

20

Injection Systems with LPG and CNG

▼ IN QUESTO NUMERO

INTRODUZIONE	2		
STORIA DEL VEICOLO BICOMBUSTIBILE CON GAS	2	SISTEMI GPL	5
CLASSIFICAZIONE DEI SISTEMI A GAS	3	SISTEMI GNC	10
GASOGENO	3	SISTEMI GNC	15
		VEICOLI DIESEL BICOMBUSTIBILE CON GAS	17
		GUASTI COMUNI	18
		NOTE TECNICHE	18

INTRODUZIONE

Le normative antinquinamento sempre più restrittive obbligano le case automobilistiche a sviluppare veicoli più efficienti e rispettosi dell'ambiente. Una delle tecnologie recentemente potenziate dai costruttori è lo sviluppo di motori alimentati a gas, una soluzione che già da anni viene applicata come modifica per questioni economiche.

I veicoli bicomustibile o bi-fuel sono caratterizzati dall'utilizzo di motori a combustione interna in grado di operare con due combustibili diversi, solitamente benzina e un gas compresso (GPL, GNC o GNL). Ciononostante, è possibile trovare motori diesel (soprattutto in veicoli industriali) che funzionano con gasolio e alcuni dei gas citati.

L'utilizzo di questi gas garantisce i seguenti vantaggi:

- Una combustione più pulita e una riduzione significativa di CO₂ e di emissioni inquinanti (NO_x, CO, PM...).
- È un combustibile più economico della benzina.
- Il motore a combustione subisce un'usura molto inferiore a uno che impiega solo benzina, poiché il gas lascia una quantità inferiore di residui al suo interno e non inquina il lubrificante.
- Il motore è più silenzioso e le vibrazioni sono minori grazie al funzionamento a gas.

- La maggior parte dei veicoli a benzina può essere riconvertita a GPL, poiché il loro funzionamento è molto simile e l'installazione dell'impianto è piuttosto semplice.

- Possibilità di maggiore autonomia grazie all'utilizzo di due combustibili.

Vi sono però anche alcuni svantaggi:

- Il prezzo di riconversione di un veicolo a gas è elevato.
- Il consumo in termini di massa di combustibile è superiore di un 5-10% nell'utilizzo a gas rispetto al funzionamento a benzina.
- La potenza del motore è ridotta fino a un 10% a seconda del gas.
- Il numero di stazioni di servizio per il rifornimento, a seconda del Paese, può essere limitato, specialmente per GNC e GNL.
- Il rifornimento è leggermente più complicato rispetto alla tradizionale operazione di rifornimento di veicoli a benzina e diesel.
- Nei motori non specifici è necessario utilizzare additivi per evitare che le sedi delle valvole si secchino e si usurino prematuramente.

STORIA DEL VEICOLO BICOMBUSTIBILE CON GAS

L'uso di diversi gas come combustibile è noto da secoli, sebbene la loro applicazione fosse limitata all'illuminazione fino all'invenzione della lampadina elettrica, nel 1879. Tra il 1900 e il 1912 venne appurato che la benzina naturale non raffinata aveva una tendenza elevata all'evaporazione, a causa della presenza di sostanze "instabili" nel combustibile.

Intorno al 1911, il chimico statunitense Walter Snelling dimostrò che l'evaporazione era dovuta al propano e butano presenti nella benzina, e sviluppò un metodo semplice con il quale riusciva a separare volontariamente questi gas dalla benzina e in seguito liquefarli a una pressione ragionevolmente bassa. Questa scoperta segnò l'inizio di un nuovo combustibile, chiamato gas di petrolio liquefatto (GPL), che poteva essere trasportato allo stato liquido ed essere utilizzato allo stato gassoso.

I primi veicoli alimentati a gas funzionavano con gas non compresso e divennero popolari durante la Prima Guerra Mondiale a causa della scarsità di benzina, fatto che si intensificò ulteriormente nella Seconda. All'epoca, sebbene il gas fosse molto più economico, i suoi svantaggi erano notevoli. Dal momento che non vi erano mezzi efficaci per la compressione, era

necessario un recipiente di immagazzinamento voluminoso, e iniziarono a usarsi sacchi che venivano collocati nel bagagliaio.

L'enorme sacco veniva riempito completamente prima del viaggio, durante il quale si sgonfiava progressivamente. Tuttavia, il sacco poteva venire danneggiato da ponti, tunnel, rami e altri ostacoli, come anche dall'alta velocità. In nessun caso si consigliava di superare i 50 km/h.

Tra la fine della Prima Guerra Mondiale e il dopoguerra della Seconda, le difficoltà di rifornimento di petrolio e derivati in buona parte del mercato mondiale fecero sì che molti veicoli privati e agricoli esistenti iniziassero a funzionare con una tecnologia chiamata gasogeno.



La combustione imperfetta di determinati solidi produce monossido di carbonio, che in quanto gas possiede ancora un certo potere termico. Se alla reazione si aggiunge anche acqua è possibile generare idrogeno, anch'esso combustibile.

Nella seconda metà del XX secolo, grazie all'introduzione delle bombole di metallo, l'alimentazione dei motori con gas GPL si perfezionò e il settore crebbe al ritmo della disponibilità delle raffinerie di confezionamento e distribuzione. La commercializzazione allo stato compresso rimpiazzò i sacchi, eccessivamente ingombranti, con una bombola di metallo più piccola, che poteva essere sostituita in modo facile con una nuova una volta consumato il gas.





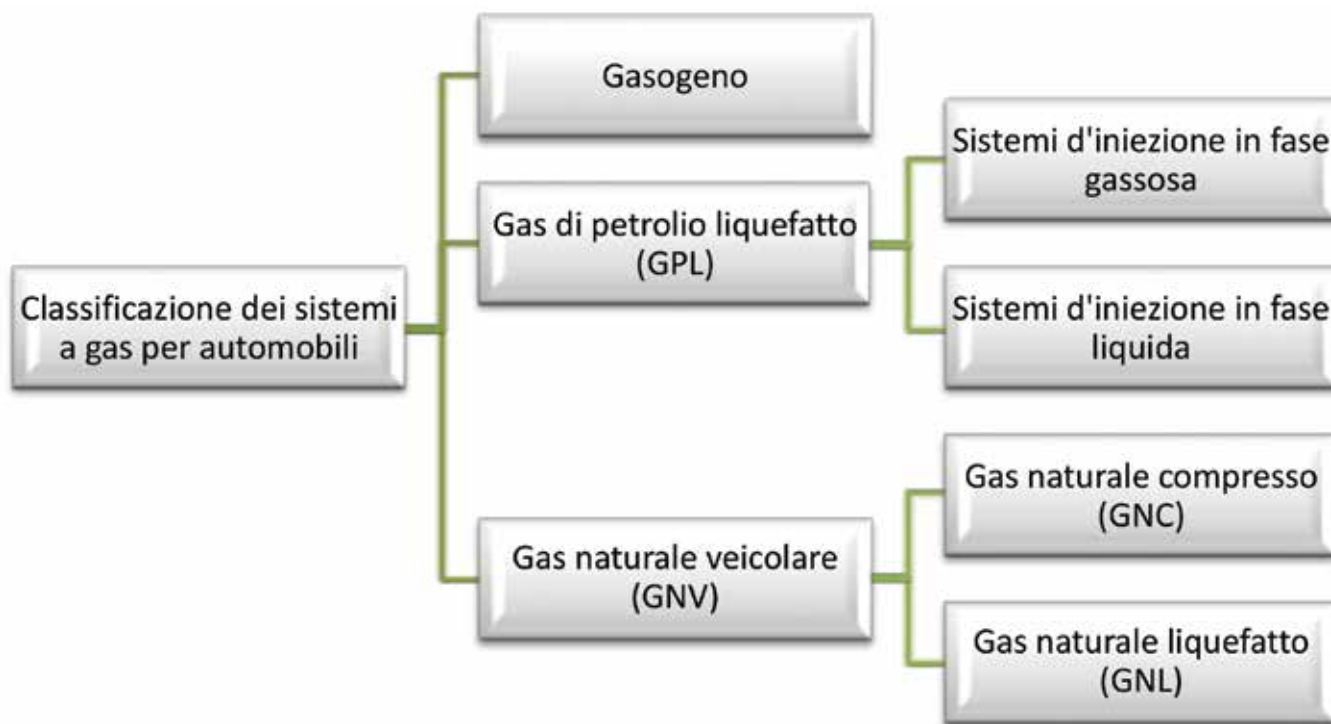
Si sfruttò anche il gas naturale estratto dal sottosuolo terrestre per far funzionare un motore a scoppio. Questo gas è chiamato gas naturale veicolare (GNV) ed è commercializzato in due varianti: il gas compresso (GNC) e il gas naturale liquefatto (GNL). Nel 1939, l'azienda italiana Tartarini fu la prima al mondo a progettare un'installazione di GNC per l'uso nel trasporto su strada. Il suo funzionamento è simile a quello del GPL, ma viene immagazzinato a pressioni molto più elevate per ottenere una densità energetica sufficiente.

Attualmente, per i veicoli vengono utilizzati solo i sistemi GPL e GNV.

CLASSIFICAZIONE DEI SISTEMI A GAS

Nel corso della storia dell'automobile, sono stati utilizzati numerosi sistemi per il funzionamento a gas dei veicoli. I più comuni sono il gasogeno, il gas di petrolio liquefatto (GPL), il gas naturale compresso (GNC) e il gas

naturale liquefatto (GNL). Nel caso del GPL esistono due varianti: sistema d'iniezione in fase gassosa e sistema d'iniezione in fase liquida.

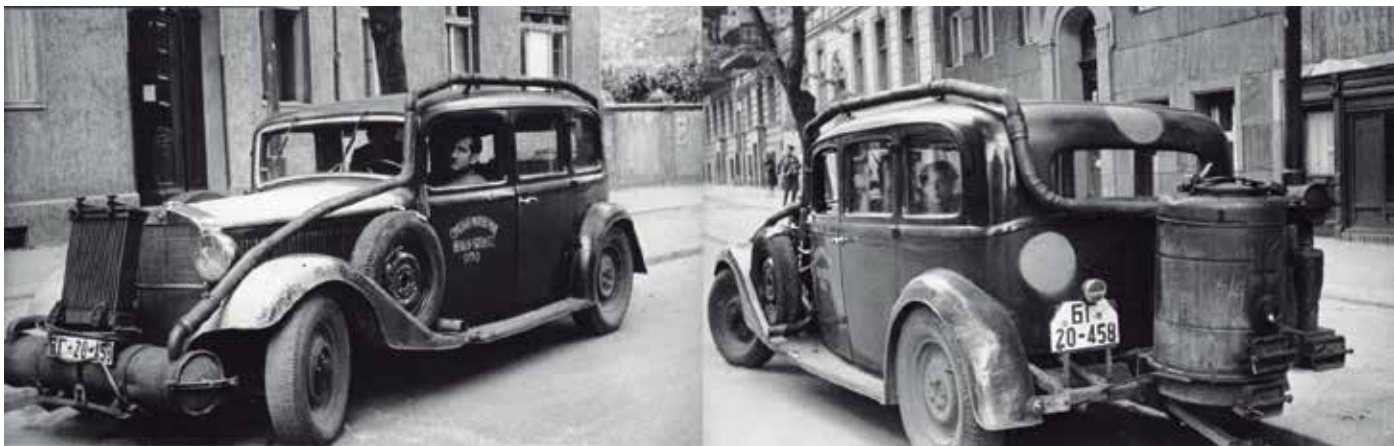


GASOGENO

Il gasogeno è un dispositivo che si installa nei veicoli a benzina per ottenere la gassificazione di un combustibile solido.

La combustione parziale di legna, carbone o qualsiasi altro materiale a pezzi con contenuto elevato di carbonio genera gas combustibili. La combustione di solidi in contenitori chiusi in cui vi è poca aria produce quantità importanti di monossido di carbonio (CO), che può essere impiegato

come alimento gassoso nei motori a scoppio opportunamente adattati a tale scopo. La precompressione della miscela in questi motori facilita l'accensione e l'ossidazione completa del CO, liberando in tal modo calore. Grazie all'uso di questo sistema era possibile sfruttare combustibili solidi per far funzionare motori a combustione interna in tempi in cui scarseggiavano benzina o altri combustibili liquidi compatibili.



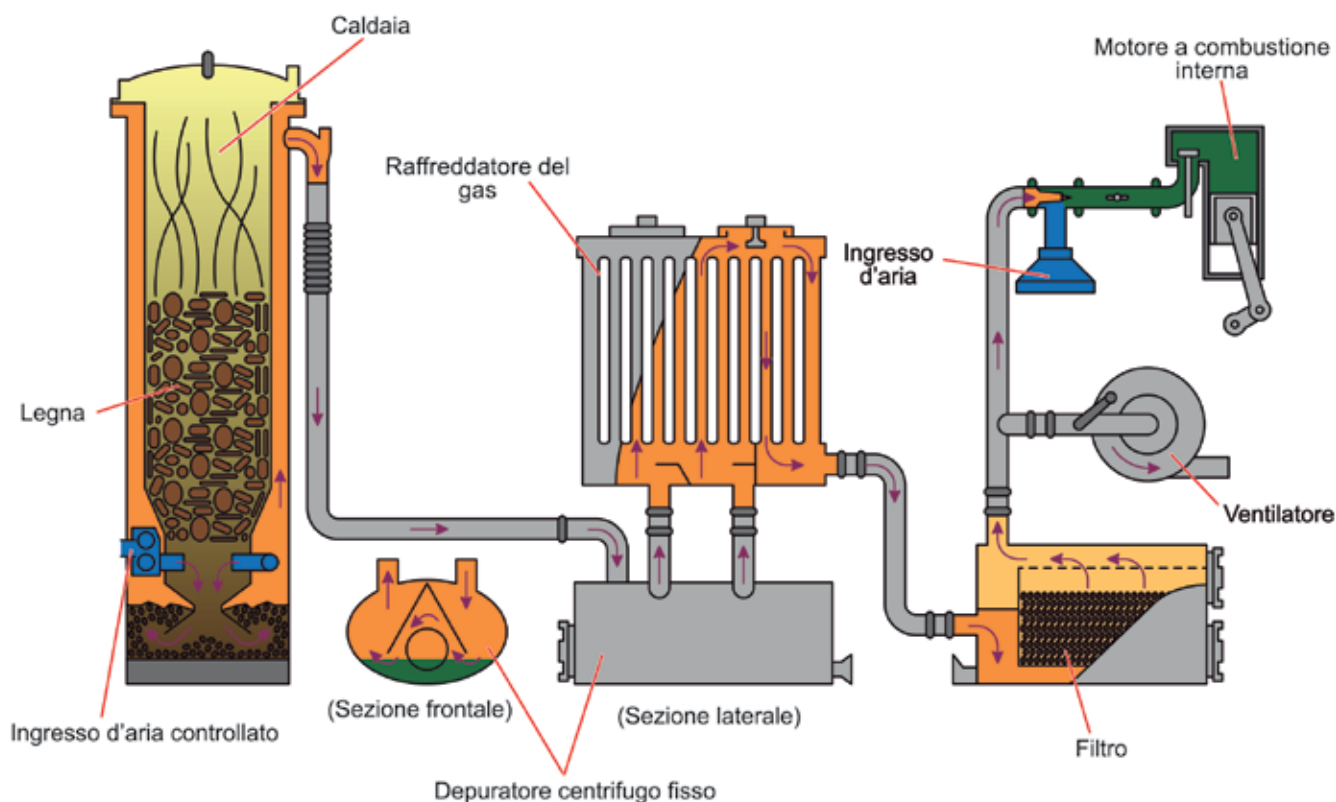
Il processo di gassificazione per trasformare la materia organica in gas era utilizzato sin dagli anni '70 del XIX secolo per ottenere il gas che serviva all'illuminazione in luoghi in cui il rifornimento di combustibili specifici era difficile.

Il gasogeno consiste in un grande recipiente metallico che viene utilizzato come caldaia, nella quale si introduce il combustibile solido che sarà sottoposto alla combustione parziale. Affinché l'invenzione funzioni correttamente, la caldaia ha bisogno di un ingresso d'aria controllato, in modo che la legna non si bruci completamente quando l'ossigeno scarseggia. Il combustibile solido si ossida parzialmente per potenziare la formazione di monossido di carbonio (CO), cosa che non avviene quando la combustione è completa.



Fu l'ingegnere chimico francese Georges Christian Peter Imbert, nato nel 1884, a perfezionare la tecnica per ottenere gas combustibile a partire dalla legna nel primo ventennio del XX secolo, ottenendo un sistema portatile per automobili. A partire dai suoi progetti, la necessità portò alla comparsa di centinaia di varianti adatte a tutti i tipi di veicoli. In alcuni luoghi la scarsità di combustibile era così elevata che si costruirono varianti del sistema che non avevano come materia prima legna o carbone, ma carburo di calcio, la cui reazione con acqua produce acetilene.

Il monossido di carbonio prodotto viene trasportato mediante tubature fino a un depuratore centrifugo fisso, un raffreddatore per aumentare la densità e un filtro per trattenere le impurità solide. Il gas trattato viene introdotto nei cilindri del motore a benzina miscelato con aria, dove scoppia grazie all'ignizione provocata dalla scintilla di accensione.



A causa dello scarso potere energetico del monossido di carbonio, le prestazioni del motore alimentato a gasogeno erano molto ridotte. La potenza ridotta non consentiva di viaggiare ad alta velocità e, in alcuni casi, il veicolo non riusciva a superare i tratti in salita. Per questo motivo, in molte installazioni erano presenti anche meccanismi per arricchire la miscela al bisogno, per esempio sistemi di vapore acqueo per aggiungere idrogeno alla reazione di combustione. Altre installazioni possedevano un piccolo serbatoio per la benzina o l'alcool collegato al motore, e un rubinetto di arresto che si apriva solo quando era necessario superare un ostacolo.

Un altro problema del gasogeno era l'ampio volume degli elementi necessari a una produzione di gas sufficiente. Nei camion o negli autobus era meno difficile adattare il sistema, poiché poteva essere installato nella parte posteriore oppure sull'ampio tettuccio, mentre nelle automobili risultava piuttosto complicato. In alcuni casi, se non vi era spazio sufficiente per la caldaia, l'installazione avveniva su un rimorchio attaccato al veicolo.

Adattare un veicolo con motore a benzina per l'alimentazione a gasogeno non era un compito difficile: bastavano pochi materiali per portarlo a termine in breve tempo. In seguito comparvero kit speciali, con brevetti diversi, il cui scopo era semplificare l'attività di montaggio. Alcuni veicoli, come il Maggiolino della Volkswagen, in determinati periodi furono costruiti con il gasogeno installato di serie. In quel modello, la ricarica di solidi avveniva attraverso un orifizio nel cofano.



SISTEMI GPL

Il gas di petrolio liquefatto (GPL) è la miscela liquefatta dei gas diluiti nel petrolio, principalmente propano e butano. Sebbene a temperatura e pressione ambientale entrambi siano gas, sono facili da liquefare aumentando gradualmente la pressione: da qui il nome.

Il GPL proviene da due fonti diverse. Il 60% della produzione si ottiene direttamente allo stato gassoso durante lo sfruttamento dei giacimenti petroliferi, mentre il restante 40% viene prodotto durante la raffinazione del greggio. Pertanto, il GPL è un prodotto secondario che esiste in natura.

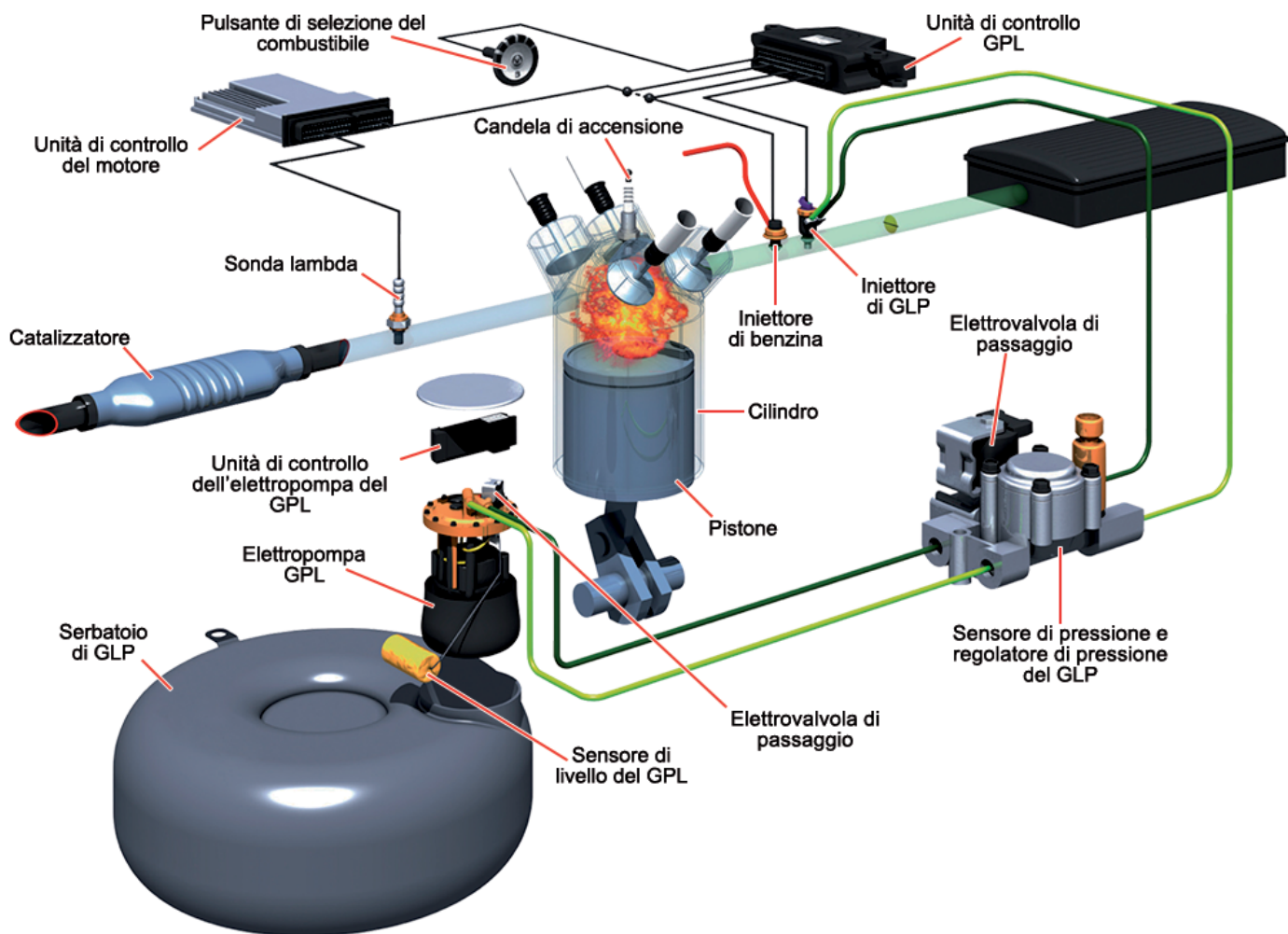
Sistemi d'iniezione in fase gassosa

Questo sistema è il più comune, dato che meccanicamente non richiede modifiche importanti nei veicoli. Il sistema è costituito da serbatoio, condotti, componenti elettronici e sistema d'iniezione. La trasformazione dei motori alimentati a benzina per il funzionamento con GPL iniettato allo stato gassoso è semplice, specialmente nei modelli a iniezione diretta.

Il dosaggio del combustibile avviene sia direttamente in fase gassosa che indirettamente, ovvero nel collettore di aspirazione e a bassa pressione.

Il principale vantaggio del GPL, oltre al prezzo, è che in proporzione produce meno inquinanti rispetto a un motore benzina, pur presentando lo

svantaggio di consumare più massa di combustibile e avere una potenza totale del motore ridotta di un 10%. Un altro inconveniente è che il motore non può mettersi in moto direttamente con il GPL, poiché la sua densità varia notevolmente in funzione della pressione e della temperatura dell'aria nel collettore di aspirazione: per questo motivo, è necessario realizzare l'avviamento a freddo con benzina, e poi passare automaticamente a gas quando il motore raggiunge la temperatura sufficiente.



Il sistema è costituito da un serbatoio in cui viene stoccato il GPL allo stato liquido a una pressione di circa 8-10 bar, e che viene riempito all'80% della capacità totale. Il serbatoio è dotato di un'elettrovalvola che funge

da rubinetto di arresto e di una chiave manuale per chiudere il passaggio verso i condotti in caso di emergenza o quando il veicolo rimane fermo per lunghi periodi di tempo.



Il combustibile allo stato liquido viene diretto dal serbatoio di GPL al regolatore di pressione attraverso i condotti. Nel regolatore si può trovare un'altra elettrovalvola di arresto. Il regolatore ha la funzione di ridurre la pressione del GPL a circa 1 bar, permettendo il passaggio di stato da liquido a gas per facilitarne il dosaggio al momento dell'iniezione.

Il gas a bassa pressione viene condotto fino al canale di alimentazione, dove si trovano gli iniettori di GPL. Questi iniettori possono essere situati direttamente nel collettore di aspirazione oppure, a seconda dello spazio, il gas dosato può essere diretto al collettore mediante piccoli condotti.



Il sistema nel suo insieme è gestito da un'unità di controllo specifica che comunica con l'unità di controllo del motore affinché il passaggio da un combustibile all'altro avvenga in modo corretto e si possano ottenere le informazioni necessarie per il dosaggio della massa di GAS. In qualsiasi parte del circuito, tra l'uscita del serbatoio e l'ingresso del canale di alimentazione, può trovarsi un filtro per eliminare le impurità dal GPL. Tra l'uscita del regolatore di pressione e il canale di alimentazione può trovarsi

un sensore di pressione.

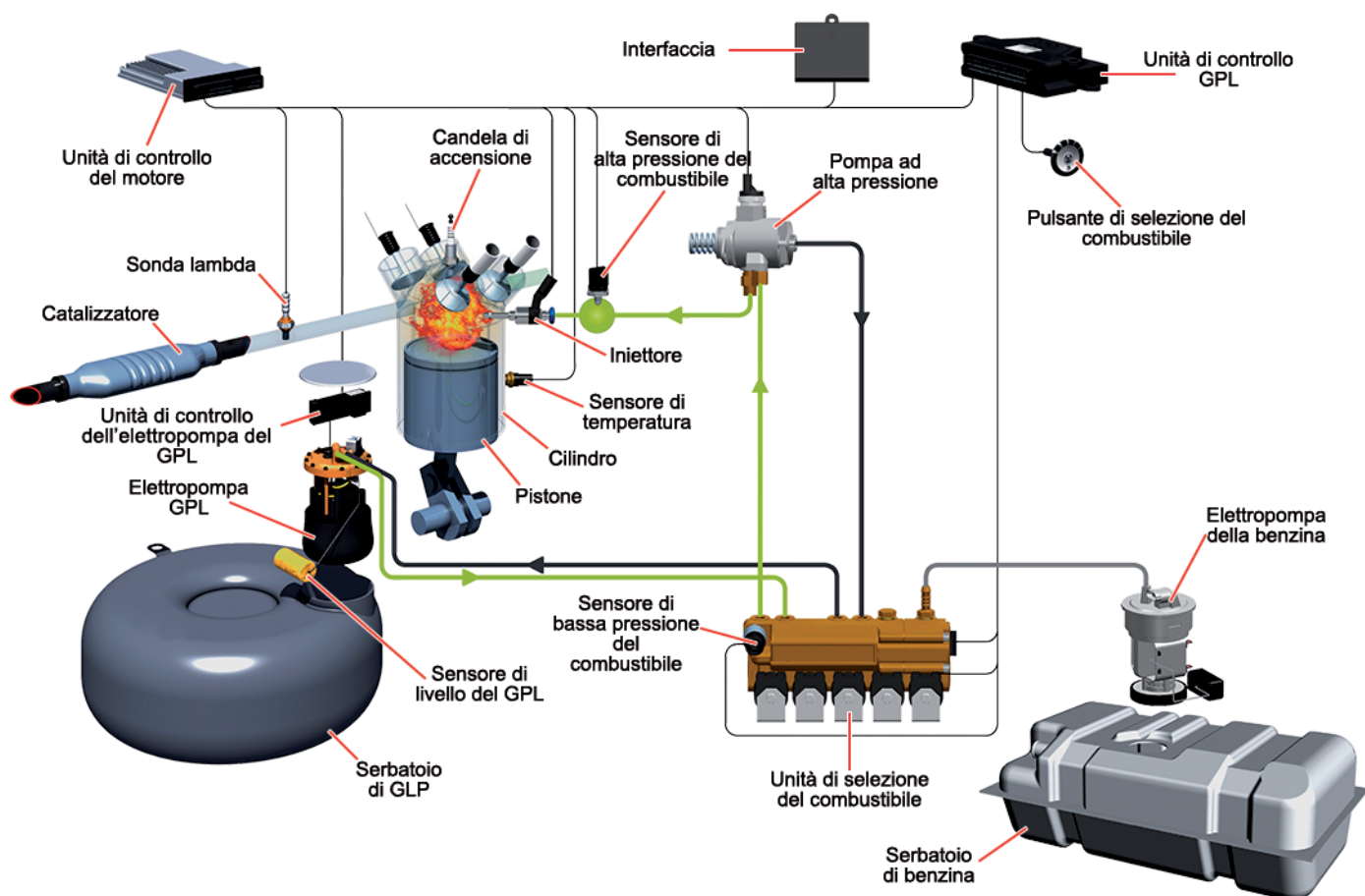
Il gas GPL ha la peculiarità di seccare le valvole di aspirazione/scarico e le loro sedi. Per ovviare a questo inconveniente, le case automobilistiche montano valvole speciali nei modelli dotati di sistemi GPL di serie. Nei veicoli riconvertiti è necessario utilizzare un additivo speciale miscelato all'interno del serbatoio di benzina.

Sistemi d'iniezione in fase liquida

È il sistema d'iniezione GPL più moderno, che realizza il dosaggio del combustibile allo stato liquido e ad alta pressione. Può essere utilizzato sia per motori a benzina con tecnologia a iniezione indiretta sia per quelli attuali a iniezione diretta, come TSI, TFSI, PureTech...

L'iniezione del GPL in fase liquida riduce la temperatura della miscela aria/combustibile ottenendo un effetto simile all'intercooler, che consente maggiori prestazioni ed efficienza nel funzionamento dei motori. Le prestazioni

ottenute sono equivalenti a quelle dei motori a benzina: il funzionamento del motore può essere equiparato alle caratteristiche e ai valori per i quali è stato progettato, ed è perfino possibile aumentarne le prestazioni. Il dosaggio del GPL allo stato liquido consente la messa in moto del motore direttamente con il gas.



Il GPL rimane allo stato liquido per tutto il processo, viene introdotto nei cilindri attraverso gli stessi iniettori della benzina e viene compresso con la stessa pompa ad alta pressione. L'iniezione in fase liquida riduce la temperatura massima della combustione.

Il componente più importante del sistema è l'unità di selezione del combustibile, elemento che consente di alternare senza problemi l'alimentazione a benzina o a GPL. La benzina e il gas vengono introdotti nell'unità di

selezione e il combustibile scelto passa alla pompa ad alta pressione, che regola la pressione del liquido prima di realizzare l'iniezione nel motore, in funzione delle esigenze di esercizio e del combustibile scelto.

Componenti dei sistemi

Serbatoio GPL:

immagazzina il gas allo stato liquido a una pressione tra 8 e 10 bar. Può trovarsi nello spazio libero della ruota di riserva, nel bagagliaio o nella parte inferiore del veicolo. Include un sensore di livello di riempimento, l'elettrovalvola di arresto ed elementi di sicurezza per chiudere manualmente il passaggio del gas.



Elettrovalvola di arresto:

la sua funzione è interrompere o consentire il passaggio del GPL in base a quanto deciso dall'unità di controllo. Possono essercene due nel circuito, una all'uscita del serbatoio e un'altra all'ingresso del regolatore di pressione.



Regolatore di pressione:

la sua funzione è regolare il flusso del GPL per ottenere il passaggio dallo stato liquido a quello gassoso e il rifornimento a pressione costante. Al suo interno vi è un orifizio calibrato per il liquido e una camera di espansione in cui si trasforma in gas e la sua pressione scende a 1-2 bar.



Sensore di pressione:

si trova in genere nel condotto di alimentazione e la sua funzione è misurare la pressione del GPL allo stato gassoso.



Filtro:

la sua funzione è eliminare le impurità che possono essere contenute nel GPL. In genere viene montato nella zona del circuito in cui il gas è allo stato gassoso, ma può trovarsi anche nella zona allo stato liquido.



Iniettori di GPL:

hanno la funzione di iniettare il GPL nel collettore di aspirazione e normalmente ve n'è uno per ciascun cilindro del motore. Di solito si trovano in un condotto di alimentazione e a una certa distanza dal collettore di aspirazione, e il gas dosato viene condotto attraverso i condotti flessibili fino al collettore di aspirazione.

**Unità di controllo del GPL:**

la sua funzione è quella di calcolare la massa di GPL necessaria e gestire il funzionamento del sistema. A tale scopo, riceve le informazioni dai sensori e aziona gli iniettori di GPL.

Pulsante di selezione del combustibile:

negli impianti aftermarket non dotati di selezione automatica del combustibile, si trova nell'abitacolo a portata del conducente. In alcuni modelli incorpora anche l'indicatore di livello di GPL nel serbatoio.

**Unità di selezione del combustibile:**

la sua funzione è la selezione del combustibile, GPL o benzina, che passa alla pompa ad alta pressione e al sistema di dosaggio. Viene utilizzato solo in sistemi d'iniezione in fase liquida.

**Condotti:**

i condotti di alimentazione del GPL possono essere in acciaio, rame rinforzato o altro materiale equivalente.



Rifornimento

Il rifornimento di gas GPL avviene in distributori a pressione specifici. Dato che il bocchettone di ricarica del GPL non è standardizzato, esistono diversi formati e adattatori per il rifornimento del GPL. Gli adattatori si avvitano sull'ugello situato sul veicolo e fungono da intermediari tra il distributore e il veicolo. Gli adattatori hanno solitamente giunti flessibili che garantiscono la tenuta ermetica durante il rifornimento e che devono essere sostituiti in presenza di crepe o altri danni.



Dish/Piatto

Euro

Baionetta

ACME

Durante il rifornimento è necessario adottare le stesse misure di sicurezza seguite nel rifornimento di benzina o gasolio. Si tenga in considerazione che, quando al termine del riempimento si scollega il bocchettone del distributore, questo viene espulso bruscamente dalla pressione del gas accumulato tra l'ugello di riempimento e il distributore stesso.



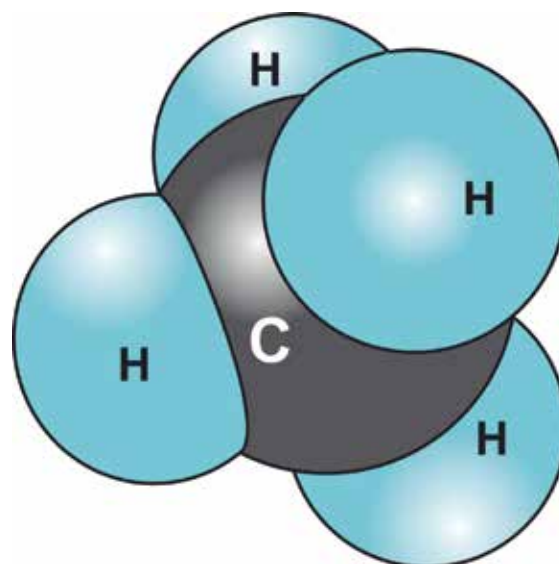
SISTEMI GNC

Il gas naturale può essere utilizzato in veicoli con motore a benzina compresso a pressioni di 200-250 bar per ottenere una densità energetica sufficiente. È composto principalmente da metano (CH₄), in una proporzione fino al 97%. Questo gas esiste naturalmente nel sottosuolo terrestre e si ottiene mediante estrazione diretta. Per rilevare le fughe vengono aggiunti additivi odorizzanti. Viene distribuito con due denominazioni, a seconda della provenienza e della percentuale di metano:

- High-Gas: ha una percentuale di metano tra il 79,8 e il 98%.
- Low-Gas: ha una percentuale di metano tra il 80 e il 87%.

La densità energetica di 1 kg di GNC è superiore a quella di qualsiasi altro combustibile fossile disponibile, per cui è necessaria una quantità minore di combustibile per produrre la stessa energia. Ciò significa che durante il funzionamento con GNC, il motore non perde prestazioni come avviene con il GPL. L'energia di un kg di CNG equivale a:

- 2,0 litri di GPL.
- 1,5 litri di gasolio.
- 1.3 litri di benzina.



	High gas	Low gas
Potere calorifico in kW/m ³	11.1 - 10.0	8.9
Metano (CH ₄) %volume	79.8 - 98	80 - 86.8
Etano (C ₂ H ₆) % volume	9.9 - 1.3	6.7
Propano (C ₃ H ₈) % volume		
Butano (C ₄ H ₁₀) % volume		
Gas inerti % volume	3.0 - 0.9	6.5
Colore	Incolore	
Odore	Si odorizza con tetraidrotiofene	
Temperatura di ebollizione	da -195 °C a -155 °C	
Temperatura di accensione	da 575 °C a 625 °C	
Densità relativa (aria=1)	da 0,55 a 0,75. Più leggero dell'aria	
Indice di ottano	fino a 130 ottani	
Contenuto energetico 1 kg	circa 13 kWh	

Il gas naturale ha l'impatto ambientale più ridotto di tutti i combustibili fossili grazie all'elevata relazione idrogeno-carbonio nella sua composizione. È più leggero dell'aria, e dunque le fughe di questo gas si disperdono nell'atmosfera e non inquinano né suolo né acqua. Come combustibile

per veicoli, riduce le emissioni di ossidi di azoto (NOx) di un 90 % e non produce composti di zolfo né particelle solide.

Funzionamento

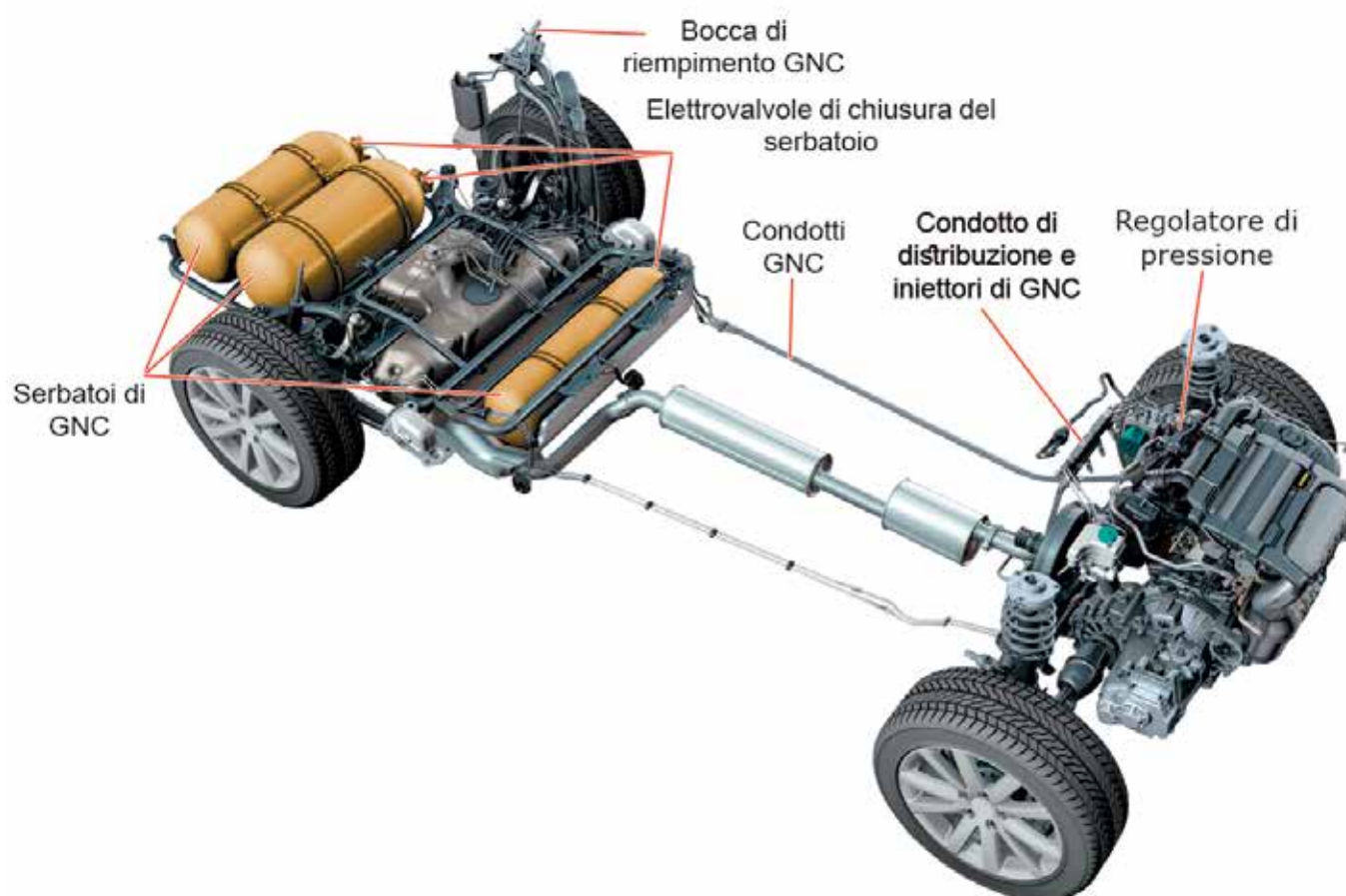
L'alimentazione con GNC è simile a quella con GPL in fase gassosa, poiché anch'esso si inietta indirettamente nel collettore di aspirazione pur funzionando a pressioni diverse sia nell'immagazzinamento sia nel dosaggio. Proprio come altri sistemi, è provvisto di sensori e attuatori specifici che sono gestiti da un'unità di controllo indipendente o dalla stessa che gestisce l'iniezione di benzina nei veicoli dotati di sistema GNC di serie.

A differenza del GPL, il GNC può mettere in moto il motore a freddo, a eccezione dei seguenti casi:

- **Guasti nel sistema:** in caso di malfunzionamento di un componente o rilevamento di fughe, l'unità di controllo può sospendere l'alimentazione a gas e continuare con la benzina.

- **Temperatura del refrigerante inferiore a -10 °C:** gli aghi degli iniettori di gas possono rimanere attaccati gli uni agli altri a tali temperature. Per tale motivo l'ECU mette in moto il motore a benzina mentre applica corrente elettrica a bassa intensità alle molle degli iniettori per scaldarli.
- **Dopo il rifornimento di GNC:** l'ECU deve riconoscere la qualità e la quantità del GNC contenuto nei serbatoi, operazione che può impiegare anche un paio di minuti, durante i quali il motore viene fatto funzionare a benzina.

Il sistema GNC solitamente non è dotato di pulsante di selezione del combustibile come altri sistemi a gas, e il motore possiede componenti modificati o è necessario utilizzare additivi specifici. Il circuito di alimentazione del gas naturale è diviso in due tratti, a seconda della pressione:



Alta pressione

Il gas naturale viene immagazzinato nei serbatoi allo stato gassoso a una pressione di 200 bar circa. Ciascun serbatoio è dotato di un'elettrovalvola di chiusura che controlla il passaggio del gas dai serbatoi ai condotti di uscita. Le elettrovalvole si aprono elettricamente quando il sistema non presenta guasti e si vuole di mettere in moto il motore. Il gas viene portato fino al regolatore di pressione attraverso i condotti alla stessa pressione a cui si trova nel serbatoio.

I serbatoi sono collegati tra loro tramite condotti, che servono per lo svuotamento e il riempimento simultanei. In questo tratto del circuito si trova un sensore di pressione per valutare la quantità di gas che rimane nei serbatoi e la relativa pressione.

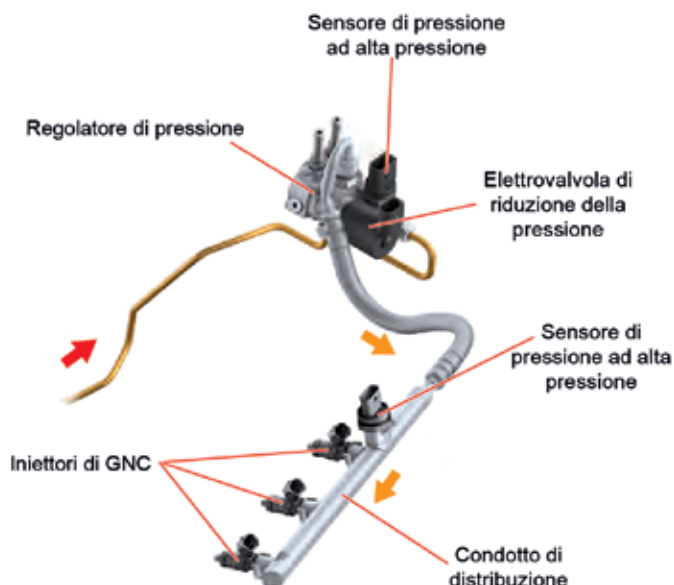


Bassa pressione

Il regolatore di pressione ha la funzione di ridurre l'alta pressione proveniente dal serbatoio alla pressione di iniezione, che è pari a 6-9 bar. La riduzione della pressione è una conseguenza dell'espansione del GNC controllata tramite l'apertura di un piccolo passaggio attraverso l'elettrovalvola di riduzione di pressione.

La riduzione di pressione provoca l'abbassamento considerevole della temperatura del gas, che può portare al congelamento del regolatore. Per evitarlo, i fabbricanti aggiungono sistemi di riscaldamento tramite resistenze elettriche o utilizzando lo stesso liquido refrigerante del motore.

Il gas naturale a bassa pressione viene portato fino al condotto di distribuzione, dove viene iniettato nel collettore di aspirazione attraverso gli iniettori di GNC. Il sistema è dotato di tanti iniettori di GNC quanti sono i cilindri del motore.



Componenti del sistema

Serbatoio di GNC:

si possono utilizzare uno o vari serbatoi che vengono fissati al veicolo mediante una struttura di lamiera per proteggerli da possibili colpi. La loro ubicazione dipende dal veicolo, anche se in genere si trovano nel bagagliaio o nella parte inferiore posteriore. I serbatoi comunicano tra loro tramite condotti, formando in tal modo un'unica unità funzionale. Sono fabbricati con una vernice speciale che li rende più resistenti a graffi e corrosione.



Elettrovalvola di chiusura:

si trova all'ingresso di ciascun serbatoio di GNC. La sua funzione è quella di permettere o impedire il passaggio di gas dal serbatoio verso i condotti. Le elettrovalvole sono dotate di una valvola meccanica unidirezionale a molla che consente il passaggio del gas verso il serbatoio nelle operazioni di rifornimento.

**Regolatore di pressione:**

realizza la riduzione controllata della pressione del GNC da 200 bar fino a 5-9 bar.

**Sensore di alta pressione:**

si trova in un punto qualsiasi del circuito di alta pressione, in genere nel condotto tra i serbatoi e il regolatore di pressione. Rileva la pressione effettiva nel sistema di accumulo, e avvisa l'ECU quando viene realizzato un rifornimento a causa dell'aumento di pressione nei serbatoi.

**Sensore di bassa pressione:**

in genere si trova nel condotto di distribuzione e misura la pressione del gas nel circuito di bassa pressione. Anche alcuni sensori possono misurare la temperatura.

**Unità di controllo del GNC:**

ha la funzione di gestire il sistema affinché funzioni correttamente. A tale scopo, riceve le informazioni dai sensori e aziona gli iniettori di GNC.



Condotto di distribuzione:

qui si accumula il gas a bassa pressione prima di essere iniettato nel collettore di aspirazione. Su di esso sono disposte le sedi degli iniettori di GNC e talvolta del sensore di bassa pressione.

**Iniettori:**

hanno la funzione di dosare la quantità di gas necessaria in ogni ciclo di lavoro a seconda delle condizioni di esercizio del motore, consentendone il passaggio al collettore di aspirazione. Vi sono tanti iniettori quanti cilindri nel motore.

Condotti:

Le tubature del tratto ad alta pressione sono fabbricate in acciaio bonificato e sono collegate mediante raccordi a doppio cono per assicurare la tenuta stagna ed evitare possibili fughe.



Rifornimento

Il rifornimento di gas naturale è semplice, senza pericoli e veloce quanto quello degli altri combustibili. La pressione standard nei serbatoi è di 200 bar a una temperatura di 15 °C. Per evitare che la pressione a freddo scenda al di sotto dei 200 bar, la pressione di rifornimento va dai 210 ai 250 bar.

L'ugello di riempimento è dotato di una valvola di arresto con filtro. La valvola di arresto impedisce la fuga del GNC in senso contrario durante l'operazione di rifornimento del gas, mentre il filtro trattiene le impurità più grandi contenute nel gas naturale. Quando si estrae il bocchettone della pompa di rifornimento, viene scaricata una piccola pressione residua che pulisce il filtro, che dunque non richiede manutenzione.

Il distributore di GNC indica il valore di ricarica del gas naturale in kg: 1 kg di gas naturale compresso a 200 bar nei serbatoi occupa un volume di circa 6,2 litri.



SISTEMI GNL

Il gas naturale liquefatto GNL è gas naturale lavorato per il trasporto allo stato liquido. È composto principalmente da metano (CH₄), ma a differenza del GNC, viene immagazzinato e distribuito allo stato liquido a pressione atmosferica e a -162 °C. Per mantenere il gas allo stato liquido a temperature criogeniche, ciascun serbatoio è formato da due recipienti concentrici. Il recipiente interno è di acciaio inox e quello esterno di acciaio al carbonio. La camera intermedia destinata all'isolamento termico contiene perlite e la pressione interna viene ridotta a vuoto.



Il GNL viene utilizzato solitamente in motori fissi per impianti industriali di grandi dimensioni, poiché inquina meno di un motore diesel e il prezzo del gas è relativamente basso. Oggigiorno questa tecnologia è disponibile in formato mobile solo per veicoli industriali, come cabine motrici e camion oppure motori marittimi di grossa cilindrata.



Funzionamento

Il GNL può essere utilizzato sia nei motori a scoppio (Otto) sia nei motori ad accensione per compressione (Diesel). Nel caso dei motori diesel si verifica un'iniezione doppia, poiché per il funzionamento è necessaria l'alimentazione simultanea con entrambi i combustibili. Nel motore ad ac-

Motore diesel con iniezione indiretta di gas a bassa pressione

Il gas viene iniettato nello stesso modo che nei veicoli GNC a iniezione indiretta di gas, ma in questo caso è necessario vaporizzare previamente il GNL che si trova allo stato liquido dentro il serbatoio.

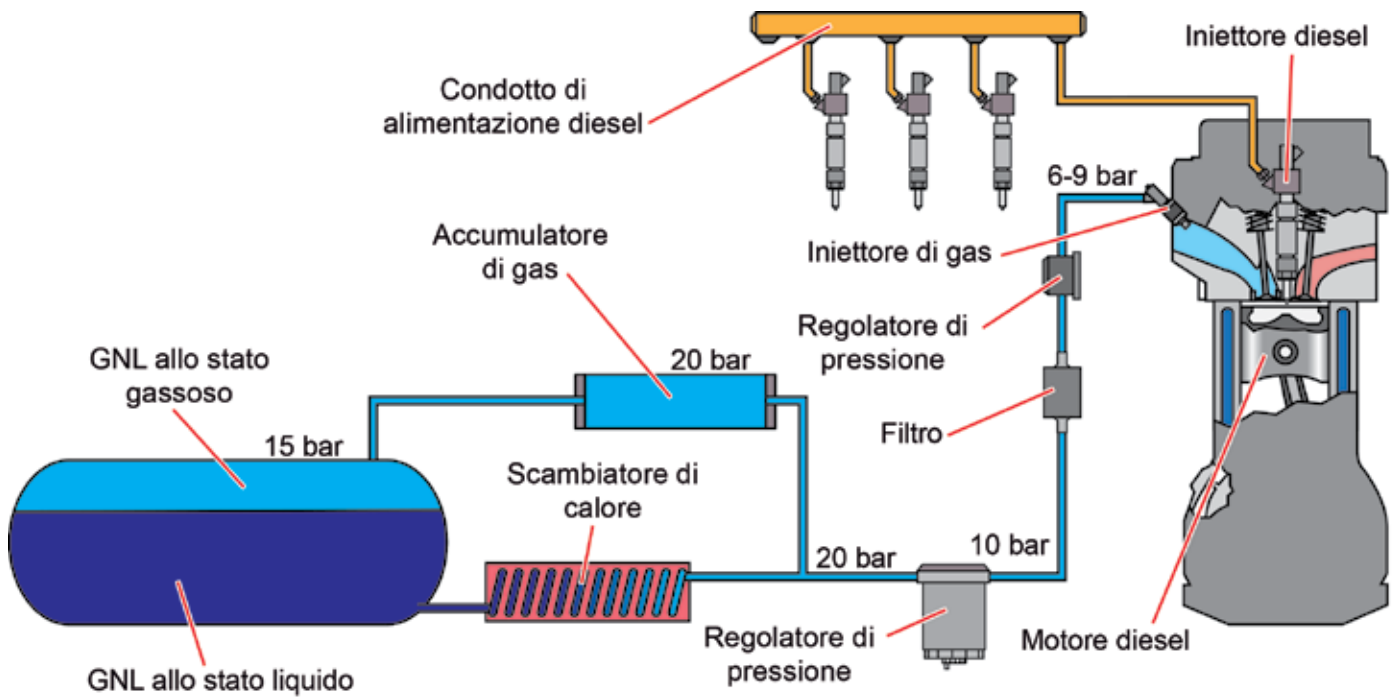
Il GNL del serbatoio, allo stato liquido a -162 °C e a circa 15 bar, viene indirizzato a uno scambiatore di calore contenente il liquido refrigerante del motore, dove il combustibile innalza la propria temperatura per cambiare stato. Una volta vaporizzato, il GNL si trasforma in GNC a una pressione di circa 20 bar, per essere poi convogliato un regolatore di pressione per

ridurre la pressione a 10 bar. Infine viene filtrato per eliminare le impurità e fatto passare attraverso un secondo regolatore per raggiungere la pressione finale di dosaggio tra 6 e 9 bar.

Le possibilità di esercizio sono le seguenti:

ridurre la pressione a 10 bar. Infine viene filtrato per eliminare le impurità e fatto passare attraverso un secondo regolatore per raggiungere la pressione finale di dosaggio tra 6 e 9 bar.

Il gas viene iniettato nel collettore di aspirazione e bruciato mediante l'iniezione diesel. Questa doppia combustione consente di ridurre la quantità di gasolio iniettata, ottenendo così combustioni più complete che riducono la produzione di sostanze inquinanti.

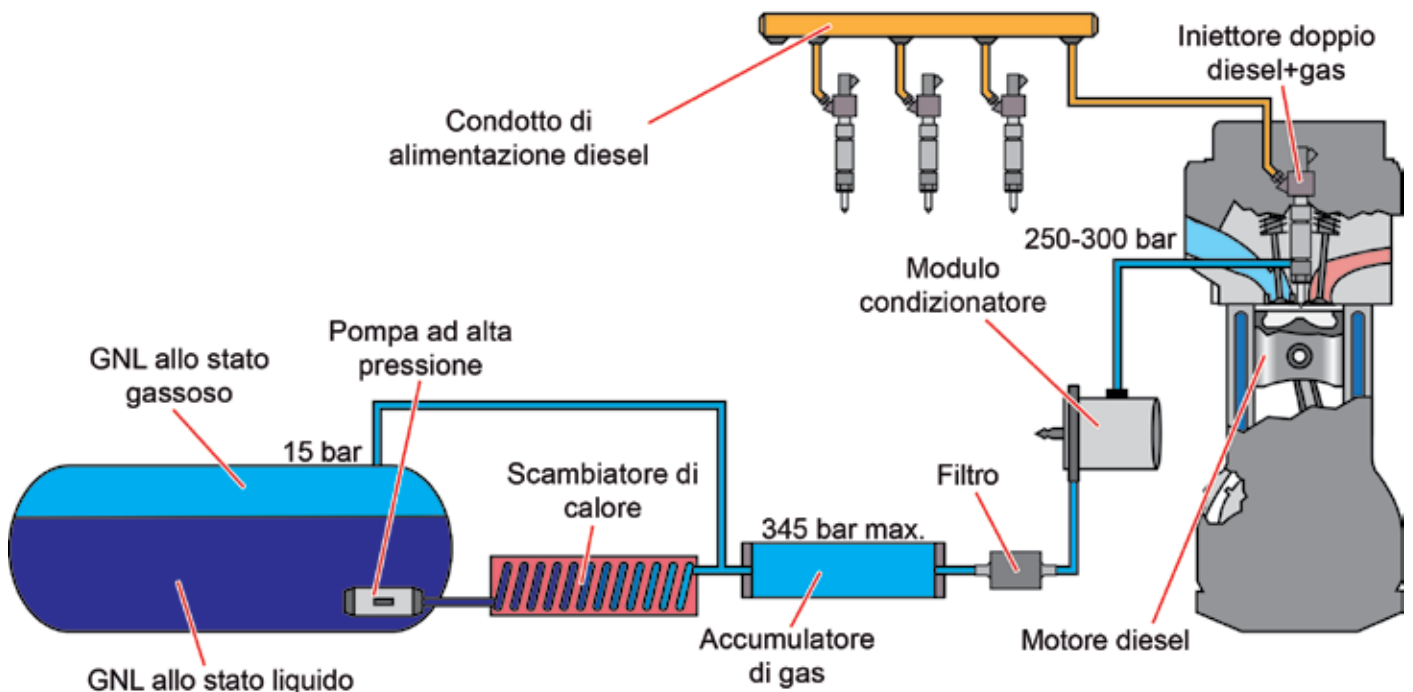


Motore diesel con iniezione diretta di gas ad alta pressione

Questo sistema inietta il gas direttamente nella camera di combustione ad alta pressione. A tal fine utilizza un iniettore specifico che consente di iniettare contemporaneamente gasolio e gas attraverso condotti separati. Il GNL allo stato liquido (-162 °C/15 bar) viene canalizzato fino allo scambiatore di calore tramite una pompa ad alta pressione. La pompa innalza la pressione del GNL fino a 345 bar e il riscaldamento ne consente il cambio di stato a GNC.

Il GNC ad alta pressione viene immagazzinato in un accumulatore. In seguito viene filtrato per eliminare possibili impurità e indirizzato a un modulo condizionatore, in cui la pressione viene ridotta fino a 250-300 bar.

Quindi viene convogliato negli iniettori, dove entra nella camera di combustione insieme a una piccola quantità di gasolio per realizzare la combustione.



Rifornimento

Di tutti i sistemi a gas esistenti per automobili, il rifornimento di GNL è il più complesso. Poiché si tratta di un combustibile liquido criogenizzato, è necessario adottare più misure di sicurezza ed essere dotati dei dispositivi di protezione personale adeguati, ovvero guanti speciali per basse temperature e uno schermo di protezione facciale, che di solito si trovano nella stazione di servizio o nel luogo in cui avviene il rifornimento.

Prima del rifornimento è necessario collocare sul telaio del veicolo una pinza elettrica fornita dal distributore, per eliminare la potenziale elettricità statica accumulata dal veicolo. Quindi si deve sottoporre a un getto di aria a pressione gli ugelli di collegamento, sia della pompa del distributore sia del serbatoio, per pulirli.

Successivamente è possibile collegare il bocchettone della pompa per realizzare il rifornimento. Man mano che il GNL entra nel serbatoio, la pompa si congela in superficie a causa della temperatura del gas di $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$. Al momento di estrarre il bocchettone, evitare il contatto con la pelle poiché potrebbe causare bruciature criogeniche.



VEICOLI DIESEL BICOMBUSTIBILE CON GAS

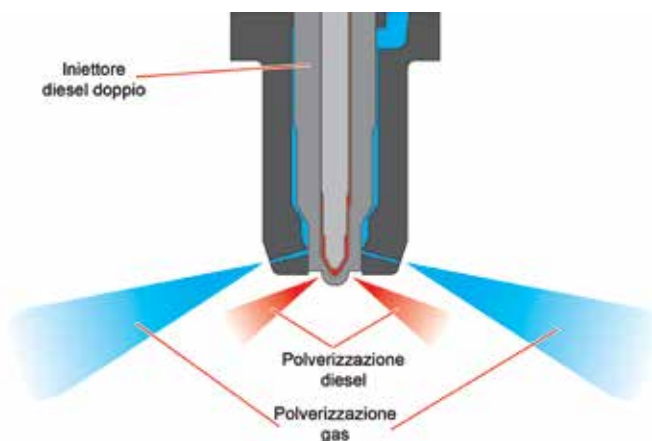
L'alimentazione doppia o combinata è l'unica possibilità di funzionamento con gas per i motori ad accensione per compressione, che non sono dotati di candele per infiammare la miscela e quindi utilizzano il calore liberato dalla combustione di una piccola parte di gasolio per infiammare il gas.

Questo sistema consente un notevole risparmio di gasolio, dato che alcuni sistemi introducono nel cilindro una proporzione di 95% di gas e 5% di gasolio.



Sul mercato esistono kit di conversione che consentono di adattare il sistema a gas al motore diesel, e persino motori diesel che vengono forniti già predisposti per la sostituzione completa nei Paesi le cui norme permettono tale trasformazione. Molti fabbricanti di veicoli pesanti commercializzano modelli diesel dotati di gas di serie, in particolare veicoli industriali, per lavori pubblici e del settore minerario.

Il vantaggio più importante di questo tipo di motori è che sono più rispettosi dell'ambiente, poiché riducono le emissioni di CO e CO₂ fino al 25%, l'emissione di particelle solide fino al 96% e gli ossidi di azoto NO_x dell'85%. Inoltre, producono fino al 50% in meno di emissioni acustiche e vibrazioni rispetto ai veicoli diesel, e il costo di funzionamento con gas naturale è di un 30% inferiore a quello con gasolio e un 50% inferiore a quello con benzina.



GUASTI COMUNI

I guasti più comuni nei sistemi GPL e GNC sono rappresentati dal malfunzionamento dei sensori o attuatori specifici del sistema di alimentazione con gas.

Nei veicoli dotati di GPL è possibile che si verifichi un malfunzionamento del sistema di selezione del combustibile durante il passaggio da benzina a GPL, causando l'arresto del motore.

Inoltre, con il passare del tempo, i condotti possono deteriorarsi e provocare fughe che portano all'ineroperatività del sistema. I sistemi sono stati progettati e testati per rispettare severe norme di sicurezza in caso di collisione, in particolare i serbatoi, sebbene esista sempre tale possibilità nei contenitori di gas sotto pressione. Ciononostante, la possibilità di incendio è minore che nei veicoli a benzina, ad esempio.

Per rilevare le perdite di gas vi sono numerosi rilevatori elettronici che avvertono della fuga mediante un segnale acustico. Questa ispezione deve essere effettuata periodicamente insieme alla manutenzione del veicolo.

Nei veicoli riconvertiti per il funzionamento con gas, la regolazione della proporzione aria/combustibile può risultare delicata e molto variabile a seconda della temperatura ambiente e della pressione atmosferica, e dunque necessitare frequenti aggiustamenti.

D'altra parte, se non si utilizza additivo sufficiente a evitare che le valvole si secchino, la loro usura si accelera e può provocare strappi e l'arresto del motore.

NOTE TECNICHE

Nel presente capitolo si propone una carrellata dei guasti più comuni dei componenti meccanici ed elettronici dei sistemi bicomustibile. A seconda dei produttori e dei diversi modelli, il numero di guasti registrati nel corso degli anni può essere considerevole.

Questi guasti sono stati selezionati dalla piattaforma online: www.einavts.com. Tale piattaforma dispone di una serie di sezioni in cui vengono indicati: marca, modello, gamma, impianto interessato e impianto secondario. A seconda del tipo di ricerca desiderata è possibile selezionare indipendentemente ciascuna sezione.

DACIA

DACIA LOGAN (LS_) 1.4 MPI LPG (LS0C) (K7J 710), DACIA SANDERO 1.4 MPI LPG (K7J 714)

Codici di errore	<ul style="list-style-type: none"> • P0300 - Rilevato malfunzionamento scoppio in uno o più cilindri. • P0301 - Cilindro 1. Rilevato falso scoppio. • P0302 - Cilindro 2. Rilevato falso scoppio. • P0303 - Cilindro 3. Rilevato falso scoppio. • P0304 - Cilindro 4. Rilevato falso scoppio.
Sintomo	<p>Spia guasto motore (MIL) accesa. Codici di guasto registrati nell'unità di controllo motore. Il veicolo presenta uno o più codici di guasto precedenti. Perdita di potenza. Il motore funziona in modo irregolare. Il motore si arresta. N.B.: il presente documento informativo riguarda solamente i veicoli dotati di sistema di combustibile GPL (gas di petrolio liquefatto).</p>
Causa	Regolazione delle valvole non effettuata. A causa dell'uso di GPL è necessario effettuare la regolazione delle valvole nei termini raccomandati dal fabbricante.
Rimedio	<p>Procedura per la riparazione:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eseguire la lettura dei codici di guasto registrati nell'unità di controllo del motore con l'ausilio dell'apposito strumento di diagnosi. • Verificare che vi siano uno o più codici di guasto indicati nel campo. <p>Sintomo della presente nota.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificare che siano presenti i sintomi indicati nel campo Sintomo della presente nota. • Controllare che sul veicolo sia montato il tipo di candele raccomandato. • Effettuare la regolazione delle valvole ogni 30000 km. • Eseguire una seconda lettura dei codici di guasto nell'unità di controllo motore con l'ausilio dello strumento di diagnosi e confermare che NON si visualizzano i codici di guasto indicati nel campo del sintomo delle presenti indicazioni.

VOLKSWAGEN

VW GOLF PLUS (5M1, 521) 1.6 BiFuel (CHGA), VW GOLF VI (5K1) 1.6 BiFuel (CHGA)	
Codici di errore	<ul style="list-style-type: none"> • 00307 - P0133 - Circuito sensore ossigeno 1, banco 1, segnale lento. • 04626 - P1212 - Disconnessione dei cilindri, banco 1. • 16514 - P0130 - Sensore ossigeno 1, blocco 1. Circuito difettoso. • 16681 - P0300 - Rilevato malfunzionamento scoppio in uno o più cilindri. • 16682 - P0301 - Cilindro 1. Rilevato falso scoppio. • 16683 - P0302 - Cilindro 2. Rilevato falso scoppio. • 16684 - P0303 - Cilindro 3. Rilevato falso scoppio. • 16685 - P0304 - Cilindro 4. Rilevato falso scoppio. • 18528 - P2096 - Banco 1, correzione lambda posteriore al catalizzatore, limite di regolazione impoverito superato. • 18627 - P2195 - Sonda lambda 1-banco 1, segnale troppo povera. • 18628 - P2196 - Sonda lambda 1, banco 1, segnale troppo arricchita.
Sintomo	<ul style="list-style-type: none"> • Codici di guasto registrati nell'unità di controllo motore. • Spia di guasto del sistema a gas GPL accesa. • Il veicolo presenta uno o più codici di guasto precedenti. • Il motore funziona a strappi in modalità GPL. • Il motore passa dalla modalità a gas alla modalità a benzina automaticamente. <p>N.B.: la presente nota informativa riguarda solamente i veicoli dotati di sistema di scarico adattati alla normativa EU4. N.B.: Le presenti indicazioni riguardano solamente i veicoli fabbricati entro un intervallo di tempo preciso.</p>
Causa	Malfunzionamento della portata del gas negli iniettori di GPL.
Rimedio	<p>Procedura per la riparazione:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eseguire la lettura dei codici di guasto registrati nell'unità di controllo del motore con l'ausilio dell'apposito strumento di diagnosi. • Verificare che vi siano uno o più codici di guasto indicati nel campo. <p>Sintomo della presente nota.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Controllare il sistema a benzina e GPL con lo strumento di diagnostica adeguato. • Effettuare le diagnostiche corrispondenti ai codici di guasto del motore se si verifica "Sistema errato" nella modalità Benzina. • Montare il kit di riparazione adeguato se la verifica del sistema termina con "Sistema errato" nella modalità GPL e "Sistema corretto" nella modalità Benzina. • Controllare nuovamente il sistema a benzina e GPL con lo strumento di diagnostica adeguato. • Cancellare i codici dei guasti registrati nell'unità di controllo del motore (UCE) con l'apposito strumento di diagnosi. • Controllare la versione del software dell'unità di controllo del motore. • Riprogrammare l'unità di controllo del motore (ECU) con un software aggiornato, se necessario. <p>N.B.: esiste un kit specifico per effettuare le riparazioni indicate in questa nota.</p>

RENAULT

RENAULT CLIO II (BB0/1/2_, CB0/1/2_) 1.6 16V (CB0T; CB0H) (K4M 708), RENAULT KANGOO Express (FC0/1_) 1.6 16V (K4M 752), RENAULT KANGOO (KC0/1_) 1.6 16V (K4M 752), RENAULT KANGOO (KC0/1_) 1.6 16V 4x4 (KC0P; KC0S; KC0L) (K4M 750), RENAULT KANGOO (KC0/1_) 1.6 16V bivalent (K4M 850), RENAULT KANGOO Express (FC0/1_) 1.6 16V 4x4 (FC0L; FC0P; FC0S) (K4M 750), RENAULT KANGOO Express (FC0/1_) 1.6 16V bivalent (K4M 850), RENAULT CLIO II (BB0/1/2_, CB0/1/2_) 1.6 Hi-Flex (CB0H) (K4M 748), RENAULT CLIO II (BB0/1/2_, CB0/1/2_) 1.6 (K4M 748), RENAULT KANGOO (KC0/1_) 1.6 Flex (K4M 730)	
Sintomo	<p>Il motore si arresta al minimo nella modalità GNC. Il motore si arresta a bassi regimi.</p> <p>N.B.: il sintomo citato si verifica a bassi regimi durante frenate brusche, manovre di parcheggio o con il veicolo al minimo nella modalità GNC.</p>
Causa	Difetto di regolazione nel variatore di avanzamento al minimo nella modalità GNC
Rimedio	<p>Procedura per la riparazione:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Accendere il motore e attendere che raggiunga la temperatura di esercizio. • Controllare la regolazione del variatore di avanzamento al minimo situato sul supporto del calcolatore d'iniezione. • Effettuare una regolazione del variatore di avanzamento se non è regolato correttamente. • Effettuare un test su strada. • Annullare il sopravanzamento se le verifiche effettuate in precedenza NON sono soddisfacenti.



Uno sguardo sulla tecnologia automotive

La newsletter EurekaTechFlash è complementare al programma di formazione ADI EurekaCar e ha una missione chiara:

fornire una visione tecnica aggiornata delle innovazioni all'interno dell'ambiente automotive.

Con l'assistenza tecnica del Centro Tecnico AD (Spagna), e la collaborazione dei maggiori produttori di componenti, EurekaTechFlash mira a demistificare le nuove tecnologie rendendole trasparenti al fine di stimolare i riparatori professionisti a rimanere al passo con la tecnologia e a motivarli a investire continuamente nella formazione tecnica.

EurekaTechFlash verrà pubblicato da 3 a 4 volte l'anno.

EurekaCar
CERTIFIED MASTERCLASSES

Il livello di competenza tecnica del meccanico è vitale e, nel futuro, potrebbe risultare decisivo per garantire

EurekaCar comprende un'ampia gamma di formazioni tecniche di alto profilo per i riparatori professionisti che vengono dispensate dalle organizzazioni nazionali AD e dai corrispondenti distributori di componenti in 39 nazioni.

la sopravvivenza stessa dell'attività del riparatore professionista.

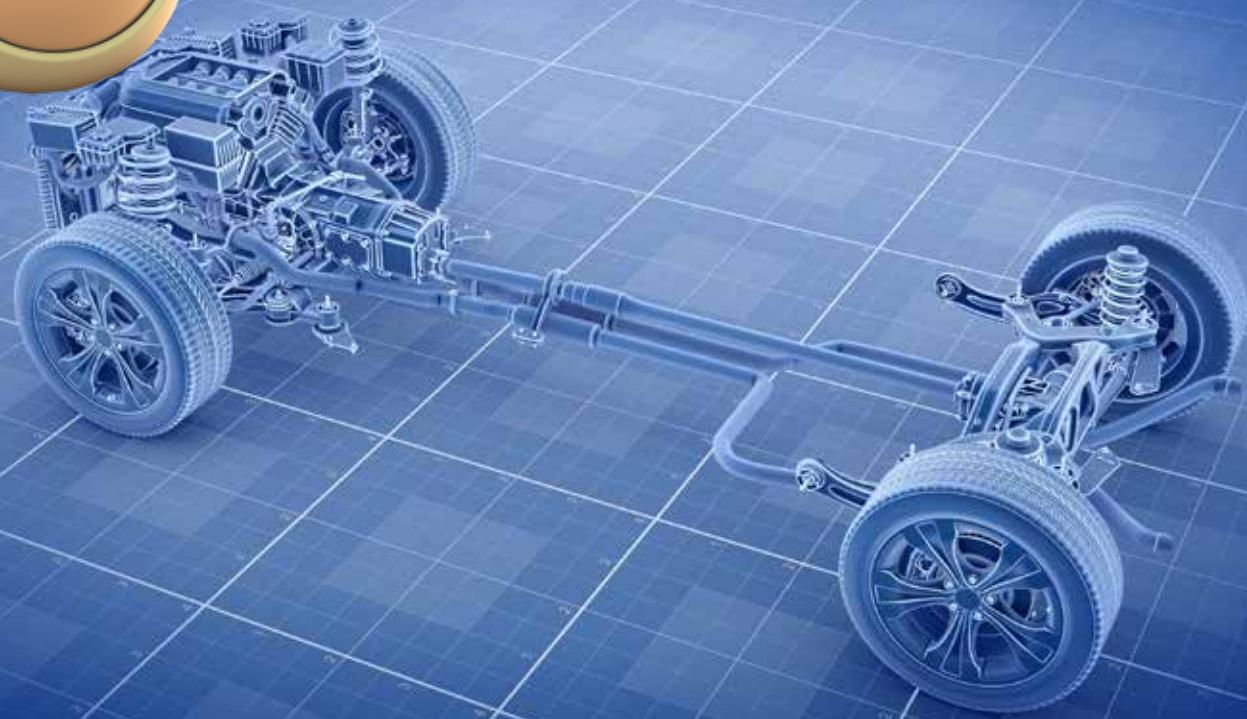
Visitare www.eurecar.org per maggiori informazioni o per visionare i corsi di formazione.

EurekaCar è un'iniziativa di Autodistribution International, con sede a Kortenberg, Belgio (www.ad-europe.com). Il programma

EurekaCar a supporto dei partner industriali.



Power Transmission



Clausola esonerativa: Le informazioni contenute in questa guida non sono esaustive e sono date a puro titolo informativo. Non impegnano in modo alcuno la responsabilità del loro autore.