



# CIAK AUTO

IZDANJE 23

AŽURIRANI TEHNIČKI UVID U INOVACIJE U AUTOMOBILU

## Analiza dizelskih plinova



### ▼ U OVOM IZDANJU

UVOD

**2**KRATKA KRONOLOGIJA  
DIZELSKOG MOTORA**2**STAPNI DIZELSKI  
MOTOR**3**

EUROPSKI PROPISI

**8**SMANJENJE  
ONEČIŠĆUJUĆIH TVARI  
U PROCESU IZGARANJA**9**SASTAV ISPUŠNIH  
PLINOVА**11**ANALIZA DIZELSKIH  
PLINOVА**16**TEHNIČKE  
NAPOMENE**18**

Download all  
EureTechFlash  
editions at  
[www.eurecar.org](http://www.eurecar.org)

Find us on  
Facebook

BESPLATNI INFO TELEFON  
**0800 33 88**



[www.ciak-auto.hr](http://www.ciak-auto.hr)



EureTechFlash je  
AD International  
objavljivanje  
([www.ad-europe.com](http://www.ad-europe.com))

## EureTechFLASH

Od trenutka izrade prvih motora s unutarnjim izgaranjem, izlazna energija dizelskog motora bila je mnogo veća od njegove izravne konkurenije, što predstavlja čimbenik koji je, u spoju s cijenom goriva, rezultirao njegovom apsolutnom dominacijom u području industrijskog i teškog transporta i općenito među primjenama povezanimi uz mobilnost.

U početku je njegova primjena u motornim vozilima luke kategorije bila ograničena zbog činjenice da su dizelski motori bili skupljii, teži, glasniji i ograničeniji po pitanju fleksibilnosti u radu. Dugi su niz godina složenost i preciznost koje su povezane uz sustave ovih motora za dovod goriva povećavale troškove proizvodnje, a koji su u konačnici nadoknađeni evolucijom tehnika strojne obrade i automatizacijom strojeva.

Ubrzo nakon toga, razvoj digitalne elektronike i njihova primjena u sustavima motora za ubrizgavanje goriva doveli su do revolucije u automobilskoj industriji time što su omogućili spektakularno poboljšanje radnog učinka dizelskih motora.

Na reakciju krajnjih potrošača na spoj poboljšane radne isplativosti i jednakog ili boljeg radnog učinka nije se dugo čekalo jer su dizelska vozila narednih nekoliko godina bila najprodavanija vrsta vozila.

Brza pretvorba automobilskih voznih parkova u nekim državama i masovno prihvatanje dizelskih vozila u velikim gradovima u samo nekoliko godina postali su stvarnost s opasnim posljedicama. Posljednjih godina emisije čestica dizelskih motora postale su izvor



javnozdravstvenog problema koji vlasti pokušavaju riješiti sve strožim zahtjevima za homologaciju i periodičnim pregledima.

Obvezna uskladenost s normama protiv onečišćenja potaknula je tehničku evoluciju dizelskih motora i razvoj novih sustava za smanjenje onečišćujućih tvari čiji se radni učinak i pravilan rad mogu provjeriti isključivo na temelju konačnog kemijskog sastava ispušnih plinova. Mjerenje udjela i promjenjivosti određenih tvari koje su produkt izgaranja također omogućuje dijagnosticiranje određenih specifičnih anomalija koje programi za samodijagnostiku vozila ne mogu prepoznati.

## KRATKA KRONOLOGIJA DIZELSKOG MOTORA



Nijemac, **Rudolf Diesel**, 1892. godine izumio je, patentirao i zapanjio svijet svojim motorom s kompresijskim paljenjem (samopaljenjem) koji je bio pogonjen teškim gorivima, a koji je kasnije nazvan **dizelskim motorom**. Nakon smrti njegovog tvorca, dizelski motor postao je slavniji i njegov se ugled poboljšao. Zbog svoje visoke izlazne snage, u samo nekoliko godina postao je fokus industrijskog i teškog transporta, a nakon što je njegova primjena prvotno proširena u vojne svrhe.

Godine 1904. proizvedena je prva podmornica opremljena dizelskim motorom. Ona je spajala elektromotor koji ju je pogonio dok se nalazila pod vodom i dizelski motor namijenjen ponovnom punjenju njezinih akumulatora i za kretanje dok se podmornica nalazila na površini.

Proizvodnja kamiona s dizelskim motorima započela je 1920., ali dizelske lokomotive počele su se širiti tek 1930., djelomično zahvaljujući početku primjene turbopuhala koji je povećao snagu za gotovo 30%. Godine 1939., 25% svjetskog pomorskog prometa odvijalo se na dizelski pogon.

Godine 1922., **Robert Bosch** započeo je s razvojem sustava ubrizgavanja za dizelske motore i razvio je široku paletu crpki za ubrizgavanje goriva. Godine 1927. serijski je proizvedena je prva šarža crpki za ubrizgavanje, što je u kratkom roku omogućilo osvajanje sektora poljoprivrednih strojeva i industrijskih vozila.

Za potrebe usporedbe, sustav ubrizgavanja dizelskog goriva zahtjeva između **6 i 10 puta više dijelova** od uobičajenog rasplinjača, uz mnogo veći trošak. Kasnije je automatizacija strojeva napravila veliki iskorak po ovom pitanju značajnim smanjenjem konačnog troška. Tek su se krajem 1980-ih pojavile prve **elektronički upravljljane crpke**.

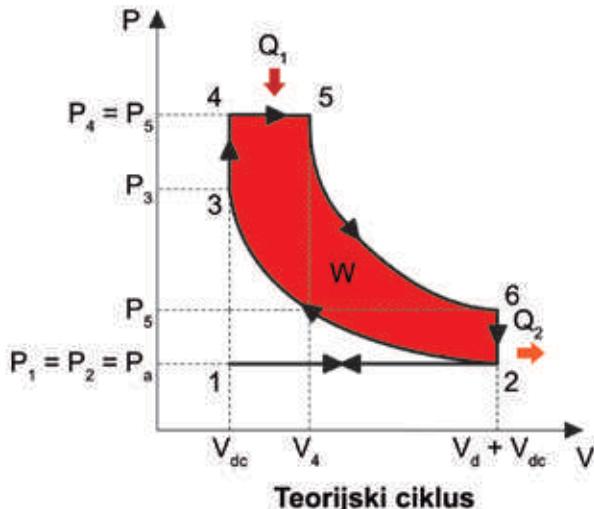
S ciljem nadilaženja ograničenja kompaktnih razdjelnih crpki, u primjenu su vraćena dva „stara“ koncepta: **ubrizgivač za crpke**, koji su u suradnji razvile grupe Volkswagen i Bosch i koji je predstavljen 1994. (iako je njegova primjena u serijskoj proizvodnji započeta tek 1998.); i **Common Rail** sustav, koji je Fiat razvio zajedno s grupom Magneti Marelli, ali ga je u konačnici serijski proizvodio Bosch.

**Brza evolucija elektroničkih upravljačkih sustava** namijenjenih dizelskim motorima povećala je radni učinak i time **dodatno naglasila** njihovu nižu potrošnju goriva i veću isplativost. Nakon samita i potpisivanja **Protokola iz Kyoto** s ciljem smanjenja emisija stakleničkih plinova, **kupnja dizelskih vozila potaknuta je** zbog **manje proizvodnje CO<sub>2</sub>** u odnosu na vozila s benzinskim motorima.

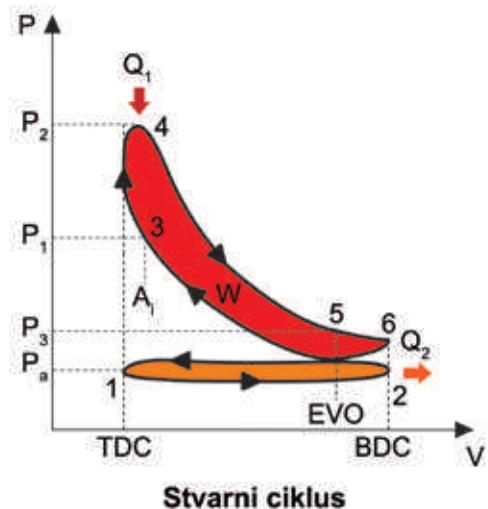
# STAPNI DIZELSKI MOTOR

## TEORIJSKI I STVARNI CIKLUSI

Slavna 4 taka dizelskih motora opisana su na sljedećim shemama rada.



Teorijski ciklus



Stvarni ciklus

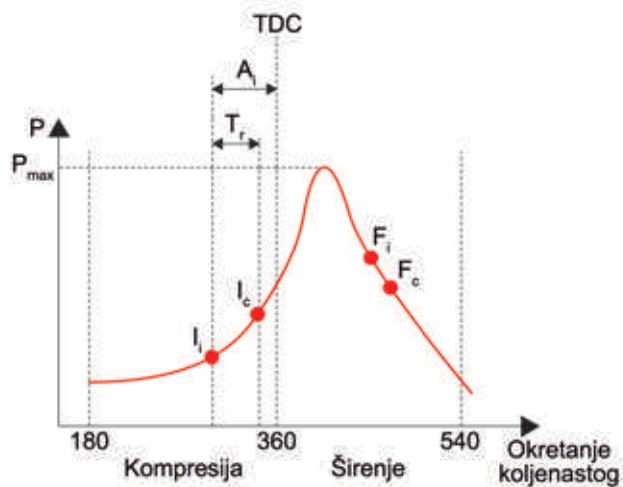
**Faza usisa (1-2):** U teorijskom ciklusu, početak hoda klipa prema dolje, zajedno s otvaranjem usisnog ventila omogućuje ulazak atmosferskog zraka, kojim se ekspanzijski volumen cilindra puni sve do BDC-a (donja mrvla točka), a nakon čega se ventil zatvara. U stvarnom ciklusu, na učinkovitost punjenja cilindra utječe brzina rada motora, njegova rezonantna frekvencija i temperatura atmosferskog zraka.

**Faza kompresije (2-3):** U teorijskom ciklusu, hod klipa prema gore uz zatvorene ventile smanjuje volumen cilindra. Povećanje tlaka uzrokuje zagrijavanje plina (atmosferskog zraka) sve dok ne dosegne TDC (gornju mrvlu točku). U tom je trenutku temperatura mnogo viša od one potrebne za paljenje goriva. Kompresija zraka zahtijeva ulaz energije. U stvarnom ciklusu, na tlak i temperaturu koji su rezultat kompresije utječu brzina rada motora i temperatura stijenki cilindra (sustav hlađenja).

**Faza kompresije i ekspanzije (3-4-5):** U teorijskom ciklusu, gorivo se ubrizgava u cilindar (3-4) i dolazi u dodir s komprimiranim zrakom, koji uzrokuje zagrijavanje i paljenje goriva. Izgaranjem se dobiva toplina (Q1) potrebna za održavanje prethodno dosegнутог tlaka dok god je omogućena opskrba gorivom. Visoki tlak silom gura klip prema dolje, gdje ga sklop koljenastog vratila i ojnice pretvara u okretni moment. Kad se ubrizgavanje zaustavi, tlak i temperatura plinova padaju (5-6). U ovoj se fazi vraća energija koja je dodana tijekom kompresije, kao i energija dobivena u obliku topline postupkom paljenja, a koja se pretvara u mehaničku energiju.

Način na koji se gorivo ubrizgava i razvoj postupka izgaranja čimbenici su koji imaju najveći utjecaj na stvarnu izvedbu dizelskog ciklusa. Radni takt motora dijeli se na tri jasno razlikovana razdoblja: odgodu paljenja, vrijeme odgode (Tr) i paljenje.

**Faza ispuha (6-2-1):** U teorijskom ciklusu, otvaranje ispušnog ventila omogućuje pražnjenje cilindra uslijed smanjenog volumena uzrokovanih hodom klipa prema gore. Izbacivanje ispušnih plinova rezultira gubitkom topline nakon što isti izađu iz cilindra. Nakon vremena ispušta, ciklus se nastavlja kontinuirano ponavljati na način da jedan od svaka četiri takta rezultira mehaničkim radom.

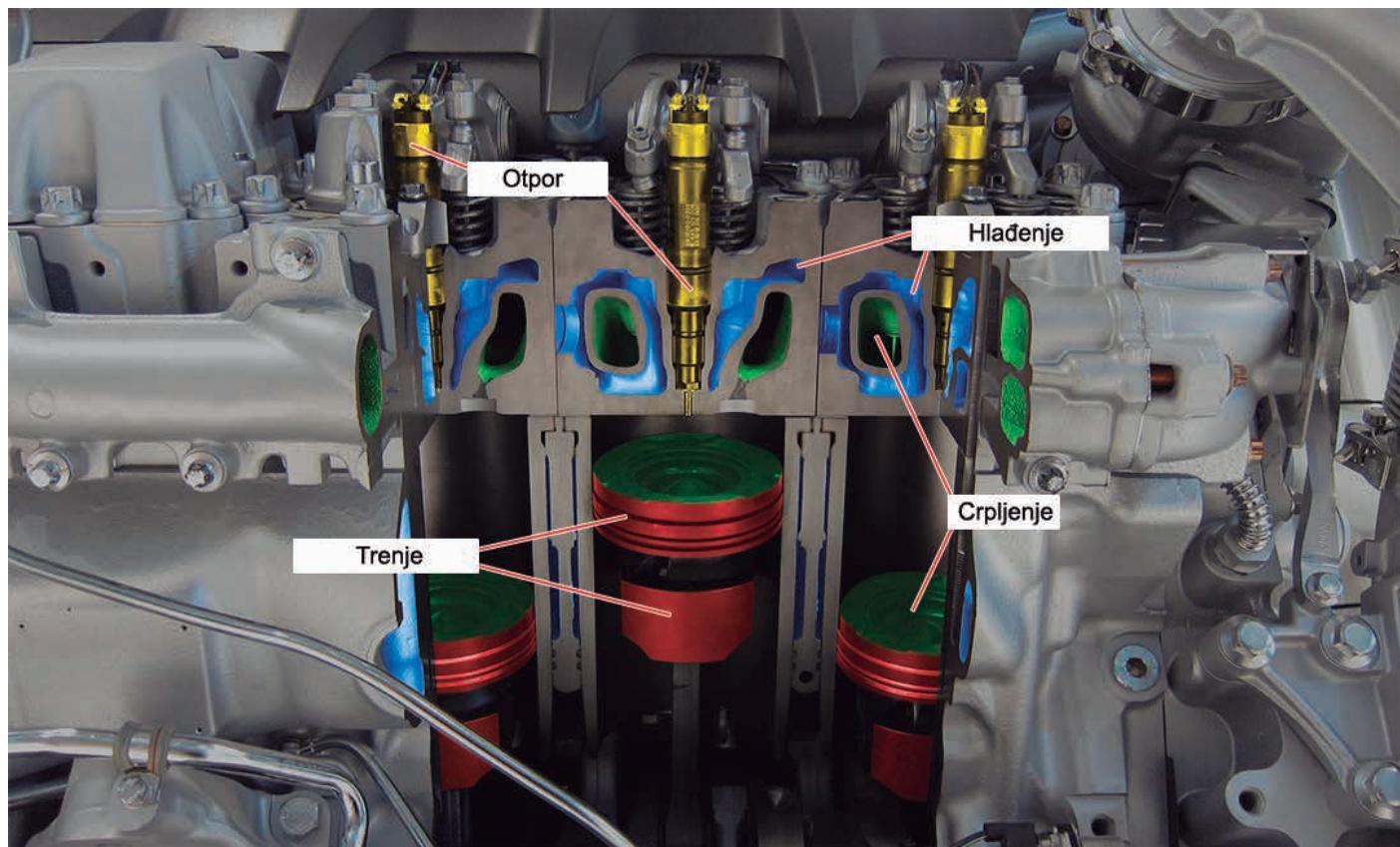


U stvarnom ciklusu, nakon završetka radnog ciklusa, dio plinova automatski se usmjerava u vanjsku okolinu putem ispušnog ventila, a što se postiže preostalim tlakom koji je još uvijek prisutan nakon isteka vremena izgaranja. To znači da se dio topline dobivene pomoću goriva gubi kroz ispuh. Otvaranje ispušnog ventila (EVO) prije BDC-a gotovo je obvezno za postizanje učinkovitog pražnjenja cilindra jer je kretanje prema naprijed prilikom zatvaranja ispušnog ventila (EVC) neminovno iz mehaničkih razloga.

## GUBICI ENERGIJE MOTORA

Uz manjkavosti stvarnog dizelskog ciklusa, potrebno je razmotriti i nedostatke uključene u njegovu praktičnu izvedbu kao stupnog motora. Fizički zahtjevi mehaničkog dizajna, toplinsko ponašanje materijala i rad pri promjenjivim brzinama rezultiraju gubicima koji utječu na

konačni radni učinak. To znači da se samo dio ukupne toplinske energije oslobodjene postupkom izgaranja pretvara u mehaničku energiju koja je namijenjena izvođenju rada, odnosno pogonu vozila ili bilo kojem drugom radu.



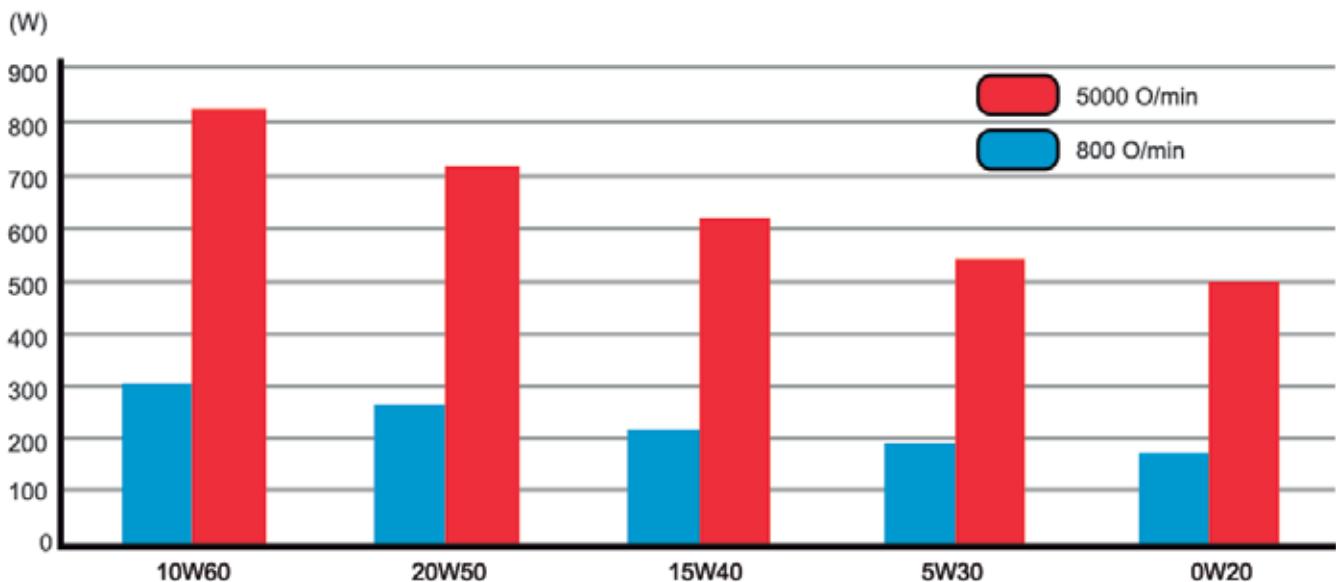
Najznačajniji gubici energije kod dizelskih motora uzrokovani su sljedećim:

**Hlađenje:** Metali od kojih je motor izrađen „nestabilni“ su na temperaturama koje uzrokuju izgaranje dizelskog goriva (postoji opasnost od širenja i taljenja), zbog čega je potreban sustav hlađenja. Toplina koju osloboodi sustav hlađenja ne povećava temperaturu i tlak plinova te, prema tome, predstavlja gubitak koji nastaje uglavnom tijekom faze izgaranja-širenja i u manjoj mjeri u fazi kompresije.

**Crpljenje:** Presjek otvora ventila ograničen je dizajnom cilindara i bregova i može u određenim točkama ograničiti protok punjenja i pražnjenja cilindara. Gustoća usisanog zraka i plinova nastalih izgaranjem odlučujući su čimbenici u ovom pogledu. Kad su promjene u volumenu cilindra tijekom faza usisa i ispuha veće od protoka plinova dopuštenog od strane ventila, na glavi klipa stvaraju se sile koje djeluju u smjeru suprotnom od njegovog smjera kretanja, a čime nastaje otpor koji je potrebno nadjačati dodatnom primjenom mehaničke energije.

**Otpor:** Stlačivanje goriva za potrebe ubrizgavanja, podmazivanje pokretnih dijelova motora i hlađenje sklopa općenito se izvodi dobavom tekućina putem crpki. Za pogon ovih pokretnih dijelova uobičajeno se koristi dio rotacijske sile motora, a čime se s druge strane stvara gubitak snage u motoru.

**Trenje:** Sile trljanja i trenja koje djeluju između elemenata dok su u međusobnom dodiru neizbjegljiva su pojava kod nekih sastavnica motora koje rade bez podmazivanja. Čak i u slučaju podmazivanih elemenata, viskoznost maziva stvara sile protivne kretanju, a čija se snaga pojačava zajedno s povećanjem brzine rada.



Gubici uslijed trenja mogu biti značajni, posebice u slučaju prstena klipa zbog njihove velike brzine kretanja, ali i na ojnicama i glavnim ležajevima zbog njihove velike kontaktne površine. Kretanje zupčastog remena i pogonske remenice također stvara određenu količinu trenja.

## IZGARANJE UGLJKOVODIKA

Toplina potrebna za povećavanje ili održavanje tlaka unutar cilindara motora kod dizelskih se motora dobiva oksidacijom različitih ugljikohidrata prisutnih u dizel gorivu, a kao rezultat njihove reakcije s



kisikom u atmosferskom zraku ( $O_2$ ).

Kasnije, spoj kisika s ugljikom stvara ugljikov dioksid ( $CO_2$ ), a njegov spoj s vodikom stvara vodu ( $H_2O$ ) u onim slučajevima kad je kemijska reakcija potpuna i savršena.

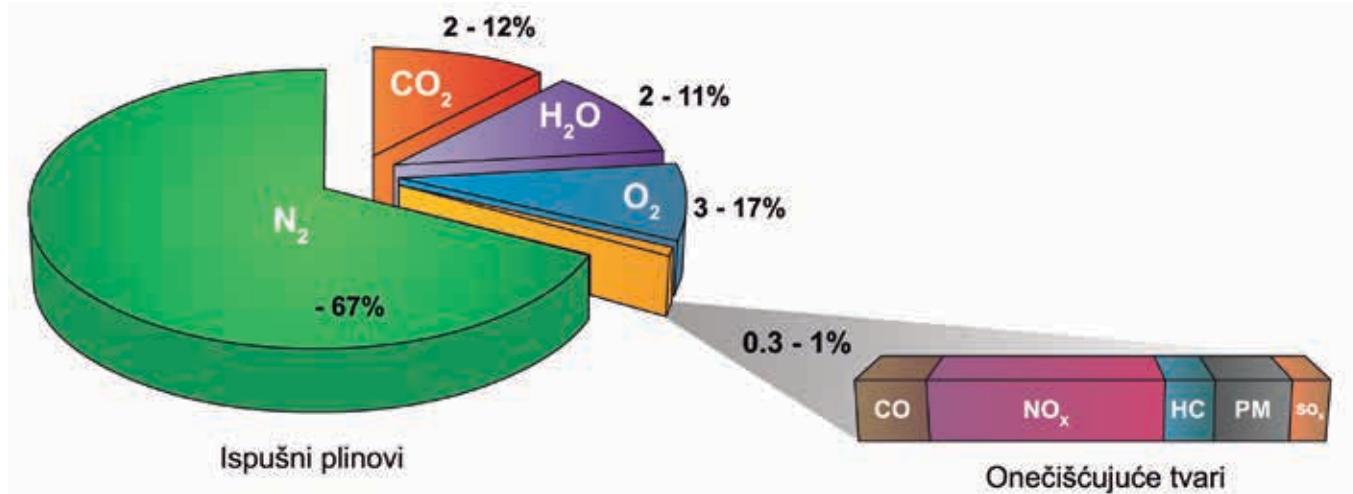
Da bi se ovo dogodilo, **dva osnovna uvjeta** moraju biti ispunjena, koja, unatoč njihovoj kemijskoj jednostavnosti, nisu uvijek prisutna u brzim motorima.

- Proporcionalnost među reakcijskim elementima:** Dizelski motor zahtijeva 14,5 grama zraka za svaki gram goriva (**14,5:1**) kako bi u potpunosti oksidirao dizelsko gorivo (stehiometrijski omjer). Primjenom ovog omjera, moguće je izračunati toplinsku energiju koja se oslobađa i masu rezultirajućih produkata na kraju reakcije.
- Dostatna temperatura:** Da bi se oksidacijska reakcija aktivirala, potreban je dodatni početni dio energije koji je namijenjen povećavanju temperature ugljikovodika ( $CxHx$ ) iznad njihove temperature samozapaljenja. Tekući dizel mora prijeći u plinovito agregatno stanje u kojem sile privlačenja između njegovih molekula nestaju i u kojem se ugljikovodici mogu mijesati sa zrakom (kisik). Nemogućnost postizanja savršenog i homogenog izgaranja znači da dizelski motori rade s viškom zraka. Usprkos tome, u određenim radnim uvjetima odvija se djelomično (nepotpuno) izgaranje koje, uz smanjenje izlazne snage, proizvodi ugljikov monoksid (CO), lake ugljikovodike (HC-ovi) i čestične tvari.

# ONEČIŠĆENJE DIZELOM

„Stvarni“ dizelski radni ciklus značajno se, među ostalom, razlikuje od „teorijskog“ ciklusa zbog rezultirajuće promjene agregatnog stanja goriva i gubitka energije. Praktična izvedba dizelskog radnog ciklusa, osobito kod takta izgaranja, također uključuje manjkavosti povezane uz ograničenja nametnuta sustavom ubrizgavanja, visokom radnom brzinom i nekim kemijskim reakcijama koje početno nisu očekivane.

Čak i pri radu s viškom zraka, oksidacija ugljikovodika može biti nesavršena u određenim zonama. To, uz smanjenje toplinske učinkovitosti postupka, također uzrokuje proizvodnju ugljikovog monoksida (CO), čestičnih tvari (PM) i ugljikovodika (HC) u plinovitom stanju, a koji su sadržani u ispušnim plinovima.



Usto, prisutnost određenih tvari u komori za izgaranje koji „u teoriji“ ne sudjeluju u reakciji izgaranja omogućuje paralelno odvijanje „parazitskih“ kemijskih reakcija, kao i pojavu njihovih pripadajućih krajnjih produkata (**NOx** i **SOx**). Zbog svih navedenih razloga, ispušni plinovi današnjih brzih dizelskih motora sadrže mali dio onečišćujućih tvari, koje, po pravilu, ne premašuju 1% ukupne količine, a preostali dio čine ugljikov dioksid (**CO<sub>2</sub>**) i vodene pare (**H<sub>2</sub>O**) koje nastaju pravilnim i potpunim izgaranjem ugljikovodika, plus višak zraka koji nije sudjelovao u reakciji (**N<sub>2</sub>** i **O<sub>2</sub>**).

Relativni udio plinova koji ne zagađuju okoliš u najvećoj mjeri ovise o stanju opterećenja motora i volji vozača (brzina/opterećenja). Oni određuju količinu goriva koja će se ubrizgati, kao i omjer goriva u odnosu na masu zraka koji ispunjava cilindre. Onečišćujuće tvari u većoj mjeri nastaju kao rezultat uvjeta pod kojima se izgaranje odvija, a koje je jasno uvjetovano promjenama u temperaturi, tlaku i vrtloženju unutar komore za izgaranje uzrokovanim radom pod promjenjivim opterećenjima i brzinama, kao i ograničenjima karakterističnim za sustav za ubrizgavanje goriva.

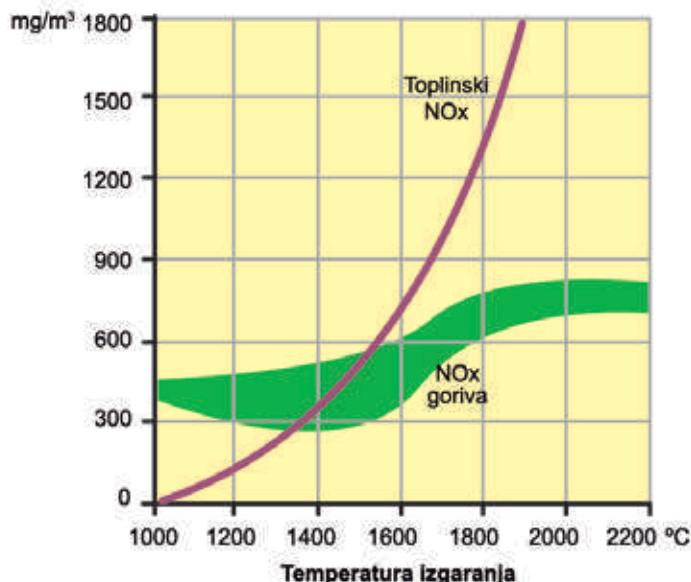
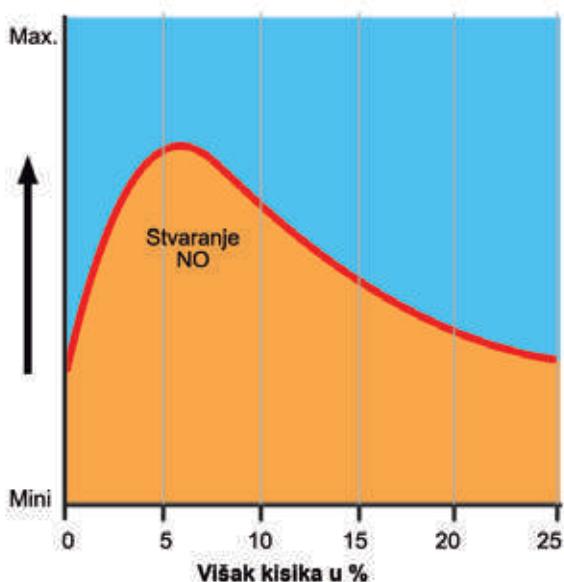
## Ugljikov dioksid (CO<sub>2</sub>)

Ugljikov dioksid plin je čije se molekule sastoje od dva atoma kisika i jednog atoma ugljika. Proizvodi se potpunim izgaranjem ugljika i, što je njegova koncentracija veća, to je proces izgaranja kvalitetniji. On nije štetan za žive organizme, ali povećanje njegove koncentracije u atmosferi može uzrokovati klimatske promjene na globalnoj razini uslijed učinka staklenika. Oko 41% antropogenih stakleničkih plinova (nastalih ljudskim djelovanjem) koji se ispuštaju svake godine moguće je izravno pripisati prijevozu, od čega se vjerojatno najveći dio pripisuje dizelskim motorima.

## Dušikovi oksidi (NOx)

Dušikovi oksidi (NO i NO<sub>2</sub>) koji nastaju u postupku izgaranja predstavljaju približno 50% ukupnih emisija onečišćujućih tvari kod suvremenih dizelskih motora i posljednjih su godina postali njihov glavni nedostatak.

U dovoljnim koncentracijama mogu smanjiti udio O<sub>2</sub> u zraku i oštetiti vlažna tkiva (osobito dišni sustav), a ovisno o koncentraciji mogu uzrokovati i gušenje. U koncentraciji u kojoj se nalazi u atmosferi dušikov monoksid plin je niske toksičnosti, dok je dušikov dioksid plin koji je iznimno nadražujuć i zagušljiv. Spoj NO<sub>2</sub> s vlagom u zraku stvara dušičnu i nitratnu kiselinsku koju utječe na žive organizme u obliku kiselih kiša, mijenjaju mineralni sastav tla i uzrokuju eroziju materijala i instalacija.

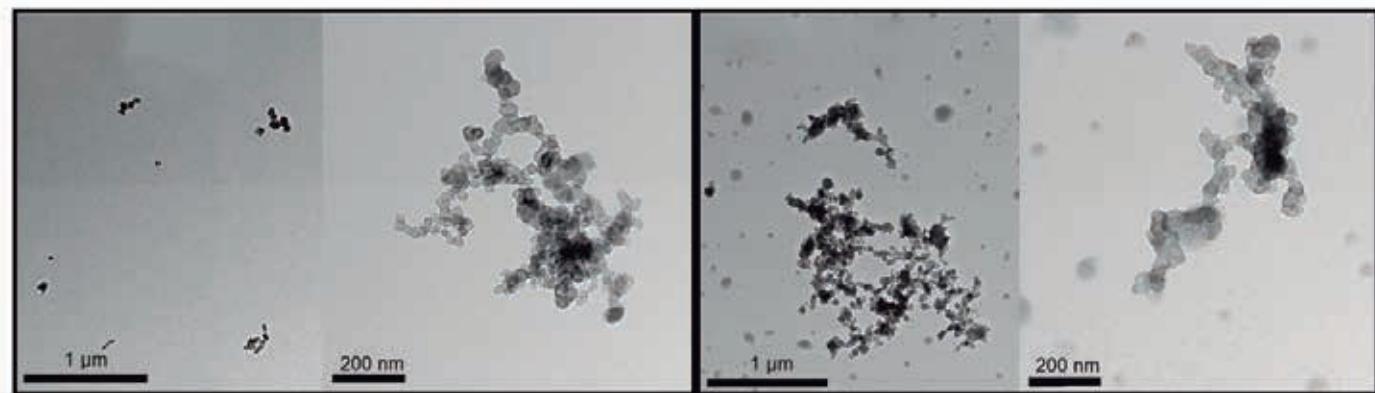


### Ugljikovodici (HC)

Emisije ugljikovodika rezultat su neizgorjelog goriva, koji je rezultat nepotpunog izgaranja. Ugljikovodici nastaju u obliku različitih spojeva, ovisno o vrsti goriva te na različite načine djeluju na tijelo. Neki od ugljikovodika ispuštenih u atmosferu imaju slabiji utjecaj na zdravlje (poput nadraživanja osjetilnih organa), dok drugi, poput benzena, mogu biti puno štetniji i opasniji jer su kancerogeni.

### Ugljikov monoksid (CO)

Nedostatak kisika pri izgaranju dovodi do nepotpunog izgaranja i stvaranja CO umjesto  $\text{CO}_2$ . Prisutnost veće koncentracije ugljikovog monoksida u ispušnim plinovima ukazuje na postojanje bogate početne smjese ili na nedostatak kisika. Ugljikov monoksid zapaljiv je i vrlo otrovan plin bez mirisa i boje koji može uzrokovati smrt ako se udiše u visokim koncentracijama. U visokim koncentracijama i pri dugim vremenima izloženosti može uzrokovati nepovratnu pretvorbu hemoglobina u krvi, odnosno molekula zaduženih za prijenos kisika iz pluća do tjelesnih stanica. Masene koncentracije ugljikovog monoksida veće od 0,3 % su smrtonosne.



### Čestične tvari (PM)

To su emisije koje su lako primjetne zbog gustog crnog dima koji nastaju zbog njih. Nastaju tijekom nepotpunog izgaranja bogatih smjesa goriva (dizel, CH) kod kojih motor radi pod punim opterećenjem, ali pri niskoj i srednjoj brzini. Navedeno se događa kada se ubrizga velika količina goriva pri čemu jedan dio te količine ne najde na dovoljan volumen kisika oko sebe koji je potreban za odvijanje oksidacije. Time se nakon izgaranja stvaraju dugi lanci djelomično oksidiranih ugljikovodika koji su skloni pregrupiranju u obliku čade (ugljik).

Čađu čine male usitnjene nečiste čestice ugljika (do 100 nanometara) i njezina boja tamnija je od pepela. Budući da su tako male, kad ih se udahne one ulaze u krvotok i prenose se do stanica zajedno s hranjivim tvarima, a zbog čega dolazi do izmjena u stanicama koje kasnije mogu rezultirati rakom. Drugi učinci na zdravlje koje mogu uzrokovati čestice zadržane u atmosferi su alergije, astma i problemi s disanjem.

## Sumporov dioksid ( $\text{SO}_2$ )

On potiče iz sumpora sadržanog u gorivu (dizel) uslijed činjenice da je sumpor element koji je prirodno sadržan u sirovoj nafti. Koncentracija sumpora može se razlikovati ovisno o kvaliteti korištenog tipa sirove nafte. Što je gorivo teže, to je udio sumpora veći a kvaliteta niža jer sumpor ne sudjeluje u postupku izgaranja kojim se proizvodi energija.

On je bezbojni plin oštra mirisa koji stvara sumporov dioksid koji nastaje kao nusprodukt izgaranja. Usto, on je element koji je štetan na okoliš

jer kad dođe u kontakt sa zrakom, on se oksidira i pretvara u sulfat i sumpornu kiselinu suspendiranu u male čestice, a koje se u konačnici talože i uzrokuju kisele kiše.  $\text{SO}_2$  uzrokuje nadraživanje kože kod ljudi, kao i probleme povezane uz dišni sustav (pluća i nosne šupljine). Sumpor također brzo razgrađuje ulje i smanjuje učinkovitost filtra čestica, čime doprinosi povećanju emisija čađe iz motora. Da bi smanjili emisije  $\text{SO}_2$ , proizvođači goriva moraju pročistiti sirovu naftu u svrhe smanjivanja koncentracije sumpora.

## EUROPSKI PROPISI

U Europskoj uniji postoji zakonodavstvo koje regulira ograničenja emisija koje proizvode motori s unutarnjim izgaranjem. Navedeno se čini temeljem niza normi i direktiva koje su primjenjive na sva nova vozila prodana u državama članicama. Emisije ugljikovog monoksida (CO), dušikovih oksida (NO<sub>x</sub>), ugljikovodika (HC) i čestica čađe (PM), regulirane su za većinu vozila i na iste se primjenjuju različite norme, ovisno o njihovim značajkama.

Jedan primjer prethodno navedenog zakonodavstva je program CAFE – „Čisti zrak za Europu“ (Clean Air For Europe), koji je osmišljen u svrhe povećanja kvalitete zraka nametanjem obveza kroz norme i direktive, a koje se odnose na smanjenje emisija nastalih u okviru prometnog sektora. Proteklih godina, ove norme i direktive postale su iznimno stroge, što je rezultat povećavajućeg onečišćenja okoliša; poznate su pod nazivima EURO 1, EURO 2, EURO 3, EURO 4, EURO 5 i EURO 6, pri čemu je svaka stroža od prethodne.

Dizel						
Tip	Datum	CO	HC	HC + NO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	PM
<b>Euro 1</b>	Srpanj 1992.	2,72	-	0,97	-	0,14
<b>Euro 2</b>	Siječanj 1996.	1	-	0,7 (*) - 0,9 (**)	-	0,08 (*) – 0,10 (**)
<b>Euro 3</b>	Siječanj 2000.	0,64	-	0,56	0,50	0,050
<b>Euro 4</b>	Siječanj 2005.	0,50	-	0,30	0,23	0,025
<b>Euro 5</b>	Rujan 2009.	0,50	-	0,23	0,18	0,005
<b>Euro 6</b>	Rujan 2014.	0,50	-	0,17	0,08	0,0045

\* Motor s neizravnim ubrizgavanjem    \*\* Motor s izravnim ubrizgavanjem

Prijenos evolucije normi i ispitivanja plina za potrebe homologacije, a koji postaju sve kompletniji i stroži, **na obvezne tehničke pregledе vozila** nije izravno u svakoj državi. Iako postoji određen odnos u pogledu maks. dopuštenih vrijednosti CO-a, normom nisu obuhvaćene sve onečišćujuće tvari, a ne podliježu ni sve periodičnim pregledima. Usto, za njihovo mjerjenje/ocjenu primjenjuju se različiti sustavi i metode.

Da bi se osigurala pravilna sukladnost s normama protiv onečišćenja, sastavljena je **EOBD** norma (**europska autodijagnostika**). Ovo je dijagnostički sustav koji je ugrađen u samo vozilo i koji je namijenjen praćenju senzora vozila i bilježenju izmjerениh vrijednosti, pohrani

podataka o kvaru u sastavnicama za upravljanje motorom i pregledavanju parametara povezanih uz sustave za kontrolu onečišćenja.

Smanjenje emisija onečišćujućih tvari koje nameće norma moguće je postići isključivo na dva načina:

- sprecavanjem njihovog nastanka
- ili osiguravanjem da njihova kemijska pretvorba rezultira tvarima ili spojevima koji ne zagađuju okoliš.

# SMANJENJE ONEČIŠĆUJUĆIH TVARI U PROCESU IZGARANJA

## EVOLUCIJA DIZELSKIH MOTORA

Rastuća potražnja za dizelskim vozilima na europskom tržištu nauštrb benzinskim vozilima, zajedno sa sve strožim normama za homologaciju, potakle su značajnu tehničku evoluciju koju su ovi motori doživjeli kroz protekla tri desetljeća. Potrebno je povećati izlaznu snagu motora, a istovremeno smanjiti potrošnju goriva te izravno i proizvedene količine CO<sub>2</sub>. Da bi se to postiglo, napor su usmjereni na dva glavna aspekta: kontrolu izgaranja i smanjenje izravnih i neizravnih gubitaka energije.

Glavna primijenjena rješenja su sljedeća:

- **Prednabijanje motora:** Korištenje turbopuhala s odušnim ventilom, promjenjive geometrije i s dvostupanjskim sustavom. Trenutno postoje izvedbe motora s tri turbopuhala, ali njihova dostupnost na tržištu je ograničena.
- **Reguliranje započinjanja ubrizgavanja i količine ubrizganog goriva:** Korištenje elektronski upravljanog ubrizgavanja i ubrizgivača sa sve bržim i bržim reakcijama i preciznijim doziranjem, rad s tlakovima ubrizgavanja koji se postupno povećavaju i ubrizgivačima s većim brojem otvora za ubrizgavanje manjih veličina, ubrizgavanje izravno u središte komore za izgaranje i isprekidana opskrba gorivom.
- **Upravljanje vrtložnim gibanjem u komori za izgaranje:** S nekoliko vodova za usis i promjenjivim presjecima vodova za protok plina.
- **Elektronički upravljano prilagodljivo hlađenje.** Radni učinak sustava optimiziran je na temelju opterećenja motora, okolišne temperature i temperature ispušnih plinova, a u svrhe sprečavanja prekomjernog hlađenja komore za izgaranje. Aktivno hlađenje glava klipova provodi se elektronički upravljanim protokom ulja.
- **Smanjenje trenja u sastavnicama niza zupčanika i zupčastog remena stapnog motora:** Prsteni i cilindri izrađeni od određenih materijala, zupčasti lanac ili remen u uljnoj kupelji, koljenasta vratila na čahurama protiv trenja, i klipovi s oblogama s niskim razinama trenja.
- **Maziva niske viskoznosti i elektronički reguliran tlak podmazivanja:** Variabilni protok/tlak ulja sukladan radnim uvjetima motorima.
- **Kontrola punjenja pametnog alternatora:** Izlazna snaga generatora regulirana elektroničkim putem na temelju stanja punjenja akumulatora i okretnog momenta koji zahtijeva vozač.
- **Smanjenje potrošnje električne energije u upravljačkom sustavu motora:** Koriste se senzori i aktuatori koji zahtijevaju manji napon i struju za rad. Prijenos signala u digitalnom obliku povećava preciznost i pouzdanost informacija, dok istovremeno smanjuje potrošnju električne energije.
- **Aktivno grijanje motora:** Smanjenje vremena potrebnog za dosezanje optimalne radne temperaturе. Zaustavljanje protoka hlađenja i aktivacija svjećica nakon hladnog pokretanja potiču br



# PRILAGODLJIVO OSVJETLJENJE

Količina kisika i dušika u komori za izgaranje usporedivo je veća u dizelskom motoru s prednabijanjem nego u motorima s prirodnim usisom s jednakim volumenom cilindara te je, posljedično, i količina NOx emisija također veća. Međutim, emisije CO-a i HC-a su niže. Rješenje koje su proizvođači primjenili u svrhe što je većeg mogućeg smanjenja NOx-a nastalog pod ovakvim okolnostima, a bez smanjenja toplinske učinkovitosti, sastoji se od preusmjeravanja dijela ispušnih plinova natrag u krug motora za usis zraka korištenjem tehnike zvane **EGR** (recirkulacija ispušnih plinova).

Ono ima sljedeće prednosti:

- smanjuje hlađenje uzrokovano obnavljanjem punjenja
- smanjuje količinu zraka u odnosu na dušik, dok istovremeno obogaćuje smjesu
- potiče raspršivanje, probijanje i uplinjavajuće goriva
- usporava postupak izgaranja
- smanjuje emisije HC-ova i CO-a pri iznimno niskom opterećenju (prazan hod).

Istovremeno, ono također ima sljedeće nedostatke:

Krug za usis postaje onečišćen uslijed prisutnosti čađe, a čime se komplikira punjenje cilindra.

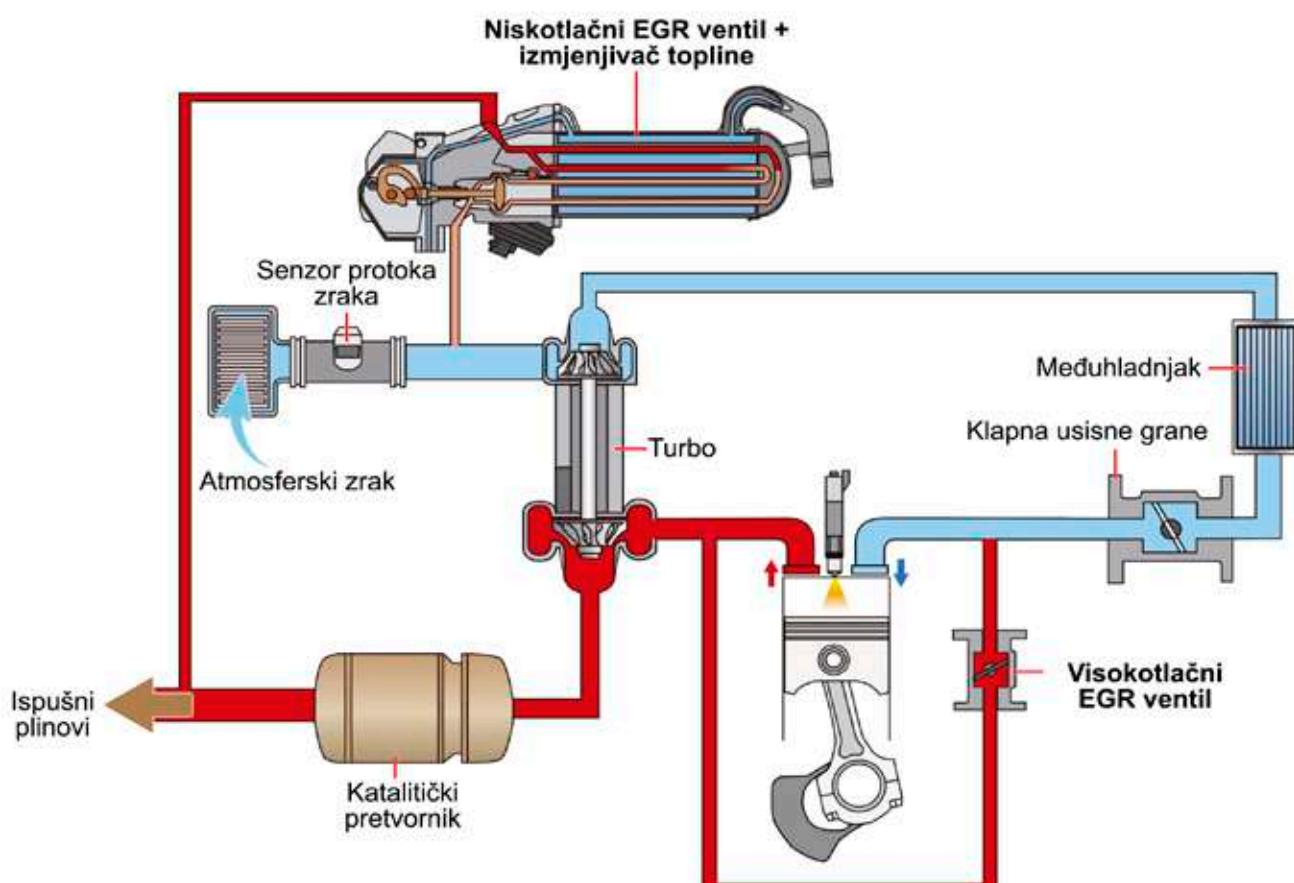
Povećava proizvodnju čestica uslijed nedostatka kisika i niske temperature.

## Evolucija EGR sustava

Razvoj sustava usmjeren je ka **poboljšanju njegove preciznosti i povećanju radnog raspona**. Raniji sustavi **radili su** isključivo za **vrijeme praznog hoda** dok današnji sustavi ostaju aktivni, osim pri radu pri iznimno visokom opterećenju. Masa recirkuliranih plinova također se koristi tijekom faze zagrijavanja motora i **time omogućuje dosezanje radne temperature u što kraćem vremenu**. Protok recirkuliranih plinova kod EGR sustava **smanjuje protok plinova preko turbine turbopuhala na ispušne plinove**, a čime smanjuje njegov kapacitet prednabijanja pri niskim brzinama i brzinu reakcije.

Kod **sustava s dvostrukim EGR-om**, niskotlačni ispušni plinovi usmjeravaju se prema strani turbopuhala namijenjenoj usisu, čime se osiguravaju potrebne količine za punjenje uz minimalni utjecaj na njegov radni učinak. Kinetička energija kojom oni opskrbljuju rotor dok prolaze prema turbinu na ispušne plinove jednaka je energiji koju oni „prikupe“ na strani za usis i kompresiju. Preusmjeravanjem ispušnih plinova nakon obrade istih u sustavima za sprječavanje onečišćenja (niskotlačni krug) **onemogućuje se prisutnost čestičnih tvari (PM)** u plinu za punjenje i dodatno smanjuje sadržaj kisika. Dio O<sub>2</sub> koji ne sudjeluje u postupku izgaranja spaja se s drugim elementima u katalitičkom pretvorniku (pretvorba CO u CO<sub>2</sub> i HC-ova u CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O), što znači da je **njegova koncentracija još niža**.

Da bi se dodatno smanjila količina dušikovih oksida, ispušni se plin hlađi dok je motor zagrijan, na način da prolazi kroz vodom hlađeni hladnjak sustava za recirkulaciju ispušnih plinova.

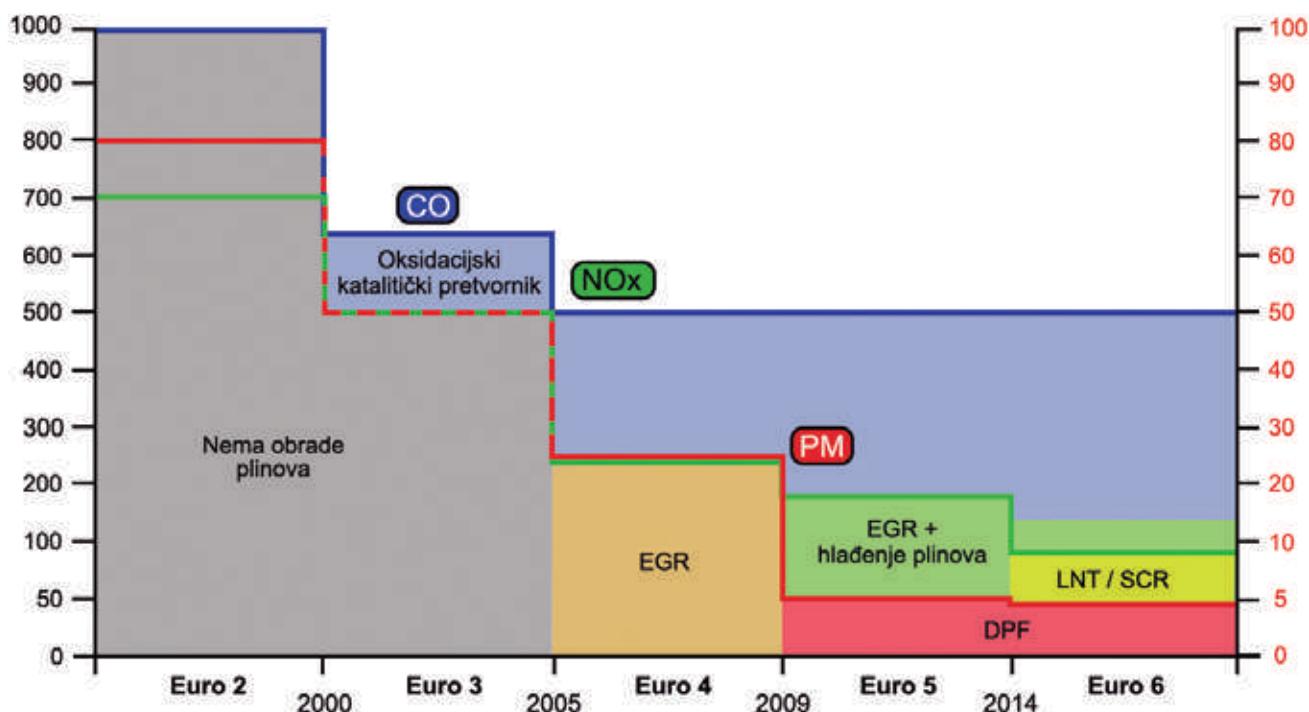


# SASTAV ISPUŠNIH PLINOVA

Tehnička rješenja koja proizvođači pokušavaju primijeniti u svrhe poboljšanja izgaranja nisu dovoljna za osiguravanje sukladnosti s ograničenjima propisanim u okviru homologacije. Godinama su se za potrebe dobivanja homologacije ulagali naporci kojiima su se onečišćujuće tvari koje nastaju postupkom izgaranja nastojale pretvoriti u tvari koje nisu štetne za zdravlje ili okoliš, a navedeno se

činilo korištenjem sustava za redukciju ili kemijsku pretvorbu.

Različita fizikalna i kemijska priroda onečišćujućih tvari koje proizvode dizelski motori znači da su za njihovu pretvorbu potrebni i pasivni i aktivni sustavi posebno dizajnirani za smanjenje količine svake od njih.

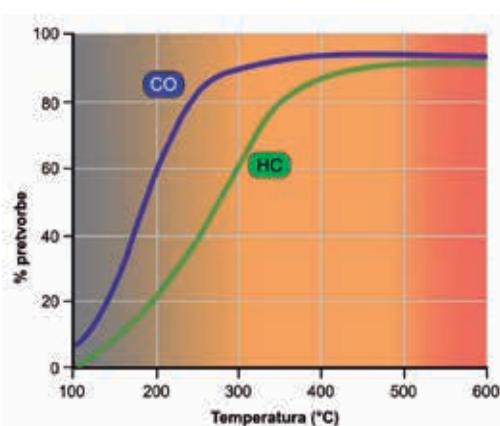


Razvoj, primjena ili evolucija trenutno postojećih sustava protiv onečišćenja u mnogim slučajevima odgovara primjeni novih normi, bilo zbog uključivanja ispitivanja za tvari koje prethodno nisu bile razmatrane, ili zbog potrebnog velikog smanjenja tvari koje su već obuhvaćene normama.

Sustavi za pretvorbu i obradu ispušnih plinova koji se koriste su sljedeći, a navedeni su kronološkim redom razvoja:

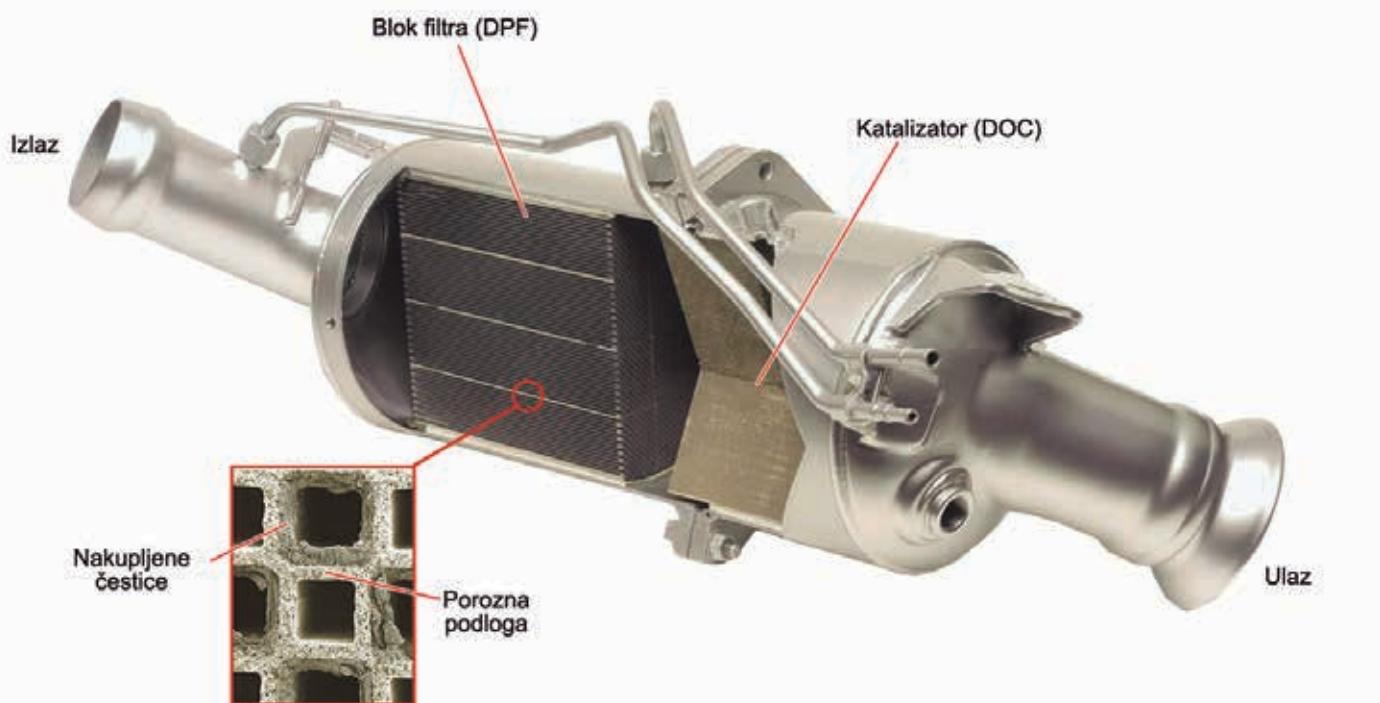
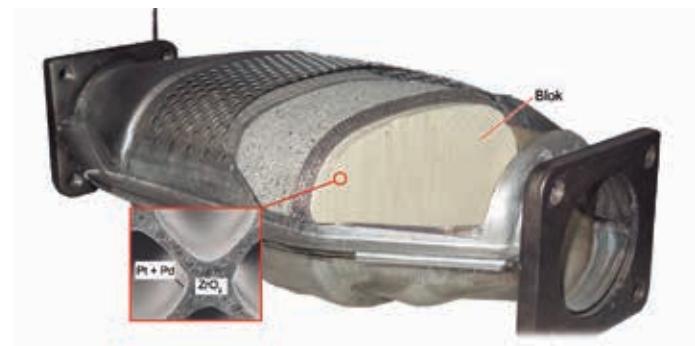
## Oksidacijski katalizator (DOC)

Onečišćujući plinovi nastali izgaranjem, općenito CO-a i HC-a, prolaze kroz kemijsku pretvorbu u oksidacijskom katalizatoru ugrađenom u dizelske motore. Ovaj katalizator oksidira ugljikov monoksid i neizgorene ugljikovodike, pretvarajući ih u ugljikov dioksid ( $\text{CO}_2$ ) i vodu ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Na ulazu za usis na katalizatoru, osim CO i HC plinova, prisutan je i NOx, čija se količina može smanjiti sustavom za recirkulaciju ispušnih plinova ako je isti montiran.



Oksidacijski katalizator sastoji se od kućišta od nehrđajućeg čelika s keramičkim blokom s unutarnje strane. Keramičko tijelo ima mrežu čelija čije su površine obložene slojem aluminijevog oksida s raspršenom platinom i paladijem. Kada ispušni plin prođe kroz čelije, one zagrijavaju katalitički pretvornik, započinjući pretvorbu onečišćujućih tvari u inertne tvari. Plemeniti metali oksidiraju ispušne plinove, smanjujući time koncentraciju ugljikovog monoksida i neizgorjelih ugljikovodika.

Oksidacijski katalitički pretvornik montiran je što je bliže moguće motoru, tako da može brzo postići temperaturu potrebnu za učinkovito izvođenje svoje funkcije. Kemijska reakcija oksidacije ugljikovog dioksida i ugljikovodika najučinkovitija je na temperaturama višima od 200 °C.



### Filtar krutih čestica (DPF)

Njegova je svrha filtrirati i skladištiti čestice čađe koje nastaju tijekom postupka izgaranja u motoru. Također osigurava izgaranje čestica čađe tijekom faze regeneracije.

Filter čestica sastoji se od keramičkog tijela izrađenog od silicijevog karbida i smještenog u metalno kućište. Ispušni plin cirkulira unutar filtra u malim paralelnim kanalima koji se alternativno zatvaraju. Njihove stijenke porozne su u pogledu ispušnog plina, ali ne i za čestice čađe koje se na njima zadržavaju. Stijenke keramičkog tijela obložene su kombinacijom platine i cerijevog oksida. Kad plinovi dođu u dodir s

oblogom od platine oni stvaraju dušikov dioksid ( $>\text{NO}_2$ ) koji uzrokuje oksidaciju čestica čađe kad temperatura poraste iznad 350 °C, što rezultira pasivnom regeneracijom filtra.

Pri temperaturama višima od 580°C, cerijev oksid koji se nalazi u oblogi ubrzava toplinsku regeneraciju zajedno s kisikom ( $\text{O}_2$ ). Ovaj proces započinje nakon što upravljačka jedinica motora aktivira regeneraciju. Za aktivaciju regeneracije u obzir se uzima mjerjenje očitano putem senzora diferencijalnog tlaka. Ovaj senzor mjeri tlak na ulazu i izlazu filtra čestica i šalje te informacije upravljačkoj jedinici motora u kojoj se onda utvrđuje stupanj zasićenosti filtra čestica.

### Redukcijski sustavi s odvajačem NOx-a za siromašnu smjesu (LNT)

Ovo je akumulacijski/katalitički sustav s odvajačem NOx-a. Njega čini otvorena kvadratna rešetkasta struktura s oblogom od platine i barijevog oksida, a isti je montiran iza DOC-a i, po pravilu, ispred DPF-a.

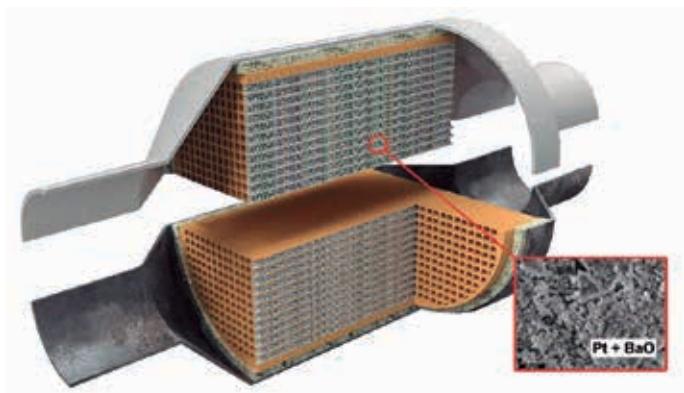
Za vrijeme iskorištanja siromašne smjese ( $\lambda > 1$ ), platina privlači NOx koji nastaje za vrijeme izgaranja i potpomaže oksidaciju NO-a na način da ga spaja s viškom  $\text{O}_2$  iz postupka izgaranja u svrhe stvaranja  $\text{NO}_2$ .

Zbog fizičke blizine, barijev oksid ( $\text{BaO}$ ) odvaja NOx u svrhe stvaranja nitrita  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  te se, prema tome, ova faza naziva apsorpcijska.

Upravljačka jedinica motora procjenjuje udio NOx-a iza akumulacijskog katalizatora putem NOx senzora. Visoki udio NOx-a ukazuje na zasićenje filtra, zbog čega je isti potrebno obnoviti pretvorbom zadržanog NOx-a u  $\text{N}_2$  i  $\text{H}_2\text{O}$ . Upravljačka jedinica motora zbog navedenog će nakratko **obogaćivati** omjer goriva/zraka sve dok se ne premaši kapacitet DOC-a za trenutnu pretvorbu. Prisutnost **HC-ova** i **CO-a-a** u akumulacijskom

katalizatoru, zajedno s prisutnošću niske razine O<sub>2</sub> uzrokuje raspadanje nitrita i oslobađanje N<sub>2</sub> kad se njegovi atomi kisika spoje s CO kako bi nastao CO<sub>2</sub> ili s ugljikom i vodikom HC-ova pri čemu nastaju CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>O. Ovo omogućuje bariju da se vrati u svoje izvorno stanje (BaO) i povrati svoj kapacitet za apsorpciju i pohranu NOx-a.

Za vrijeme redukcijske faze, odnosno tijekom izgaranja, proizvodnja čestičnih tvari, CO-a i ugljikovodika privremeno se povećava, a što također rezultira povećanjem potrošnje goriva. Radni učinak LNT katalizatora na najvišoj je razini pri temperaturi između 150 i 450°C i smanjuje se, posebice tijekom faze regeneracije DPF filtra, uslijed visoke temperature ispušnih plinova koja je potrebna na duža vremenska razdoblja.



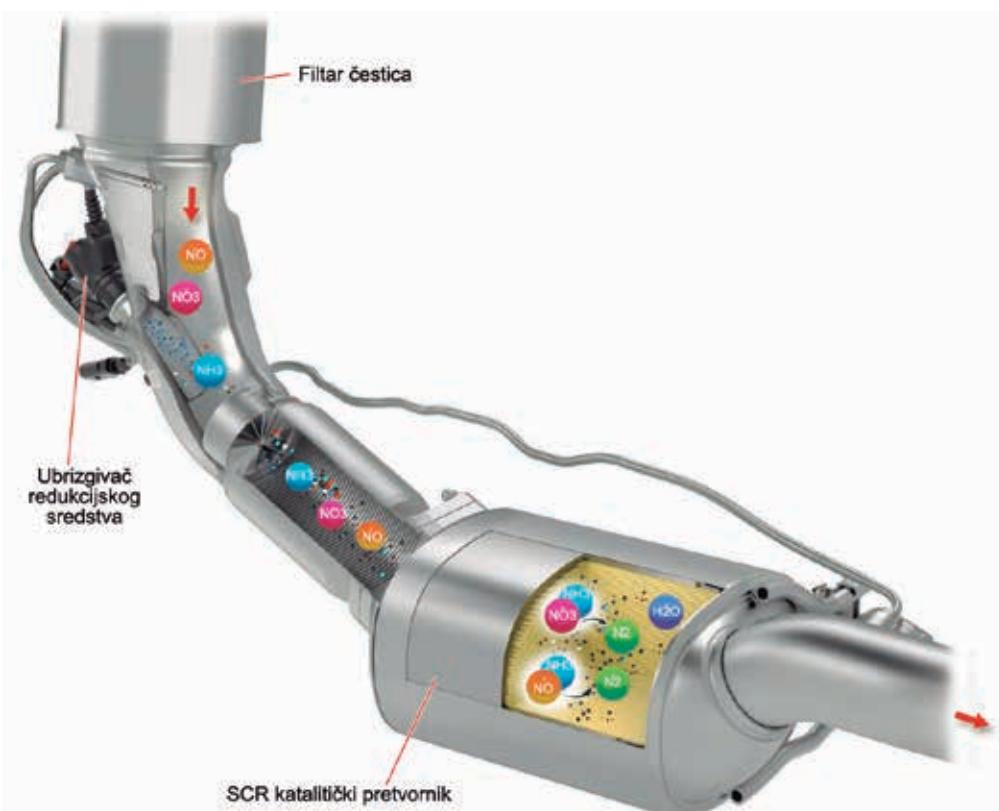
### Sustavi za selektivnu katalitičku redukciju NOx-a

Iznad opisani sustav povećava proizvodnju čestičnih tvari (PM) i njihovo nakupljanje u DPF filtru, koje uzrokuje češće postupke regeneracije i povećava potrošnju goriva. Druge alternative koje koristi većina proizvođača lakih vozila temelji se na SCR (selektivna katalitička redukcija) tehnologiji.

Glavna značajka ovog sustava dodatna je uporaba redukcijskog sredstva AdBlue za potrebe rada. Potrebnii kemijski elementi (AdBlue) ubrizgavaju se u protok ispušnih plinova putem ubrizgivača u svrhe postizanja kontinuirane pretvorbe NOx-a u N<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>O. Redukcijsko sredstvo AdBlue pretvara se u amonijak (NH<sub>3</sub>) postupkom termolize, odnosno, kemijskom reakcijom uvjetovanom toplinom i hidrolizom (vodom uvjetovanom kemijskom reakcijom).

- Termoliza: (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO → NH<sub>3</sub> + NHCO
- Hidroliza: HNCO + H<sub>2</sub>O → NH<sub>3</sub> + CO<sub>2</sub>

Ovim se postiže smanjenje NOx-a koje proizvodi motor od između 90% i 95%, a ovisno o temperaturi ispušnih plinova. SCR sustavi uglavnom se sastoje od specifičnog katalizatora, hidrauličnog kruga, senzora te elemenata aktuatora potrebnih za reguliranje količine aditiva ubrizganog u ispuh, a koje se provodi na temelju koncentracije NOx-a.



# Eure!Car®

CERTIFIED MASTERCLASSES

# techn

# auto



bilstein group®

febi  
bilstein

SWAG



BOSCH

brembo

CHAMPION

Gates

HELLA

KYB  
*Our Precision, Your Advantage*

MAHLE

Nissens®

DELIVERING THE DIFFERENCE

PHILIPS

SCHAFFLER

SKF®

# Technical education for professional automotive repairers

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

Continental

DENSO

EXIDE  
TECHNOLOGIES

FERODO

MANN  
FILTER

metelligroup  
AUTOMOTIVE PASSION

MONROE

Niterra

SNR®  
Brand of NTN corporation

TRW

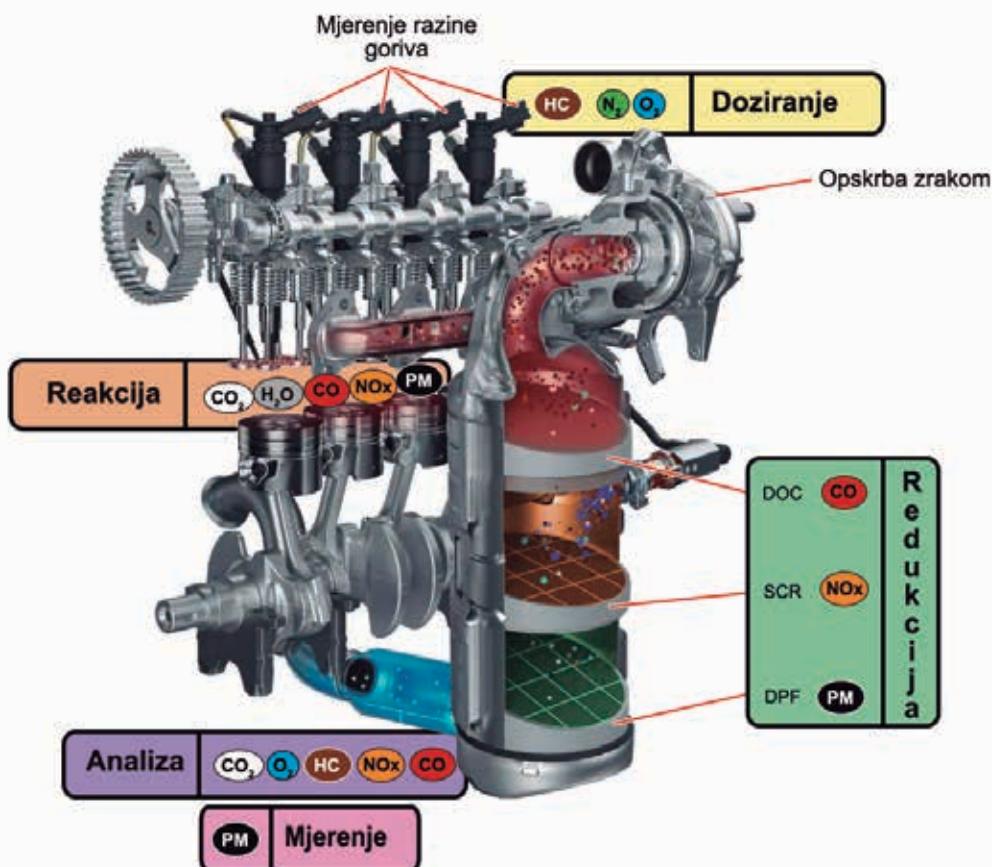
Valeo

VARTA®

ZF

## ANALIZA DIZELSKIH PLINOVA

# REGULIRANJE EMISIJA ISPUŠNIH PLINOVA U DIZELSKIM MOTORIMA



**Glavna svrha analize plina u suvremenim dizelskim motorima je praćenje učinkovitosti različitih sustava za kontrolu onečišćenja, čije loše funkcioniranje može, ali i ne mora utjecati na normalan radni učinak motora, a posljedično može biti i izravni uzrok različitih kvarova.**

Logično, najveće prihvatljive vrijednosti onečišćujućih tvari za svako vozilo ovise o sustavima protiv onečišćenja koji su ugrađeni u vozilo i potrebnoj normi koja se odnosi na homologaciju. Također je potrebno imati na umu da sposobnost redukcije kod nekih od njih nije apsolutna i da njihova učinkovitost u mnogim slučajevima ovisi o radnoj temperaturi i drugim vanjskim čimbenicima.

Rad aktivnih sustava protiv onečišćenja također ovisi o pravilnoj regulaciji koju provodi upravljačka jedinica, a što predstavlja funkciju koju je potrebno provjeriti pomoću dijagnostičkih instrumenata. Za

razliku od benzinskih motora, kod kojih je konačni sastav ispušnih plinova gotovo isti kroz kompletan radni raspon, bez obzira na opterećenje, kod dizelskih motora ovo se mora provesti u različitim radnim uvjetima i uzimajući u obzir emisije NOx-a.

Stvaranje čestičnih tvari, od kojih je većina nevidljiva, također je potrebno uzeti u obzir prije početka mjerena plinova. Uz obveznu kontrolu neprozirnosti dima (ispušnih plinova) ili provjeru učinkovitosti sustava za kontrolu razina čestica, prekomjerna proizvodnja čestica jasan je pokazatelj problema s doziranjem ili izgaranjem. Stvaranje čestičnih tvari izmjenjuje kemijski rezultat izgaranja, smanjuje proizvodnju CO<sub>2</sub> i povećava prekomjernu količinu O<sub>2</sub>, a čime se, ako je temperatura dovoljno visoka, potpomaže stvaranje NOx-a.

## OPREMA ZA MJERENE NEPROZIRNOSTI

Moguća proizvodnja plinova i čestičnih tvari tijekom reakcije izgaranja, koja je karakteristična za dizelske motore, zahtijeva uporabu dva neovisna mjerna instrumenta namijenjena njihovoj procjeni.

Već se dugi niz godina količina čestičnih tvari mjeri pomoći uređaju za mjerjenje neprozirnosti pri čemu je motor u fazi ubrzanja i kreće se od minimalne brzine do maksimalnog ograničenja broja okretaja. Time se

masa zraka koja ulazi u cilindar tijekom svakog radnog ciklusa povećava do određene brzine (maksimalna učinkovitost punjenja i maksimalni okretni moment) te se postupno smanjuje nakon te točke. Pod tim uvjetima, masa goriva ubrizganog tijekom svakog ciklusa regulirana je maksimalnom količinom primjenjenom tijekom ubrzavanja, a kasnije se mora smanjiti kako bi se brzina rada motora ograničila.

Budući da se provjera provodi pri promjenjivim brzinama, uz iznimno visoku razinu obogaćivanja i uz smanjenje protoka pri visokim brzinama,

mogućnost stvaranja čestičnih tvari najveća je pod ovim okolnostima, odnosno ako su punjenje zrakom ili doziranje goriva nepravilni ili ako postoje problemi s izgaranjem.

Većina uređaja za mjerjenje neprozirnosti dostupnih na tržištu radi u spoju sa stolnim ili prijenosnim osobnim računalom, koje provodi izračune i prikazuje rezultate mjerena.



## ANALIZA 5 PLINOVA

Sustavi za mjerjenje onečišćujućih tvari koji se koriste tijekom postupaka homologacije mjere absolutne i zbirne vrijednosti. To se čini jer se norme odnose na dopuštene količine po kilometru (na ispitnom stolu ili tijekom stvarne vožnje) utvrđene pod različitim uvjetima i u različitim radnim ciklusima. Apsolutna mjerena (po masi) tvari u slučaju plinova zahtijevaju akumulacijske volumene te primjenu sustava za detekciju ili odvajanje čija je cijena iznimno visoka te su, prema tome, praktički nedostupni radionicama.

S druge strane, analizatori dizelskih ispušnih plinova koji su dostupni i pristupačni radionicama, alati su za proporcionalno mjerjenje koji rade određivanjem relativnog sastava protoka plina pod uvjetima kontinuiranog i dovoljno stabiliziranog protoka.

Analizatori plina koji su prikladni za dizelska vozila moraju procijeniti sljedeće elemente:

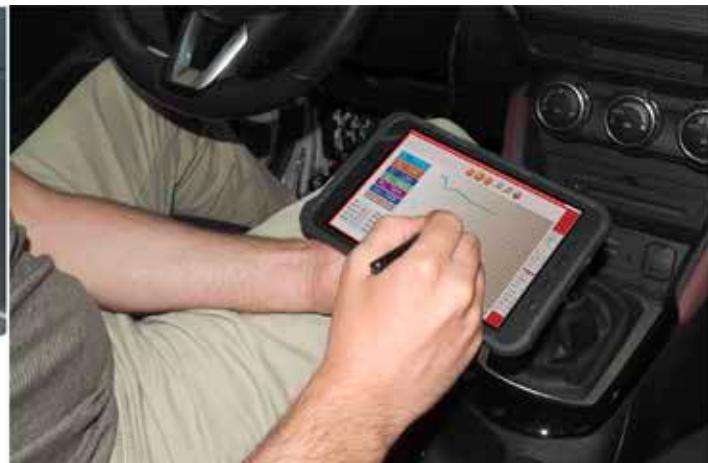
- **CO<sub>2</sub>**: Produkt potpunog izgaranja doziranog goriva, pretvorba CO-a u katalizatoru u CO<sub>2</sub> i stvaranje CO<sub>2</sub> kao rezultat razgradnje sredstva AdBlue u sustavima za SRC NOx-a.
- **O<sub>2</sub>**: Ostaci od izgaranja koji nisu bili uključeni u postupke pretvorbe onečišćujućih tvari.
- **CO**: Produkt nepotpunog izgaranja ugljikovodika koji se u katalizatoru mora pretvoriti u CO<sub>2</sub>,
- **HC**: Uplinjeno gorivo koje je potrebno oksidirati putem DOC-a.
- **NOx**: Rezultat spajanja O<sub>2</sub> i N<sub>2</sub> tijekom izgaranja ili u DOC-u. Njihova proizvodnja ograničena je EGR-om ili se pretvaraju u N<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub> pomoću LNT ili SCR sustava.

Početne 4 vrijednosti mogu se koristiti za matematički izračun doziranog omjera zraka/goriva ( $\lambda$  faktor) i to na temelju omjera plinova nastalih izgaranjem i na temelju neizgorljih ugljikovodika. Također je potrebno uzeti u obzir i stvaranje H<sub>2</sub>O kao produkta izgaranja. Različiti kemijski sastavi benzina i dizela zahtijevaju različite izračune potrebne za određivanje  $\lambda$  faktora za svaki pojedini motor.

Većina analizatora za 5 plinova kompatibilna je s oba goriva (prethodnu konfiguraciju provodi korisnik), ali stariji analizatori za 4 plina uobičajeno nemaju ovu opciju. Vrijednosti koje prikazuju ovi uređaji odnose se na volumetrijski % u odnosu na trenutni ukupni uzorak (vrijednost 100) ili na određeni broj čestica u prethodno definiranoj količini analiziranog uzorka (ppm - čestica na milijun), čime se utvrđuje matematička proporcionalnost različitih tvari u odnosu na zajednički parametar među njima samima (ukupni volumen ili jedan milijun čestica).

Kao opće pravilo, one označavaju tvari, izražene u ppm, čiji je udio u ukupnom volumenu toliko nizak da bi bilo potrebno previše decimala (NOx i HC-ovi) da bi bili značajni. 100 ppm ekvivalent je 0,01%. Upućivanje na ukupni uzorak plina, koji predstavlja zajednički nazivnik, omogućuje usporednu analizu ispušnih plinova. Ona se provodi kako bi se utvrdilo odgovaraju li varijacije i udjeli ispušnih plinova pri različitim radnim brzinama doziranju i uvjetima pod kojima se izgaranje odvilo.

Poput uređaja za mjerjenje neprozirnosti, analizatori plina trenutno dostupni na tržištu rade u spoju sa stolnim ili prijenosnim osobnim računalom, koje upravlja mjernim instrumentom, ali i provodi izračune i prikazuje rezultate mjerena.



Uz smanjenje troškova mjerne opreme, ova kombinacija omogućuje razvoj i provođenje specifičnih ispitivanja u svrhe provjere sustava za obradu ispušnih plinova. Grafički prikaz sastava plinova i njihova evolucija potpomaže tumačenje podataka i analiziranje rezultata.

Kod ovih analizatora plina, važno je provesti potrebno održavanje i kalibraciju te promijeniti filtre. Ovime se omogućuje uporaba stroja uz najvišu razinu preciznosti.

## TEHNIČKE NAPOMENE

Ovo poglavlje opisuje najčešće kvarove koji se mogu pojavit u obradi ispušnih plinova. Broj grešaka koje su se pojavile proteklih godina može se razlikovati ovisno o proizvođaču i različitim modelima.

Ove greške odabrane su putem internet platforme: [www.einavts.com](http://www.einavts.com). Ova platforma sadrži razne odjeljke u kojima se navode: proizvođač, model, linija, pogodjeni sustav i podsustav, a koje je moguće zasebno odabrat ovisno o željenoj pretrazi.

### AUDI

Q5 (8R) 2.0 TDI (CAHA), Q5 (8R) 2.0 TDI (CAHB)

Simptom	P20EE00 - katalizator za selektivnu katalitičku redukciju (SCR) dušikovih oksida (NOx), ispitni stol 1 - niska učinkovitost. P229F00 - ispitni stol 1, senzor 2 dušikovih oksida (NOx) - nevaljan signal. Upravljačka jedinica motora prijavila je kod kvara. Vozilo prikazuje jednu ili više prethodnih kodova grešaka. Aktivirano je svjetlo pokazivača kvara (MIL). Osvijetljena je upozoravajuća lampica sustava predzagrijavanja. U radionici se primjećuje sljedeći simptom: „Greška u radu sustava za AdBlue“. NAPOMENA: Ovaj bilten odnosi se isključivo na vozila proizvedena unutar određenog razdoblja.
	• Nepravilno funkciranje senzora za mjerjenje dušikovih oksida (NOx).
	Postupak za oticanje greške: <ul style="list-style-type: none"><li>Dijagnostičkim alatom očitajte kodove grešaka koje je prijavila upravljačka jedinica motora (ECU).</li><li>Potvrdite da su navedeni kodovi grešaka evidentirani u polju „Simptomi“ u okviru ove tehničke napomene.</li><li>Zamijenite senzor za mjerjenje dušikovih oksida.</li><li>Dijagnostičkim alatom obrišite kodove grešaka koje je prijavila upravljačka jedinica motora (ECU).</li><li>Provedite probnu vožnju vozilom.</li><li>Dijagnostičkim alatom provedite drugo očitanje kodova grešaka na upravljačkoj jedinici motora (ECU) i potvrdite da NISU prikazani kodovi grešaka navedeni u polju „Simptomi“ u okviru ove tehničke napomene. UPOZORENJE: Za vrijeme probne vožnje, sustav za AdBlue provest će samodijagnostiku. Nakon završetka, upozoravajuće lampice na instrument ploči će se isključiti.</li></ul>

## LAND ROVER

RANGE ROVER II (LP) 2.5 TD (25 6T (BMW)), RANGE ROVER II (LP) 4.0 (42 D), DISCOVERY II (LJ, LT) 2.5 Td5 (10 P),  
 DISCOVERY II (LJ, LT) 4.0 V8 (56 D), DEFENDER (LD) 2.5 Td5 4WD (10 P), DEFENDER karavan (LD) 2.5 Td5 4WD (10 P),  
 DEFENDER kamionet (LD\_) 2.5 Td5 4WD (10 P)

Simptom	Gubitak snage. Kvar motora. Radni učinak motora je manjkav. Iz ispuha izlaze prevelike količine dima. Iz ispuha izlazi crni dim. Lažne eksplozije.
Uzrok	Trošenje unutarnje brtve na ventilu za recirkulaciju ispušnih plinova (EGR).
Rješenje	Postupak za otklanjanje greške: <ul style="list-style-type: none"> <li>Provjerite stanje i rad ventila za recirkulaciju ispušnih plinova (EGR).</li> <li>Montirajte ventil za recirkulaciju ispušnih plinova (EGR) s izmijenjenim brtvama.</li> </ul>

## CITROËN

C3 (FC\_), C4 (LC\_)

Simptom	P20E9 - Previsok tlak aditiva za smanjenje emisija.  NAPOMENA: Ovaj bilton odnosi se isključivo na vozila opremljena sustavima za smanjenje štetnih emisija sukladnima normi EURO 6. Pri očitavanju kodova grešaka, moguća je pojava i drugih kodova koji nisu navedeni u ovom dokumentu.
Uzrok	Greška u AdBlue sustavu za smanjenje štetnih emisija nakon izvođenja radova na krugu.
Rješenje	Postupak za otklanjanje greške: <ul style="list-style-type: none"> <li>Dijagnostičkim alatom očitajte kodove grešaka koje je evidentirala upravljačka jedinica motora.</li> <li>Potvrdite da je navedeni kod greške evidentiran u polju „Simptomi“ u okviru ove tehničke napomene.</li> <li>Potvrdite da se pojавio simptom naveden u polju „Simptomi“ u okviru ove napomene.</li> <li>Pročistite krug za AdBlue.</li> <li>Dijagnostičkim alatom obrišite kodove grešaka koje je evidentirala upravljačka jedinica motora.</li> <li>Dijagnostičkim alatom provedite drugo očitanje kodova grešaka na upravljačkoj jedinici motora (ECU) i potvrdite da NISU prikazani kodovi grešaka navedeni u polju „Simptomi“ u okviru ove tehničke napomene.</li> </ul> Za više informacija kontaktirajte vašeg nadležnog tehničkog savjetnika.  NAPOMENA: Ako se tijekom dijagnostike pojave kodovi grešaka koji se razlikuju od onih navedenih u polju „Simptomi“ u okviru ovog biltena, iste je potrebno zasebno rješavati.  VAŽNO: Da bi se otklonila ova greška, nije nužno mijenjati jedinicu ili bilo koju njenu sastavnicu.

## OPEL

ASTRA H 1.9 CDTI (Z 19 DT), SIGNUM 1.9 CDTI (Z 19 DT), ASTRA Mk V (H) Fastback 1.9 CDTI (Z 19 DT), VECTRA Mk II (C)  
 Ranchera familiar 1.9 CDTI (Z 19 DT), ASTRA Mk V (H) Ranchera familiar 1.9 CDTI (Z 19 DT), ZAFIRA Mk II (B) 1.9 CDTI (Z 19 DT),  
 ASTRAVAN Mk V (H) 1.9 CDTI (Z 19 DT)

Simptom	P1901 - Nepravilno funkcioniranje voda u krugu senzora tlaka filtra čestica.  Gubitak snage.  Vozilo radi u načinu rada s niskom snagom ili u onome za slučajeve nužde.  Aktivirano je svjetlo pokazivača kvara (MIL).
Uzrok	Filtar krutih čestica (DPF) začepljen je kao posljedica nekoliko započetih a nedovršenih ciklusa regeneracije DPF-a. Tip rada nije u skladu s tehnologijom ugrađenom u vozilo (nekoliko ciklusa kratkih putovanja ili kontinuirana vožnja gradom).
Rješenje	Postupak za otklanjanje greške: <ul style="list-style-type: none"> <li>Dijagnostičkim alatom provedite statičnu regeneraciju filtra čestica.</li> <li>Dijagnostičkim alatom očitajte kodove grešaka koje je prijavila upravljačka jedinica motora (ECU).</li> <li>Dijagnostičkim alatom obrišite kodove grešaka koje je prijavila upravljačka jedinica motora (ECU).</li> <li>Ponovno programirajte upravljačku jedinicu motora (ECU) korištenjem ažuriranog softvera.</li> <li>Dijagnostičkim alatom provedite drugo očitanje kodova grešaka na upravljačkoj jedinici.</li> </ul> NAPOMENA: Obavijestite korisnika vozila da mora provesti ciklus kontinuirane vožnje od približno 20 minuta pri visokom broju okretaja po minuti: upozorenje o navedenom pojavit će se na instrument ploči u obliku bljeskajuće zavojnice.



Razvojem tehnologije u automobilskoj industriji povećala se i kompleksnost vozila, a samim time i održavanje istih. Kako bi nezavisni aftermarket ostao kompetitivan znanjem i uslugama prema klijentima u odnosu na ovlaštene mreže servisa, kontinuirano obrazovanje mehaničara postaje ključ uspjeha.

CIAK Auto prepoznaće važnost tog segmenta potpore vašem poslovanju te već nekoliko godina održavamo edukacije s našim partnerima dobavljačima poput TMD Frictiona, Valea, Bilstein grupe, ZF Friedrichshafena i drugih. Kroz 140 odrađenih seminara na više od 30 lokacija u Hrvatskoj približili

smo najnovije tehnologije naših dobavljača Vama, našim partnerima. Uvidjevši interes za dubljim znanjem, odlučili smo napraviti korak dalje – pokrenuti CIAK Auto Akademiju.

**CIAK Auto Akademija** naziv je za objedinjeni set predavanja usmjerenih na stručno usavršavanje automehaničara i mehatroničara, gdje se i teoretski i praktični dio nastave odvija na lokacijama širom Hrvatske kako bismo približili znanje Vama što je više moguće. Uz potporu Eure!Car organizacije, dio AD International grupe distributera rezervnih dijelova čiji je CIAK Auto član, pripremili smo demo vozilo koje ćemo koristiti za praktični prikaz tema koje će naši tehnički treneri obrađivati. Radi se o vozilu iz VAG grupacije, Škoda Octavia III, 1.6 TDI CR, 105KS iz 2015. godine.

Vozilo je pripremljeno po svim evropskim standardima seminara Eure!Car organizacije, kao i sama predavanja, što garantira metodološki ispravan pristup stručnom usavršavanju. Na raspolaganju imamo 6 različitih tema koje zaokružuju kompletno vozilo po principu rada po metodici i didaktici modernog mehatroničara. U nastavku teksta možete vidjeti kratak opis tema.





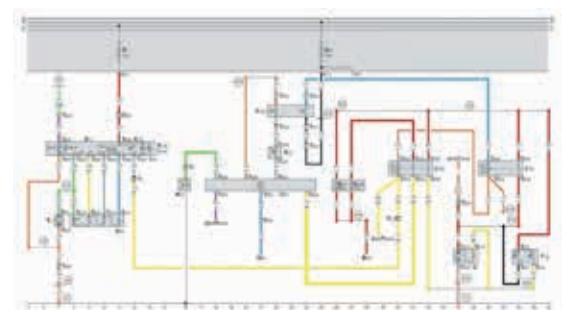
## TEME EDUKACIJA CIAK Auto Akademije

### Elektrika vozila

Tema Elektrika vozila je početna i osnovna tema - baza za sve daljnje teme. Prilikom pohađanja seminara „Elektrike vozila“, mehaničar će naučiti osnove električne struje koje su nužne kako bi s razumijevanjem mogao pristupiti ostalim temama i kvalitetno ih obraditi.

#### Sadržaj seminara „Elektrika vozila“ je sljedeća:

- Osnove električne struje (napon, struja i otpor)
- Prijenos komponentama te mjerjenje s razumijevanjem
- Korištenje multimetra
- Razumijevanje i čitanje shema vozila
- PWM signal te njegova primjena
- Ispitivanje električnih komponenti na vozilu
- Osciloskop i njegova primjena



Svaka tema donosi određeni pristup alatu i njegovom značenju u primjeni. Alati za potrebe seminara će biti osigurani od strane CIAK Auta te će kao takvi služiti za svrhu prezentacije i potrebe samog mjerjenja tokom seminara.

Cilj seminara je usvajanje pristupa mjerjenja komponenata te razumijevanje dobivenih rezultata mjerjenjem, tumačenje shema električne struje vozila i praktična primjena mjerjenja komponenti.

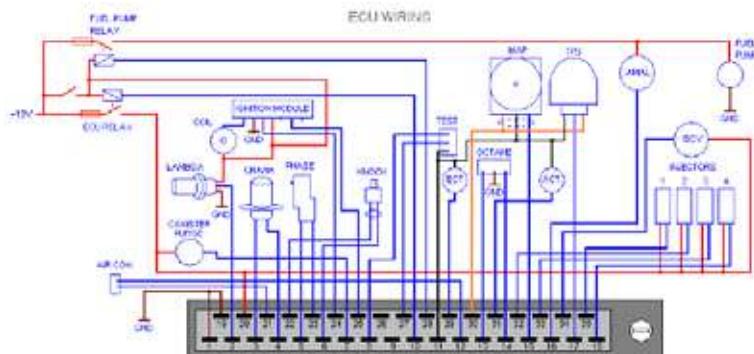
### ECU jedinica i senzorika motora

Tema „ECU jedinica i senzorika motora“ obuhvaća rad s dijagnostičkim uređajem te obradu signala senzora motora. Svaki senzor je bitan u samom sustavu motora te je potrebno detaljno poznavanje signala i njegovo tumačenje. Sama ECU jedinica motora je programirana da sve nepravilnosti u radu motora i senzorike prijavi na neki način, sama prijava preko dijagnostičkog uređaja se ponekad razlikuje od same greške na vozilu.

Cilj seminara je da kroz metodiku i didaktiku prođemo greške po načinu prijave dijagnostičkog uređaja te po načinu interpretacije kroz praktični dio i niz priručnih alata koje koristimo na seminaru.

#### Sadržaj seminara „ECU jedinica i senzorika“

- Uloga upravljačkih jedinica na vozilu
- Korištenje dijagnostičkih uređaja preko EOBD II protokola
- Stvarne vrijednosti u odnosu na zadane vrijednosti
- Podjela senzora i aktuatora po principima rada na motoru
- Mjerjenje signala multimetrom (napredno)
- Mjerjenje signala osciloskopom (napredno)



Cilj seminara je razumijevanje uloge raznih senzora i aktuatora na vozilu te što dijagnostički uređaj pokazuje krivo (a što ne pridonosi rješavanju problema). Mjerjenjem polaznik dolazi do zaključka što nije ispravno na motoru te kako pristupiti popravku uz maksimalnu uštedu vremena popravka.



## **CR Ubrizgavanje (common-rail)**

Tema seminara „CR Ubrizgavanje“ se bazira na radu motora po principu ubrizgavanja. Kroz seminar se prolazi sistem ubrizgavanja i njegova periferija koja je, što direktno a što indirektno uključena u rad i sistem samog ubrizgavanja. Na seminaru se koristi osciloskop kao osnovno sredstvo rada uz klasičnu dijagnostiku te multimetar. Mjerena se baziraju na signalima kada je sve ispravno te nakon simulacije određene greške, ponavljamo mjerena i uspoređujemo sa signalima prije simulacije greške uz komentare zašto i kako smo došli do toga.

### **Sadržaj seminara „CR ubrizgavanje“**

- Rad dizne ubrizgavanja
- Razlike elektro-magnetne i piezo dizne u radu
- Snimanje rada dizne osciloskopom po naponu i struji (napredno)
- Podjela senzora i aktuatora po principu rada kod ciklusa ubrizgavanja
- Ispitivanje mehaničkih i elektroničkih komponenti

Cilj seminara je razumijevanje rada dizne, senzorične i aktuatora u ciklusu ubrizgavanja te mogući problemi u radu. Također i razumijevanje vremenskog perioda ubrizgavanja u radu motora i prilikom regeneracije DPF - filtera.

## **A/C Sistemi u vozilu**

Seminar „A/C Sistemi u vozilu“ prikazuje kako sistem funkcioni u fazama napretka kroz godine korištenja. Postoje više vrsta A/C sistema i njihovog načina rada koje ćemo na ovom seminaru detaljno objasniti. S obzirom da je u međuvremenu izašao novi plin R1234 HFO, prolazimo razlike u plinovima i njihovom načinu rada. Na seminaru se koristi dijagnostički uređaj te osciloskop, mjerimo komponente i kasnije tumačimo signale dobivene mjeranjem.

### **Sadržaj seminara A/C sistemi u vozilu**

- Komponente u sustavu i čemu služe
- Razlike u plinu R12 - R134a - R1234 HFO
- Kompresori klime po principu rada
- Punjač klime i njegovo korištenje  
(Valeo Climfill Easy i Climfill Pro)
- Pritisci u sustavu klime i njihovo tumačenje

Cilj seminara je razumijevanje sistema rada klima sustava u vozilu, pristup rješavanju problema po komponentama i njihov rad.



### **3.1 CAN/LIN-bus podatkovna mreža**

Svima je poznato da se u trenutnim vozilima nalazi puno više komfora i raznih pomagala vozača nego je to bio slučaj prije 15-20 godina. Samim time povećala se i potrošnja energije unutar vozila te su ona postala sve kompleksnija. Da bismo mogli upravljati nekom određenom funkcijom unutar vozila potrebna nam je upravljačka jedinica koja će naše zahtjeve znati proslijediti dalje kroz to potrebne kanale. Ti kanali su CAN-bus linije komunikacije unutar vozila, povezani sa svakom upravljačkom jedinicom preko GATEWAY sabirnice podataka.

Na ovom seminaru je potrebno znati rukovati osciloskopom s obzirom na to da se većina mjerjenja vrši pomoću osciloskopa, kao i tumačenje signala koje smo dobili mjerjenjem.

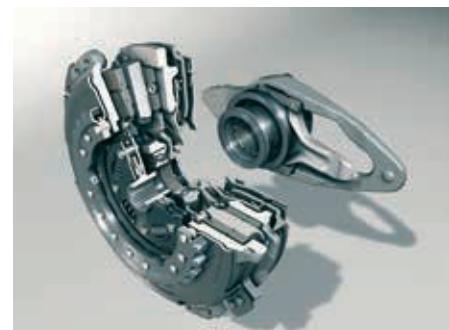
#### **Sadržaj seminara CAN/LIN-bus**

- Princip rada komunikacijske mreže
- Podjela mreže na komunikacijske protokole (CAN-B, CAN-C i LIN)
- Kvarovi i dijagnoza CAN mreže

Cilj seminara je razumijevanje čitanja CAN/LIN-bus mrežu podataka te s razumijevanjem tumačiti snimljene signale.

### **DSG kvačilo OAM mjenjača**

DSG ili Direct Shift Gearbox je automatski mjenjač koji se koristi u VAG grupaciji vozila. Kada kažemo automatski mjenjač nismo daleko od istine, no to je ustvari manualni mjenjač po konstrukciji s mehatroničkom jedinicom koja svaku izmjenu brzine vrši u iznimno kratkom vremenu bez gubitka okretaja i brzine vozila. Na oko jednostavan, mjenjač je svojom konstrukcijom iznimno kompleksan. Postoje dvije inačice navedenog mjenjača s kvačilom koje se često nazivaju „mokri“ i „suhii“. Seminar se bazira na suhi tip kvačila koje je moguće promijeniti u Vašem servisu uz pomoć specijalnog alata, a uz poštivanje protokola prilikom same izmjene.



#### **Sadržaj seminara**

#### **DSG kvačilo OAM mjenjača**

- Opis rada mjenjača po komponentama
- Razlike između mokrog i suhog tipa mjenjača i kvačila
- Praktična izmjena kvačila po koracima i naputcima od strane proizvođača
- Prilagodba dijagnostičkim uređajem nakon izmjene



Za sve upite i dodatne informacije  
obratite se na e-mail:  
**akademija@ciak-auto.hr**

Cilj seminara je pravilan pristup mjenjaču prilikom izmjene kvačila i adaptacije kvačila dijagnostičkim alatom.



EureTech Flash ima za cilj demistificirati nove tehnologije i napraviti ih transparentnim, kako bi stimulirali profesionalne servisere da pokušaju držati korak s tehnologijom.

Dodatno ovom časopisu, EureTechBlog pruža na tjednoj bazi tehničke postove o automobilskim temama, pitanjima i inovacijama.

**Posjetite i preplatite se na EureTechBlog**  
**[www.euretechblog.com](http://www.euretechblog.com)**



Sjedište tehničke kompetencije u Kortenbergu, Belgija ([www.ad-europe.com](http://www.ad-europe.com)).

Razina znanja mehaničara je od vitalne važnosti, Eure! Car program sadrži sveobuhvatan niz visokih profila edukacija i u budućnosti mogu biti nacionalni AD organizatori i njihovi distributeri dijelova u 48 zemalja. Eure! Car je inicijativa Auto distribucije International, s industrijskim partnerima koji podržavaju Eure! Car. Posjetite nas na [www.eurecar.org](http://www.eurecar.org) za više informacija ili za pregled tečajeva.

industrijski partneri koji podupiru Eure!Car



## Hibridna tehnologija



**Odricanje od odgovornosti:** informacije sadržane u ovom priručniku nisu iscrpne i pružaju se samo u informativne svrhe.  
Informacije ne podliježu odgovornosti autora.