

# **Motori**

## **9. predavanje**

# **UVOD U PRIPREMU GORIVE SMJESE**

## OSNOVNI ZAHTJEVI

Osnovni zahtjevi koji se postavljaju na sustav za pripremu gorive smjese su:

- Dobava potrebne količine goriva u cilindar motora i njegovo miješanje sa zrakom u gorivu smjesu potrebnih parametara.
- Doziranje dovedene količine goriva da bi se zadovoljila tražena snaga motora.
- Dovod veće količine goriva za samo upućivanje motora.
- Dovod potrebne količine goriva kod niskih temperatura zraka i motora.
- Prekid dovoda goriva kada je potrebno zaustaviti motor (normalno zaustavljanje ili zaustavljanje radi zaštite motora od većih oštećenja).

## KOLIČINA DOVEDENOG GORIVA PO PROCESU

- Iz snage motora  $P_e$ , brzine vrtnje  $n$ , broja cilindara  $z$ , taktnosti  $\tau$  i specifične potrošnje goriva  $b_e$  možemo odrediti dovedenu masu goriva po jednom procesu:

$$P_e b_e = \dot{m}_g = m_{g,proc} z \frac{2n}{\tau}$$

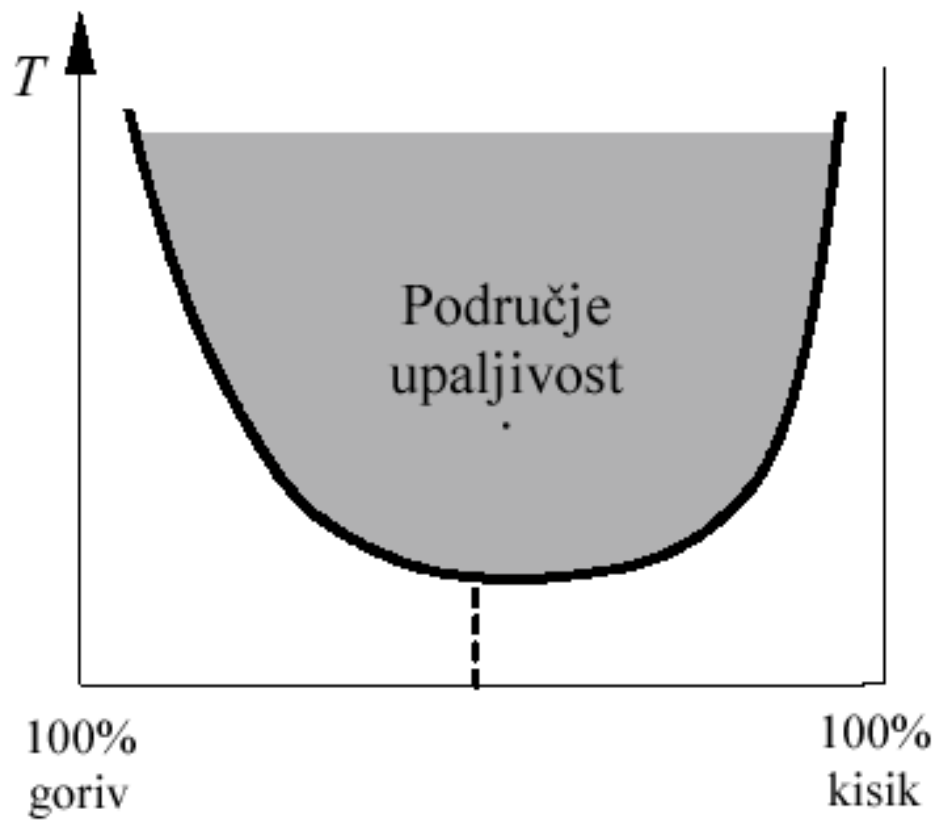
$$m_{g,proc} = \frac{P_e b_e \tau}{2n z}$$

- Volumen dovedenog goriva po jednom procesu je:

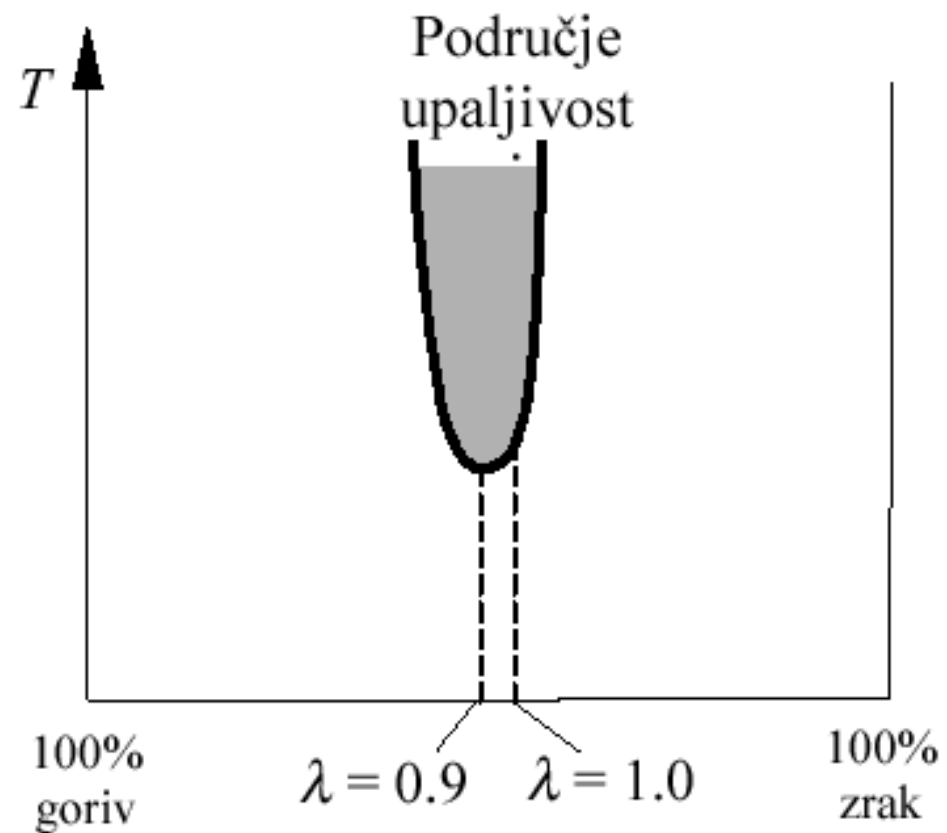
$$V_{g,proc} = \frac{m_{g,proc}}{\rho_g}$$

## UVJETI UPALJIVOSTI GORIVE SMJESE

- Kod Ottovih motora u trenutku paljenja, goriva smjesa je homogena smjesa para goriva i zraka. Takva smjesa se ože upaliti električnom iskrom samo ako je pretičak zraka u gorivoj smjesi u vrlo uskim granicama upaljivosti za danu temperaturu. Slijedi da kod Ottovih motora koristimo gorivu smjesu koja je po mogućnosti stehiometrijska. To je posebno potrebno radi katalizatora.
- Kod dizelskih motora goriva smjesa se priprema tijekom ubrizgavanja i samoupaljivanja, a nastavlja se pripremati i tijekom izgaranja. Goriva smjesa u cilindru nije homogena, kao kod Ottovih motora. Na pojedinim mjestima u prostoru izgaranja pretičak zraka u lokalnoj gorivoj smjesi je unutar granica upaljivosti i na tim će se mjestima lokalna goriva smjesa upaliti sama od sebe. Tijekom kasnijeg isparavanja kapljica, u njihovoj blizini ćemo imati takav lokalni pretičak zraka u gorivoj smjesi da je unutar granica upaljivosti. Na tim ćemo mjestima imati plamen i izgaranje gorive smjese. Upravo ta činjenica da gorivo isparava tijekom izgaranja doprinosi tome da će goriva smjesa izgorjeti i kod ukupnih pretičaka zraka izvan područja upaljivosti. Da je prije paljenja sve gorivo isparilo i izmiješalo se sa zrakom, goriva smjesa se ne bi mogla upaliti. Prema tome, za rad dizelskih motora možemo koristiti i vrlo siromašnu gorivu smjesu.
- Kod plinskih Ottovih motora koji radi smanjenja emisija rade sa siromašnom smjesom (koju je nemoguće upaliti električnom iskrom), kao upaljač se koristi jedan dio gorive smjese koji će se upaliti iskrom sa svjećice. Toplina izgaranja te gorive smjese (mnogo veća od energije električne iskre) poslužiti će kao upaljač za ostalu siromašnu gorivu smjesu.



Područje upaljivosti za smjesu goriva i kisika



Područje upaljivosti za smjesu goriva i zraka

## PRILAGODBA GORIVE SMJESE ZA DATU SNAGU MOTORA

- OTTOVI MOTORI: Stehiometrijska smjesa,  $\lambda = 1$
- DIZELSKI MOTORI: Siromašna smjesa,  $\lambda > 1$

- Da bi ostvarili potrebnu snagu motora, moramo mu dovesti toplinu koja će se osloboditi izgaranjem u reakciji goriva i kisika za njegovo izgaranje. Dovedena količina gorive smjese se može odrediti iz jednadžbe:

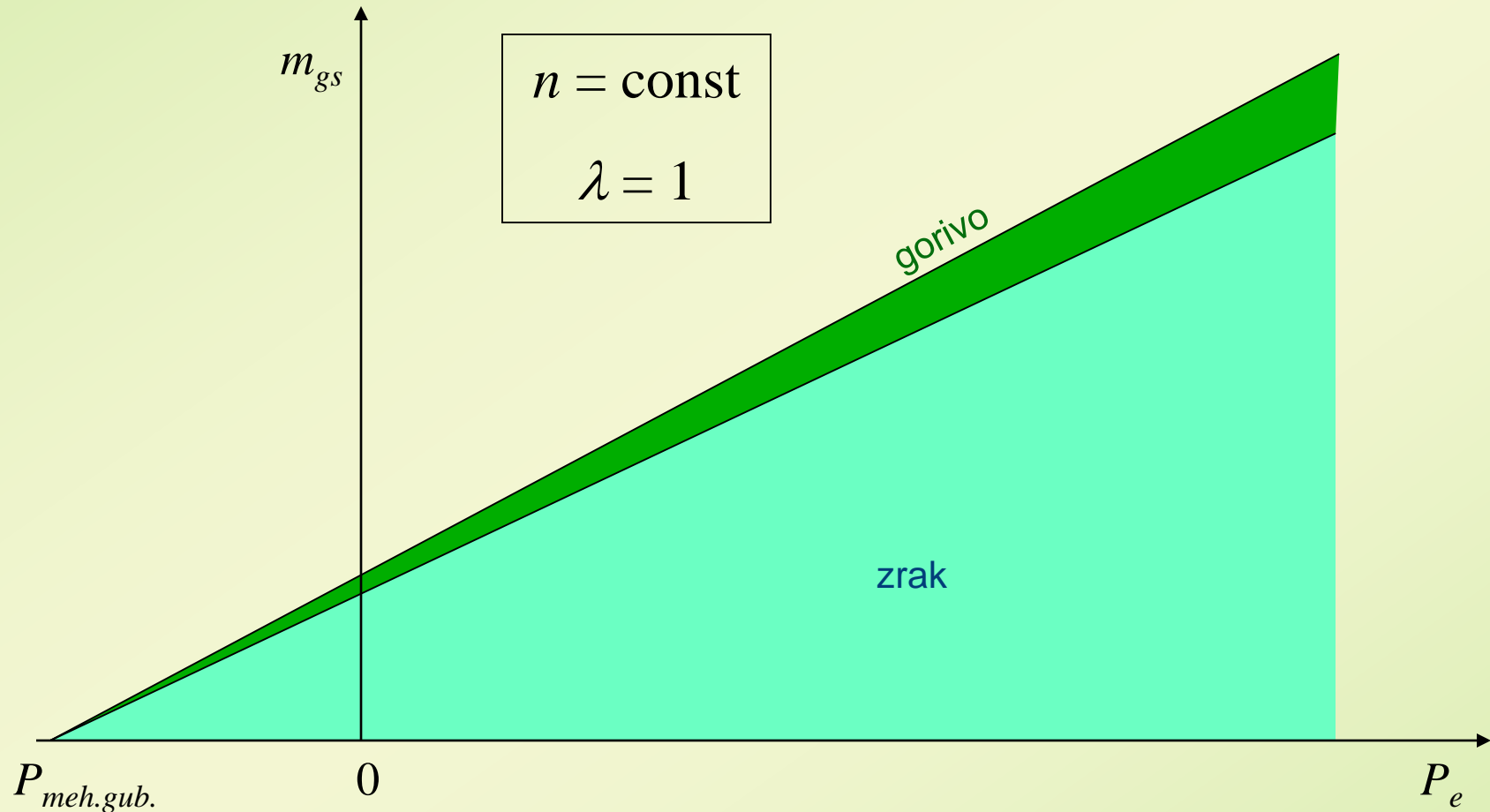
$$P_e = \dot{Q}_{dov} \eta_e = \dot{m}_g H_d \eta_e = \dot{m}_{gs} H_{d,s} \eta_e = \dot{m}_{gs} \frac{H_d}{1 + \lambda L_{st}} \eta_e$$

- Masa gorive smjese koju treba dovesti po procesu je:

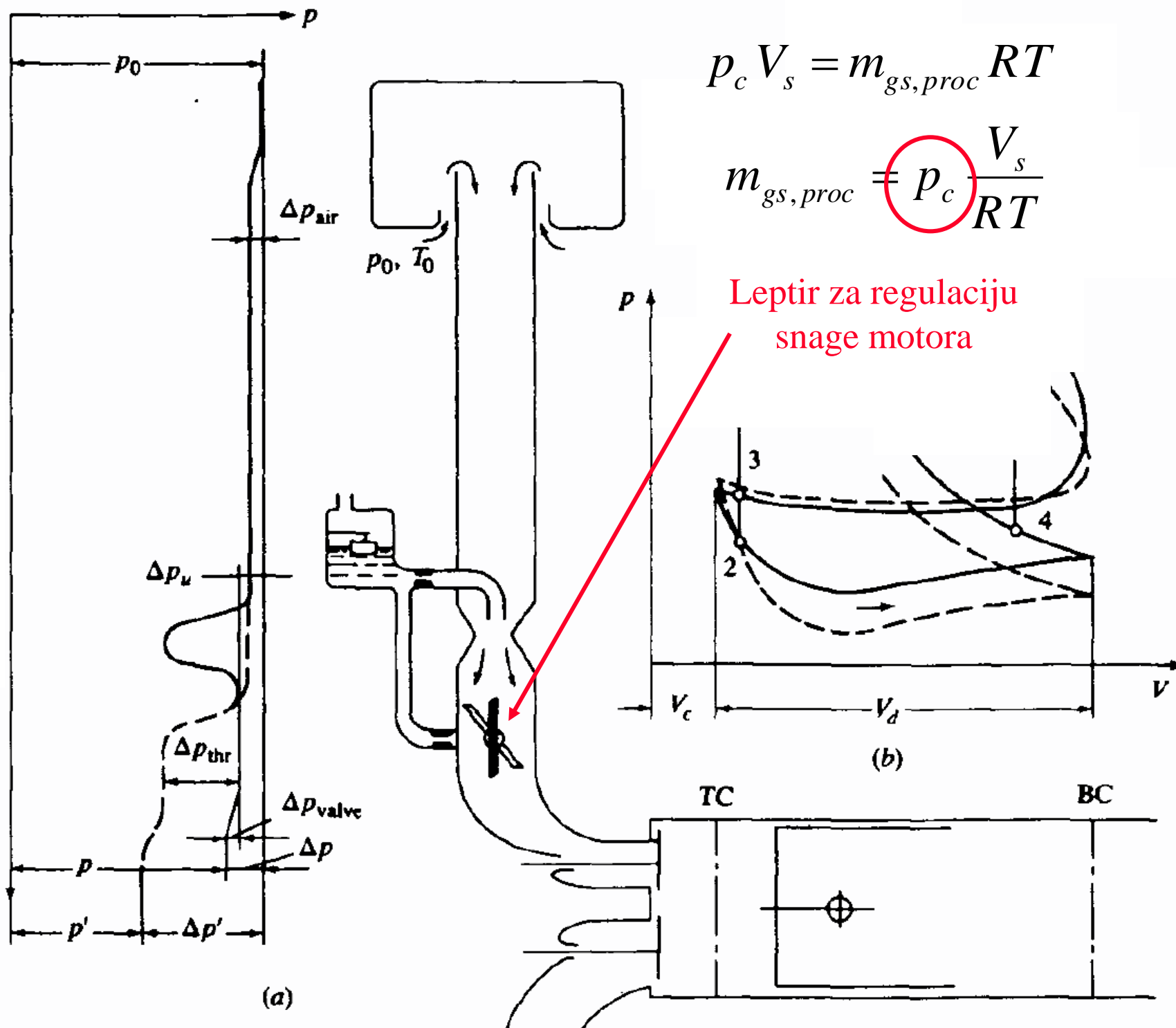
$$m_{gs,proc} = \frac{P_e (1 + \lambda L_{st}) \tau}{2 n z H_d \eta_e}$$

- Prilikom upućivanja hladnoga motora, u cilindar dovodimo veću količinu goriva, tako da je ukupno goriva smjesa vrlo bogata. Goriva se dovodi više nego za stehiometrijsko izgaranje. Kod hladnoga motora ispariti će zbog niskih temperatura samo jedan dio dovedenog goriva. Ispareni dio mase goriva treba sa raspoloživim zrakom stvoriti gorivu smjesu koja će se moći upaliti. Neispareno gorivo dospijeva na stjenke cilindra, gdje se miješa sa uljem za podmazivanje i razrijeđuje ga. Kasnije pri višim temperaturama motora to će gorivo ispariti i izgoriti.

# KVANTITATIVNA REGULACIJA GORIVE SMJESE KOD OTTOVIH MOTORA



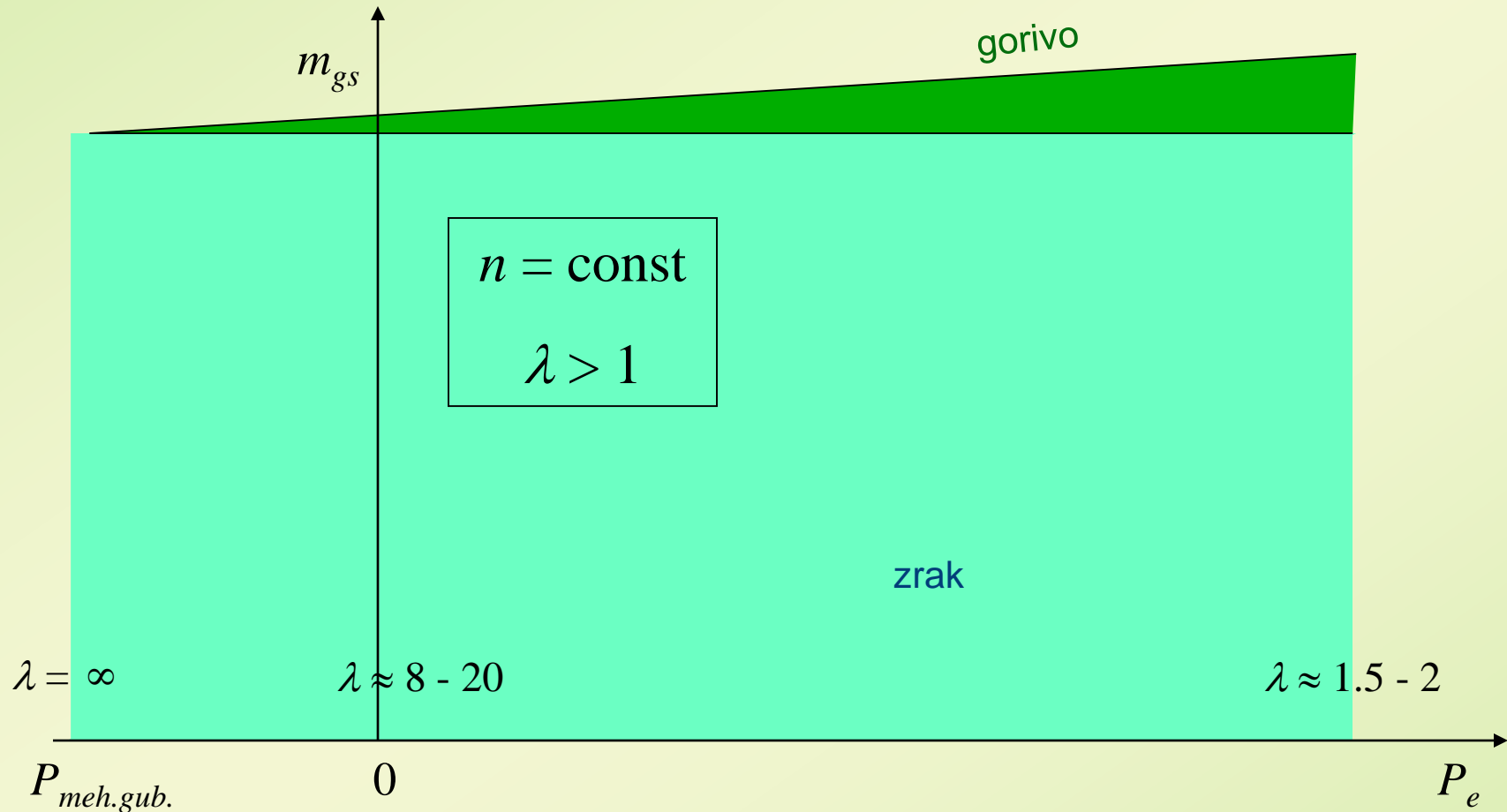
Zbog toga što goriva smjesa mora biti stehiometrijska, snagu kod Ottovih motora reguliramo količinom (kvantitetom) gorive smjese



Regulacija snage Ottovih motora primjenom leptira za stvaranje podtlaka pri usisu u cilindar (kako bi se usisala manja masa gorive smjese). Kod pune snage leptir je maksimalno otvoren, dok je u praznom hodu pritvoren.

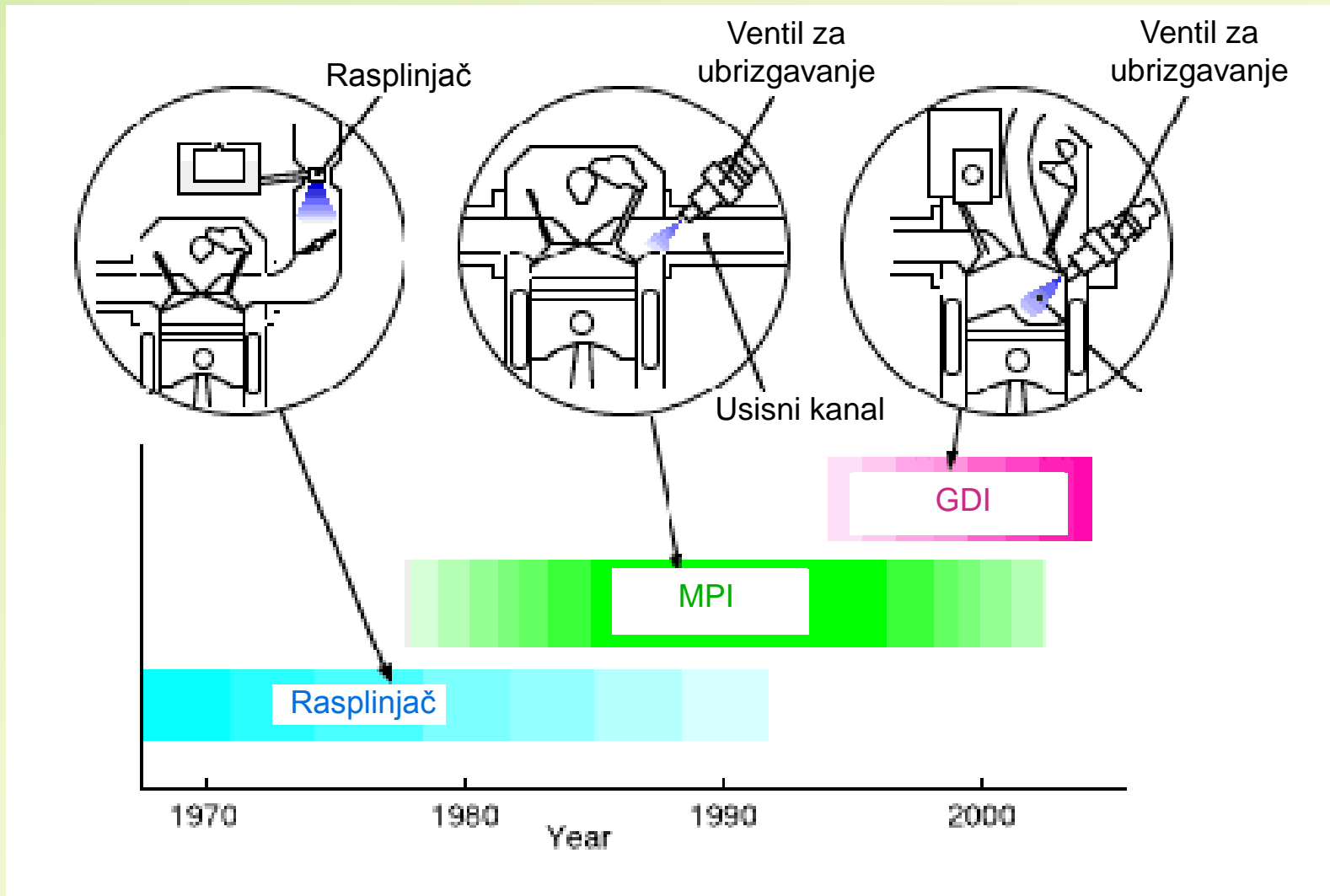
Zbog toga je pri manjoj snazi motora leptir više zatvoren, a rad izmjene radnoga medija je veći.

# KVALITATIVNA REGULACIJA GORIVE SMJESE KOD DIZELSKIH MOTORA



Zbog toga što goriva smjesa ne mora biti stehiometrijska, snagu kod dizelskih motora reguliramo samo količinom goriva (kvalitetom), tj. pretičkom zraka gorive smjese

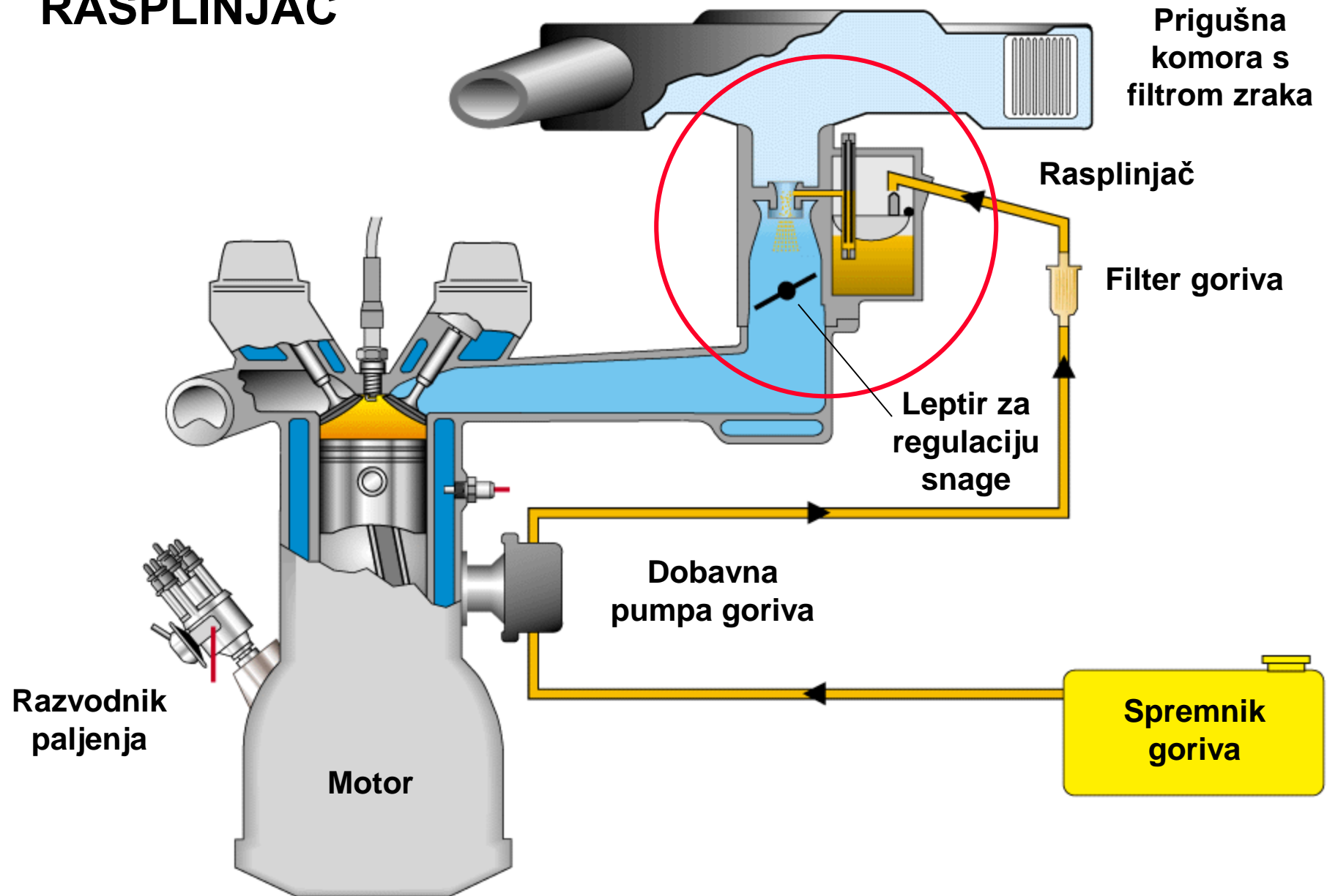
# **PRIPREMA GORIVE SMJESE ZA OTTOVE MOTORE**

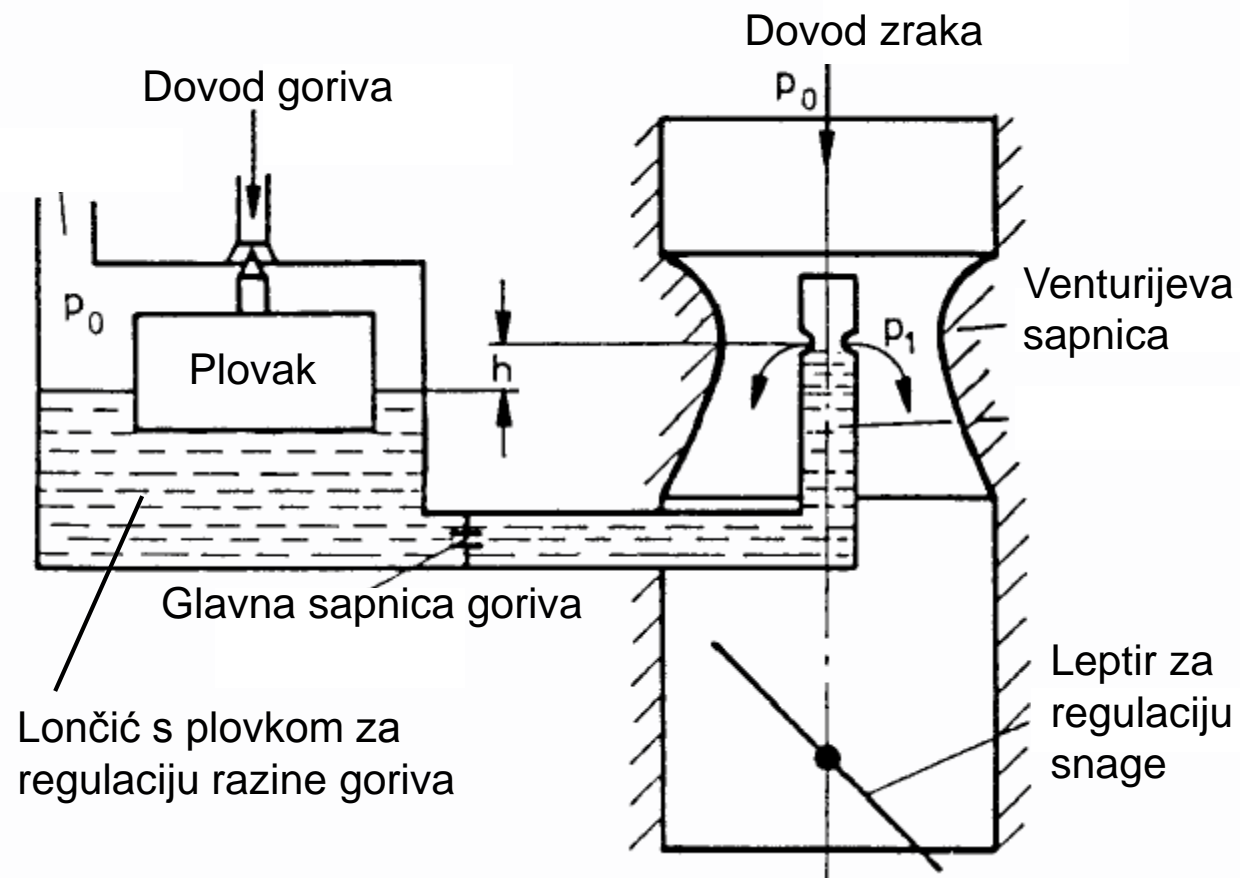


**Razvoj pripreme gorive smjese kod Ottovih motora**  
**Nakon motora s rasplinjačem počeli su se koristiti sve više motori s ubrizgavanjem benzina u usisni kanal pred ispušni ventil svakoga cilindra. U novije vrijeme se sve više koriste Ottovi motori s direktnim ubrizgavanjem benzina u cilindar.**

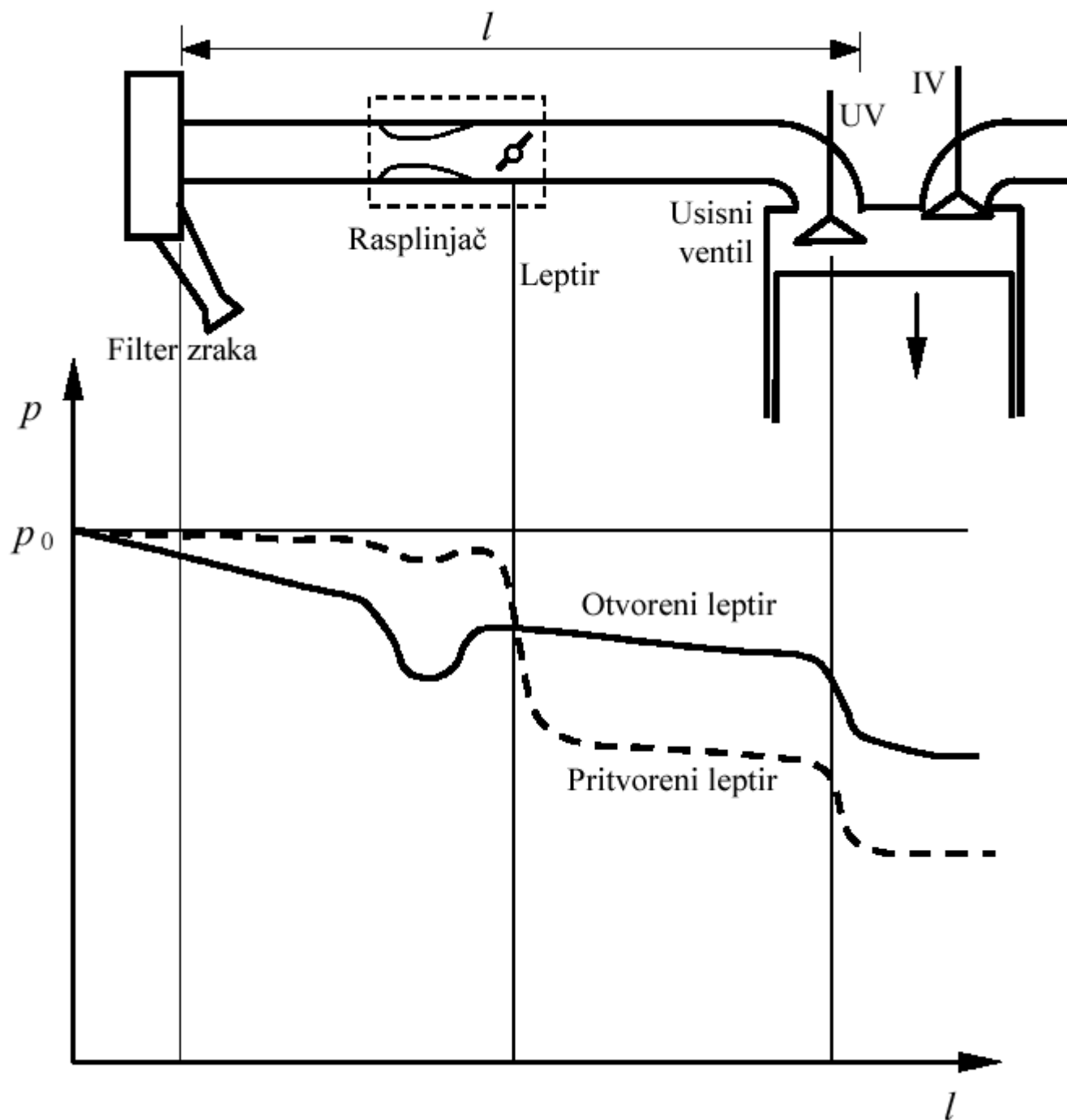
**RASPLINJAČ**

# RASPLINJAČ



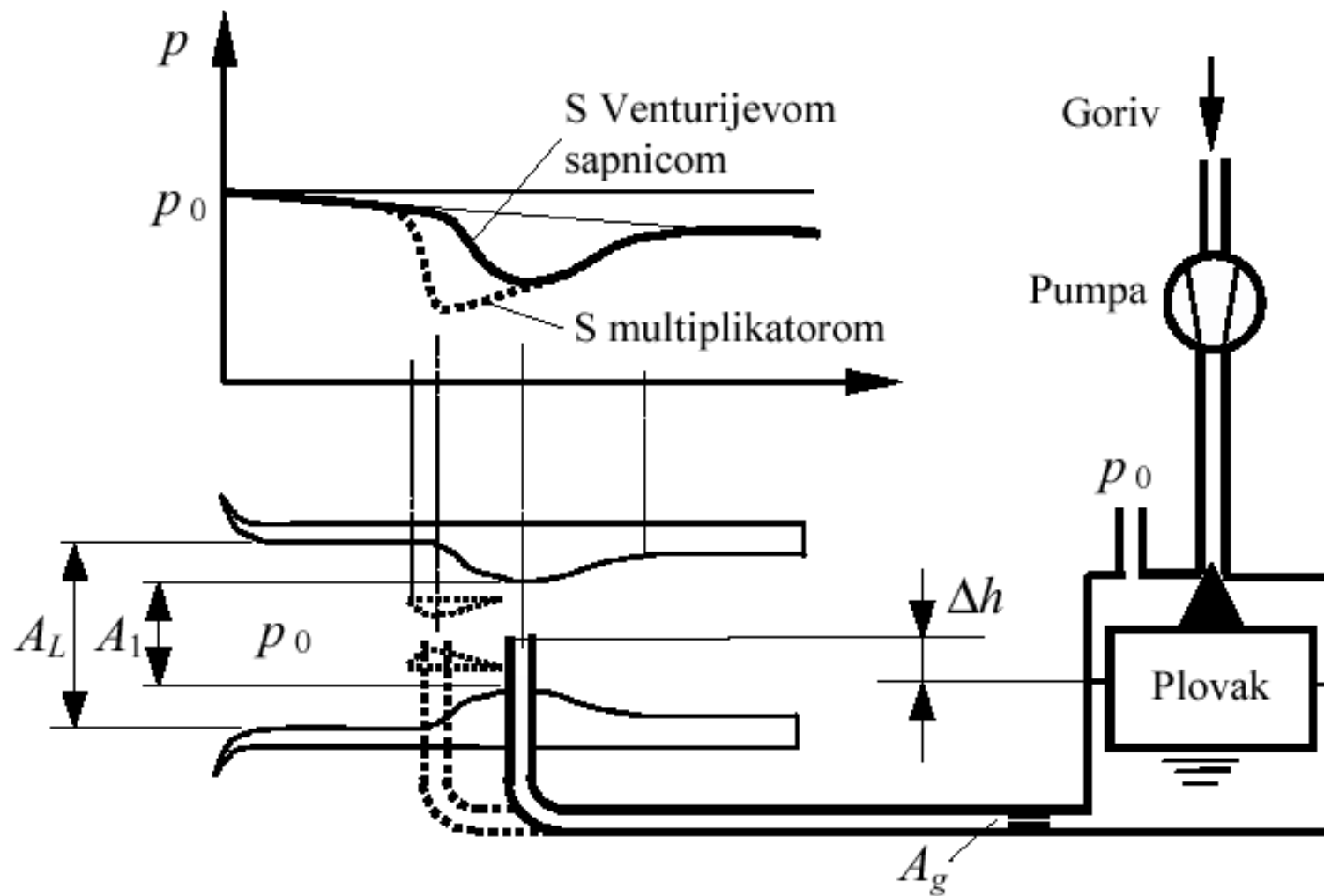


Princip rada rasplinjača



## Rasplinjač

i promjena tlaka u usisnoj cijevi za promjenu opterećenja motora



Shema osnovnog rasplinjača

- Maseni protok zraka pri razlici tlaka  $\Delta p_z$  je:

$$\dot{m}_z = A_z \mu \sqrt{2 \rho_z \Delta p_z}$$

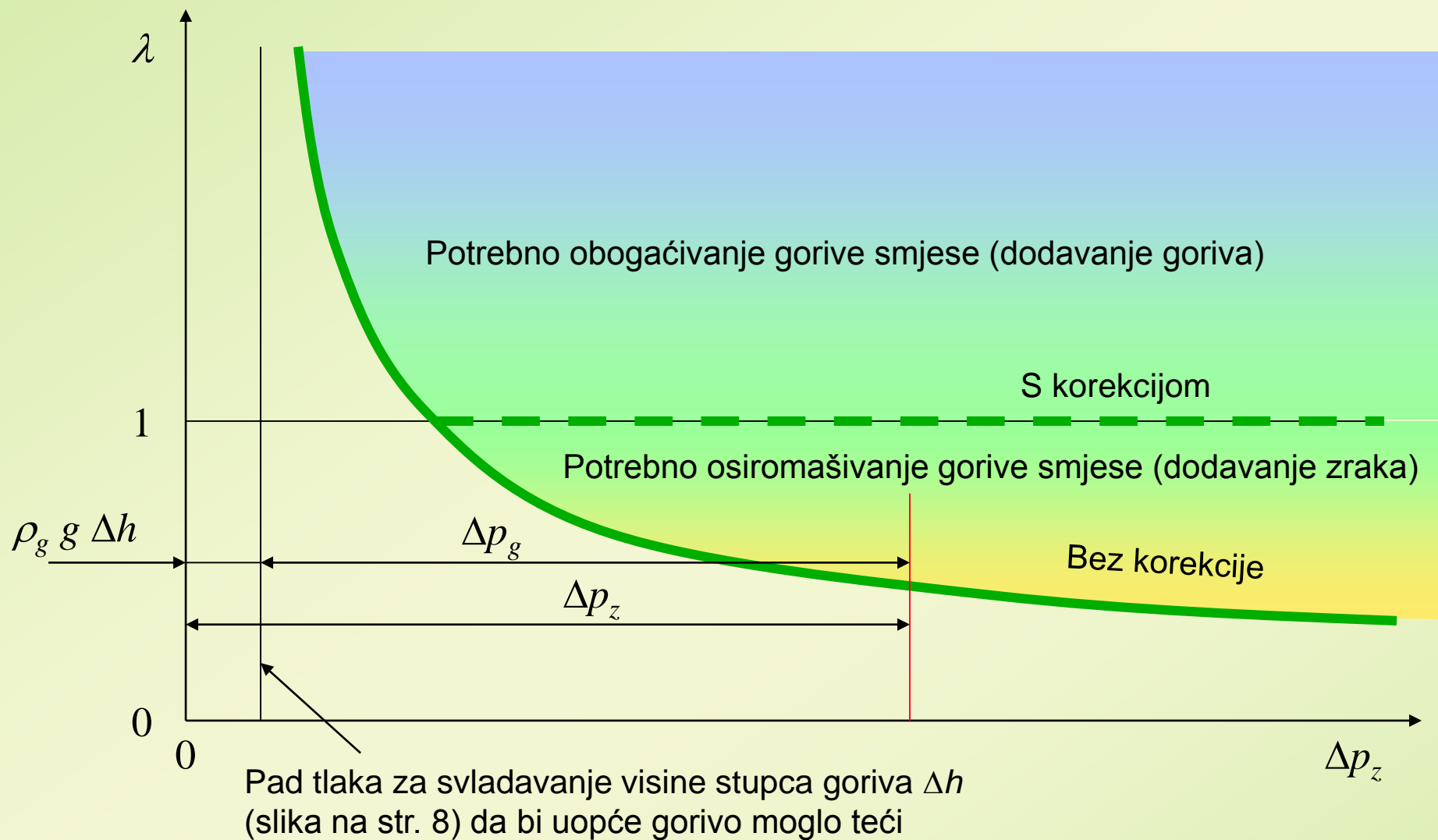
- Maseni protok goriva pri razlici tlaka  $\Delta p_z$  je:

$$\Delta p_g = \Delta p_z - \rho_g g \Delta h$$

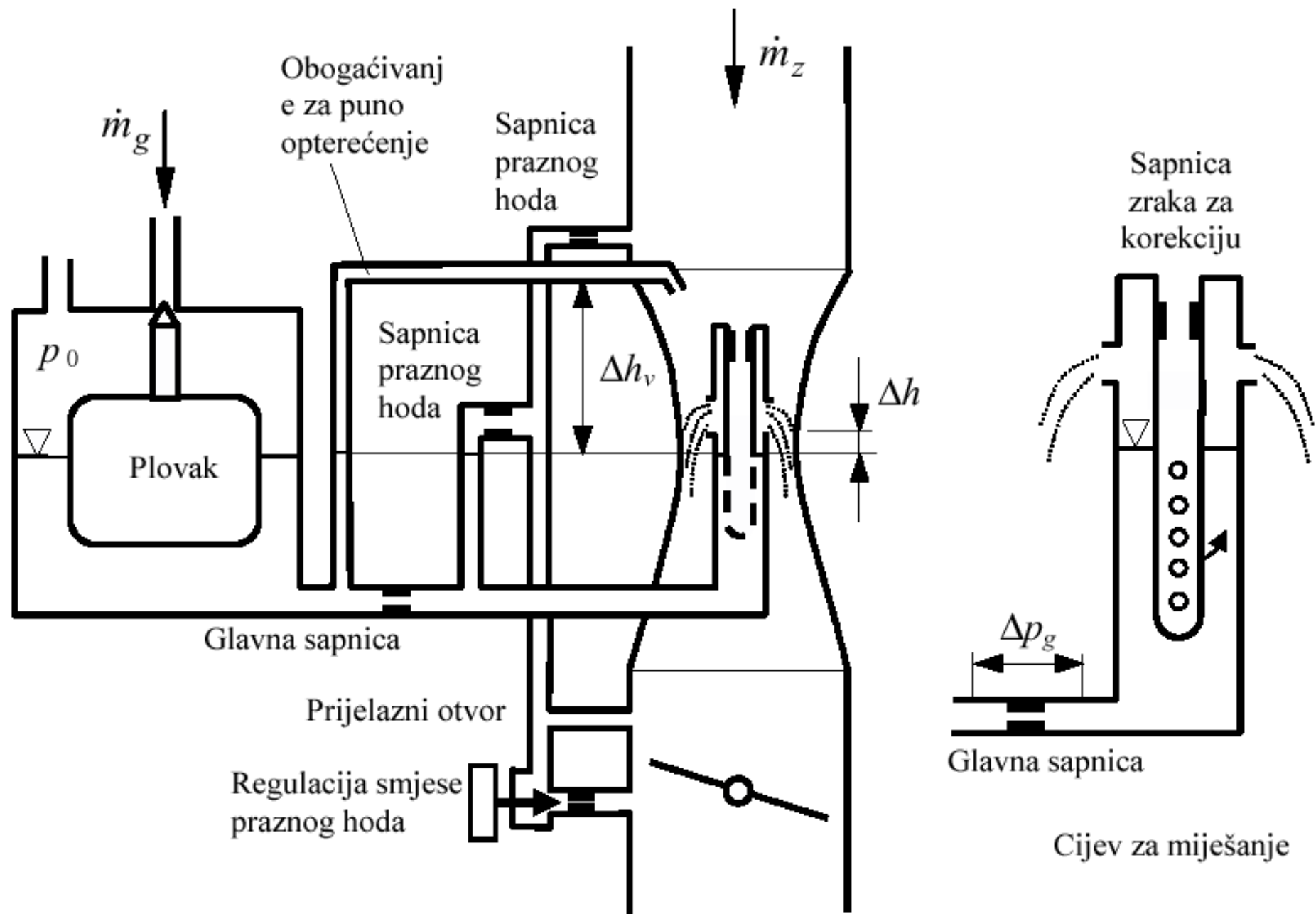
$$\dot{m}_g = A_g \mu_g \sqrt{2 \rho_g \Delta p_g}$$

- Pretičak zraka za gorivu smjesu je:

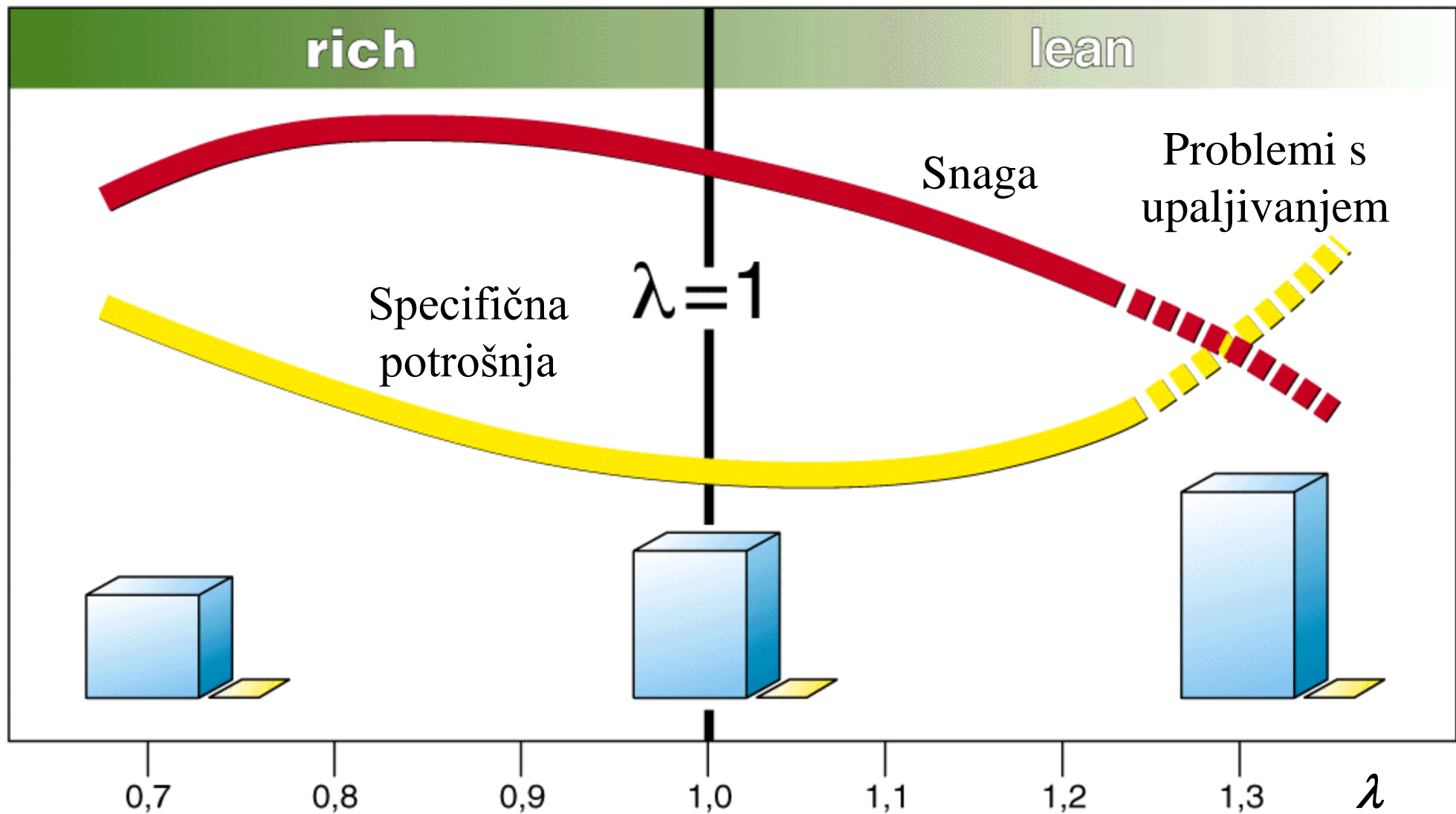
$$\lambda = \frac{\dot{m}_z}{\dot{m}_g L_{st}} = \frac{1}{L_{st}} \frac{A_z \mu \sqrt{\rho_z \Delta p_z}}{A_g \mu_g \sqrt{\rho_g \Delta p_g}}$$



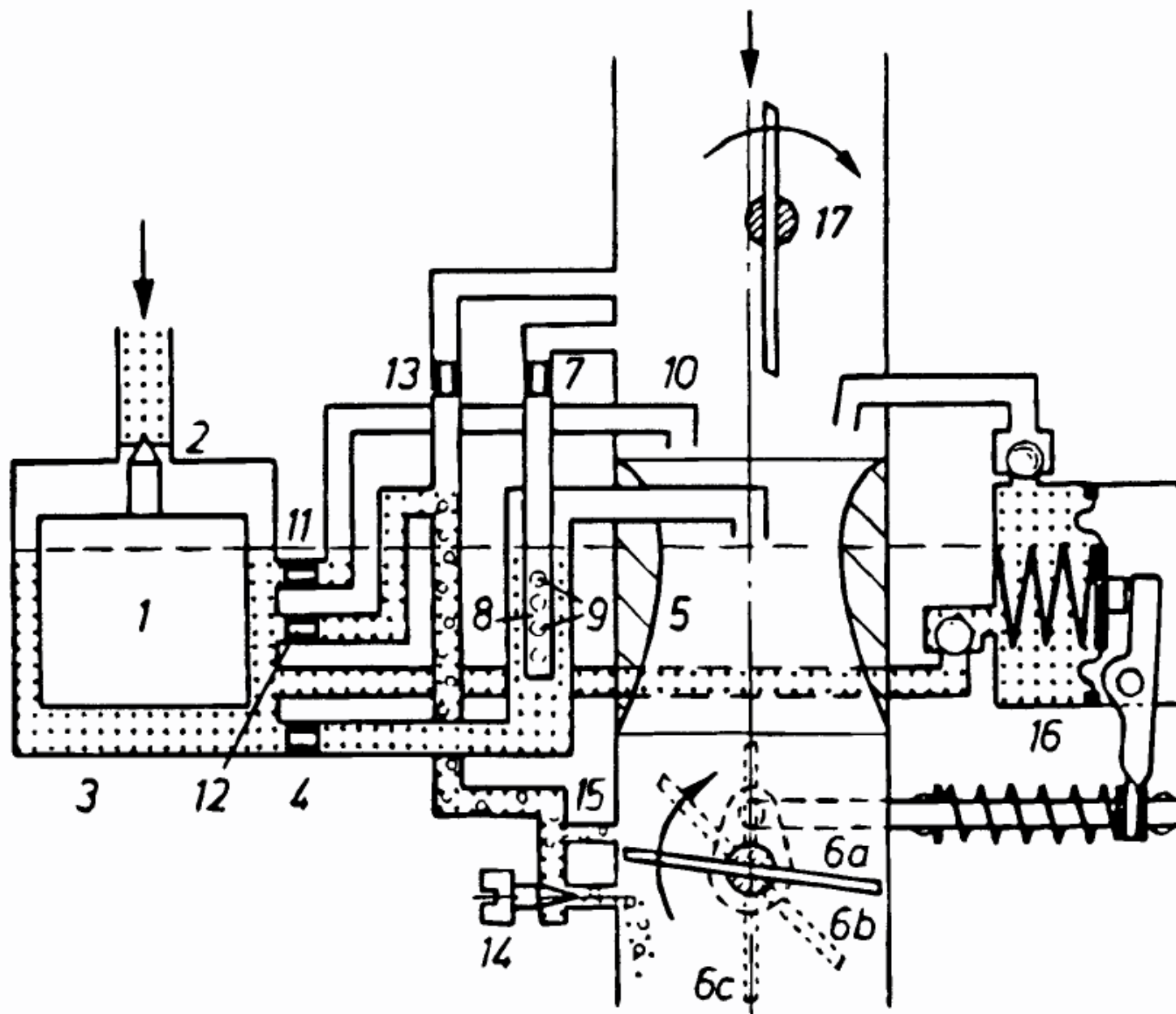
Promjena pretička zraka gorive smjese s protokom zraka  
 (tj. padom tlaka) na rasplinjaču



Shema rasplinjača s osnovnim dodatnim sustavima

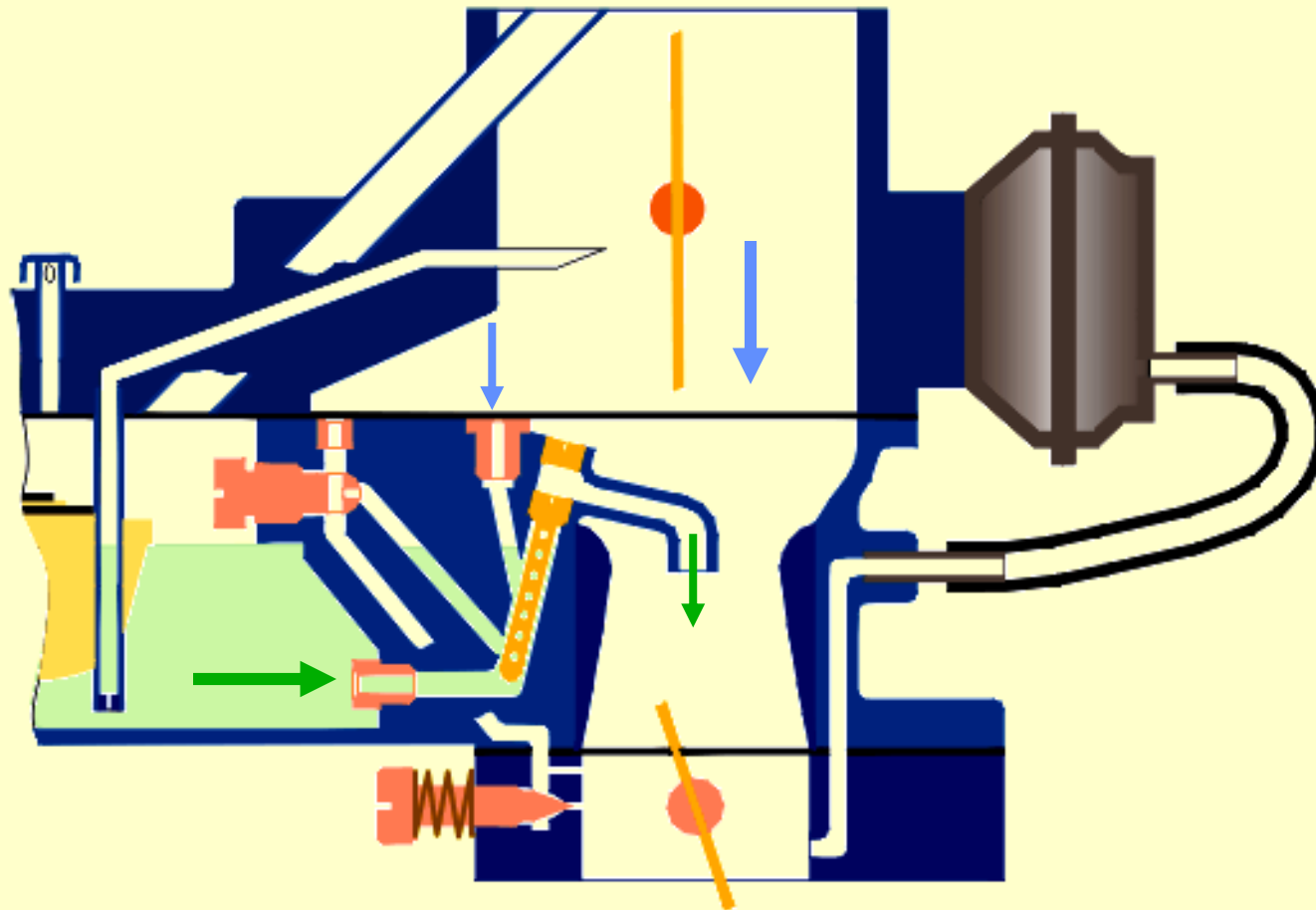


Utjecaj pretička zraka na karakteristike Ottovog motora



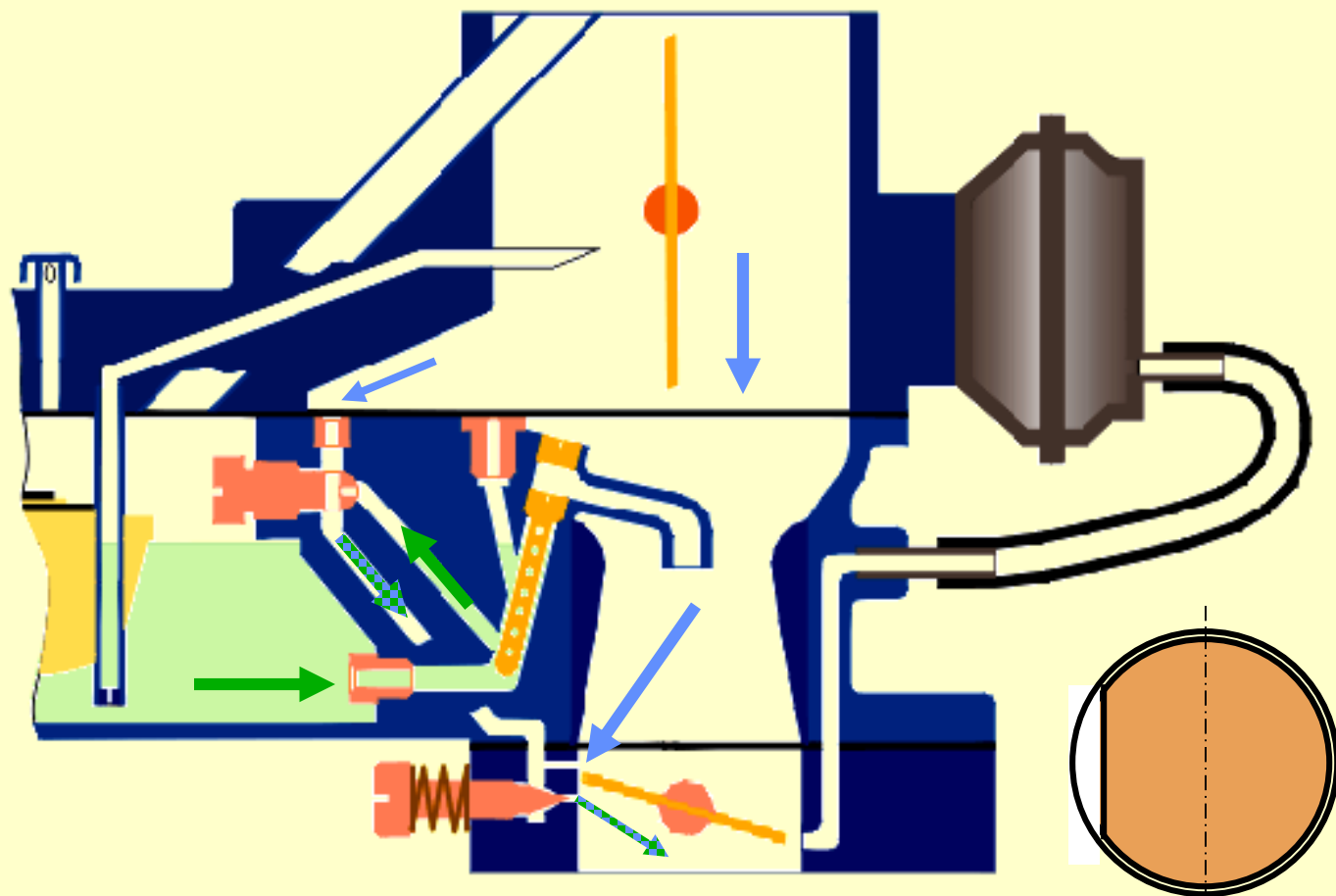
1. Plovak
2. Iglasti ventil
3. Komora s gorivom konstantne razine
4. Glavna sapnica goriva
5. Venturijeva sapnica
6. Leptir za regulaciju snage
7. Sapnica zraka za korekciju
8. Cijev za miješanje
9. Perforirani dio cijevi
10. Dovod za obogaćivanje gorive smjese
11. Sapnica za obogaćivanje
12. Sapnica goriva za prazni hod
13. Sapnica zraka za smjesu
14. Vijak za regulaciju praznoga hoda
15. Provrt za prijelazni rad
16. Komora goriva za ubrzavanje motora
17. Leptir za upućivanje (čok)

Osnovni dijelovi rasplinjača



Prikazan je rasplinjač u normalnom radu. Zrak prolazi kroz Venturijevu sapnicu, gdje zbog povećanja brzine strujanja imamo smanjenje statičkog tlaka. Stvoreni podtlak omogućuje dovod goriva iz lončića kroz glavnu sapnicu goriva. Kroz sapnicu zraka za korekciju u gorivo se domiješava mali dio zraka da bi se očuvao sastav stehiometrijske gorive smjese.

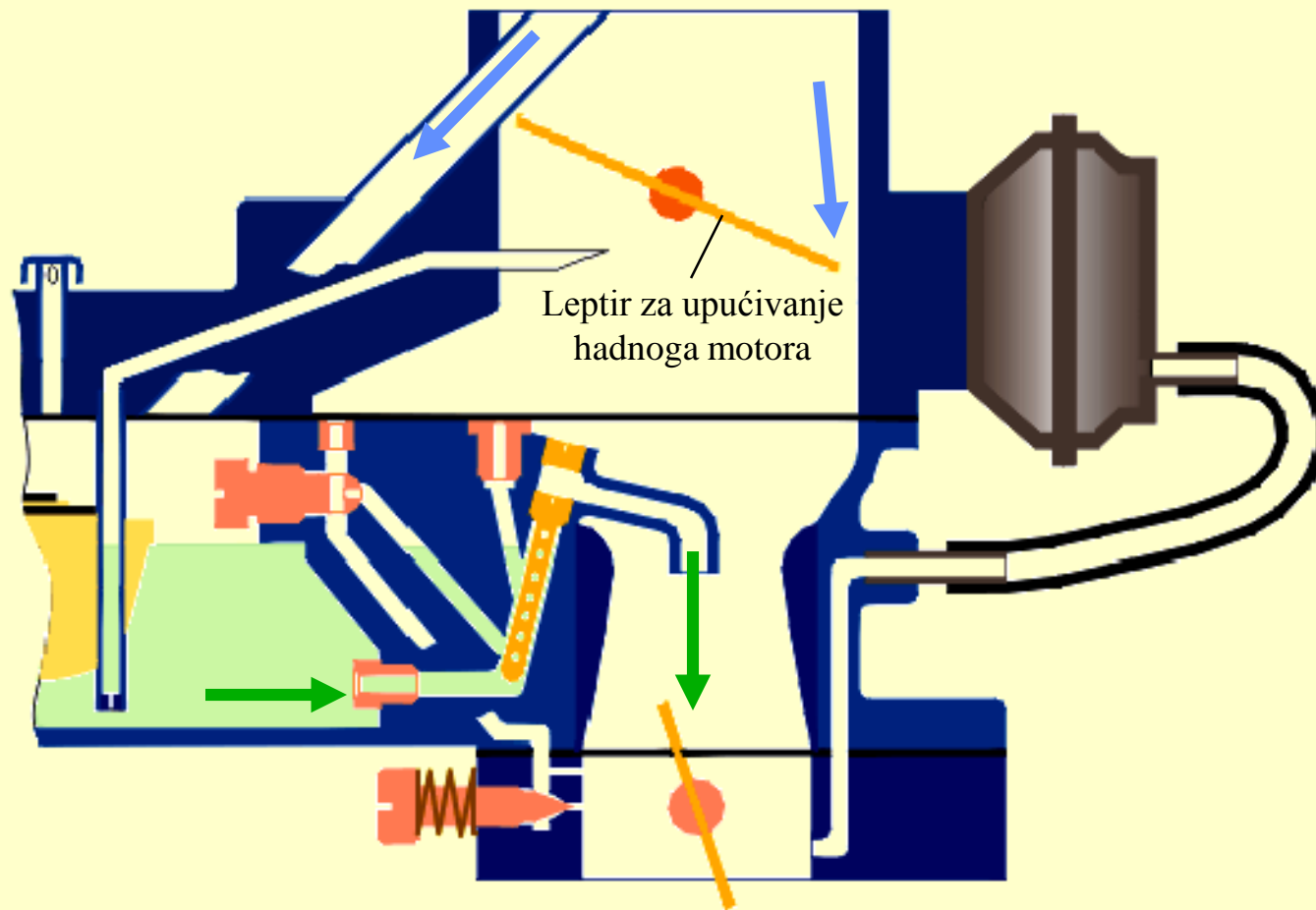
Rasplinjač u normalnom radu



Pogled na zatvoreni leptir

Rasplinjač u praznom hodu motora. Protok zraka je značajno smanjen jer je smanjen maseni protok gorive smjese za pogon motora. Pri tako malim brzinama strujanja ne može se u Venturijevoj sapnici ostvariti dovoljno niski tlak za dovod goriva kroz glavni dio sustava. Leptir za regulaciju snage je maksimalno pritvoren. Pločica leptira je zarezana na jednom boku, kako bi se sav zrak skrenulo kraj mjesta izlaza sapnica za prazni hod. Gorivo se iz glavnog sustava dovodi preko sapnice goriva praznog hoda u kanal gdje se miješa s dijelom zraka u smjesu koja se dovodi na male sapnice kraj zatvorenog leptira. Pomoću vijka se regulira protok smjese goriva i zraka da se omogući stabilni rad motora u praznom hodu.

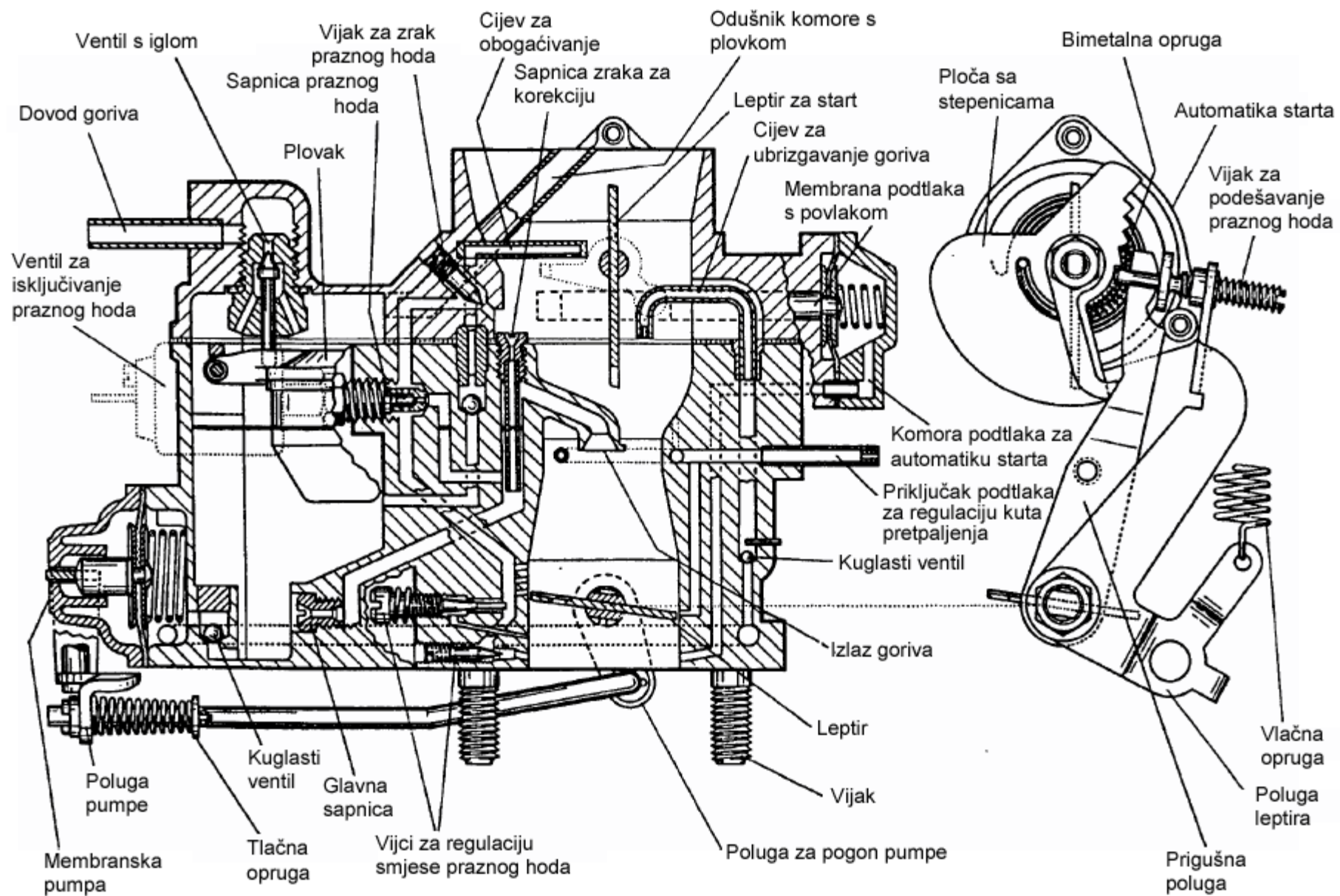
## Rasplinjač u praznom hodu motora



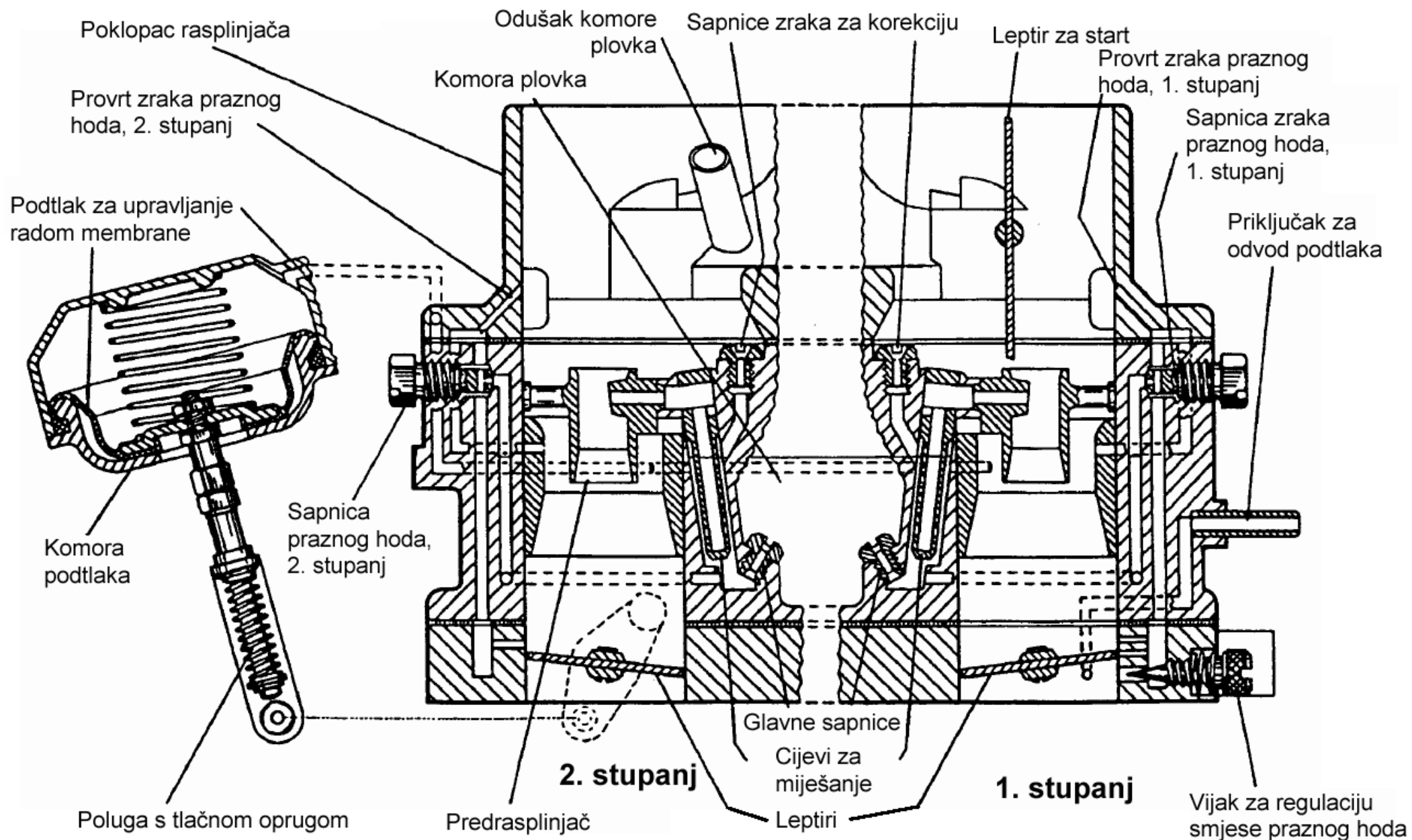
Da bi mogli uputiti hladni motor, kada temperature nisu dovoljno visoke da ispari sve dovedeno gorivo, motoru moramo dovesti vrlo bogatu smjesu. Ispareni dio goriva sa zrakom mora stvoriti gorivu smjesu. Preostali dio goriva ovlažuje stjenke prostora izgaranja i miješa se s uljem, iz kojega će ispariti kada motor dostigne radnu temperaturu.

Da bi stvorili vrlo bogatu gorivu smjesu za upućivanje motora, cijeli se rasplinjač stavlja u uvjete niskoga tlaka. To je omogućeno zatvaranjem posebnog leptira ispred rasplinjača (tzv. "čok", engl. choke = prigušnica)

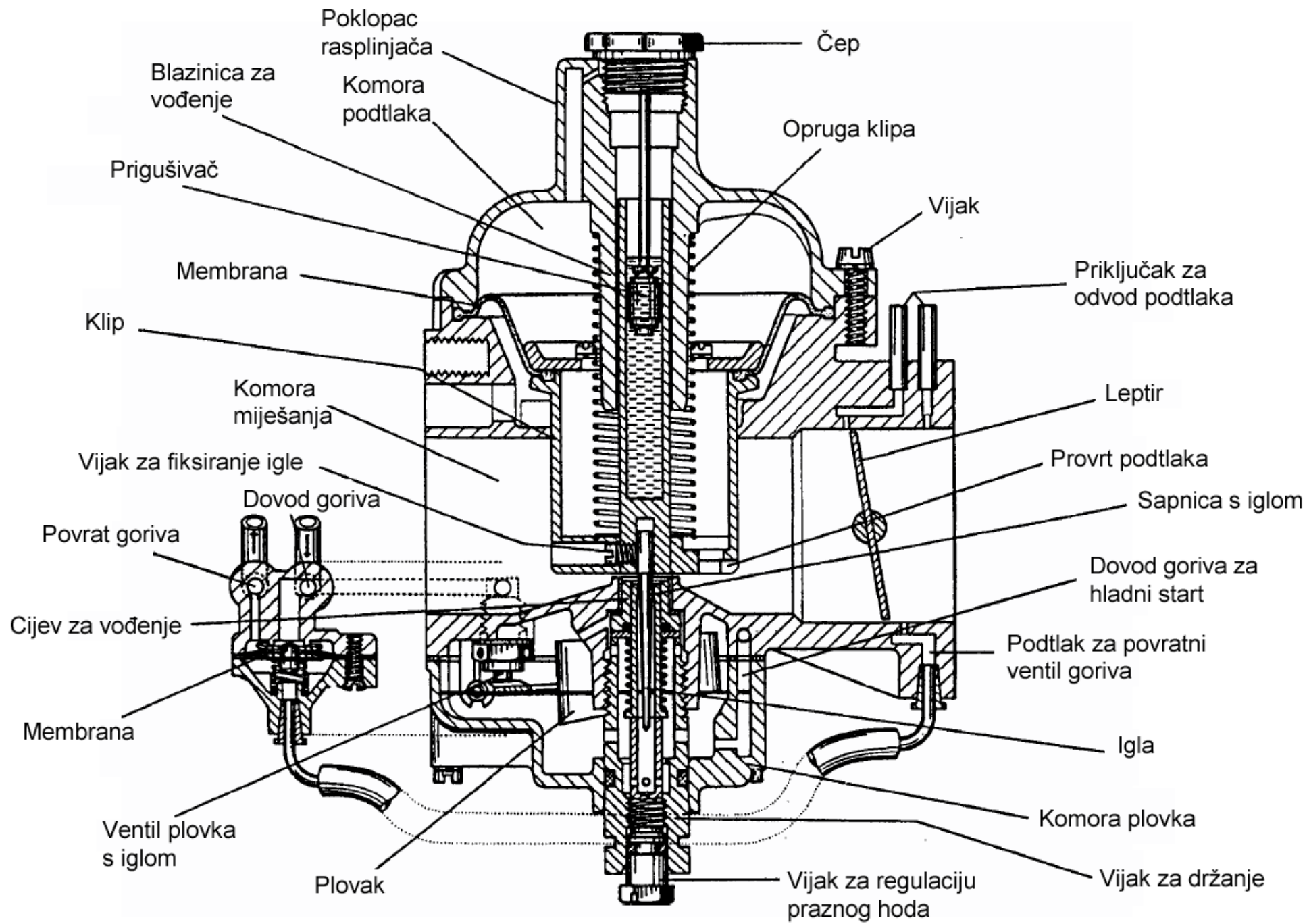
Rasplinjač pri upućivanju hladnoga motora



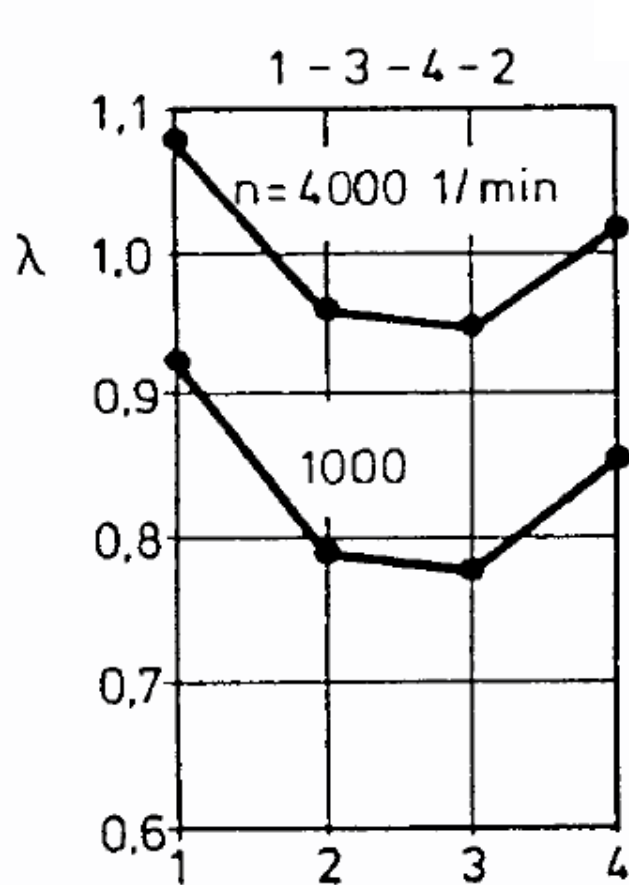
Jednostavni rasplinjač (Solex 30 PICT-2)



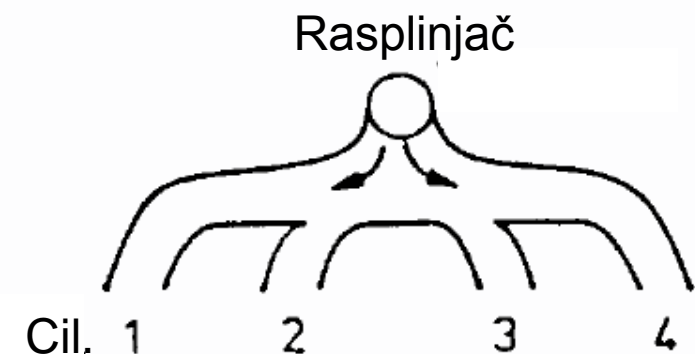
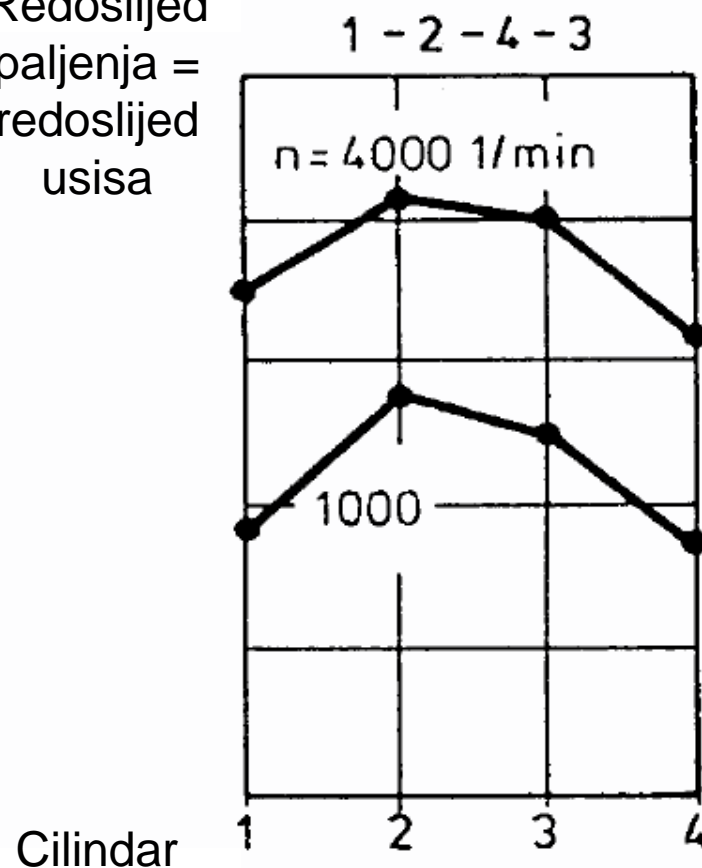
Silazni registarski rasplinjač (Solex 32/32 DIDTA)



Rasplinjač s konstantnim padom tlaka



Redosljed  
paljenja =  
redosljed  
usisa



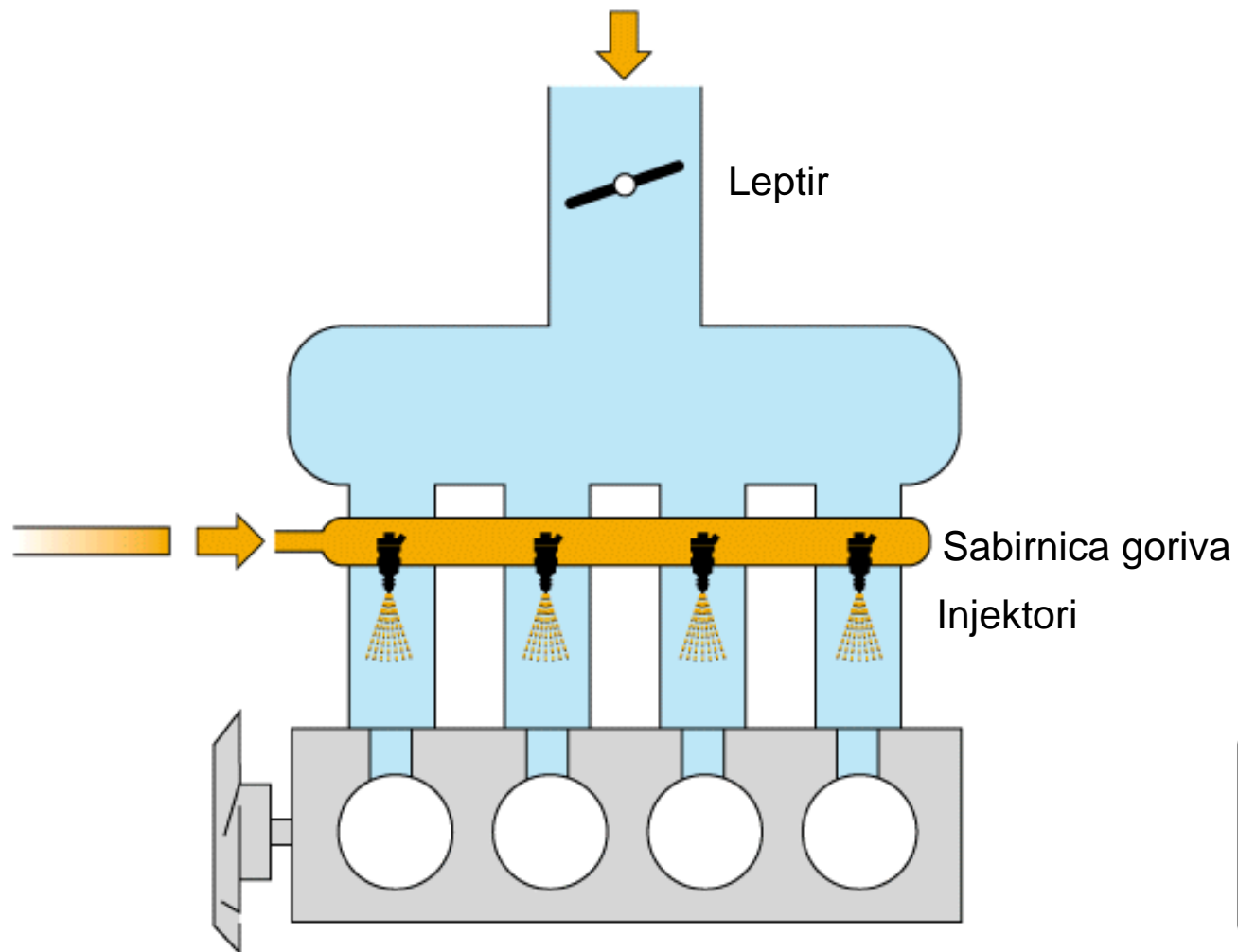
Velike kapljice goriva dopijevaju na stjenke usisnog kolektora odakle se gorivo isparava i miješa sa zrakom u gorivu smjesu koja će se usisati u cilindar. Ovisno o raspoloživom vremenu do sljedećeg usisa može ispariti više ili manje goriva i u trenutku usisa dati bogatiju ili siromašniju gorivu smjesu.

Utjecaj vremena boravka goriva u usisnoj grani  
na sastav gorive smjese po cilindrima

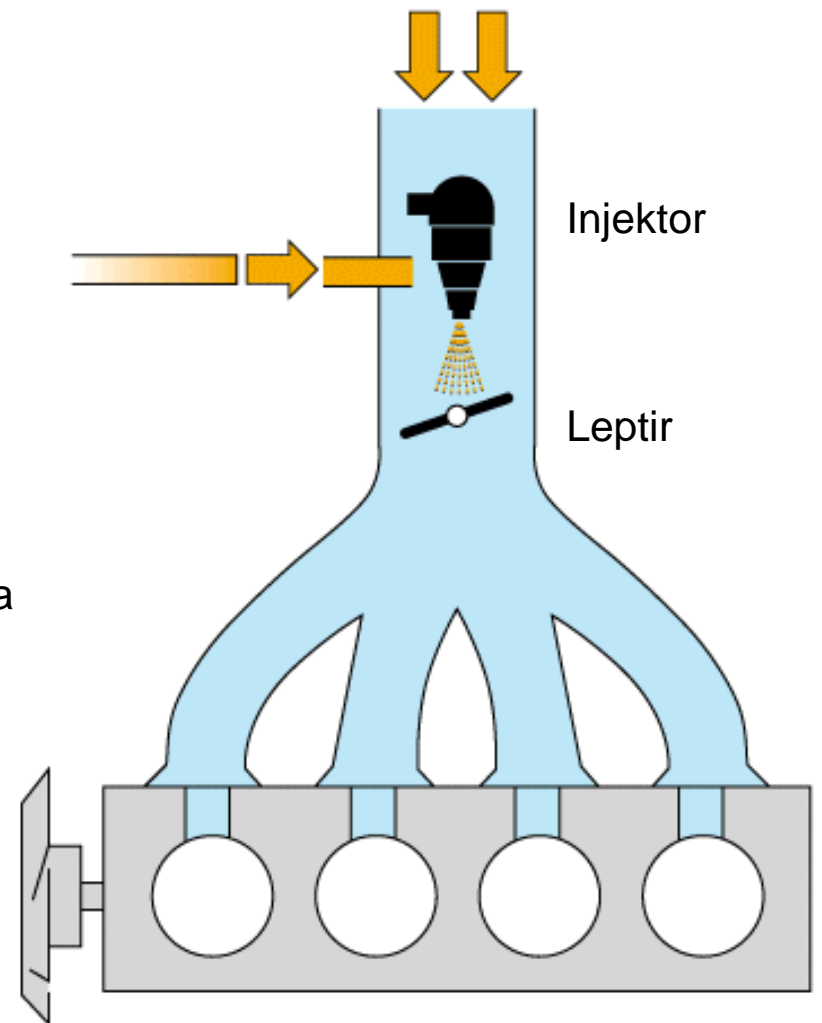
# **UBRIZGAVANJE U USISNI KANAL**

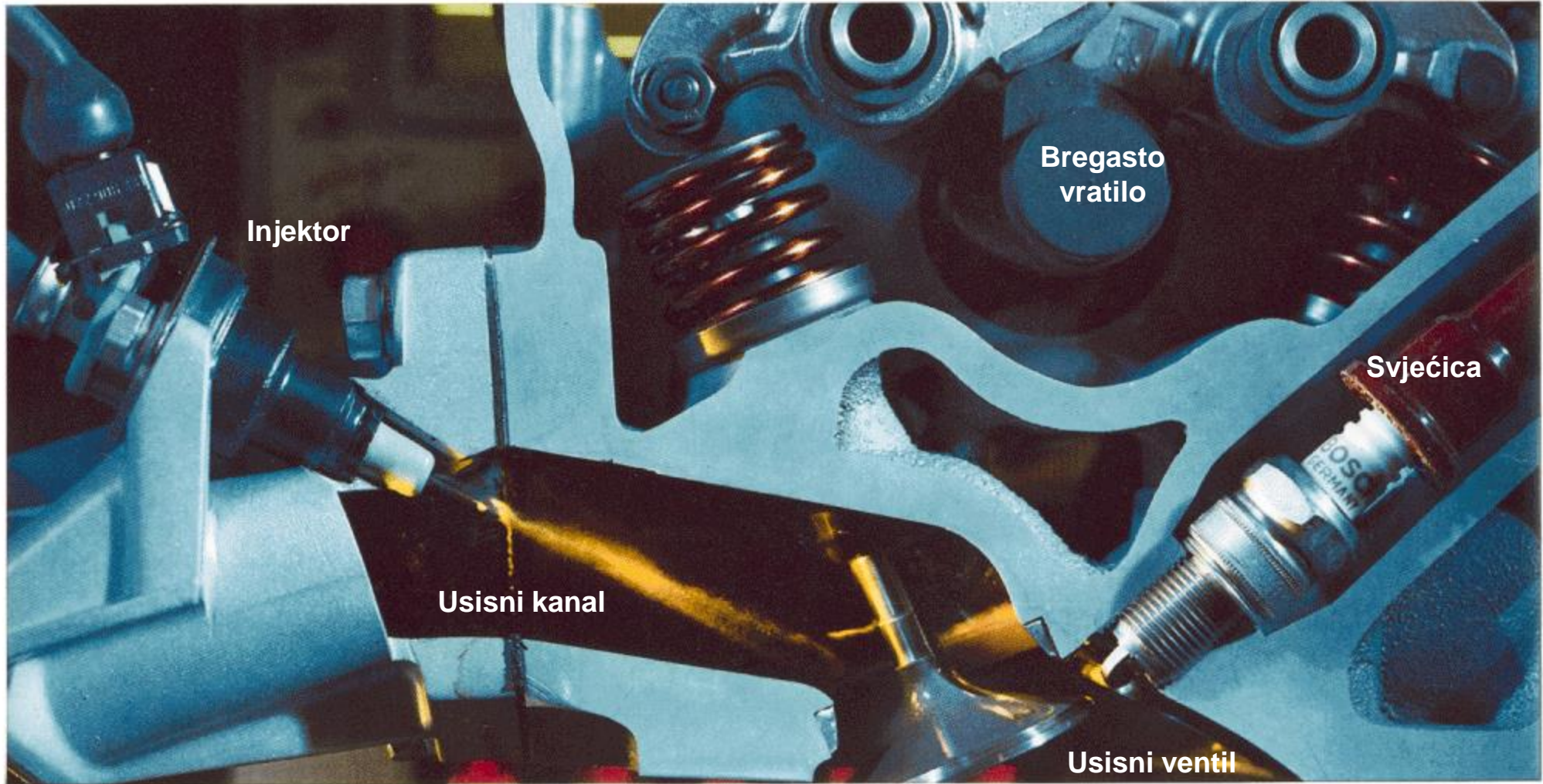
# Jetronic

Ubrizgavanje u usisne kanale



Centralno ubrizgavanje (napušteno)





Injektor

Bregasto  
vratilo

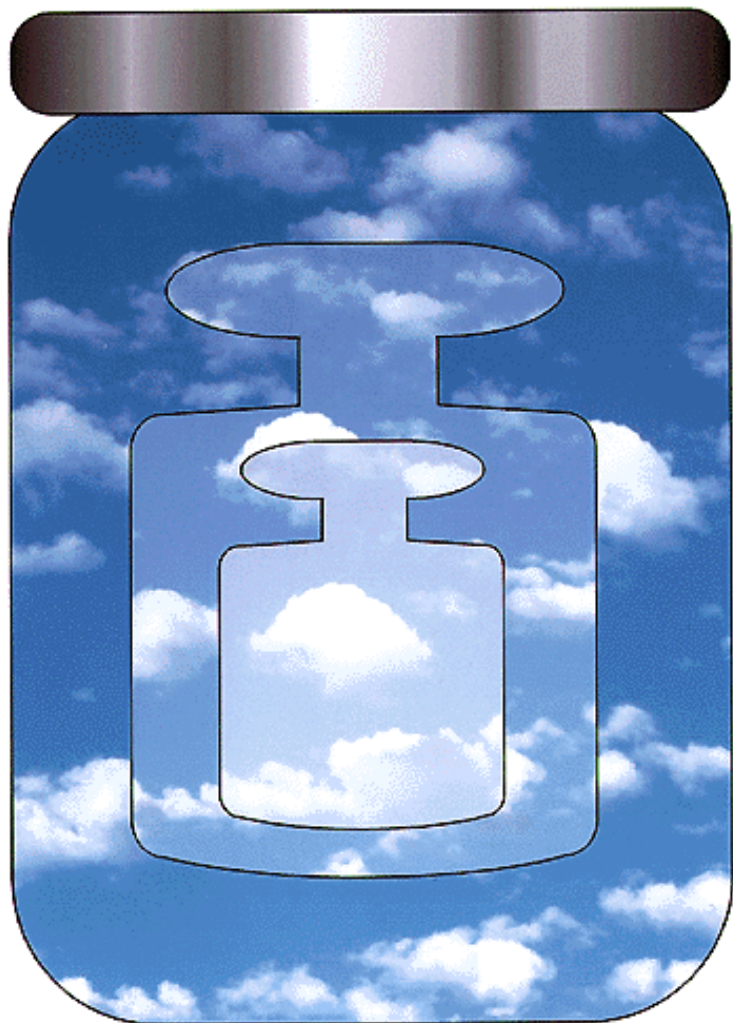
Svjećica

Usisni kanal

Usisni ventil

# Jetronic

## Principi regulacije gorive smjese



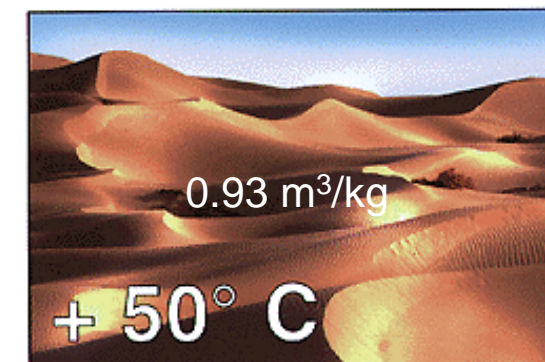
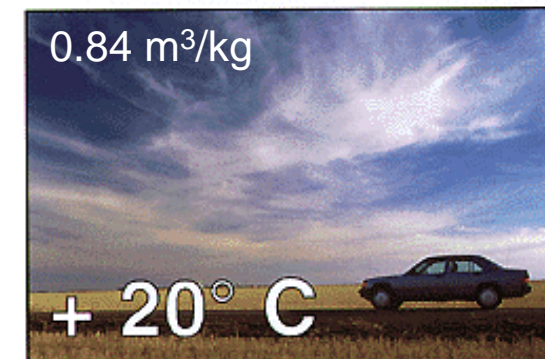
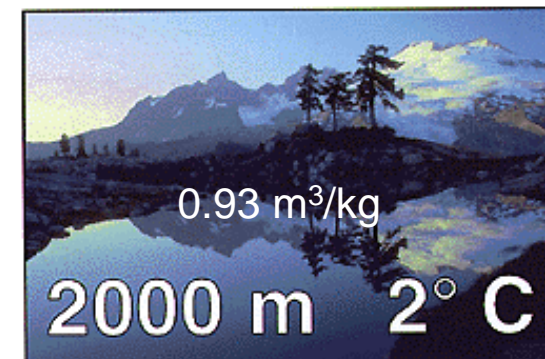
Volumen 1 kg zraka mijenja se s tlakom i temperaturom

$$\lambda = 1$$

14,7 kg  
zraka



goriva



# Diskontinuirano (impulsno) ubrizgavanje goriva u usisnu cijev

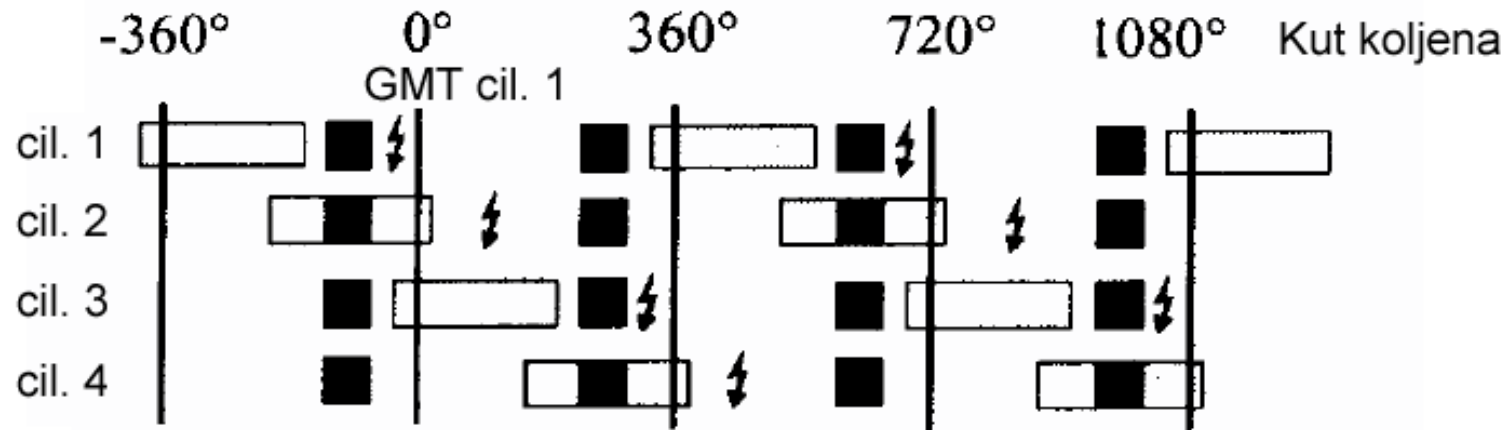
Rješenje:

Gorivo mora biti pod jednakim pretlakom prema tlaku zraka u usisnoj cijevi, kako bi brzina strujanja goriva bila uvijek ista.

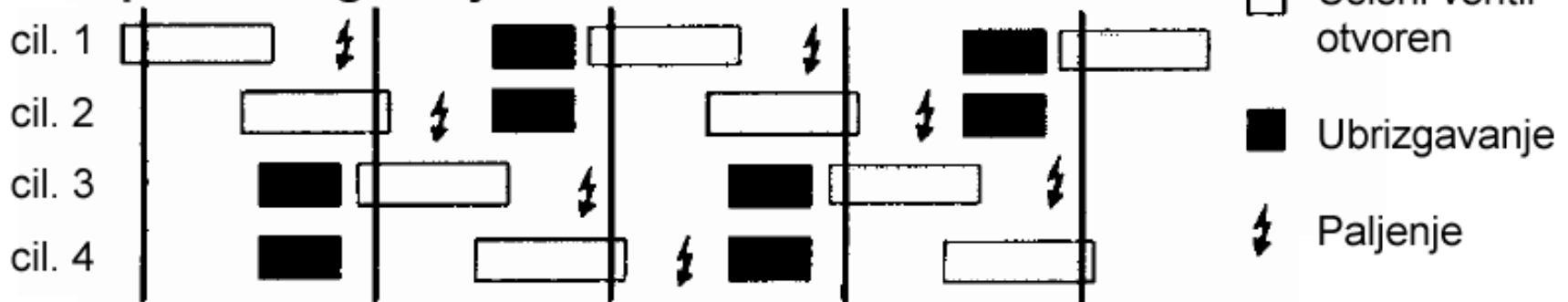
Regulacija volumena ubrizganog goriva vrši se regulacijom trajanja otvorenosti injektora.

$$V_{gor} = \underbrace{\mu A v_{ubr}}_{\text{konstantno}} \Delta t = \underbrace{\mu A \sqrt{\frac{2 \Delta p}{\rho_{gor}}}}_{\text{konstantno}} \Delta t$$

### Simultano ubrizgavanje



### Grupno ubrizgavanje



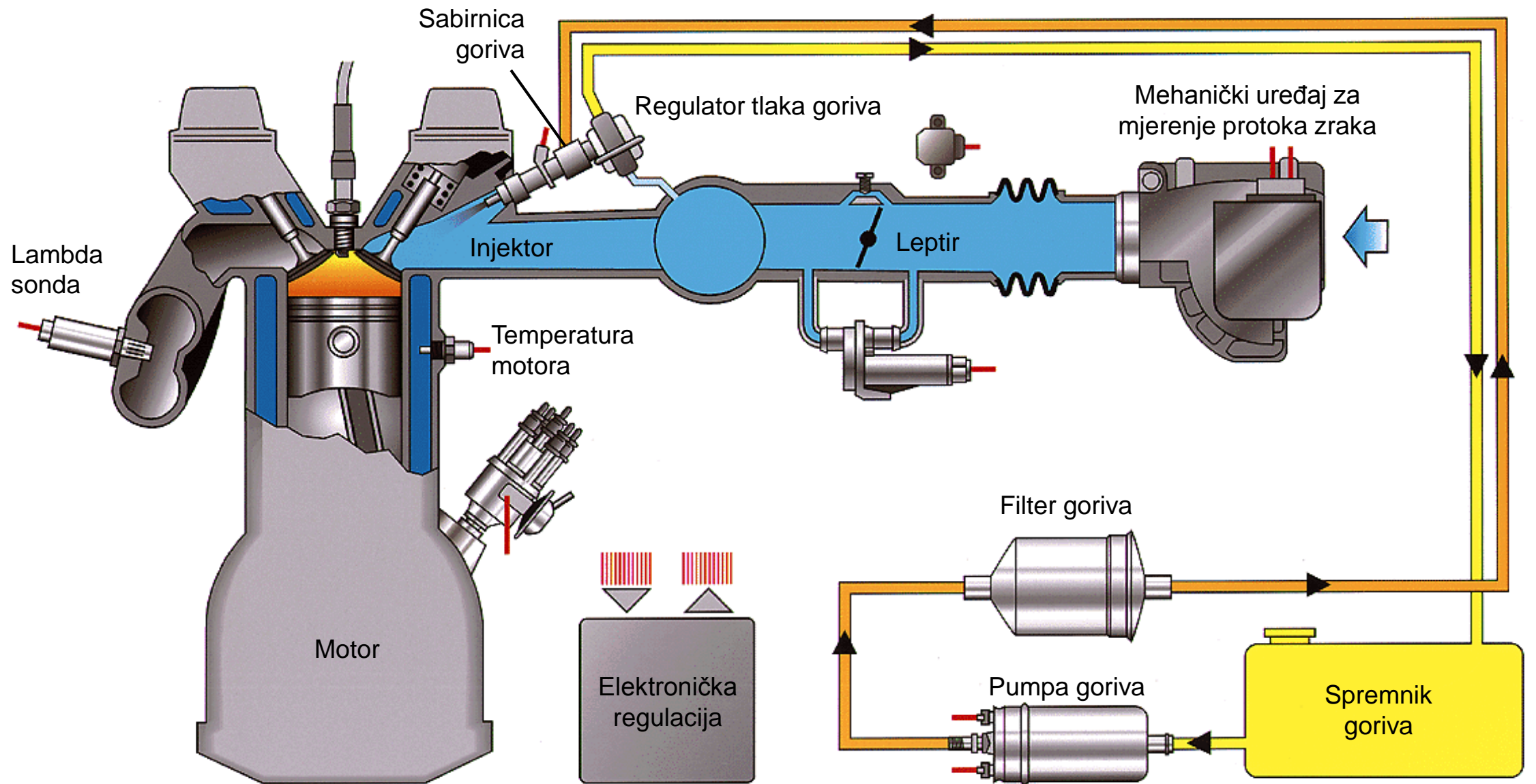
### Sekvencijalno ubrizgavanje



Strategije ubrizgavanja goriva u usisni kanal kod Ottovih motora

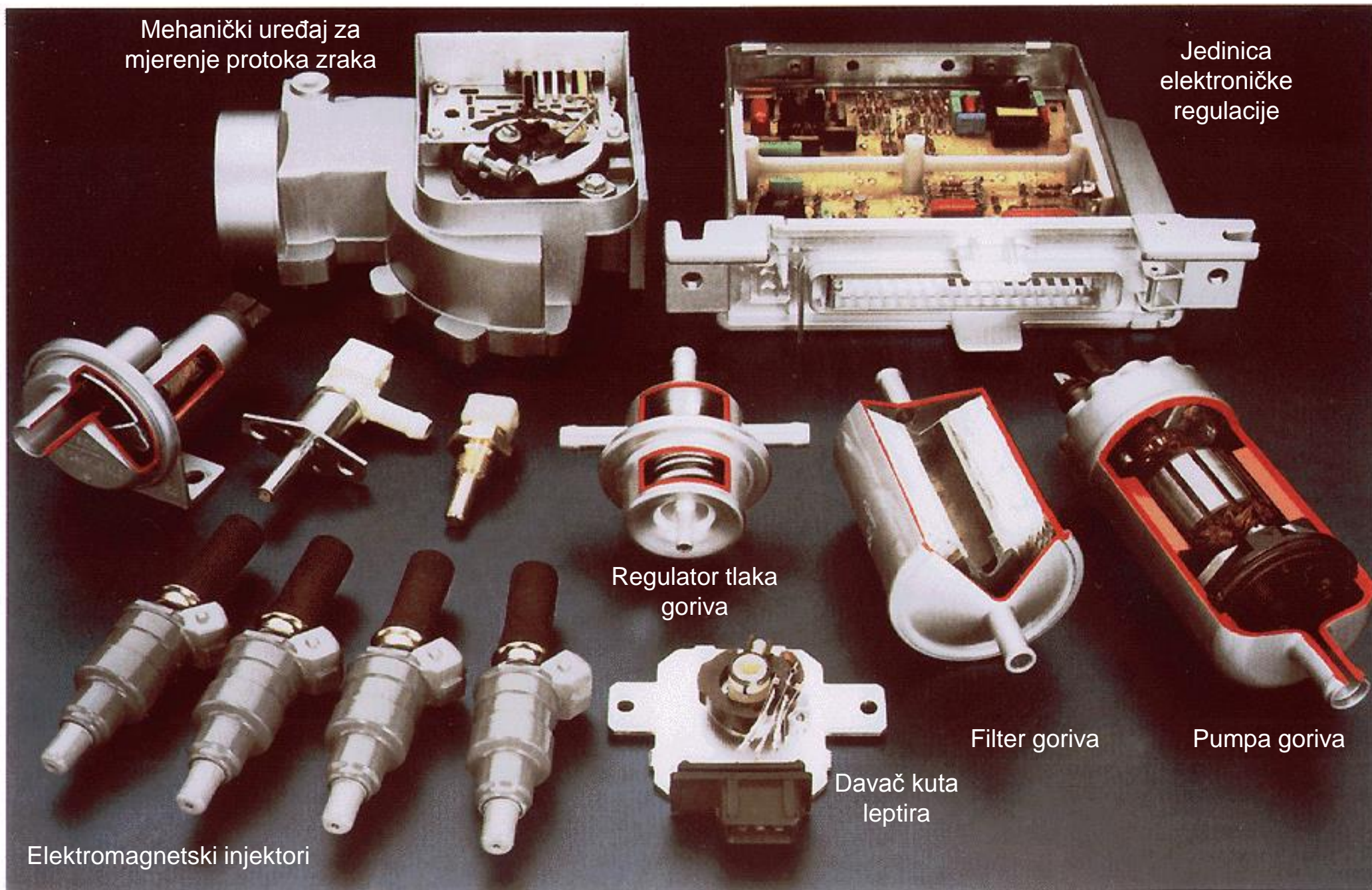
# L-Jetronic

## Sekvencijalno ubrizgavanje goriva u usisne kanale



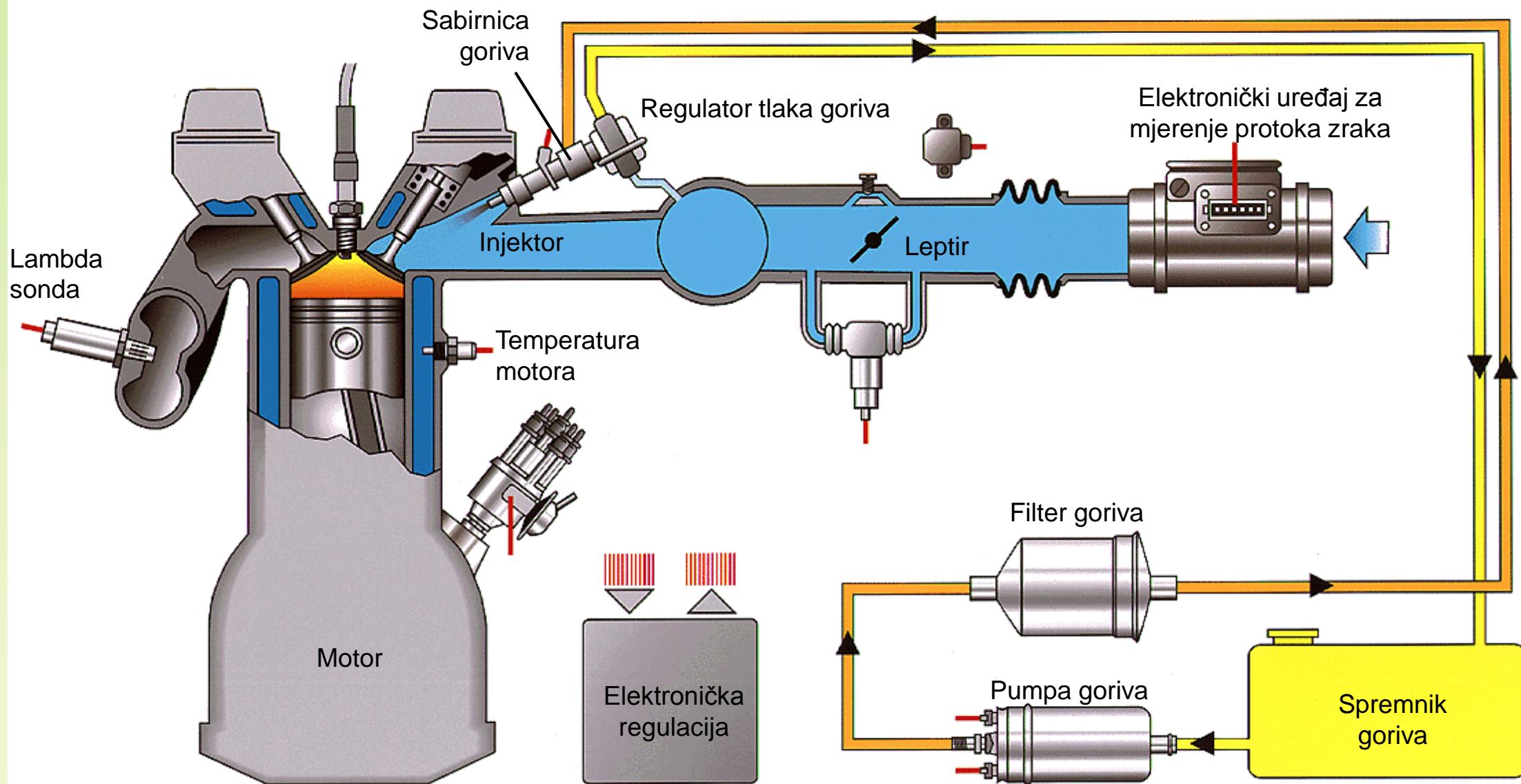
# L-Jetronic

## Dijelovi sustava



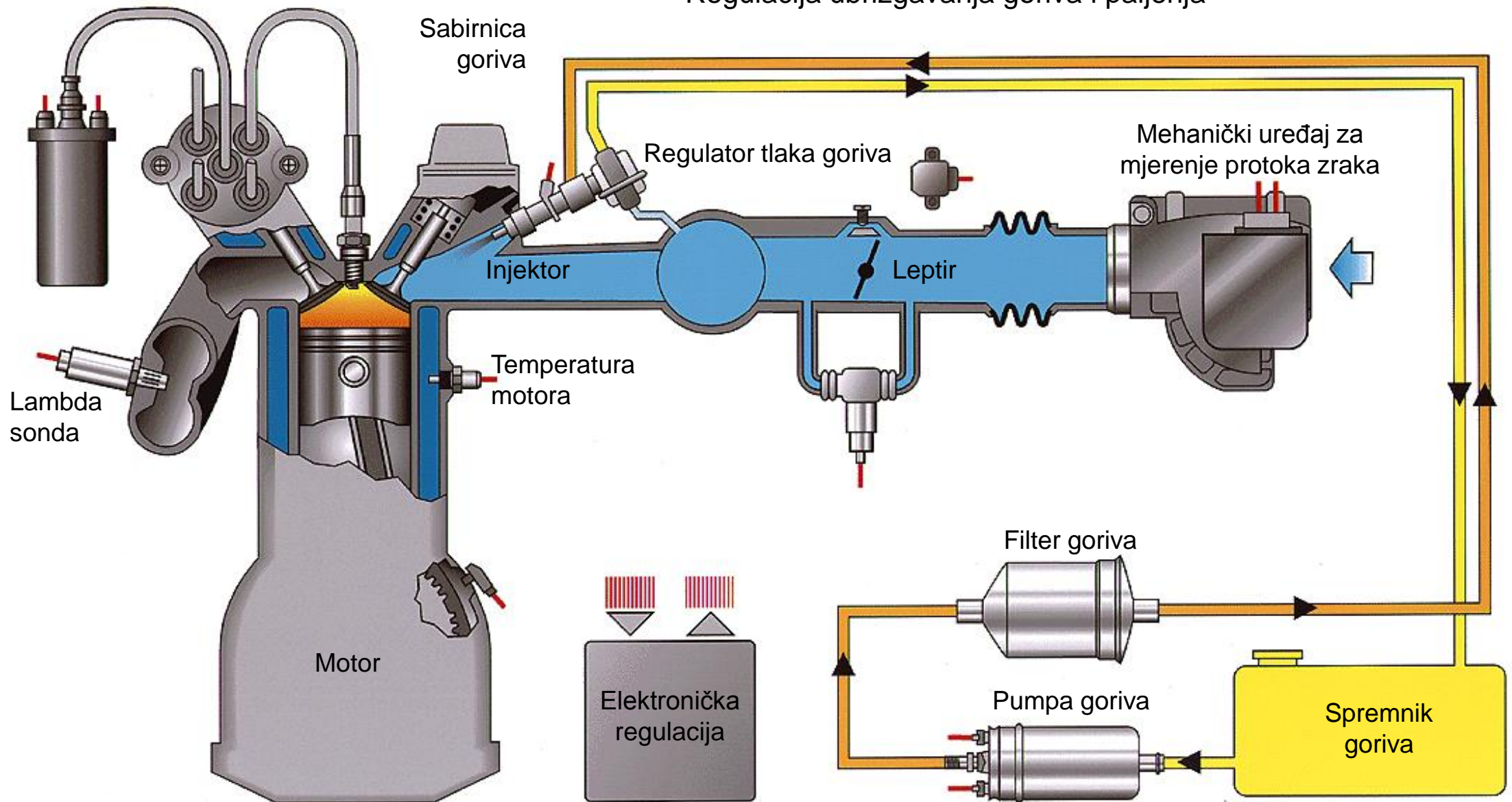
# LH-Jetronic

## Sekvencijalno ubrizgavanje goriva u usisne kanale



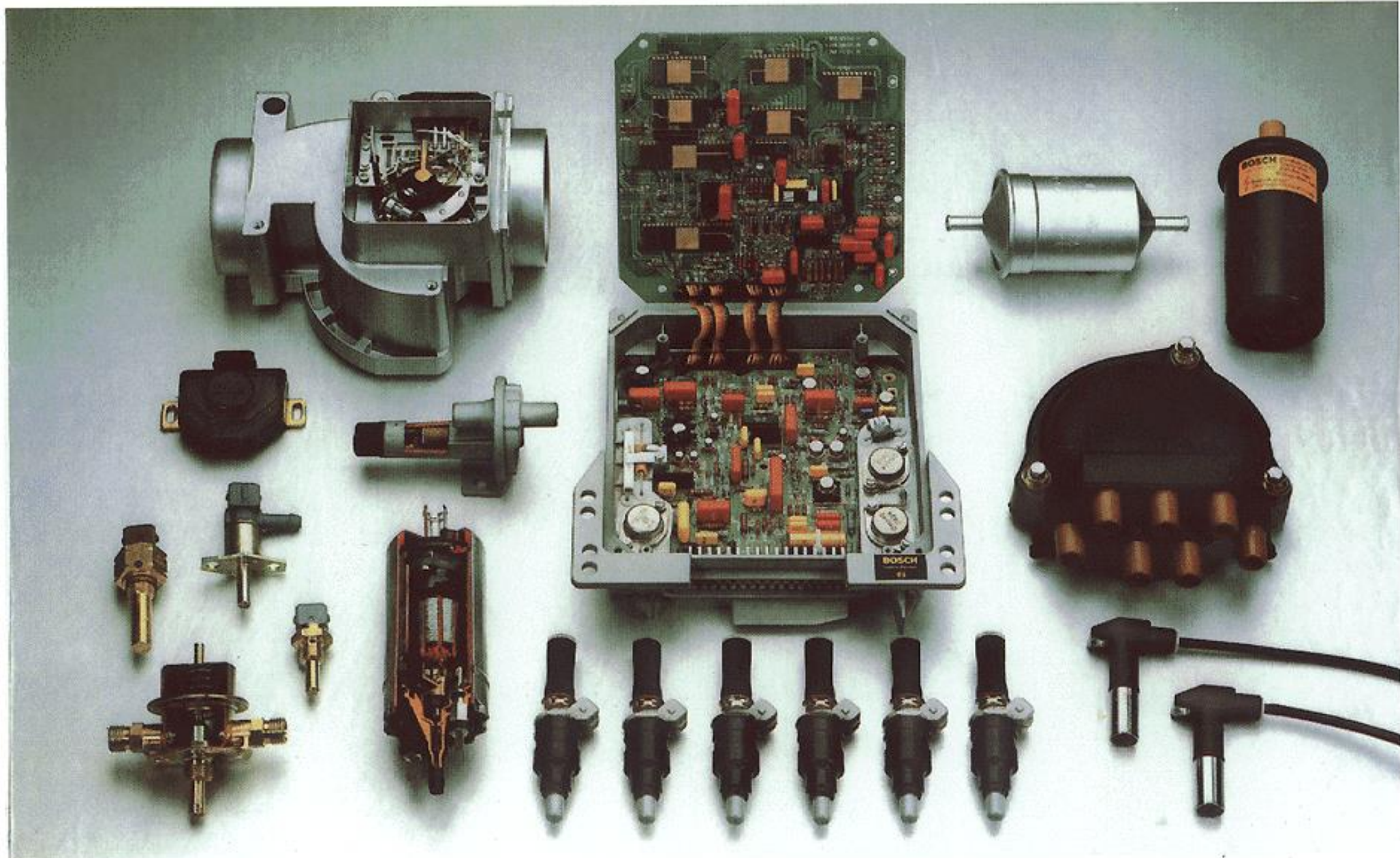
# Motronic

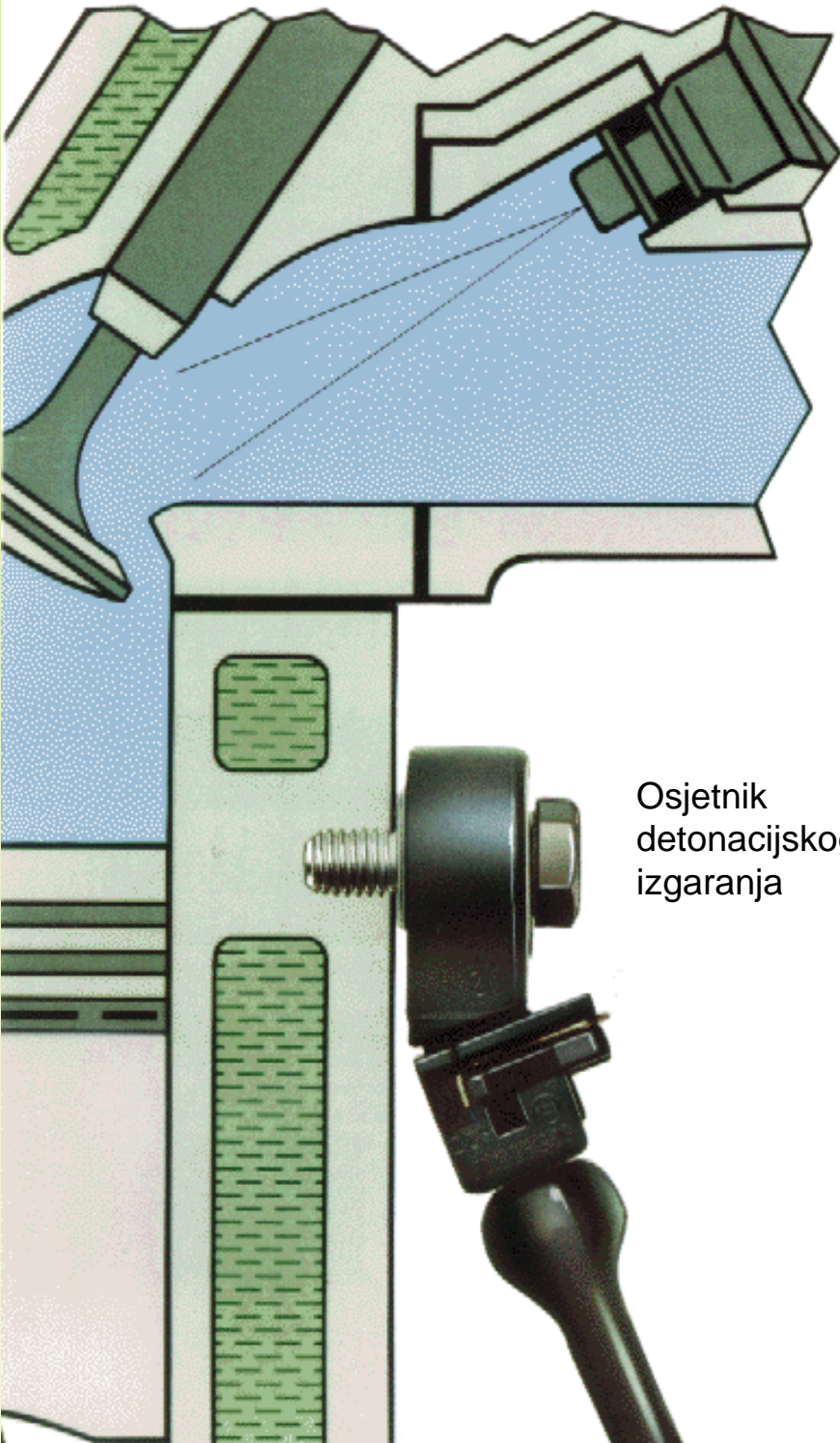
## Sekvencijalno ubrizgavanje goriva u usisne kanale Regulacija ubrizgavanja goriva i paljenja



# Motronic

Dijelovi sustava

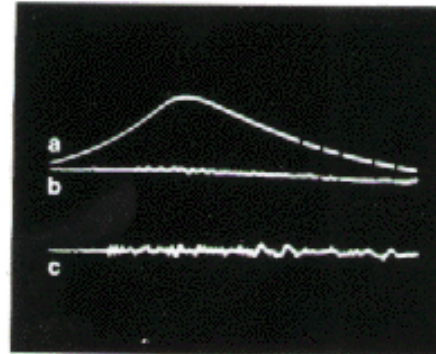




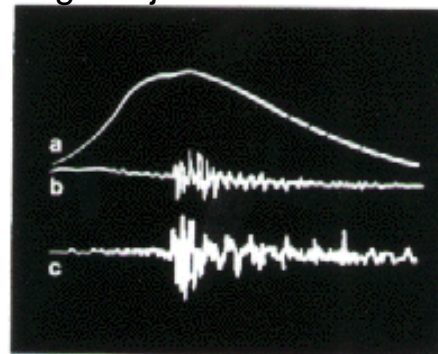
Elektromagnetski  
injektor goriva

Osjetnik  
detonacijskog  
izgaranja

Signal bez  
detonacijskog izgaranja



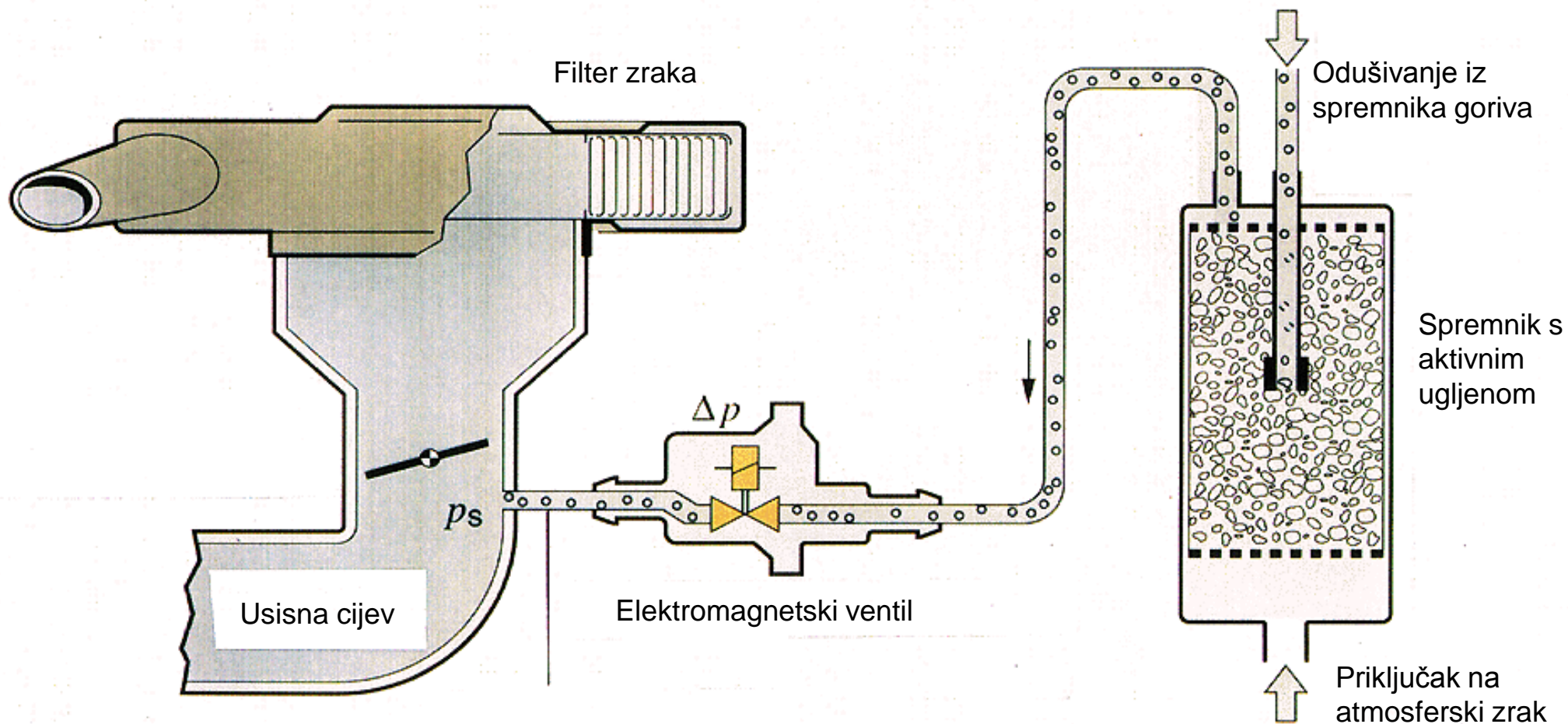
Signal s detonacijskim  
izgaranjem



## Osjetnik za indikaciju detonacijskog izgaranja

Osjetnik mjeri ubrzanja od vibracija na kućištu motora i vrši filtriranje signala po frekvenciji. Detonacijsko izgaranje u Ottovom motoru izaziva udarno naprezanje na konstrukciju motora, tako da dolazi do vlastitih vibracija kućišta motora. Otklanjanje tog neugodnog oblika izgaranja se vrši tako da jedinica elektroničkog upravljanja pomiče početak paljenja na kasnije.

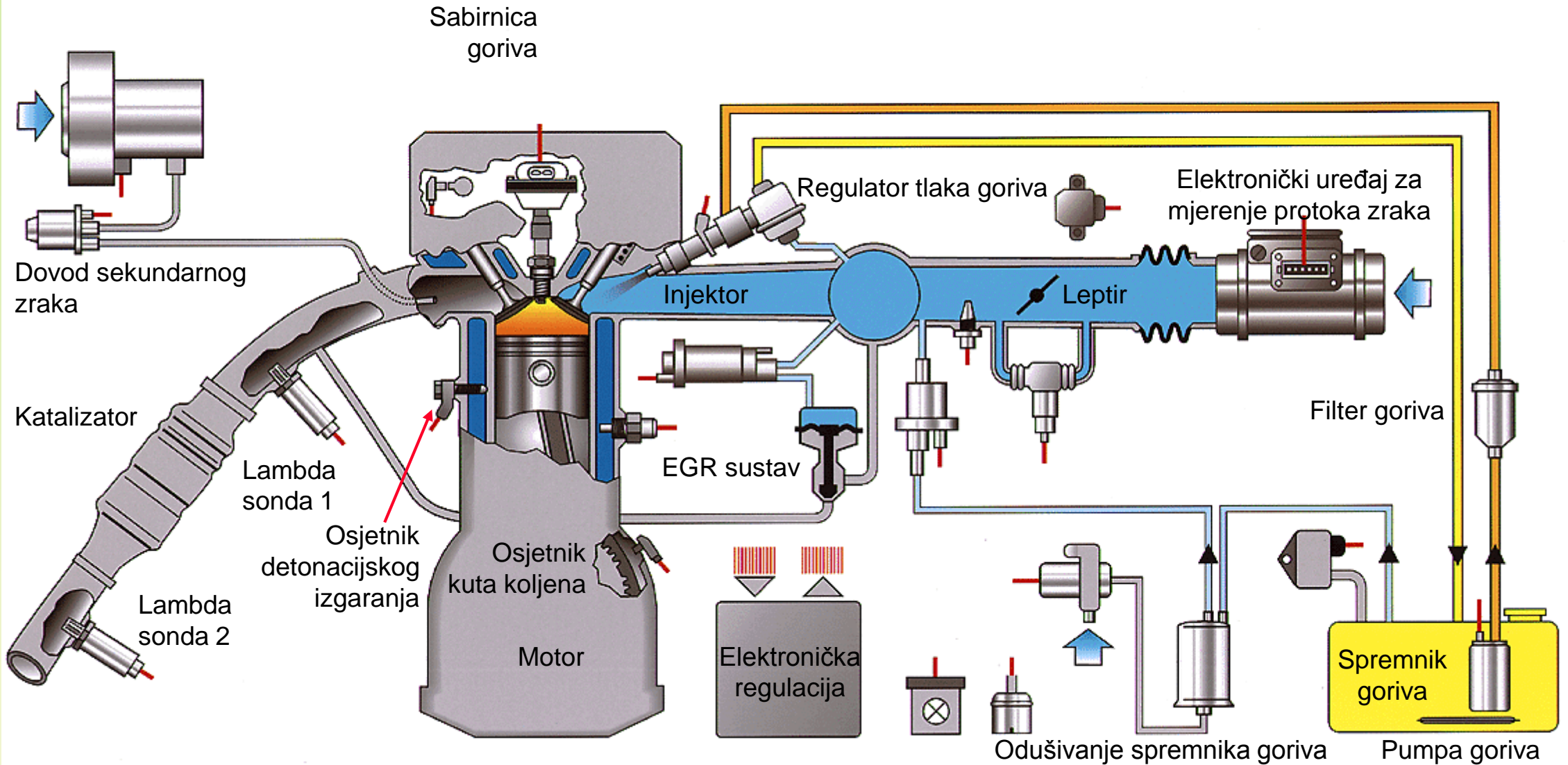
## Sustav odzračivanja spremnika goriva



Tijekom mirovanja motora, spremnik goriva se odzračuje kroz posudu s aktivnim ugljenom u atmosferu. Aktivni ugljen veže na sebe pare goriva i smanjuje emisiju neizgorelih ugljikovodika u atmosferu. Kada se motor upali, otvara se elektromagnetski ventil. Zbog podtlaka u usisnoj cijevi, iz atmosfere se kroz posudu s aktivnim ugljenom posisava zrak, koji istovremeno vrši regeneraciju aktivnog ugljena. Pare goriva dovedene u usisnu cijev dospijevaju u cilindar motora, gdje izgaraju s ostalim gorivom.

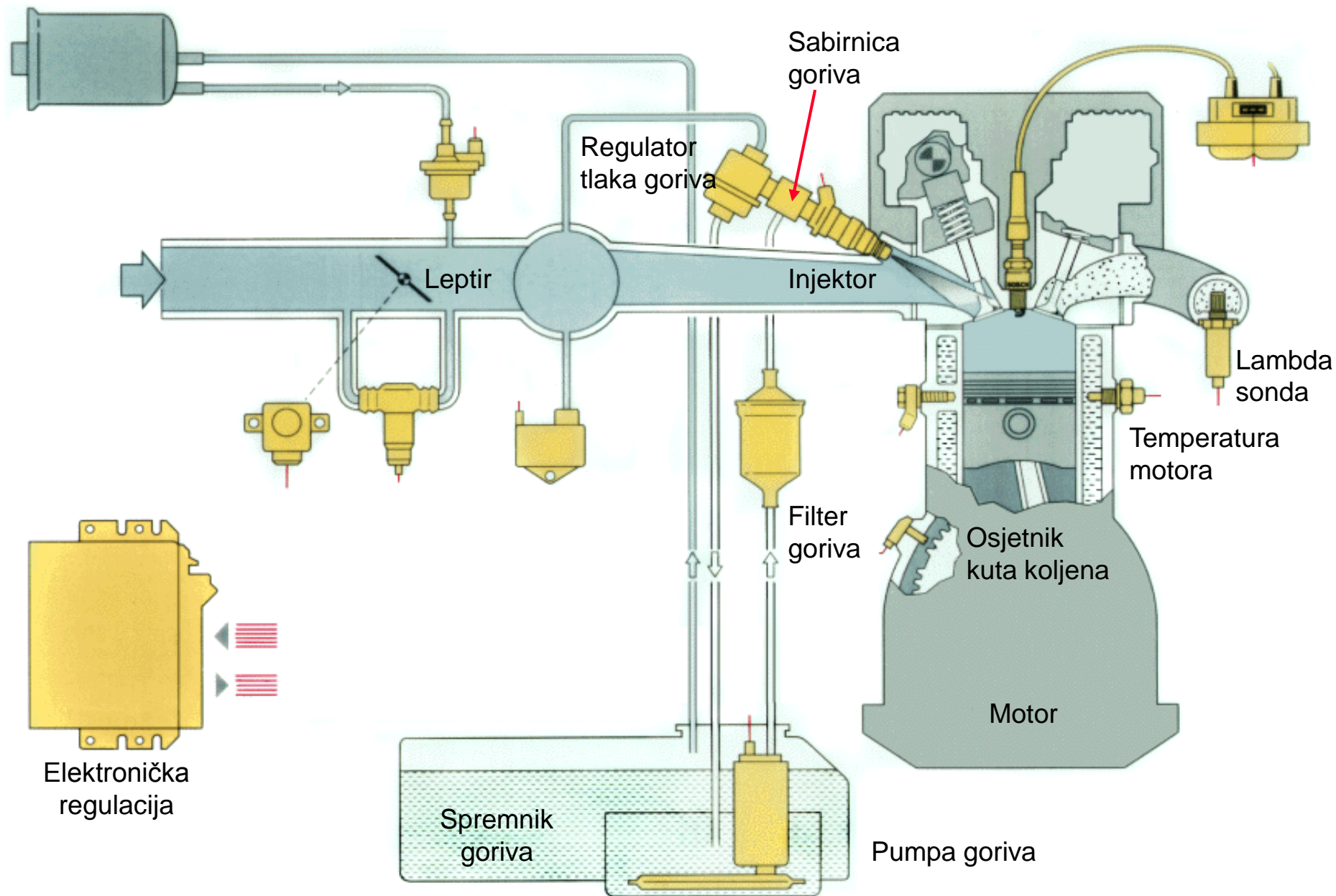
# Motronic M5

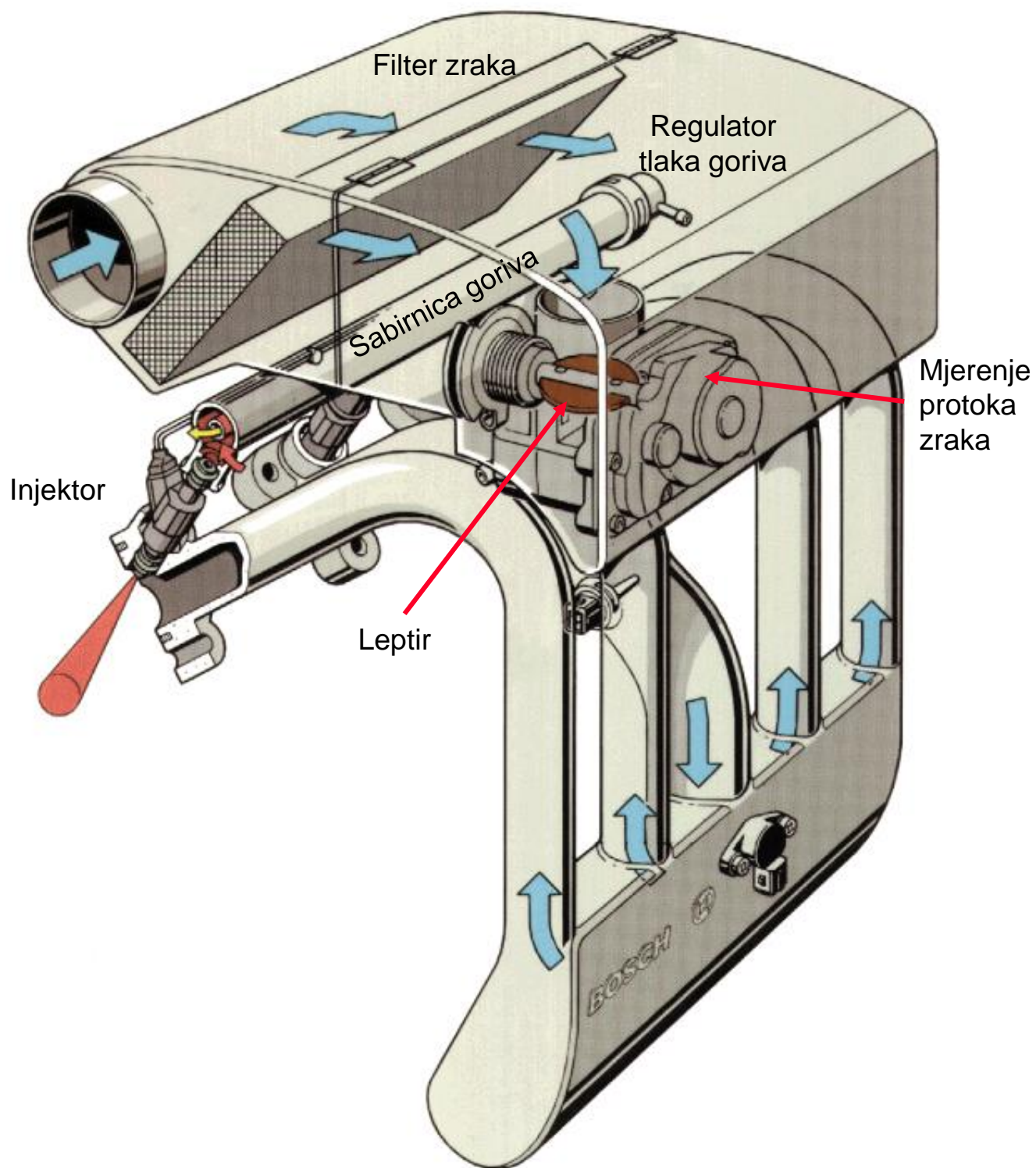
Sekvencijalno ubrizgavanje goriva u usisne kanale  
Regulacija ubrizgavanja goriva i paljenja



# Motronic MP

Sekvencijalno ubrizgavanje goriva u usisne kanale  
Regulacija ubrizgavanja goriva i paljenja

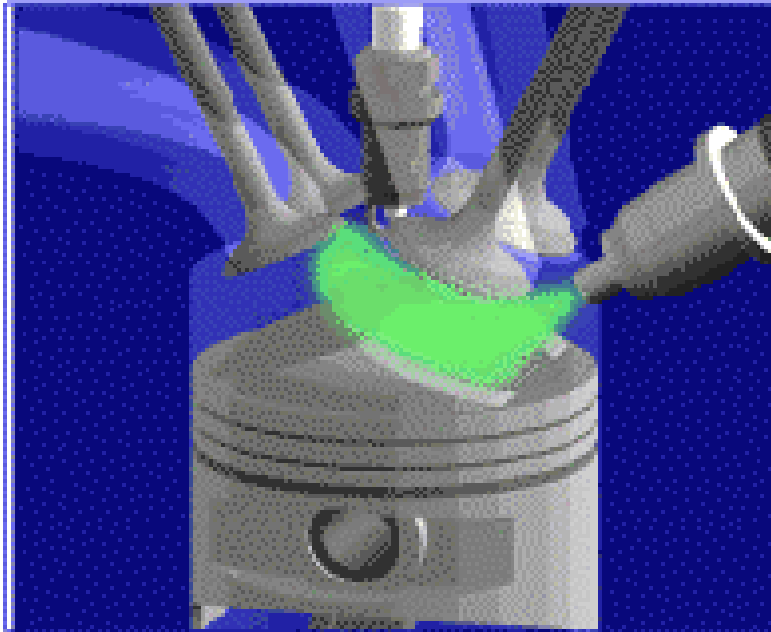




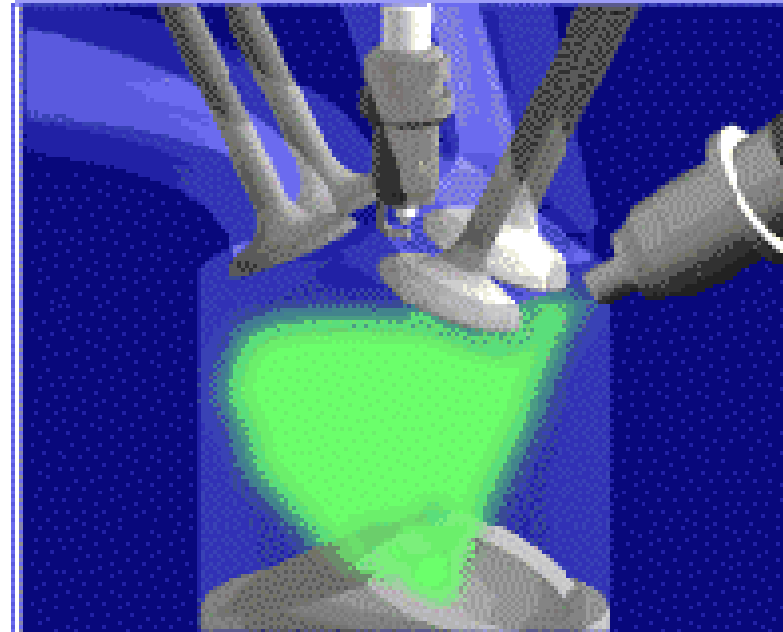
Sklop usisnih cijevi s filtrom zraka i sustava za ubrizgavanje goriva u usisne kanale

# **DIREKTNO UBRIZGAVANJE BENZINA**

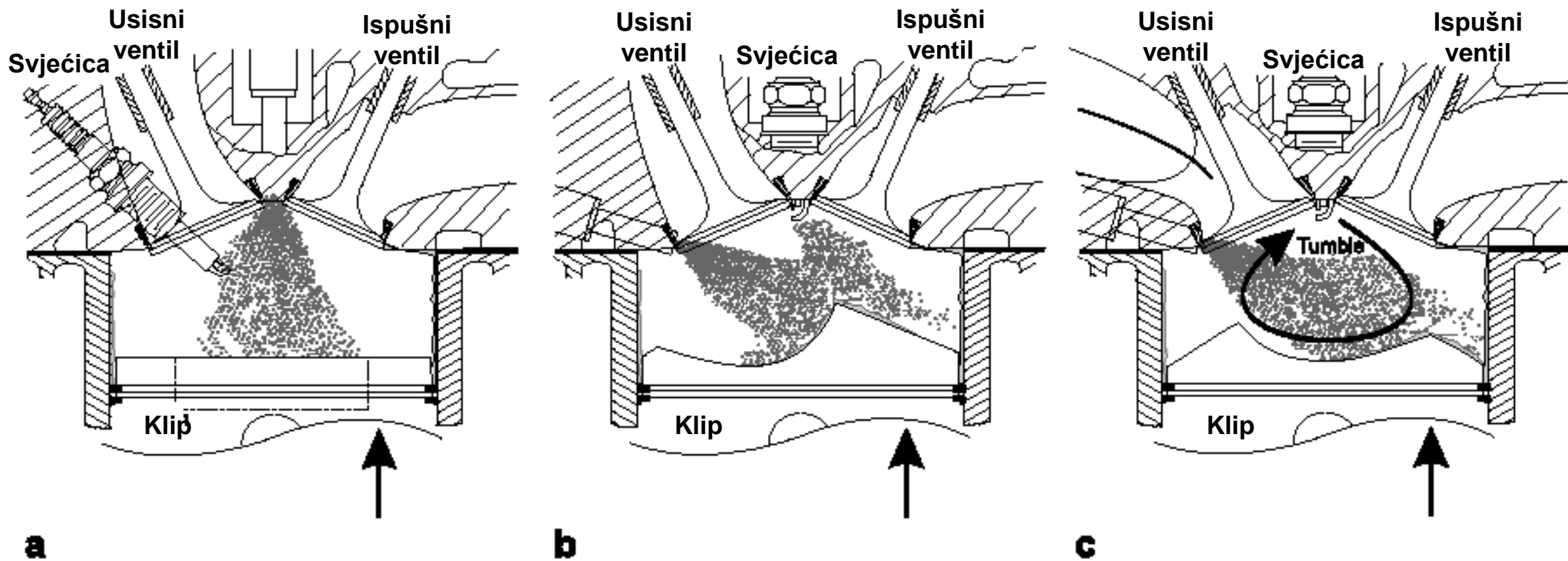
## Ottov motor s direktnim ubrizgavanjem benzina



**Ubrizgavanje pri smanjenom opterećenju motora počinje kasnije. Mlaz goriva se ne širi po svom prostoru već s manjim dijelom zraka tvori stehiometrijsku smjesu koja se usmjerava prema svjećici**

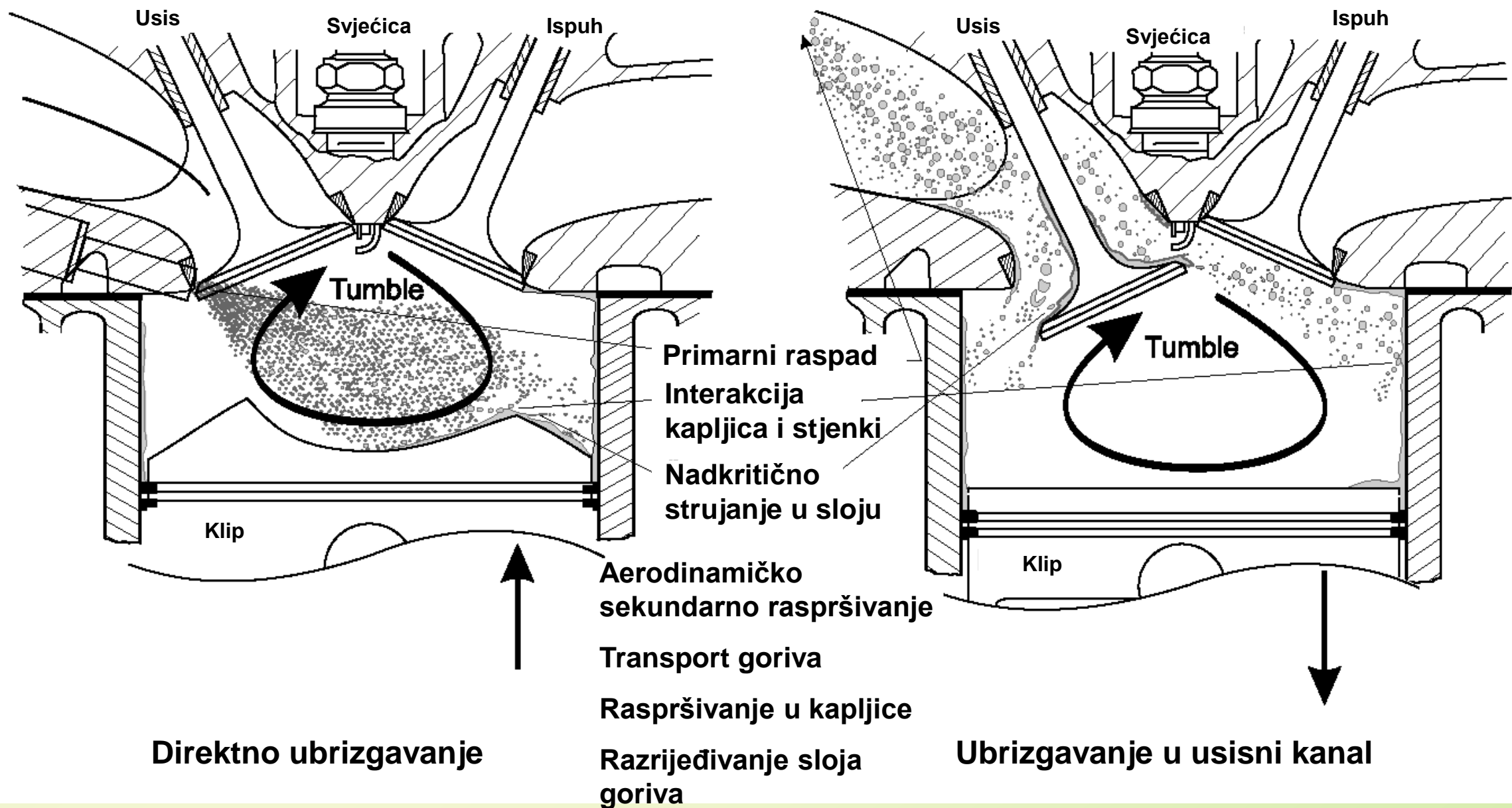


**Ubrizgavanje pri punom opterećenju motora počinje ranije. Mlaz goriva se širi po svom prostoru i s ukupnim zrakom tvori stehiometrijsku smjesu koju će svjećica kasnije upaliti iskrom.**



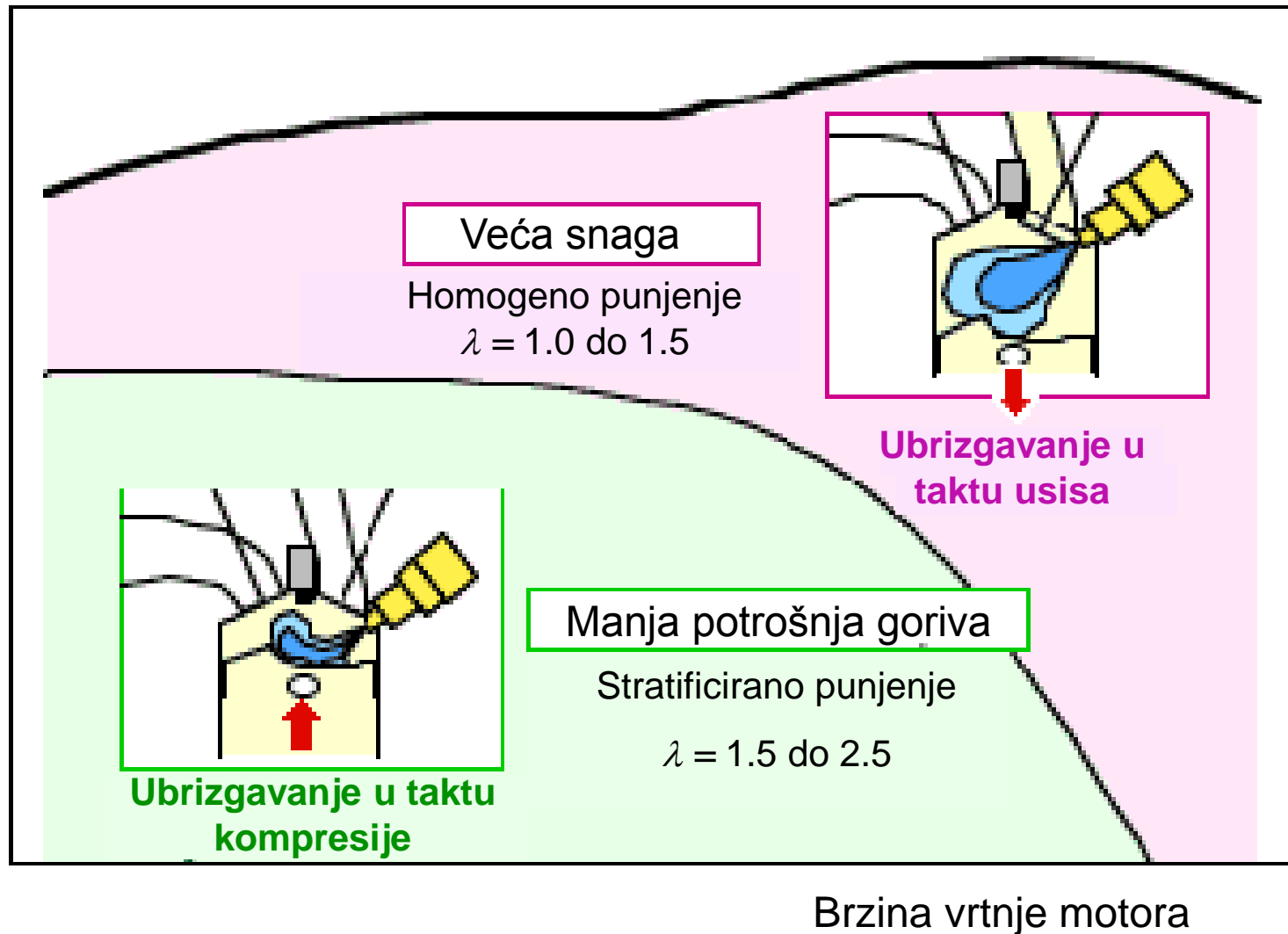
Postupci stvaranja gorive smjese kod direktnog ubrizgavanja kod Ottovog motora

a) Upravljanje mlazom, b) Upravljanje oblikom stjenki, c) Upravljanje strujanjem zraka



Stvaranje gorive smjese kod Ottovih motora s direktnim ubrizgavanjem i ubrizgavanjem u usisni kanal

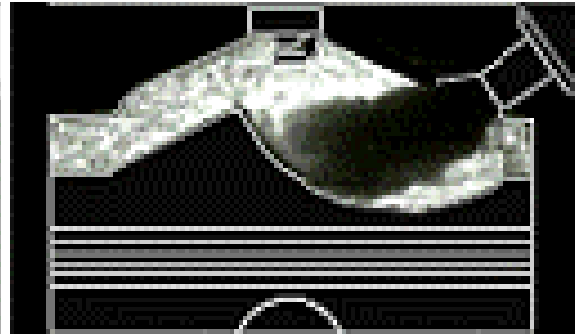
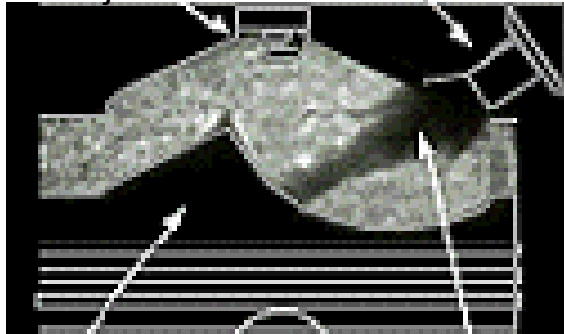
Moment



**Regulacija pretička zraka u ovisnosti o brzini vrtnje i opterećenju motora kod Ottovih motora s direktnim ubrizgavanjem goriva**

Ponašanje mlaza goriva (ubrizgavanje u taktu kompresije) - snimljeno Schlieren metodom

Svjećica      Injektor



Klip

Mlaz goriva

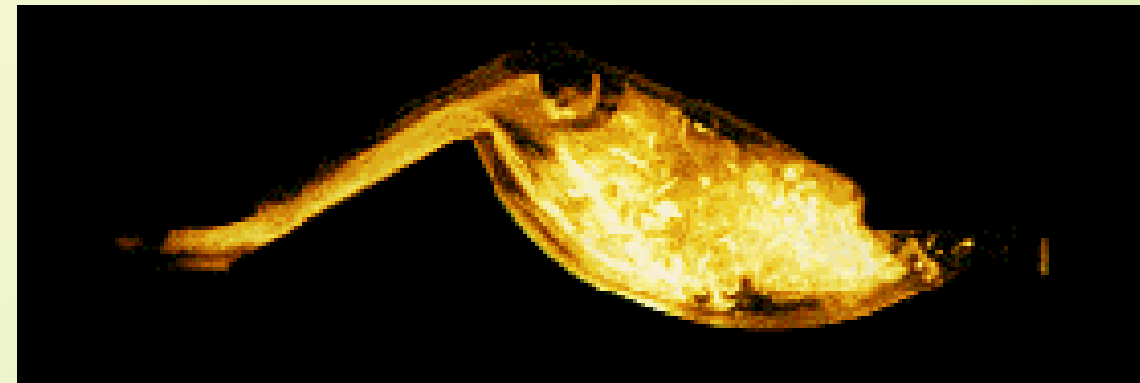
40° prije GMT

30° prije GMT

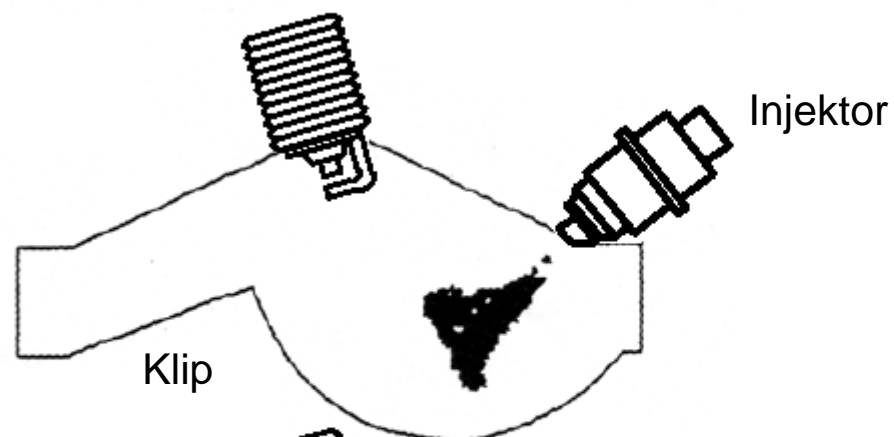
20° prije GMT



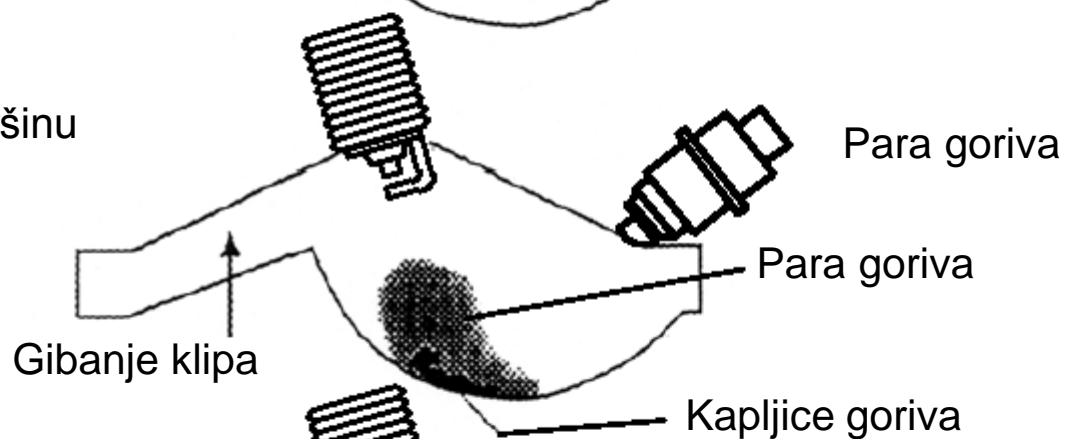
**Usmjeravanje mlaza goriva kako bi se lokalno u području svjećice ostvarila stehiometrijska goriva smjesa radi sigurnog paljenja goriva kod ukupno siromašne smjese**



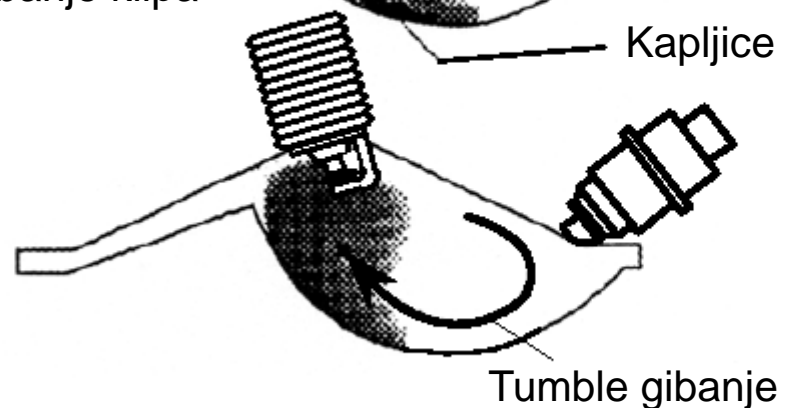
Ubrizgavanje u udubljenje  
u čelu klipa



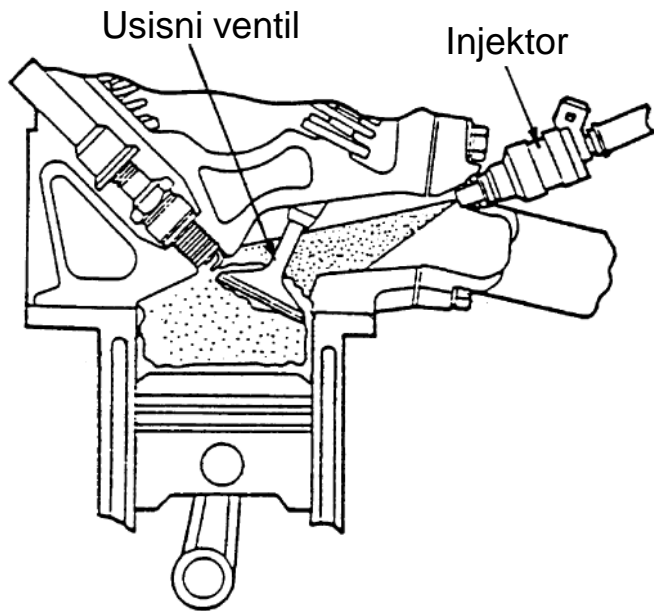
Mlaz goriva udara u površinu  
udubljenja u čelu klipa



Isparavanje goriva i prijenos  
smjese prema svjećici

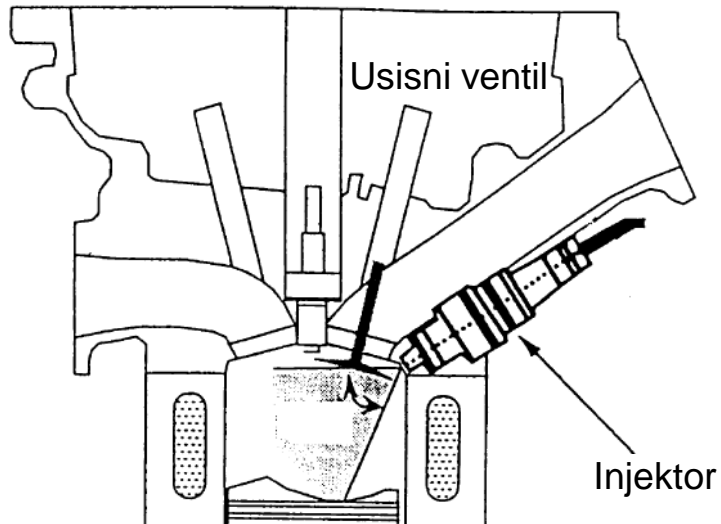


Detalji gibanja mlaza pri direktnom ubrizgavanju benzina u  
cilindar kod smanjenih opterećenja motora



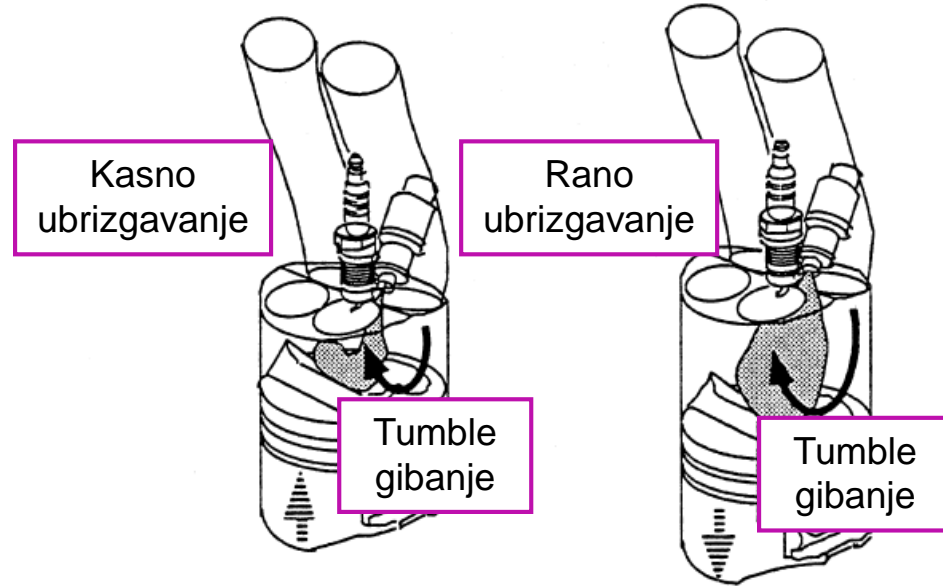
### PFI Prechamber fuel injection

Ubrizgavanje u pretkomoru

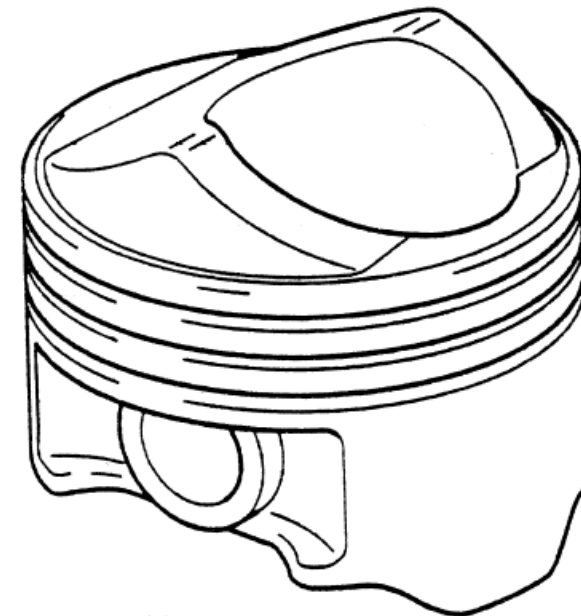


### GDI Gasoline direct injection

Direktno ubrizgavanje benzina



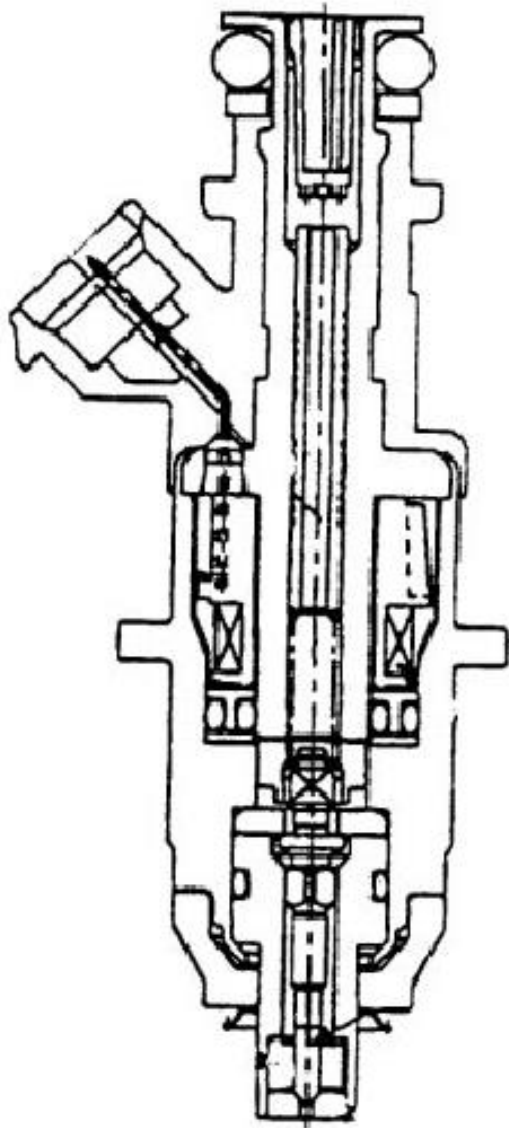
(a)



(b)

Shematski prikaz sustava direktnog ubrizgavanja benzina  
Mitsubishi GDI

a) strategije ubrizgavanja, b) geometrija klipa

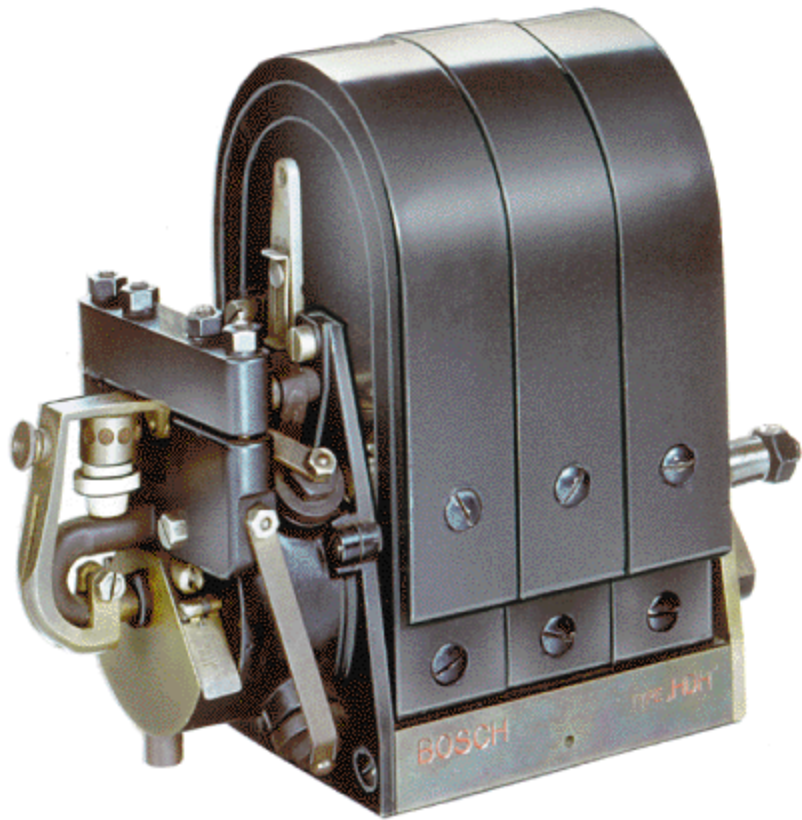


Elektromagnetski ventil za ubrizgavanje goriva (injektor)

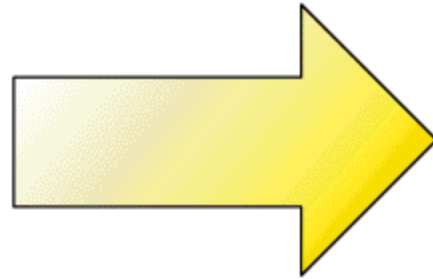


Izgled mlaza goriva pri direktnom ubrizgavanju

**SUSTAV ELEKTRIČNOG PALJENJA  
GORIVE SMJESE KOD OTTOVIH  
MOTORA**



1887



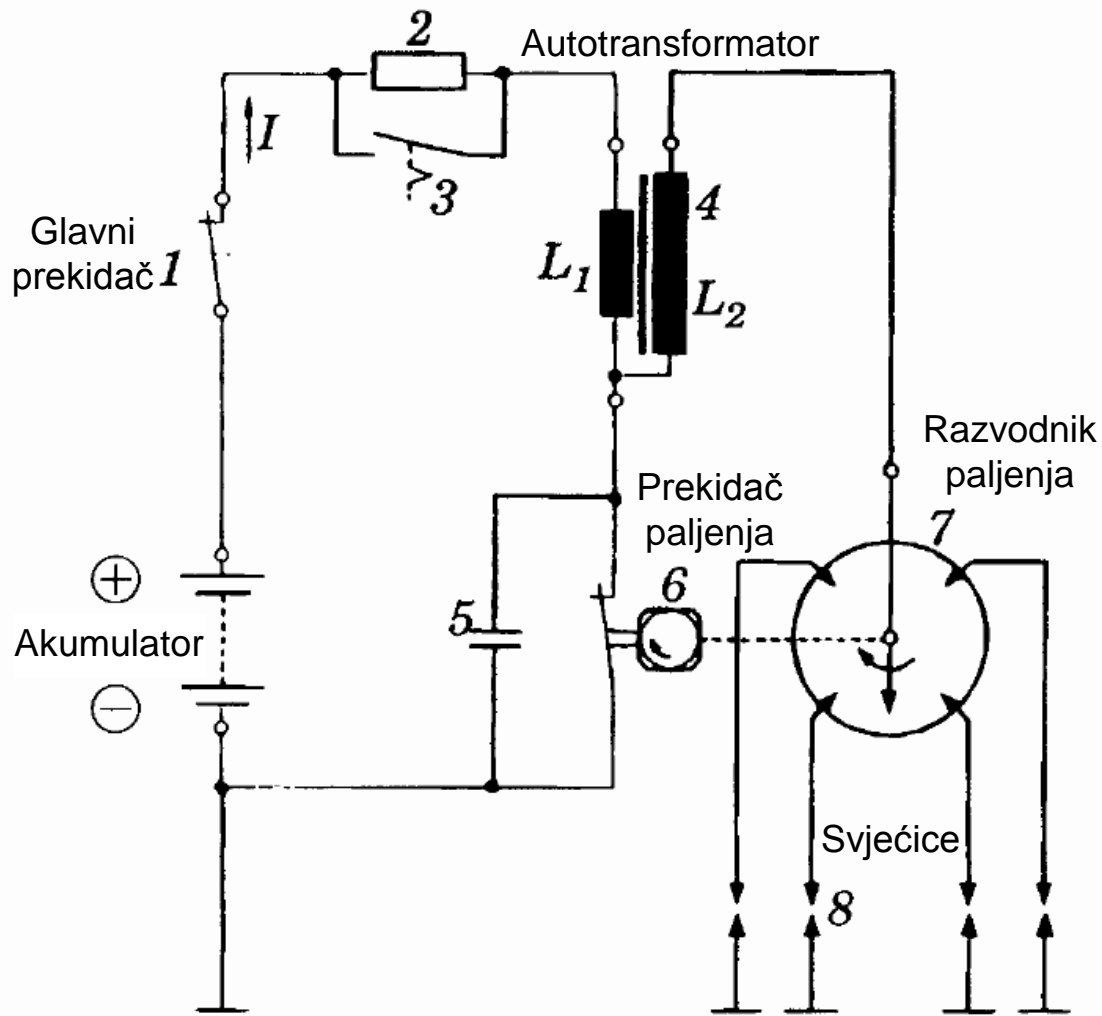
danas

Razvoj opreme za upaljivanje gorive smjese električnom iskrom

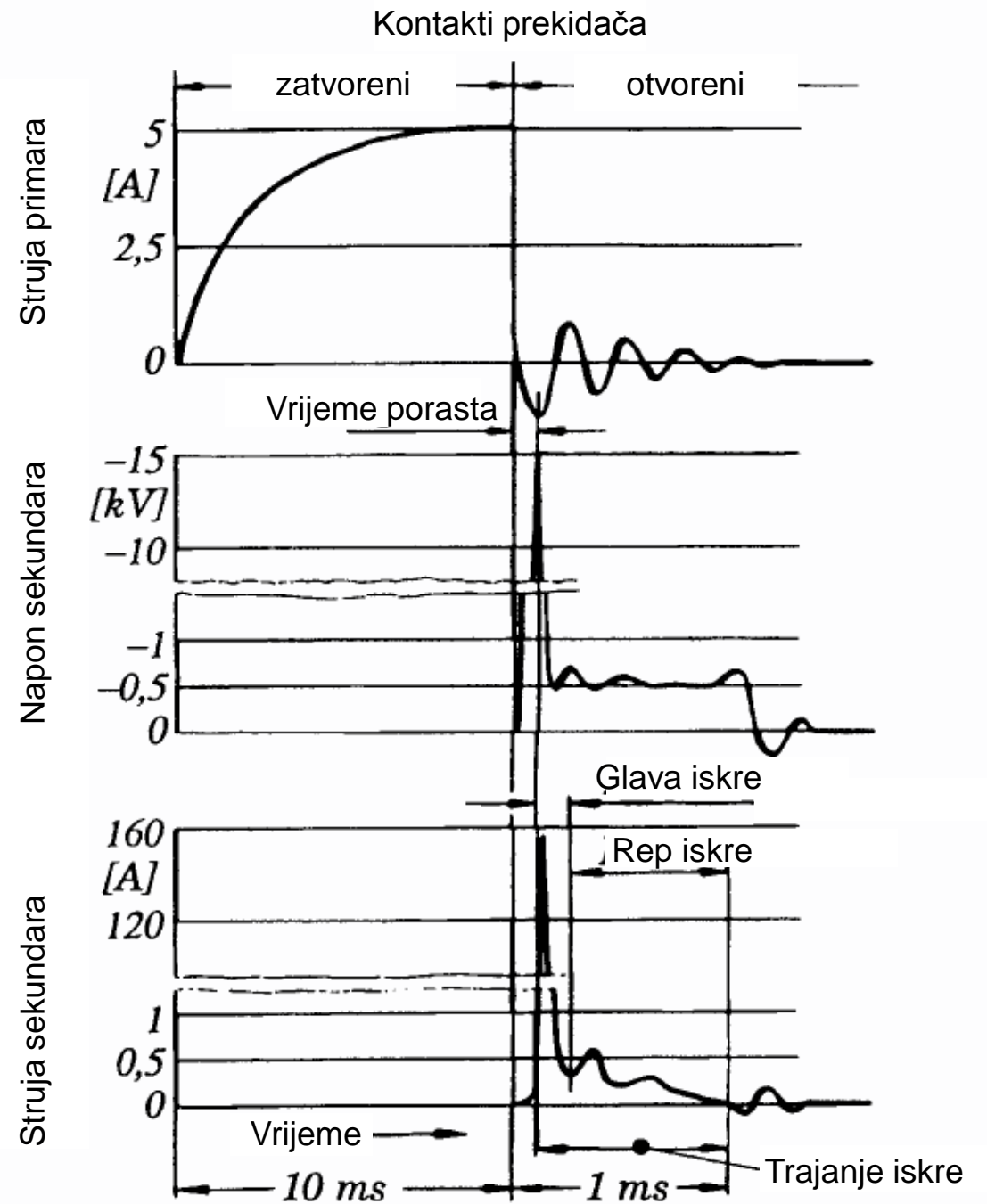


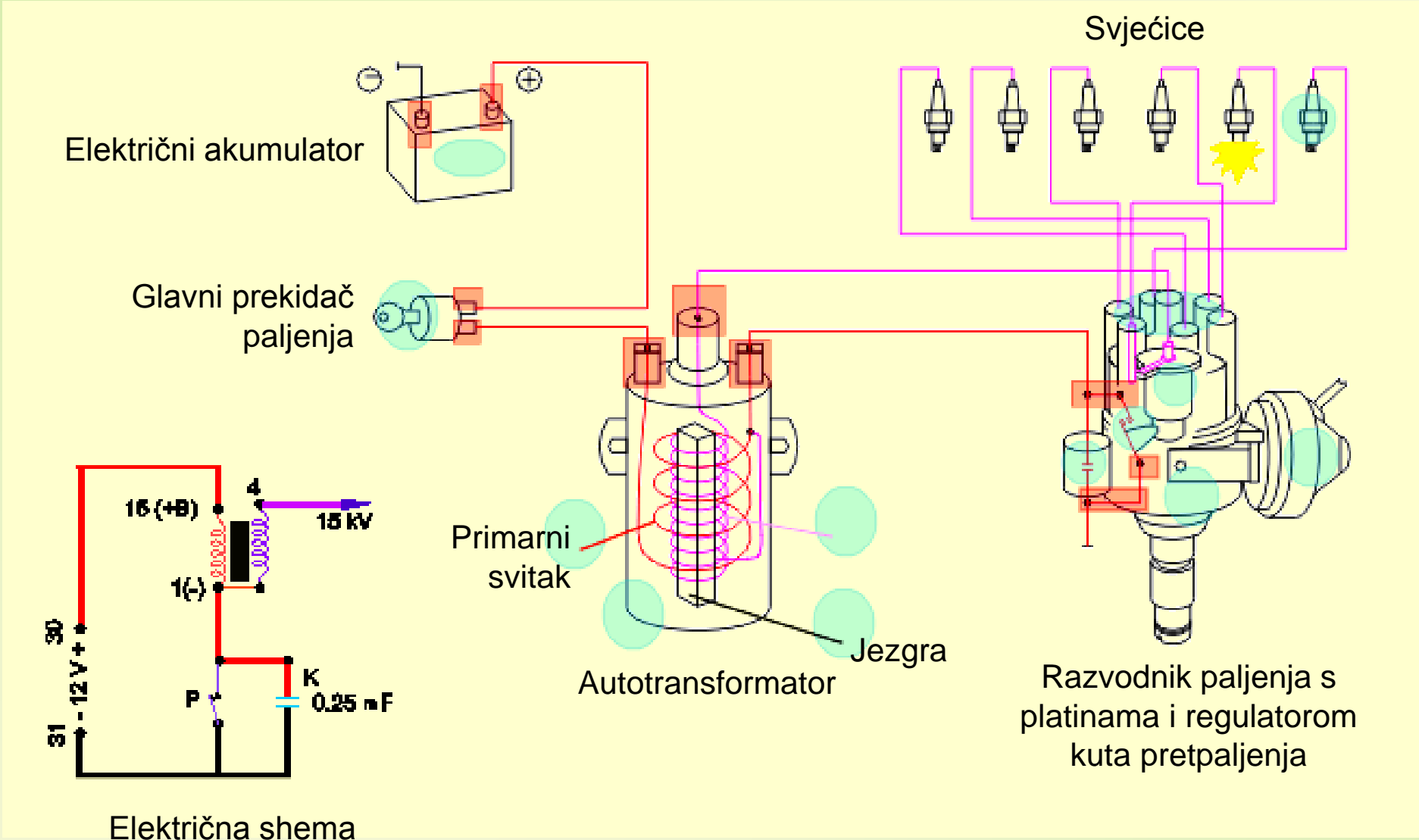
Svjećica

Sustav magnetskog paljenja iz 1902., Bosch

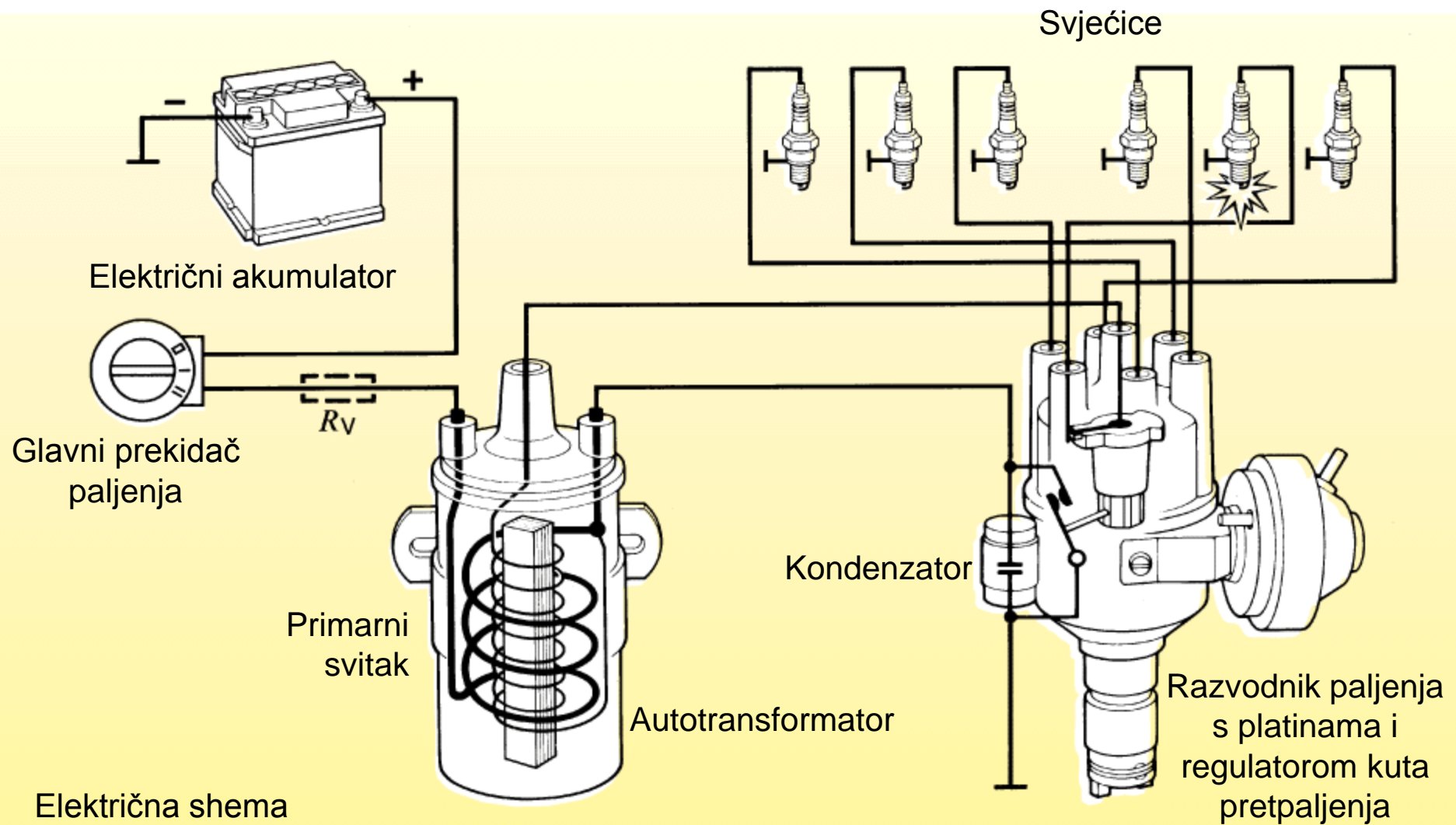


Sustav baterijskog paljenja





Baterijski sustav paljenja



Sustav električnog baterijskog paljenja

## REGULACIJA KUTA PRETPALJENJA

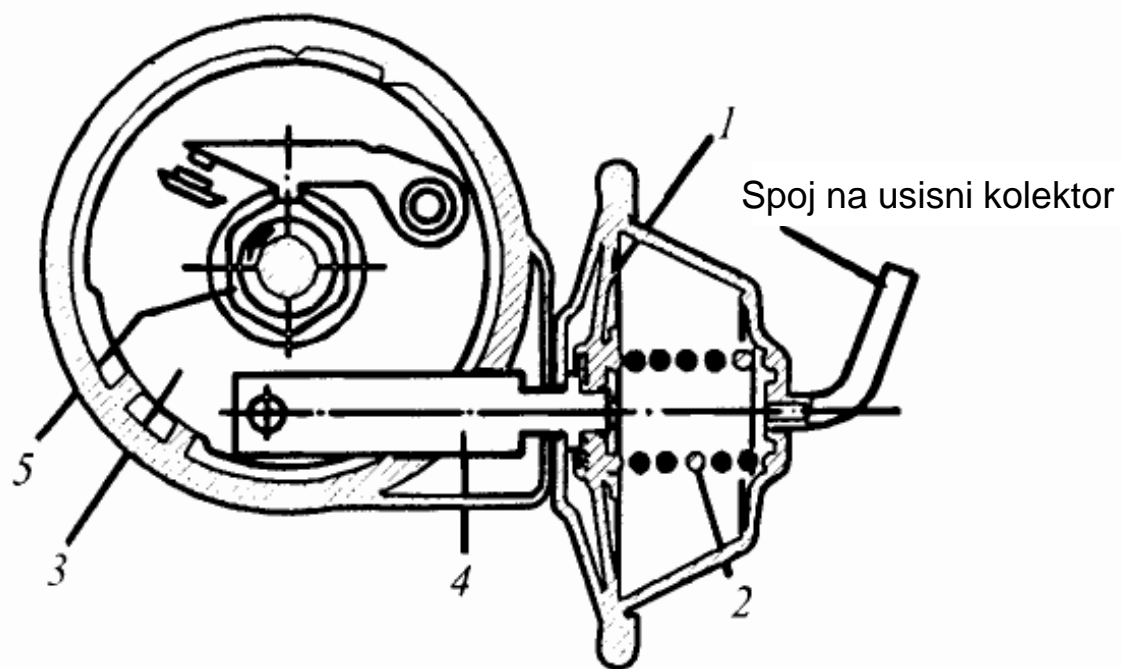
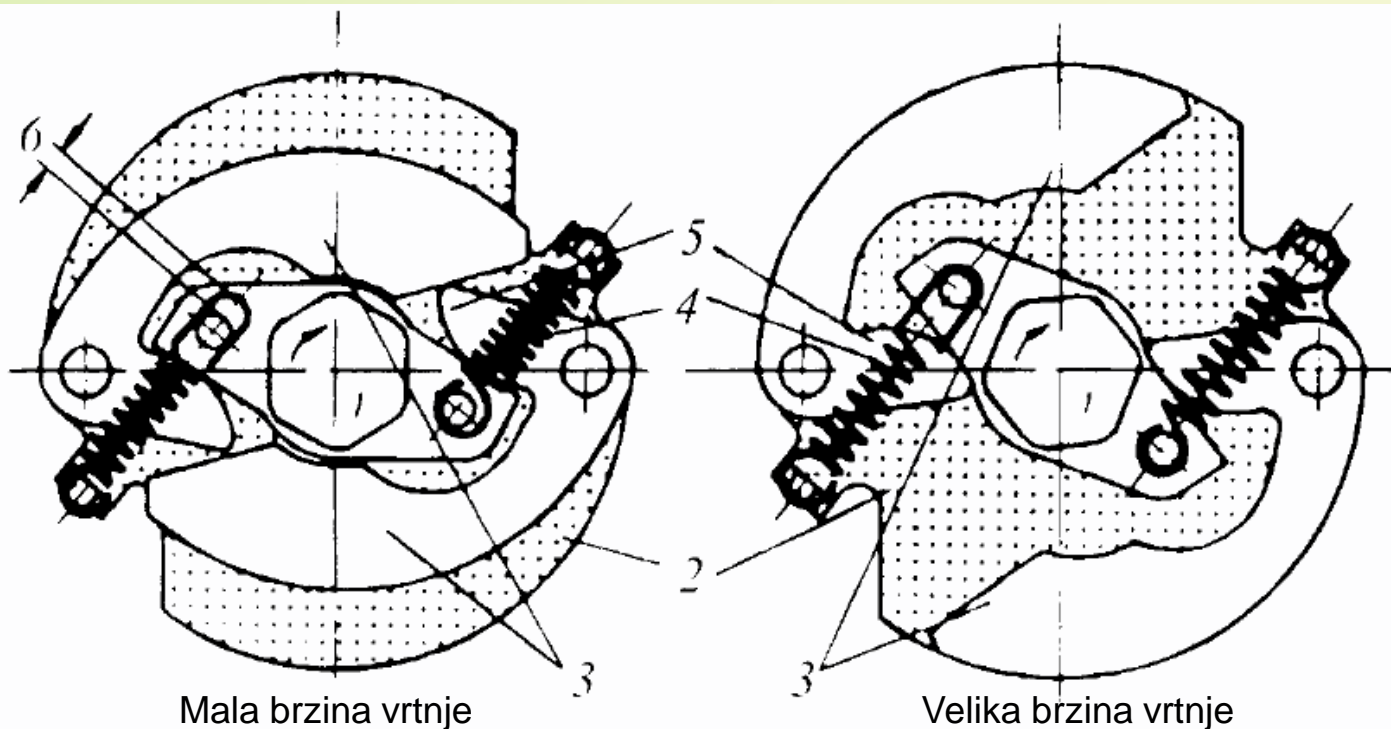
Obzirom da proces paljenja i kasnije razvoja plamena, te izgaranja traje u vremenu, potrebno je izvršiti i korekciju kuta pretpaljenja (kuta početka preskakanja električne iskre) prema radnim uvjetima motora. Najveći utjecaj imaju:

- brzina vrtnje motora,
- opterećenje motora,
- temperatura motora.

Korekcija kuta pretpaljenja ovisno  
o brzini vrtnje motora:

veća brzina vrtnje, ranije paljenje

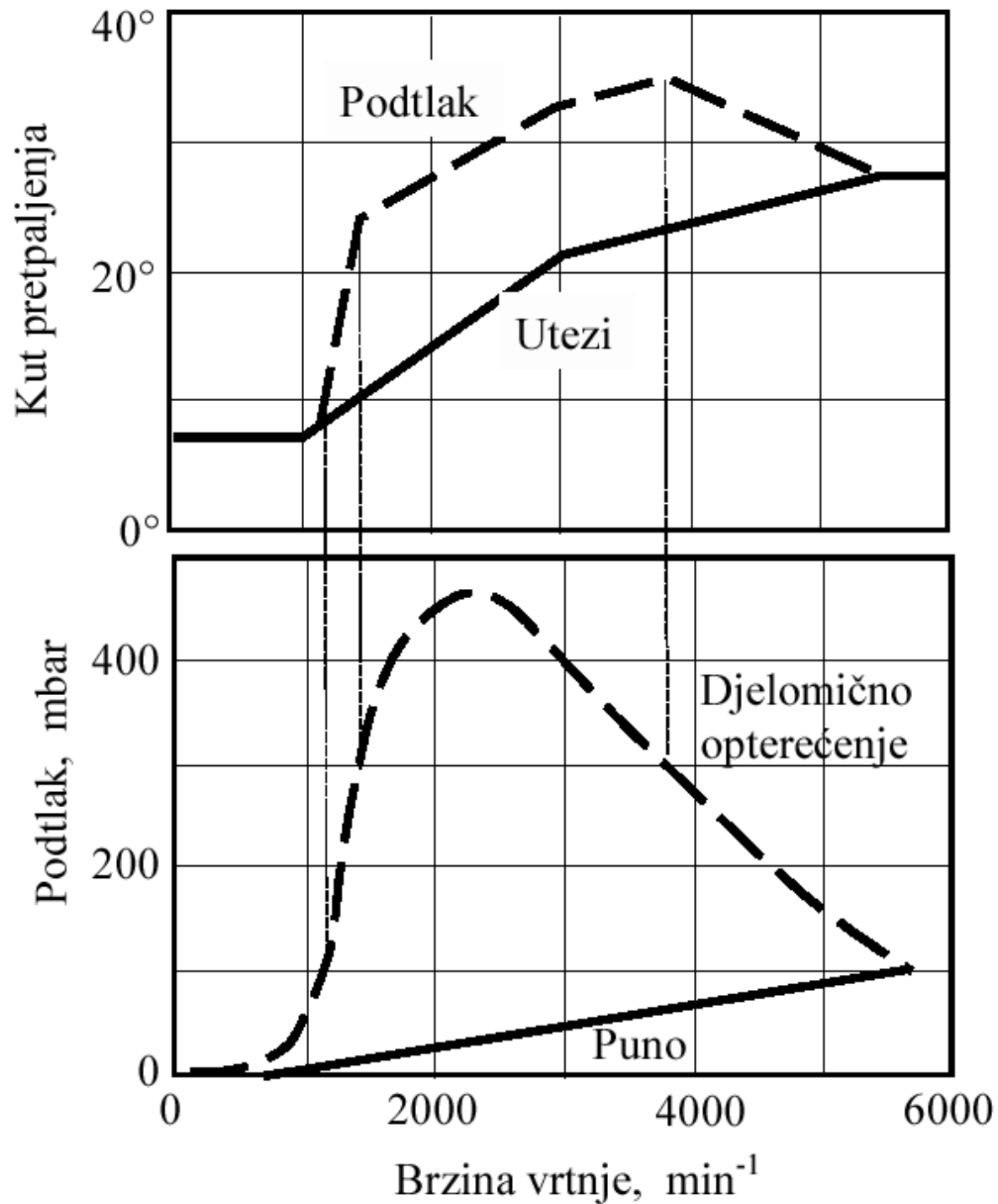
- 1 - mehanički pogon prekidača paljenja,
- 2 - ploča nosača,
- 3 - centrifugalni utezi,
- 4 - opruga,
- 5 - krak s krivuljom za kutni pomak dijela 1



- 1 - gumena membrana,
- 2 - opruga,
- 3 - ploča nosača prekidača (miruje),
- 4 - spojna poluga za zakretanje ploče 3,
- 5 - mehanički pogon prekidača paljenja s brijegovima

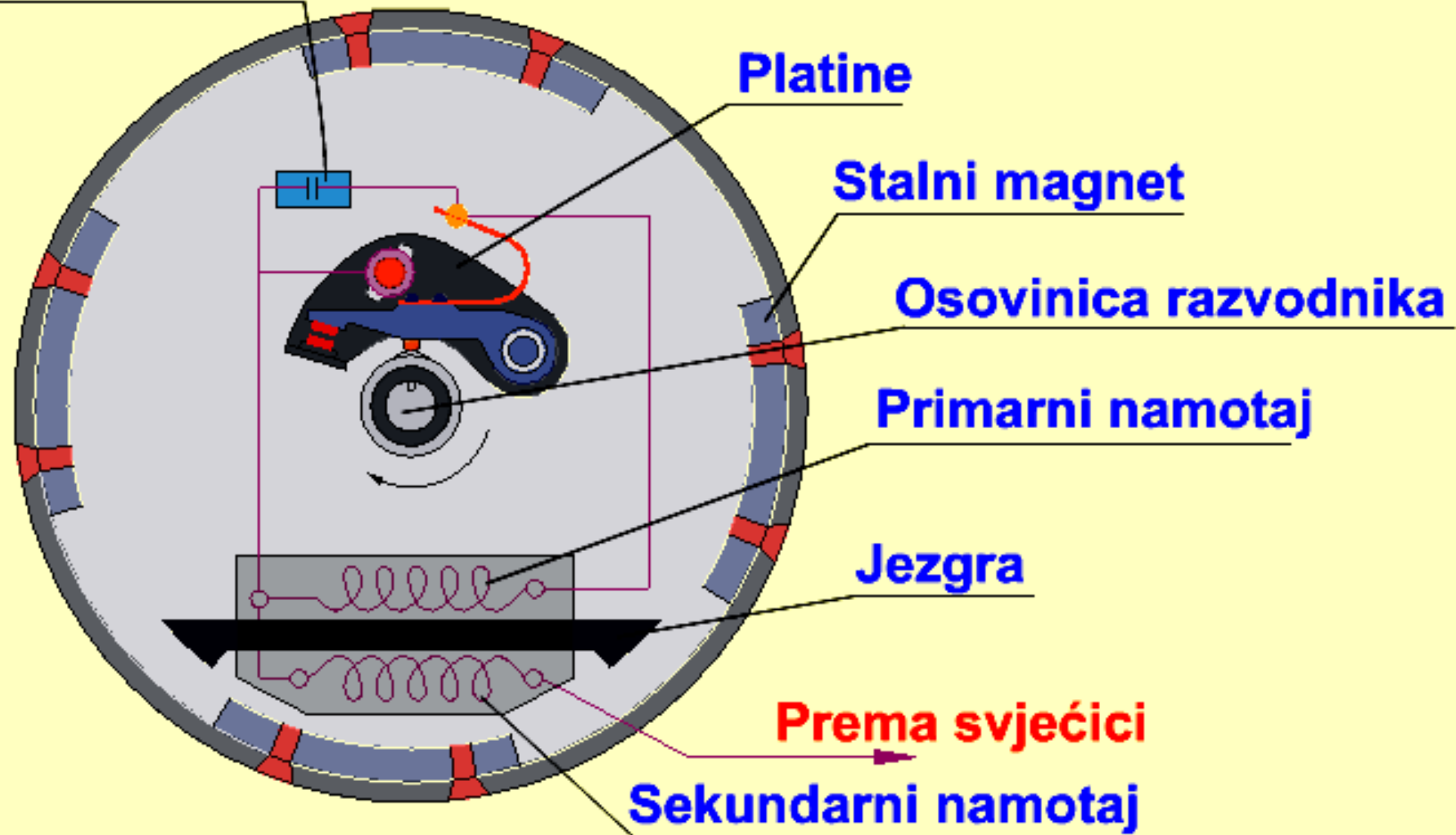
Korekcija kuta pretpaljenja ovisno o  
opterećenju motora:

niže opterećenje, niži tlak u usisnoj  
cijevi, ranije paljenje

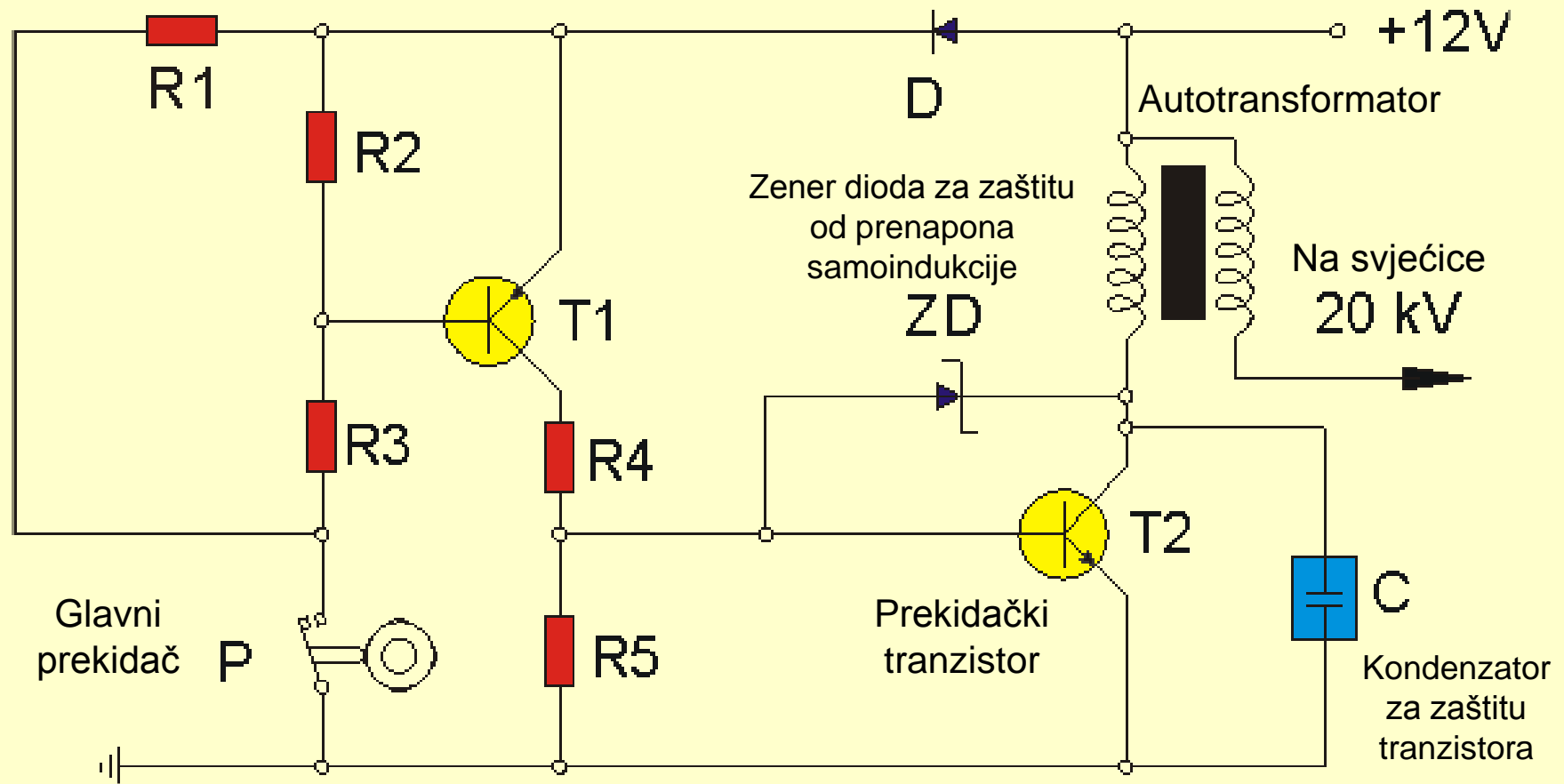


Mehanička regulacija kuta pretpaljenja ovisno o brzini vrtnje i opterećenju motora

**Kondenzator**



Sustav magnetskog paljenja za sustave paljenja koji ne iziskuju ugradnju električnog akumulatora

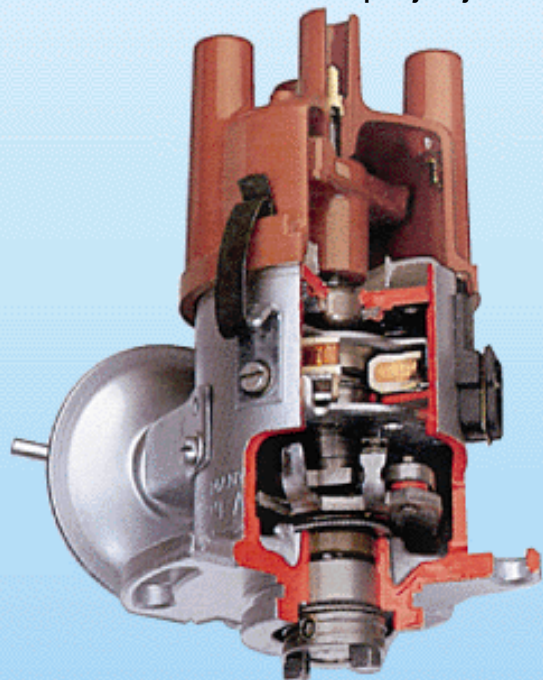


Sustav baterijskog paljenja s tranzistorom

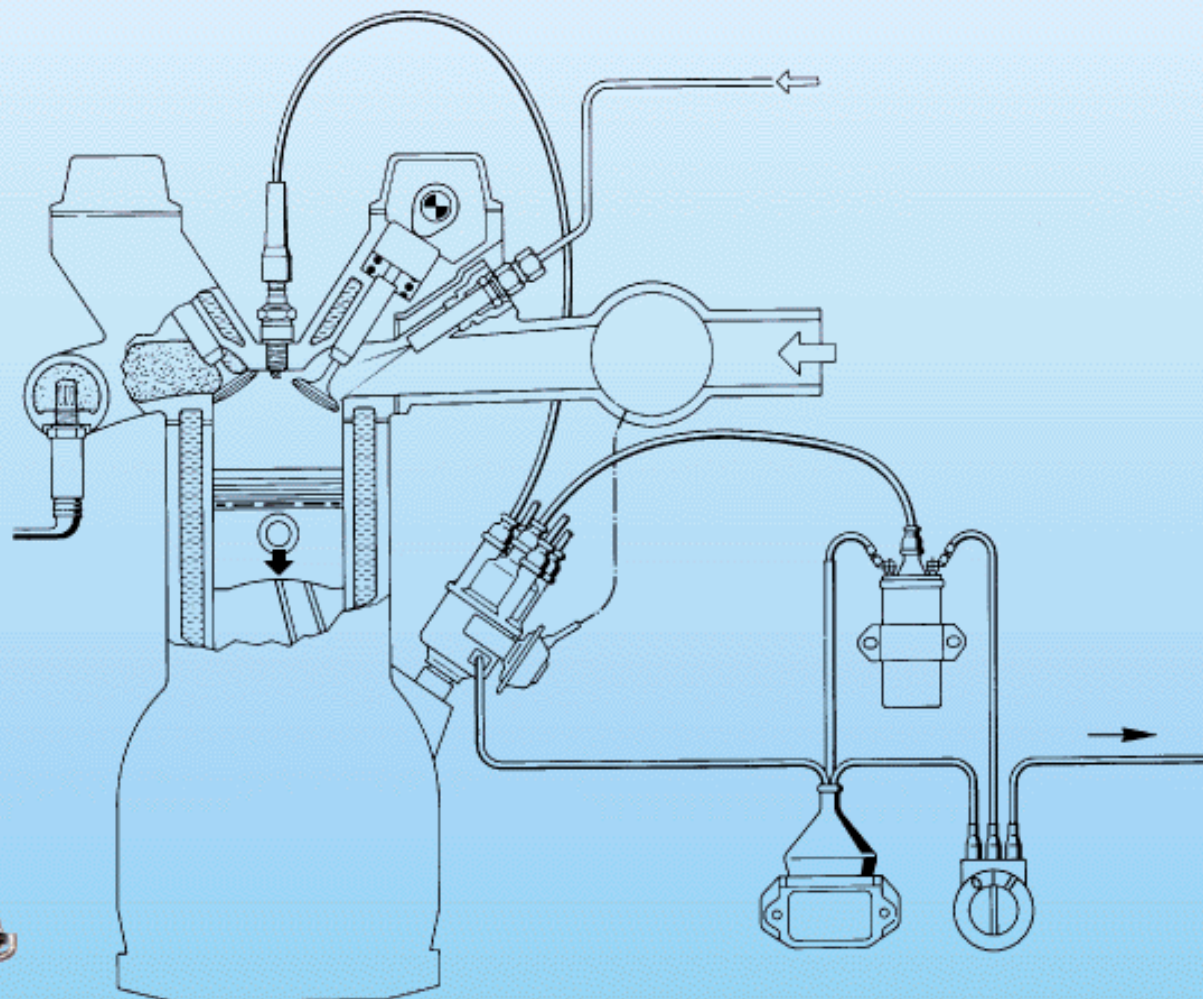
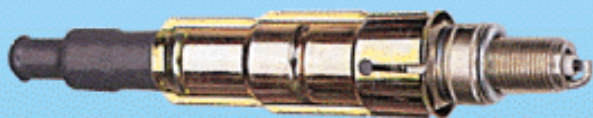
Autotransformator



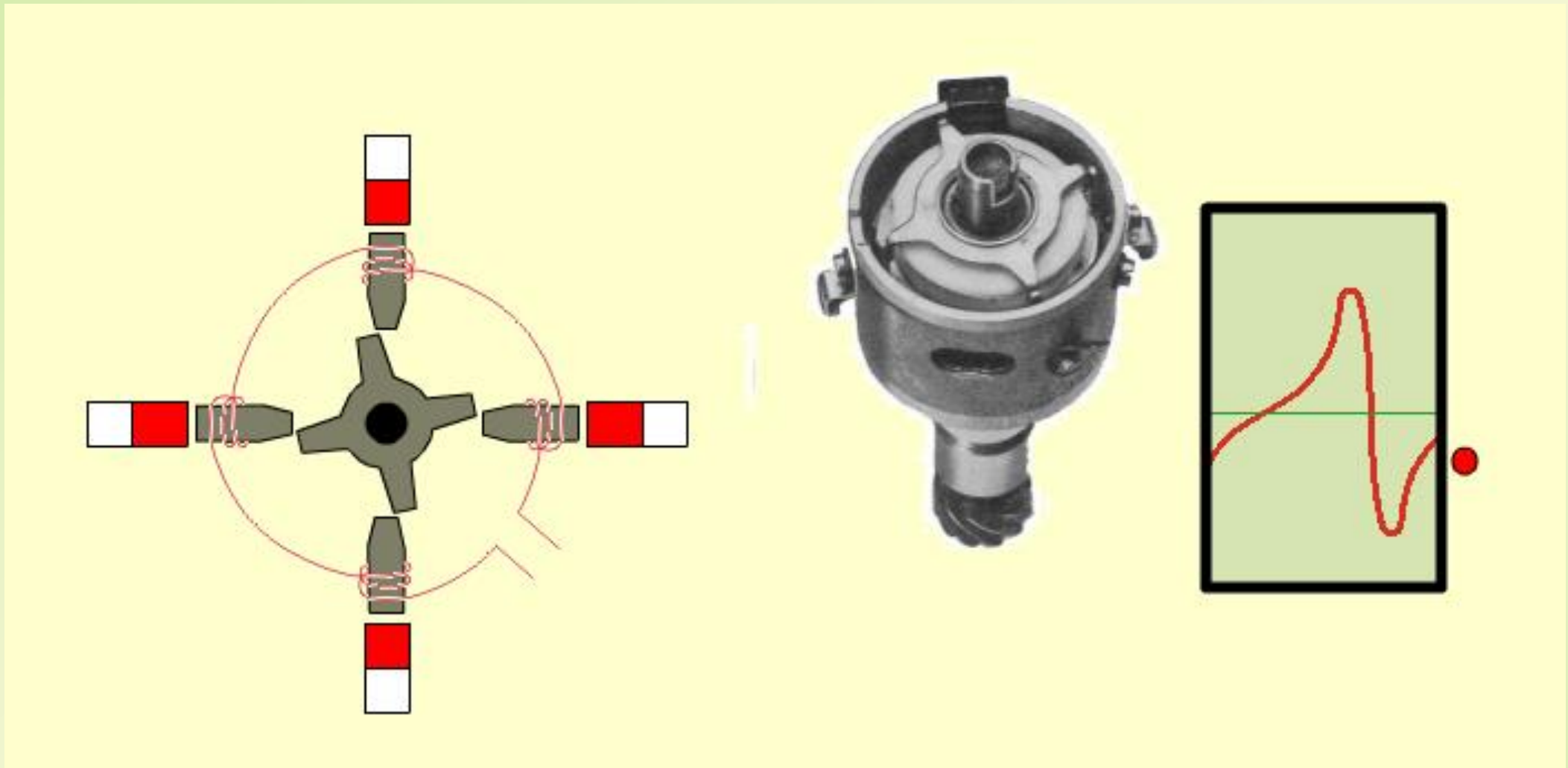
Razvodnik paljenja s elektronikom paljenja



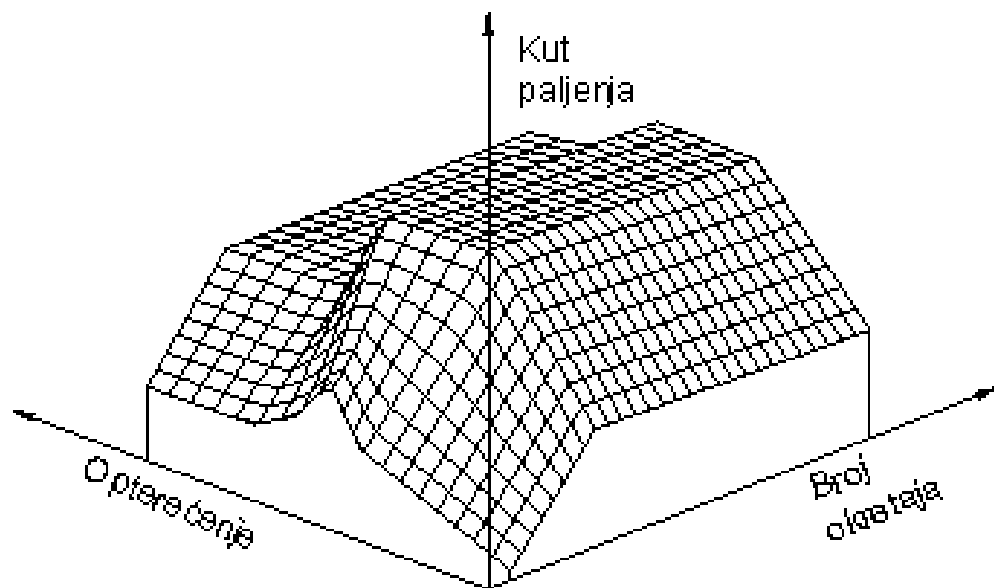
Svjećica



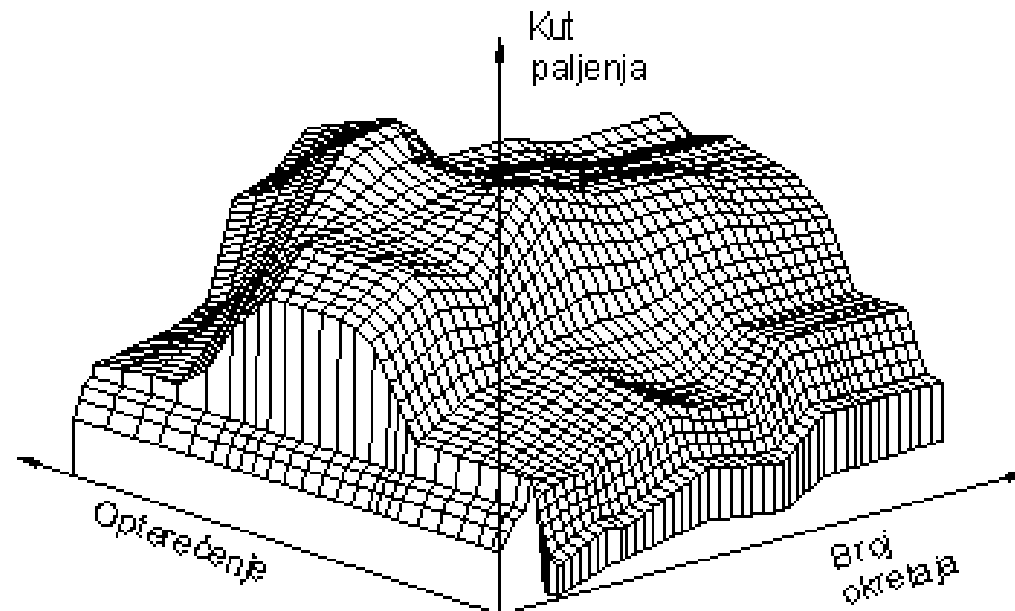
## Sustav tranzistorskog paljenja



Beskontaktni sustav upravljanja paljenjem pomoću induktivnih osjetnika  
(lijevo - shema, sredina - izvedba, desno - promjena napona)

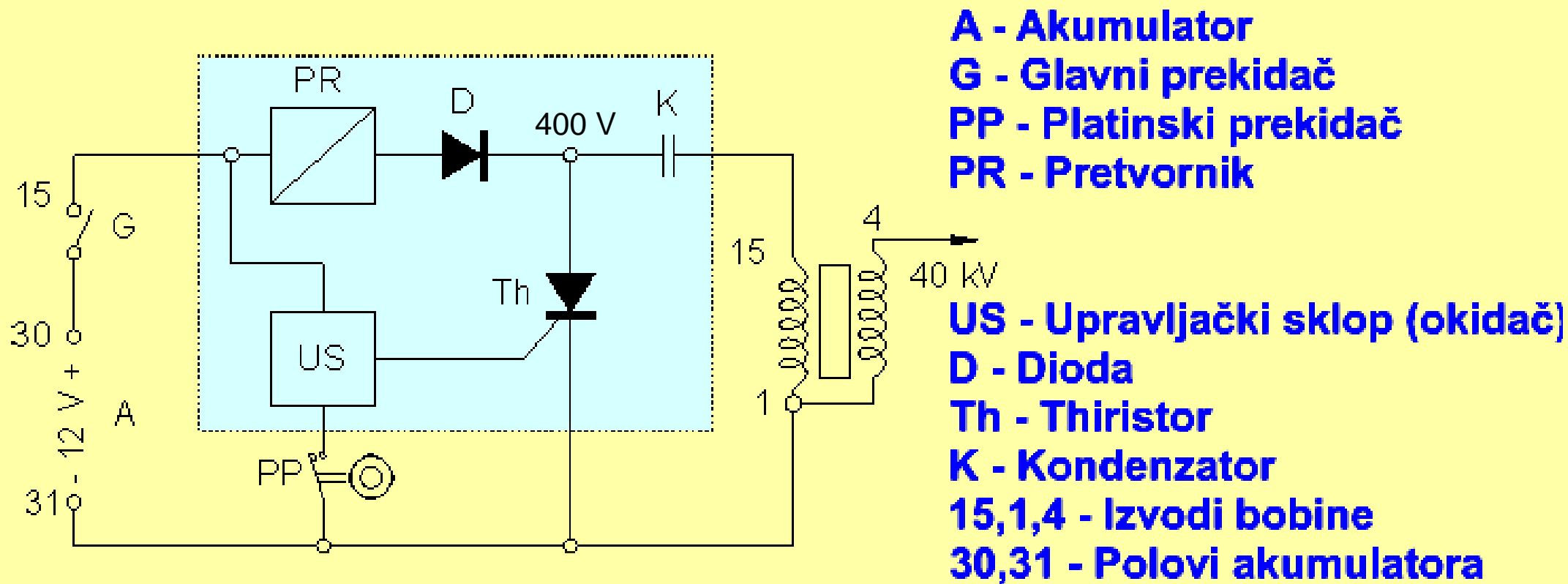


**Neelektronički  
sustav paljenja**

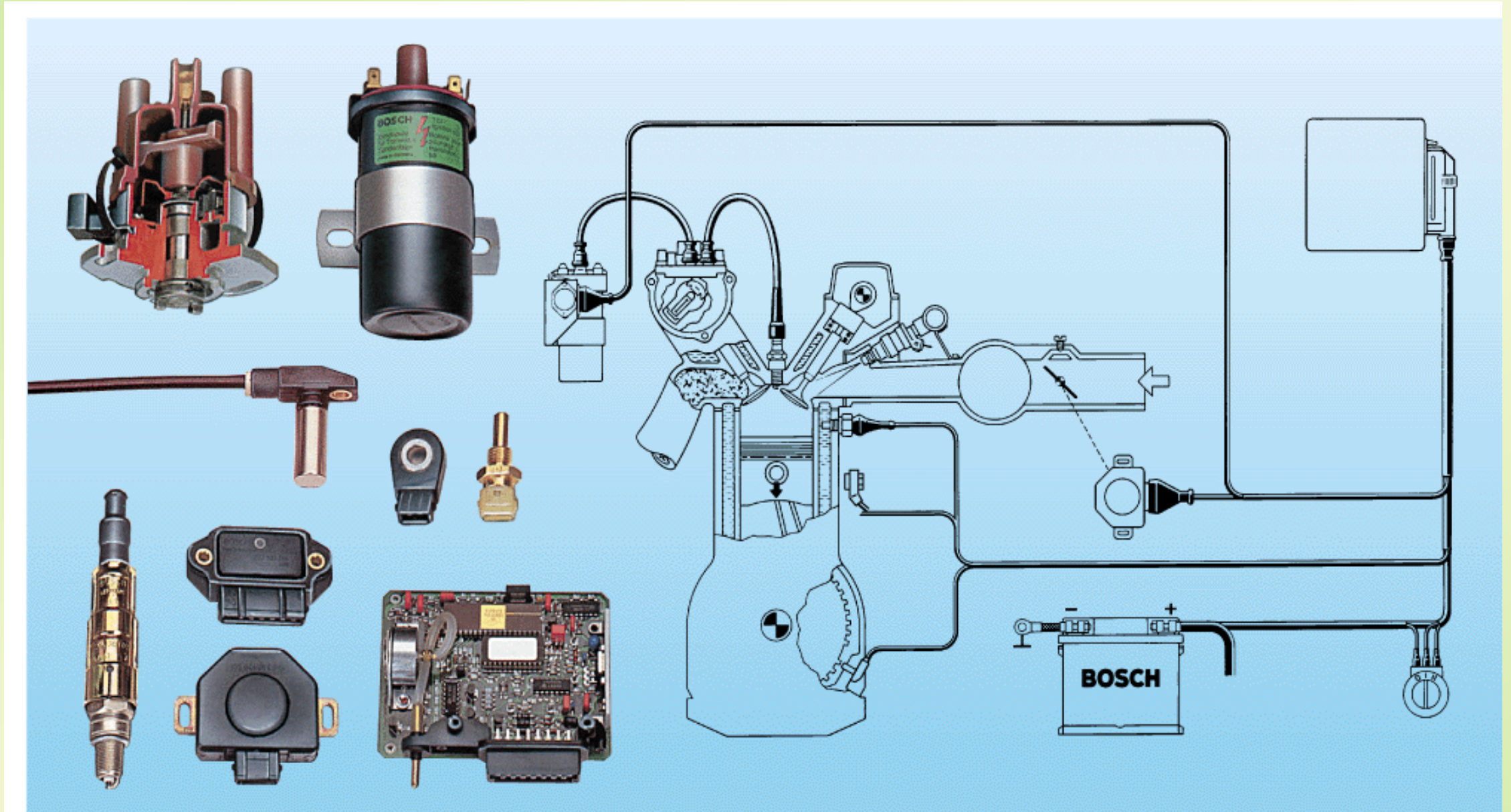


**Elektronički  
sustav paljenja**

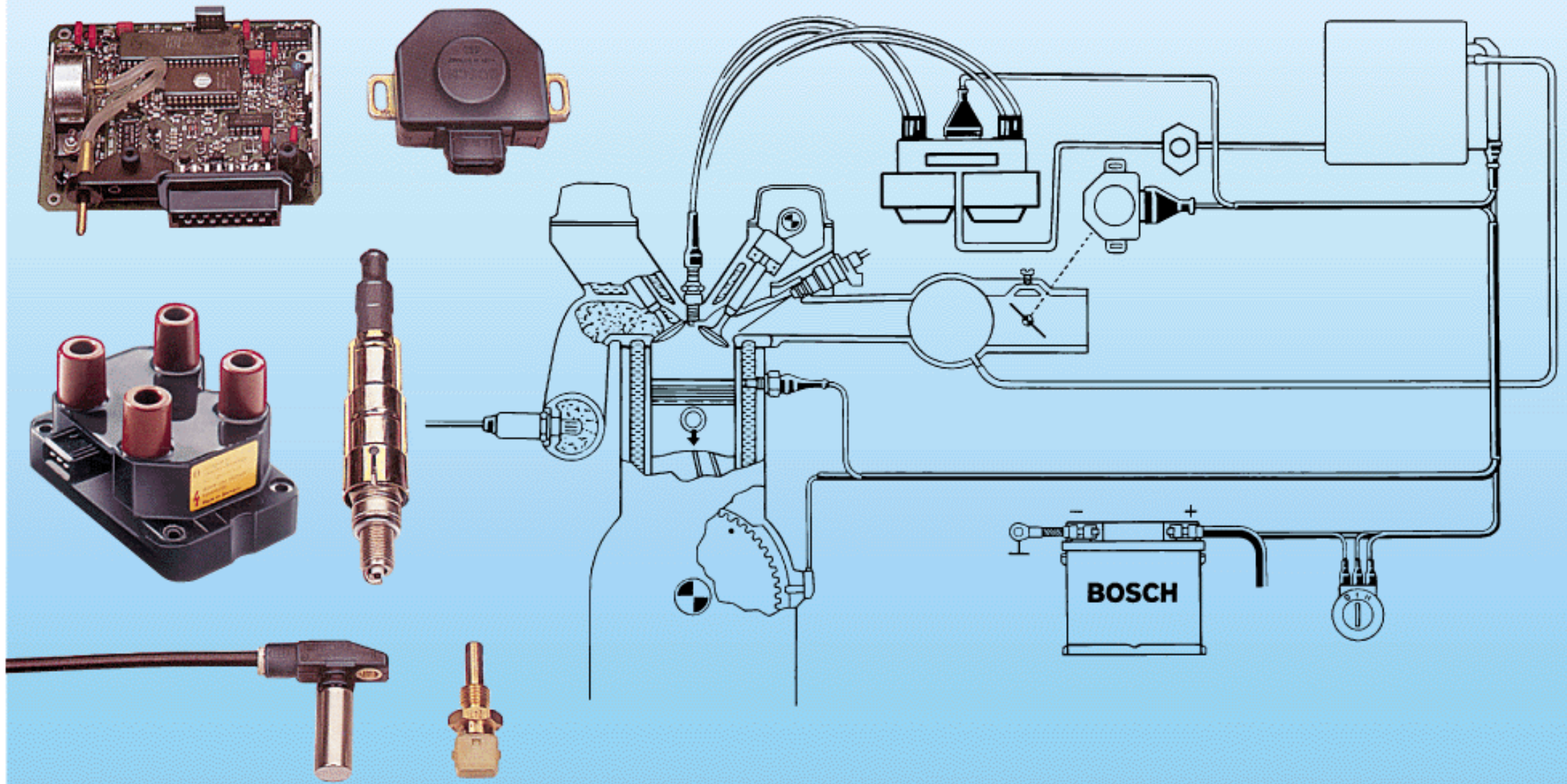
Mogućnosti regulacije kuta paljenja



Tiristorski (kondenzatorski) sustav paljenja



Sustav elektroničkog paljenja sa zaštitom od detonacijskog izgaranja



Potpuno elektronički sustav paljenja sa statičkim razdjelnikom paljenja





Statički  
razdjelnici  
paljenja

# SVJEĆICE



**1950**



**1980**



**1999**



**Razvoj svjećica**

# Smještaj svjeće

Bregasta vratila

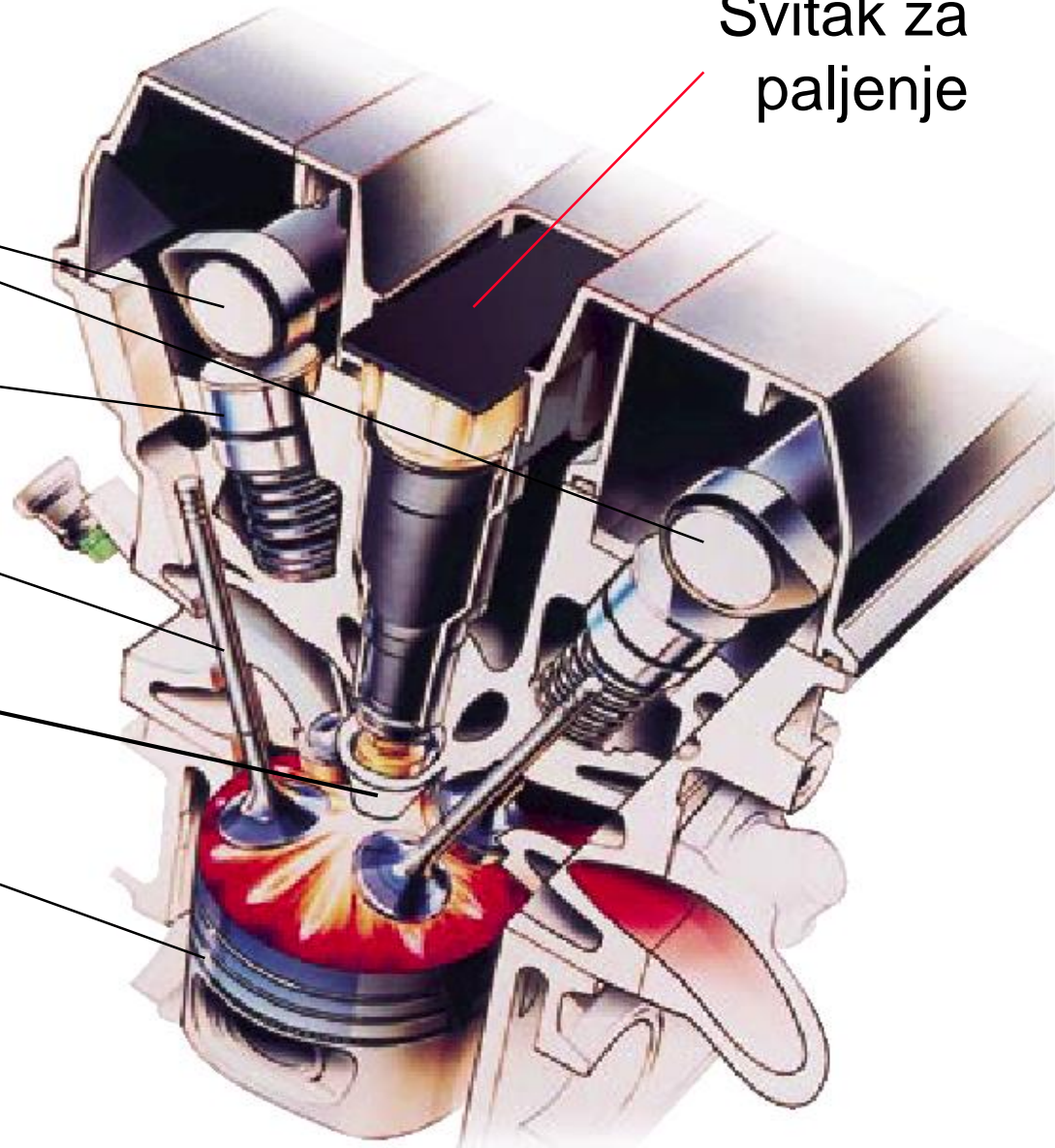
Hidraulički podizač

Ventil

**Svjećica**

Klip

Svitak za paljenje



# Standardna svjeća

Središnja elektroda s jezgrom iz bakra

VN priključak

Elektroda  
mase

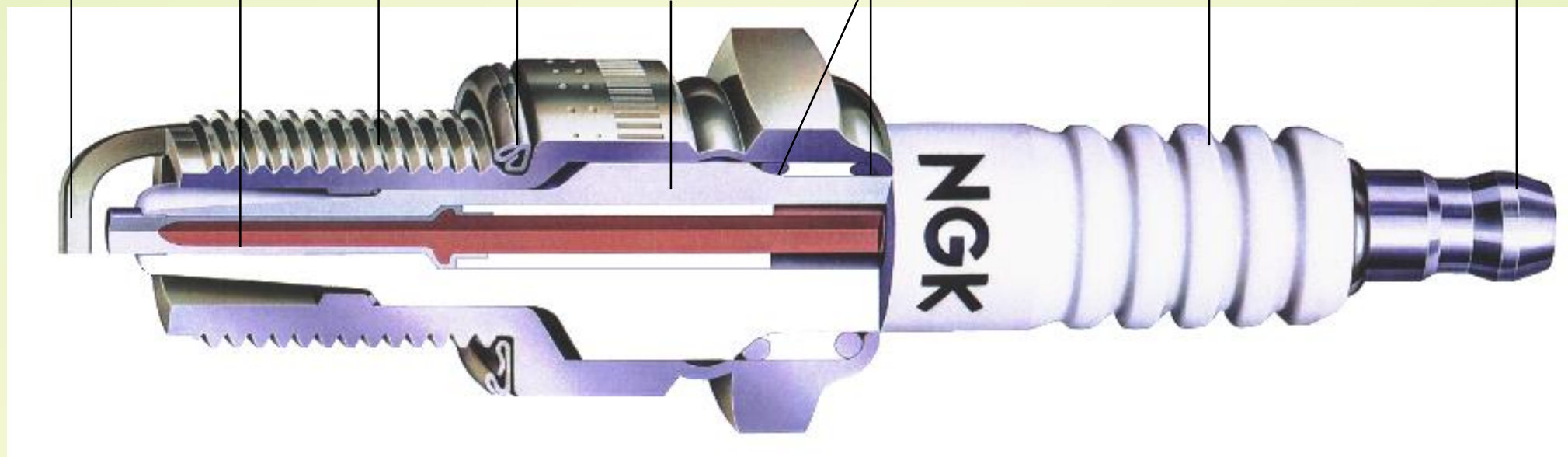
Brtveni prsten

Brtve

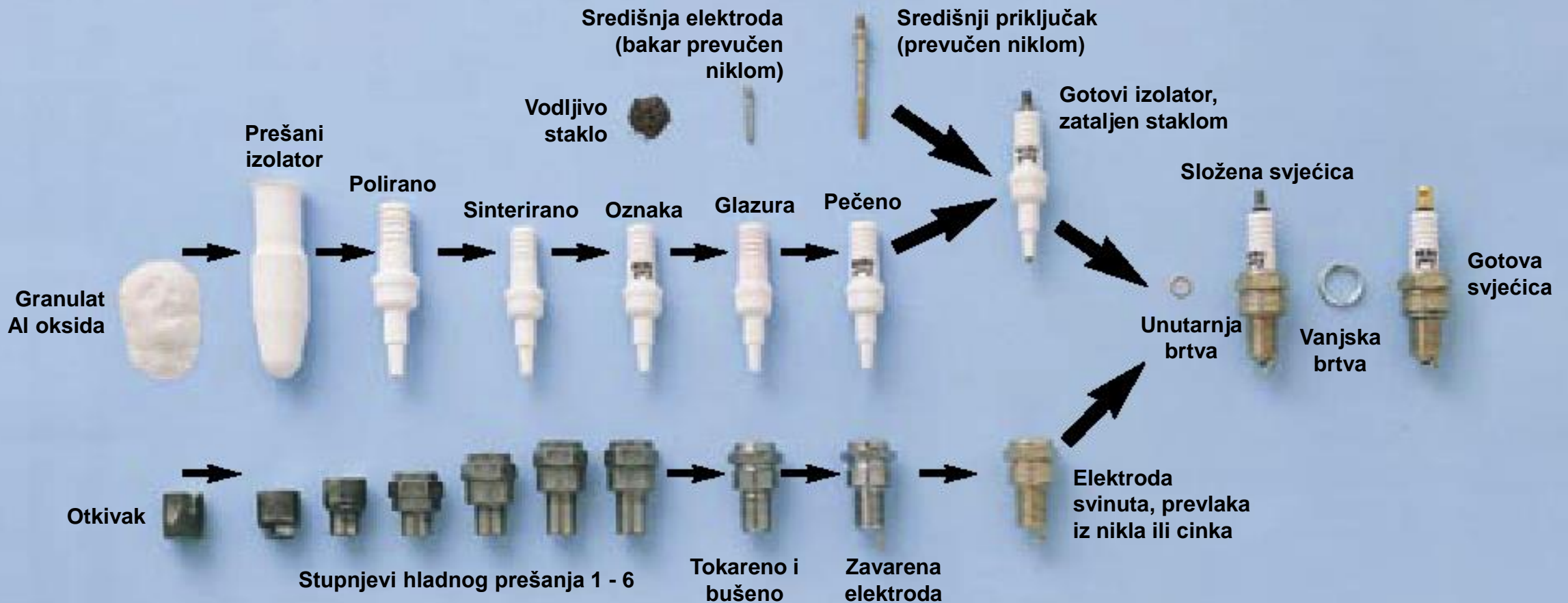
Barijere protiv  
propuštanja struje

Navoj

Izolator

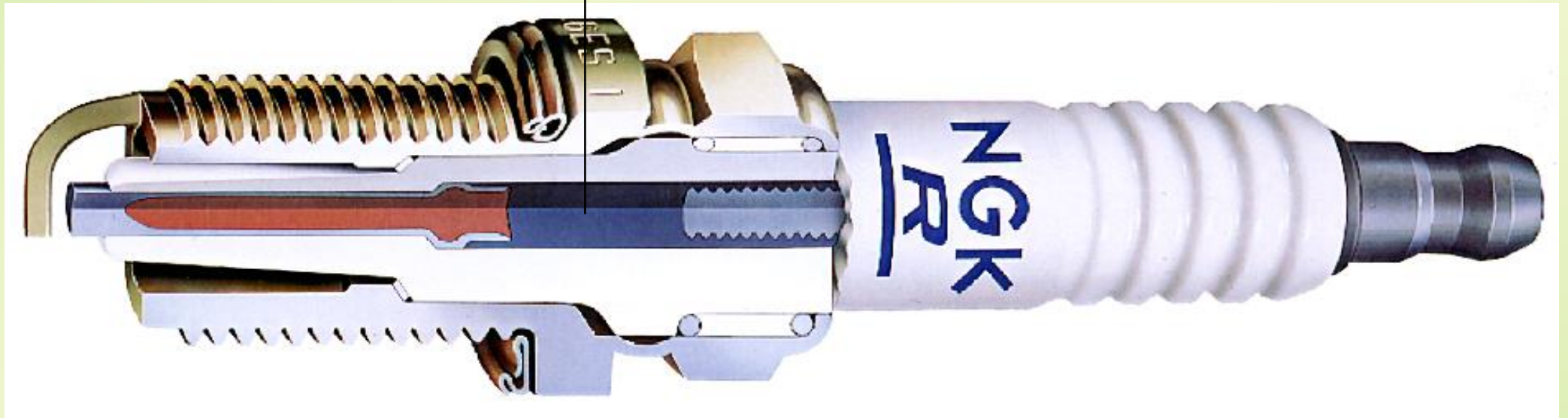


# Postupak izrade svjećica



# Svjećica s otpornikom

Talina od vodljivoga stakla



Talina od vodljivoga stakla služi kao brtvilo i kao otpornik (oko 5 k $\Omega$ ) za smanjenje elektromagnetskih smetnji. Mjerenje toga otpora uobičajenim instrumentima je nepouzdana zbog niskog napona koji instrument koristi.



**Standardna svjećica**



**Konusno sjedište za brtvljenje**



**Svjećica s 2 elektrode mase**



**Svjećica s 3 elektrode mase**

## **IZVEDBE SVJEĆICA**



**Elektroda iz platine**



**Projektirani zazor**



**Navoj M12  
Ključ 16.0 mm**



**Kompaktna izvedba**



**Navoj M12**



**Navoj M10**



**Navoj M8**



**Svjećica za utrke**

**Elektroda iz  
platine**



**Svjećica za  
Wankel motore**



**Svjećica za  
utrke**



**Svjećica za  
utrke**





**Standardna  
svjećica**



**Izvedba VX**



**Izvedba V-Line**



## **Izvedba VX (Elektroda iz platine)**



**U ekstremnim uvjetima rada omogućuje pouzdano paljenje i produženi životni vijek**

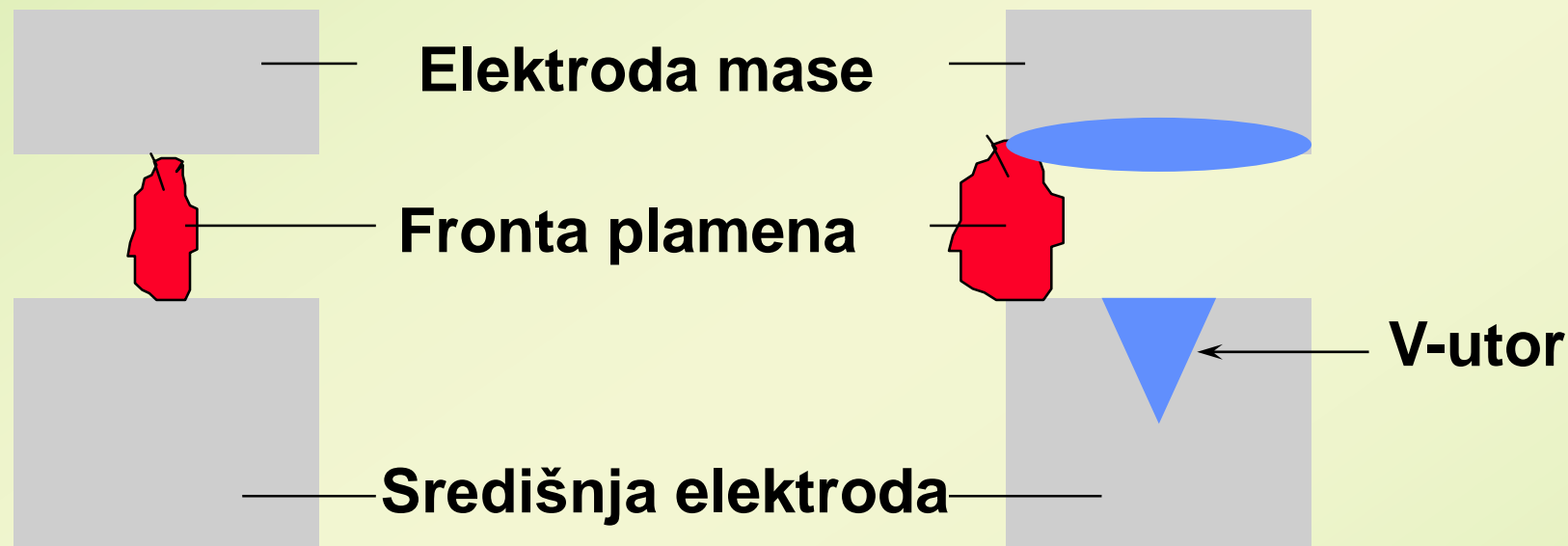
**Svjećica s elektrodom iz platine ima sljedeće prednosti:**

**Platina (plemeniti metal) omogućuje izvedbu vrlo tankog kraja elektrode. To smanjuje potrebni napon za proboj iskre i povećava pouzdanost paljenja.**

**Zbog pogodnog oblika elektrode poboljšana je pristup gorivoj smjesi, a time je povećana stabilnost upaljivanja.**

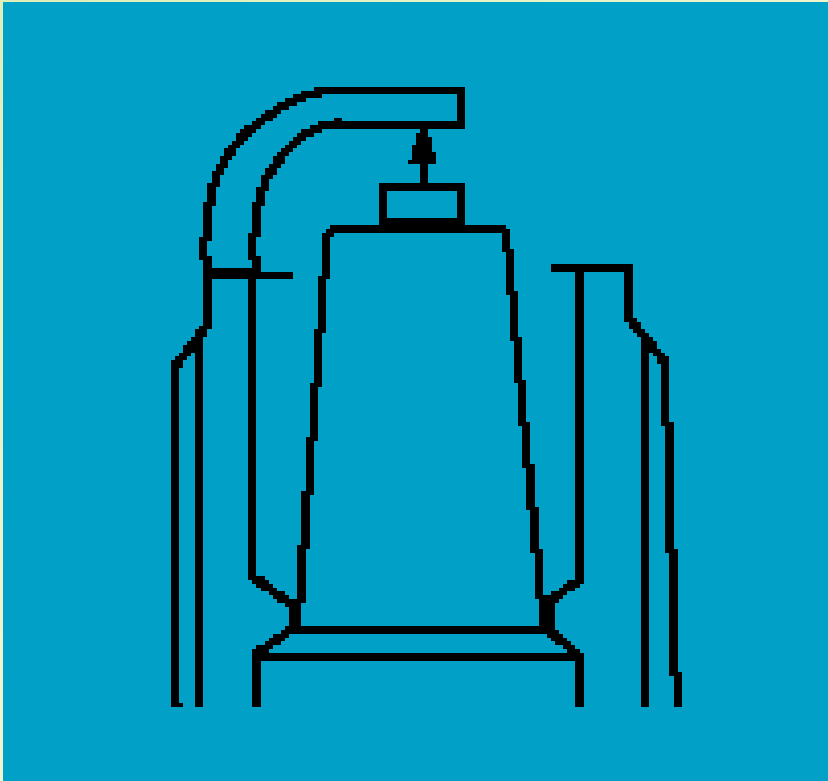
**Elektroda iz platine ima veliki otpor protiv erozije i visokih temperatura, tako da je njena potrošnja zanemariva. Zbog toga se od takve svjećice može očekivati barem dvostruki životni vijek.**

# Princip izvedbe V-Line

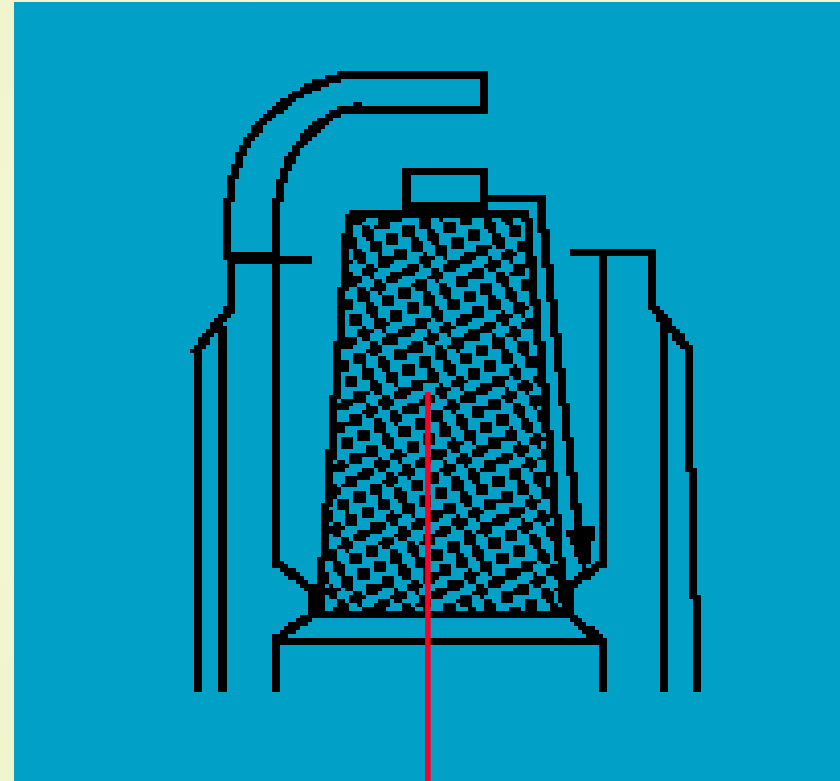


**Kod elektrode s V-utorom do iskrenja dolazi na vanjskom rubu elektrode, bliže gorivoj smjesi. Time je omogućen dobar pristup smjese i stabilnije upaljivanje sa sigurnijim širenjem plamena.**

# Glavni problem

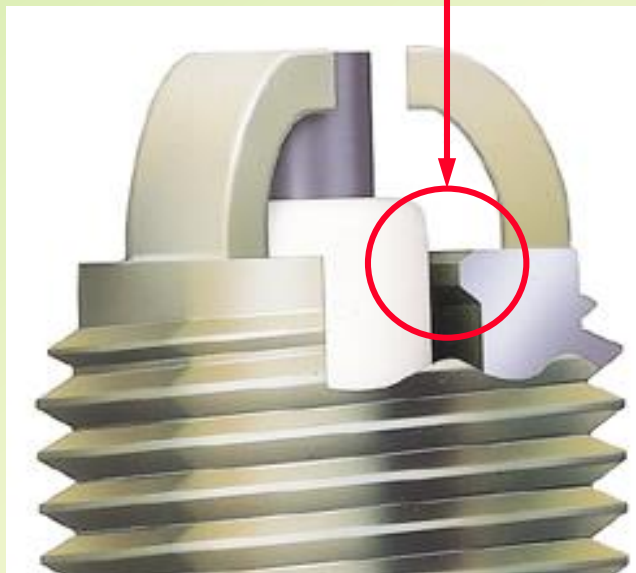


Normalna iskra



Vodljive naslage omogućuju električni most te zbog toga ne dolazi do preskoka iskre

**Dodatni procjep  
za iskru**

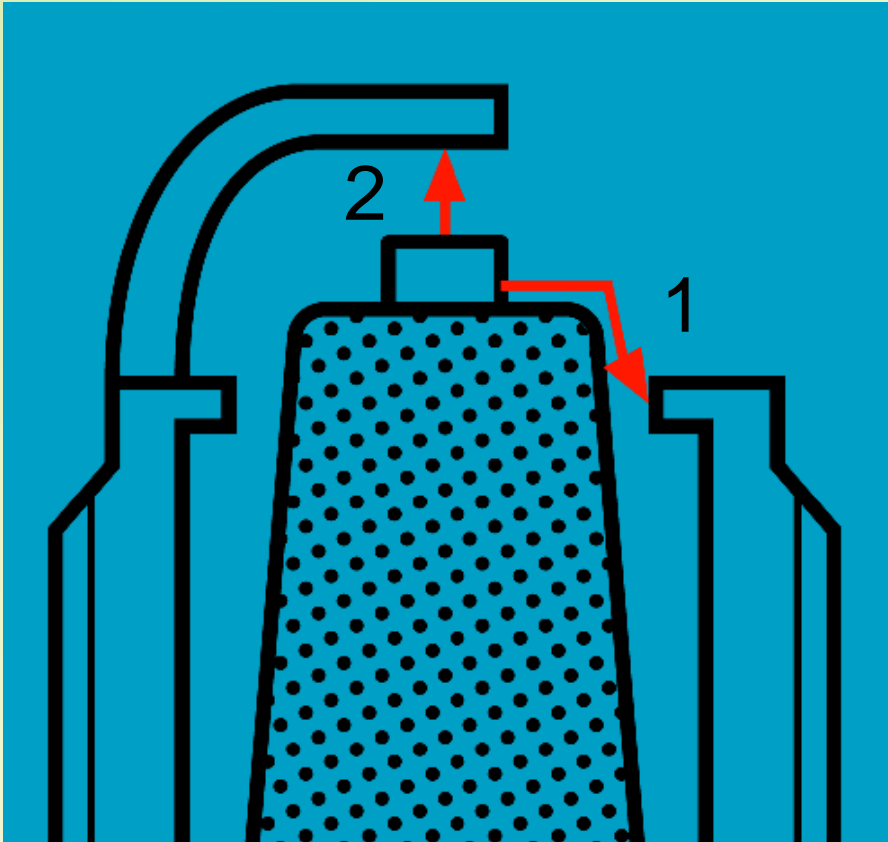


**Svjećice sa  
smanjenim  
zazorom**



**Sadašnje izvdebe svjećica da se spriječi taloženje  
naslaga čađe**

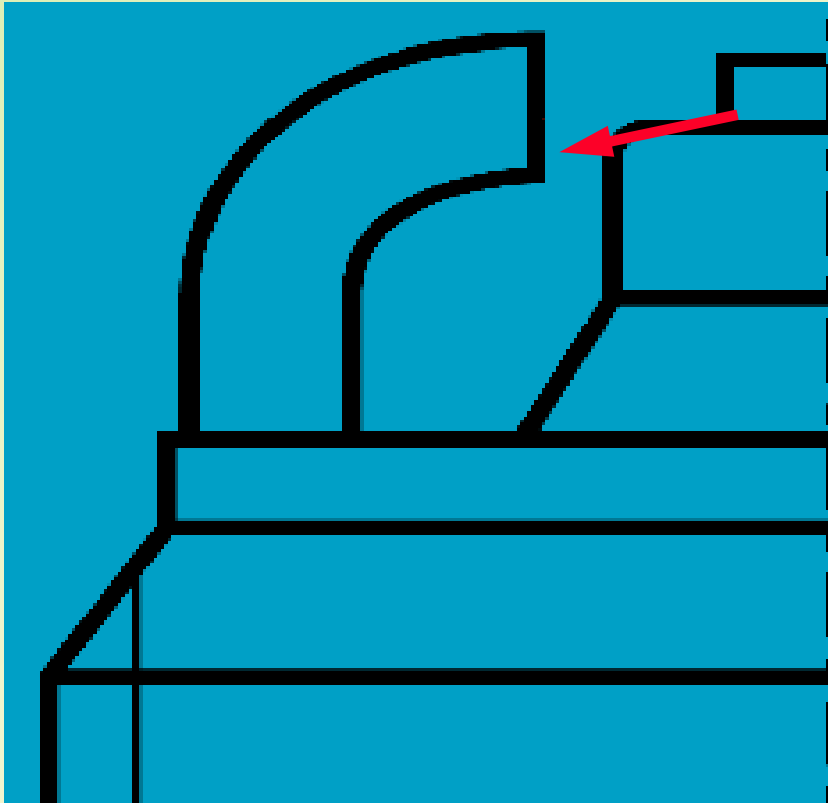
# Dodatni raspor za iskru



Kod svjećica s dodatnim rasporom za iskru struja će se usmjeravati na jake naslage čađe na vrhu izolatora. Kako je površina izolatora blizu metala mase (1), doći će na tom mjestu do preskoka iskre. Doći će do upaljivanja gorive smjese i njenog izgaranja.

Nakon što svjećica dosegne svoju temperaturu čišćenja (tj. izgaranja čađe), ponovno će dolaziti do normalnog preskoka iskre na elektrodi svjećice (2).

# Upaljivanje na površini izolatora

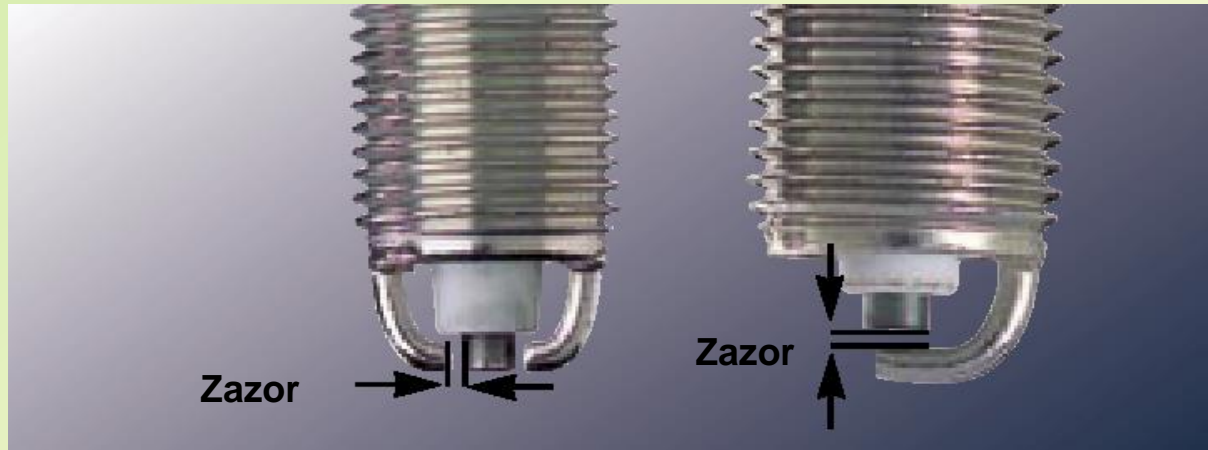


Princip površinskog upaljivanja se temelji na ideji da se iskra protegne duž površine kraja izolatora i spali moguće naslage čađe koje se tu nađu.

Samo nakon tog čišćenja će iskra skretati na više prema elektrodi mase i oslobađati punu energiju za upaljivanje gorive smjese.



# Zazor elektroda svjeće



Zazor elektroda mora biti namješten na određenu vrijednost po preporuci proizvođača motora. Danas je općenito prihvaćen zazor od 0.8 mm.

Suviše mali zazor neće dati iskru dovoljne energije, te će dolaziti do nepotpunog izgaranja.

Veliki zazor daje veću energiju iskre, ali iziskuje znatno veći napon paljenja.



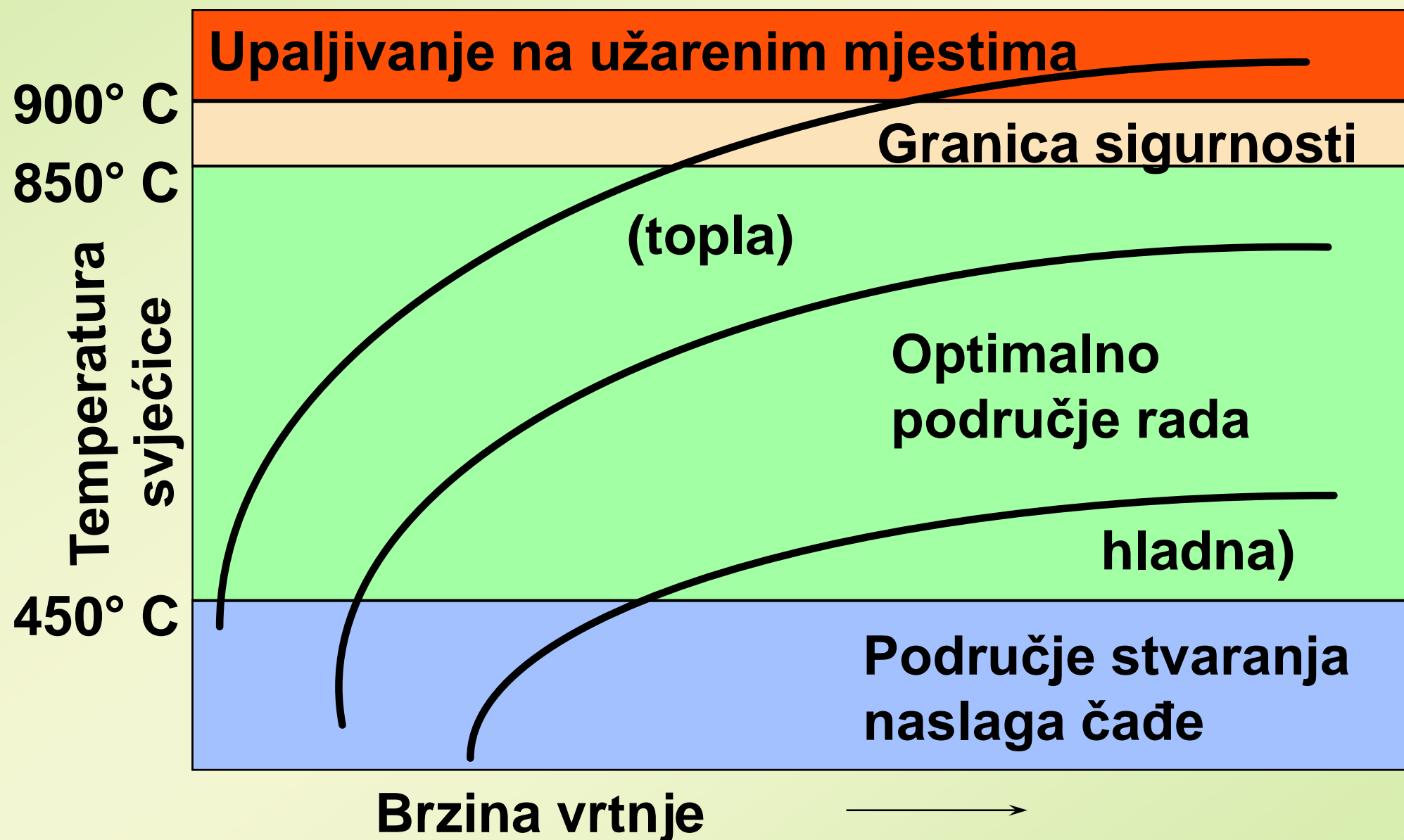
Svjeće za starije motore

Svjeće za novije motore

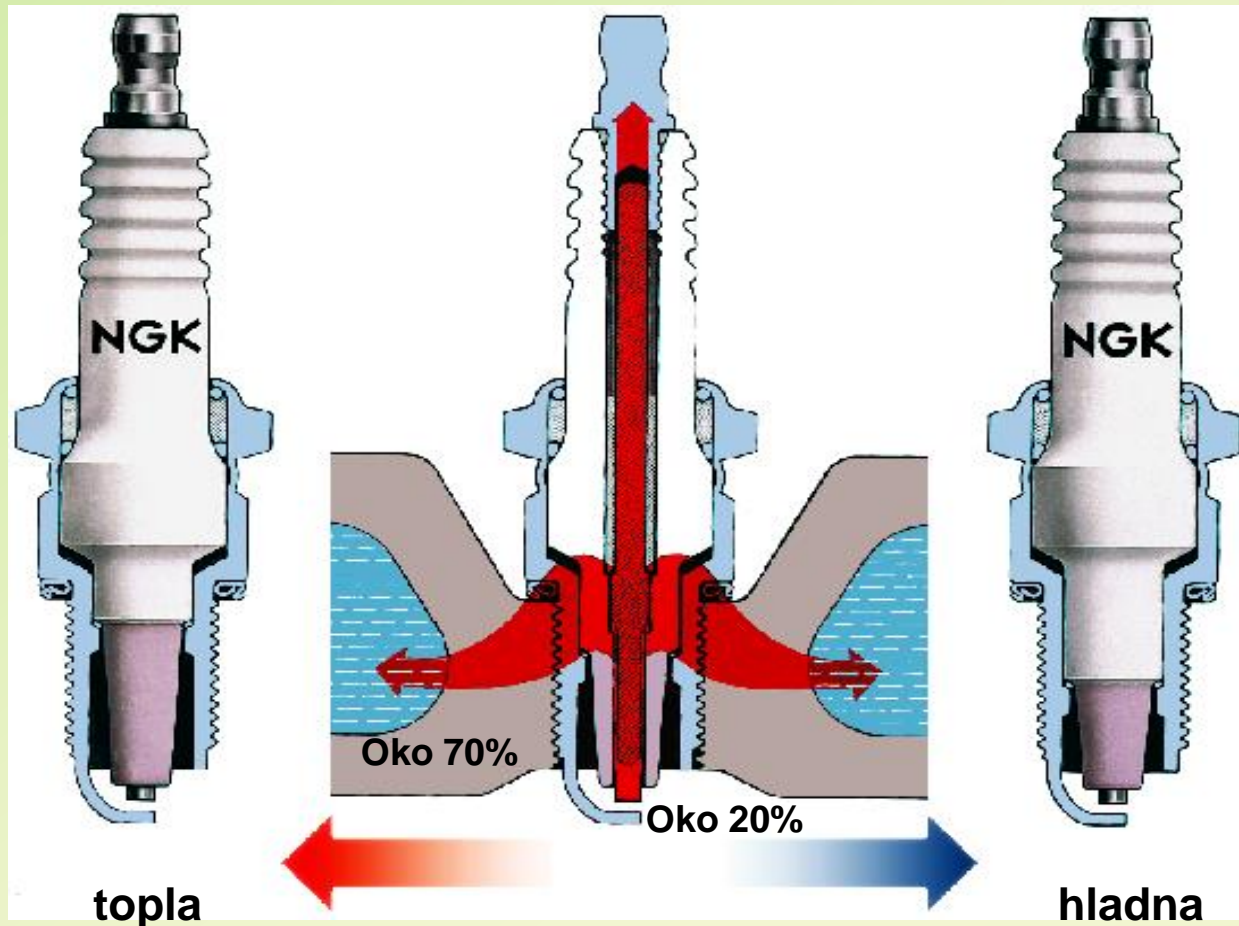
# Postupak ispitivanja svjeće

- Mjerenje temperature
- Test ranijeg i kasnijeg paljenja
- Potrebni napon za paljenje
- Raspoloživi napon za paljenje
- Ispitivanje upaljivanja
- Stabilnost praznoga hoda motora
- Test stvaranja naslaga čađe

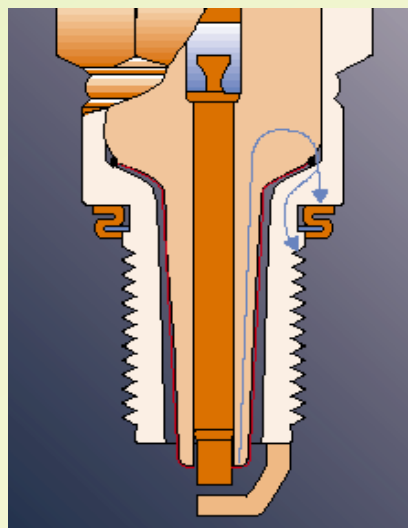
# Temperaturno područje rada svjeće



# Hlađenje svjećice

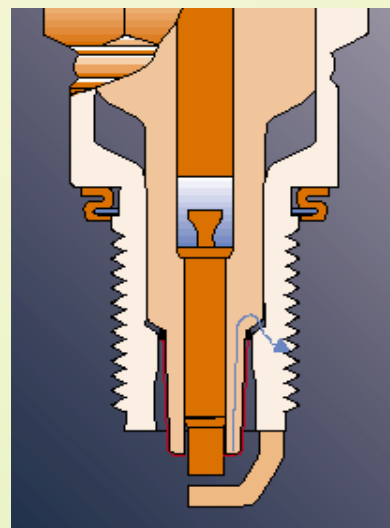


Toplinsko područje svjećice određuje sposobnost svjećice da odvodi toplinu dovedenu na svjećicu. Oko 70% dovedene topline na svjećicu predaje se preko navoja i brtvenog prstena na cilindarsku glavu. Veći otpor provođenju topline uzrokuje višu radnu temperaturu svjećice. Manji otpor provođenju daje nižu temperaturu svjećice.



Duži put provođenja topline, veći otpor i viša temperaturna razlika

Kraći put provođenja topline, manji otpor i niža temperaturna razlika



# Normalni izgled svjeće



**Sivo – bijela mala  
naslaga na izolatoru**

# Visokonaponsko pražnjenje u obliku korone



Normalne smeđaste naslage na izolatoru zbog električno nabijenih čestica ulja. Nema indikacija nepravilnoga rada ili propuštanja.

# Preskok iskre



**Preskok napona (kratki spoj)  
po vanjskoj površini  
izolatora zbog vlage ili  
vodljivih naslaga**

# Naslage na svjećici



**Naslage na izolatoru i elektrodama nastaju od aditiva u ulju ili gorivu. One se mogu užariti i biti izvor paljenja mimo električne iskre.**

# Lom izolatora



**Keramika izolatora može puknuti zbog mehaničkih uzroka (instalacija, u transportu, udarci) ili zbog naglih termičkih opterećenja (termošok)**

# Oštećenja svjećica

**Glaziranje izolatora svjećice nastaje kod previsokih temperatura. Tada dolazi do taljenja naslaga nakupljenih na izolatoru i do stvaranja glazure na površini izolatora. Stvorena glazura ima manji električni otpor od samoga izolatora**



**Taljenje središnje elektrode svjećice nastaje kod previsokih temperatura kod premale toplinske vrijednosti ili kod nedovoljno pritegnute svjećice, kao i kod prerano namještenoga paljenja.**

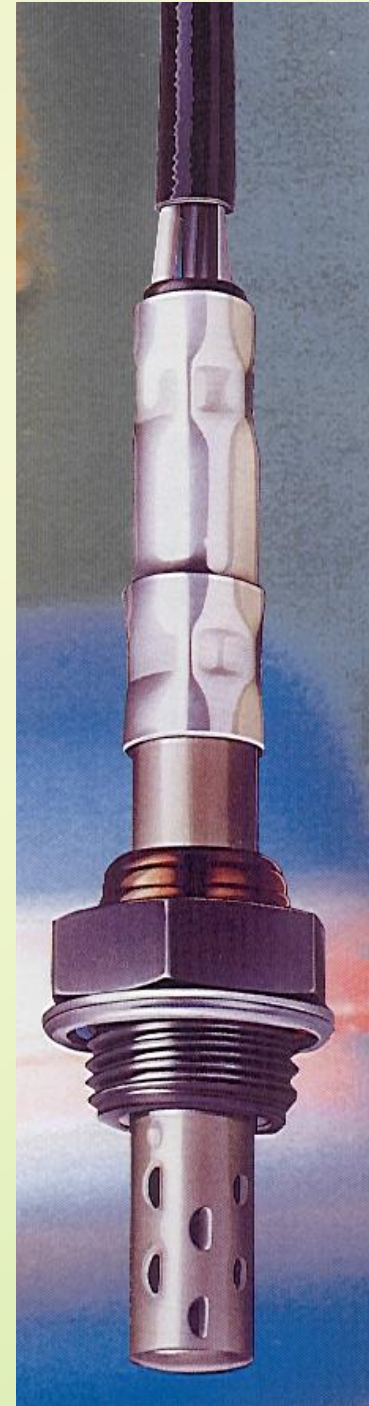


# Taljenje



**Taljenje elektroda je prouzročeno detonacijskim izgaranjem ili preranim upaljivanjem na užarenim mjestima**

# Lambda sonde



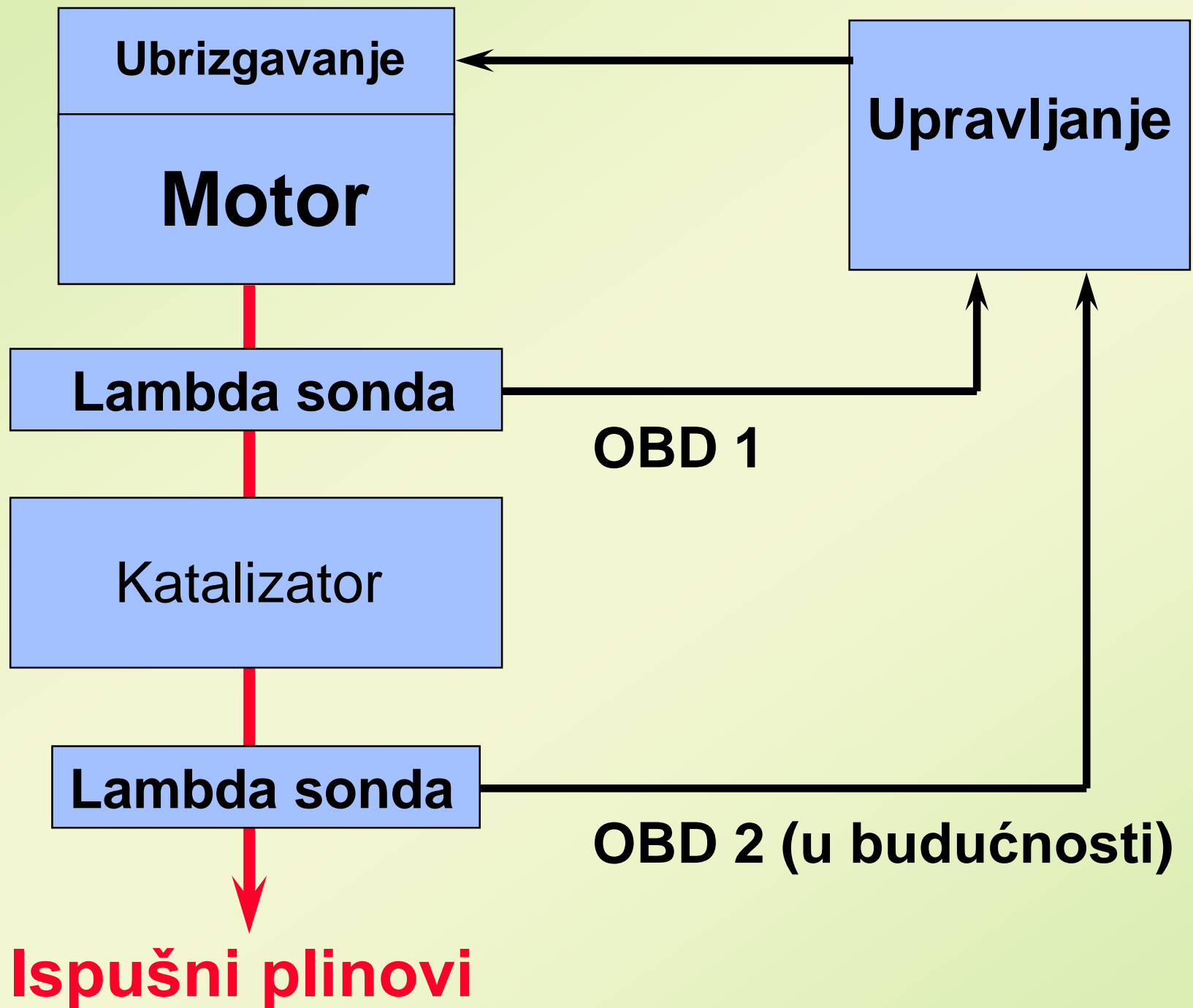
# Lambda sonda

Kod sadašnjih katlizatora trostrukog djelovanja lambda sonda su najbolji način regulacije stehiometrijske gorive smjese. Ona je nezamjenjivi dio mjernog i regulacijskog lanca za nalizu sastava ispušnih plinova.

**Namjena:** Omogućavanje da motori udovolje propisima o zaštiti okoliša

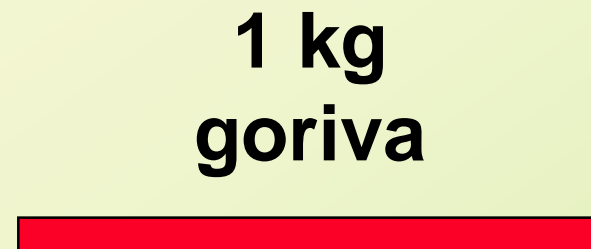
**Cilj:** Mjerenje preostalog kisika u ispušnim plinovima Ottovog motora

**Mjesto ugradnje:** U ispušnom sistemu ispred ili iza katalizatora



# Goriva smjesa

Za potpuno izgaranje goriva potrebna je stehiometrijska masa zraka u sljedećem omjeru :



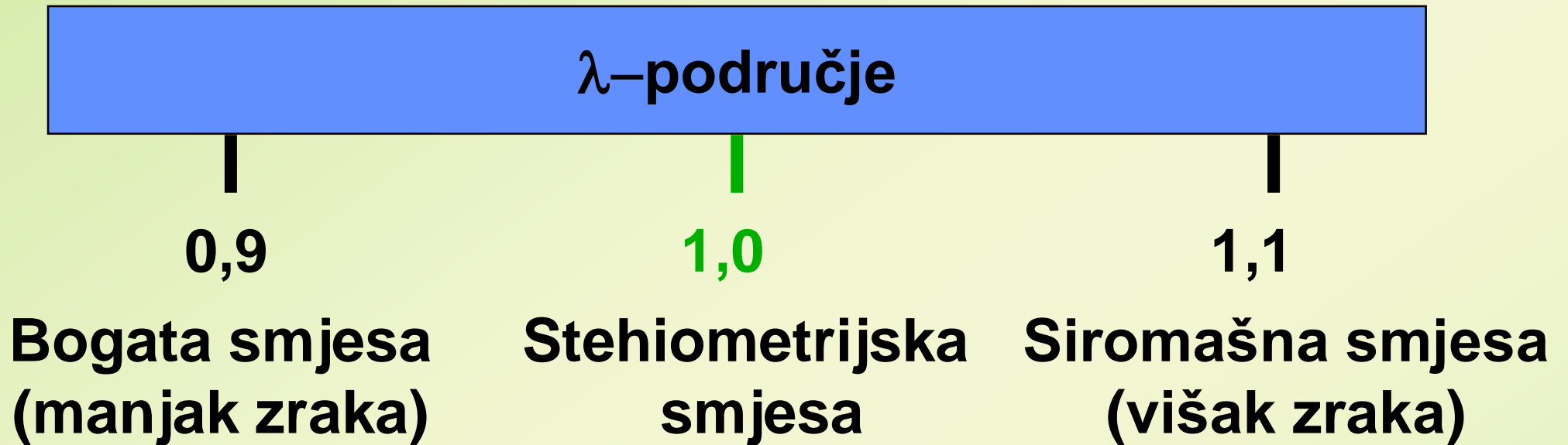
U slučaju većih odstupanja od ovoga omjera gorivu smjesu nećemo moći upaliti.

# Pretičak zraka

Omjer dovedene mase zraka i stehiometrijske mase zraka za izgaranje nazivamo pretičkom zraka i označavamo ga grčkim slovom lambda ( $\lambda$ ).

Odovuda dolazi i naziv Lambda senzor.

$$\lambda = \frac{\text{Dovedena masa zraka}}{\text{Stehiometrijska masa zraka}}$$



Ottovi motori normalno rade pri stehiometrijskoj smjesi  $\lambda = 1$ , da bi postigli optimalno izgaranje.

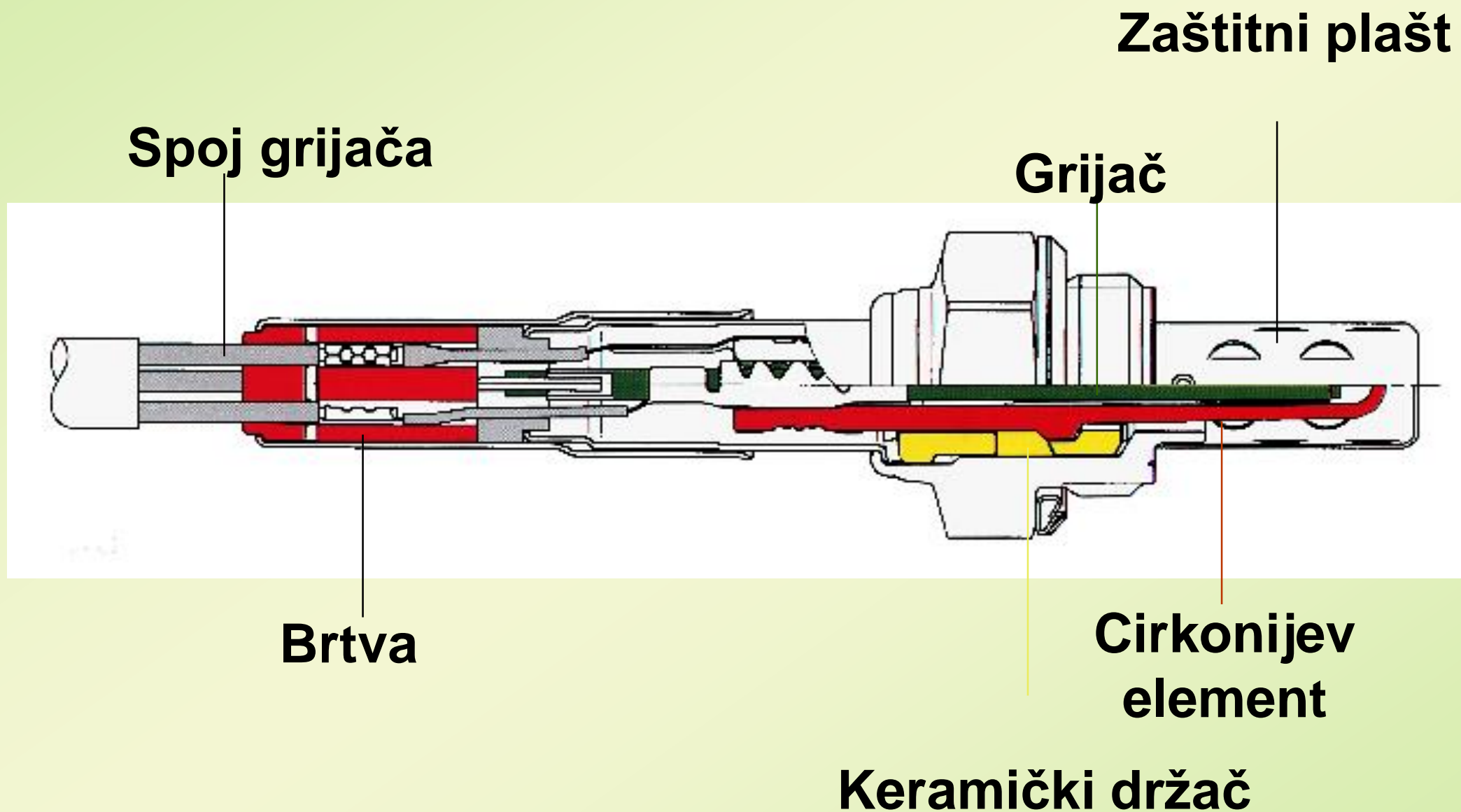
To im omogućuje lambda sonda (ili točnije osjetnik kisika) mjerenjem preostalog kisika u ispušnim plinovima. Izmjerenu vrijednost lambda sonda šalje upravljačkoj jedinici.

# **Senzor s cirkonijevim dioksidom**

- daje naponski signal**
- iziskuje definirani referentni zrak**
- ne iziskuje preveliki rad reglacije**



# Izvedba



# Zaštitni plašt

**Štiti sondu od:**

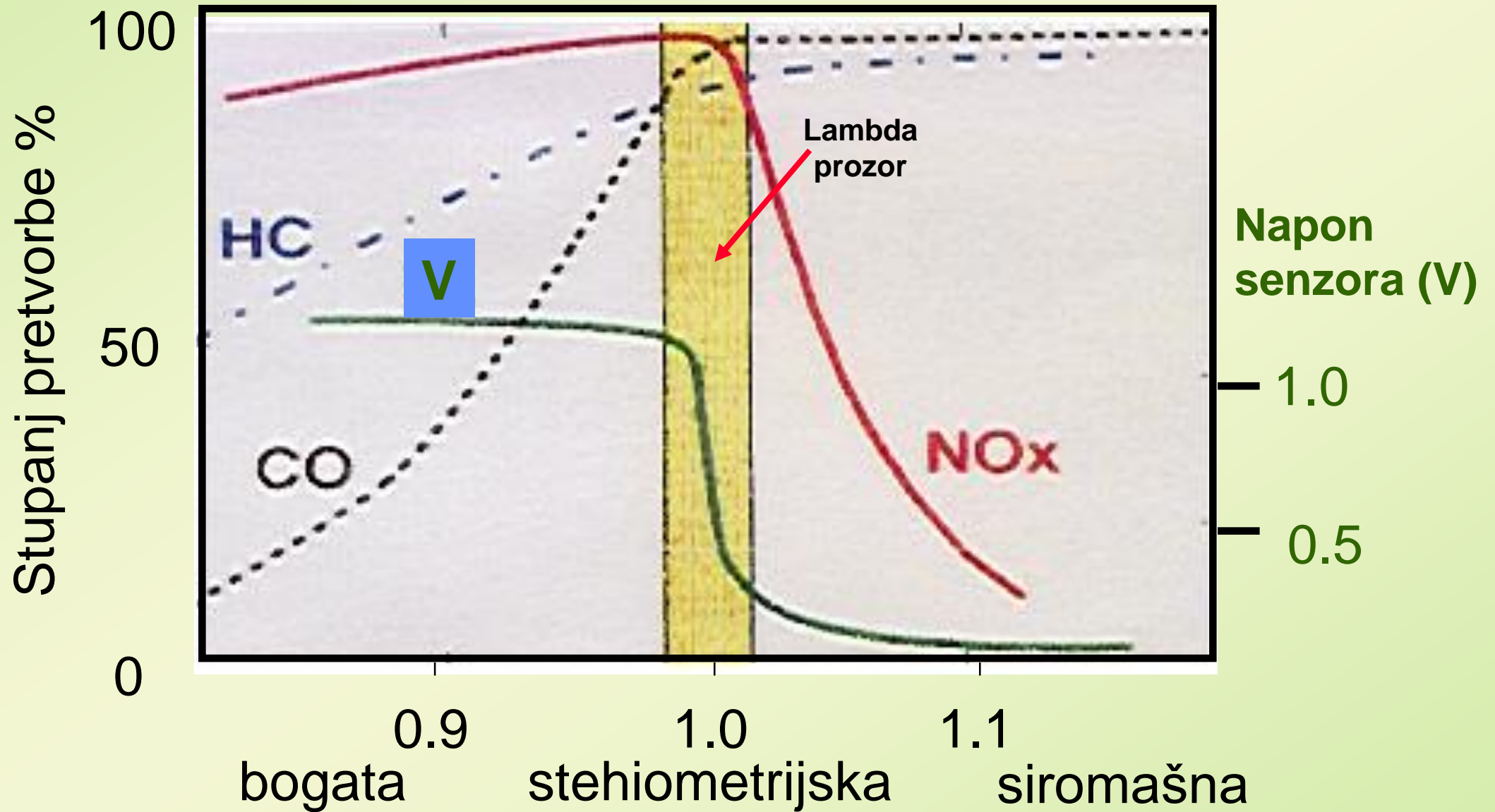
- Oštećenja
- Vlage
- Termičkog šoka



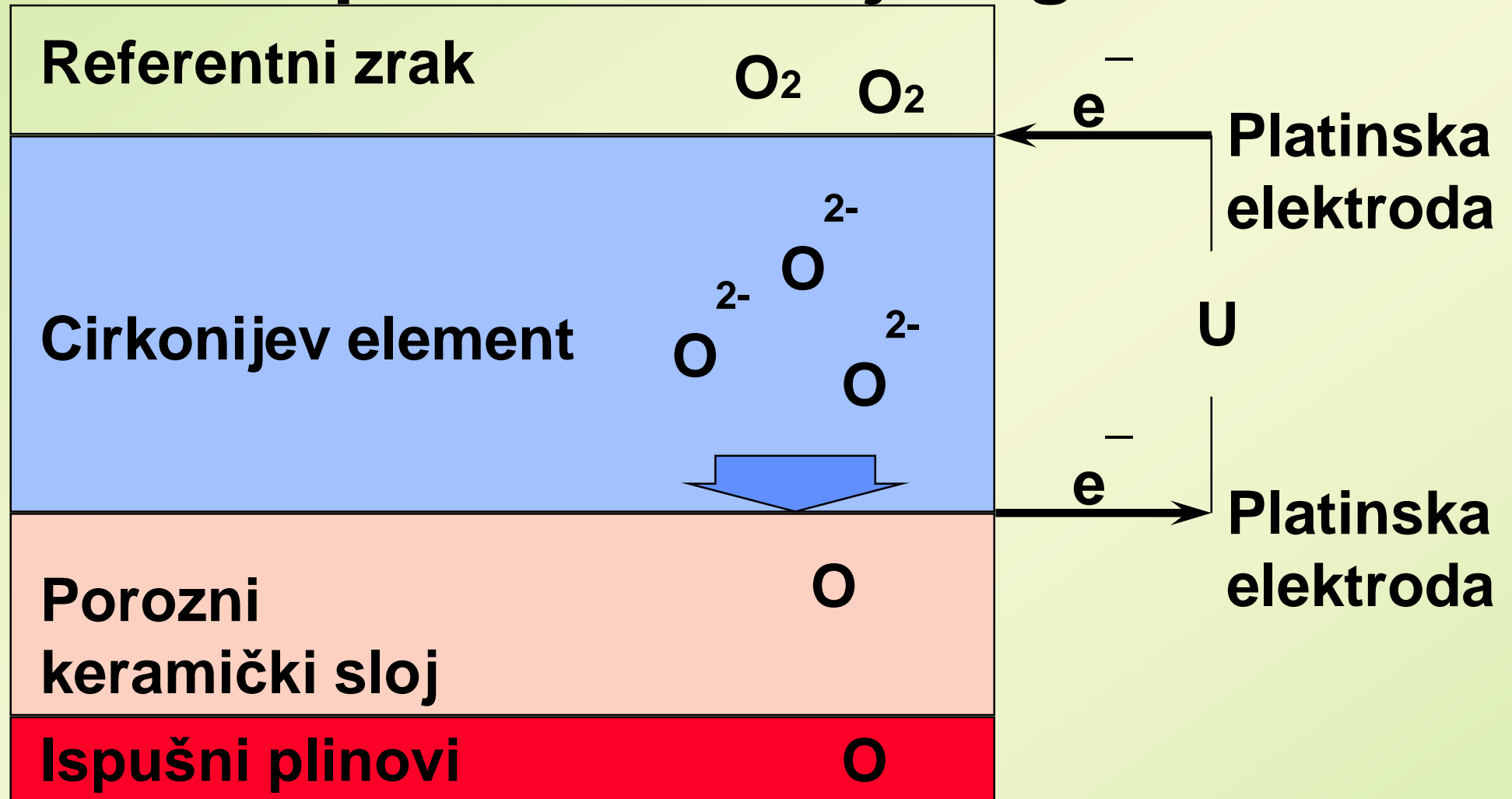
# Cirkonijev element



# Lambda prozor



# Princip rada cirkonijevog senzora



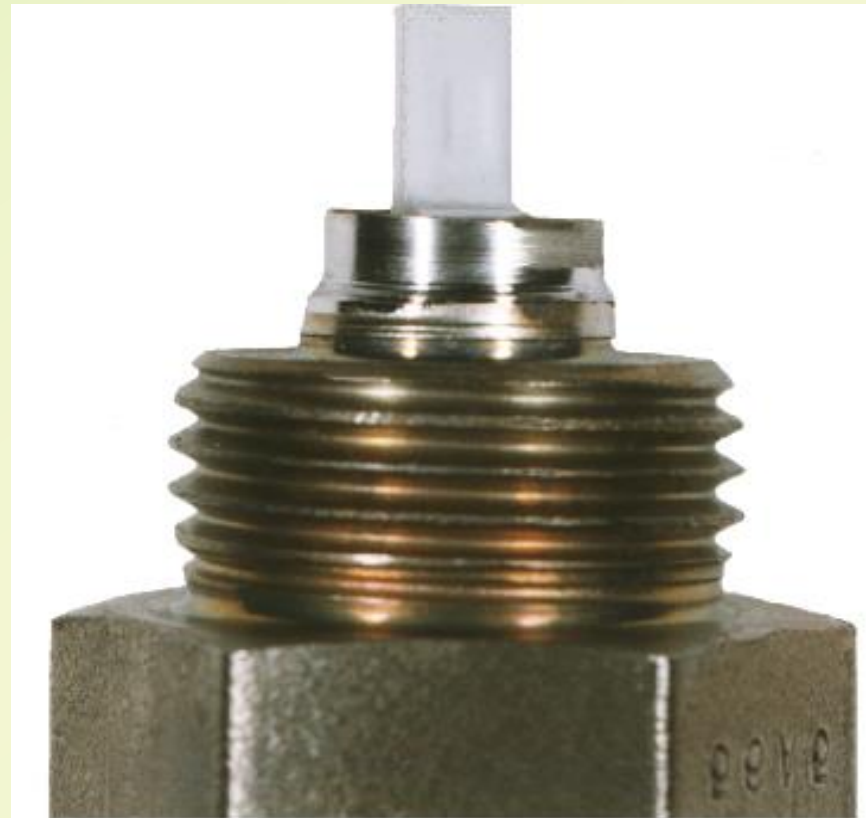
Prolaskom iona kisika kroz cirkonijev element dolazi do transporta elektrona. To nam daje pad napona  $U$  proporcionalno sadržaju kisika.

# **Senzor s titanovim dioksidom**

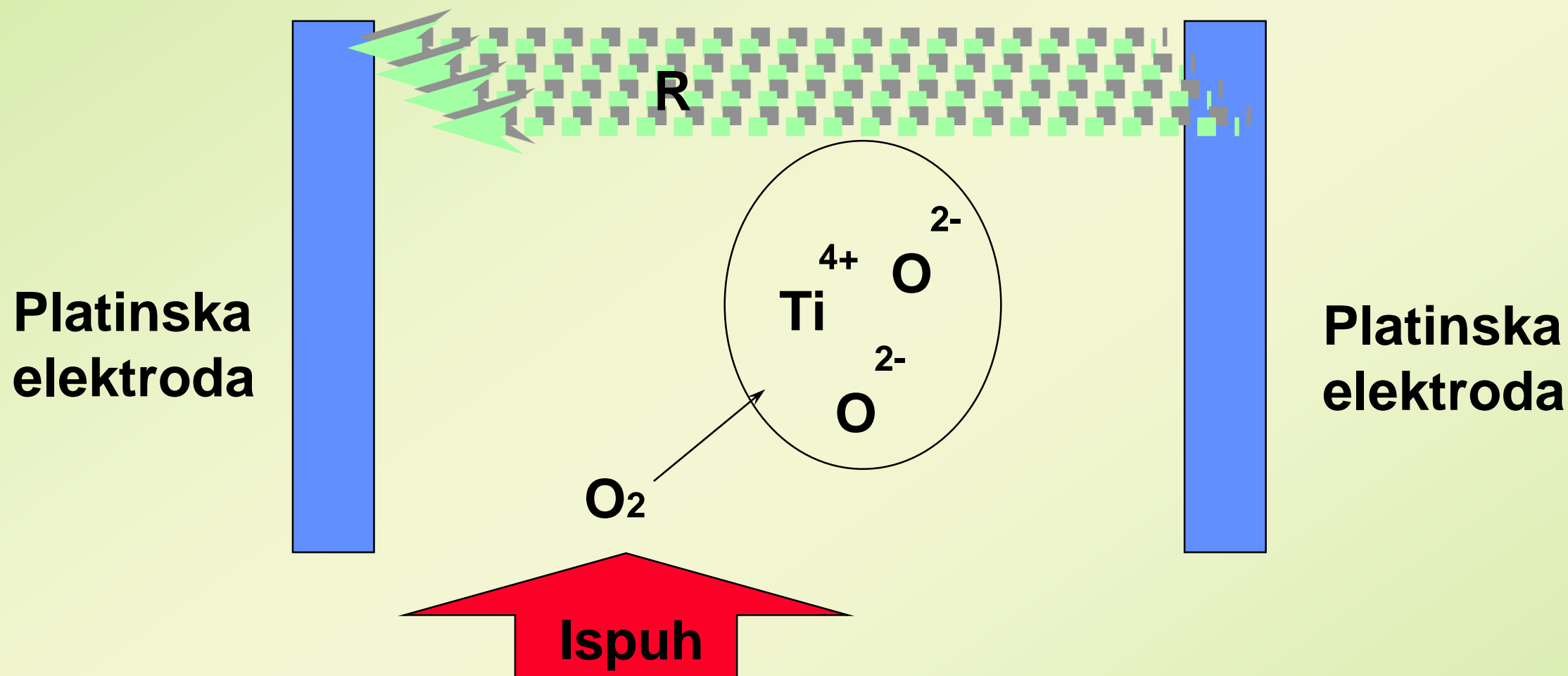
- promjena otpora proporcionalno sadržaju kisika**
- kompaktniji su od cirkonijevih senzora**
- kraće je vrijeme odziva (reakcije) na promjene**



# Planarni element



# Princip rada titanovog senzora



Otpor R između elektroda se smanjuje kod ispušnih plinova bogate smjese jer više iona slobodnog kisika iz titanovog elementa reagira s ispušnim plinovima

# Ispitivanje

## **Grijač:**

**Isključiti paljenje; izvući priključak**

**Provjeriti otpor na elementu između dva bijela (cirkonijev element) ili crvenog i bijelog kabela (titanov element).**

**Otpor mora biti veći od 30 Ohm, ako nije potrebno je zamijeniti sondu.**

## **Element senzora:**

**Indirektno mjerenje s ispušnim plinovima pomoću izlaganja smtenji.**

**Direktno mjerenje napona senzora se ne preporučuje jer može doći do oštećenja kabela.**

# Intervali za zamjenu

Za lambda sonde nema preporuke za interval za zamjenu jer ne dolazi do trošenja u normalnom radu.

## Uzroci smetnji:

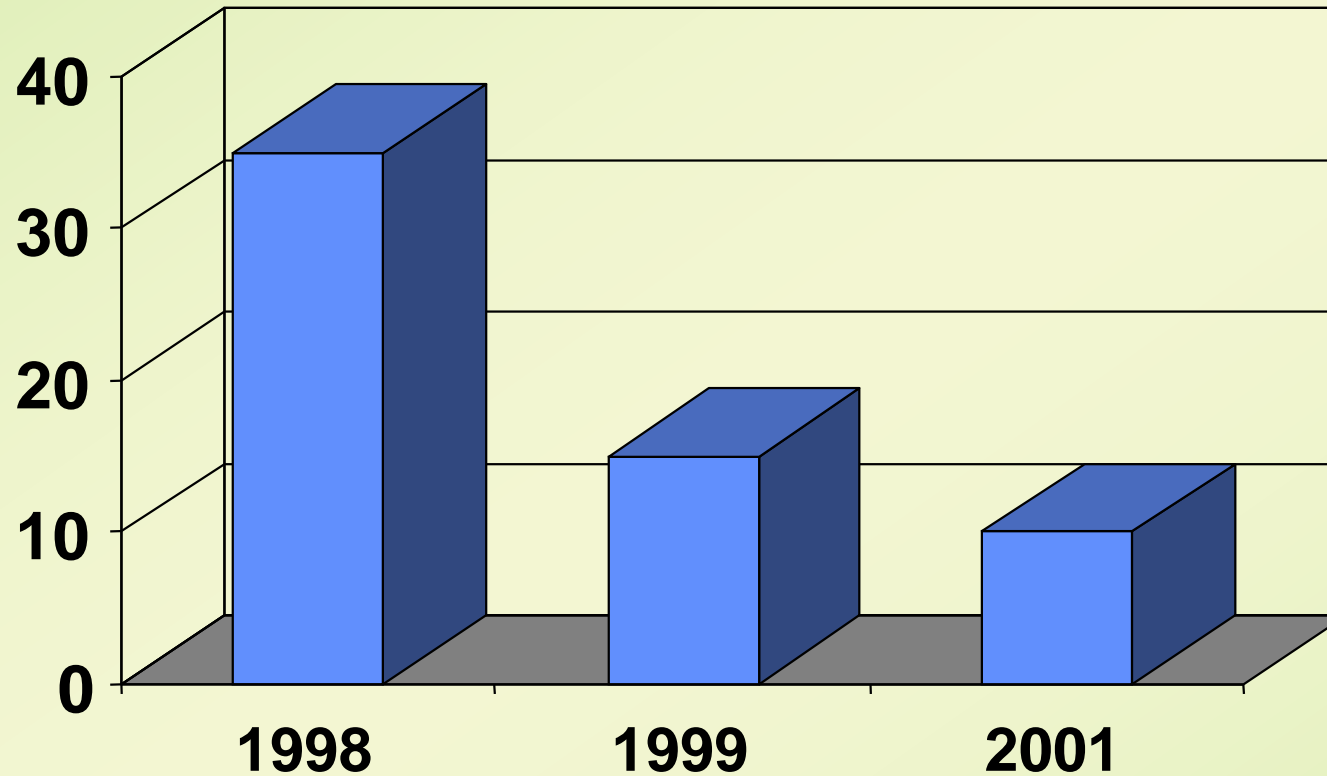
- Vibracije
- Mehaničko oštećenje
- Vlaga i prljavština
- Naslage goriva
- Olovo
- Promjena referentnoga zraka
- Kontaktna korozija

## Efekti:

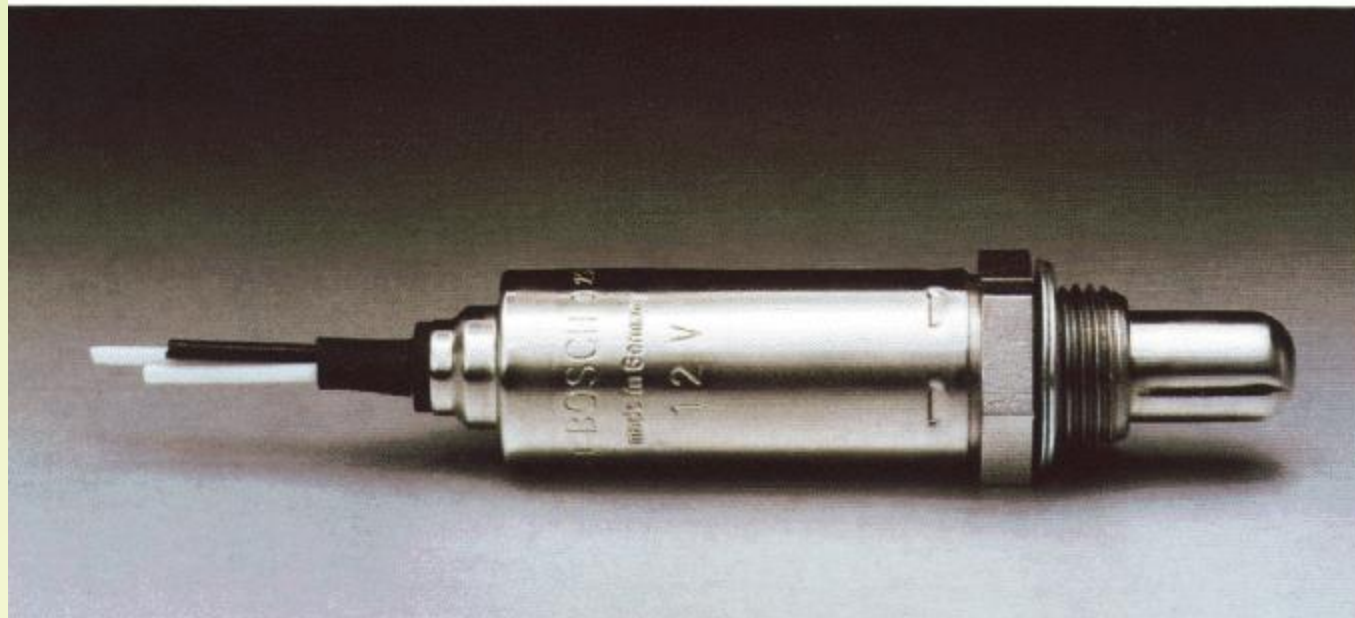
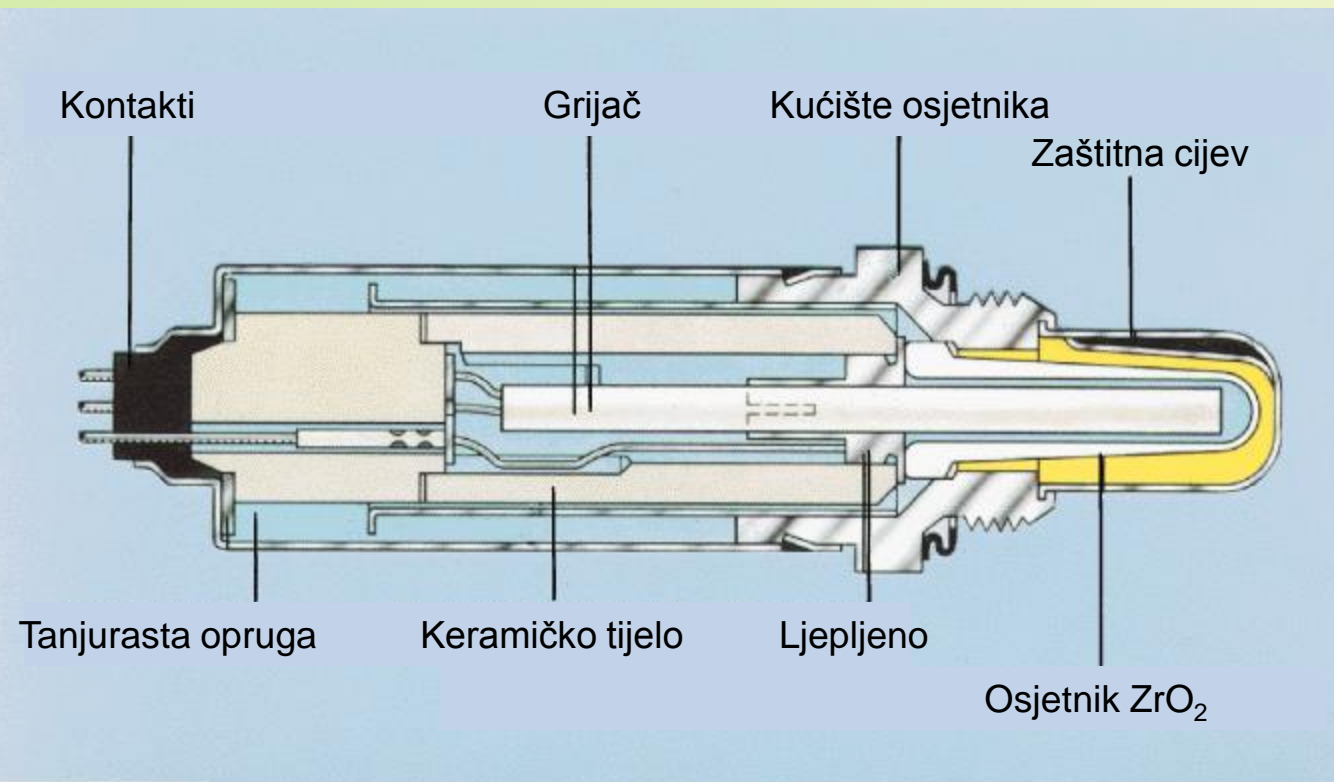
- Nepravilni rad motora
- Visoka potrošnja goriva
- Povećane emisije

Kod prosječnih radnih uvjeta očekuje se životni vijek od barem 100.000 km.

# Vrijeme spremnosti



■ Vrijeme grijanja (s) za postizanje radne temperature



Izvedba Lambda sonde

# Katalizator trostrukog djelovanja

**CO**

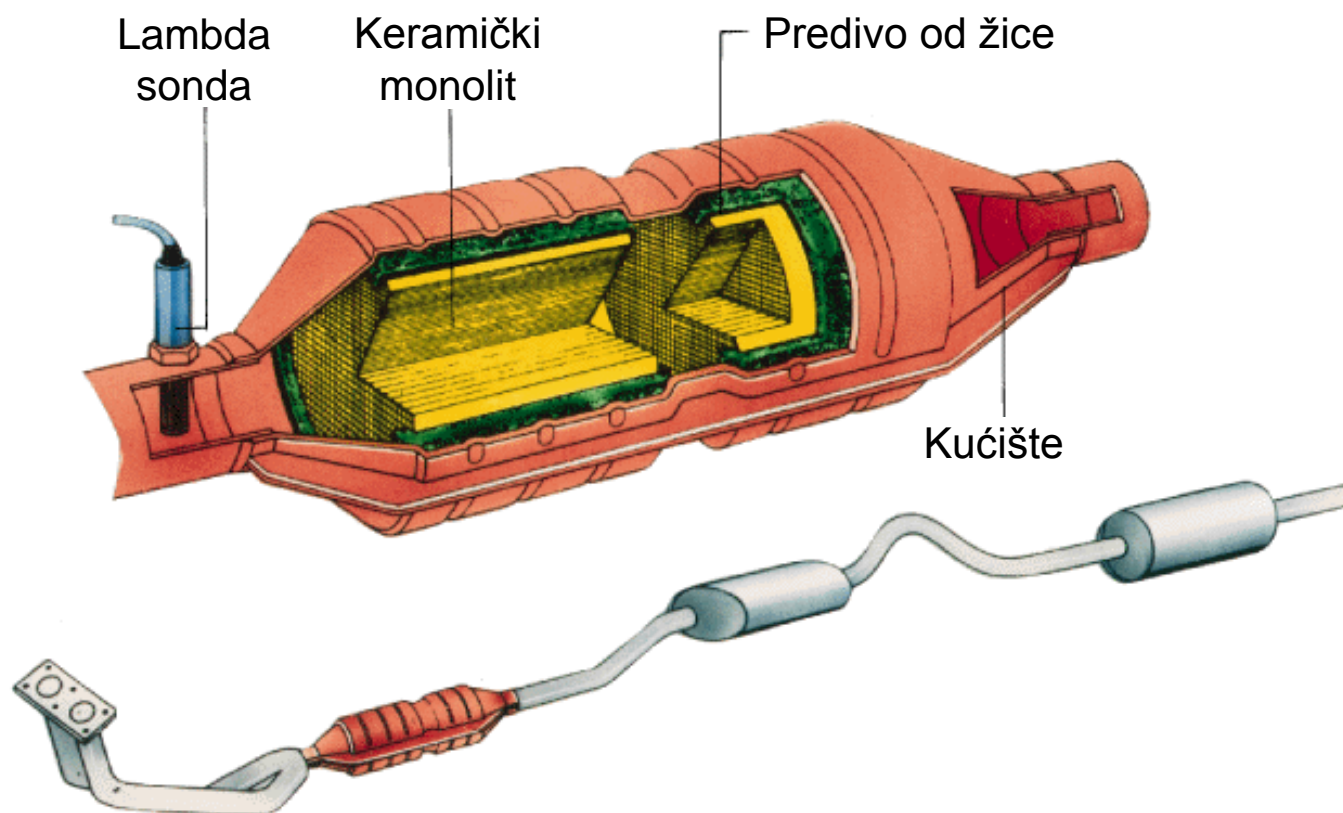
Ugljični monoksid

**HC**

Ugljikovodici

**NOx**

Dušikovi oksidi



**CO<sub>2</sub>**

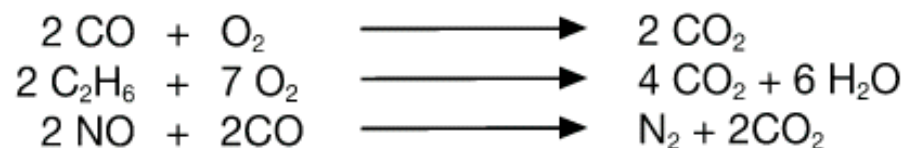
Ugljični dioksid

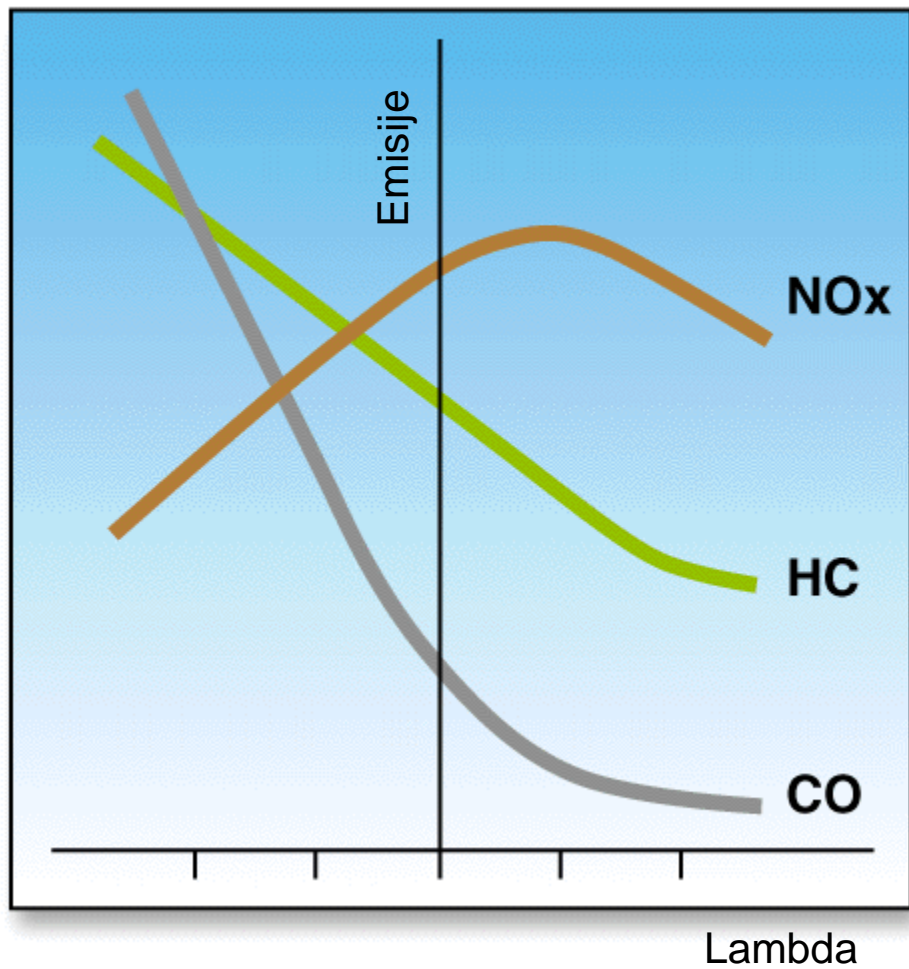
**H<sub>2</sub>O**

Vodena para

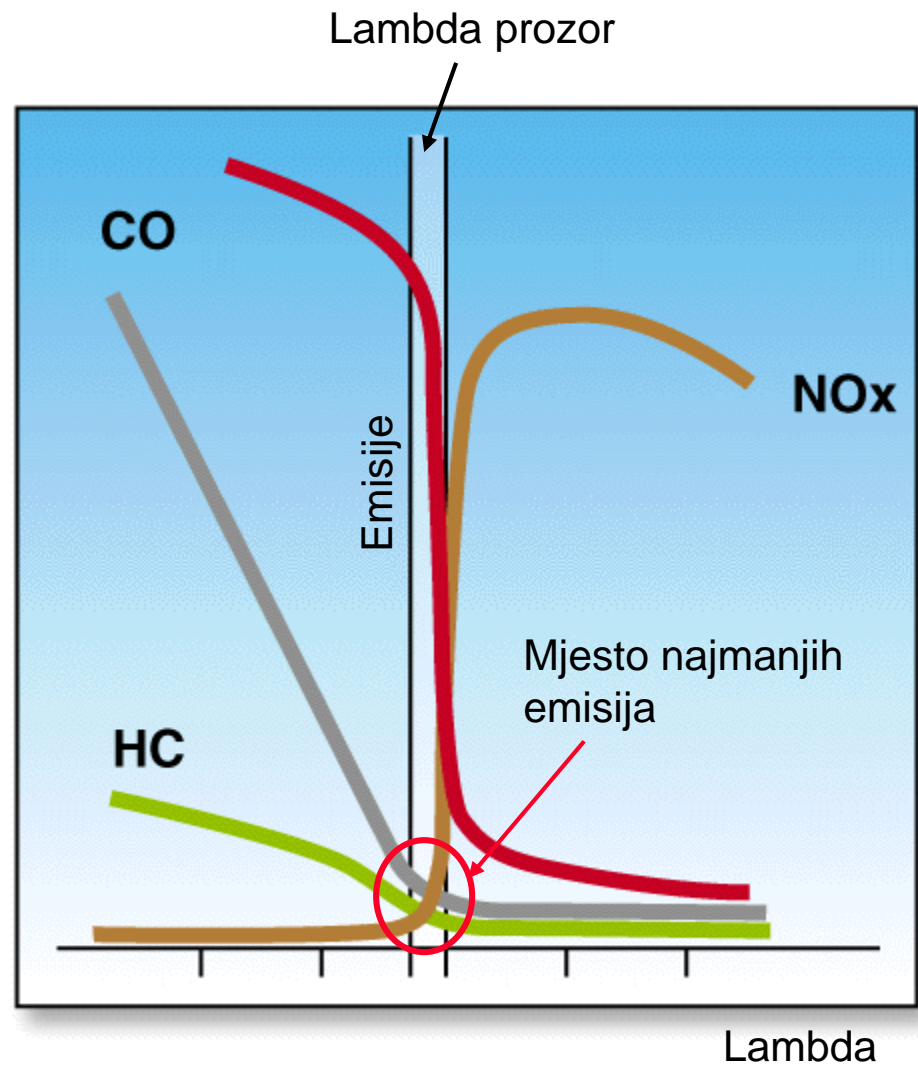
**N<sub>2</sub>**

Dušik





Emisije iz motora bez katalizatora



Emisije iz motora iza katalizatora

*Zahvaljujemo na Vašoj pozornosti*