



# NOx Reduction Systems

▼ ÎN ACEST NUMĂR

INTRODUCERE

2

COMBUSTIA ȘI GAZELE  
DE EȘAPAMENT

2

NORMA DE POLUARE

4

MĂSURI PENTRU  
REDUCEREA EMISIILOR  
POLUANTE

6

SISTEME DE  
REDUCERE CATALITICĂ  
SELECTIVĂ SCR

8

EXEMPLE DE PRODUCĂTORI  
CARE ADAUGĂ SISTEMUL  
DE REDUCERE A  
NOX CU ADBLUE

15

ÎNȚREȚINEREA SISTEMELOR  
DE REDUCERE  
A NOX CU ADBLUE

17

## INTRODUCERE

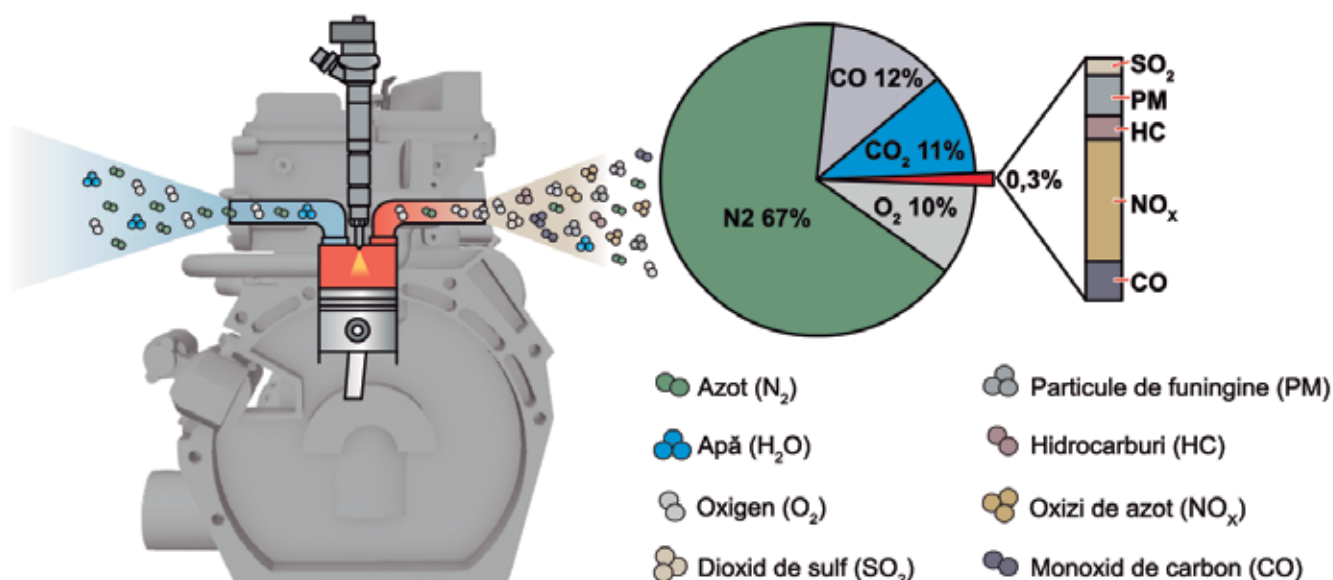
Unele dintre substanțele cele mai nocive pentru om și mediul înconjurător produse de motoarele cu ardere sunt **oxizii de azot și derivații acestora**. Conform nivelurilor maxime de poluare a mediului stabilite pentru orașe, dioxidul de azot  $\text{NO}_2$  nu ar trebui să depășească **200 mg/m<sup>3</sup>**.

În realitate, în condiții meteorologice adverse, de multe ori aceste niveluri ajung să se tripleze, acest lucru reprezentând o amenințare gravă la adresa sănătății publice. Majoritatea oxizilor de azot se produc în timpul combustiei din motorul diesel, când turația motorului este mică și cantitatea de motorină injectată este redusă. Având în vedere că motorul funcționează fără restricție de aer aspirat, în aceste condiții amestecul aer/combustibil este sărac, rămânând mult aer care nu participă direct la combustie. Deoarece aerul este compus în principal din azot (78%) și oxigen (21%), restul acestor elemente care nu au participat la combustie reacționează datorită temperaturilor ridicate din camera de ar-

dere, generând poluarea aerului și oxizii de azot ( $\text{NO}_x$ ), care cauzează gravele probleme legate de poluare în marile orașe.

În consecință, producătorii de automobile au dezvoltat diferite soluții pentru a reduce, transforma și controla emisiile de oxizi de azot. Una dintre aceste soluții este utilizarea **agentului AdBlue** pentru a reduce, prin transformare, oxizii de azot.

**AdBlue** este o marcă înregistrată sub care se comercializează un produs denumit tehnic AUS32 (Aqueous Urea Solution, soluție de uree în proporție de 32,5%). Are rolul de a reduce emisiile de oxizi de azot  $\text{NO}_x$  la motoarele Diesel. Pentru aceasta, se aplică un proces numit SCR (Selective Catalytic Reduction, reducere catalitică selectivă). Acest proces se realizează într-un catalizator specific pentru acumularea și reducerea  $\text{NO}_x$ .



## COMBUSTIA ȘI GAZELE DE EȘAPAMENT

### Combustia

Die Verbrennung ist eine kontinuierliche chemische Reaktion, bei der ein Brennelement, in diesem Fall Diesel, reagiert und sich mit einem anderen verbrennungsfördernden Element (Sauerstoff) verbindet. Bei der schnellen Verbindung von Brennstoff mit Sauerstoff wird Wärme- und Lichtenergie freigesetzt und gleichzeitig Oxid gebildet. Verbrennung ist eine exotherme Reaktion, da bei diesem Prozess Wärme freigesetzt wird. Die gebräuchlichsten Arten von Kraftstoffen sind organische Materialien, die Kohlenstoff und Wasserstoff enthalten.

In einem Dieselmotor spricht man von **idealer Verbrennung** dann, wenn der gesamte Kraftstoff mit Sauerstoff reagiert und als einzige resultierende Produkte **Stickstoff** ( $\text{N}_2$ ), **Kohlendioxid** ( $\text{CO}_2$ ) und **Wasser** ( $\text{H}_2\text{O}$ ) entstehen. Dies bedeutet, dass der Brennstoff vollständig oxidiert ist, also komplett verbrannt wurde. In Wirklichkeit kommt es jedoch



aufgrund der inhärenten Eigenschaften der Verbrennungsart und der Tatsache, dass es während der Verbrennung zu einer kontinuierlichen Veränderung des Verbrennungsluftverhältnisses kommt, in der Praxis **nicht zu einer idealen Verbrennung**.

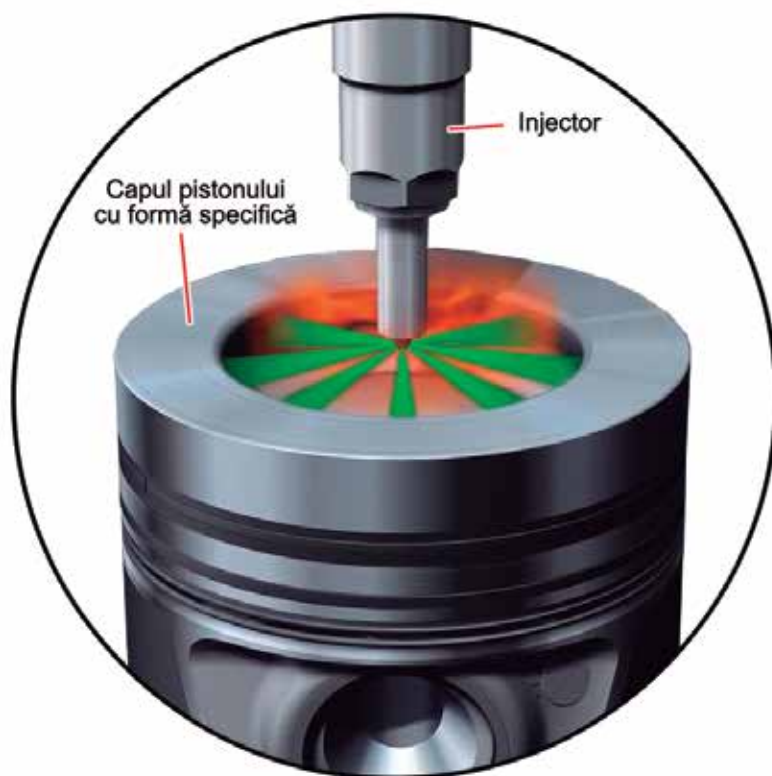
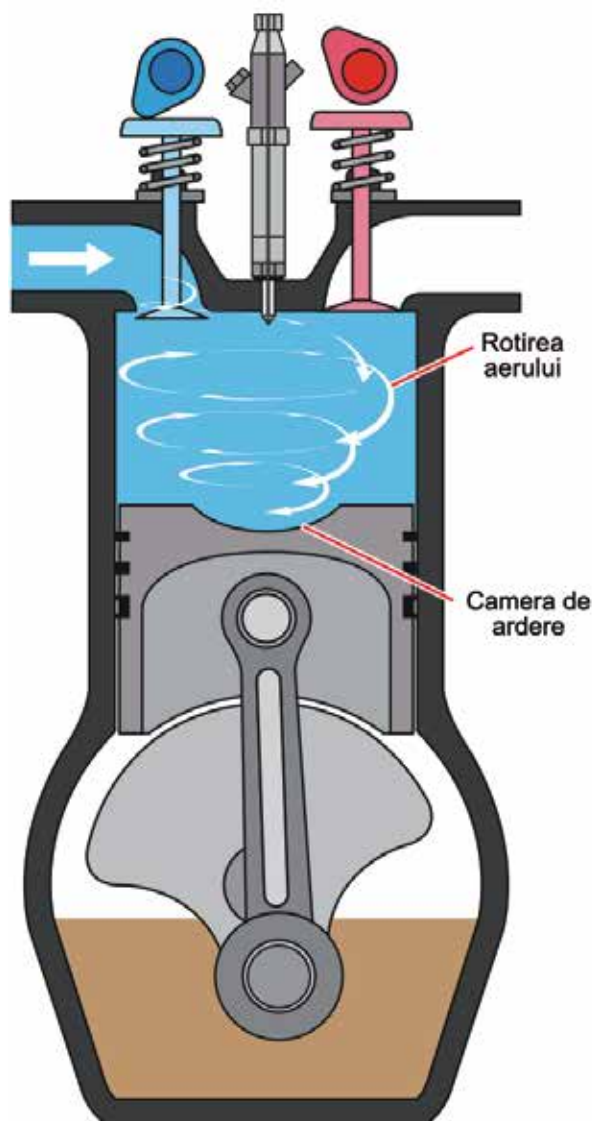
Die tatsächliche (unvollständige) Verbrennung führt neben **O<sub>2</sub>**, **N<sub>2</sub>**, **CO<sub>2</sub>** und **H<sub>2</sub>O** zu mehreren toxischen Nebenprodukten wie teilweise oxidiertem Kohlenstoff **PM** (Ruß), Kohlenmonoxid **CO**, unverbrannten Kohlenwasserstoffen **HC** und Stickstoffoxid **NO<sub>x</sub>**, das aus der Oxidation von Stickstoff und Schwefeldioxid **SO<sub>2</sub>** als Nebenprodukt einer teilweisen Verbrennung des im Dieseldieselfuel enthaltenen Schwefels hervorgeht.

Die Hersteller von Dieselmotoren haben die Zusammensetzung jeder direkt an der Verbrennung beteiligten Komponente untersucht und intensiv daran gearbeitet (innermotorische Änderungen), um eine möglichst ideale Verbrennung zu erzielen. Die am häufigsten untersuchten und optimierten mechanischen Komponenten und Verfahren sind: Brennkammern, Ventile, Kolben, Ansaug- und Abgaskrümmen, Abgasrückführungssysteme, Vorheizsysteme, Einspritzdüsen und Einspritzprozess. Mit dem Ergebnis dieser Arbeiten hat man es geschafft, die wichtigsten Einflussfaktoren beim Verbrennungsprozess zu verbessern:

- **Die Kraftstoffdosierung:** Je besser die Kraftstoffzerstäubung, umso besser die Verbrennung, da die Kraftstoffpartikel kleiner sind und mehr Kontaktfläche zwischen dem Kraftstoff und dem verbrennungsfördernden Element (Sauerstoff) vorhanden ist. Zu diesem Zweck hat man die Einspritzpumpen verbessert, die nun mehr als

2000 bar Druck leisten können. Auch die Einspritzdüsen wurden verbessert, indem die Anzahl der Einspritzbohrungen erhöht und die Ausrichtung der Einspritzstrahlen, die Anzahl der Einspritzungen, die Genauigkeit der Einspritzzeiten und die Einspritzdauer neu gestaltet wurden. All dies ist der schnellen Berechnung der elektronischen Einspritzsteuerung und der Entwicklung der für die Herstellung der Komponenten erforderlichen mechanischen Bearbeitungssysteme zu verdanken.

- **Die Verweilzeit:** Dies ist die Zeit, in der das Luft-Kraftstoff-Gemisch in der Brennkammer verbleibt, die in den Kopf jedes Kolbens eingearbeitet ist. Während dieser Zeit muss das Gemisch sich so weit wie möglich mit Sauerstoff verbinden können. Dies steht in direktem Zusammenhang mit der Temperatur in der Brennkammer, dem Verdichtungsverhältnis und der Geometrie der Brennkammern.
- **Die Verwirbelung:** Sie ist einer der entscheidenden Faktoren für eine gute Verbrennung. Die Geschwindigkeit, mit der die Luft in den Brennraum gelangt, und ihre Wirbelbewegung sind entscheidend für eine gute Homogenisierung zwischen Luft und Kraftstoff. Dadurch wird sichergestellt, dass ein Maximum an Kraftstofftröpfchen von Frischluft umgeben ist. Die Hersteller versuchen, die Verwirbelung durch die Formgebung der Ventile und Einströmkanäle zu verbessern.....



## Gazele de eșapament

În ciuda tuturor măsurilor adoptate de producători pentru a îmbunătăți factorii care influențează combustia și condițiile acesteia, reproiectând componentele menționate, adevărul este că desfășurarea **combustiei reale** este încă departe de **combustia completă ideală**.

Există multe variabile influente care nu prea pot fi controlate: variația temperaturii de funcționare, variația turației motorului, calitatea motorinei, variația debitului de injecție în funcție de solicitarea de cuplu, etc. În consecință, motorul produce gaze de eșapament nocive în funcție de condițiile sale de funcționare.

### Emisiile motorului la accelerație mică și sarcini reduse

În aceste condiții există mult aer ( $O_2$  și  $N_2$ ) și puțină motorină. În consecință, oxigenul este în exces ( $O_2$ ) și există mult azot  $N_2$ . Temperatura maximă a combustiei provoacă reacția acestor elemente, formând oxizi de azot  $NO_x$ . Cum există puțină motorină, se produce puțin CO și puține hidrocarburi nearse (HC).

### Emisiile motorului la turație mare și sarcini ridicate

Pentru a accelera, la motorul diesel se crește cantitatea de combustibil injectată, se eliberează mai multă căldură, care produce mai multă presiune, care împinge cu mai multă forță pistonul. Există mai multă motorină decât aer care intră în cilindru ( $N$  și  $O_2$ ). În timpul combustiei se consumă aproape tot oxigenul ( $O_2$ ), generând mai mult monoxid de carbon (CO) și mai multe hidrocarburi nearse (HC) și mai puțini oxizi de azot ( $NO_x$ ), neexistând, practic, oxigen ( $O_2$ ) care să rămână în urma combustiei.

Cantitatea mare de combustibil și timpul scurt disponibil pentru producerea combustiei atunci când turația motorului și sarcina sunt ridicate, implică formarea de particule solide. Particulele solide sunt formate din combustibilul care nu a început oxidarea. Hidrogenul din hidrocarburi se disociază de carbon și se combină cu oxigenul pentru a forma apă ( $H_2O$ ), carbonul grupându-se și formând concentrații care, datorită dimensiunii lor, sunt solide, dintre care unele sunt particule vizibile (10-20%) și restul sunt invizibile pentru ochiul uman.

Faptul că proporția de gaze poluante este diferită la turații mari și mici și, în același timp, la sarcini ridicate și scăzute, face ca motorul Diesel să necesite completări antipoluante specifice pentru fiecare situație, ceea ce face ca tehnologia de depurare a gazelor de eșapament să fie mai complexă.

Îmbunătățirea prestațiilor motoarelor Diesel din ultimii ani influențează compoziția gazelor de eșapament. O mai mare presiune și temperatură în timpul combustiei implică producerea mai multor  $NO_x$ .

$NO_x$  se produc printr-o combustie săracă în combustibil și cu exces de oxigen în condiții de înaltă presiune și temperatură. Sunt gaze toxice și foarte radioactive, a căror concentrație este limitată la maximum **200 mg/m<sup>3</sup>**.

Sunt unele dintre gazele care produc ploaia acidă. În plus, marile orașe produc așa numitul "smog fotochimic". Este vorba despre o **ceață-maro** care are diferite efecte asupra persoanelor: irită sistemul respirator și ochii la expuneri scurte. Iar în cazul expunerilor prelungite cauzează boli respiratorii cronice, cardiovasculare și cerebrovasculare.



## NORMA DE POLUARE

Legislația europeană privind emisiile poluante este ansamblul de norme care reglementează limitele acceptabile pentru gazele emise de motoarele cu ardere internă. Toate vehiculele noi vândute în Statele membre ale Uniunii Europene trebuie să respecte aceste norme. Normativa privind emisiile este definită într-o serie de directive pe care Uniunea Europeană le implementează în mod progresiv și ale căror restricții sunt tot mai severe, datorită creșterii continue a poluării mediului.

În anul 2001, Comisia Europeană a lansat programul CAFE **programa CAFE (Clean Air For Europe)**. Una dintre concluzii a fost necesitatea reducerii emisiilor din sectorul de transport ca parte a unei strategii globale de îmbunătățire a calității aerului. În acest sens, Comunitatea Europeană a emis, sub formă de directive, diferite ordine către țările membre, pentru a respecta niște angajamente în materie de emisii poluante. Aceste directive au fost numite EURO I, EURO II, EURO III, EURO IV, EURO V și EURO VI, fiecare fiind mai strictă decât cea anterioară.

Respectarea normativei se determină prin verificarea funcționării motorului într-o serie de probe standard înainte de comercializare. Emisiile de oxizi de azot ( $NO_x$ ), hidrocarburi (HC), monoxid de carbon (CO) și particule de funingine (PM) sunt reglementate pentru majoritatea vehiculelor, aplicându-se norme diferite în funcție de caracteristicile acestora.

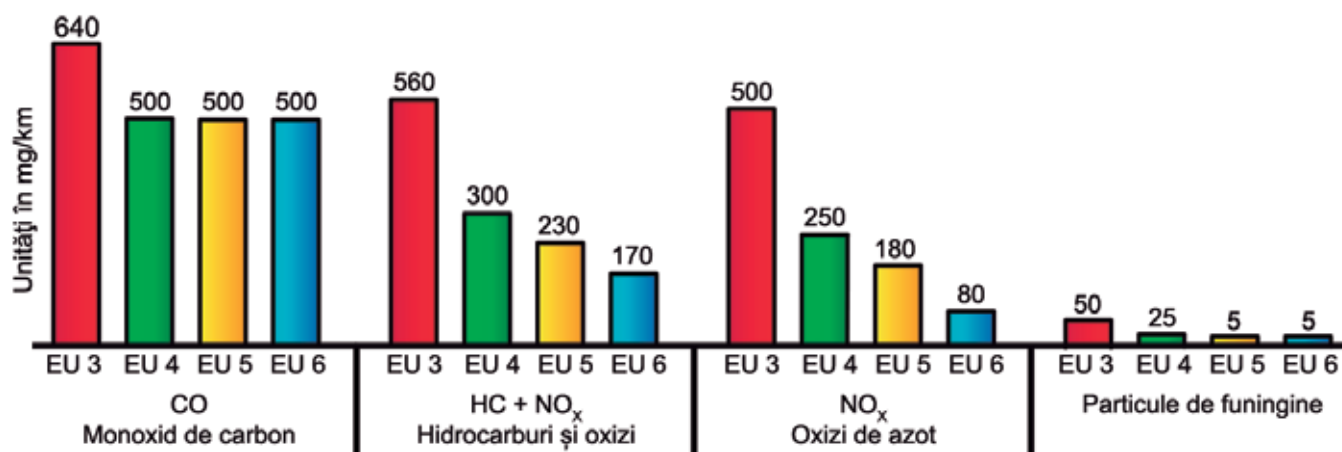
Cantitatea maximă permisă de produse secundare, existentă în emisiile de gaze provenind de la autoturisme, este rezumată în tabelele următoare, în funcție de tipul de gaz emis, de data intrării în vigoare a normativei și de nivelul de restricție corespunzător tipului de motor, pe benzină sau diesel, fiind exprimată în grame per km:

DIESEL						
Tip	Data	CO	HC	HC + NOx	NOx	PM
Euro 1	Iulie 1992	2,72	-	0,97	-	0,14
Euro 2	Ianuarie 1996	1	-	0,7 (*) - 0,9 (**)	-	0,08 (*) - 0,10 (**)
Euro 3	Ianuarie 2000	0,64	-	0,56	0,50	0,050
Euro 4	Ianuarie 2005	0,50	-	0,30	0,23	0,025
Euro 5	Septembrie 2009	0,50	-	0,23	0,18	0,005
Euro 6	Septembrie 2014	0,50	-	0,17	0,08	0,0045

\* Motor cu injecție indirectă    \*\* Motor cu injecție directă

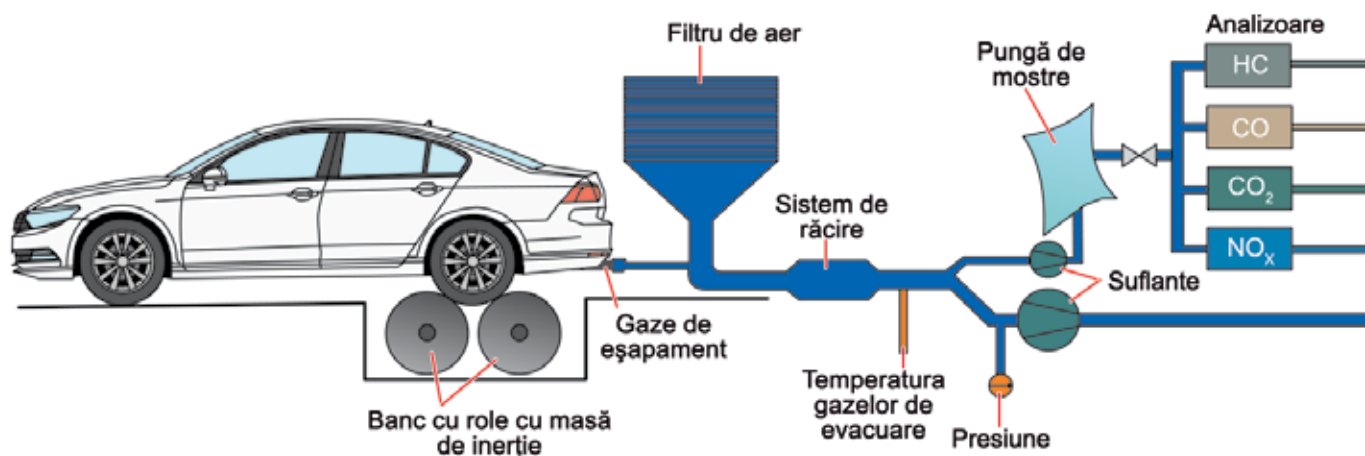
Benzina						
Tip	Data	CO	HC	HC + NOx	NOx	PM
Euro 1	Iulie 1992	2,72	-	0,97	-	-
Euro 2	Ianuarie 1996	2,2	-	0,5	-	-
Euro 3	Ianuarie 2000	2,3	0,2	-	0,15	-
Euro 4	Ianuarie 2005	1	0,1	-	0,08	-
Euro 5	Septembrie 2009	1	0,1	-	0,06	0,005
Euro 6	Septembrie 2014	1	0,1	-	0,06	0,0045

Graficul prezintă reducerea progresivă în funcție de tipul de gaz emis și de directiva Euro aplicabilă.



Pentru a simula emisiile unui vehicul care circulă pe șosea, se folosește un **banc de probe** cu role, pe care se încercă să se reproducă condiții reale de funcționare.

Prin această probă se obțin măsurători reprezentative ale elementelor poluante. Pentru aceasta, s-a stabilit un ciclu de conducere care simulează condițiile normale de utilizare a vehiculului.



Pentru a analiza emisiile gazelor de eșapament există diferiți producători care comercializează diferite analizoare de gaze pentru motoarele pe benzină și diesel.

Cele mai obișnuite pentru **motoarele pe benzină** sunt analizoarele de **patru sau cinci gaze**, care, cu o sondă conectată la ieșirea din

amortizorul spate, permit realizarea de probe asupra emisiilor și verificarea corectitudinii valorilor substanțelor poluante.

Pentru **motoarele diesel** se utilizează, în plus, un **analizor de opacitate**, denumit **opacimetru**.

## MĂSURI PENTRU REDUCEREA EMISIILOR POLUANTE

Pornind de la informațiile explicate până acum, se poate rezuma că producătorii implementează două tipuri de măsuri pentru reducerea

gazelor poluante. Acestea se pot clasifica în măsuri externe motorului și măsuri interne motorului.

### Măsuri externe motorului

Sunt modificările și adăugările tehnice care se aplică la elementele externe motorului. În continuare sunt descrise cele mai relevante:

#### Catalizator de oxidare

Funcția sa principală este de a oxida monoxidul de carbon (CO) și de a-l transforma în dioxid de carbon (CO<sub>2</sub>) și hidrocarburile nearse (HC) în dioxid de carbon (CO<sub>2</sub>) și apă (H<sub>2</sub>O). Prin urmare, se numesc (CO + HC) cu **„două căi”**. De asemenea, există catalizatoare de oxidare cu **„trei căi”** (adăugate în principal la motoarele pe benzină), care, pe lângă faptul că transformă CO și HC, transformă și oxizii de azot (NO<sub>x</sub>) în oxigen și azot. Totuși, **la motoarele Diésel se folosesc doar**

**catalizatoarele cu „două căi”**, datorită faptului că motoarele Diesel funcționează cu exces de aer și, de aceea, emit gaze de eșapament cu o concentrație ridicată de oxigen (O<sub>2</sub>) care împiedică reducerea oxizilor de azot în azot (N<sub>2</sub>) și oxigen (O<sub>2</sub>).

În consecință, pentru a reduce NO<sub>x</sub> la motoarele Diesel, producătorii au dezvoltat un **catalizator special numit SCR, care acumulează și transformă oxizii de azot**.

#### Filtru de particule, DPF (Diesel Particule Filter)

Are rolul de a **reține particulele de funingine** (solide) din gazele de eșapament produse de motoarele Diesel. Când volumul de particule este suficient de ridicat, le elimină prin arderea funinginii chiar în filtru, pe baza ciclurilor de regenerare. Unii producători folosesc **aditivi** pentru a crește temperatura filtrelor de particule până la cea necesară (+450°C) pentru a putea oxida particulele în așa fel încât să se transforme în CO<sub>2</sub> (gaz).

Altă soluție este poziționarea filtrului de particule împreună cu catalizatorul de oxidare imediat după colectorul de evacuare și turbina turbo-compresorului. Acest lucru face să nu fie necesară folosirea de aditivi, având în vedere că temperatura necesară pentru arderea particulelor de funingine se obține prin apropierea de camerele de ardere. Din contră, o temperatură excesivă la eșapament și în camera de ardere **duce la creșterea formării de NO<sub>x</sub>**.



### Măsuri interne motorului

Sunt modificările și adăugările tehnice care se aplică elementelor interne ale motorului, în scopul evitării producerii de emisii poluante. La

motoarele diesel cele mai relevante sunt:

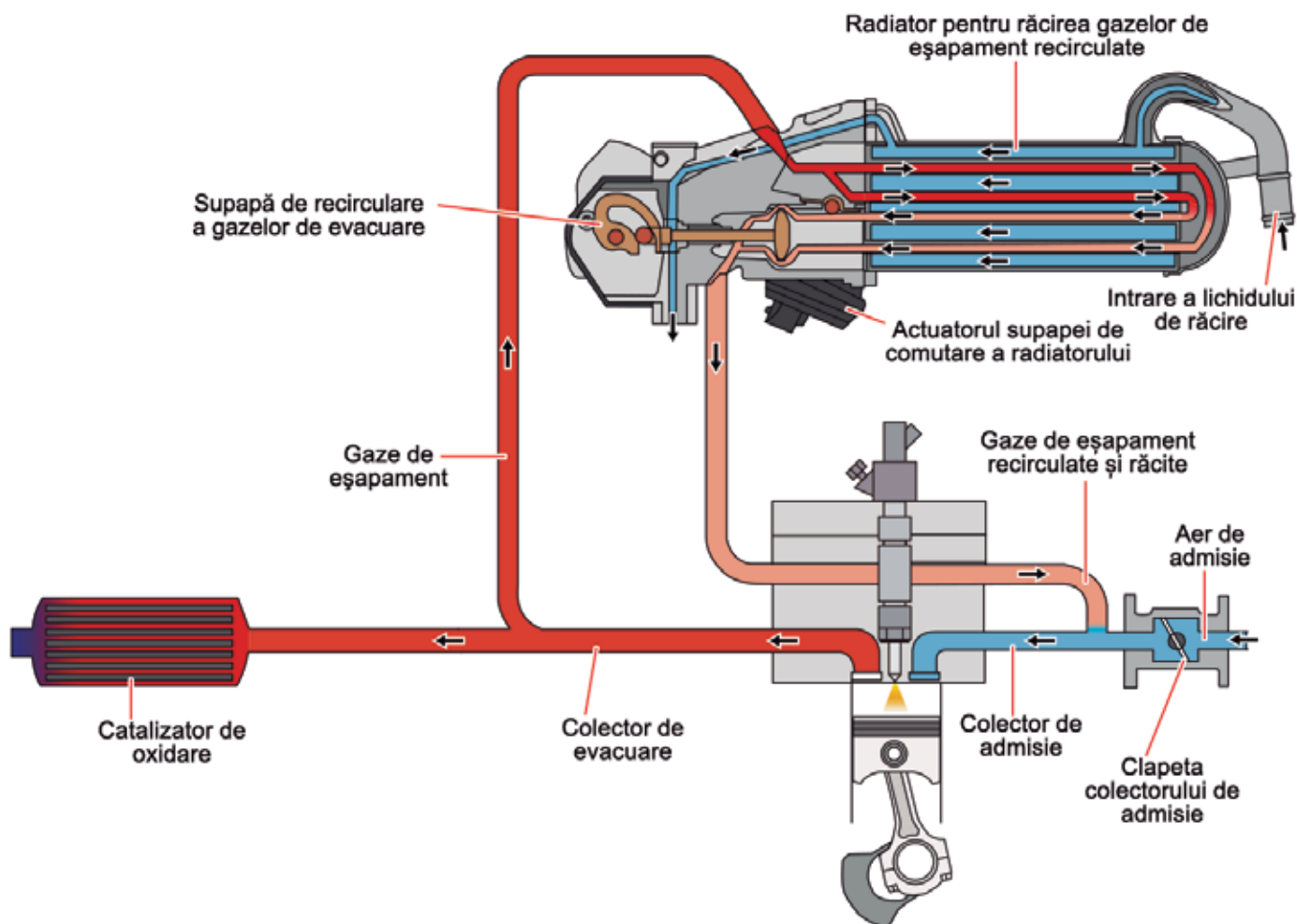
## Recircularea gazelor de eșapament (EGR)

Obiectivul principal al acestui sistem este reducerea volumului efectiv de umplere cu aer a cilindrilor, reducând astfel excesul de oxigen la combustie, și scăderea temperaturii maxime în timpul combustiei. Prin aceasta se poate **contribui în mare măsură la reducerea formării de oxizi de azot ( $\text{NO}_x$ )**, însă doar atunci când sarcina motorului este redusă.

Pentru a îmbunătăți randamentul sistemului de recirculare a gazelor de eșapament, se adaugă un **schimbător de căldură** pentru a reduce temperatura acestuia. Gazele răcite absorb mai multă căldură în timpul

combustiei, așadar se reduce temperatura maximă a acesteia.

Totuși, acest sistem de recirculare are unele **dezavantaje**. Când crește cantitatea de gaze de eșapament recirculate, se reduce cantitatea de gaze de eșapament care ajung la turbina turbocompresorului, înrăutățind răspunsul acestuia. Acest lucru face ca presiunea de supraalimentare să fie inferioară celei necesare pentru ca motorul să răspundă adecvat. În plus, gazele de eșapament murdare sunt lăsate să ajungă direct la intrarea în colectorul de admisie, ceea ce provoacă o acumulare de funingine în sistemul de admisie.



## Recircularea gazelor de eșapament la înaltă și joasă presiune

Pentru a respecta **norma antipoluare Euro VI**. Unii producători au optat pentru adăugarea, în vehiculele lor, a unui sistem de recirculare a

gazelor de eșapament mai complex, care poate funcționa combinând recircularea gazelor în două feluri diferite:

### Recircularea gazelor de eșapament la înaltă presiune

În acest fel, gazele provenind de la colectorul de evacuare sunt reconduse către colectorul de admisie printr-o conductă externă, în mod asemănător cu sistemele convenționale de recirculare, dar cu deosebirea că aici nu este necesară adăugarea unui răcitor al gazelor de eșapament, deoarece atunci când temperatura acestora este prea mare, se folosește modul de recirculare a gazelor de eșapament **la joasă presiune**. O supapă acționată de un servomotor și monitorizată de

senzori are rolul de a controla trecerea gazelor de eșapament **la înaltă presiune** în funcție de condițiile de funcționare a motorului (în unele cazuri această supapă este răcită de lichidul de răcire).

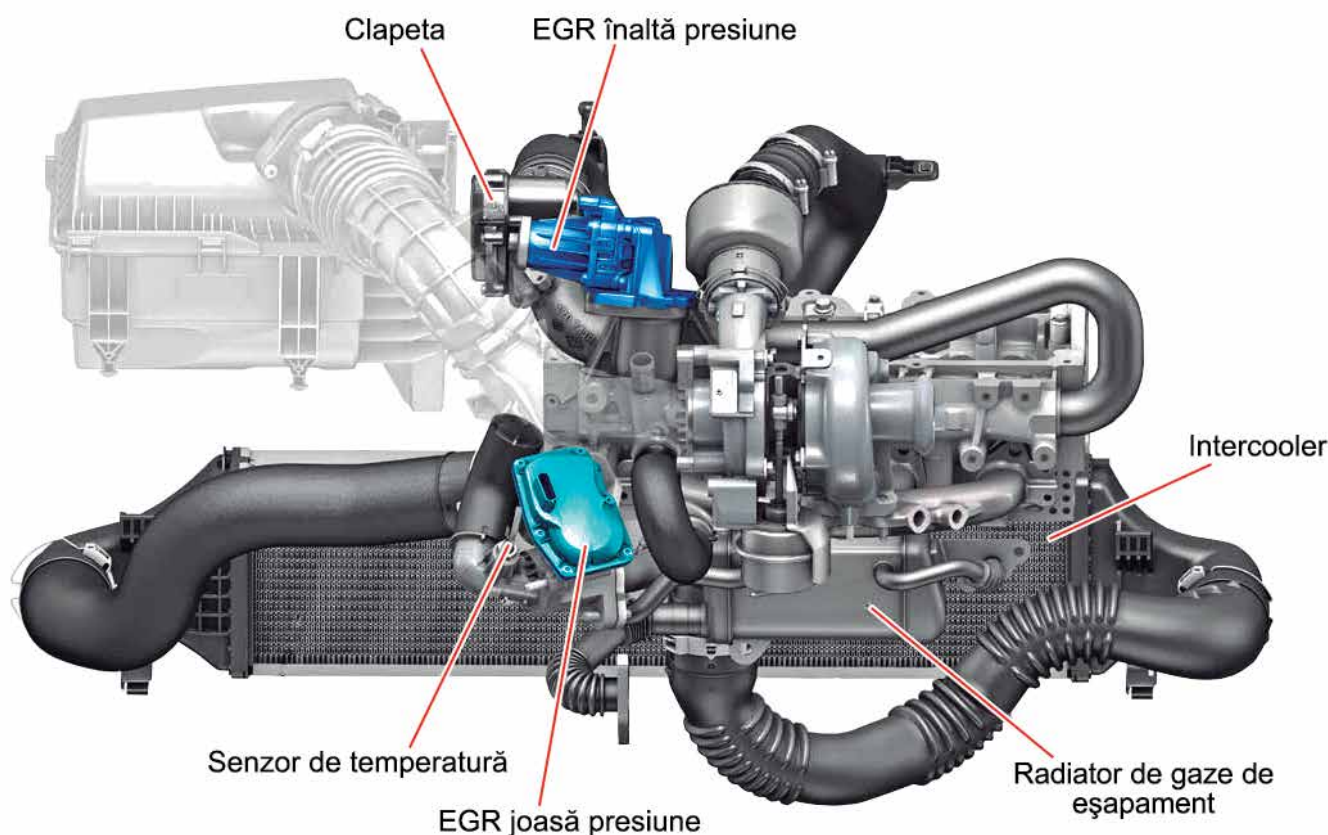
În principal se aplică această modalitate atunci când temperatura gazelor de eșapament nu este prea ridicată și motorul funcționează la ralanti sau la sarcină redusă.

## Recircularea gazelor de eșapament la joasă presiune

În acest mod, gazele provenind de la filtrul de particule sunt reconduse prin exterior către zona de aspirație a turbocompresorului. Pentru aceasta, traversează mai întâi un schimbător de temperatură răcit de lichidul de răcire, aflat chiar la ieșirea din DPF. În continuare, o supapă acționată de un servomotor și monitorizată prin senzori are rolul de a regla aspirarea gazelor de eșapament la joasă presiune în funcție de condițiile de funcționare a motorului. Gazele de eșapament decarbonizate și cu conținut redus de oxigen sunt conduse din nou în partea de aspirație a turbocompresorului pentru a fi amestecate cu aer de admisie și întoarse să se răcească în Intercooler (care, uneori, folosește lichid de răcire pentru a le reduce temperatura). În cele din urmă, unitatea de comandă a clapetei controlează fluxul total de aer plus gazele de eșapament introduse în colectorul de admisie.

### Avantaje:

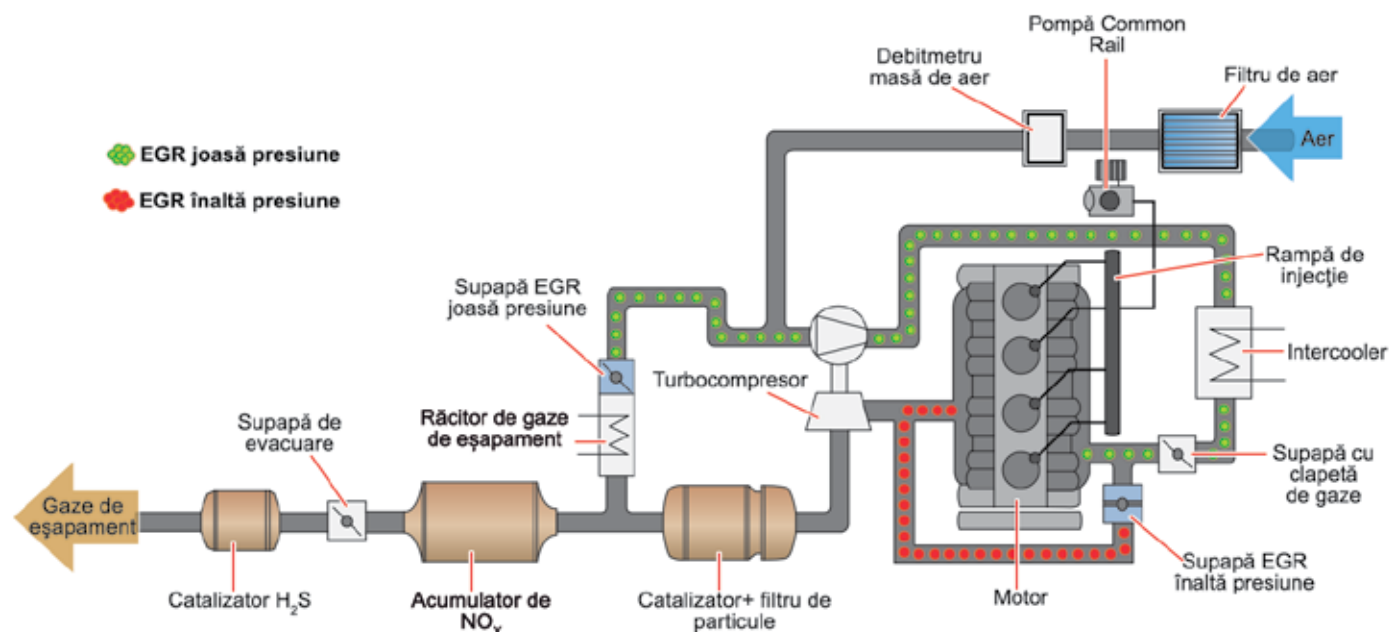
- Gazele de eșapament sunt lipsite de particule solide și sunt recirculate la o temperatură mai mică.
- Nu scade debitul de gaze de eșapament în turbocompresor, astfel că motorul răspunde mai bine în situațiile în care debitul gazelor de eșapament recirculate este mare și presiunile de supraalimentare sunt ridicate.
- Gazele de eșapament reconduse către turbocompresor contribuie la menținerea vitezei acestuia la variațiile de sarcină a motorului și conțin mai puțin oxigen care a fost combinat în catalizator.



Unitatea de control a motorului decide să combine modul de recirculare a gazelor de eșapament pornind de la semnalele primite privind turația motorului, solicitarea de cuplu, temperatura și presiunea gazelor de eșapament în modulul de depurare și de la informațiile de la sondele lambda. În acest fel reușește să reducă surplusul de oxigen din urma combustiei și să scadă temperatura din camerele de arde-

re într-un cadru de funcționare a motorului mai amplu comparativ cu sistemele EGR convenționale. În consecință, recircularea gazelor de eșapament nu este posibilă doar în condiții de funcționare a motorului la sarcini scăzute sau la ralanti, ci și la sarcini medii la turații medii sau ridicate.





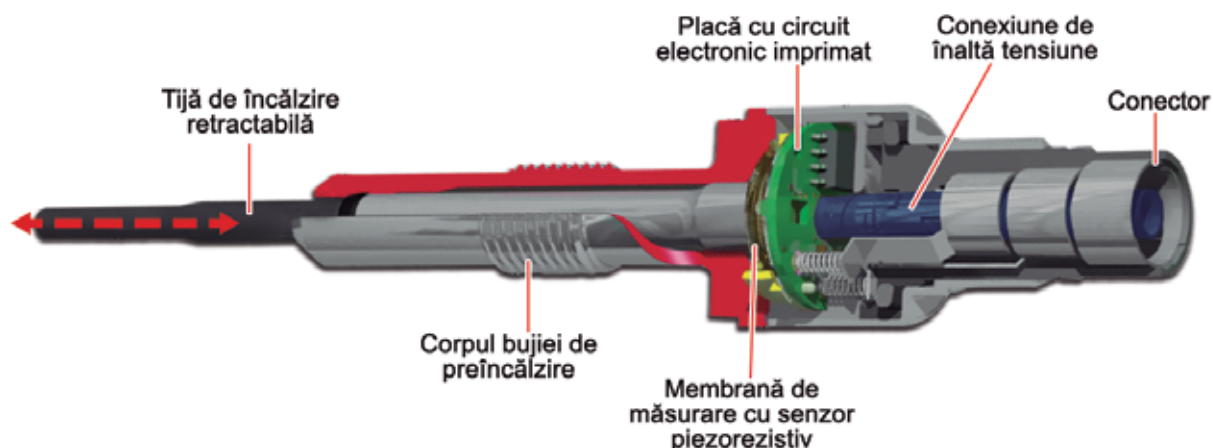
Pe scurt, acest complex sistem de recirculare a gazelor de eșapament permite în mare măsură **reducerea oxizilor de azot (NO<sub>x</sub>)** având în vedere că scade cantitativ nivelul de aer (N<sub>2</sub> + O<sub>2</sub>) aspirat de motor.

### Bujii de preîncălzire cu senzor de presiune

Sunt niște elemente dispuse în camera de ardere a motoarelor diesel pentru a facilita pornirea la rece. Bujii de preîncălzire cu senzor de presiune, pe lângă faptul că au rolul de a încălzi camera de ardere, au și capacitatea de a măsura presiunea din această cameră, pentru a evita formarea de emisii poluante.

Funcția de încălzitor este realizată cu ajutorul unei rezistențe care permite un flux electric ridicat atunci când este rece și necesită o încălzire rapidă.

Particularitatea structurii mecanice a acestei bujii este faptul că conține o tijă de încălzire retractabilă. Această tijă sau electrod are un capăt expus în camera de ardere, retrăgându-se în funcție de presiunea din interiorul cilindrului. În celălalt capăt al tijei, în interiorul încălzitorului superior, un senzor de tip piezorezistiv detectează valoarea presiunii din camera de ardere în timp real, prin deformarea unei membrane de măsurare, care primește mișcarea de la tija menționată.



Informația obținută de la acest senzor și filtrată corespunzător este transmisă la unitatea de control a motorului, pentru ca aceasta să adapteze debitul și avansul injecției în tot intervalul de rotații ale moto-

rului. În acest fel se optimizează procesul de combustie, pentru a evita formarea de **particule și oxizi nitrici** în gazele de eșapament, mărind, astfel, perioada de regenerare a filtrului de particule.

## SISTEME DE REDUCERE CATALITICĂ SELECTIVĂ SCR

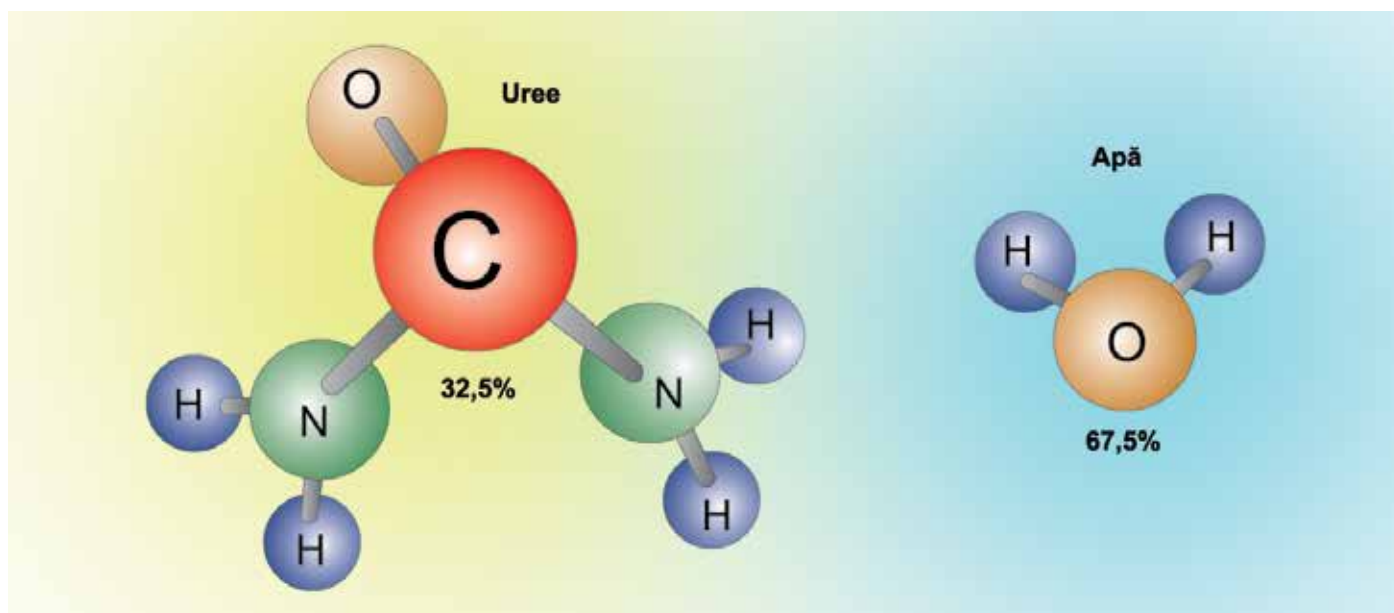
Pentru a reduce și mai mult **oxizii de azot ( $\text{NO}_x$ )** din gazele de eșapament la motoarele diesel, aceștia sunt transformați în substanțe inofensive. Pentru aceasta, se recurge la un **catalizator** proiectat pentru a **reducere doar  $\text{NO}_x$** . Denumirea de **SCR** reprezintă acronimul din limba engleză (Selective Catalytic Reduction) **Reducere Catalitică Selectivă**. Catalizatorul SCR transformă oxizii de azot din gazele de eșapament în

azot ( $\text{N}_2$ ) și apă ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Pentru a reuși acest lucru se introduce, înainte de catalizatorul de reducere, un **agent de reducere** în fluxul de gaze de eșapament. Agentul de reducere care se utilizează este o **soluție apoasă de uree** care, în timpul procesului de combinare cu oxizii de azot, se va transforma în amoniac ( $\text{NH}_3$ ). Aduce un aport de carbon, azot, hidrogen și oxigen în gazele de eșapament.

### Agent de reducere AdBlue

Este vorba despre un agent de reducere format dintr-o soluție în proporție de 32,5% de **uree  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$**  diluată cu **apă  $\text{H}_2\text{O}$**  AUS32 (Aqueous Urea Solution 32,5%). În timpul procesului de reducere din catalizator, ureea se transformă în  $\text{CO}_2$  și amoniac  $\text{NH}_3$ . Acesta este elementul

care va transforma, în realitate,  $\text{NO}_x$  în  $\text{N}_2$  și  $\text{H}_2\text{O}$ . Faptul de a folosi uree diluată în apă este pentru a obține un agent mai sigur în timpul manipulării, deoarece amoniacul este iritant pentru pielea și mucoase. Astfel, produsul AdBlue poate respecta normele DIN70070 și ISO 22241.



#### Principalele proprietăți ale agentului AdBlue

- Îngheață de la  $-11^\circ\text{C}$ .
- Se dezintegrează la temperaturi cuprinse între  $70^\circ\text{C}$  și  $80^\circ\text{C}$ , producând amoniac, care provoacă disconfort olfactiv.
- Se poate descompune în prezența unor impurități sau bacterii.
- Conectorii electrice trebuie protejați deoarece este foarte acid.
- La vărsare, ureea pe care o conține se poate cristaliza și poate produce pete albe pe suprafața pe care o atinge.

#### Indicații de utilizare și manevrare a agentului AdBlue

- Utilizați doar agent de reducere care provine din recipiente conforme cu normele în vigoare.
- Nu inhalați sau ingerați agentul de reducere.
- Dacă a fost extras din rezervor, nu reutilizați agentul de reducere, deoarece se poate degrada.
- Pentru a adăuga sau umple rezervorul cu agent de reducere, trebuie să folosiți recipientele și adaptoarele autorizate de producător.
- În cazul în care intrați în contact cu agentul de reducere, se recomandă să spălați imediat cu apă din abundență zona afectată, deoarece poate irita pielea, ochii și căile respiratorii.
- În caz de scurgere, curățați cu o cârpă umedă și apă rece din abundență. Dacă agentul s-a cristalizat, curățați cu un burete și apă caldă.

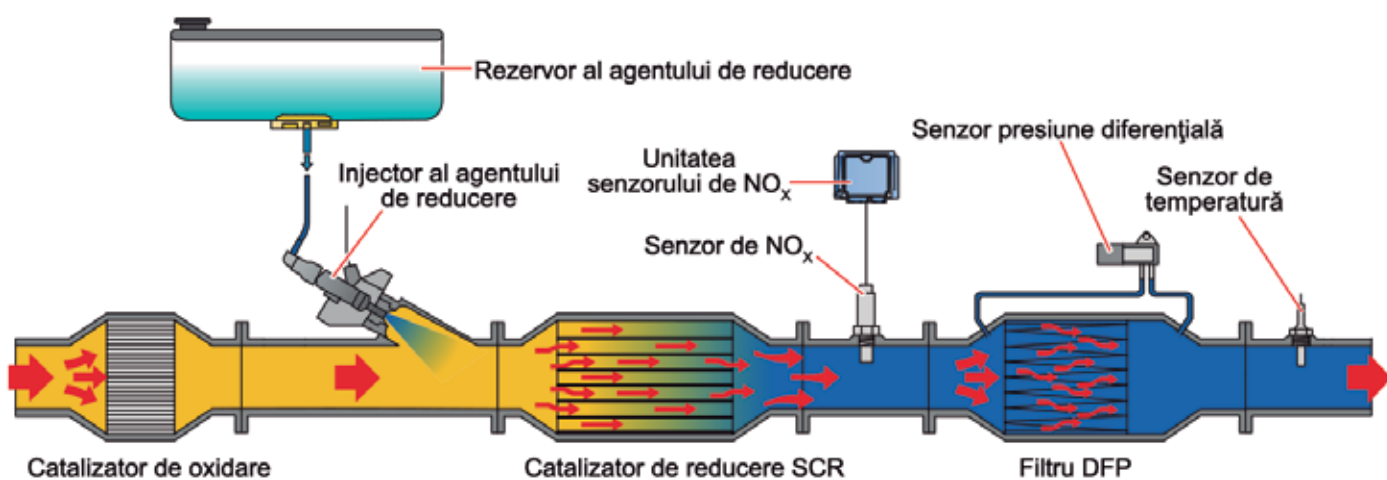
## Arhitectura sistemului de gaze de eșapament cu catalizator SCR

Adăugarea catalizatorului SCR în linia de eșapament a făcut ca producătorii să opteze pentru diferite combinații în momentul amplasării sale împreună cu restul elementelor de depurare a gazelor de eșapament. În consecință, se obțin trei blocuri de tratare diferențială, a căror combinație și dispunere pot varia:

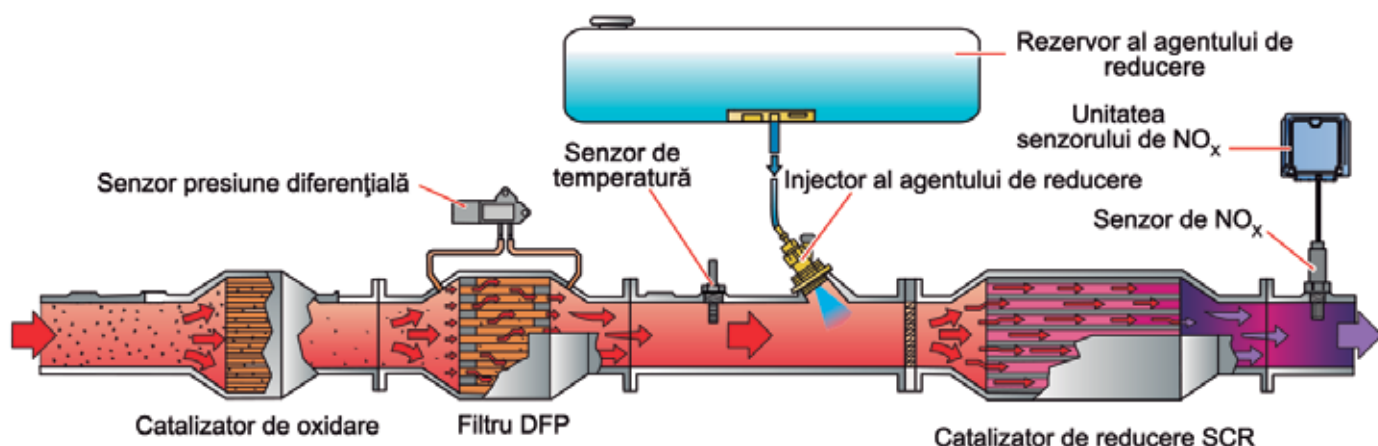
- Catalizator de oxidare
- Filtru de particule
- Catalizator de reducere SCR

Odată cu introducerea sistemului SCR pentru reducerea oxizilor de azot, se adaugă sistemului de eșapament un catalizator de reducere. Producătorul vehiculului decide instalarea acestuia înainte sau după filtrul de particule.

### Sistem cu catalizatorul amplasat înaintea filtrului de particule



### Sistem cu catalizatorul amplasat după filtrul de particule



## Componentele sistemului SCR

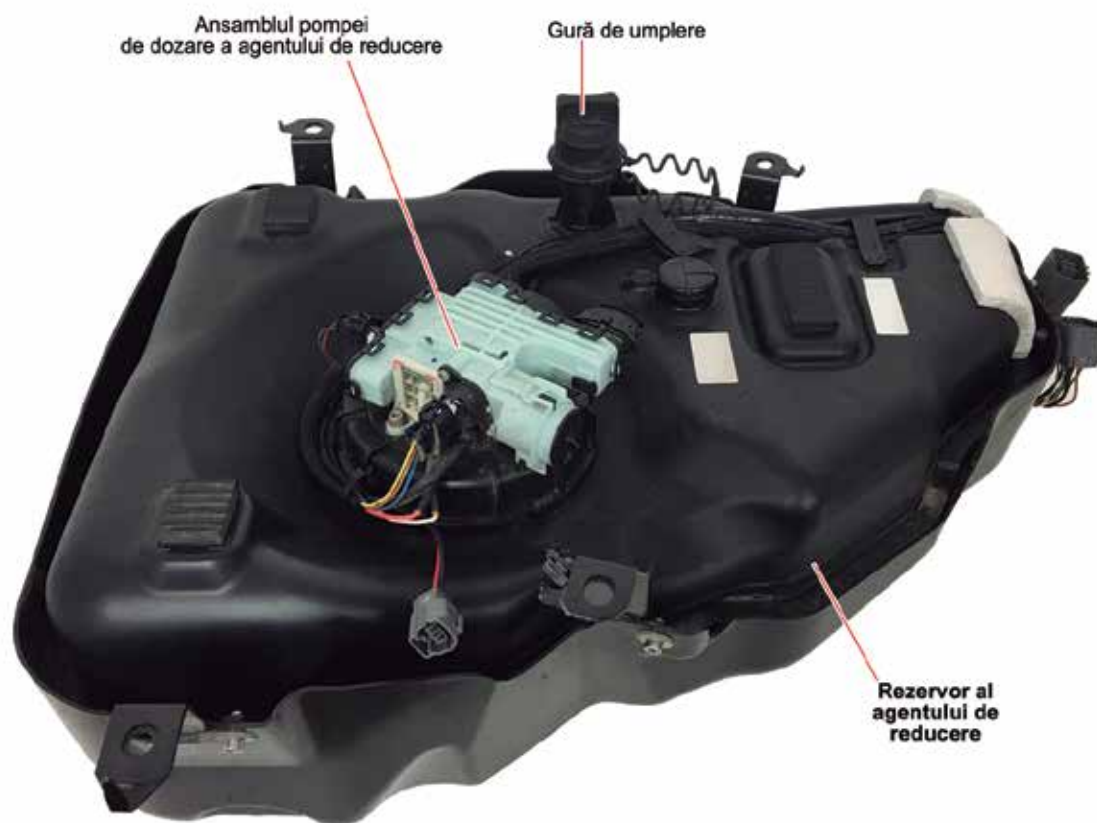
În general, sistemul SCR este alcătuit din următoarele elemente:

- Rezervor pentru agentul de reducere
- Injectorul al agentului de reducere
- Traseul hidrolitic
- Catalizator de reducere
- Senzor de NO<sub>x</sub>
- Unitatea de control a senzorială de NO<sub>x</sub>

## Rezervor pentru agentul de reducere

De obicei, este poziționat în partea din spate a vehiculului, în apropierea rezervorului de combustibil. Are o capacitate aproximativă cuprinsă între 17 și 19 litri, în funcție de producător și de cilindrul motorului. Este confecționat din material plastic și are o gură de umplere. Dacă este necesar, se poate adăuga agent de reducere, folosind un adaptor special.

În rezervor sunt amplasate componente pentru încălzire, pentru detectarea nivelului agentului de reducere și, uneori, un modul care cuprinde alte componente ale sistemului de dozare a agentului de reducere.



## Injectorul al agentului de reducere

Are funcția de a injecta agentul de reducere în fluxul gazelor de eșapament înainte de unitatea de amestecare. Este orientat astfel încât

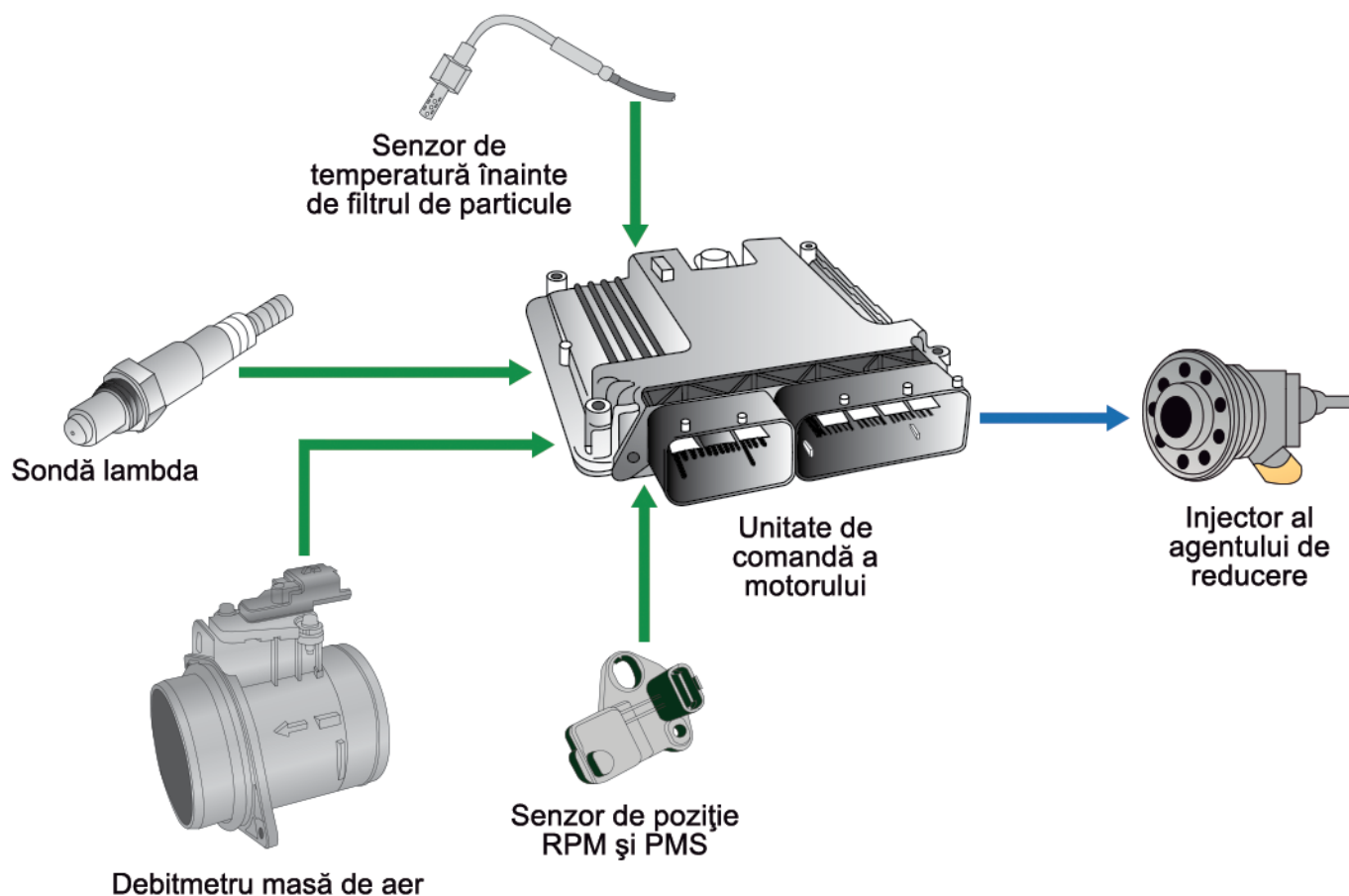
agentul de reducere să fie injectat în sensul deplasării gazelor de eșapament, pentru a obține o mai bună omogenizare.



## Calcularea cantității de agent de reducere care trebuie injectată

Unitatea de comandă a motorului calculează cantitatea de agent de reducere de injectat, în funcție de trei factori de bază: starea de funcțio-

nare a motorului, temperatura gazelor de eșapament și concentrația de oxizi de azot de după catalizatorul de reducere.

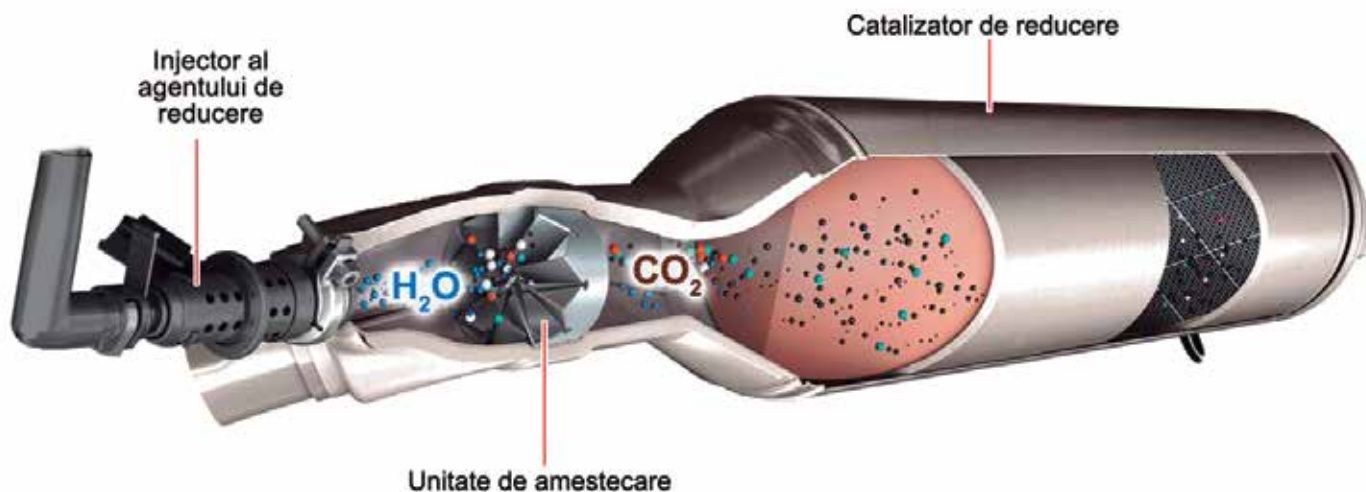


## Traseul hidrolitic

Acest traseu merge de la injectorul agentului de reducere până la catalizatorul de reducere. Pe traseul hidrolitic este intercalată o unitate de amestecare. Când se injectează agentul de reducere și prin acțiunea

căldurii gazelor de eșapament, apa din agentul de reducere se evaporă. Prin termoliză se descompune agentul de reducere în amoniac și acid izocianic.

**Termoliză:** Reacția prin care un compus se separă în cel puțin alți doi compuși, prin acțiunea creșterii temperaturii.



În continuare, se produce o hidroliză în care acidul izocianic reacționează cu apa. La finalizarea traseului hidrolitic, agentul de reducere se descompune și formează dioxid de carbon și amoniac. Amoniacul

este substanța care reacționează cu oxizii de azot în catalizatorul de reducere.  $\text{CO}_2$  este un gaz netoxic.

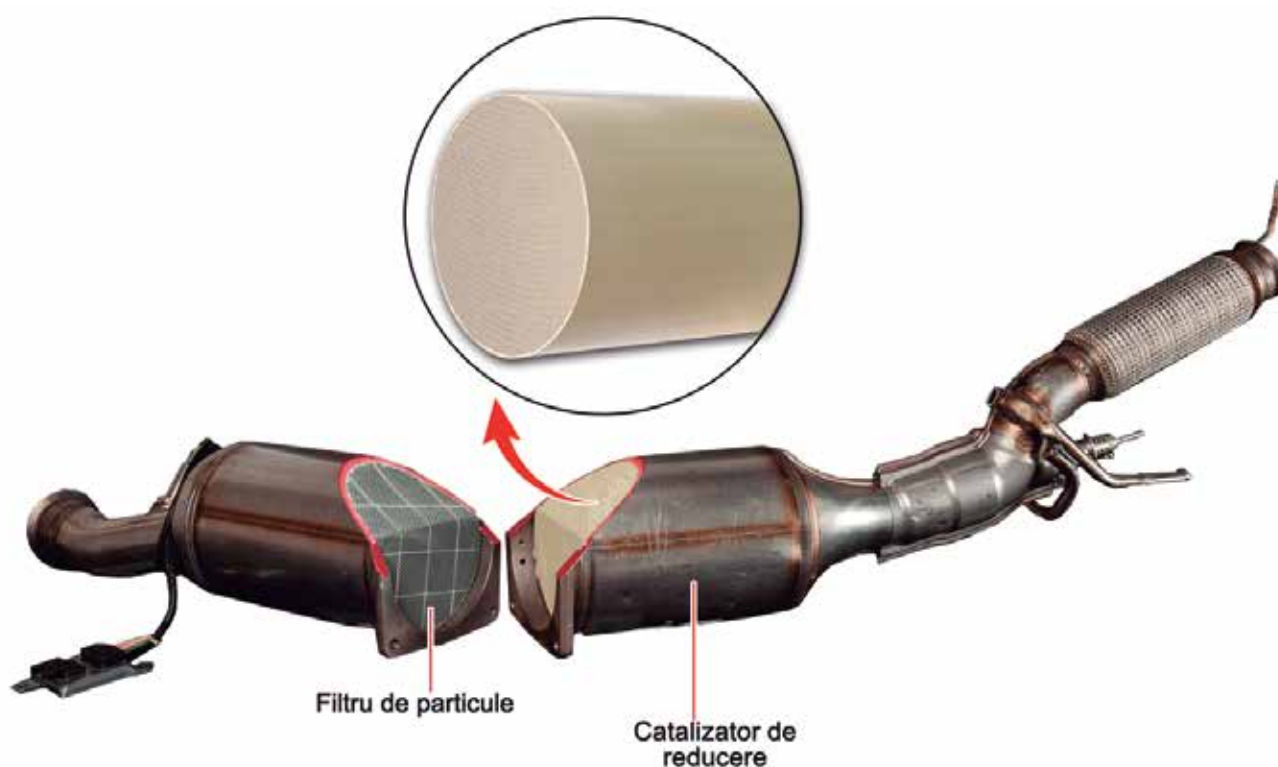
**Hidroliză: Reacția chimică dintre o moleculă de apă și altă moleculă.**

### Catalizator de reducere

Poate fi amplasat înainte sau după filtrul de particule. Catalizatorul de reducere funcționează începând de la 200 °C. Interiorul este un corp ceramic cu acoperire de zeolit îmbogățit cu cupru, care formează o structură poroasă compusă din aluminiu, siliciu și cupru.

Gazele de eșapament și amoniacul care s-a format pe traseul hidrolitic intră în catalizatorul de reducere, amoniacul intră în reacție cu oxizii de

azot și formează azot și apă. Această reacție se produce cu ajutorul unui strat de acoperire de zeolit îmbogățit cu cupru și, în consecință, la ieșirea din catalizatorul de reducere, gazele se compun din dioxid de carbon ( $\text{CO}_2$ ), apă ( $\text{H}_2\text{O}$ ), oxigen ( $\text{O}_2$ ) și azot ( $\text{N}_2$ ), toate fiind elemente prezente în atmosferă în mod natural.



### Senzor de NO<sub>x</sub>

Este situat la ieșirea din catalizatorul de reducere. Funcționarea sa este foarte asemănătoare cu cea a sondei lambda cu bandă largă, iar intensitatea electrică cu care funcționează este de ordinul microampilor. Pentru aceasta, este conectat direct la unitatea de comandă a

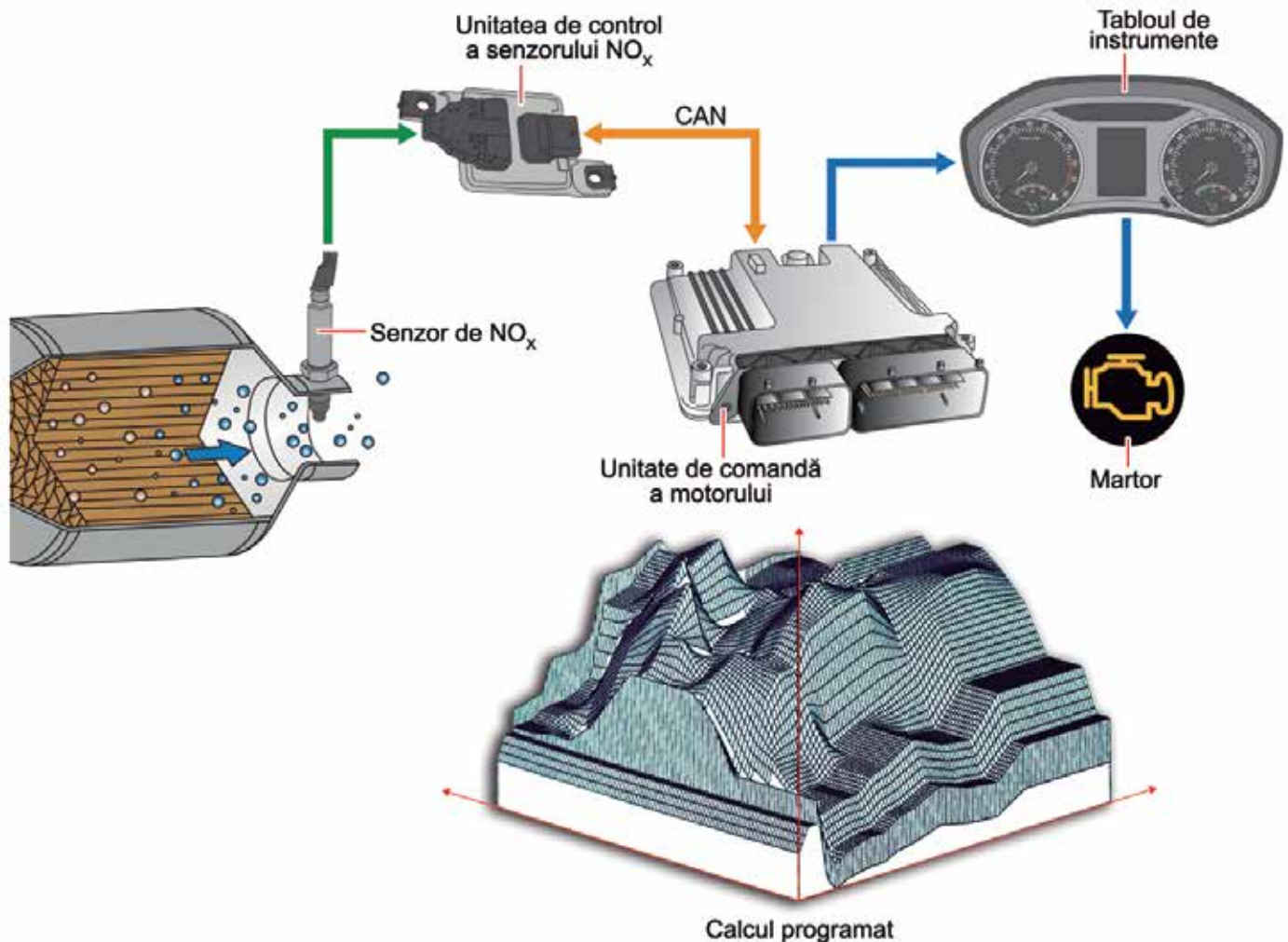
senzorului de NO<sub>x</sub>, care este mai aproape decât unitatea de comandă a motorului. Lungimea cablului senzorului influențează intensitatea semnalului.



### Unitatea de control a senzorului de NO<sub>x</sub>

Această unitate gestionează semnalul senzorului de NO<sub>x</sub> și îl transmite la unitatea de comandă prin magistrala CAN, pentru a calcula randamentul catalizatorului de reducere și a monitoriza funcționarea sistemului SCR ca funcție suplimentară a sistemului EOBD de control al dispozitivelor antipoluare.

Unitatea de comandă a motorului compară valoarea măsurată cu o formulă de calcul programată. Dacă randamentul nu corespunde cu cel al modelului programat, se activează mardorul emisiilor de gaze de eșapament.



## EXEMPLE DE PRODUCĂTORI CARE ADAUGĂ SISTEMUL DE REDUCERE A NO<sub>x</sub> CU ADBLUE

Există mulți producători care au introdus acest sistem la vehiculele lor diesel pentru a respecta normele de omologare, fiecare sub o altă denumire:

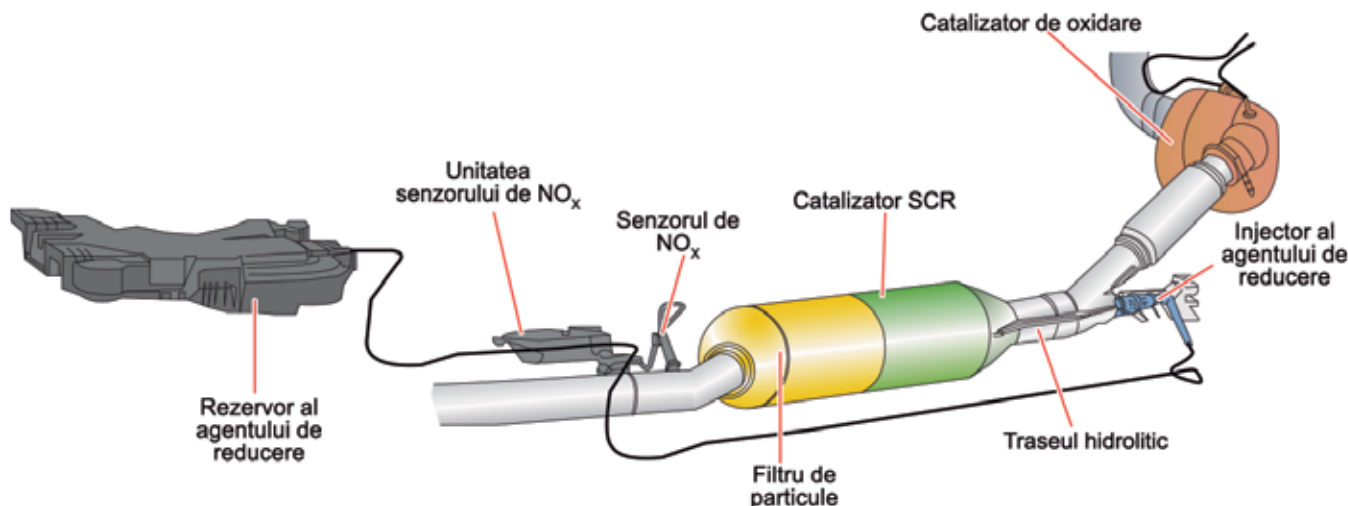
- Grupul PSA "Blue HDI"
- Mercedes Benz "BlueTEC"
- BMW "Blue Performance"
- Bosch "DENOXTRONIC"

În continuare sunt descrise primele două exemple.

### Grupul PSA, Blue HDI

Este vorba despre inițiativa grupului PSA pentru a respecta norma Euro VI, introducând un sistem de **reducere catalitică selectivă SCR** care utilizează agent de reducere pentru a diminua emisiile de **oxizi de azot**. Având denumirea comercială de **Blue HDI**, primul model care a

introdus acest sistem a fost Citroën Gran C4 Picasso. Structura liniei de depurare a gazelor de eșapament constă într-un **catalizator de oxidare (DOC)**, **catalizatorul SCR** și **filtrul de particule (FAP)**.



Funcționarea sistemului Blue HDI este, în principiu, așa cum s-a explicat în capitolele anterioare.

- Se injectează lichidul AdBlue în linia de eșapament.
- Lichidul AdBlue injectat se amestecă cu gazele de eșapament într-o unitate de amestecare care omogenizează gazul de eșapament cu agentul pulverizat.
- Amestecul omogenizat trece prin catalizatorul de reducere SCR unde, când se întâlnește cu oxizii de azot acumulați, se transformă în vapori de apă ( $H_2O$ ) și azot ( $N_2$ ).

Rezervorul care se folosește pentru acumularea agentului de reducere AdBlue este, de obicei, de 17 litri.

În acest caz, grupul PSA a optat pentru amplasarea **catalizatorului de reducere SCR** deasupra filtrului de particule și în apropierea colecto-

rului de evacuare, pentru a atinge rapid temperatura de funcționare. Astfel se poate obține o funcționare eficientă încă din primele faze de încălzire a motorului. Obiectivul este ca în timpul circulației în oraș să fie deja complet funcțional.

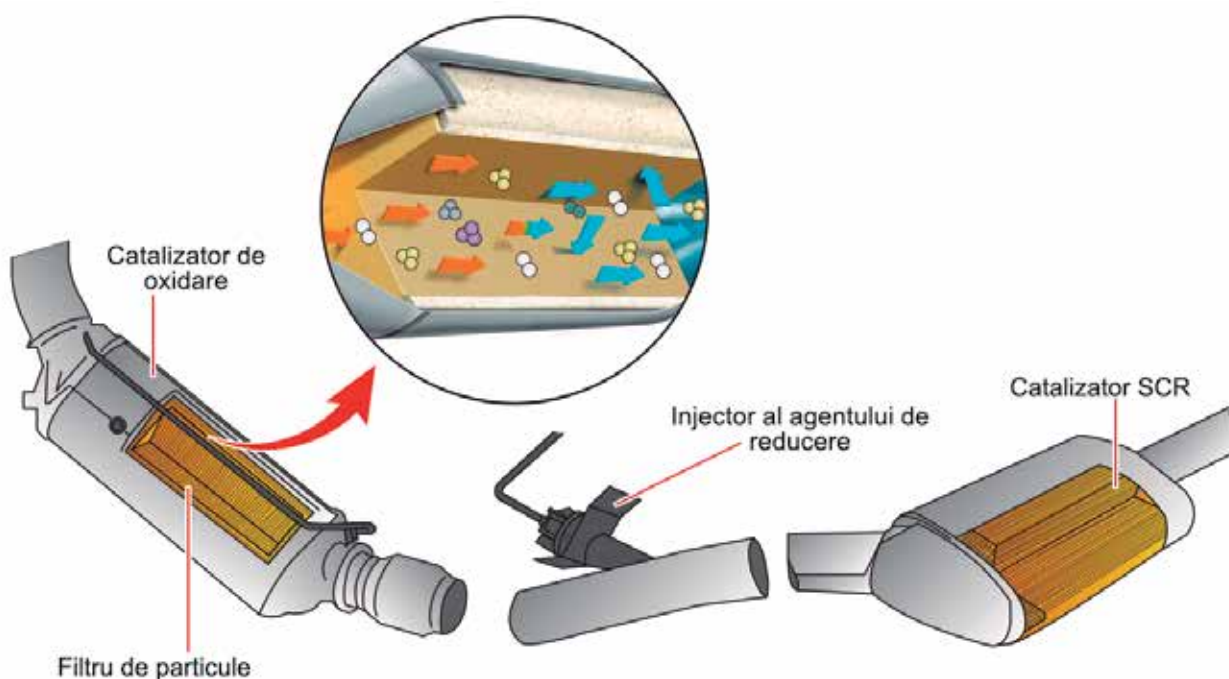
În plus, grupul PSA oferă, la unele dintre modelele sale HDI, opțiunea de a combina motorul cu sistemul SCR împreună cu sistemul **Stop & Start** și o **cutie automată** mai eficientă denumită **Efficient Tronic Gearbox ETG6**. Aceste modele pot ajunge să reducă emisiile de oxizi de azot NOx de la 180 mg/km la 80 mg/km.

Tehnologia Blue HDI este disponibilă la Peugeot, Citroën și DS. În general, au reușit să reducă NOx cu 90% și emisiile de  $CO_2$  cu un procent cuprins între 2% și 4% comparativ cu vehiculele diesel convenționale.

## Mercedes Benz, BlueTEC

Mercedes Benz introduce sistemul de **reducere catalitică selectivă SCR** prin **agentul de reducere AdBlue** la o gamă de motoare care cuprinde următoarele modele: E350, ML350, GL350 și R350. Structura

sistemului este alcătuită dintr-un **catalizator de oxidare împreună cu un filtru de particule**, un injector de agent de reducere și **catalizatorul de reducere SCR** la capătul liniei de eșapament.





Înainte de a folosi injectorul de agent de reducere, la primele vehicule cu BlueTEC, se adăuga între catalizatorul de oxidare și filtrul de particule un catalizator de acumulare a NO<sub>x</sub> (DeNox). Este vorba despre o metodă de reducere a oxizilor de azot (neselectivă care folosește compuși chimici adecvați ai convertoarelor catalitice. **Catalizatorul DeNox**, împreună cu **catalizatorul de reducere SCR**, are rolul de a reduce oxizii rezultați în urma combustiei incomplete.

În timpul funcționării cu amestec sărac, catalizatorul DeNox acumulează gazele NO<sub>x</sub>, care sunt transformate, apoi, în N<sub>2</sub> și H<sub>2</sub>O în faza de regenerare. În amestecul bogat se generează amoniac, care este acumulat în catalizatorul SCR și care apoi se consumă în acesta în

timpul funcționării cu amestec sărac. Filtrul de particule are rolul de a acumula particulele de funingine. În timpul funcționării cu amestec sărac, NO<sub>x</sub> care nu se pot acumula în catalizatorul DeNox sunt transformate în catalizatorul SCR în azot molecular și apă, prin intervenția amoniacului stocat.

Având în vedere că acest sistem nu este suficient pentru a putea respecta norma Euro 6 și costul său este mai ridicat, s-a optat pentru o variantă mai economică și eficientă care se lipsește de catalizatorul DeNox și folosește injectorul AdBlue, pentru a injecta direct în catalizatorul SCR substanțele necesare pentru reducerea NO<sub>x</sub>.

## ÎN TREȚINEREA SISTEMELOR DE REDUCERE A NO<sub>x</sub> CU ADBLUE

Pentru a asigura corecta funcționare a sistemului de reducere NO<sub>x</sub> cu AdBlue, trebuie refăcut nivelul agentului de reducere prin reîncărcări periodice. Reîncărcarea poate fi făcută chiar de către utilizatorul vehiculului, fără a fi necesară o vizită la atelier, cu excepția situațiilor în care există o defecțiune care are legătură cu sistemul. De asemenea, nu este necesară niciun fel de resetare sau punere la zero cu ajutorul unui aparat de diagnostică, deoarece există un senzor de nivel real.

Începând de la **norma antipoluare Euro V** se cere ca atunci când un vehicul folosește un **agent sau aditiv** pentru tratarea gazelor de eșapament, **punerea în funcțiune a motorului să poată fi blocată** în cazul în care lipsește acest agent sau există o defecțiune care crește nivelurile de emisii peste cele prevăzute de normă.

Sistemul este programat să atenționeze acustic și vizual șoferul, din timp și în mod insistent, prin panoul de bord. În acest fel, utilizatorul va putea completa cu agent de reducere înainte ca unitatea de control să împiedice pornirea motorului.



### Indicații în panoul de bord

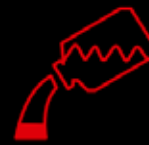
- **Indicație de nivel scăzut al agentului de reducere AdBlue.** Conține și autonomia rămasă, în kilometri, în raport cu agentul de reducere existent în rezervor.
- **Indicație de lipsă de agent de reducere AdBlue.** Se indică necesitatea de a completa cu agent AdBlue. Dacă nu se va completa cu agent de reducere, vehiculul nu va putea porni după ce a fost oprit. Există echipamente de diagnostică care permit anularea blocării pornirii motorului, permițând realizarea unui traseu de până la 50 kilometri.
- **Indicații privind posibilele avarii ale sistemului SCR.** În funcție de natura avariei, sistemul SCR este programat să permită funcționarea motorului în mod limitat, înainte de a împiedica sau de a interzice direct pornirea motorului, odată ce acesta a fost oprit.



Încărcare AdBlue  
Autonomie  
2.400 km



Verificare AdBlue  
Motorul nu va porni  
peste 1000 km



Încărcare AdBlue  
Motorul nu poate  
porni

# Eure!Car<sup>®</sup>

CERTIFIED MASTERCLASSES

# techn

# auto



# Technical education for professional automotive repairers

[www.eurecar.org](http://www.eurecar.org)





## cu ochii pe tehnologia automobilelor

Buletinul informativ Eure!TechFlash este complementar programului ADI de training Eure!Car, având o misiune sinceră:

de a furniza perspicacitate tehnică up-to-date privind inovațiile din sectorul automobilelor.

Cu asistența tehnică a Centrului Tehnic AD (Spania) și asistați de către fabricanții principali, Eure!TechFlash are ca scop demistificarea și transparența noilor tehnologii în ideea de a stimula reparatorii profesionali de automobile să păstreze pasul cu tehnologia și de a-i motiva să investească neîntrerupt în educația tehnică.

Eure!TechFlash va fi editată de 3 sau 4 ori pe an.

**Eure!Car**  
CERTIFIED MASTERCLASSES

reparatorului profesional de automobile.

Eure!Car este o inițiativă a Autodistribution International, cu cartierul general în Kortenberg, Belgia

industrial partners supporting Eure!Car



Nivelul de competență tehnic al mecanicianului este vital, putând fi decisiv în viitor pentru contiunarea existenței

(www.ad-europe.com). Programul Eure!Car conține o serie cuprinzătoare de traininguri tehnice de nivel ridicat, traininguri dedicate reparatorilor profesionali de automobile și care sunt oferite de către organizațiile naționale AD și de către distribuitorii lor parțiali în 39 de țări.

Vizitează [www.eurecar.org](http://www.eurecar.org) pentru a obține mai multe informații sau pentru a vedea cursurile de formare.



## Advanced Driving Assistance Systems



Disclaimer: informațiile prezentate în acest ghid nu sunt exhaustive și sunt furnizate numai în scop de informativ. Informațiile nu atrag răspunderea de autorului.