



G13C



Corsi di formazione per autoriparatori

Euro 6 e nuove tecnologie per l'abbattimento delle emissioni



www.texaedu.com

TEXA

EDU

INDICE

APPENDICE	5
1. NORMATIVE PER LA RIDUZIONE DELLE EMISSIONI INQUINANTI	7
1.1 Limiti alla produzione di NOx ed HC	8
1.1.1 Euro 5 ed Euro 6: La normativa n.715/2007	9
1.1.2 Comparazione fra le emissioni delle normative Euro 5 ed Euro 6	11
1.1.3 L'RMI (Repair and Maintenance Informations)	11
1.2 Limiti alla produzione di CO ₂	12
1.2.1 La normativa n.443/2009 per la riduzione della CO ₂	13
1.2.2 Limiti al contenuto di Zolfo nei carburanti per l'autotrazione	14
2. COME CAMBIANO I MOTORI	16
2.1 Evoluzione dei motori benzina	16
2.2 Evoluzione dei motori Diesel	18
2.3 Evoluzione degli Oli motori	19
3. SISTEMI PER LA RIDUZIONE DEL PM E THC	22
3.1 I Filtri antiparticolato	22
3.1.1 Filtri DPF	23
3.1.2 Filtri CR-DPF (Continuous Regenerating Diesel Particulate Filter)	24
3.2 Iniettori Diesel Piezo di ultima generazione	25
3.3 Iniezione Benzina con doppi iniettori	30
3.4 Sensore di pressione in camera di combustione PSG	32
3.5 Sonda lambda lineare	34
3.6 Uno sguardo al futuro: Il sensore per la misura delle particelle del particolato (Smart PM)	37
4. SISTEMI PER LA RIDUZIONE DELLA CO₂: IL DOWNSIZING	38
4.1 Thermo Management	39
4.1.1 Esempio: il circuito di raffreddamento dei motori Renault Energy	39
4.2 Tecnologia di Swirl variabile	41
4.3 Circuito dell'olio a portata variabile	42
4.3.1 Esempio di circuito dell'olio a portata variabile Audi	42
4.4 Motori a benzina a Combustione Magra (Lean Burn)	44
4.5 Disattivazione dei cilindri VCM (Variable Clinder Management)	46
4.5.1 Esempio: la disattivazione dei cilindri nel 1.4 TSI Volkswagen	46
4.6 Fluidodinamica dei condotti di scarico Scarico	48
4.6.1 Esempio: lo scarico 4-2-1 Skiactive G	48
5. SISTEMI PER LA RIDUZIONE DEGLI NOX	51
5.1 Sistema di ricircolo EGR in alta pressione dei veicoli Euro 5	51
5.2 Sistema di ricircolo EGR in bassa pressione Euro 6	53
5.3 La conversione catalitica selettiva degli NOx	55
5.4 Trappola DeNOx NSC Volkswagen (Benzina FSI)	59
5.5 Trappola DeNOx NSK con SCR Mercedes Bluetec (Diesel)	63
5.6 La riduzione catalitica selettiva SCR	65
5.6.1 Il liquido AdBlue®: caratteristiche, manutenzione e precauzioni	65
5.6.2 Descrizione di un generico impianto SCR	66
5.6.3 Regole generali per la Manutenzione	66
5.6.4 Esempio: Rifornimento AdBlue® Mercedes	68
6. PASS THRU	69

1. NORMATIVE PER LA RIDUZIONE DELLE EMISSIONI INQUINANTI

L'attenzione che la CE ed i paesi occidentali in genere stanno ponendo sui problemi legati alle emissioni da utilizzo di combustibili fossili è sempre più crescente. Questa spinta ecologica si è tradotta negli ultimi anni in tutta una serie di regolamenti finalizzati a dettare dei limiti alle emissioni degli autoveicoli.

Di seguito viene mostrato l'andamento della riduzione degli inquinanti nei motori dall'introduzione di queste normative. La prima tabella mostra i limiti imposti nel mercato Europeo, Americano e Giapponese fino alla normativa Euro IV.

Livello di omologazione ^(a)	Direttiva	Data di applicazione ^(b)	CO (g/Km)		HC (g/Km)		NOx (g/Km)		PM (g/Km)
			benzina	diesel	benzina	diesel	benzina	diesel	diesel
EURO1	91/441/CEE	1/07/1992	2,72	2,72	0,97 ^(b)	0,14	0,97 ^(b)	0,97 ^(b)	0,14
EURO2	94/12/CE	1/01/1996	2,2	1,0	0,5 ^(b)	0,08	0,5 ^(b)	0,7 ^(b)	0,08
EURO3 ^(c)	98/69/CE	1/01/2000	2,3	0,64	0,15	0,05	0,15	0,5	0,05
EURO4 ^(c)	98/69/CE	1/01/2005	1	0,5	0,08	0,025	0,08	0,25	0,025

Tabella 1: La precedente tabella mostra i limiti imposti dalle precedenti normative europee e la direttiva di riferimento

Note: a) Misura delle emissioni svolta secondo il nuovo ciclo di guida standard NEDC - b) I limiti Euro1 ed Euro2 per tutte le motorizzazioni ed i limiti Euro 3 ed Euro 4 per le solo autovetture diesel si riferiscono alla somma dei valori di emissione di HC ed NOx (emissione combinata) determinati nella prova - c) Gli standard Euro 3 ed Euro 4 si applicano anche ad autoveicoli commerciali leggeri (massa < 1350Kg)

La seguente immagine mostra la riduzione percentuale subita dagli inquinanti dei motori Diesel in seguito all'adozione delle diverse normative da parte dei paesi UE, dagli USA e dal Giappone.

L'introduzione della normativa Euro V ha ridotto notevolmente gli inquinanti.

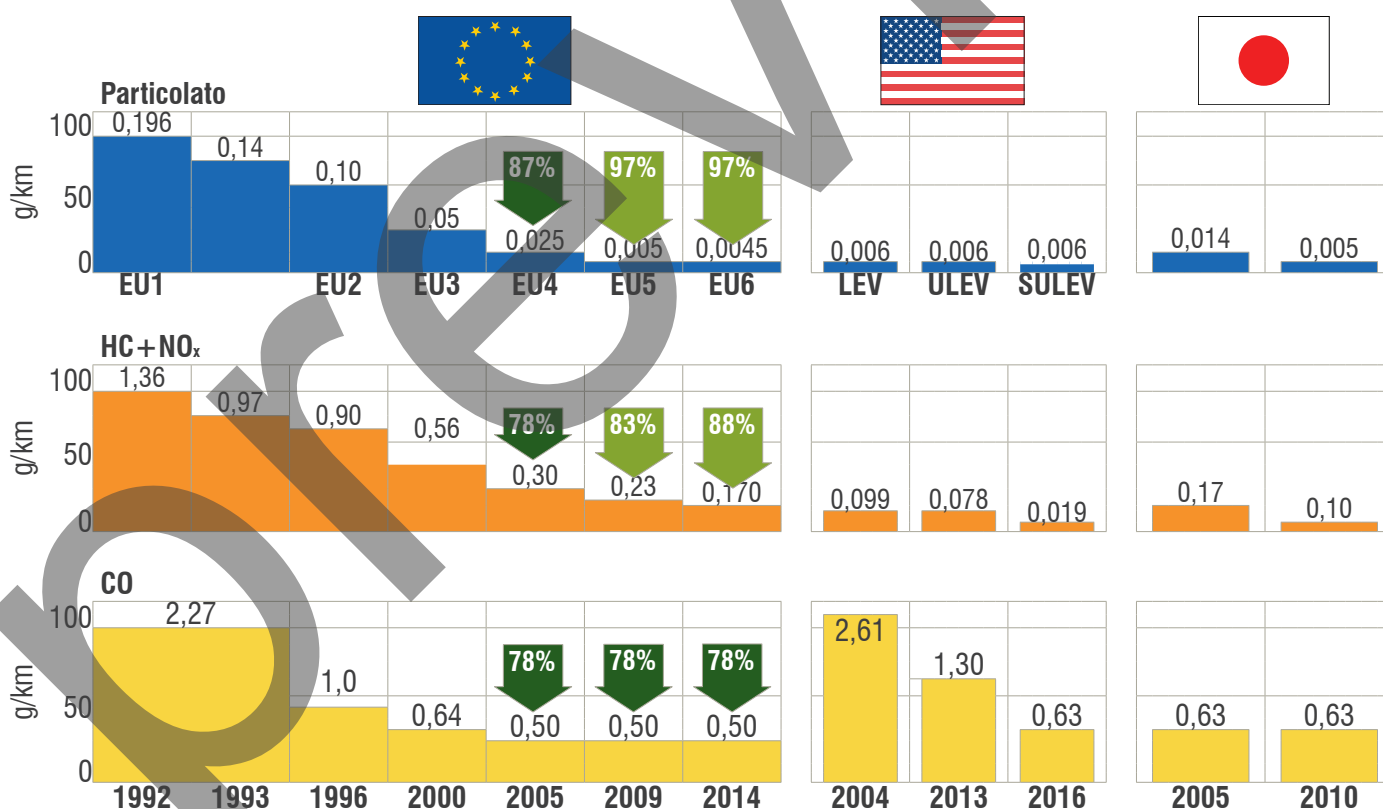


Figura 1: Percentuale di riduzione dei principali inquinanti nei motori diesel

Legenda:

E1-2-3-4-5-6 = Normative Europee (Euro)

LEV= Low Emission Vehicle (veicolo a basse emissioni)

ULEV= Ultra Low Emission Vehicle (veicolo a bassissime emissioni)

SULEV= Super Ultra Low Emission Vehicles (veicolo a emissioni inquinanti ultrabasse)

2. COME CAMBIANO I MOTORI

Come sempre è stato nella storia motoristica degli ultimi venti anni, queste nuovi limiti comportano un grande lavoro da parte dei costruttori per sviluppare e poi adottare nuove tecnologie finalizzate al perseguimento degli obiettivi dettati dalle normative. Si pensi a quante tecnologie negli ultimi anni sono state introdotte negli autoveicoli sotto la spinta legislativa: sonde lambda, catalizzatori, EGR, filtri anti particolato, ecc... E non solo tecnologie applicate al motore, ma anche sistemi per il controllo della frenata (ABS) e per il controllo della stabilità (ESC), sistemi per la sicurezza passiva (Airbag) e non ultimi i sistemi TPS per il monitoraggio della pressione pneumatici e a breve per il soccorso remoto.

i La CE stima che il rispetto delle normative per la riduzione degli inquinanti abbia comportato un aumento dei costi di produzione delle auto di circa 1200€ rispetto al 2002 e di 2400€ dal 1993.

In questo capitolo pertanto si vuole fare una rapida panoramica dei dispositivi di cui un moderno motore può essere dotato per il rispetto dei limiti EURO 6. Si noti che tali dispositivi non riguardano soltanto il post trattamento dei gas di scarico, ma tutto il veicolo.

2.1 Evoluzione dei motori benzina

Nell'ultimo decennio, spinti dalla ampia diffusione dei mercati extra europei, i motori benzina hanno beneficiato di notevoli miglioramenti. Si sono pertanto sviluppate interessanti tecnologie che consentono di mantenere le stesse prestazioni pur riducendo sensibilmente i consumi. Le immagini che seguono rappresentano tre moderni impianti di iniezione ad accensione comandata. Il primo è un impianto ad iniezione indiretta, adatto a veicoli non prestazionali di bassa gamma che rispetta la normativa Euro 5. Il secondo è un impianto per motore ad iniezione diretta dotato di sovralimentazione che in base alle potenze sviluppate rispetta i requisiti Euro V o Euro VI. L'ultimo infine è un impianto ad iniezione diretta, con sovralimentazione e post trattamento dei gas di scarico con catalizzatore DeNOx. Questo impianto è pensato per il rispetto delle più stringenti normative Euro VI.



Figura 21: Sonde lambda, EGR, Filtri antiparticolato sono solo alcuni dei componenti che i costruttori hanno dovuto adottare per il rispetto delle sempre più stringenti normative sull'inquinamento



Figura 22: Proprio sulla spinta delle nuove normative TEXA ha sviluppato due nuovi prodotti: Il TEXA CARE e il TPS. Maggiori informazioni sul sito www.texa.com

iniettori 2, passa comunque per la pompa di alta pressione che invece alimenta gli iniettori diretti. La pompa di alta pressione è dotata di una valvola regolatrice di portata, che oltre a variare la pressione della benzina nel rail di alta pressione è anche in grado di interrompere completamente il flusso quando sono attivi solo gli iniettori 2. Entrambi i rail vengono monitorati con dei sensori di pressione dedicati.

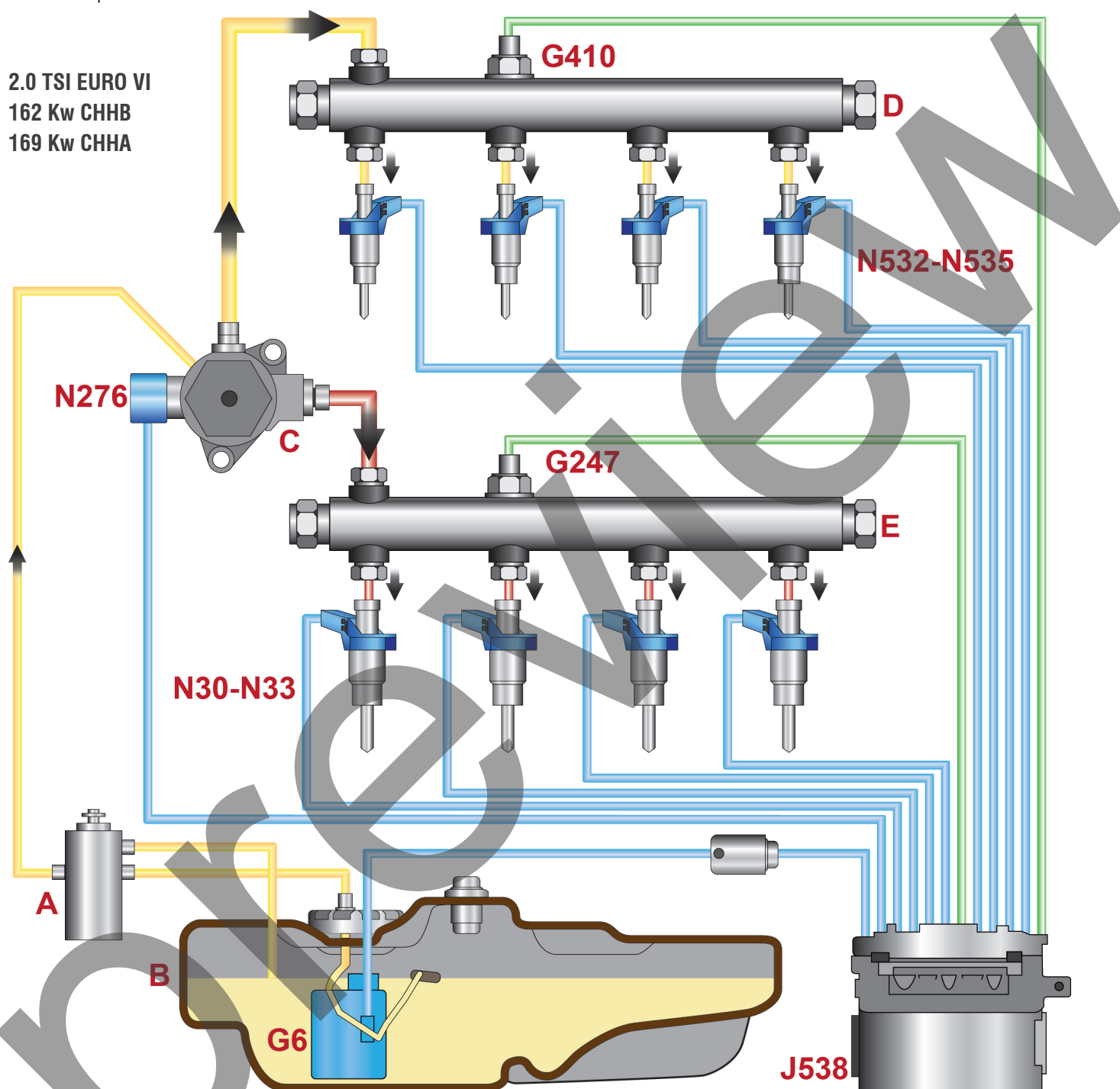


Figura 56: Schema dell'impianto

Legenda

G6. Pompa di bassa pressione
G247. Sensore pressione carburante
G410. Sensore pressione carburante bassa pressione
J538. Centralina motore
N276. Valvola regolatrice di pressione
N30-N33 Iniezione diretta: Iniettori 1 dei cilindri 1-4
N532-N535 Iniezione indiretta: Iniettori 2 dei cilindri 1-4
A. Filtro benzina

B. Serbatoio
C. Pompa di alta pressione
D. Rail a bassa pressione
E Rail ad. alta pressione
Carburante in alta pressione
Carburante in bassa pressione
Segnali attuatori (Output Signal)
Segnali dei sensori (Input Signal)

di catalizzazione dei gas di scarico e l'efficienza del DPF. Come già accadeva da anni nei motori benzina. Questa sonda è utilizzata nei sistemi dotati di convertitori di NOx (DeNOx) per comprendere le condizioni di invecchiamento del catalizzatore.

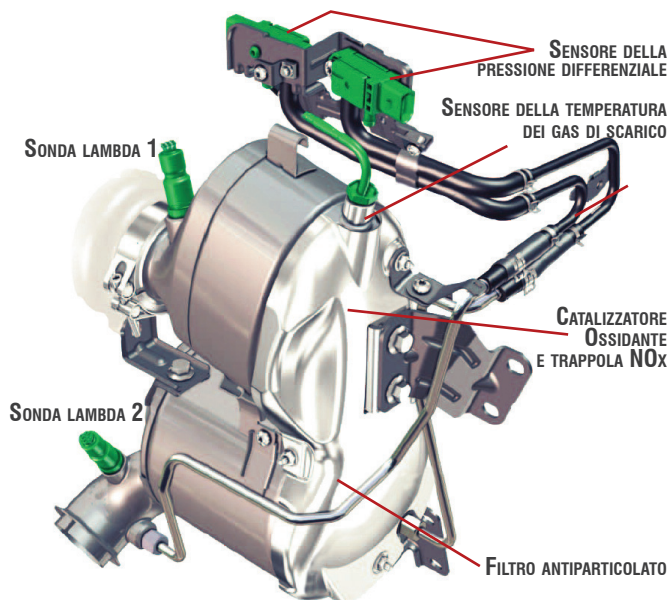


Figura 63: Convertitore catalitico con DPF del 1.4TDI e cilindri Volkswagen. Si notano le due sonde lambda come nei motori benzina

FUNZIONAMENTO:

Il valore di ossigeno, differentemente dalle sonde tradizionali (ON/OFF) avviene mediante l'aumento pressoché lineare di un valore di intensità di corrente. Infatti questa sonda non dà più un segnale in tensione ma in corrente.

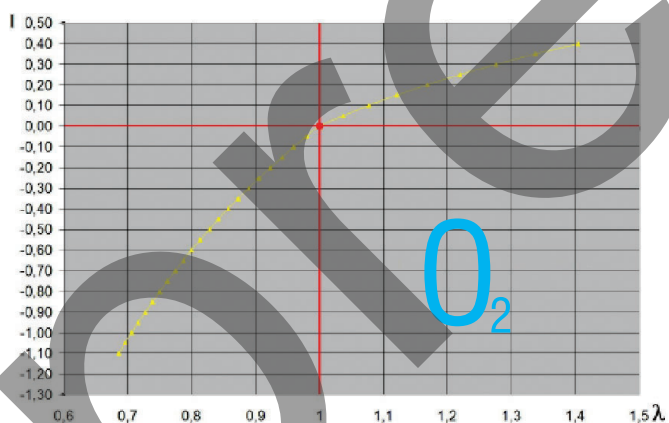


Figura 64: Segnale di uscita della sonda lineare in funzione del coefficiente lambda

La sonda confronta la concentrazione di ossigeno presente nella cella di riferimento (1), alloggiata al suo interno, con il gas di combustione che fluisce in una cella di confronto attigua (2). In funzione dello squilibrio che ne deriva, la centralina controllo motore regola un segnale di corrente I_p che riequilibra per azione elettrochimica il contenuto di ossigeno della cella di confronto.

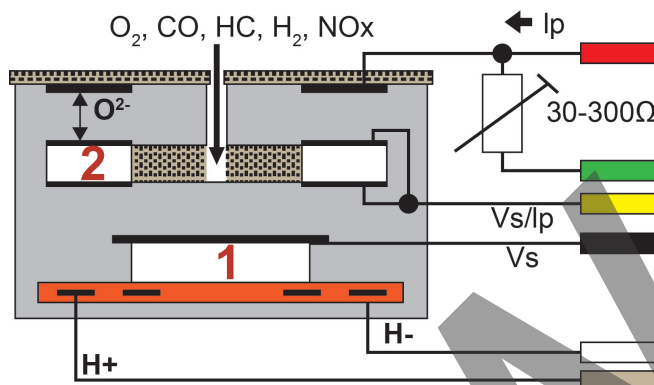


Figura 65: Schema elettrico sonda LSU 4 Bosch

Il valore di I_p risulta proporzionale al valore di λ misurato secondo l'andamento indicato in tabella.

Vout	IP	LambdaBenzina	GPL	Metano	Diesel
1.40	-1,10	0.686	10.63	4.39	9.94
1.45	-1,05	0.696	10.79	4.45	10.09
1.50	-1,00	0.706	10.94	4.52	10.24
1.55	-0,95	0.716	11.10	4.58	10.39
1.60	-0,90	0.727	11.27	4.65	10.54
1.65	-0,85	0.739	11.45	4.73	10.71
1.70	-0,80	0.750	11.63	4.80	10.88
1.75	-0,75	0.762	11.81	4.88	11.05
1.80	-0,70	0.774	12.00	4.95	11.23
1.85	-0,65	0.787	12.20	5.04	11.41
1.90	-0,60	0.800	12.40	5.12	11.60
1.95	-0,55	0.814	12.61	5.21	11.80
2.00	-0,50	0.828	12.83	5.30	12.00
2.05	-0,45	0.842	13.05	5.39	12.21
2.10	-0,40	0.857	13.29	5.49	12.43
2.15	-0,35	0.873	13.53	5.59	12.66
2.20	-0,30	0.889	13.78	5.69	12.89
2.25	-0,25	0.905	14.03	5.79	13.13
2.30	-0,20	0.923	14.31	5.91	13.39
2.35	-0,15	0.941	14.59	6.03	13.65
2.40	-0,10	0.960	14.88	6.14	13.92
2.45	-0,05	0.980	15.18	6.27	14.20
2.50	0	1.000	15.50	6.40	14.50
2.55	0,05	1.037	16.08	6.64	15.04
2.60	0,10	1.078	16.70	6.90	15.62
2.65	0,15	1.121	17.38	7.17	16.26
2.70	0,20	1.169	18.11	7.48	16.95
2.75	0,25	1.220	18.91	7.81	17.69
2.80	0,30	1.276	19.78	8.17	18.50
2.85	0,35	1.337	20.73	8.56	19.39
2.90	0,40	1.405	21.78	8.99	20.38
		...			
4,0		ARIA LIBERA			

Tabella 8: Andamento del segnale della sonda in funzione del tipo di carburante e della quantità di ossigeno nei gas di scarico

dendoli subito all'uscita del collettore di scarico, prima del turbocompressore²³.

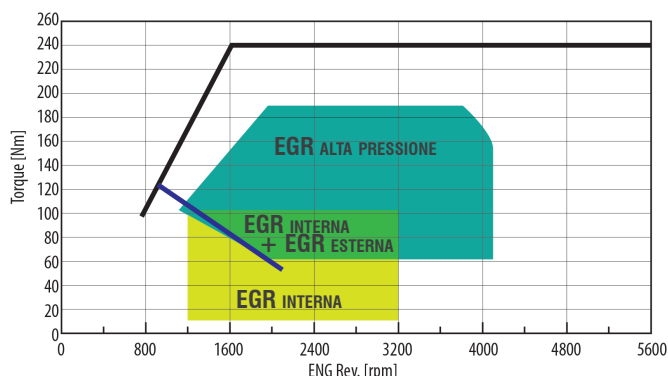


Figura 114: Esempio di funzionamento del sistema di ricircolo interno ed esterno in HP (Motore 1.6Dci MR16DDT su Nissan Juke)

La quantità di gas riciclati nel sistema tradizionale si aggira attorno ad un massimo del:

- 20% motori benzina;
- 40% motori diesel.

Ma come per le strategie di apertura della valvola, anche la quantità riciclata varia molto da motore a motore.

DESCRIZIONE:

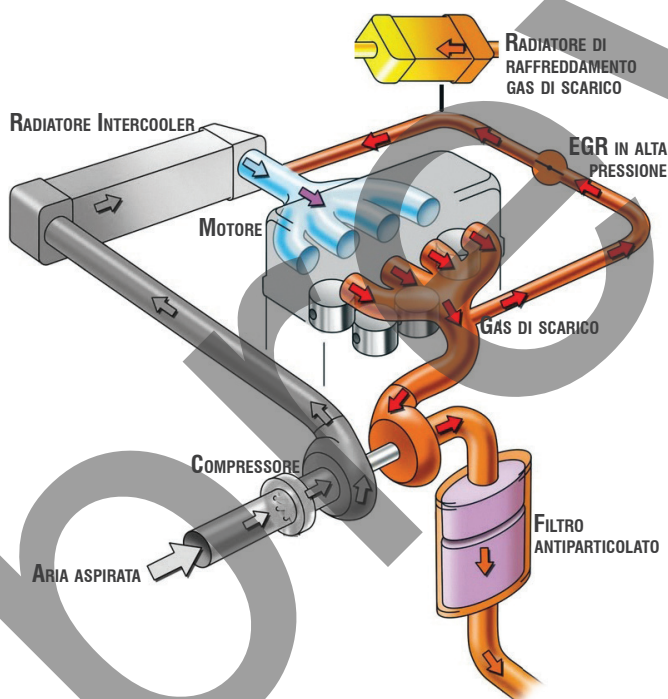


Figura 115: Sistema EGR in alta pressione

23

Se presente.

Le sempre più restrittive normative EOBD hanno comportato l'adozione di nuovi accorgimenti per ottimizzare il funzionamento del sistema:

- **Adozione del circuito di raffreddamento per i gas di scarico:** il raffreddamento dei gas di scarico ha ridotto ulteriormente gli NOx (guardare il grafico). In alcuni casi si sono adottati anche due radiatori per ottimizzare il raffreddamento a carichi diversi (come per il 3.0Tdi Cod. Motore CATA Euro 5 del gruppo Volkswagen). Il sistema in figura opera con un radiatore fino a 1800 rpm e con due dai 2200rpm.

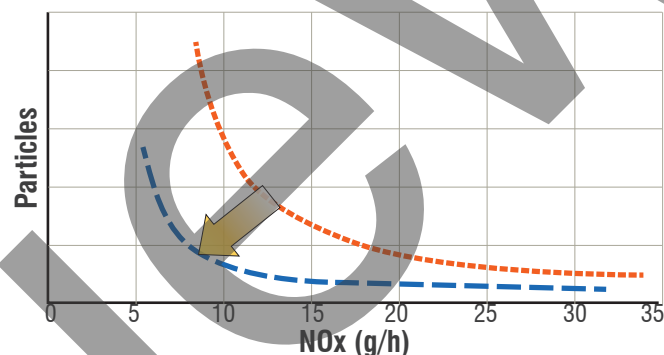


Figura 116: In rosso le emissioni nella versione Euro 4, in blu la riduzione ottenuta nella versione Euro 6 (Bin 5 USA) grazie all'adozione del radiatore di raffreddamento dei gas di scarico

Legenda:

- Earlier EU4 Standard
- EGR with Cooler EU6/Bir

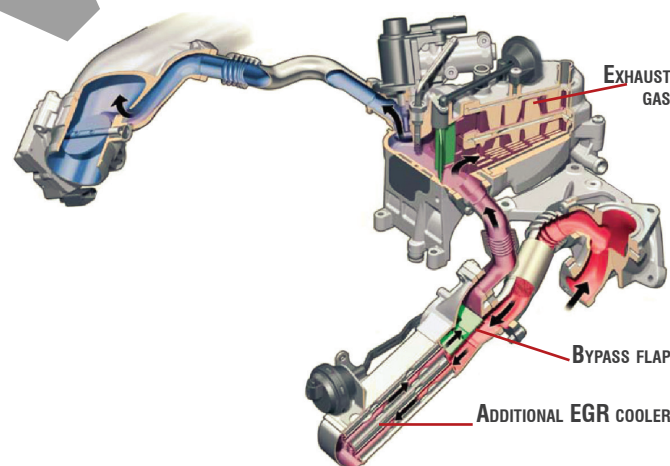


Figura 117: Sistema di ricircolo dei gas di scarico con doppio radiatore di raffreddamento

- **Adozione di un sensore di ricopia (potenziometro) per la verifica reale della posizione della valvola EGR:** a partire dalla normativa Euro 5 è obbligatorio per il co-

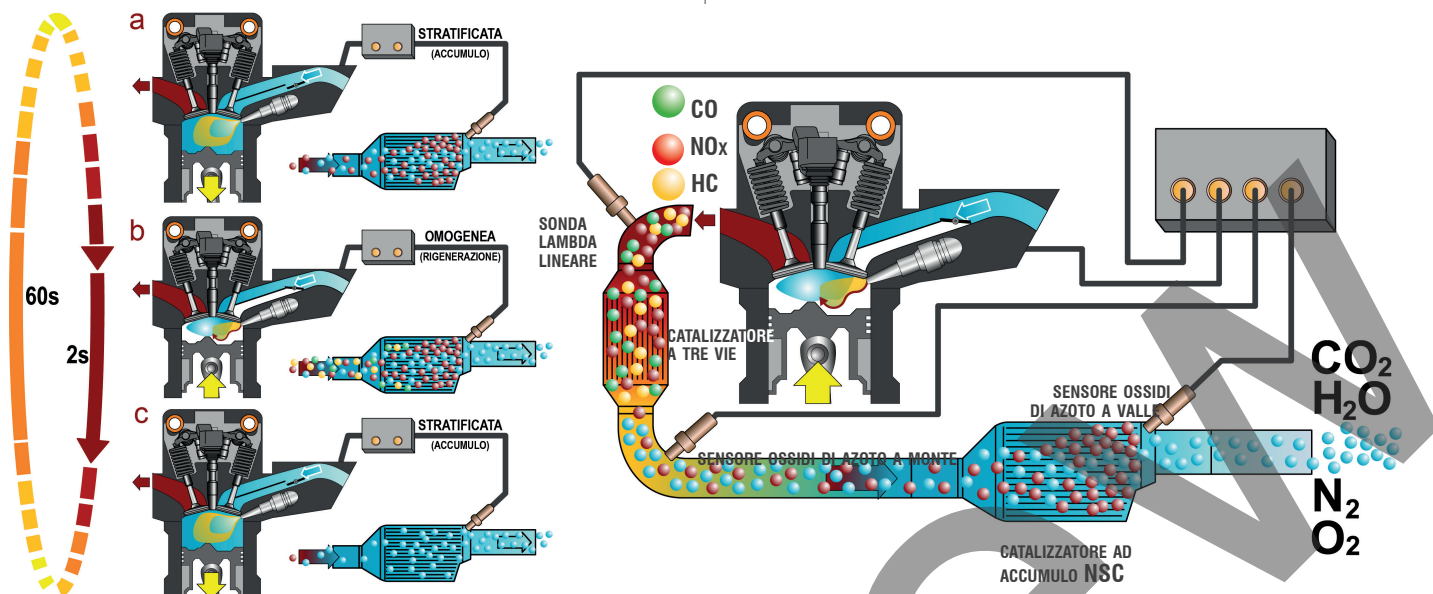


Figura 144: Descrizione e Funzionamento

DESOLFORAZIONE:

Data la somiglianza chimica con gli ossidi d'azoto, viene accumulato anche lo zolfo contenuto nella benzina sotto forma di solfato di bario (BaSO_4), che deve essere periodicamente smaltito.

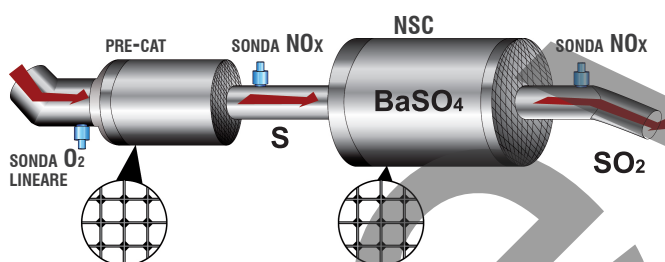


Figura 145: Desolfurazione

Legenda:

1. Precatalizzatore
2. Catalizzatore DeNOx
3. Sonda ossigeno lineare

4. Sensore di temperatura
5. Sonda NOx

La desolfurazione viene eseguita quando la capacità d'accumulo del catalizzatore NOx si esaurisce in intervalli di tempo sempre più corti. Da ciò la centralina del motore riconosce che lo spazio è occupato dallo zolfo e che non possono più essere accumulati ossidi d'azoto. In questo caso, la gestione elettronica riduce l'anticipo ed arricchisce la miscela in modo che la temperatura nel catalizzatore salga per uno-due minuti a oltre 600°C e che lo zolfo depositatosi venga espulso convertendolo in anidride solforosa.

La rigenerazione dello zolfo è più complessa, perché lo zolfo ha una maggiore resistenza termica e durante la rigenerazione degli ossidi d'azoto rimane nel catalizzatore.

Allora, a partire da una velocità minima specifica per vettura, ha luogo per c.a. 2 minuti:

Una commutazione nell'esercizio omogeneo.

Un aumento della temperatura ad oltre 650°C spostando il punto d'accensione in direzione ritardo.

Solo allora lo zolfo accumulato si converte in anidride solforosa (SO_2).

In sostanza viaggiando con carico e regime di giri elevati si ha una desolfurazione, perché in tal caso il titolo della miscela è ricco e nel catalizzatore ad accumulo di NOx viene raggiunta la necessaria temperatura di desolfurazione.

i Con un contenuto di zolfo di 150 ppm, la capacità di accumulo del catalizzatore NOx, dopo 500 chilometri, è pressoché esaurita.

i Il riscaldamento del catalizzatore richiede l'impiego di energia: con un contenuto di zolfo di 150 ppm, circa il due per cento del consumo totale di carburante viene impiegato per la desolfurazione. Teoricamente, il catalizzatore in caso di carburante privo di zolfo deve essere rigenerato ogni 7500 chilometri.