



**Auto Consulting S.a.s di Cofano A. & C.**

Attrezzature diagnostiche

Elaborazioni elettroniche

Formazione tecnica

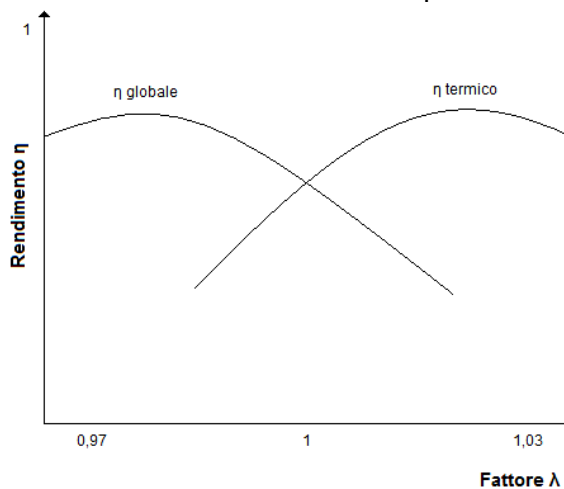
Antonio Cofano, Fabrizio De Giovanni – Auto Consulting S.a.s.

## Limiti del controllo dei motori a combustione interna

### 1. Introduzione

Lo studio di possibili alternative alle auto convenzionali non è iniziato di recente. Varie possibilità sono state vagliate ma non sempre gli studi hanno dato i risultati sperati. Finora i motori a combustione interna hanno prevalso sulle possibili alternative, principalmente grazie alla loro maggiore affidabilità ed al consolidamento tecnologico raggiunto. Tuttavia, il progressivo esaurimento dei combustibili fossili ed i problemi ambientali, legati al processo di combustione, contribuiscono ad un crescente interesse verso lo studio e l'effettiva implementazione di sistemi di propulsione innovativi.

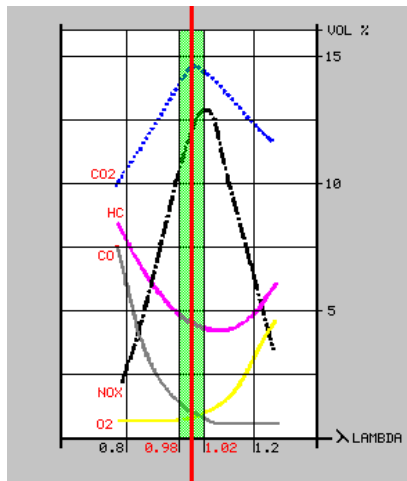
I propulsori devono confrontarsi non solo con i limiti relativi al loro *rendimento teorico massimo* ma anche con l'enorme difficoltà di controllo delle emissioni inquinanti.



Rendimento dei motori endotermici

Infatti un motore endotermico ad accensione comandata realizza il proprio rendimento massimo, e quindi la coppia massima disponibile, in funzione del regime di rotazione, con carburazioni prevalentemente grasse ( $0,97 < \lambda < 0,98$ ) incompatibili con le normative europee vigenti (EURO IV). Il problema sembrerebbe ovviato in corrispondenza della zona massima del *rendimento termico* ( $1,02 < \lambda < 1,03$ ), dove i consumi specifici raggiungono il minimo per definizione, ma il motore si troverebbe in condizioni di funzionamento irregolare e di surriscaldamento, senza considerare, poi, l'incremento nei gas di scarico di NOx (il catalizzatore funziona in condizioni ottimali con  $\lambda$  oscillante e prossimo a 1).

Tali problematiche di controllo, oggi, sono così complesse da creare grossi problemi sia in fase di progetto che durante la vita operativa del veicolo stesso.

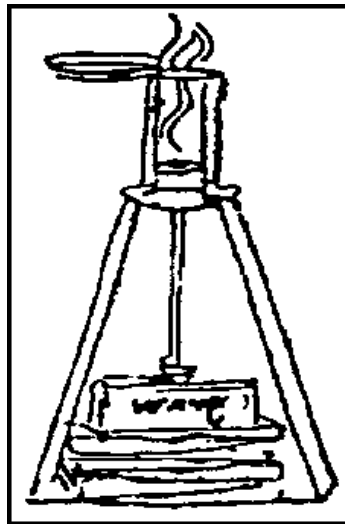


Andamento qualitativo dei gas inquinanti in funzione di

## 2. Aspetti storici

### 2.1 I motori atmosferici

L'auto è stata inventata due secoli fa e già nel 1909 uno scienziato osservava che "...l'automobile ha praticamente raggiunto i propri limiti di sviluppo...". La sua storia è strettamente legata a quella del motore a combustione interna, il cui antenato può essere individuato nel motore a polvere da sparo di Leonardo.

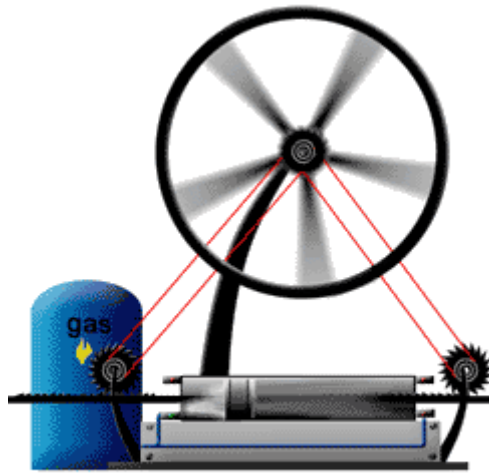


Il Motore di Leonardo, considerato l'antenato dei moderni motori a combustione interna

A questo primo prototipo di "motore atmosferico" ne sono seguiti diversi altri, che nel corso dell'800 raggiunsero un buon livello di sviluppo e diffusione, contribuendo attivamente alla rivoluzione industriale. Questi motori erano però ingombranti e caratterizzati da rendimenti molto bassi.



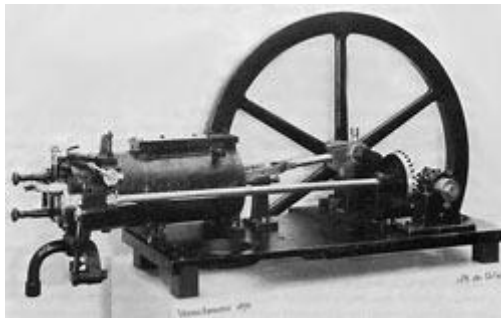
Il funzionamento del motore atmosferico di Otto



Il funzionamento del motore a gas di Lenoir (rendimento circa 3%)

## 2.2 I motori a quattro tempi

La svolta ci fu con il motore a quattro tempi studiato da Beau de Rochas e realizzato da Otto nel 1876, che permise di ridurre gli ingombri e migliorare potenza e rendimento. I motori a combustione interna si sono definitivamente affermati nel campo automobilistico nei primi decenni del '900, vincendo una concorrenza agguerrita: basti pensare che il record di velocità per automobili fu battuto nel 1902 da una vettura mossa da motore a vapore (a combustione esterna), e non da un motore alternativo a combustione interna.



Il primo motore a quattro tempi di Nikolaus August Otto (1876)



*M. Serpollet and Mr. Montague*  
Il veicolo a vapore di Serpollet, che nel 1902 batté il record mondiale di velocità a Nizza con circa 121 Km/h

Gli attuali propulsori hanno prevalso rispetto ai loro potenziali concorrenti grazie a:

- buon compromesso tra rapporto potenza-peso ed efficienza;
- alta densità di energia dei combustibili fossili, che assicura una buona autonomia al veicolo;
- basso costo del combustibile (prima della [crisi energetica](#));
- un'ampia e diffusa rete di distribuzione del combustibile.

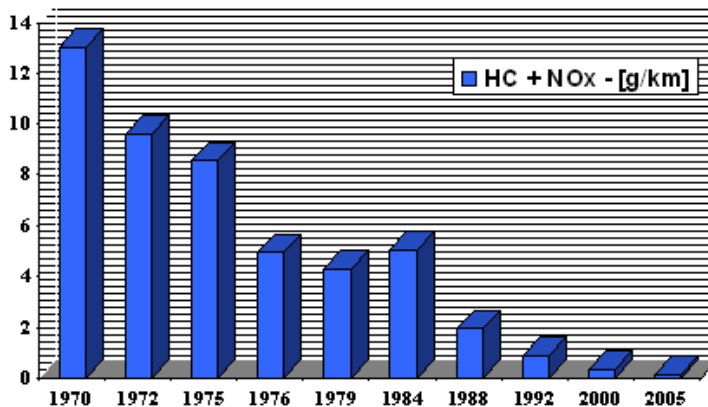


Un modello di Ford T (1914), la prima auto prodotta con una catena di montaggio

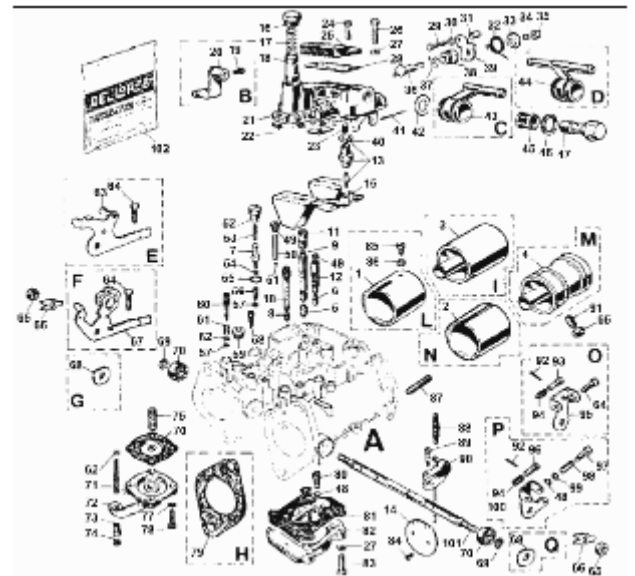
## 2.3 Gli sviluppi

In realtà, anche se i principi di funzionamento dei motori sono rimasti gli stessi, soprattutto a partire dagli anni '70 e sulla spinta delle normative anti-inquinamento e della rivoluzione micro-elettronica, si sono realizzati miglioramenti decisivi in termini di emissioni inquinanti, consumi, sicurezza e comfort.

Nel campo dei motori ad accensione comandata, si è assistito alla graduale scomparsa dei carburatori che, nonostante il notevole livello di complessità raggiunto, non hanno potuto assicurare livelli di emissioni compatibili con gli standard imposti ed sono stati sostituiti da sistemi di iniezione elettronica. Anche nel campo dei motori Diesel, i tradizionali sistemi di iniezione meccanica vengono gradualmente sostituiti dai sistemi Common Rail, a controllo elettronico. L'entità di questa rivoluzione, che non può essere sintetizzata in poche pagine, è tale da spingere autorevoli commentatori a definire il motore come "...un computer con un attuatore meccanico pluricilindrico...".



I limiti di emissione allo scarico delle autovetture si sono ridotti di oltre due ordini di grandezza, a partire dagli anni '70



Schema costruttivo di un carburatore (cliccare per ingrandire)

## 3. Limiti dei motori termici

Quali sono i limiti di utilizzo delle attuali motorizzazioni, in riferimento all'impatto ambientale? Sono legati alle modalità con cui si ottiene l'energia per il movimento del veicolo. Il fabbisogno energetico del veicolo dipende dal peso, dalla velocità e da fattori costruttivi ed ambientali, e può essere contenuto riducendo gli attriti nelle trasmissioni, nella resistenza dei pneumatici e adottando carrozzerie con bassa resistenza aerodinamica, anche se ormai tutti questi parametri sembrerebbero aver raggiunto il punto di massimo sviluppo.

### 3.1 Limiti termodinamici

Un motore termico converte l'energia termica (prodotta da un processo di combustione) in energia meccanica e in altre forme di energia (la somma delle energie in uscita uguaglia le energie in ingresso, come stabilito nel [Primo Principio della Termodinamica](#)), attraverso un ciclo termodinamico. L'efficienza è il rapporto tra quanta energia meccanica "ricaviamo" e quanta energia chimica "spendiamo" durante la trasformazione dell'energia. Attraverso opportune semplificazioni (ciclo ideale) il suo valore può essere calcolato in funzione di parametri costruttivi, quali il rapporto di compressione: questa analisi è presentata in [capitoli successivi](#).

Che cosa accade all'energia chimica non convertita in energia meccanica?

Circa il 25-30% è dissipata dal sistema di raffreddamento, che ha il compito di mantenere il motore in un certo campo di temperatura.

La quota maggiore, dal 30% al 40%, va perduta con i gas di scarico.

Lo stesso motore durante il funzionamento, essendo molto caldo, dissipa una certa quantità di calore (fino al 8-10% dell'ammontare dell'energia chimica) in un processo chiamato "irraggiamento".

Un'altra frazione (circa il 10 – 15%) è rappresentata dall'energia meccanica persa dal motore a causa dell'attrito (e comunque persa sotto forma di calore) e dall'energia necessaria al funzionamento delle apparecchiature ausiliarie.

La frazione di energia assorbita dai diversi meccanismi è largamente indicativa, dipendendo dal tipo di motore (con accensione comandata o Diesel), dalla potenza, e per un dato motore, dalle condizioni di impiego (coppia, numero di giri, temperatura).

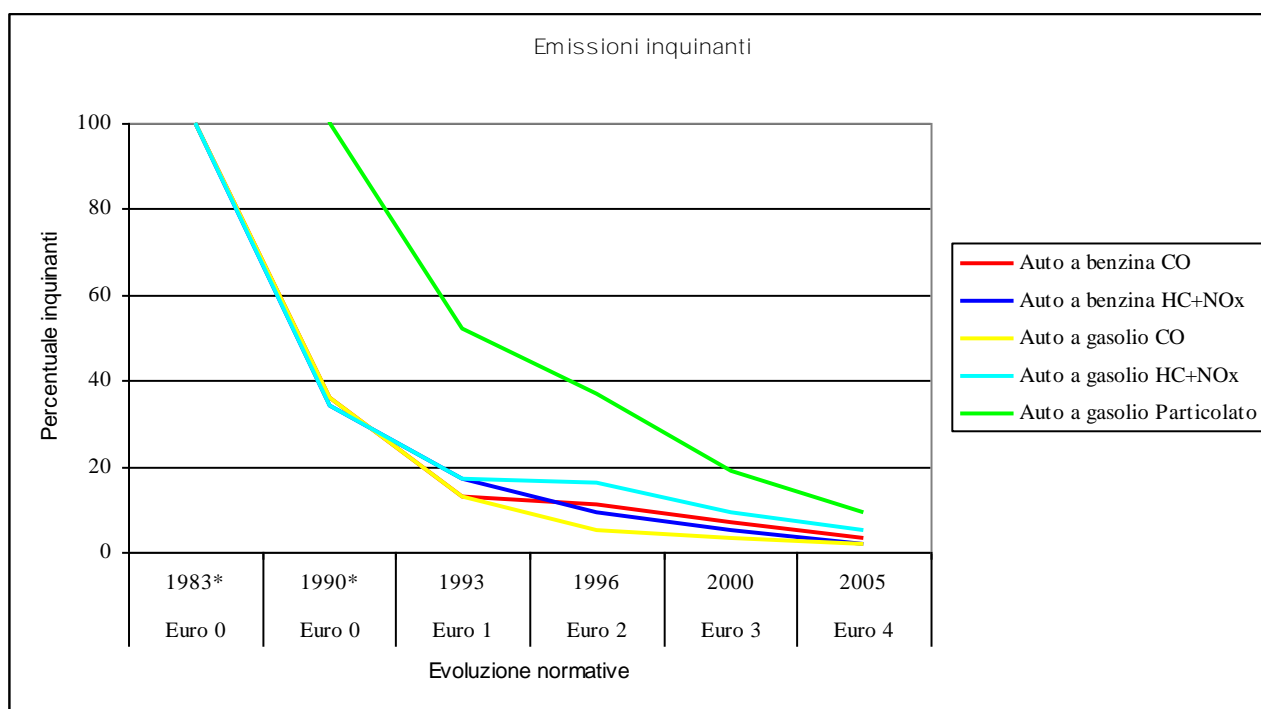
Per aumentare l'efficienza del motore, gli attriti interni sono stati ridotti così come le perdite per pompaggio, ed è stato ottimizzato il ciclo termodinamico. Ma il rapporto di conversione fra energia termica e meccanica (l'efficienza che è sempre minore dell'unità) è, nel caso reale, non superiore a 0.40, per le limitazioni legate al [Secondo Principio della Termodinamica](#). Una quota significativa di energia si perde comunque ed è diffusa nell'ambiente, a bassa temperatura.

### 3.2 Processo di combustione

L'altro limite fondamentale è legato alle modalità di conversione dell'energia chimica del combustibile. In un'auto, questa conversione si ottiene dalla [combustione](#) di un [combustibile fossile](#), una miscela di [idrocarburi](#), contenente carbonio e idrogeno. Questo processo sviluppa biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>), che è responsabile dell'[effetto serra e del riscaldamento del globo](#).

Inoltre, il processo di combustione provoca [emissioni inquinanti](#): idrocarburi incombusti, ossidi di azoto, monossido di carbonio (nei motori ad accensione comandata) e particolato (nei motori Diesel). I loro effetti sono particolarmente dannosi nelle aree urbane. Le emissioni, in molti paesi, sono regolate da leggi severe e vengono ridotte (sulle auto) da sistemi di abbattimento di notevole complessità.

### 3.3 Evoluzione delle Normative antinquinamento



Normative europee antinquinamento

Le varie normative hanno imposto alle case costruttrici range di inquinamento sempre più restrittivi, ma non nulli: infatti sarebbe una pura utopia pensare di ottenere energia meccanica da un motore, senza dover pagare nulla (il secondo principio della termodinamica afferma proprio questo). È inevitabile, per avere energia bisogna inquinare ma, fortunatamente, negli anni si sono sviluppate tecniche sempre più raffinate che permettono di ridurre al minimo possibile le emissioni nocive con eccellenti risultati. Il grafico riporta tutte le direttive europee che hanno interessato le emissioni inquinanti divise per nome e anno di introduzione, da cui la normativa è diventata obbligatoria per tutte le vetture di prima immatricolazione (\* fatto 100 il valore previsto nel 1983 per CO e HC+NOx, nel 1990 per il particolato). È evidente che un'auto moderna conforme alla Euro4 inquina meno del 10% rispetto ad uno del 1983

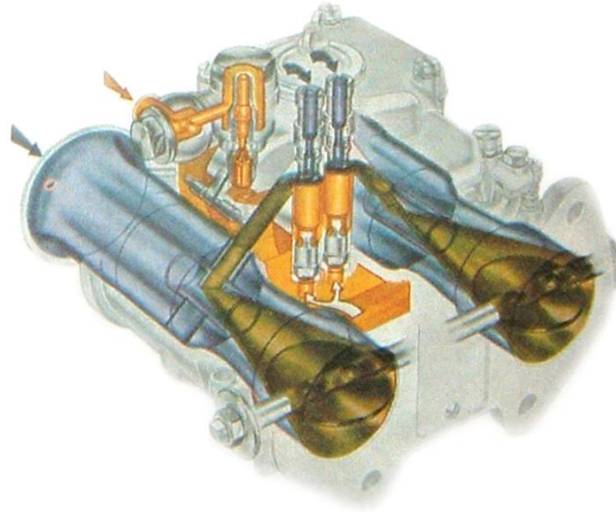
			CO		NO <sub>x</sub>		HC		HC + NOx		Particolato
			(g/km)		(g/km)		(g/km)		(g/km)		(g/km)
			Benz.	Diesel	Benz.	Diesel	Benz.	Diesel	Benz.	Diesel	Diesel
1993	91/441	Euro I	2,72	2,72	-	-	-	-	0,97	0,97	0,14
1997	94/12	Euro II	2,2	1,0	-	-	-	-	0,5	0,7	0,08
2000	98/77	Euro III	2,3	0,64	0,15	0,5	0,2			0,56	0,05
2005	98/77	Euro IV	1,0	0,5	0,08	0,25	0,1			0,30	0,025

Purtroppo tutti i sistemi di abbattimento dei gas di scarico per contro hanno:

- un costo elevato
- scarsa affinità al riciclaggio
- provocano un appesantimento del veicolo
- sono soggetti a malfunzionamenti dovuti ad usura
- provocano perdite di prestazioni (FAP e catalizzatore)

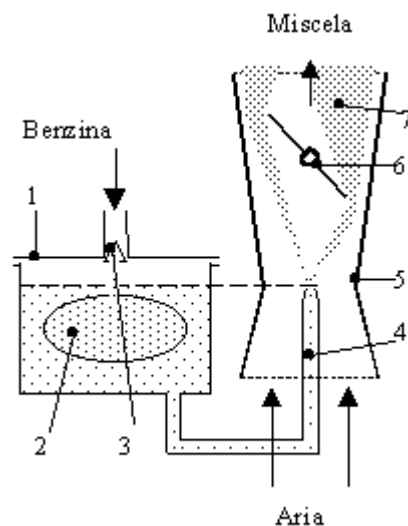
## 4 Cenni ai sistemi di gestione motore Euro 0 e Euro1

Con sistemi di gestione motore Euro0 si intende la generazione di motori il cui sistema di iniezione del carburante era affidato ad un organo meccanico: il carburatore.



Carburatore

Questo componente è nato quasi contemporaneamente al primo motore a ciclo Otto ed è stato perfezionato e raffinato nel tempo, fino alla fine degli anni '80, quando, con l'avvento dell'elettronica nelle auto di serie (derivata dalle competizioni), sono stati realizzati i primi sistemi di iniezione controllati da un computer.

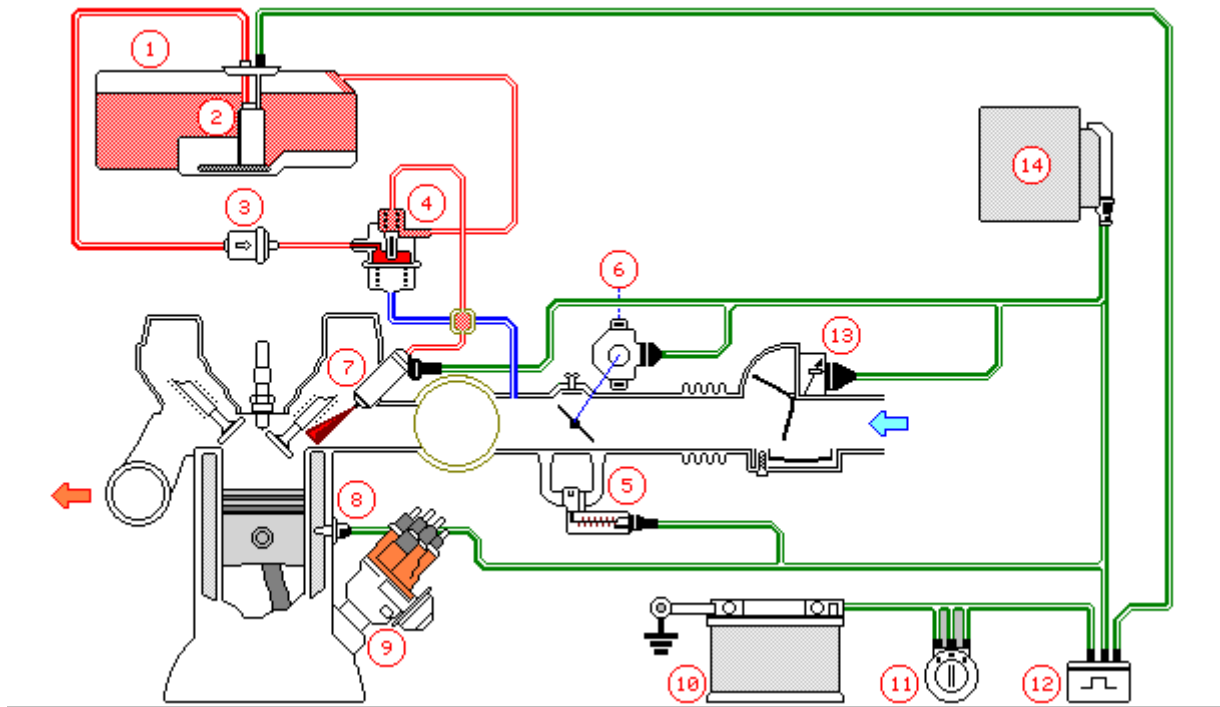


Principio di funzionamento del carburatore

Tuttavia, per alcuni anni, si è verificata la coesistenza dei due sistemi, dovuta in gran parte alla presenza da un lato di un sistema ormai consolidato negli anni ed estremamente efficiente, che offriva delle performance elevate (carburatori a doppio corpo con pompetta di ripresa) e regolarità di marcia, mentre dall'altro si presentava un sistema nuovo non ancora perfetto, che spesso e volentieri costringeva il motore ad esitazioni a causa di inadeguate regolazioni. Nonostante ciò



l'ago della bilancia si è spostato verso la gestione elettronica e il fattore determinante è stato, senza dubbio, l'inadeguatezza e l'impossibilità di realizzare un sistema a feedback con il carburatore.

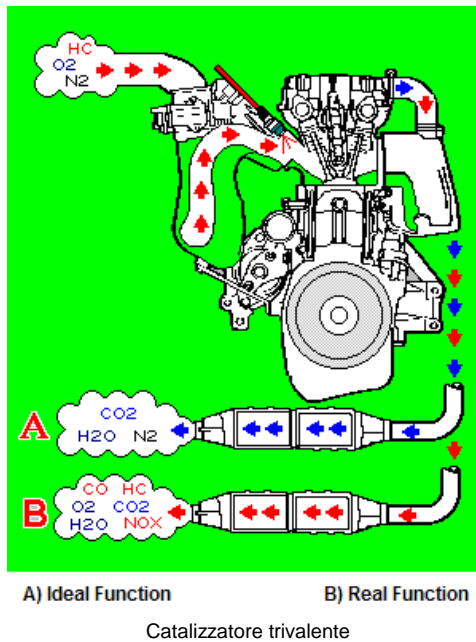


Primi sistemi di iniezione non catalitici

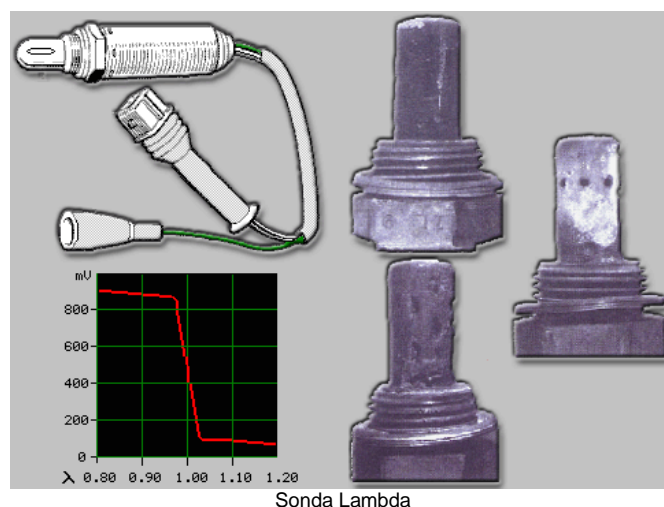
Si è passato quindi ai sistemi di gestione motore Euro1 che ricalcavano, come linea di principio, il sistema a carburatore, ma l'iniezione, come già detto precedentemente, è ora affidata ad un computer (anche se di basse potenzialità di calcolo) che tuttavia garantisce delle emissioni inquinanti e consumi più contenuti. Tale sistema, che nelle prime versioni oggi sembrerebbe primordiale, ha dato origine all'evoluzione e soprattutto alla stesura delle normative antinquinamento, che un carburatore non avrebbe mai potuto soddisfare.

## 5 La normativa Euro2 ed i sistemi di gestione motore E2 compliant





I sistemi Euro2 benzina hanno costituito il primo serio tentativo di abbattere significativamente gli inquinanti allo scarico. Purtroppo essi garantiscono un'adeguata catalizzazione solo in condizioni stazionarie: durante le fasi di accelerazione il titolo della miscela aria-carburante deriva comunque verso valori del rapporto lambda prossimi a 0,95. Inoltre non è possibile tenere sotto stretto controllo il livello di inquinamento del veicolo durante la sua vita operativa: infatti in fase di revisione periodica, ad esempio, non è possibile verificare il tenore delle emissioni di NO<sub>x</sub> dei veicoli in prova, come pure non esiste, in quella stessa sede, una metodologia di collaudo dello stato di invecchiamento dei catalizzatori che sia immune da errori o manomissioni. La stessa normativa imponeva alle case costruttrici che gli autoveicoli rispettassero i requisiti Euro2 solo per i primi 80.000 Km (riconoscendo implicitamente il limite tecnologico di resistenza ad usura del catalizzatore, come urti improvvisi dovuti all'avanzamento del veicolo, vibrazioni derivanti da cedimenti dei supporti del condotto di scarico o eventuali surriscaldamenti dello stesso in condizioni di funzionamento anomalo del motore – un esempio lampante è dato dal cattivo funzionamento del sistema di controllo delle emissioni, derivante da segnalazioni errate della sonda →)

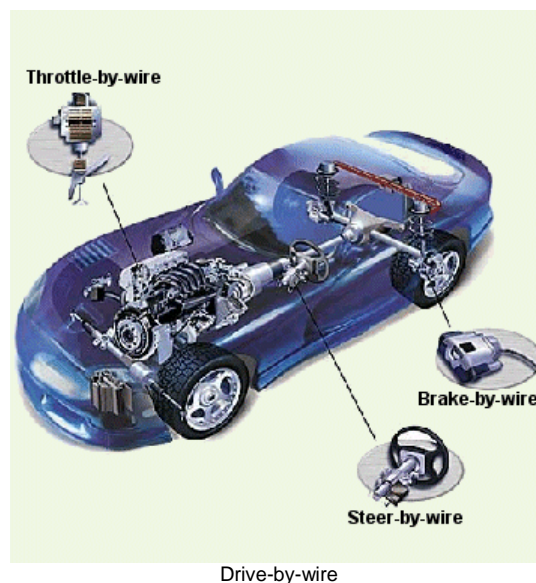


Da non dimenticare il ruolo predominante della sonda : in tali sistemi il buon funzionamento è assicurato in gran parte dall'efficienza di tale componente. Inoltre i piccoli cristalli di rodio, platino e

palladio, che hanno proprietà catalizzanti in reazioni red-ox, dispersi nella struttura cordieritica del catalizzatore, rivestita di allumina (più porosa rispetto alla precedente) tendono ad essere ricoperti da impurità che ne compromettono seriamente sia il funzionamento che la portata della marmitta stessa.

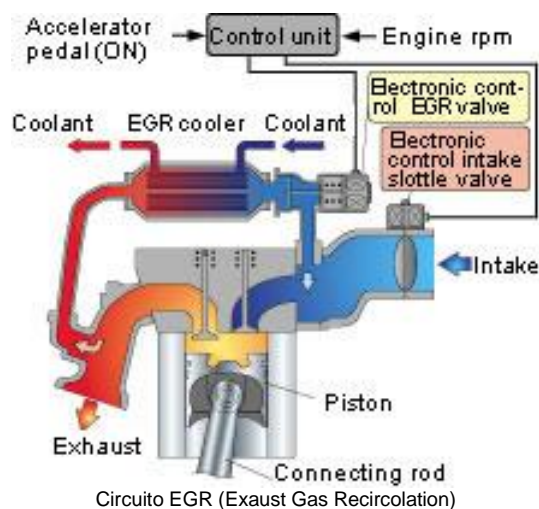
Per quanto riguarda, invece, i motori turbodiesel, i catalizzatori sono solo di tipo ossidante ed il ricircolo dei gas di scarico non viene eseguito con un adeguato loop di retroazione, anche perché ciò sarebbe impossibile proprio a causa del funzionamento del motore Diesel. Infatti mentre in un motore a ciclo Otto variano le quantità sia di carburante sia di aria immessi nella camera di combustione, mantenendo comunque un rapporto prossimo a 1, nel motore a ciclo Diesel tale camera di combustione viene totalmente riempita dal comburente ed è manipolato il dosaggio di carburante immesso, con conseguente variazione del .

## 6 La normativa Euro3 ed i sistemi di gestione motore E3 compliant



La fase Euro3 ha introdotto alcune novità sostanziali come il controllo “drive-by-wire” anche per i motori benzina ed il controllo in retroazione per il ricircolo EGR. Allo stesso tempo, però, questi veicoli hanno manifestato durante la loro vita operativa fortissimi problemi legati ad irregolarità di funzionamento (es. esitazioni in accelerazione ed a carico parziale per i motori benzina, falsi trigger della spia MIL per errato riconoscimento di eventi di inquinamento) e malfunzionamenti veri e propri dovuti a guasti nella catena di retroazione (erronee o mancate segnalazioni di guasti sul ricircolo EGR dovuti ad inquinamento dei misuratori di massa aria).

La fase Euro3 ha comunque dato una prima risposta all'esigenza di ridurre l'emissione di sostanze inquinanti nei transitori: ciò ha significato anche l'ingresso nei sistemi di gestione motore dei nuovi microcontrollori a 16bit. I vecchi sistemi, pilotati quasi sempre da ECU con processore ad 8 bit, non erano in grado di gestire il dosaggio del carburante durante le fasi critiche di accelerazione del veicolo (condizione operativa dell'auto pari a circa il 90% del suo funzionamento totale!!!).



L'introduzione dell'acceleratore elettronico inoltre garantisce il "dosaggio" dell'affondata, infatti un motore a pieno carico a regimi di rotazione bassi fornisce il massimo della coppia se la farfalla non è tutta spalancata (si pensi ai vecchi sistemi a carburatore dove questa stessa procedura era già ben nota agli ingegneri che si occupavano di fluidodinamica, i quali munivano il carburatore di un attuatore pneumatico assicurandone la stessa funzionalità), limitando soprattutto la produzione di HC dovuti a combustioni incomplete.

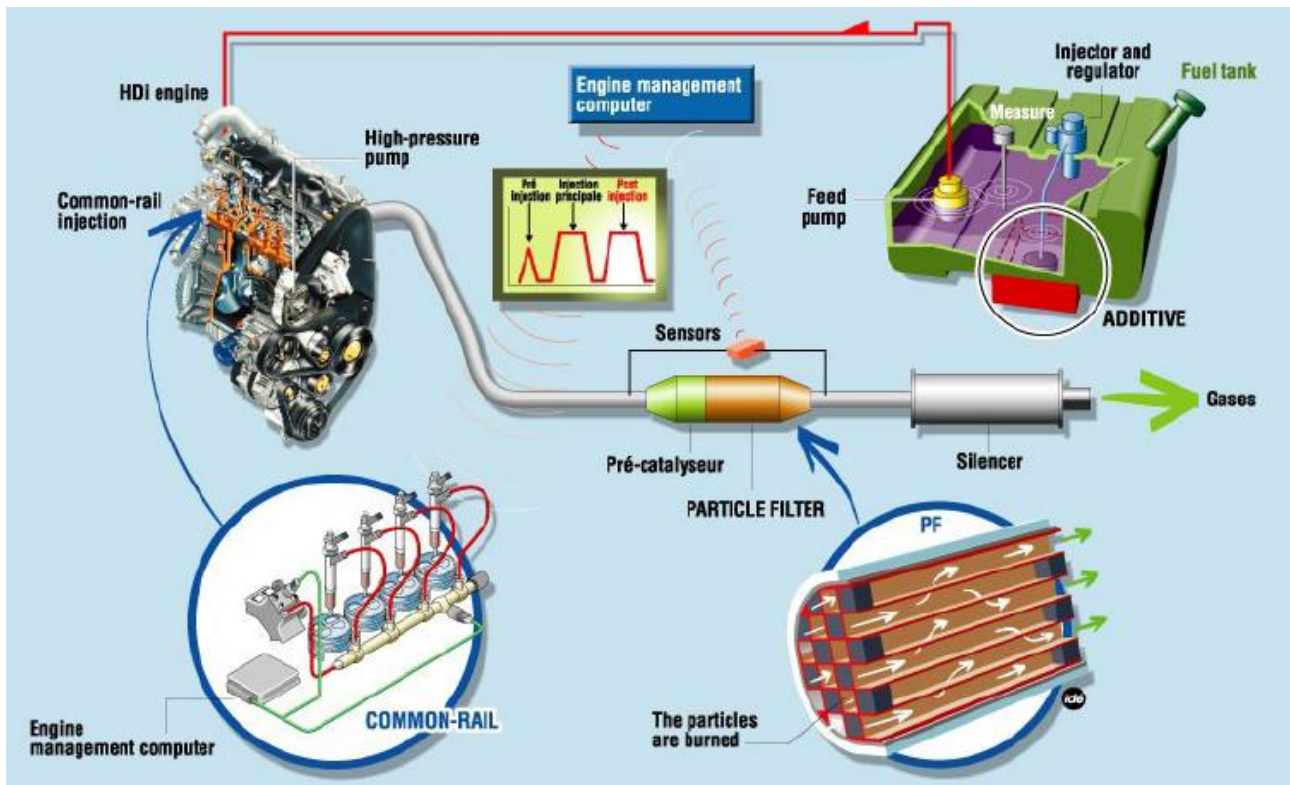
## 7 La normativa Euro4 ed i sistemi di gestione motore E4 compliant

Per i veicoli Euro4 i limiti sono stati così stringenti che molte case automobilistiche hanno fatto massiccio ricorso a campagne di risanamento ed aggiornamento dei software di gestione. Sono nati così dei nuovi modi di concepire l'iniezione come: i sistemi ad iniezione diretta di benzina ad alta pressione, che a loro volta si dividono in sistemi ad iniezioni a carica omogenea e a carica stratificata, molto più difficile da gestire della prima ma che presenta numerosi vantaggi, basati sul fatto che sia la velocità di propagazione del fronte di fiamma (in condizioni ottimali alcune decine di m/s) che la probabilità di accensione della carica aumentano con il diminuire del rapporto (fino ad un certo limite naturalmente) e che comunque tale fronte nei pressi delle pareti si arresti. È quindi lecito pensare che avendo una miscela molto ricca vicino alla candela e una povera sulle pareti del cilindro e al cielo del pistone, sia i consumi, sia le prestazioni, sia le emissioni vengono ottimizzate. Per quanto riguarda l'iniezione diesel sono stati sviluppati dei sistemi analoghi, ma il vero componente rivoluzionario è nello scarico.



Filtro anti-particolato (FAP)

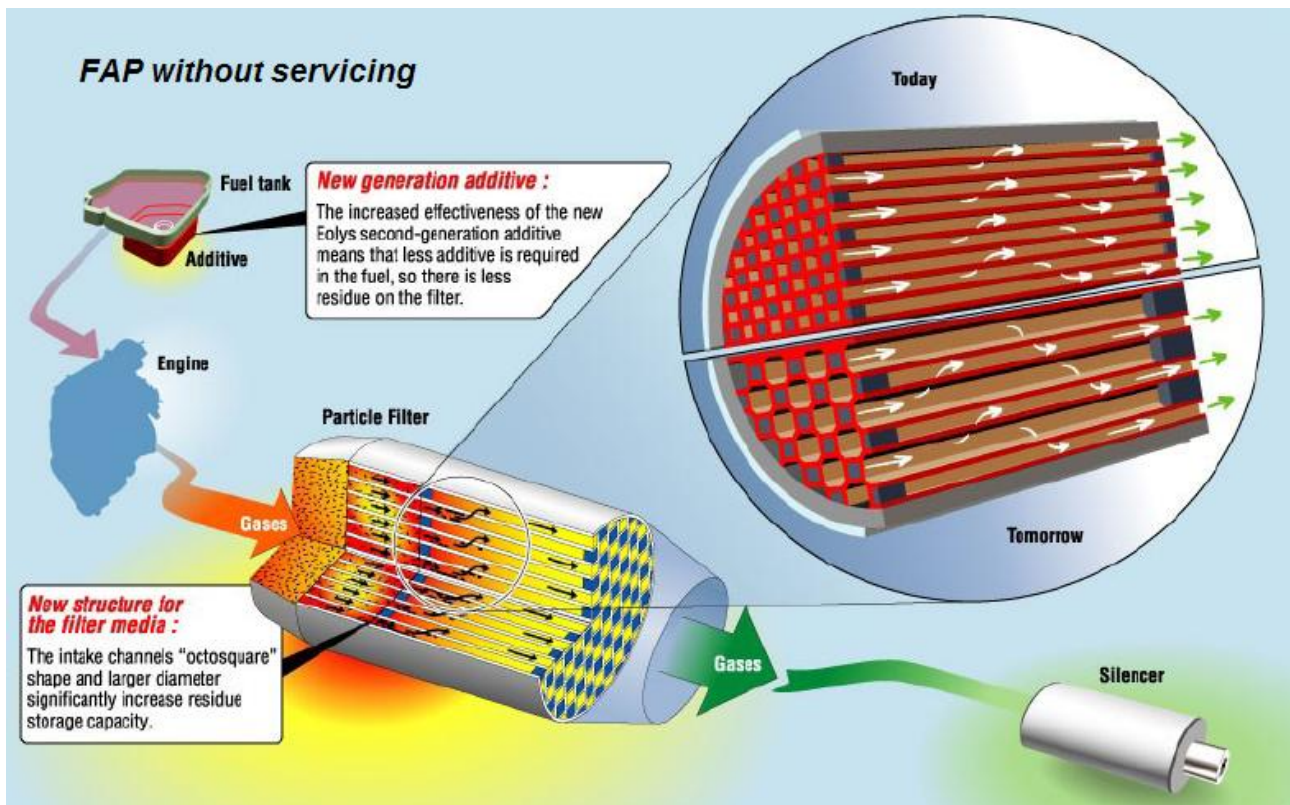
Si tratta del FAP (filtro anti-particolato) che ha la funzione di accumulare tutte le particelle di carbonio, anche di dimensioni micrometriche, all'interno per poi bruciarle con una combustione che avviene nel tubo di scarico. È costituito da un alternarsi di passaggi aperti e chiusi. È evidente che un dispositivo del genere funziona solo con temperature relativamente alte ottenibili difficilmente nel condotto di scarico. Per questo motivo, spesso, si fa ricorso all'uso di un circuito appositamente studiato per generare una combustione interna. Il FAP immesso sul mercato dal gruppo PSA, ed adottato quindi anche sui monovolume Fiat e Lancia, prevedeva quindi una additivazione del carburante con ossido di cerio, in grado di abbassare la temperatura della rigenerazione a circa 400°C.



Sistema di rigenerazione del FAP

Il sistema di gestione motore prevede quindi un apposito serbatoio per l'additivo ed una logica dedicata in grado di controllare lo stato di intasamento del filtro FAP e comandare di conseguenza il sistema di gestione motore per innescare la fase di "pulizia" del filtro detta anche rigenerazione. Come si può intuire questa tecnica è estremamente complessa e richiede comunque la sostituzione completa del filtro FAP ogni 80.000Km.



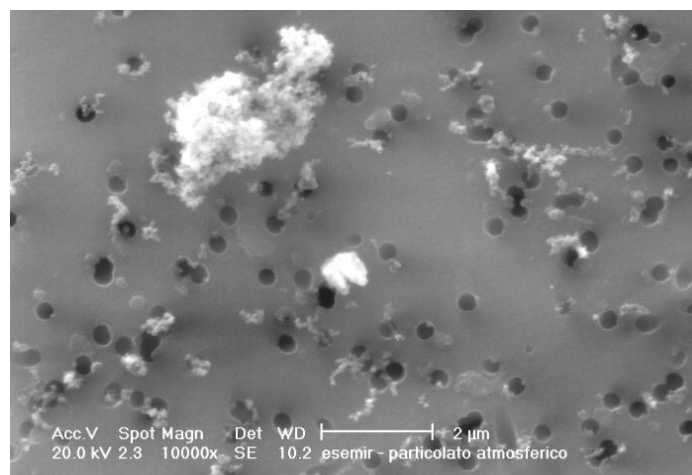


Nuovo FAP senza circuito rigenerante

Oggi i filtri antiparticolato per motori Euro 4 sono tutti senza manutenzione e senza additivazione: ciononostante i problemi sul campo, derivanti dall'intasamento di tali dispositivi, non sono ancora completamente risolti. L'ultimo aspetto da tenere in conto è che proprio i dispositivi antiparticolato sono sotto osservazione da parte delle agenzie per l'ambiente come causa della immissione in atmosfera di micropolveri molto più fine dei ben noti PM100 e PM10.

## 8 Limiti ambientali delle soluzioni tecniche attualmente utilizzate

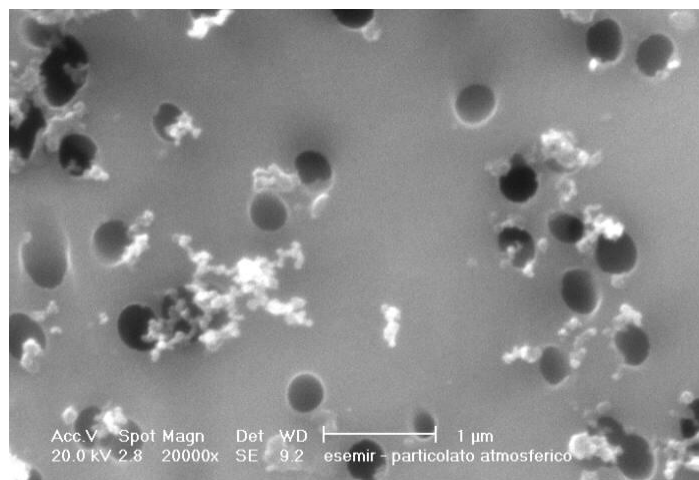
I nuovi sistemi di iniezione diesel ad alta pressione stanno di fatto creando nuovi ed inediti problemi di vivibilità urbana a causa delle emissioni di PM10.



Vista al SEM del PM10

I filtri antiparticolato con e senza manutenzione hanno dei forti limiti di utilizzo, manutenzione ed additivazione. I PM025 (particelle di diametro inferiore a 0,25µm) di fatto stanno scavalcando anche gli orientamenti stessi espressi a livello di normativa europea, infatti non è prevista una

limitazione per tali polveri. Il particolato con queste dimensioni non solo non si deposita e rimane sospeso in aria anche per lunghissimi tempi, ma ha accesso diretto al sangue, in quanto, a causa delle sue dimensioni ridottissime non viene filtrato dai polmoni.



Vista al SEM del PM<sub>2,5</sub> e nano-particolato (inferiore a 1µm)

Anche i motori a benzina hanno i loro problemi. I limiti di NO<sub>x</sub> fissati dalla normativa Euro4, sono previsti all'interno del ciclo EUDC e UDC, non ad un regime di guida casuale. Gli elevati rapporti di compressione che si stanno raggiungendo oggi, sono di fatto un incentivo alla produzione di NO<sub>x</sub> per chi ha una guida più estrema. I cicli guida infatti possono solo approssimare le condizioni reali e bisogna aggiungere come le prestazioni sempre più esasperate dei motori di ultima generazione non invoglino di certo a guide "tranquille"..

## 9 Alternative ai combustibili classici

Anche i carburanti sono stati investiti dalle varie evoluzioni effettuate nel mondo degli autoveicoli. Oltre ai tradizionali carburanti alternativi GPL e CNG, il più celebre e forse anche il più conosciuto è il biodiesel, ricavato da materiale organico. L'inconveniente di questo gasolio è l'elevato costo e la difficoltà della produzione su larga scala, che in via di sperimentazione è stato ovviato in Germania grazie agli incentivi forniti dal paese. In Brasile invece si stanno sviluppando le benzine ossigenate, cioè contenenti gruppi di etanolo e metanolo. In questo modo il numero di ottano è pari a 120 che è molto più alto rispetto ad una benzina tradizionale il cui n.o. si aggira tra i 95 e i 100. E' possibile, quindi, introdurre meno aria nella camera di combustione in quanto una parte di O<sub>2</sub> è già presente nella benzina stessa. Questi carburanti vengono ricavate dalla fermentazione della barbabietola da zucchero, che in Brasile costituiscono la risorsa primaria per l'agricoltura.

## 10 Alternative ai motori classici

Le esigenze di drastica riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> hanno però riproposto la ricerca di un'alternativa agli attuali propulsori. In funzione della fonte di energia utilizzata, i propulsori possono essere suddivisi in termici, [elettrici](#) ed [ibridi](#). Mentre a queste due ultime categorie sono dedicati capitoli a parte, si accenna ad alcune tipologie alternative di motori termici:

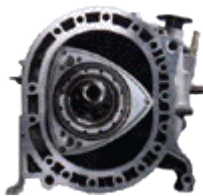
Motore Brayton (turbine a gas): vantaggiosi in termini di rapporto peso/potenza (sono infatti utilizzati come propulsori aeronautici per tale caratteristica), hanno rendimenti più bassi del motore tradizionale, soprattutto in condizioni di carico variabile; richiedono, inoltre, l'uso di materiali costosi.

Motore Rankine (motore a vapore): utilizzati per applicazioni fisse (nelle centrali termoelettriche e nei gruppi cogenerativi), ma poco adatti ad applicazioni mobili per limiti di ingombro, peso e scarsa elasticità di funzionamento.

Motore Stirling: numerosi i potenziali vantaggi di questi motori, che ricorrono ad un ciclo termodinamico rigenerativo ad alto rendimento, ma i cui ingombri non sono compatibili con

applicazioni automobilistiche. I laboratori della Philips Research Labs – leader nello sviluppo del motore Stirling – hanno investito a lungo su questo propulsore, montato sul modello Ford Torino.

Motore Wankel: un motore a combustione interna di tipo rotativo, vantaggioso in termini di ingombri e vibrazioni ma penalizzato da consumi ed emissioni maggiori rispetto al propulsore tradizionale.



Il Motore rotativo Wankel



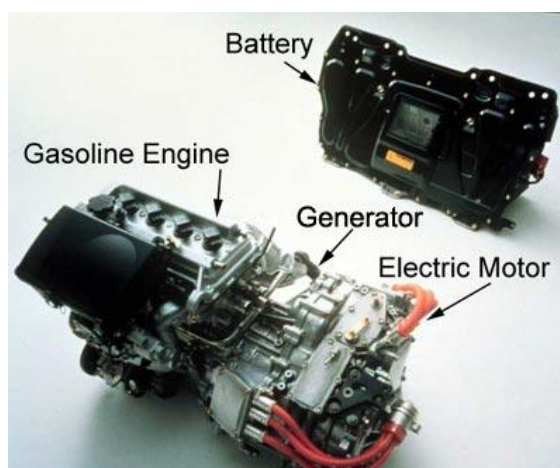
Il modello "[Turbobile](#)" della Chrysler, equipaggiato con turbina a gas (1961)



Prototipo di Ford Torino, equipaggiata con un motore Stirling

## 11 Le tendenze dei nuovi veicoli

L'aumento del peso delle autovetture, l'incremento enorme dei sistemi di comfort di bordo (DVD, Navigazione, Infotainment) e il mancato miglioramento delle emissioni complessive di CO<sub>2</sub>, rende inadeguati i motori endotermici in vista di una futura crisi di greggio (le riserve di petrolio, quelle conosciute al giorno d'oggi, dovrebbero esaurirsi all'incirca nel 2100, poco tempo se si pensa ai milioni di anni che ha la Terra). I motori termici quindi non sono adatti, da soli, a costituire l'unica forza motrice di un veicolo, soprattutto se pensiamo che in condizioni di guida urbana il rendimento della macchina termica può oscillare intorno al 15%, ed è proprio qui che le trazioni elettriche giocano un ruolo fondamentale. Un motore elettrico ha rendimenti ben superiori di un motore termico, inoltre non richiede utilizzo di cambio, con conseguente riduzione del peso, in quanto riesce a coprire un buon numero di giri con coppie discretamente alte. Il problema serio della trazione elettrica è l'ingombro delle batterie, il peso e l'autonomia limitata.



Esempio di motore ibrido (Toyota Prius)

Ecco il perché dei motori ibridi in grado di integrare al meglio le qualità dei singoli motori con ottima autonomia, peso limitato e emissioni a volte ridotte anche del 40%. La soluzione, quindi, è da ricercarsi nel progetto di un nuovo tipo di mobilità.



## Fonti

G. Ferrari – Motori a combustione interna  
G. A. Pignone, U. R. Vercelli – Motori ad alta potenza specifica  
P. Scolari – L'autoveicolo e la sua evoluzione  
D. Giocosa – Motori endotermici

## Links

<http://www.esemir.it>

<http://www.toyota.co.jp>

<http://www.mediasoftitalia.it>

<http://library.thinkquest.org/C006011/english/sites/index.php3?v=2>

<http://www.aardvark.co.nz/pjet/chrysler.shtml>

<http://www.stanleysteamers.com/serpollet.htm>