

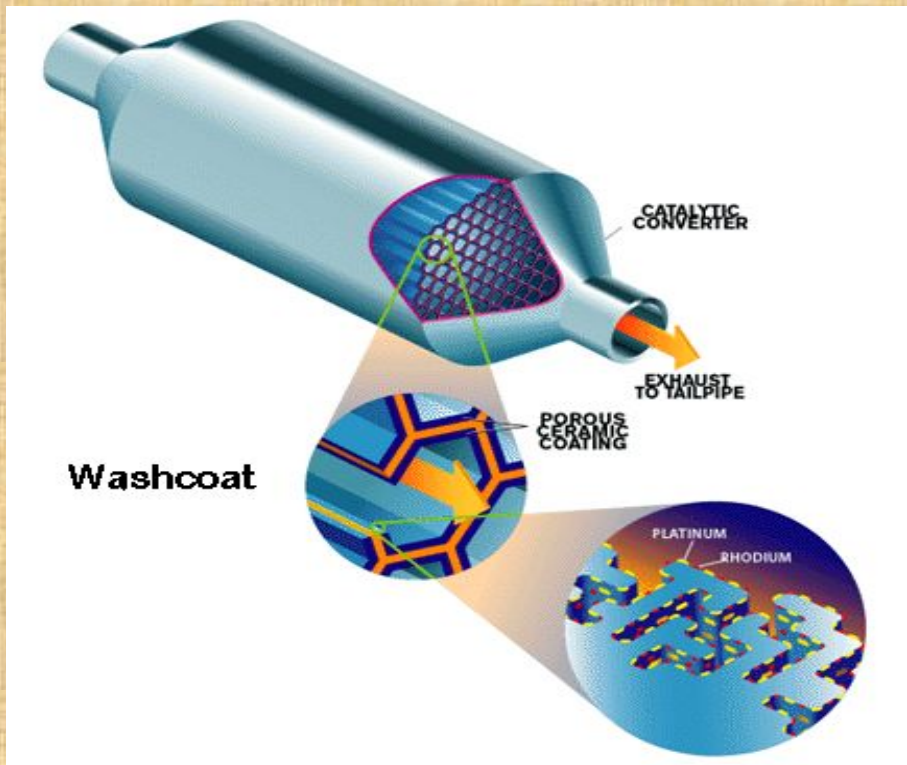
# La marmitta catalitica: dai microcomponenti attivi al prodotto commerciale finito

Dr. Leonarda Liotta, Ing. G. Pantaleo  
ISMN-CNR, Palermo



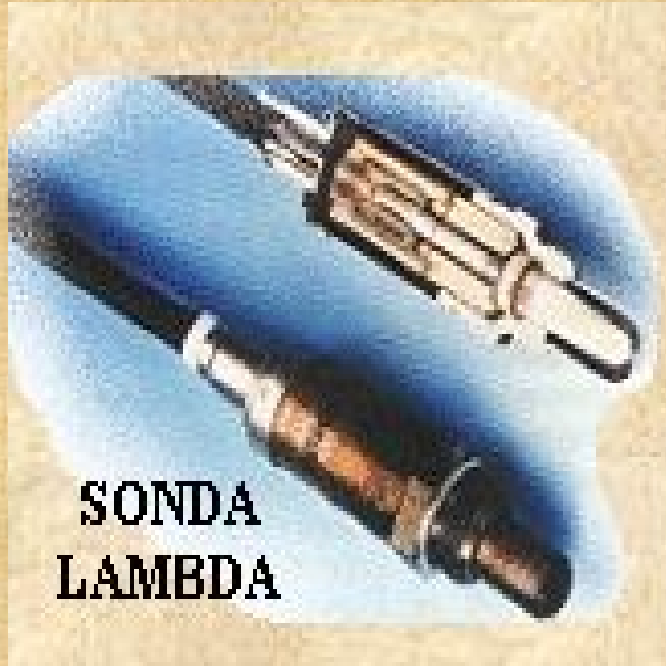
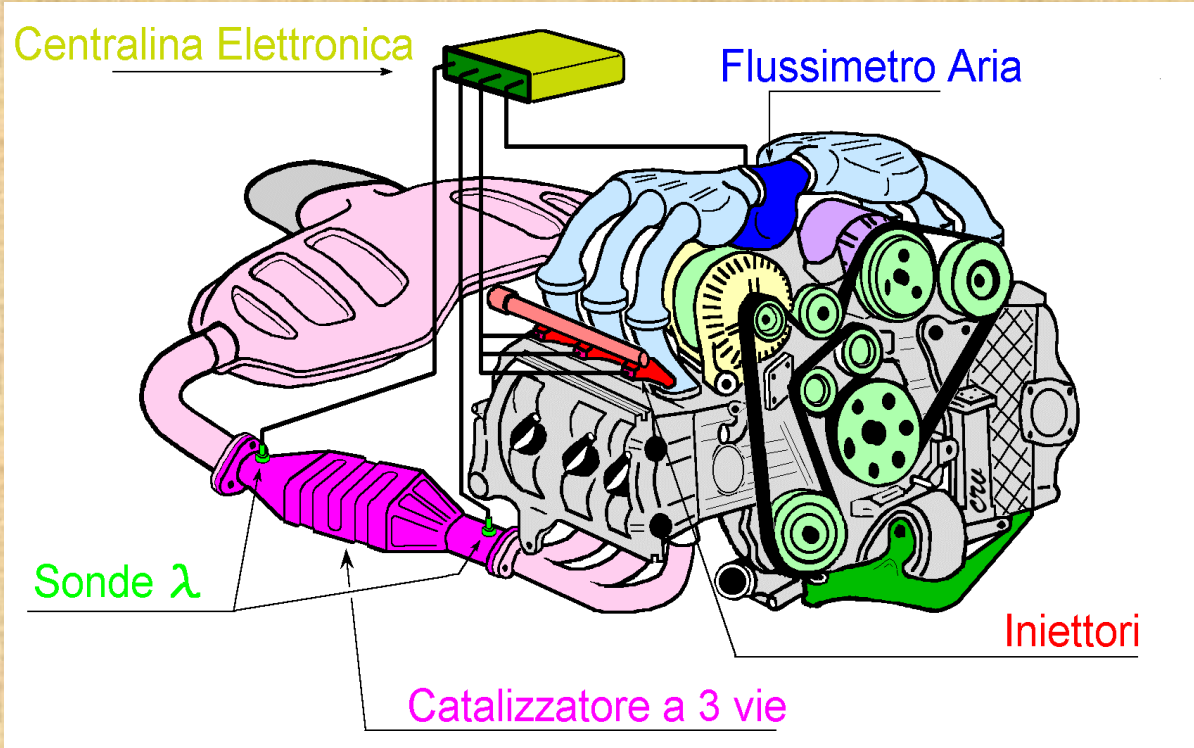
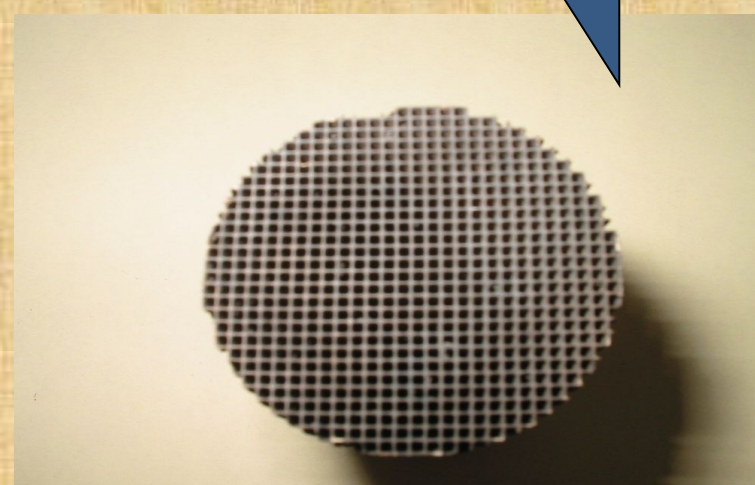
## La marmitta catalitica

La **marmitta catalitica** è un dispositivo incorporato nel sistema di scarico di un'automobile che riduce la quantità di sostanze inquinanti nei suoi gas di scarico. Essa contiene un elemento in ceramica, con struttura a nido d'ape, rivestito di una pellicola sottile di metalli catalizzatori, quali il palladio, il rodio e il platino (3 o 4 grammi). Quando i gas di scarico passano attraverso il convertitore catalitico, questi metalli favoriscono le reazioni chimiche che trasformano gli agenti inquinanti, come monossido di carbonio, ossidi di azoto e certi idrocarburi, in composti innocui, come anidride carbonica, azoto e acqua. La marmitta funziona, quindi, come un reattore chimico, richiede un campo di temperature ottimali (300°C/900°C), si disattiva a bassa temperatura, con forti sbalzi termici, in presenza di veleni (Pb...), richiede una quantità abbastanza costante di gas di alimentazione e di ossigeno residuo. Per questo una marmitta efficiente (tipo a tre vie) richiede l'iniezione elettronica e la sonda lambda e periodiche verifiche di funzionamento. La **sonda lambda**, in ceramica con due elettrodi di platino (uno interno e uno esterno), misura la differenza di potenziale tra i due elettrodi in funzione dei gas di scarico: questo permette elettronicamente di controllare la qualità e la quantità dei gas, in particolare il rapporto aria/combustibile. La marmitta catalitica riduce fortemente il suo rendimento nel giro di 100.000 Km circa, ma anche prima in caso di mal funzionamento o regolazione. Ultimamente sono state introdotte norme di legge che prevedono il controllo periodico obbligatorio con rilascio di attestato di conformità. In molti paesi ormai (negli Stati Uniti e nei paesi dell'Unione Europea in particolare) tutte le auto di nuova costruzione devono essere dotate di marmitta catalitica. E' opportuno fare alcune considerazioni sui gas di scarico: gli inquinanti CO, HC ed NOx non sono sempre prodotti nella stessa quantità; quando la miscela aria/benzina è in rapporto stechiometrico in peso (14,7:1) si ha minima emissione di gas inquinanti.

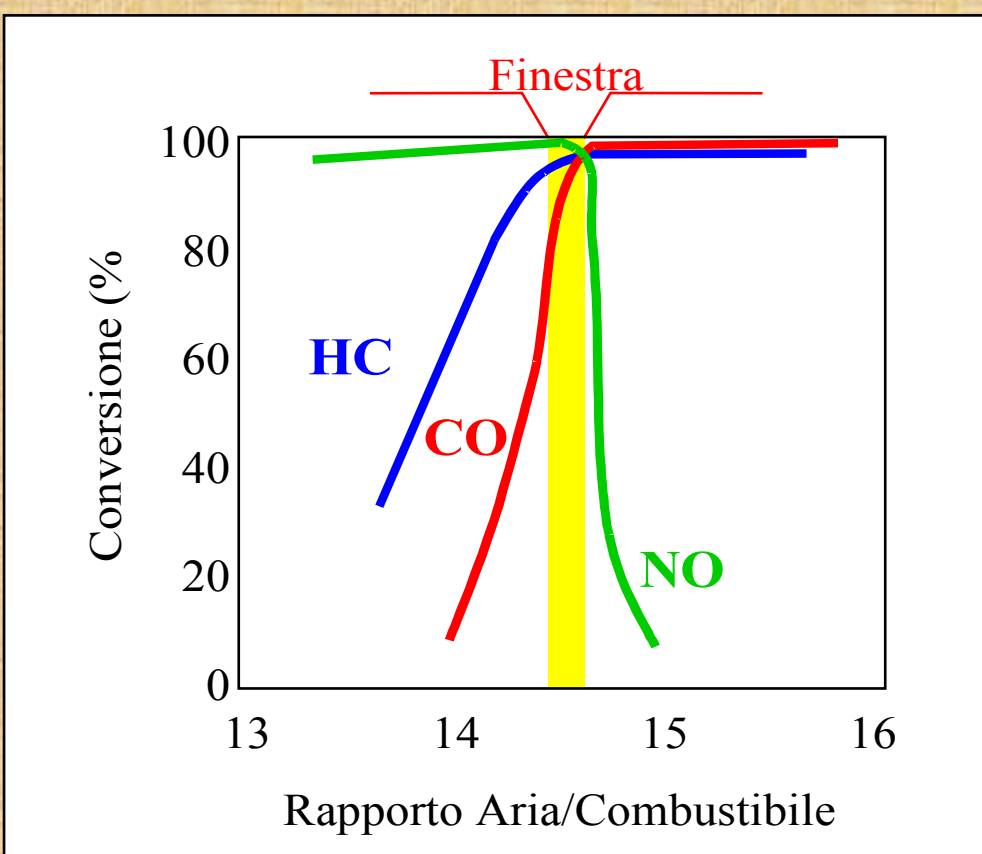


Substrato a nido d'ape a base di cordierite:

2MgO-2Al2O3-5SiO2  
+ wash-coat  
+ catalizzatore



EMISSIONI GASSOSE per tipo di emissione e Km			
(ACI aprile '99)			
g/Km	non catal	catal < 80000 Km	catal > 80000 Km
CO	10,2	1,16	1,94
HC	2,1	0,18	0,25
NOx	1,9	0,18	0,25



## Filtro antiparticolato

Il filtro antiparticolato o trappola è l'unico dispositivo economicamente conveniente oggi disponibile per abbattere le polveri sottili (PM10) emesse da un motore diesel per combustione incompleta. Il sistema Fap attualmente in uso sulle auto diesel si dimostra capace di abbattere fino al 99,7% del particolato, mentre con un Dpf si arriva al 95%. Si tratta di un monolita in carburo di silicio impregnato con platino e palladio in cui i canali sono alternativamente aperti e chiusi; il gas entrando nel filtro è forzato dalla particolare geometria attraverso le pareti altamente porose dove lascia il particolato, uscendo pulito. Con il tempo e in funzione di come si usa il motore, il filtro si intasa per l'accumulo delle polveri.

È prevista la rigenerazione spontanea innescata dal motore (nel DPF) oppure catalizzata dal fluido Eolys noto anche come cerina (ossido di cerio) (nel FAP).

In un motore diesel a combustione stechiometrica il particolato emesso è zero ma nell'uso normale di un'auto sono frequenti i transitori in cui la pompa eroga più gasolio di quello momentaneamente bruciabile (es. durante una brusca accelerazione); per effetto dell'iniezione il gasolio viene nebulizzato in piccole gocce; alcune non bruciano totalmente ma solo in parte, originando polveri cosiddette sottili perché possono avere dimensioni dell'ordine del micron; le temperature dei gas di scarico non sono sufficienti a bruciare questo gasolio incombusto che viene quindi emesso allo scarico. Il particolato quindi è composto prevalentemente da materiale carbonioso e per rimuoverlo bisogna bruciarlo (ossidarlo). Questo processo si chiama rigenerazione. L'ossidazione del particolato avviene spontaneamente in presenza di O2 a temperature di circa 600°C ma nelle auto diesel il gas di scarico non supera i 300-400°C, si usano allora due tecniche:

A) si aumenta la temperatura dei gas di scarico (DPF);

B) si abbassa la temperatura di ossidazione con l'aiuto dei catalizzatori (FAP).

In entrambi i casi però non sempre la procedura ha successo per cui occorre intervenire sostituendo il filtro.

È invece inutile il lavaggio del filtro in quanto l'acqua o il prodotto usato, uscirà dalle zone porose ancora libere dal particolato risultando inefficace su quelle sporche e seriamente occluse.

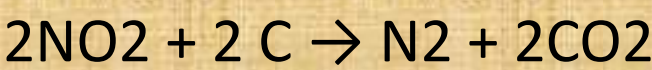
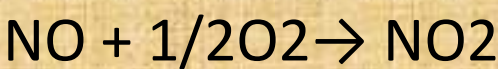
## D.P.F. - Diesel particulate filter

Per eliminare il particolato è necessario creare condizioni per l'autoinnesco di una combustione lenta che lo trasformi in CO2, acqua e ossidi di azoto, si usa allora un filtro a secco, una trappola che trattiene il particolato e che col passare del tempo si intasa; il conseguente innalzamento della pressione e della temperatura produce l'autoinnesco della combustione lenta che brucia tutto il particolato, svuota il filtro rigenerandolo; i prodotti di reazione sono CO2, NOx e acqua. Il riscaldamento del gas viene ottenuto iniettando una dose supplementare di combustibile che brucia all'interno di un catalizzatore ossidante, provocando in tal modo un innalzamento della temperatura dei gas di scarico; in contatto con il gas caldo una buona parte delle polveri viene eliminata per combustione.

## F.A.P. - Filtro antiparticolato

Il fap non ha niente di diverso dal DPF in quanto è sempre una trappola con canali aperti e chiusi capace di trattenere il particolato, ma è diverso il sistema per facilitare la combustione delle polveri riducendo il numero di rigenerazioni spontanee del filtro. Prima del filtro viene iniettata una soluzione contenente ossido di cerio, un catalizzatore capace di catturare e liberare ossigeno a seconda della composizione temporanea del gas. L'iniezione produce un abbassamento della temperatura di accensione del particolato e aggrega le polveri. I prodotti della combustione attraversano il catalizzatore e vengono trasformati in CO2, acqua e ossidi di azoto; le polveri non bruciate vengono trattenute dal filtro. Il filtro viene inoltre impregnato con una miscela platino-palladio che contribuisce al processo di ossidazione bruciando ancora particolato.

Inoltre la presenza di un catalizzatore ossidante a monte del filtro assicura una rigenerazione continua. Infatti, il particolato diesel viene ossidato a temperature relativamente basse (fino a 250 °C) dal biossido di azoto secondo la reazione:



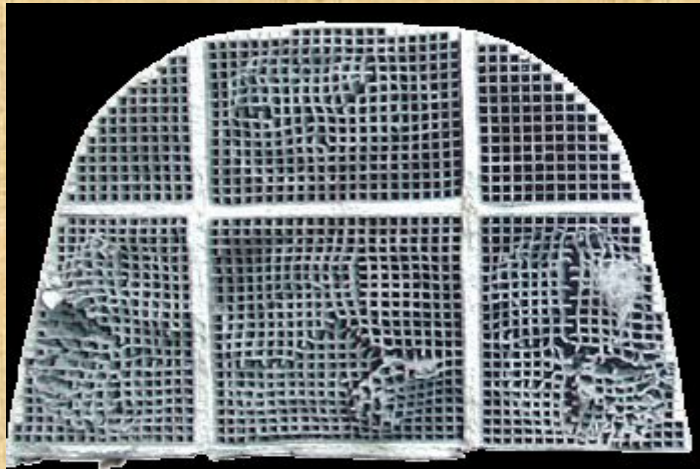
Un catalizzatore ossidante trasforma l'ossido di azoto presente nei gas di scarico in biossido di azoto. Quindi il catalizzatore non può essere eliminato pena il rischio di un rapidissimo intasamento del filtro.

Anche l'uso di un fap non impregnato riduce l'efficienza del sistema e l'intasamento del filtro sarà più rapido.

Quindi DPF e FAP sono in sostanza la stessa cosa ma a cambiare è il metodo utilizzato per ridurre il numero di manutenzioni da fare al filtro.

## Perché il filtro si intasa?

L'elettronica a bordo è in grado di gestire da sola le necessarie rigenerazioni a seguito dei continui controlli sulla differenza di pressione (pressostato differenziale elettronico) e sulla differenza di temperatura (sonde K). Nonostante ciò, un uso non appropriato del motore produce comunque un rapido intasamento del filtro. Infatti se si fanno soprattutto percorsi urbani la produzione del particolato è eccessiva e le condizioni per la rigenerazione (alte temperature dei gas) sono molto poche, per cui un FAP o un DPF possono intasarsi anche dopo 5-10 mila chilometri. Se invece si fa molta autostrada le temperature sono sempre molto alte e la combustione è sempre stechiometrica, il particolato è minimo e le rigenerazioni più frequenti; l'intasamento può anche non verificarsi mai o al più dopo 150-200 mila chilometri. La sostituzione del filtro diviene così obbligatoria. È inutile lavarlo perché l'acqua, o la soluzione usata, uscirà solo dalle zone porose ancora libere dal particolato (percorso preferenziale) lasciando occluse le altre. Poco efficace è anche qualsiasi altro tipo di pulizia e rigenerazione in quanto il particolato più insidioso e più intasante non può essere bruciato; infatti si creano legami stabili con il silicio che costituisce il corpo del filtro (carburo di silicio) impossibili da spezzare. La prova di ciò si fa osservando che dopo la seconda pulizia risulta impossibile la rigenerazione del filtro; in qualche caso l'eccessiva ostruzione porta all'accumulo locale di calore (gas non evacuato) in alcune zone che possono così fondere, distruggendo la struttura del filtro e provocando conseguentemente effetti deleteri nel funzionamento del motore come possibili surriscaldamenti delle valvole, rottura del catalizzatore e intasamento dei condotti. La soluzione al problema è la totale sostituzione del filtro con un prodotto nuovo. Il filtro deve essere necessariamente sottoposto a trattamento chimico di impregnazione con platino e palladio per allungarne la vita.



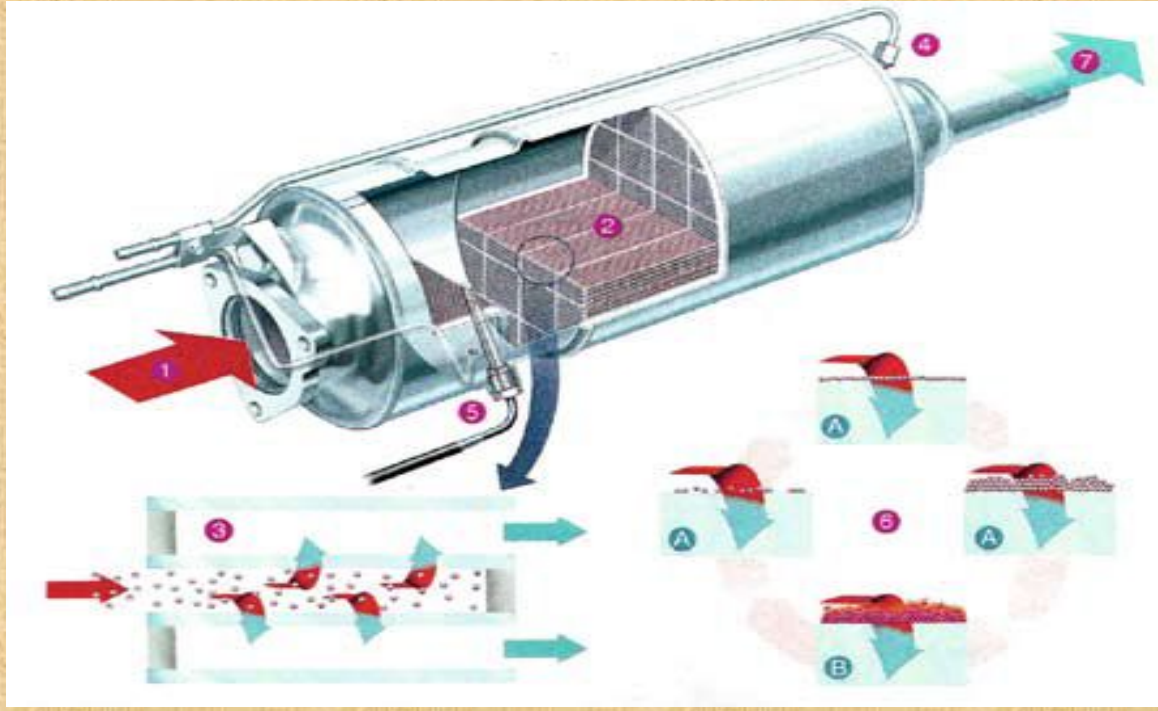
**ZONE DI PARZIALE FUSIONE DEL FILTRO. I canali appaiono distorti, deformati dal calore accumulato per effetto di un ristagno prodotto da locali intasamenti. Il fap era stato pulito ma la pulizia non ha intaccato il particolato legato chimicamente al filtro.**



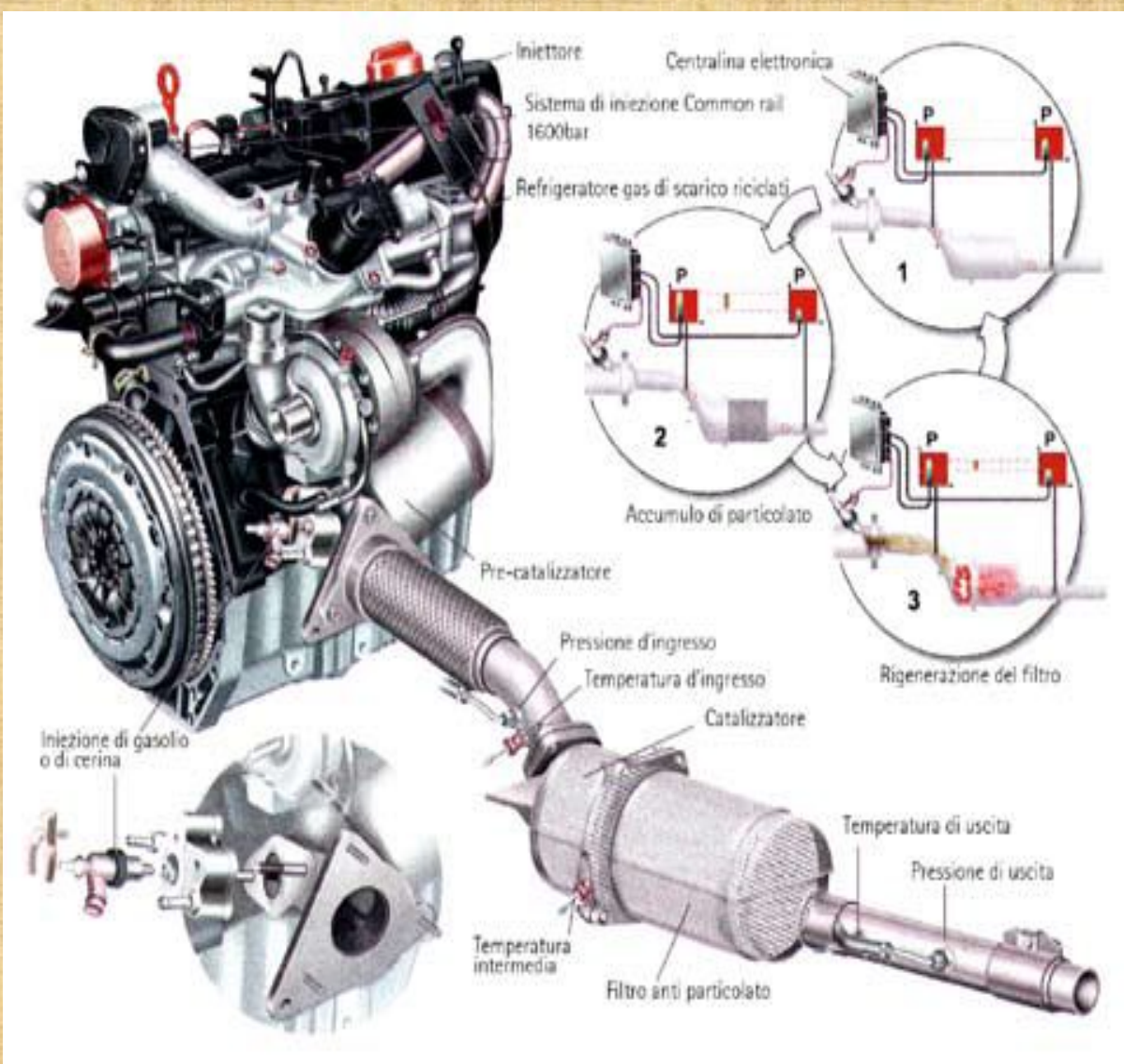
Filtro pulito



Filtro esausto



**Il gas entra nei canali aperti ed è costretto ad attraversare le pareti porose dove lascia il particolato uscendo pulito.**



## SISTEMA FAP

**L'uso di un catalizzatore (cerina) e di un filtro impregnato attivano efficacemente l'ossidazione delle polveri. Ciò che resta viene trattenuto dal filtro**

Si ringrazia per il materiale fornito  
GI.BI. AUTO S.R.L.  
Concessionaria FORD  
Indirizzo: VIA UGO LA MALFA, 139  
CAP: 90147 - PALERMO (PA)