fig. 5: auto catalizzate EURO III bi-fuel, variazione di emissione in alimentazione GPL rispetto all'alimentazione a GN.



La rappresentazione sintetica e qualitativa dell'effetto della conversione sulle emissioni è presentata in tabella 8. La valutazione prescinde dalla diversità dei metodi di prova che, ricordiamo, consistono nella misura di concentrazione degli inquinanti direttamente nel tubo di scarico ai regimi di minimo e 2500 giri/min per le auto pre-EURO I (non catalizzate), EURO I ed EURO II e nella determinazione della quantità di inquinanti emessa nel ciclo di prova standard su banco a rulli per le auto EURO III.

Tab. 8: quadro sintetico dell'effetto sulle emissioni attribuibile alla conversione.

carburante	conversione	Pre EURO I		EURO I e II			EURO III		
		CO	HC	CO	HC	NOx	CO	HC	NOx
BENZINA	bi fuel BZ/GPL	N	N	NN	NN	NN	Non valutato		
	bi fuel BZ/GN	N	P	Non valutato					
GPL	bi fuel BZ/GPL	N	P	NN	NN	NN	N	N	N
GN	bi fuel BZ/GN	PP	P	Non valutato			N	N	P

Legenda:

PP = molto positivo
NN = molto negativo

P = positivo
N = negativo



Il peggioramento più marcato e generalizzato si riscontra sulle auto catalizzate EURO I e II convertite bi-fuel benzina/GPL rispetto ai veicoli in assetto originario, sia con carburante benzina che GPL. Lo stesso tipo di conversione si dimostra negativo anche per le auto non catalizzate pre-EURO I, salvo il caso di HC con carburante GPL, e per le auto catalizzate EURO III.

Le auto convertite bi-fuel benzina/GN mostrano una situazione più articolata in quanto si sono riscontrati aspetti positivi sulle auto pre-EURO I, eccetto per l'emissione di CO nel caso di alimentazione a benzina, e per l'emissione di NOx da auto EURO III. Non è stato possibile effettuare la valutazione sulle auto EURO I e II per scarsità di veicoli provati.

Fra i dati riportati, derivanti da prove in campo, non sono compresi valori relativi al particolato (PM). Si ricorda, infatti, che per i veicoli alimentati a benzina o a gas non vi sono limiti normativi riguardanti l'emissione di polveri allo scarico, presumibilmente in quanto molto inferiori a quelle derivanti da veicoli diesel. Tuttavia, vale la pena di sottolineare che i fattori di emissione usualmente adottati per le auto catalizzate non diesel sono pari a 0,018 g/(Km*veicolo) e a 0,017 g/(Km*veicolo), rispettivamente per benzina e per gas⁴. Si osservi che si tratta di valori praticamente analoghi. Per veicoli non catalizzati, il fattore di emissione di PM riferito ad auto a gas risulta addirittura superiore a quello attribuito a talune categorie di veicoli a benzina. Infatti, per le auto a gas GPL "conventional" viene adottato il valore 0,057 g/(Km*veicolo), mentre per le auto a benzina da preECE (ante anni '70) a ECE 15/04 (anni '80) si indicano valori da 0,080 g/(Km*veicolo) a 0,047 g/(Km*veicolo)⁵.

5 Qualche considerazione.

I dati presentati mostrano che la conversione a gas di auto a benzina, in numerosi casi, produce effetti negativi, nel senso che le emissioni di inquinanti CO, HC e NOx spesso aumentano rispetto a quelle dello stesso veicolo in assetto originario ovvero con la sola alimentazione a benzina. Particolarmente degno di nota è che ciò avviene sia durante l'uso del gas sia durante l'uso di benzina.

Pur nell'approssimazione della valutazione, l'entità del peggioramento delle emissioni appare quantitativamente molto diversa in funzione del tipo di veicoli su cui viene praticata la conversione, del tipo di conversione stessa (adattamento all'uso di GPL o di GN) e dell'inquinante considerato.

Gli incrementi di emissione di cui alla figura 4, riferiti ad auto catalizzate EURO III e relativi principalmente a GPL, possono essere considerati quelli minimi in quanto si riferiscono a veicoli nuovi o quasi, selezionati e portati alla prova in perfetta efficienza. Inoltre, la conversione di tali autoveicoli è stata presumibilmente effettuata utilizzando dispositivi e soluzioni tecnologiche ben testate e ottimizzate.

⁴ APAT, Manuale dei fattori di emissione, in <http://www.inventaria.sinanet.apat.it/>

⁵ Per "conventional" si intende l'insieme delle auto omologate in base a normative antecedenti la Direttiva 91/441/CEE (EURO I). Per preECE si intendono le auto omologate in assenza di parametri riguardanti le emissioni allo scarico. Per ECE 15/04 si intendono le auto omologate in base alla Direttiva 83/351 ovvero l'ultima antecedente la Direttiva 91/441/CEE.



Gli incrementi di HC di cui alla figura 1 e di CO di cui alla figura 2, riferiti ad auto non catalizzate, nonché gli incrementi di cui alla figura 3, riferiti ad auto catalizzate EURO I ed EURO II, ancora una volta soprattutto per GPL, si riferiscono a veicoli "in uso", portati al test così come circolanti. Per questo motivo, può essere ritenuto un campione più rappresentativo della situazione reale.

Se il quadro tratteggiato può apparire un po' sorprendente, è sufficiente una semplice ricerca su internet per rendersi conto che anche altri soggetti qualificati manifestano una certa prudenza nell'avallare *tout court* le conversioni, quantomeno limitatamente all'aspetto "emissioni inquinanti".

Si veda, ad esempio "LPG - An alternative fuel" in <http://www.leeric.lsu.edu/bgbb/7/ecep/auto/l/l.htm>⁶ e "Frequently asked questions about LPG emission" in www.nett.ca/faq_lpg.html⁷.

Nel primo riferimento si afferma che l'efficienza dei dispositivi di conversione è controversa. Secondo Mr Stuart R. Perkins (Chrysler), il peggioramento delle emissioni riguarda anche il veicolo bi fuel alimentato a benzina. Secondo altri ingegneri esperti, per ottenere le migliori prestazioni sul piano emissivo, il motore a gas andrebbe totalmente riprogettato in modo da sfruttare le specifiche proprietà del carburante utilizzato.

Nel secondo riferimento si afferma che l'evoluzione tecnologica dei motori a benzina ha portato a ridurre i potenziali vantaggi della conversione a GPL. Inoltre, si illustrano le proprietà del post combustore catalitico e si chiarisce che gli idrocarburi con catena alifatica più corta come metano, propano e butano (componenti del GN e del GPL) risultano più difficili da abbattere rispetto a quelli che costituiscono la benzina.

Si sottolinea che i dati e le considerazioni qui riportate si riferiscono unicamente alle auto a benzina in quanto solo queste sono "convertibili" bi-fuel con relativa facilità. Ben diversa può essere la valutazione se il confronto viene spostato rispetto ai veicoli con motore diesel, notoriamente grandi emettitori di particolato e di NOx. Così pure diversa può essere la valutazione di auto nate a gas, in quanto prodotte e testate dal costruttore e sottoposte ad omologazione. Ciò potrebbe meglio garantire l'effettiva minore emissione di inquinanti rispetto alle auto trasformate artigianalmente, considerata la sofisticazione spinta dei veicoli prodotti negli ultimi anni.

Appare decisamente poco credibile, infatti, che interventi post vendita possano davvero migliorare un prodotto frutto di studi e di ricerche di elevato livello. Anzi, è comprensibile come gli interventi sugli apparati di controllo elettronico della carburazione, che si rendono necessari per ottimizzare le prestazioni del veicolo alimentato a gas, possano produrre effetti negativi sull'efficienza sia della combustione sia del catalizzatore, a causa dello scostamento rispetto alle "tarature" standard. Peraltro, è noto che per conseguire la efficiente post combustione di HC diversi da quelli costituenti la benzina richiede catalizzatori particolari e condizioni di impiego specifiche⁸.

Possiamo pure ricordare che, a partire dalle omologazioni EURO III, ogni autoveicolo è dotato di "on board diagnose" (OBD) ovvero di dispositivi elettronici di controllo dalla

⁶ Nett Technologies: environmental company specializing in exhaust pollution control products for internal combustion engines. Ultimo accesso 7 dicembre 2005

⁷ Louisiana Energy & Environmental Resource & Information Center, Louisiana State University. Ultimo accesso 7 dicembre 2005

⁸ R. Gozzellino, R. Rinolfi, E. Volpi *et al.* "Strategie di impiego del CNG nei trasporti", Centro Ricerche FIAT, 1996



combustione e delle prestazioni del catalizzatore che registrano e segnalano qualsiasi anomalia. E' difficile immaginare che la sostituzione del carburante possa risultare influente sui segnali registrati dai sensori e che i parametri possano rimanere nel range dei valori attesi. Di conseguenza sembra inevitabile che la conversione a bi-fuel comprenda anche la ritaratura di tutti i sistemi elettronici con conseguente non garantita permanenza delle condizioni originali di emissione del veicolo.

Di fatto, non risultano disponibili (o non sono lo sono pubblicamente) dati ed informazioni tecniche rilevati sull'effettivo parco circolante che consentano di attribuire significativi benefici "ambientali" all'operazione di conversione a gas di veicoli a benzina in uso.

Un'ultima considerazione riguarda, più in generale, quanto ci si possa attendere di positivo dalla conversione a gas di motori a benzina con riguardo alle caratteristiche del carburante.

L'unico aspetto inequivocabilmente e chiaramente positivo è riconducibile alla qualità della miscela di HC emessi. Poiché sia GPL che metano non contengono benzene, il gas di scarico derivante dalla combustione di tali carburanti ne è privo (o quasi).

Questo vantaggio era da considerarsi molto consistente quando il tenore di benzene nella benzina era più elevato rispetto all'attuale e il parco circolante era non catalizzato o prevalentemente non catalizzato. Di conseguenza, i livelli ambientali di benzene erano molto elevati (3-4 volte superiori a quelli attuali). Da vari anni il tenore di benzene nella benzina è soggetto al limite massimo di 1% ed usualmente si attesta intorno a 0,8% (contro il 3% ed oltre fino alla metà degli anni '90), mentre i livelli ambientali risultano ancora superiori al valore di riferimento ma sono in siti prossimi a intensi flussi di traffico. Peraltro, il livello ambientale di benzene è determinato anche dal contributo legato alle emissioni dei ciclomotori a 2 tempi e dei veicoli diesel (in particolare i pesanti), oggi molto diffusi.

Un ulteriore e importante vantaggio "storico" derivante dalla trasformazione a gas delle auto a benzina risiedeva nella totale eliminazione dell'emissione di composti del piombo, presenti nella benzina "super" come antidetonante ma assenti nei carburanti gassosi. Tuttavia, anche per tale componente inquinante la situazione attuale è completamente mutata in virtù della totale eliminazione degli additivi a base di piombo nella benzina ora utilizzata (cosiddetta "verde").

Tutto ciò premesso, l'incentivazione della conversione a gas dei veicoli attualmente circolanti non sembra giustificata dall'attesa di certi e importanti vantaggi sul piano della qualità dell'aria anche a livello di valutazione teorica "a priori".

Indipendentemente dai dati di emissione mostrati e dalle considerazioni circa l'evoluzione tecnologica dei motori e dei carburanti, appare utile considerare anche altri aspetti della problematica.

Nel caso dei veicoli non catalizzati, stante la loro ridotta numerosità e la bassa percorrenza in generale e in particolare in ambito urbano di molte città italiane (ovvia deduzione considerato che si tratta di veicoli con più di 13 anni di vita), pur considerando la quasi totale eliminazione di benzene a livello di emissione di singolo veicolo, dalla loro conversione non possiamo attenderci significativi effetti sulla qualità dell'aria.



Nel caso dei veicoli catalizzati, il beneficio atteso dalla conversione è comunque molto modesto per il già basso livello di emissione delle auto omologate in base alle normative EURO. Peraltro, l'installazione dell'impianto a gas non garantisce che il veicolo mantenga le condizioni di conformità ai livelli di omologazione in quanto, nella trasformazione artigianale, potrebbero essere effettuate vere e proprie manomissioni del sistema di alimentazione e dei dispositivi elettronici di regolazione della carburazione e non vi è nessuna verifica obbligatoria finale sulla rispondenza ai limiti rispettati dal veicolo nella configurazione originale.

Anche il livello di emissione di particolato allo scarico non appare legato al tipo di carburante quanto piuttosto al consumo di olio, determinato dall'usura del motore, e alle fasi "a freddo" che tuttavia si manifestano anche sulle auto convertite bi fuel, in quanto generalmente predisposte per la partenza a benzina. Ovviamente, per niente influenzati sono i livelli di emissione di particolato dovuti all'usura di freni, frizioni, pneumatici ed asfalto nonché alla risospensione, che costituiscono una importante quota di emissione di PM dalla sorgente "traffico".

In conclusione, la trasformazione a gas post vendita di auto a benzina non appare ad oggi adeguatamente motivata in base ai benefici attesi sul piano della riduzione dei livelli di inquinamento.

Si sottolinea che questa conclusione non si riferisce ai veicoli mono-fuel solo gas o bi-fuel (GPL-benzina o GN-benzina) nuovi di fabbrica che, presumibilmente, offrono maggiori garanzie del rispetto dei limiti di omologazione e generalmente potrebbero mostrare livelli di emissione più bassi rispetto all'equivalente a benzina (soprattutto per il GN), anche grazie alla ottimizzazione della componentistica attiva (iniettori, camera di scoppio, etc..) e passiva (catalizzatore), nonché della taratura della carburazione in ogni configurazione di impiego.

L'uso di veicoli nuovi a gas risulta quindi molto vantaggioso principalmente quando tali veicoli vadano a costituire un'alternativa "virtuosa" rispetto alla tendenza all'uso di veicoli diesel. In tal caso, al vantaggio del minore costo del carburante uniscono quello di emissioni certamente molto più contenute, soprattutto di particolato e di NOx.

