



# CIAKAUTO

IZDANJE 17

AŽURIRANI TEHNIČKI UVID U INOVACIJE U AUTOMOBILU

## Analiza plinova u motorima s unutarnjim izgaranjem



### ▼ U OVOM IZDANJU

UVOD	<b>2</b>	4-PLINSKI ANALIZATOR	<b>6</b>
MOTOR S UNUTARNJIM IZGARANJEM	<b>2</b>	PROVJERA UZORKA	<b>7</b>
NESAVRŠENO IZGARANJE	<b>3</b>	KOREKCIJA SMJESE NA TEMELJU ISPUŠNIH PLINOVА	<b>9</b>
		PRAKTIČNA ANALIZA	<b>11</b>
		TEHNIČKE NAPOMENE	<b>18</b>

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

## UVOD

Stvaranje motora s unutarnjim izgaranjem i razvoj automobilskih vozila predstavlja temeljnu okosnicu za prijevoz ljudi i robe kakav danas poznajemo.

Između velikog broja različitih motora i goriva koji su razvijeni i nama dostupni, 4-taktni motori s unutarnjim izgaranjem s benzinskim gorivom postali su povijesno dominantni zbog svoje operativne fleksibilnosti i lakoće upravljanja, te su trenutno ujedno i najrašireniji motori u području cestovnog prijevoza.

Za značaja dio tog uspjeha zaslužne su karakteristike goriva koje oni koriste, koje omogućava velike prednosti uz samo jedan uvjet, da se proporcionalno miješa sa zrakom. Kako je usisni zrak pokretna plinovita tekućina, a benzin tekućina koja mora promjeniti stanje da bi pokrenula izgaranje, izravno mjerenje masa i izračun udjela sudjelujućih tvari u svakom radnom ciklusu je, u praktične svrhe, nemoguće.

Točno doziranje mase goriva u stehiometrijskom omjeru sa zrakom koji se uvlači u cilindre osigurava maksimalnu učinkovitost motora uz minimalnu proizvodnju zagađujućih tvari, a isto se može provjeriti analizom plinova koji nastaju izgaranjem.

Analiza ispušnih plinova daje informacije o početnom omjeru smjese i razvoju izgaranja. To nije samo moćan dijagnostički alat za rješavanje kvarova već i bitan proces provjere i kontrole emisije tvari koje zagađuju okoliš. Udio i omjer ispušnih plinova u različitim radnim uvjetima omogućuju prepoznavanje neispravnosti sustava dovoda goriva, paljenja, vremena i drugih mehaničkih nedostataka motora.

## MOTOR S UNUTARNJIM IZGARANJEM

### GORIVO: BENZIN

Benzin je tekućina koja se sastoji od više od 100 različitih ugljikovodika, od kojih većina ima između 4 i 12 lanaca atoma ugljika iz najlakših frakcija nafte. Unatoč tome što može služiti kao otapalo i razrjeđivač za mnoge gumene tvari ipak mu je glavna primjena i najviše se koristi kao gorivo za motore s unutarnjim izgaranjem, i to zbog sljedećih svojstava koje posjeduje:

- Kalorijska vrijednost: Između 42.900 i 43.280 kJ/kg
- Latentna toplina isparavanja: Između 315 i 376 kJ/kg
- Temperatura samozapaljenja: Između 367 i 456 °C
- Oktanski broj: 95 - 98 - 100 RON (istraživački oktanski broj)
- Gustoća: 0,75 kg/l
- Stehiometrijski omjer: 14.7/1

Benzin koji se prodaje kao gorivo specifično za motore s unutarnjim izgaranjem modificira se u rafinerijama, pa čak i lokalno, pomoću specifičnih aditiva koji se dodaju u malim omjerima ovisno o uvjetima temperature i vlažnosti lokacije skladištenja i opskrbe. Glavna sredstva koja se dodaju su antidentalatori, stabilizatori i deterdženti.

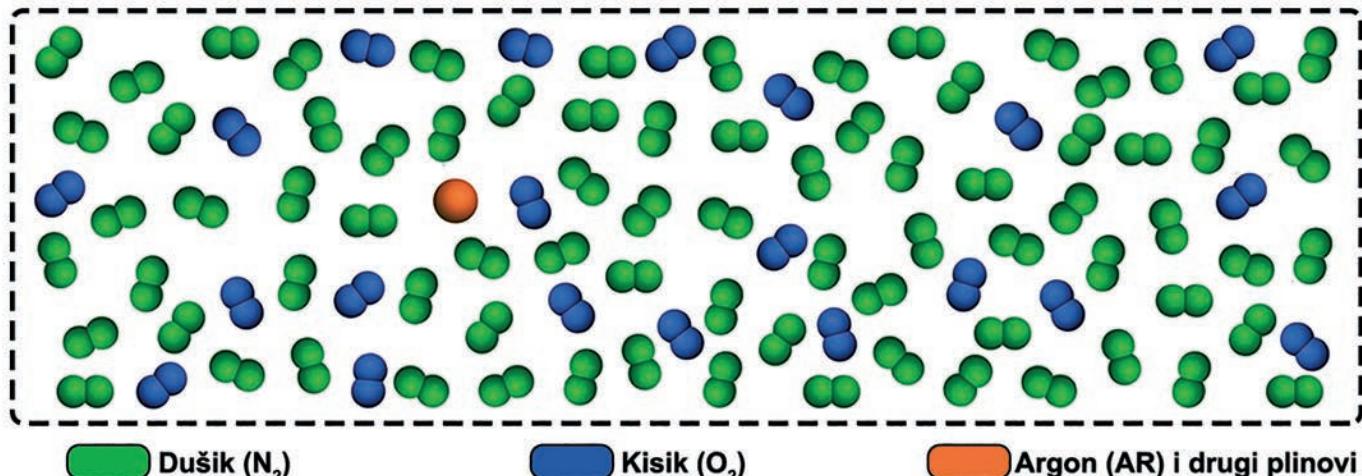
Osim već spomenutih aditiva, dodaju se i neki drugi spojevi za neke druge svrhe, npr. za poboljšanje isparavanja i mazivosti goriva ili za bojenje goriva usvajanjem različitih boja ovisno o oktanskoj ocjeni ili namjeni (različite specifične tarife).

### OKSIDACIJSKO SREDSTVO

Kisik iz atmosferskog zraka ključni je kemijski element za proizvodnju reakcije izgaranja. Ujedno je kisik i oksidant, te kao takav omogućuje razgradnju ugljikovodika, oslobađajući energiju u obliku svjetlosti i topline unutar cilindara.

Samo 20,95% volumena zraka koji tvori Zemljinu atmosferu čini kisik,

dušik čini 78%, a ostatak mješavina raznih plinova, uglavnom argona. Konačna koncentracija kisika u usisanoj zračnoj masi koja ulazi u cilindre motora tijekom svakog radnog ciklusa teoretski određuje maksimalnu količinu goriva koja se može oksidirati.



## ENERGIJA AKTIVACIJE

S obzirom na veliku količinu dušika prisutnog u komori za izgaranje koja ne sudjeluje u reakciji oksidacije, i na komoru za izgaranje koja funkcioniра kao spremnik koji uspostavlja fizičke granice, početak izgaranja zahtijeva samo minimalan unos energije, koja postaje energije za aktivaciju reakcija.

U četverotaktnim motorima, moment aktiviranja izgaranja mora biti sinkroniziran s hodom snage i hodom klipa. Za mješavinu zraka i goriva u ispravnom omjeru (14,7/1) pod uvjetima atmosferskog tlaka i početne temperature od 15°C, potrebno je 0,2 mJ (milidžula) za paljenje reaktivne smjese.

Svo gorivo izgorjet će pod uvjetom da se zadrži određeni kontinuitet i homogenost u raspodjeli smjese, te da nema toplinskih gubitaka većih od onih koji se oslobađaju samim izgaranjem.

U motorima s unutarnjim izgaranjem sustav koji daje energiju za pokretanje izgaranja je sustav paljenja, koji osigurava potrebno povećanje napona kako bi iskra mogla skakati preko svih elektroda svjećica u komori za izgaranje, a također osigurava i potrebnu mehaničku sinkronizaciju.

## NESAVRŠENO IZGARANJE

## STEHIOMETRIJA IZGARANJA

Ista ukazuje na teoretski omjer zrak/benzin koji proizvodi potpunu oksidaciju goriva, čime se postiže maksimalni kalorijski učinak kemijske reakcije. Za potpunu oksidaciju 1 kg benzina potrebno je 14,7 kg zraka. U volumenu, koji je uobičajena mjera asimilacije za tekućine i plinove, iznosi 10 000 litara zraka na 1 litru benzina pri

atmosferskom tlaku (1000 mbara). Paljenje i izgaranje moguće je, međutim, na granici između 8/1 i 18/1. Ispod ove granice ne postiže se dovoljna temperatura paljenja (toplina isparavanja je veća od dobivene), a iznad se ne događa širenje izgaranja zbog nedostatka kontinuiteta u reaktivnom materijalu.

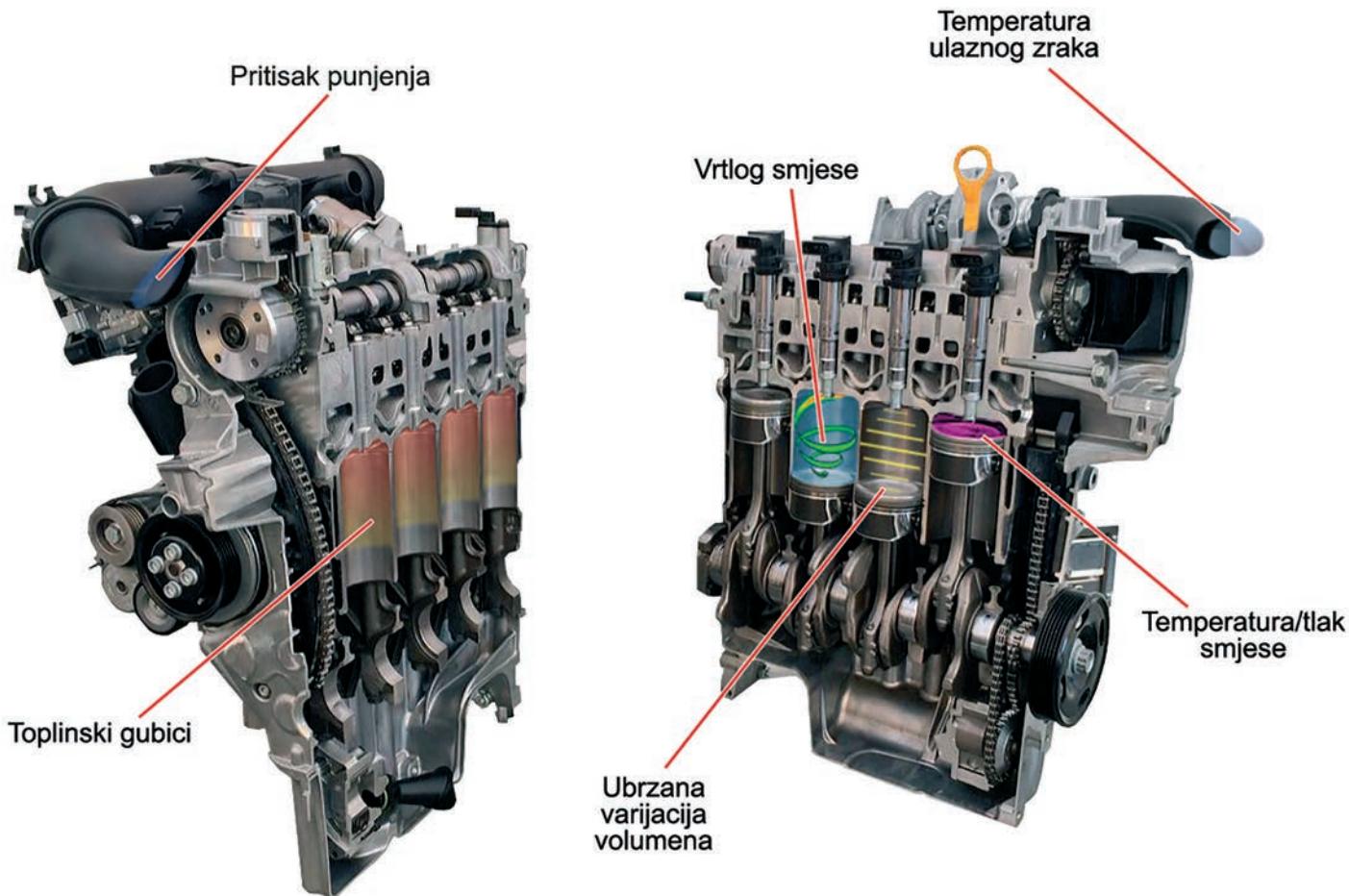
## PRAVA REAKCIJA IZGARANJA

Stvarni razvoj četverotaktnog ciklusa u motorima s unutarnjim izgaranjem uvelike se razlikuje od izvornog teorijskog koncepta, posebno u pogledu vremena izgaranja. U praktičnom ciklusu, učinkovitost pretvorbe energije i sastav ispušnih plinova bitno se

razlikuju od predviđenih vrijednosti. Isto se događa zbog kombinacije faktora odstupanja koji proizlaze iz intrinzičnog ponašanja tvari i ograničenja koja proizlaze iz mehaničke konstrukcije motora.

Reakcija oksidacije događa se u promjenjivim uvjetima, koji potencijalno nisu idealni, i uz utjecaj okoliša, što znači da je to nesavršena reakcija. Promjenjivi fizički čimbenici koji imaju najveći utjecaj na razvoj izgaranja su sljedeći:

- Temperatura ulaznog zraka
- Početni tlak/temperatura reaktivne smjese
- Zavrtanje prije i poslije izgaranja
- Toplinski gubici
- Ubrzana varijacija volumena



Priprema smjese u točnom stehiometrijskom omjeru je, u praktičnom smislu nemoguća zbog brojnih fizičkih i dinamičkih čimbenika četverotaktnog ciklusa, principa povremene opskrbe gorivom, elektrohidrauličkog rada postojećih sustava za ubrizgavanje goriva i korištenja složenih tvari.

Glavni uzroci ove nemogućnosti su sastav zraka (koji nema uvijek istu gustoću, ni vlažnost, kao ni temperaturu pod različitim vremenskim

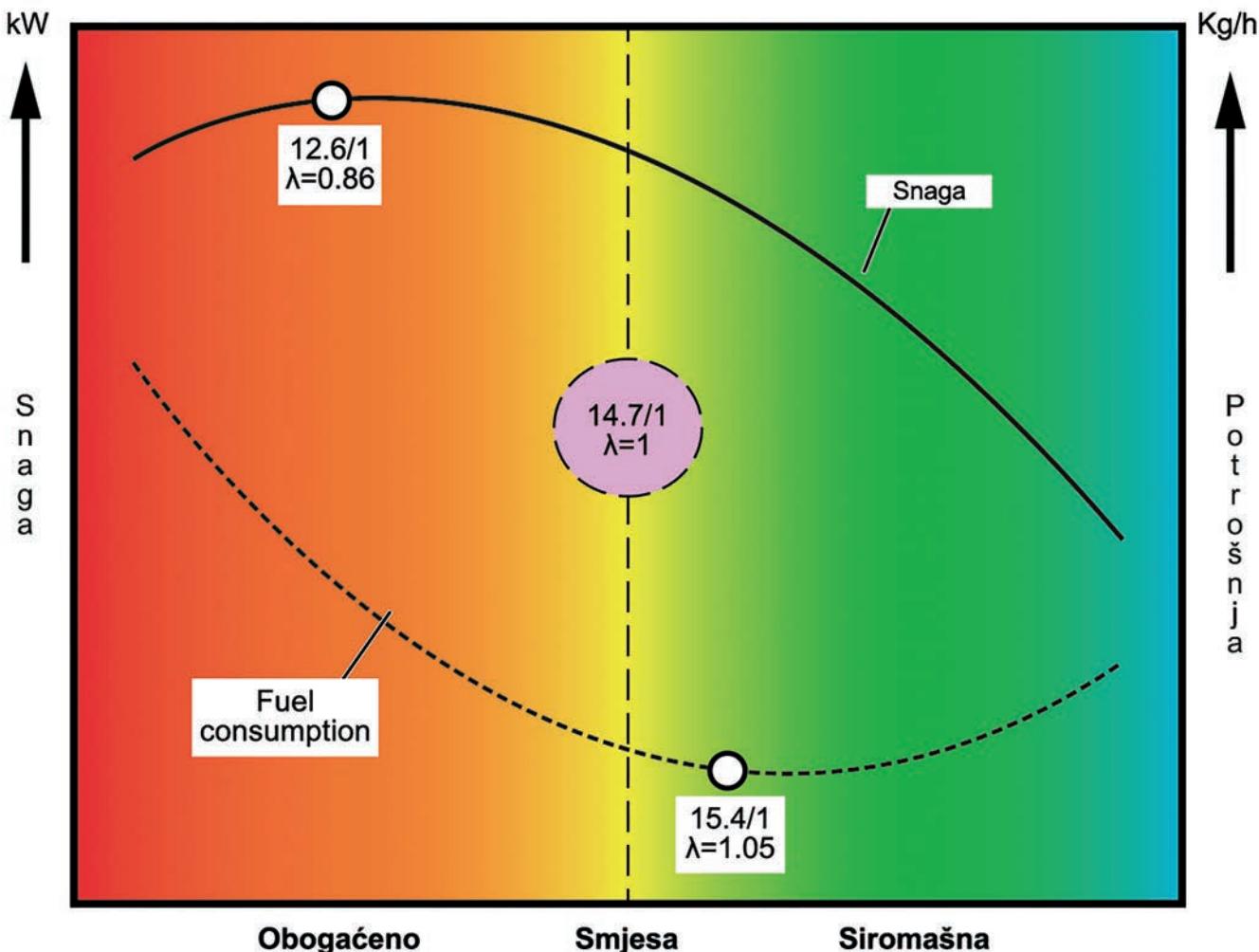
uvjetima), sastav goriva (ovisno o korištenim postupcima rafiniranja sirove nafte), mjerjenje i doziranje reagensa. Stvarna masa ugljikovodika ne može se izmjeriti, stoga se određuje prema teorijskoj gustoći goriva, brzini protoka mlaznica i vremenu njihovog aktiviranja. Vrijeme odziva mlaznice zajedno s temperaturom i viskoznošću goriva su utjecajni čimbenici koji su promjenjivi, a koji pridonose odstupanjima u omjerima smjese.

## NESTEHIOMETRIJSKI OMJER SMJESE

Za isti motor pod prihvatljivim mehaničkim uvjetima, priroda i udio tvari koje nastaju iz stvarnog procesa izgaranja prvenstveno ovise o stvarnom omjeru smjese, a onda i o fizičkim uvjetima u kojima se reakcija odvija te, konačno, ovise i o stvarnom sastavu benzina.

Prije spomenutim intrinzičnim varijablama moramo dodati i mogućnost

dobrovoljnog rada s nestehiometrijskom smjesom. U stvarnim uvjetima rada, maksimalne mehaničke performanse motora s unutarnjim izgaranjem ne postižu se pri radu sa stehiometrijskom smjesom, kao što se maksimalna ekonomičnost goriva ne postiže davanjem reagensa u točnom atomskom omjeru.



**Maksimalna snaga se postiže s lagano bogatim smjesama.** Višak goriva hlađi smjesu pri prelasku iz tekućeg u plinovito stanje, smanjujući sklonost detonaciji i usporavajući porast tlaka tijekom izgaranja. Korisni radni uvjeti se povećavaju, a maksimalni tlak u komori za izgaranje se usporava, što olakšava njegovu pretvorbu u okretni moment.

S druge strane, **najbolja ekonomičnost goriva postiže se s malo siromašnim smjesama.** Višak mase kisika jamči potpunu oksidaciju ugljikovodika iako smjesa nije 100% homogena. Smanjenje mase

tekućine dovodi do manje apsorpcije topline tijekom kompresije i većih vrijednosti tlaka na početku izgaranja.

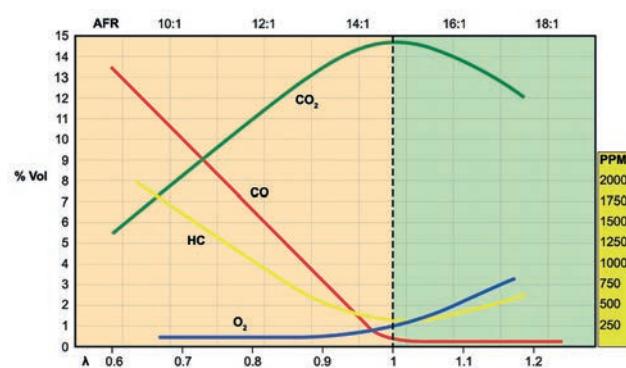
Regulacija smjesa na bogat omjer u određenim trenucima tijekom rada automobila poboljšava ubrzanje kada postoji maksimalna potražnja. S druge strane, opskrba gorivom u lagano siromašnom načinu rada u praznom hodu ili pri niskom opterećenju smanjuje potrošnju i povećava autonomiju rada.

## Ispušni plinovi

Zbog nesavršenog izgaranja, odstupanja u opskrbi ili dobrovoljne nestehiometrijske kontrole, sastav i omjer emisije ispušnih plinova kod motora s unutarnjim izgaranjem neznatno se razlikuje od teoretskih vrijednosti u normalnim uvjetima rada, uz uključivanje novih tvari u jednadžbu.

Izgaranje malo mršavih smjesa direktno dovodi do prisutnosti  $O_2$  u ispuhu koji nastaje kao nesudjelujući višak reagensa. Vrlo siromašna smjesa sprječava oksidaciju goriva u blizini stijenki komore za izgaranje, tako da reakcija ili uopće ni ne započinje ili se raspada na manje ugljikovodike.

Rad s bogatom smjesom rezultira djelomičnom oksidacijom nekih molekula goriva, čime se umjesto CO proizvodi  $CO_2$  te se povećava udio ugljikovodika u ispušnim plinovima kao višak reagensa koji nakon promjene stanja ne nalazi potreban kisik za svoju konverziju.



## NEPOTPUNO IZGARANJE

Naročito u praznom hodu (minimalno opterećenje i tlak punjenja) ili s nedovoljnim učinkovitim omjerima kompresije, izgaranje ugljikovodika u motorima s unutarnjim izgaranjem može biti nepotpuno jer nije postignut dovoljan intenzitet za dovršetak reakcije oksidacije.

Počevši od ispravnog udjela reagensa, pa čak i s umjerenim viškom  $O_2$ , tijekom reakcije mora se postići dovoljna razina energije temperature za potpunu oksidaciju ugljikovodika. U stvarnim uvjetima, to se

uvijek ne postiže ni ne održava kroz dovoljno vremena za interakciju s medijem. Apsorpcija topline dušikovom masom i zidovima komore za izgaranje ključni su čimbenici za ovu nesavršenost.

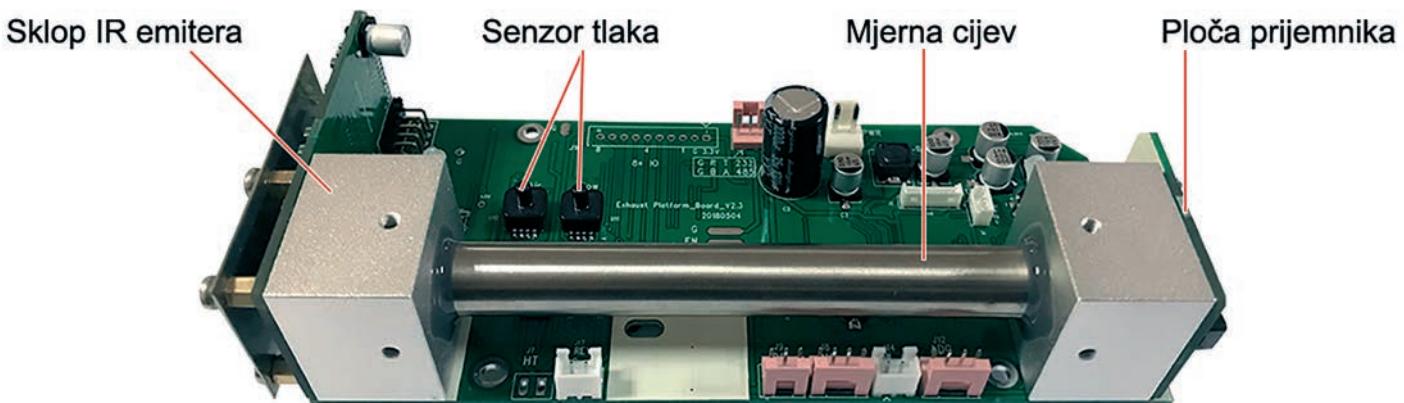
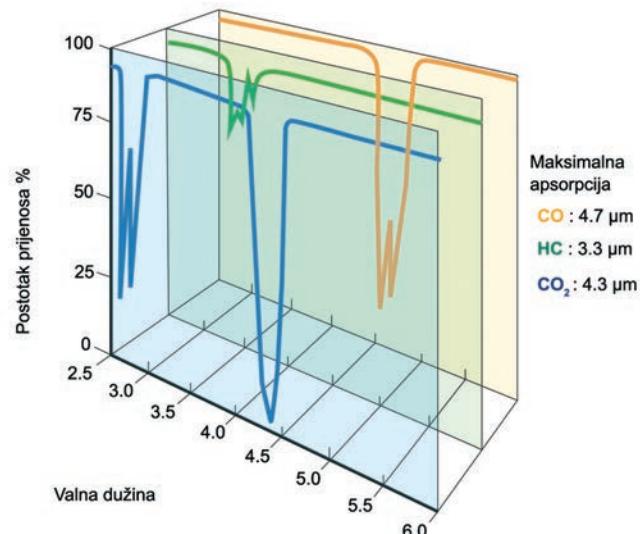
Ako su tijekom izgaranja gubici topline veći od energije oslobođene reakcijom, proces se prekida bez utroška svih reagensa. Udio ugljikovodika i  $O_2$  u ispušnim plinovima raste iz tog razloga.

## 4-PLINSKI ANALIZATOR

Analiza  $CO_2$ , CO i HCs provodi se u radioničkim analizatorima mjerjenjem stupnja apsorpcije infracrvenog spektra. Apsorpcija svjetlosne energije karakteristične valne duljine ova tri spoja omoguće određivanje njihove koncentracije, u prostoru definiranog i nepromjenjivog volumena koji prolazi strujanjem plinova stabiliziranih pri konstantnom tlaku.

Zbog toga se plinovi iz ispušne cijevi uvlače pomoću pumpe i navodi ih se da prođu kroz unutrašnjost mjerne cijevi na kontrolirani, kontinuirani način. Prvo, koriste se jedan ili više filtera za uklanjanje krutih čestica te sustav separatora kako bi se što više smanjila vlaga.

Na jednom kraju cijevi postavljen je izvor infracrvenog zračenja, obično ravni grijач koji se zagrijava na 600°C. Na drugom kraju postavljaju se filteri specifične valne duljine za svaki od plinova i odgovarajući senzori zračenja. Kada se koncentracija unutar cijevi izmjerenoj spoja poveća, on apsorbira veću količinu zračenja na karakterističnoj valnoj duljini, pa se zračenje koje prima senzor proporcionalno smanjuje.



U najstarijim modelima, rotirajući zaslon pokretan motorom povremeno prekida protok infracrvenog zračenja kako bi pokrenuo cikličko mjerjenje senzora s približnom frekvencijom od 3 Hz dok modernija oprema koristi softvere za obavljanje te iste funkcije.

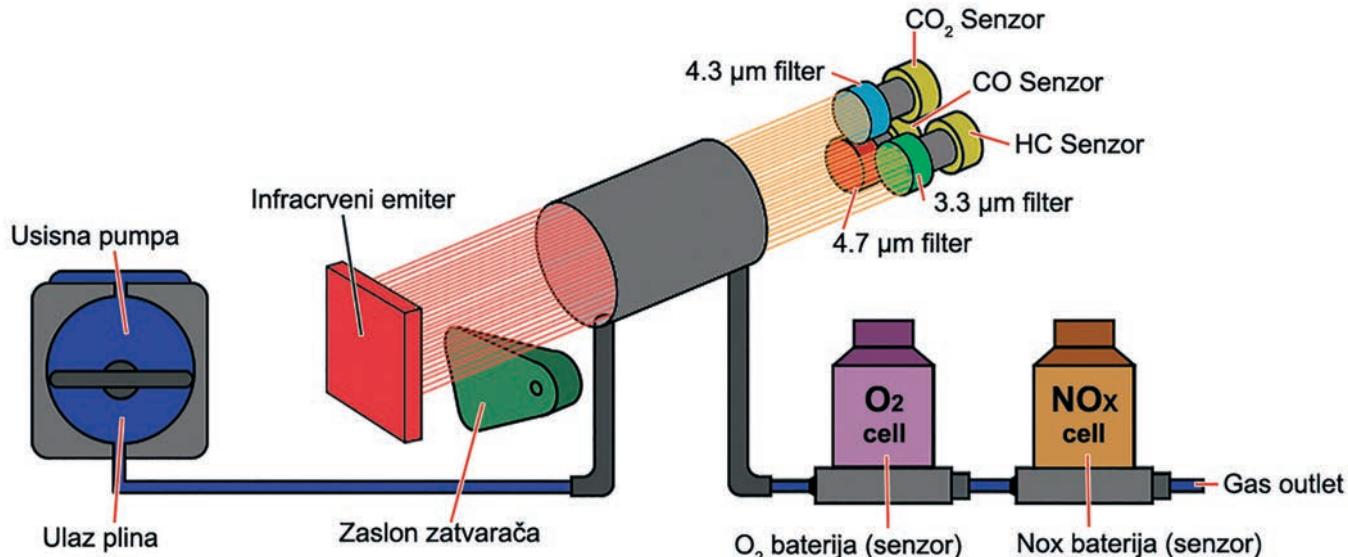
Mjerenje ugljikovodika rezultat je izravne apsorpcije, uglavnom za metan na 3,3  $\mu\text{m}$ . Izmjerena vrijednost se množi s x kako bi se

ekstrapolirala na ostale ugljikovodike prisutne u gorivu, ovisno o njegovom početnom sastavu (obično 6 za benzin).

Udio  $O_2$ , koji ne apsorbira zračenje na određenoj valnoj duljini, određuje se pomoću galvanskih baterija. Unutar njih,  $O_2$  reagira sa specifičnom baznom tvari, tvoreći elektrolit koji kemijskom reakcijom s dvije metalne elektrode različitog sastava stvara razliku napona između njih.

Što je veća koncentracija elektrolita, to je veća električna struja između obje elektrode, što dovodi do promjenjivog električnog signala proporcionalnog koncentraciji plina izmjerenoj kada je brzina protoka plina konstantna.

Najsvremeniji analizatori mogu mjeriti dušikove okside na isti način; oni se proizvode u uvjetima visoke temperature i tlaka kombinacijom  $O_2$  i  $N_2$  iz zraka.



Progresivna razgradnja osnovne tvari i degradacija elektroda dovodi do trošenja  $O_2$  i  $NOx$  senzora. Stoga se moraju povremeno mijenjati kako bi se održao kapacitet mjerena i točnost oba elementa. Njihova reaktivnost u prisutnosti kisika i dušika iz okolnog zraka temelj je za kalibraciju oba elementa te u određenoj mjeri određuje njihov vijek trajanja nakon ugradnje u analizator. Iz istog razloga moraju biti hermetički zapakirani i pohranjeni nakon proizvodnje i do trenutka ugradnje.

Filteri i separatori također se moraju povremeno mijenjati ili prazniti. Općenito, njihovo stanje se provjerava pomoću senzora tlaka spojenog na mjerni krug koji detektira prepreku kada unutarnji tlak u mjernom području padne ispod određene vrijednosti.

Tijekom rada ciklički se provode procesi kalibracije i unutarnjeg čišćenja koji se sastoje od prisilne ventilacije pneumatskog kruga pročišćenim atmosferskim zrakom kako bi se uklonili ugljikovodici i vlaga koja se nakupila tijekom mjerena.

Ugljikovodici i druge tvari iz okolnog zraka koje se koriste za čišćenje i kalibraciju uklanjuju se iz ispusta zraka/ventilacije pomoću filtera s aktivnim ugljenom koji ih zadržava i pohranjuje. Na taj način, gotovo nepromjenjiv sastav pročišćenog okolnog zraka omogućuje kalibraciju na nuli različitim senzora analizatora.

U novije vrijeme mnogi proizvođači razvili su opremu za mjerjenje plina koja radi u kombinaciji s osobnim računalima. Ova kombinacija omogućuje, osim smanjenja troškova nabave mjerne opreme, razvoj specifičnih testova za provjeru sustava za obradu ispušnih plinova i provođenje službenih postupaka provjere.

U nekim slučajevima, grafički prikaz sastava plinova i njihove evolucije olakšava razumijevanje podataka i analizu rezultata. Kašnjenje u mjerenu mora se uzeti u obzir, pa je opcija pohranjivanja podataka vrlo korisna u promjenjivim radnim uvjetima motora, povremenim kvarovima itd.

## PROVJERA UZORKA

## MAKSIMALNA I DOVOLJNA UČINKOVITOST OKSIDACIJE

Sastav ispušnih plinova omogućuje da se zna omjer smjese, koji bi za  $\lambda=1$  trebao omogućiti postizanje najveće temperature unutar komore za izgaranje.

Uz ispravnu smjesu, matematička proporcionalnost između ispušnih plinova ovisit će o fizičkim parametrima koji utječu na izgaranje, prvenstveno o homogenosti smjese, zajedno s vrtnjom, temperaturom i tlakom tijekom reakcije, koji određuju učinkovitost oksidacije.

Iz navedenog se zaključuje da će se minimalna oksidacijska učinkovitost u pravilu javljati u praznom hodu i rasti s opterećenjem i brojem okretaja do određene granice, koja se obično poklapa s padom okretnog momenta motora (kvar punjenja cilindra raste od određenog broja okretaja).

# POJEDINAČNA EMISIJA, KOMBINIRANI SASTAV I TEMPERATURA ISPUŠNIH PLINOVA

Kada je izračunati lambda faktor prihvatljiv ( $\lambda$  0,98-1,02), a učinkovitost oksidacije nedovoljna, moramo utvrditi odgovaraju li izmjerene tvari u jednakim dijelovima različitim cilindrima motora, ili moramo analizirati rezultate uzimajući u obzir odvojenu reakciju i pojedinačni doprinos produkta potpune oksidacije ( $CO_2$ ), produkta djelemične oksidacije (CO) i nesudjelujućih reagensa (HCs i  $O_2$ ) za svaki cilindar motora.

Maksimalna proizvodnja  $CO_2$  može se postići samo uz dovoljnu učinkovitost oksidacije u svim cilindrima, tako da je greška izgaranja u jednom ili više cilindara lako prepoznatljiva zbog očito nedovoljne proizvodnje  $CO_2$  u ispušnim plinovima, zajedno s nenormalno visokim  $O_2$ , HC i CO vrijednostima.

Na prvi pogled, ako udio  $CO_2$  u suhom uzorku ne doseže 85% maksimalnog  $CO_2$  goriva (12,75%) s ispravnim faktorom  $\lambda$ , moramo posumnjati da postoji defekt izgaranja u jednom od cilindara. Ako

pri dodavanju polovice izmjerenoj Co-a  $CO_2$ -u, konačna oksidacijska vrijednost još uvjek ne doseže 90% maksimalnog  $CO_2$  goriva (13,5%) potrebnog za razmatranje učinkovitosti oksidacije prihvatljive u konvencionalnom benzinskom motoru, bez obzira na njegov sustav opskrbe gorivom, to bi značilo da se reakcija izgaranja u jednom od cilindara ne događa ili nije ispravna.

Općenito je pravilo da se ispušne cijevi svih cilindara motora, ili barem one iz istog niza, spajaju kako bi stvorile jednu zajedničku cijev, stvarajući na taj način savršeno homogenu mješavinu ispušnih plinova iz različitih cilindara. Uzorak plina za analizu uzima se, osim u nekim slučajevima, iz jedinog pristupačnog otvora, a to je kraj ispušnog sustava.

## RAZRJEĐIVANJE UZORKA PLINA

Jednom kad smo stigli do ove točke za učinkovitu dijagnostiku, potrebno je uzeti u obzir određene čimbenike koji se odnose na

mehaniku motora s unutarnjim izgaranjem, dinamiku plinovitih tekućina i akustiku ispušnog sustava.

### Razrjeđivanje uzorka ispušnih plinova

Preklapanje u radu ispušno-usisnih ventila i rezonantno ponašanje ispušne cijevi mogu utjecati na sastav uzorka 4 plina, što pomiče izračunati faktor  $\lambda$  prema siromašnjem.

Uzorak od 4 plina razrjeđen je zbog prisutnosti  $O_2$  koji nije bio prisutan tijekom reakcije u komori za izgaranje. Učinak na izračun faktora  $\lambda$  je dvostruk jer povećava udio  $O_2$  u uzorku u isto vrijeme kada smanjuje koncentraciju  $CO_2$  i CO razrjeđivanjem. To može biti prvenstveno rezultat 3 čimbenika:

- Kasno zatvaranje ispušnog ventila (LEVC) zajedno s ranim otvaranjem usisnog ventila (EIVO) ili križanje ventila.
- Ulazak parazitskog zraka u ispuh

- Obrnuti puls na mjernoj točki

Kada je učinkovitost izgaranja nedovoljna s niskim udjelom ugljikovodika, a izmjereni lambda faktor očito je slab, preporučljivo je isključiti mogućnost razrjeđivanja uzorka djelomično blokiranjem izlazne cijevi ispušnih plinova kako bi se sprječilo povratno strjanje i stvorio blagi nadtlak u cijeloj ispušnoj cijevi, čime se sprječava ulazak zraka izvana.

Sastav nekontaminiranog uzorka prepoznaje se jer zadržava svoju proporcionalnost bez obzira na tlak u ispušnom vodu.

## TOČNOST PODATAKA I ISPRAVLJENI CO

Prisutnost parazitskog zraka u analiziranom sastavu plina mijenja omjer između produkata izgaranja, čime se poništavaju i mjerjenje i izračuni izvedeni iz tog mjerjenja. Netočnost izmjerениh podataka isključuje

svaku mogućnost analize ili dijagnostike.

Koherentnost zajedničkih vrijednosti mora se provjeriti kao korak prije prihvaćanja pojedinačnih vrijednosti svake tvari.

### Ispravljen CO

Osim pogreške u izračunu faktora  $\lambda$ , smanjenje izmjerenoj CO (udio u odnosu na ukupni) vrlo je važno na individualnoj razini zbog njegove ekstremne toksičnosti i opasnosti od nakupljanja u zatvorenim prostorima ili u prostorima s lošom ventilacijom. Ispravljen CO daje

ekvivalentnu koncentraciju CO za uzorak bez parazitskog zraka, a njegova razlika u odnosu na izmjereni CO pokazatelj je smanjenja uzorkovanog  $CO_2$  i HC vrijednosti i netočnosti izračunatog faktora  $\lambda$ .

## KOREKCIJA SMJESE NA TEMELJU ISPUŠNIH PLINOVA

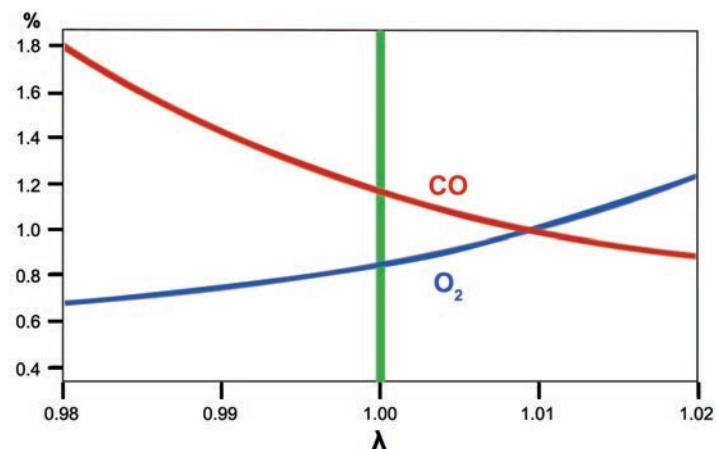
### UČINKOVITOST IZGARANJA I PLINOVI KOJI ZAGAĐUJU

Najučinkovitije izgaranje je, ujedno, i najprihvatljivije za okoliš, jer dobivanje najveće moguće energije iz goriva smanjuje potrošnju. Međutim, ono nije ono koje najmanje zagađuje.

Kao što smo već vidjeli, regulacija mješavine zraka i goriva u stehiometrijskom omjeru je bitna kada se radi s homogenom smjesom za maksimalnu temperaturu i oksidacijsku učinkovitost kemijske reakcije. Isto osigurava kombinaciju maksimalne mehaničke izvedbe s minimalnim udjelom produkata nepotpunog izgaranja (CO) i tvari koje ne sudjeluju (HCs i O<sub>2</sub>).

Učinkovitost oksidacije kod benzinskih motora je promjenjiva i praktički nikad apsolutna, ona je maksimalna u vrlo specifičnim radnim uvjetima što pri stvarnom radu motora čini vrlo mali dio njihovog radnog vremena.

Ovisno o omjeru kompresije, punjenju cilindara, radnoj temperaturi, sustavu dovoda goriva i mnogim drugim varijablama, prosječna oksidacijska učinkovitost benzinskih motora u modernom dobu varira između 90 i 97%. Iz preostalih 3-10%, pokazatelja oksidacijskog defekta,



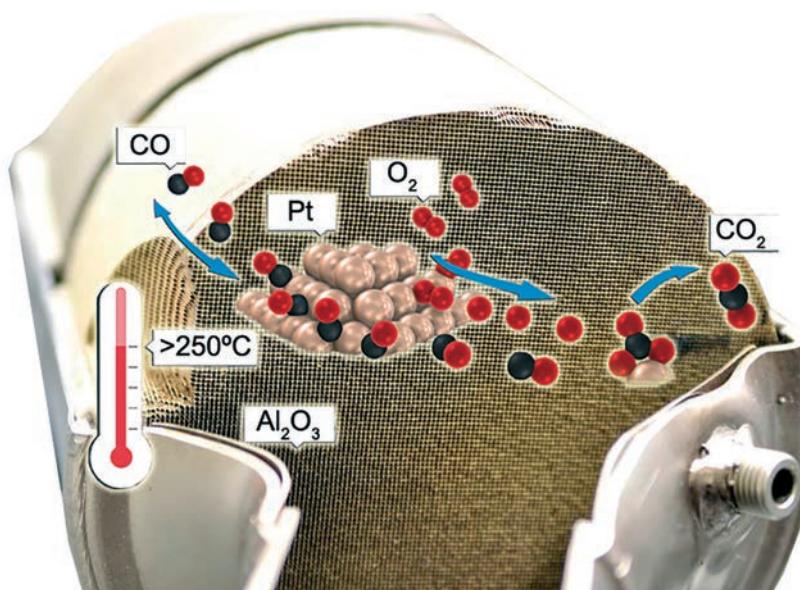
zaključuje se da se emisija djelomično oksidiranih tvari i isparenog goriva tijekom rada benzinskog motora s unutarnjim izgaranjem kontinuirano događa čak i pri  $\lambda=1$ .

### KATALIZATOR ISPUŠNIH PLINOVA

Njegov princip rada sastoji se od stvaranja idealnih uvjeta za potpunu oksidaciju CO i HC, koja se odvija ubrzano zbog interakcije s nereaktivnim elementom, katalizatorom. Za postizanje oksidacije obje tvari potrebna je potrebna energija aktivacije (dovoljna temperatura), ispravna reakcijska udaljenost (blizina reagensa) i dovoljno oksidacijskog sredstva (O<sub>2</sub>).

Oksidacijski katalizator se sastoji od kutije od nehrđajućeg čelika unutar koje se nalazi keramički monolit. Keramičko tijelo sastoji se od mreže

čije su površine obložene slojem aluminijevog oksida s evaporiranom platinom i paladijem. Kada ispušni plin prođe kroz mrežu, prazni prostori unutar mreže zagrijavaju katalizator, te tako pokreću proces pretvorbe tvari koje uzrokuju onečišćenje u inertne tvari. Plemeniti metali oksidiraju ispušne plinove, smanjujući koncentraciju ugljičnog monoksida i neizgorjelih ugljikovodika.



## SENZOR KISIKA

Ovo je elektrokemijski senzor posebno razvijen za otkrivanje odstupanja mješavine zraka i goriva od idealnog ili stehiometrijskog omjera. Njegov se rad temelji na električnoj razlici potencijala koju stvaraju različite koncentracije kisika u atmosferskom zraku i ispušnim plinovima kada se dvoatomski kisik rastvara na ione. Senzor kisika sastoji se od podloge od cirkonijevog dioksida na koji su postavljene 2 elektrode od legure platine koje funkcionišu kao elektrode, a sve to je zatvoreno u metalni nosač pričvršćen na ispušnu cijev vozila.

Vanjska elektroda senzora je u kontaktu s ispušnim plinovima motora čiji sadržaj kisika ovisi o omjeru smjese kada je učinkovitost izgaranja dovoljna. A suprotna elektroda se odnosi na konstantnu vrijednost kisika prisutnu u atmosferskom zraku kroz ventilacijski kanal.

Kad temperatura prijeđe 300°C, itrijem dopiran cirkonijev dioksid postaje propustljiv za atomski kisik čime se omogućuje protok iona kroz njega. S druge strane pak platina elektroda postaje vrlo reaktivna čime se povećava njezin prirodni kapacitet da privuče određene kemijske elemente i potakne njihovo katalitičko djelovanje. Za podizanje i održavanje temperature senzora kisika na optimalnim radnim vrijednostima, unutar njega se postavlja grijajući element na električni pogon.



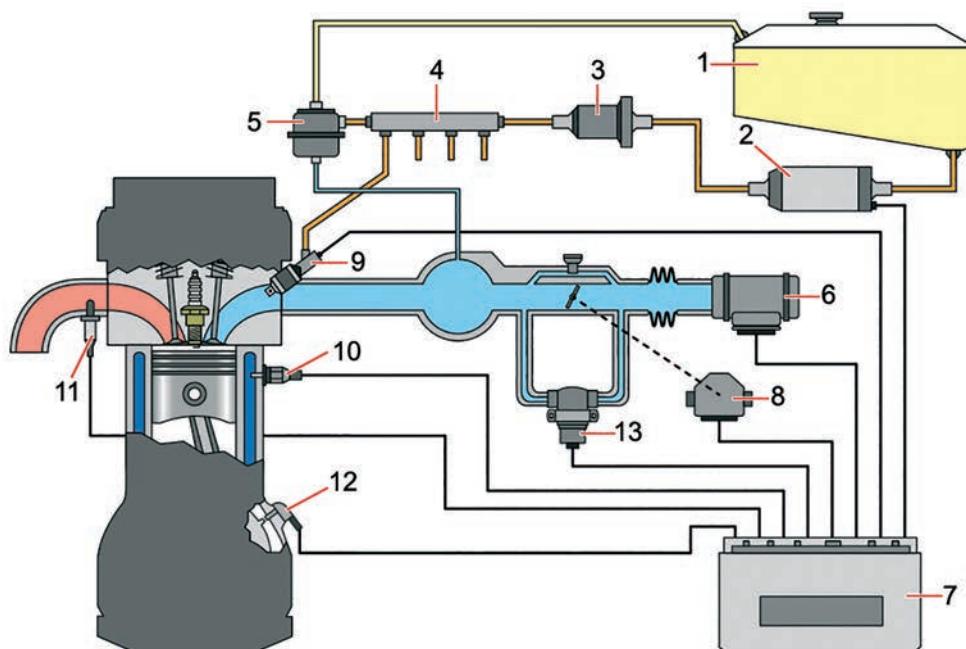
## PRILAGODBA SMJESE

Opskrba gorivom u sustavima neizravnog ubrizgavanja vrši se reguliranjem vremena otvaranja mlaznica potrebnih za opskrbu gorivom u približno stehiometrijskom omjeru sa zrakom koji ispunjava cilindre u svakom radnom ciklusu.

Gorivo koje se dovodi u mlaznice regulira se mehanički fiksnim tlakom ili u nekim sustavima konstantnom razlikom unutarnjeg tlaka usisnog razvodnika. Upravljačka jedinica aktivira mlaznice sa signalom električne frekvencije proporcionalnim brzini motora i promjenjivog trajanja, kako bi regulirala količinu goriva koja se isporučuje u svakom ciklusu.

Uvjeti rada motora i dinamika vezana uz vozilo i promet određuju efektivno vrijeme ubrizgavanja i mogućnost prilagođavanja smjese za postizanje maksimalnih performansi katalizatora. Prilagodljiva korekcija vremena ubrizgavanja ovisno o sastavu plinova zarobljenih senzorom kisika moguća je samo u dovoljno redovitim radnim uvjetima koji omogućuju uspostavljanje zatvorene kontinuirane kontrolne petlje u uzastopnim ciklusima.

- 1.- Spremnik za gorivo
- 2.- Električna pumpa za gorivo
- 3.- Filter goriva
- 4.- Tračnica za ubrizgavanje
- 5.- Regulator pritiska
- 6.- Mjerač protoka zraka
- 7.- Kontrolna jedinica
- 8.- Senzor gasa
- 9.- Elektromagnetski injektor
- 10.- Senzor temperature
- 11.- Senzor kisika
- 12.- Senzor broja okretaja
- 13.- Dodatni ventil za zrak



## PRAKTIČNA ANALIZA

### PREDUVJETI

Regulacija smjese u stvarnim radnim uvjetima vozila odgovara zahtjevima za snagom od strane vozača i dinamičkim prometnim uvjetima, čimbenicima koje je teško reproducirati tijekom analize plinova u radionici. Obogaćivanje tijekom ubrzanja/punog opterećenja ili potpuno prekidanje opskrbe gorivom tijekom faze prekoračenja su logične funkcije koje se aktiviraju pod vrlo specifičnim uvjetima i modificiraju vrijeme ubrizgavanja na ograničen način. Sustavi karburatora nemaju te funkcije ili ih rade mehanički.

U uvjetima statičke i minimalne otpornosti zakretnog momenta, potražnja i isporuka performansi motora brzo se izbalansiraju kada je

broj okretaja motora stabilan ili se vrlo postupno mijenja. Dakle, vrijeme ubrizgavanja i sastav ispušnih plinova uglavnom ovisi o signalima senzora i mehaničkim varijablama koje mogu utjecati na sastav smjese ili razvoj izgaranja.

Kako bi se olakšala dijagnoza kvarova i njihov mogući popravak, analiza ispušnih plinova mora se provesti pod unaprijed određenim uvjetima koji omogućuju usporedbu izmjerena vrijednosti s referentnim brojkama i provjeru kontrolnog faktora smjese ( $\lambda$ ).



Osnovni zahtjevi za analizu ispušnih plinova su sljedeći:

- Dovoljna količina maziva za motor, ali ne prevelika
- Sustav hlađenja motora radi i motor na radnoj temperaturi.
- Mjenjač u neutralnom ili parkirnom položaju.
- Električna opterećenja isključena.
- Stabilan napon punjenja baterije dok motor radi.
- Filter zraka u dobrom stanju.
- Dovoljna količina goriva u spremniku i specifikacija goriva u skladu s naznakama proizvođača.
- Postavljeni poklopac spremnika goriva i čep za punjenje motornog ulja.
- Sustav paljenja u dobrom stanju i točka paljenja ispravna.
- Sustav recirkulacije para motora u dobrom stanju (vizualna provjera).
- Dovoljna ventilacija u radnom prostoru ili usisavanje dima za vrijeme rada.
- Analizator ispušnih plinova u dobrom stanju. Izmjereni pozadinski O<sub>2</sub> između 20,3 i 21,2% ovisno o atmosferskoj vlažnosti, nadmorskoj visini i tlaku. Cijev za uzorkovanje plina bez prepreka, vode ili nakupljenih ostataka.

# REFERENTNE VRIJEDNOSTI I RUČNO PODEŠAVANJE SMJESE

Kao što smo vidjeli ranije, udio različitih plinova koji stvaraju ispušne emisije ovisi o prirodi smjese, razvoju izgaranja i pretvorbi koju vrši katalizator.

Prihvatljive vrijednosti za svaku od tvari ovise o evolucijskoj razini

motora i učinkovitosti izgaranja, koja se lagano povećava s radnom brzinom i punjenjem cilindara.

Sljedeće kombinacije smatraju se prihvatljivim kao referentne:

	<b>Karburacija</b>	<b>Injekcija (bez kontrole <math>\lambda</math>)</b>	<b>Ubrizgavanje prije katalizatora</b>	<b>Ubrizgavanje nakon katalizatora</b>
<b>CO</b>	< 1% i 2% >	1 ± 0,5 %	< 0,4 % and 0,8% >	< 0,2%
<b>CO<sub>2</sub></b>	> 11%	> 12%	> 13%	> 13,5%
<b>HC</b>	< 400 ppm	< 300 ppm	< 250 ppm	< 100 ppm
<b>O<sub>2</sub></b>	< 3,5%	< 2,5%	< 1,5%	< 0,2%
<b><math>\lambda</math></b>			< 0,99 i 1,02 >	< 0,99 i 1,02 >
<b>Broj okretaja</b>			Prazan hod	2000 broj okretaja

Učinkoviti omjer kompresije motora je odlučujući čimbenik u ovom aspektu. Što je kompresija veća, to je veća temperatura izgaranja i oksidacijska učinkovitost.

Nedovoljno napredovanje paljenja smanjuje temperaturu izgaranja i učinkovitost oksidacije, što također ometa mehaničke performanse. Stoga se ugljikovodici i CO povećavaju na štetu CO<sub>2</sub>.

Provjera faktora  $\lambda$  između 0,98-1,02 mora se provesti na vozilima s katalitičkim pretvaračima, kako bi se osigurao prikladan rad. Radno

opterećenje i performanse katalizatora također se moraju provjeriti kako bi se osigurao njegov fizički integritet i dugovječnost.

Ako imate korigiranu vrijednost ugljičnog monoksida i ona je viša od izmjerene vrijednosti ugljičnog monoksida, razina razrjeđivanja smjese se mora ispraviti prije nego što nastavite s provjerom faktora  $\lambda$ . Ako nije dostupan, potvrdite dovoljnu točnost uzorka da je CO<sub>2</sub> + CO veći od 14. Inače, izračunata vrijednost  $\lambda$  nema potrebnu točnost da bi bila pouzdan pokazatelj prirode mješavine zraka i goriva.

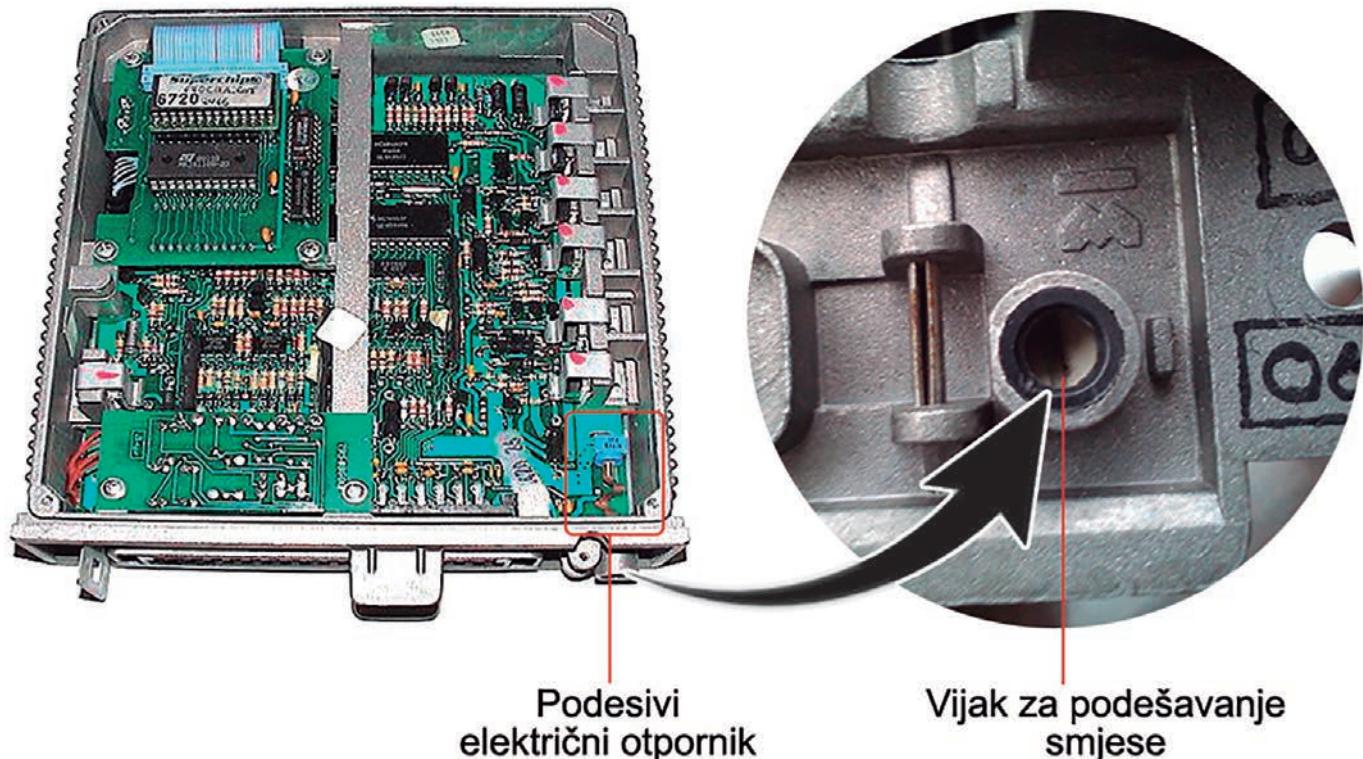
## Ručno podešavanje smjese

Udio ugljičnog monoksida i broja okretaja u praznom hodu u vozilima s rasplinjačem je podesiv i mora se prilagoditi u skladu s podacima koje je naveo proizvođač, što se u mnogim slučajevima ne podudara s idealnim faktorom  $\lambda$ . Ako nemate specifične podatke, preporučljivo je prilagoditi ih što je moguće većim smanjenjem ugljičnog monoksida, pod uvjetom da povećava CO<sub>2</sub> što ukazuje na poboljšanu učinkovitost oksidacije. Isto se najčešće podudara s povećanjem broja okretaja motora.

U tim uvjetima, siromašnije smjese će proizvesti manji udio ugljičnog monoksida, ali i niže mehaničke performanse, tako da se položaj akceleratora mora podesiti u otvorenniji položaj kako bi se održala minimalna stabilna brzina. Pretjerano otvoreni mirni položaj gasa omogućuje rano obogaćivanje smjese kroz glavnu mlaznicu u prijelaznoj fazi po prijelazu iz praznog hoda i tijekom prekoračenja, povećavajući potrošnju goriva i absolutnu masu ugljičnog monoksida koju motor proizvodi tijekom vožnje.

U motorima opremljenim sustavima ubrizgavanja prve generacije, sa ili bez senzora kisika, te u nekim slučajevima s katalitičkim pretvaračima, nekad će možda biti potrebno ručno podešavanje smjese, a ponekad će biti potreban i prazni hod kako bi se nadoknadio nedostatak barometrijskog senzora, dok će u mnogim slučajevima trebati nadoknaditi nedostatak točnosti ili istrošenost senzora i aktuatora.

Prilagodba servisa na približnu stehiometrijsku vrijednost smjese (osnovno vrijeme ubrizgavanja) osigurava najbolji odnos potrošnje i učinka tijekom rada u otvorenom krugu i olakšava korekciju na optimalne vrijednosti u najmanjem broju kontrolnih/vremenskih ciklusa kada postoji senzor za kisik. Početni postupak podešavanja mora se u svim slučajevima provesti prema uputama proizvođača i može zahtijevati gašenje određenih senzora/aktivatora ili zračnih puteva.



## PROVJERA SLIJEDA

Početna provjera kontrole smjese mora se provesti s motorom na stabiliziranoj srednjoj radnoj brzini tijekom 30 sekundi kako bi se postigla početna referenca pod povoljnim uvjetima izgaranja, uz lambda kontrolu zatvorene petlje i dovoljnu temperaturu katalitičkog pretvarača, ako on postoji.

Kao početni kriterij treba usvojiti kontrolni faktor za smjesu između 14/1 i 15,4/1 što znači približno 5% manje ili više kisika u odnosu na stehiometrijski omjer potreban za postizanje potpunog izgaranja goriva.

Ako faktor λ ispušnih plinova u ovim uvjetima nije minimalno prihvatljiv (0,95-1,05), ili ako je prihvatljiv, a izmjereni kisik je veći od 3,5%, postupite sljedećim redoslijedom:

- Provjerite točnost uzorka i mogućeg razrjeđivanja.
- Isključite svaku mogućnost izravnog ulaska parazitskog zraka u usisni sustav.
- Provjerite ispravnost mjerenja senzora temperature motora.
- Provjerite je li tlak dovoda goriva u skladu sa specifikacijama proizvođača.
- Provjerite sustav paljenja (boju, istrošenost i odvajanje elektroda svjećice), kao i točku paljenja u podesivim sustavima.
- U motorima s ubrizgavanjem sa ili bez senzora kisika, prilagodite smjesu prema specifikacijama proizvođača, ako je podesiva, i ponovite mjerenje.

- Odspojite senzor kisika ako postoji i provjerite je li se sastav plinova poboljšao. Ako je tako, provjerite koherentnost signala koji daje senzor kisika tako što ćete ručno učiniti smjesu bogatijom ili mršavijom. Ako senzor reagira ispravno, nastavite redom.
- Kod motora s rasplinjačem provjerite podešavanje smjese u praznom hodu, ispravno zatvaranje gase drugog tijela, ako ga ima, zatvaranje plovka i ispravnu razinu goriva u posudi.
- Na ulazu u usis motora skinite i zabrtvite pneumatske spojeve sustava za recirkulaciju pare za blok motora i spremnik goriva, vakuumski priključak za servo kočnice i sve druge koje ne ometaju kontrolu dovoda goriva, kontrolu smjese (MAP) ili paljenje (razdjelnik s pneumatičkom).
- Provjerite postoji li dovoljna kompresija u svim cilindrima motora tijekom pokretanja, s otvorenim gasom. Ako postoji neravnoteža između cilindara veća od 15%, provjerite ima li propuštanja u cilindru, ispravnost podešavanja/podizanja ventila i stanje opruga ventila.
- Analizirajte ravnotežu između temperatura ispušnih plinova različitih cilindara. Ako postoji značajna razlika ( $\pm 50^\circ\text{C}$ ) izvršite usporedbu protoka i ispitivanje raspršivanja mlaznice.

Kada su lambda faktor ispušnih plinova i udio  $\text{O}_2$  u srednjem rasponu prihvatljivi, tada moramo mjeriti plinove u praznom hodu pod nepovoljnim uvjetima punjenja, vrtloga i oksidacije.

Ako novo mjerjenje daje pogrešne vrijednosti ili se kontrolni faktor razlikuje od prethodnog, dodatno izvršite sljedeće provjere uz one gore navedene:

- Ako postoji senzor kisika, provjerite radi li grijanje ispravno.
- Osigurajte da nema ulaza za parazitski zrak, osobito kroz brtve mlaznica, kroz brtvu usisnog razvodnika s glavom cilindra i kućište gasa s razdjelnikom.
- Usporedite stvarnu radnu temperaturu motora s teoretski ispravnom temperaturom.
- Izmjerite tlak u usisnom razvodniku i, ako je potrebno, provjerite je li razvodni sustav motora ispravno postavljen i postoje li možda neki zazorci.

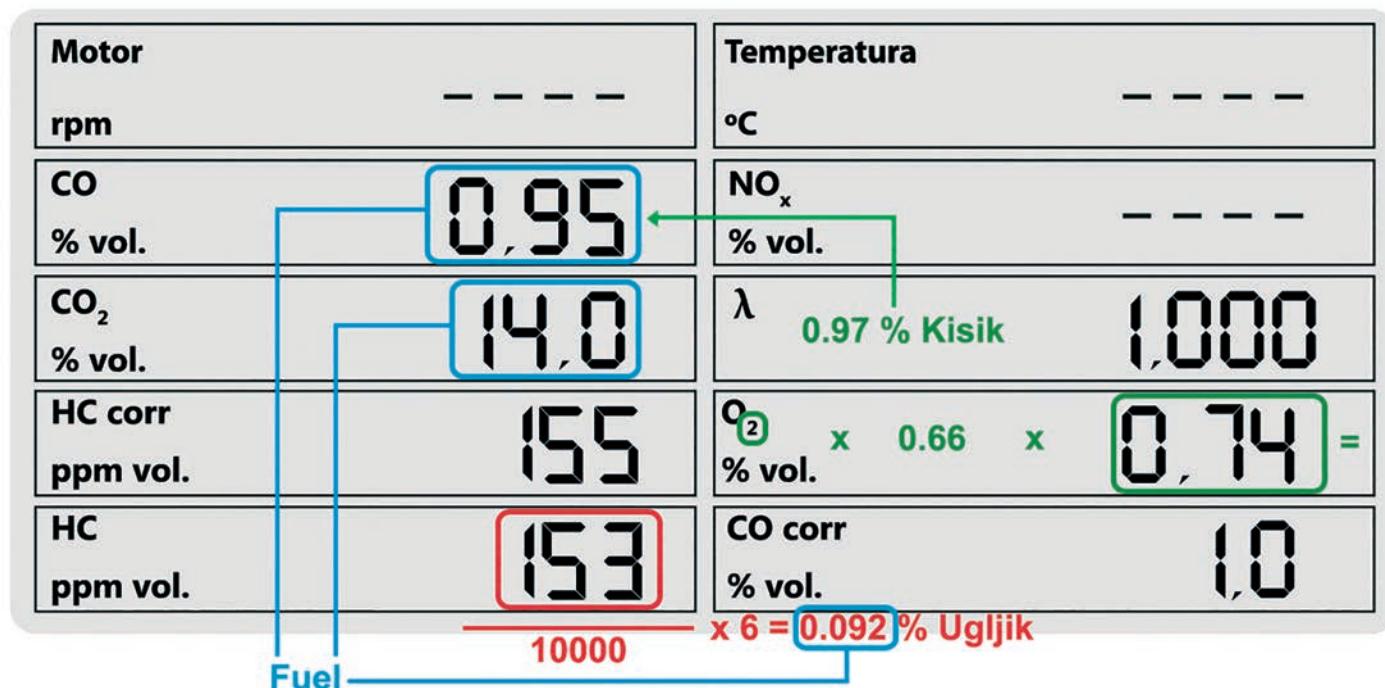
- Provjerite ispravnost ventilacije ili prekomjernog protoka plina iz bloka motora, ili ulaze za zrak kroz čep za punjenje ili šipku za mjerjenje ulja te rad uređaja za kontrolu protoka ili zadržavanja.
- Provjerite jesu li mlaznice dovoljno nepropusne pod pritiskom.
- Analizirajte stanje motornog ulja (razrjeđivanje gorivom) i specifikaciju viskoziteta u skladu s podacima proizvođača.
- Provjerite je li protutlak ispušnog sustava dovoljan, ali ne pretjeran.
- Najprije skinite usisne, a zatim ispusne grane kako biste provjerili moguće nakupljanje krutih tvari u otvorima za punjenje ili u ispusnim izlazima cilindara i ventila.

## TUMAČENJE REZULTATA

Velika raznolikost postojećih motora s unutarnjim izgaranjem i njihove posebne tehničke značajke znači da postoji širok raspon radnih mogućnosti, preciznosti u kontroli smjese i učinkovitosti izgaranja. Pojedinačne vrijednosti različitih ispušnih plinova nisu dovoljne za dijagnostiku kada postoji malo odstupanje; omjeri između nekih od njih i njihova moguća varijacija pri povećanju opterećenja ili broja

okretaja su korisniji pokazatelji.

Kako bi se identificirale i popravile moguće anomalije, usporedba rezultata s primjenjivim referentnim vrijednostima u svakom konkretnom slučaju zahtjeva oprez i međusobnu povezanost između njih.



U mnogim prilikama, lagano ručno mijenjanje smjese, ili jednostavno povećanje radnog opterećenja motora uključivanjem najvećeg mogućeg broja električnog opterećenja, omogućuje otkrivanje poboljšanja u ispušnim plinovima što otkriva uzrok problema i olakšava rješenje.

Radi veće jasnoće i lakšeg tumačenja rezultata analize, preporuča se, kad god je to moguće uzimanje uzorka plina prije katalitičkog pretvarača. U suprotnom se mora uzeti u obzir njegov rad i kapacitet pretvorbe, koji je ujvijek ograničen i uvjetovan udjelima CO/O<sub>2</sub> i potrebne dovoljne temperature.

Izraziti nesrazmjer smjese ili neispravno izgaranje u jednom cilindru u motorima opremljenim senzorom kisika rezultirat će pogrešnim upravljanjem ostalih cilindara tijekom rada zatvorene petlje.

Ako je udio izmjerenog CO<sub>2</sub> manji je od [(14 / broj cilindara) x (broj cilindara - 0,5)], ili je O<sub>2</sub> više od 2,5% prije katalitičkog pretvarača (1,5% poslije), izvršite početnu provjeru plinova s isključenim senzorom kisika.

Provjera plinova s isključenim senzorom kisika omogućuje određivanje prirode mješavine zraka i goriva bez korekcije, te uvid u to obaveštavaju li senzori upravljačku jedinicu ubrizgavanja na minimalno koherentan način ili postoji značajan mehanički nedostatak.

Za dijagnostiku se moraju uzeti u obzir sljedeća logična razmatranja:

- Kada radite s gotovo stehiometrijskim smjesama, varijacija između CO i O<sub>2</sub> ispušnih plinova ujvijek je inverzna i udio ugljikovodika vrlo malo varira. Evidentno povećanje HC-a događa se kada se prekorači granica korisnog bogatstva smjese (CO > 4%).
- Kombinacija gdje su visoki CO, HCs i O<sub>2</sub> ukazuje na neuspjeh paljenja dijela smjese zbog toga što je ista prebogata, te dovodi do pretjeranog zagrijavanja katalizatora u stvarnim radnim i promjenjivim uvjetima opterećenja.
- Neuspjeh paljenja smjese pri prekoračenju upotrebljive granice mršavosti prepoznaje se po visokim udjelima HC i O<sub>2</sub> kombinacije zajedno s vrlo niskim udjelom ili potpuno bez ugljičnog monoksida. Smanjenje CO<sub>2</sub> popraćeno je viškom izmjerenoj O<sub>2</sub>.
- Nisko učinkovito izgaranje unutar cilindara prepoznaje se po kombinaciji visokog udjela HC-a i O<sub>2</sub> s umjerenim udjelom CO-a i niskim udjelom CO<sub>2</sub>.

<b>Motor</b>		<b>Temperatura</b>	
<b>rpm</b>	---	°C	---
<b>CO</b>	1.03		
<b>% vol.</b>			
<b>CO<sub>2</sub></b>	12.6		
<b>% vol.</b>			
<b>HC corr</b>	974		
<b>ppm vol.</b>			
<b>HC</b>	885		
<b>ppm vol.</b>			

- Niske razine CO<sub>2</sub>, CO i O<sub>2</sub> u kombinaciji s visokim HC-om mogu nastati samo zbog početnog nesrazmjera O<sub>2</sub>-N<sub>2</sub>, kao posljedica nedovoljnog pražnjenja/punjjenja cilindara zbog prevelikog protutlaka ispušnih plinova ili rukovanja s pogrešnim tajmingom. Može biti normalno od srednjeg raspona kod motora opremljenih EGR-om, ali nije prihvatljivo u praznom hodu. Recirkulacije CO<sub>2</sub> i N<sub>2</sub> na usisu motora matematički smanjuju mjeru vrijednost plinova. Lambda faktor smjese može biti točan, s obzirom da se njegov izračun temelji na udjelu ugljika i kisika u ispušnim plinovima. Kako

je N<sub>2</sub> približno 74% recirkuliranih plinova, njegov udio u uzorku plina se povećava, a udio CO<sub>2</sub> smanjuje u odnosu na ukupni volumen. Povećanje nereaktivnog materijala (N<sub>2</sub>CO<sub>2</sub>) u komori za izgaranje u odnosu na reaktivni materijal (O<sub>2</sub> i HCs) izolira elemente što otežava njihovu reakciju. Ugljikovodici koji ne započinju kemijsku reakciju kompenziraju proporcionalno smanjenje ispušnih plinova koji razrjeđuju uzorak zbog povećanja N<sub>2</sub>.

## Razvoj izmjerеног CO<sub>2</sub>

Nesavršenost izgaranja je izraženja pri maloj brzini. Vrijeme hlađenja komore za izgaranje i ispušnih plinova je veće, što je duže vrijeme između eksplozija. Stoga se temperatura reakcije u statičkim radnim uvjetima (gotovo konstantno opterećenje) i temperatura ispušnih plinova povećavaju s brojem okretaja motora, što pogoduje oksidaciji unutar i izvan cilindara.

- Kao opće pravilo, CO<sub>2</sub> malo će se povećati i to na srednji raspon rada, čime se smanjuje udio kisika i ugljičnog monoksida
- Kada se, kako se broj okretaja motora povećava, omjer smjese održava na prihvatljivoj vrijednosti, a CO<sub>2</sub> se reducira prije katalizatora, najvjerojatniji uzrok tomu su ili slabo brtvljenje ventila (ispušni/usisni tim redoslijedom) ili problemi mlaznica s raspršivanjem.

- Kada se održava omjer smjese, a CO<sub>2</sub> se povećava prije katalizatora za više od 0,5%, kada se broj okretaja motora poveća na srednji raspon, najvjerojatniji uzrok je nedovoljna kompresija ili vrtlog smjese pri maloj brzini.

Rad katalitičkog pretvarača nakon izgaranja maskira tri gornje tvrdnje.

## PROVJERA KATALIZATORA

Udio CO<sub>2</sub> mјeren nakon katalizatora uvijek mora biti veći, količine CO/O<sub>2</sub> niže, a lambda faktor plinova treba ostati konstantan.

Konverzija ugljikovodika također bi trebala biti značajna, iako je rijetko absolutna, a učinkovitija je što je radna temperatura viša.

Općenito, maksimalni kapacitet pretvorbe katalitičkog pretvarača je 1-1,5% CO prisutnog u ispušnim plinovima pod uvjetom da je količina raspoloživog kisika dovoljna ili malo povиšena, a opet nije pretjerana, to

je ujedno i pravilo koje osigurava vrijednost λ između 1-1.02.

Kapacitet redukcije je na maksimumu kada je prosječna smjesa točno stehiometrijska i to može rezultirati potpunim iscrpljenjem O<sub>2</sub> koji je prisutan u ispušnim plinovima, što bi se trebalo poklopiti s potpunom pretvorbom CO.

Motor rpm	Temperatura °C
0.95	---
14.0	---
155	1.000
153	0.74
	CO corr % vol.

Motor rpm	Temperatura °C
0.01	---
15.0	---
22	1.000
22	0.03
	CO corr % vol.

Učinkovitost katalitičkog pretvarača može se izračunati kada su gornji CO i lambda faktor plinova prihvatljivi ( $\text{CO} < 1\%$  i  $\lambda = 0,98-1,02$ ) prema sljedećoj formuli, a trebalo bi premašiti 90% u statickim uvjetima kako bi se osigurala dovoljna konverzija zagađujućih tvari tijekom vožnje.

Ako se uzorak ne može uzeti na izravan fizički način, vrijednost CO prije katalizatora može se dobiti na konačnom izlazu ispušnih plinova s motorom na radnoj temperaturi i "hladnim" katalizatorom. Da biste to

postigli ostavite vozilo da miruje 5 do 10 minuta nakon postizanja radne temperature (otvoren termostat, a električni ventilator uključen barem jednom). Temperatura katalizatora za to bi vrijeme trebala pasti ispod  $150^\circ\text{C}$ .

Pokrenite motor i bez odlaganja izmjerite plinove na stabiliziranom srednjem rasponu (2500-3000 o/min) čim prihvatljivi lambda faktor to dopusti.

$$\frac{\text{CO ulaz - CO izlaz}}{\text{CO inlet}} \times 100 = \text{Učinkovitost katalizatora}$$

Učinkovitost pretvorbe katalitičkog pretvarača ovisi o njegovoj dovoljnoj temperaturi, stoga se za mjerjenje vrijednosti CO nakon katalitičkog pretvarača preporuča pričekati dok motor radi dok se električni ventilator ne uključi i obavi kondicioniranje prije mjerena. Održavajte motor na srednjoj/visokoj brzini 60 sekundi prije ponovnog preuzimanja podataka.

U statickim ispitnim uvjetima, kada je kontrolni faktor smjese ispravan i održava se stabilnim u cijelom rasponu okretaja motora, vrijednosti ispušnih plinova nakon katalitičkog pretvarača također moraju ostati

stabilne. To ukazuje da je aktivna površina katalizatora dovoljna za volumen plinova proizvedenih u motoru, što osigurava njegovu učinkovitost u stvarnim radnim uvjetima.

Ako se vrijednosti CO i  $\text{O}_2$  povećavaju kako se povećava broj okretaja motora, kapacitet katalizatora je nedovoljan.

Katalitička reakcija može se provjeriti i neizravno, mjerenjem razlike u temperaturi između ulaza i izlaza katalitičkog pretvarača.



Reakcija oksidacije CO i HC je endotermna, pa se plinovi zagrijavaju dok prolaze kroz katalizator. Temperaturna razlika na izlazu i ulazu katalitičkog pretvarača mora biti između  $50-70^\circ\text{C}$ , pod uvjetom da je omjer smjese prihvatljiv, količina CO na ulazu katalitičkog pretvarača veća od 0,4% i  $\text{CO}_2$  više od 13%.

Ovi se uvjeti mogu provjeriti kao što je prethodno opisano za mjerjenje CO predkatalitičkog pretvarača, a mjerjenje temperatura mora se provoditi s motorom na stabiliziranom srednjem rasponu okretaja u minuti i ulaznoj temperaturi većoj od  $250^\circ\text{C}$  (temperatura aktivacije katalizatora).

## TEHNIČKE NAPOMENE

Ovaj odjeljak pokriva najčešće kvarove vezane uz obradu ispušnih plinova. Ovisno o proizvođaču i različitim modelima, broj grešaka koje nastaju tijekom godina može biti znatan.

Kvarovi su odabrani sa sljedeće internetske platforme: navedena platforma sadrži niz kategorija kojima se određuju sljedeće specifikacije: marka, model, linija, sustav i podsustav u kvaru. Kupac može označiti kategoriju koja ga zanima, ovisno o traženim informacijama.

### MERCEDES-BENZ

S CLASS (W220) S 600 (220.878, 220.178) (M 137.970), S CLASS (W220) S 63 AMG (M 137.980), S CLASS (W220) S 65 AMG (220.179) (M 275.980),  
 S CLASS Coupé (C215) CL 600 (215.378) (M 137.970), S CLASS Coupé (C215) CL 63 AMG (M 137.980), S CLASS Coupé (C215) CL 65 AMG  
 (215.379) (M 275.980), SL (R230) 600 (230.477) (M 275.954), SL (R230) 600 (230.476) (M 275.951), SL (R230) 65 AMG (230.479) (M 275.981),  
 S CLASS (W221) S 600 (221.176) (M 275.953), S CLASS (W221) S 65 AMG (221.179) (M 275.982), S CLASS Coupé (C216)  
 CL 65 AMG (216.379) (M 275.982)

Simptom	P0300 - Otkriven je kvar pri paljenju u jednom ili više cilindara P0301 - Cilindar 1. Otkrivena je lažna eksplozija. P0302 - Cilindar 2. Otkrivena je lažna eksplozija. P0303 - Cilindar 3. Otkrivena je lažna eksplozija. P0304 - Cilindar 4. Otkrivena je lažna eksplozija. P0305 - Cilindar 5. Otkrivena je lažna eksplozija. P0306 - Cilindar 6. Otkrivena je lažna eksplozija. P0307 - Kvar paljenja cilindar 7 lijeva strana. P0308 - Kvar paljenja cilindar 8 lijeva strana. P0309 - Kvar paljenja cilindar 9 lijeva strana. P0310 - Kvar paljenja cilindar 10 lijeva strana. P0311 - Kvar paljenja cilindar 11 lijeva strana. P0312 - Kvar paljenja cilindar 12 lijeva strana. Kvar lampice indikatora (MIL) uključen.
NAPOMENA: Ovaj newsletter odnosi se isključivo na vozila koja imaju ugrađen specifičan tip motora.	
Uzrok	Mogući uzroci: • Lambda regulacija. • Ventil za deaktiviranje cilindra. • Kvar u jedinicu za paljenje.
Rješenje	Postupak za popravak: • Provjerite stanje senzora kisika. • Očitajte parametre lambda kontrolne vrijednosti pomoću dijagnostičkog alata. • Provjerite nepropusnost ispušnog sustava ili katalizatora. • Provjerite funkciju deaktiviranja cilindra pomoću dijagnostičkog alata. • Zamijenite kontrolnu jedinicu motora s modificiranim verzijom

## OPEL

ASTRA (Z 14 XEP) (Z 12 XEP), CORSA (Z 14 XEP) (Z 12 XEP), COMBO (Z 14 XEP), MERIVA (Z 14 XEP), TIGRA (Z 14 XEP)  
AGILA (Z 12 XEP), HOLDEN BARINA (Z 14 XEP)

Simptom	<p>P0130 - Senzor kisika 1, blok 1. Neispravan krug.</p> <p>P0131 - Senzor kisika 1, blok 1. Niski napon.</p> <p>P0132 - Senzor kisika 1, blok 1. Visoki napon.</p> <p>P0134 - Senzor kisika 1, blok 1. Nije otkrivena aktivnost.</p> <p>P1138 - Senzor 2 grijan, blok 1. Neispravan signal.</p> <p>P2187 - Smjesa je presiromašna u praznom hodu, blok 1.</p> <p>P2191 - Smjesa je previše siromašna pri većem opterećenju motora, blok 1.</p> <p>Kvar lampice indikatora (MIL) uključen.</p> <p>Kodovi kvarova koje javlja upravljačka jedinica motora.</p> <p>U radionici se uočavaju sljedeći simptomi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Velika potrošnja goriva.</li> <li>• Motor se povremeno nasumično trza.</li> </ul>
Uzrok	Unutarnji kvar senzora tlaka ulja. Senzor je iznutra napuknut i ulje, kapilarnim efektom, teče duž električne instalacije sve dok ne dođe do upravljačke jedinice motora, te izaziva simptome i kodove grešaka spomenute u polju simptoma ove tehničke napomene.
Rješenje	<p>Postupak za popravak:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Isključite konektor senzora tlaka ulja (S87).</li> <li>• Provjerite ima li ulja u konektoru.</li> <li>• Zamijenite senzor tlaka ulja ako ima ulja u konektoru.</li> <li>• Očistite konektor.</li> <li>• Odvojite konektor XC1 od upravljačke jedinice motora.</li> <li>• Provjerite tlak motornog ulja.</li> <li>• Očistite konektor XC1 i kontakte upravljačke jedinice motora.</li> <li>• Izbrisite šifre kvarova pohranjene u kontrolnoj jedinici motora pomoću dijagnostičkog alata.</li> <li>• Ponovno očitajte kodove grešaka na upravljačkoj jedinici motora s dijagnostičkim alatom i potvrdite da se kodovi kvarova navedeni u polju simptoma ove tehničke napomene NE prikazuju.</li> <li>• Provedite test na cesti.</li> </ul>



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 zajedno s našim partnerima dobavljačima poput TMD Frictiona, Valea, Bilstein grupe, ZF Friedrichshafena i drugih. Kroz 140 održanih 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 raspaganju 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.



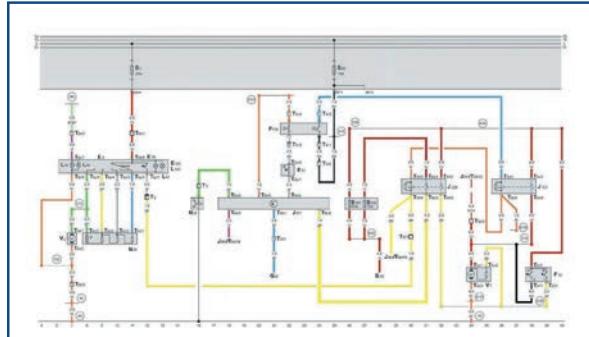
## TEME EDUKACIJA CIAK Auto Akademije

### 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 sa razumijevanjem mogao pristupiti ostalim temama i kvalitetno ih obraditi.

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

- 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.

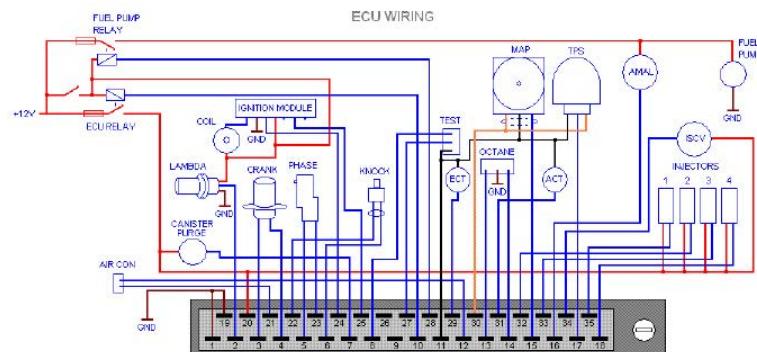
### ECU jedinica i senzorika motora

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.

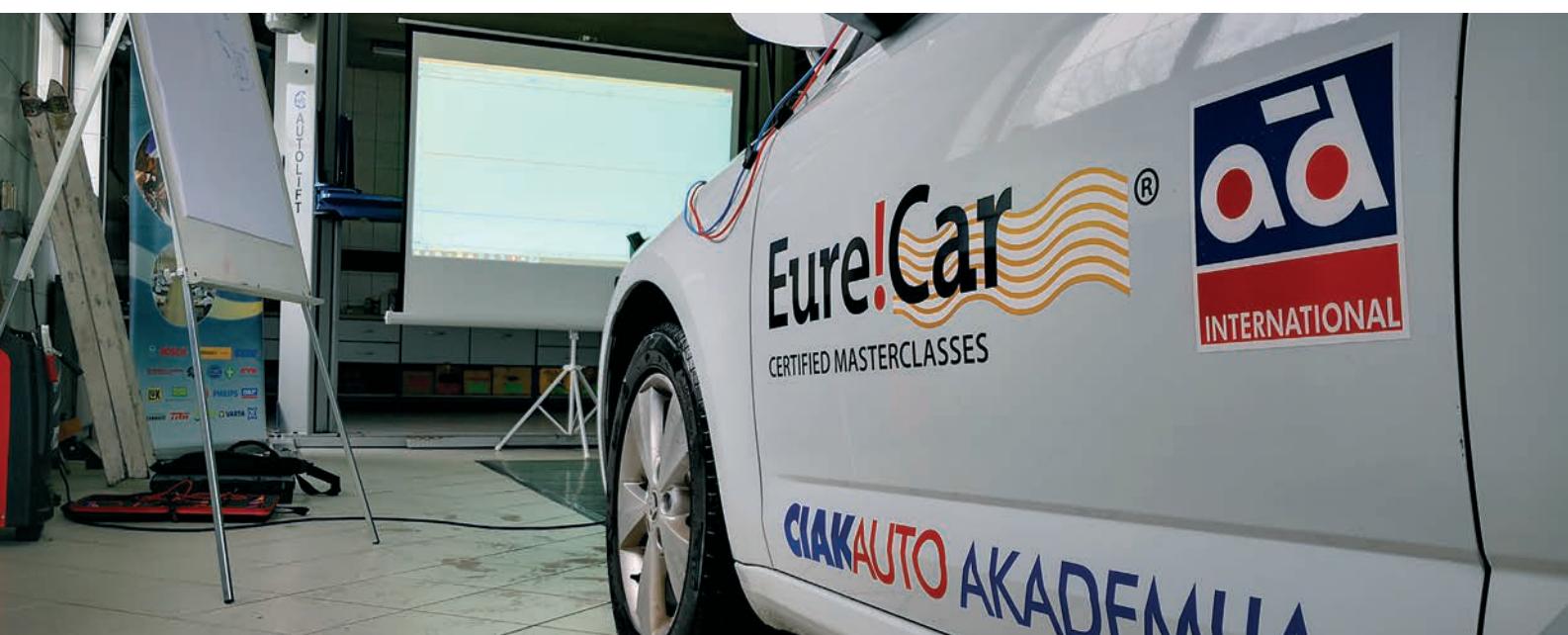
Cilj seminara je da kroz metodiku i didaktiku prođemo greške po načinu prijave dijagnostičkog uređaja te po načinu interpretacije kroz praktični dio i niz priručnih alata koje koristimo na seminaru.

#### 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 da se većina mjerenja vrši pomoću osciloskopa, kao i tumačenje signala koje smo dobili mjerjenjem.

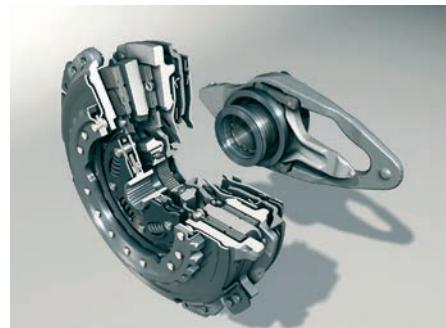
#### **Sadržaj seminara CAN/LIN-bus**

- 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 sa 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**

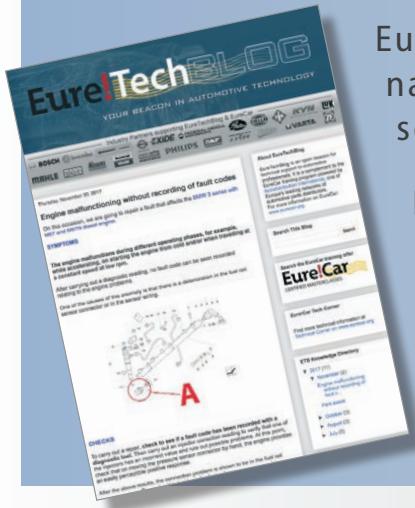
#### **DSG kvačilo OAM mjenjača**

- 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.



EureTek 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



## Dijagnoza multimetrom i osciloskopom



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