

# Otto motori motornih vozila

---

**Vranjić, Filip**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Polytechnic of Šibenik / Veleučilište u Šibeniku**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:143:496132>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-27**

*Repository / Repozitorij:*

[VUS REPOSITORY - Repozitorij završnih radova  
Veleučilišta u Šibeniku](#)



**VELEUČILIŠTE U ŠIBENIKU**  
**PROMET**  
**PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ PROMETA**

**Filip Vranjić**  
**OTTO MOTORI MOTORNIH VOZILA**  
**Završni rad**

Šibenik, 2018.

**VELEUČILIŠTE U ŠIBENIKU**  
**PROMET**  
**PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ PROMETA**

**OTTO MOTORI MOTORNIH VOZILA**  
**Završni rad**

Kolegij: Sredstva i eksploatacija sredstava cestovnih vozila

Mentor: prof.dr.sc. Ivan Mavrin

Student: Filip Vranjić

Matični broj studenta: 1219052121

Šibenik, lipanj 2018.

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. PRINCIP RADA OTTO MOTORA .....	2
2.1. Konstrukcija i način rada četverotaktnih Otto motora.....	3
2.2. Dvotaktni Otto motori .....	7
2.2.1. Princip rada .....	7
2.2.3. Oscilacijski procesi pri izmjeni plinova (promjene tlaka) .....	11
2.2.4. Proces usisa .....	11
2.2.5. Proces ispuha i ispiranja.....	12
2.2.6. Simetričan i nesimetričan razvodni dijagram .....	12
2.2.7. Konstrukcijske osobitosti dvotaktnih motora .....	15
3. KONSTRUKCIJA OTTO MOTORA.....	20
3.1. Sustav dovoda goriva.....	20
3.1.2. Spremnik goriva.....	21
3.1.2. Plastični spremnik goriva.....	22
3.1.3. Cijevi za gorivo.....	23
3.1.4. Filter (pročistač) goriva.....	23
3.1.5. Pumpa goriva .....	23
3.1.6. Regulator tlaka goriva.....	25
3.1.7. Odzračivanje spremnika.....	25
3.1.8. Filter (pročistač) zraka .....	25
3.2. Priprema gorive smjese u otto-motorima .....	27
3.2.2. Zadatak sustava za pripremu gorive smjese .....	30
3.2.3. Omjer zraka i goriva .....	31
3.3. Rasplinjač .....	32
3.3.1. Vrste rasplinjača.....	34
3.3.2. Konstrukcija jednostavnog rasplinjača (karburatora) .....	34

3.3.3. Sklop praznog hoda s prijelaznim sklopom .....	36
4. ZAKLJUČAK .....	42
LITERATURA.....	43
POPIS SLIKA .....	44

OTTO MOTORI MOTORNIH VOZILA

FILIP VRANJIĆ

Stjepana Radića 54, 22000 Šibenik, [vranjicf@gmail.com](mailto:vranjicf@gmail.com)

Motori s unutarnjim izgaranjem strojevi su u kojima gorivo izgara neposredno unutar radnog prostora, a toplinska energija koja pritom nastaje pretvara se u mehanički rad. Motor je stroj koji pretvara neki oblik energije u mehanički rad. Radni ciklus dvotaktnog motora odvija se u jednom okretaju radilice, tj. u dva radna takta. Radni ciklus kod četverotaktnog motora odvija se samo u cilindru, i to u četiri takta (dva okretaja radilice). Zadaća sustava dovoda goriva je opskrbiti sustav za pripremu smjese dovoljnom količinom goriva pri svim režimima rada motora. Ovim radom ćemo se upoznati sa djelovima otto motora i njegovog načina rada.

(stranice 48 / slike 10 / literaturnih navoda 3 / jezik izvornika: hrvatski)

**Rad je pohranjen u:** Knjižnici Veleučilišta u Šibeniku

**Ključne riječi:** otto motor, pumpa, rasplinjač goriva, radni ciklus

**Mentor:** prof.dr.sc. Ivan Mavrin

**Rad je prihvaćen za obranu:** Da

OTTO ENGINES OF MOTOR VEHICLES

FILIP VRANJIĆ

Stjepana Radića 54, 22000 Šibenik, [vranjicf@gmail.com](mailto:vranjicf@gmail.com)

Internal combustion engines are the machines in which fuel burns immediately within operating space, and the heat energy which is arised there converses into memehanical work. Engine is a machine which converts some kind of energy into a mechanical work. Working cycle of two-stroke engine takes place in one cranckshaft i.e. in two working strokes. Four-stroke working cycle takes place only in a cylinder in four tacts. (two crankshaft turn). The function of the fuel supply system equipe engine miksture system with sufficent amount of fuel in all engine operating regimes. Through this work we are going to be introduced with otto motor's parts and their working methods.

(pages 48 / figures 10 / references 3 / original in croatian language)

**Paper deposited in:** Library of Polytechnic of Šibenik

**Keywords:** otto engines, fuel pump, fuel carburetor, working cycle

**Supervisor:** prof.dr.sc. Ivan Mavrin

**Paper accepted:** Yes

## 1. UVOD

Motori s unutarnjim izgaranjem strojevi su u kojima gorivo izgara neposredno unutar radnog prostora, a toplinska energija koja pritom nastaje pretvara se u mehanički rad. Cilj završnog rada bio je analizirati sustav za napajanje gorivom kod Otto motora.

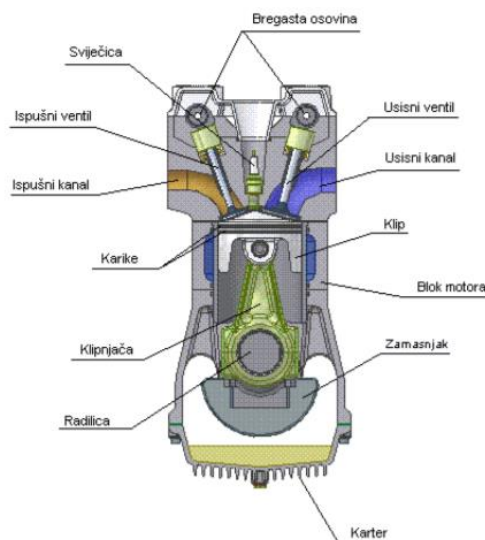
U uvodnom poglavlju najavit ću temu, te nabrojati i opisati poglavlja u kojima ću elaborirati sistem Otto motora. Drugo poglavlje odnosi se na princip rada Otto motora, a u njemu ću objasniti konstrukciju i način rada četverotaktnih i dvotaktnih Otto motora. U trećem poglavlju proučit ću i analizirati sustav dovoda goriva motora, na koji način se pripremaju gorive smjese te pisati o rasplinjaču u motorima. U zaključnom poglavlju donijet ću sintezu svih iznesenih podataka te zaključnu riječ.



## 2. PRINCIP RADA OTTO MOTORA

Motor je stroj koji pretvara neki oblik energije u mehanički rad. Toplinski motori su strojevi koji pretvaraju toplinsku energiju u mehanički rad. Ovisno o tome izgara li gorivo unutar ili izvan radnog prostora. Toplinske motore dijelimo na motore s vanjskim izgaranjem (gorivo izgara izvan radnog prostora) i unutarnjim izgaranjem. Motori s unutarnjim izgaranjem strojevi su u kojima gorivo izgara neposredno unutar radnog prostora. Toplinska energija koja pritom nastaje pretvara se u mehanički rad. Iskoristivost kemijske energije goriva u ovakvim je motorima vrlo racionalna. Nisu potrebni posrednici, npr. para, ni dodatni uređaji (kotlovi, kondenzatori).

Slika 1. Konstrukcija Otto motora



Izvor: Popović, 2004: 14

Prema stvaranju smjese i paljenju, motore smo podijelili na:

1. otto-motore — prije svega to su benzinci s vanjskim kao i unutarnjim izgaranjem i stvaranjem smjese. Paljenje smjese izvedeno je prisilno (svjećicom);
2. Dizelski motori — s unutarnjim stvaranjem smjese, a pogone se dizel—gorivom.

Prema radnim taktovima, motori mogu biti:

1. četverotaktni - imaju zatvorenu (odvojenu) izmjenu plinova, a radni ciklus odvija se unutar 4 takta (tj. dva okretaja radilice);
2. dvotaktni, rade s otvorenom izmjenom plinova, a radni ciklus odvija se u dva takta (jedan okretaj radilice)

Prema smještaju cilindara razlikujemo:

1. redne (R),
2. V-blok motore,
3. bokser motore (posebna izvedba V-bloka s  $\alpha = 180^\circ$ ).
4. VR-motore.

Prema gibanju klipova:

1. motori s potisnim klipovima (Ottlovi i Diesellovi),
2. motori s rotacijskim klipovima (Wankellovi).

Prema hlađenju:

1. tekućinom hlađeni motori,
2. zrakom hlađeni motori,

## **2.1. Konstrukcija i način rada četverotaktnih Otto motora**

Četverotaktni Ottov motor ima četiri osnovna dijela i dodatne sustave:

1. kućište motora - karter (uljno korito), blok motora, glava, poklopac glave i brtva;
2. klipni mehanizam - klipovi, klipnjače i radilica (koljenasto vratilo);
3. razvodni mehanizam – ventili, opruge, klackalice, podizači ventila, bregasto vratilo, remeni ili lančani prijenos;
4. sustav za stvaranje smjese, spremnik, pumpa, filter (pročistač) goriva, usisna cijev, sustav ubrizgavanja;
5. pomoćni sustavi - sustav za paljenje, podmazivanje, hlađenje, ispušni sustav.

Krajnje točke gibanja klipa nazivaju se mrtvim točkama. Kako je uobičajeno da cilindri stoje okomito, razlikujemo donju (DMT) i gornju (GMT) mrtvu točku. Takt je hod klipa od jedne do druge mrtve točke. Kod četverotaktnog otto-motora radni proces odvija se unutar četiri takta, (sl. 3.):

U ta četiri takta radilica napravi dva, a bregasto vratilo (dalje: bregasta) jedan puni okretaj. Za svaki okretaj radilice klip napravi dva hoda od jedne do druge mrtve točke.

Bitno je uočiti razliku pojmova takti proces:

1. takt kompresije počinje u DMT-u i završava s GMT-om, a proces kompresije počinje zatvaranjem usisnih ventila i završava paljenjem goriva;
2. u radnom taktu odvijaju se: paljenje, izgaranje, ekspanzija i ispuh. Paljenje počinje već u taktu kompresije;
3. takt ispuha kraći je od procesa ispuha;
4. takt usisa kraći je od procesa usisa.

Osobitosti Ottova motora:

1. pogonsko gorivo je lakohlapljivo (benzini, alkoholi, plinovi );
2. stlačivanje smjese goriva (od toga odstupaju GDI u štednom režimu);
3. prisilno paljenje (vanjskim izvorom energije, iskrom);
4. izgaranje pri  $v = \text{const.}$  glavno obilježje otto-motora je izgaranje pri konstantnom volumenu: izgaranje se odvija oko GMT-a kad klip ima malu brzinu gibanja, pa se može reći da je promjena volumena izgaranja zanemariva;
5. promjena snage promjenom količine smjese (leptirom gasa u usisnoj grani), odnosno promjenom koeficijenta punjenja cilindra. Količina smjese mijenja se promjenom položaja prigušne zaklopke.

Punjenje cilindra predstavlja masu plinova (smjesa goriva i zraka) koja je tijekom procesa usisa ušla u cilindar. Zbog otpora strujanju zraka u usisnoj grani, zagrijavanja smjese na vrelim stijenkama cilindra i klipa, te zaostalih plinova izgaranja, u cilindre ulazi manje

svježe smjese nego što bi odgovaralo zapremnini cilindra. Što je punjenje cilindra bolje, to je snaga motora veća.

Povećanje punjenja — vremena otvorenosti usisnih ventila mogu se produžiti sa 180 stupnjeva (takt) do 315 stupnjeva zakreta radilice, što daje prekrivanje ventila i do 135 stupnjeva.

Prekrivanje ventila u prijelaznoj fazi takta ispuha u takt usisa istodobno su otvoreni usisni i ispušni ventili. Usisni ventili otvaraju prije GMT, jer u cilindrima vlada mali podtlak, zbog velike brzine istrujavanja ispušnih plinova preko ispušnih ventila, te sve manje brzine klipa koji usporava približavajući se GMT—u. To znači da se usis i ispuh usporedno odvijaju, bez štetnog međudjelovanja. Ispušni ventili trebaju se zatvoriti prije nego što bi svježa smjesa počela strujati preko njih.

Isto tako, zahvaljujući velikoj tromosti zbog velike brzine plinova oko usisnog ventila (do 100 m/s « 360 km/h), usisni ventili mogu se zatvoriti nakon DMT-a, kad klip svojim kretanjem prema GMT-u već počinje stlačivati smjesu. Iako je klip već u kretanju prema GMT-u, plinovi još uvijek velikom brzinom ustrujavaju u cilindar, povisujući punjenje cilindra.

Usprkos svim poduzetim mjerama, punjenje cilindra kod motora bez nabijanja ne prelazi 80 %.

Koeficijent punjenja cilindra  $\lambda$  je omjer volumena usisane smjese i volumena cilindra, odnosno omjera mase usisane smjese i teorijski mogućeg punjenja cilindra u [kg].

Punjenje cilindra može se povećati manjim otporima strujanja svježih plinova i nižom temperaturom u cilindrima. To se postiže:

1. pravilnom konstrukcijom i izradom usisne grane,
2. dobro odmjerenim prekrivanjem ventila,
3. povoljno odabranim oblikom izgarnog prostora.
4. velikim presjecima usisnih otvora.
5. viševentilskom tehnikom,
6. dobrim hlađenjem,
7. čistim filtrom zraka.

Punjenje cilindara pogoršava se:

1. većim otporima leptira gasa,
2. kraćim vremenima otvaranja ventila pri višem broju okretaja,
3. manjim tlakom okoline (na svakih 100 mm pada snaga za približno 1 %).

Izgarni prostor omeđen je stijenkama cilindra, glave i čela klipa. Kako se klip nalazi u gibanju, to je veličina ovog prostora promjenljiva: najveći je kad se klip nalazi u DMT-u.

Najveći izgarni prostor je ukupni volumen cilindra  $V_k$ .

Kompresijski volumen  $V_k$  najmanji je izgarni prostor (klip je u GMT-ul).

Radni volumen  $V$  je volumen kojeg prekriva klip svojim hodom, tj. zapremnina između mrtvih točaka. Omjer ukupnoga i kompresijskog volumena iskazan je stupnjem kompresije  $\epsilon$ , (sl. 4.). Stupanj kompresije veoma je važan za termičku korisnost procesa, odnosno konačnu snagu motora i utrošak goriva.

Što je  $\epsilon$  viši, to je veća i korisnost, jer se povisuju krajnje temperature i tlakovi u procesu izgaranja zbog:

1. boljeg čišćenja manjeg kompresijskog prostora od zaostalih produkata izgaranja.
2. više temperature i tlaka na kraju kompresije, te potpunijeg izgaranja,
3. veće ekspanzije plinova izgaranja i, zbog toga, niže temperature ispuha (i manjeg gubitka energije kroz ispušni sustav).

S višim stupnjem kompresije povisuju se tlak i temperatura smjese na kraju kompresije, a time i mogućnost pojave detonacije, odnosno samopaljenja goriva., Stoga su gorivo i opterećenje motora ograničavajući čimbenici u odabiru stupnja kompresije. Kod motora s nabijanjem stupanj kompresije je niži, jer zrak u cilindre već ulazi s predtlakom.

Boyle-Mariotteov zakon

Gibanjem klipa od jedne mrtve točke do druge, u cilindru se mijenjaju tlak i temperatura. Već u 17. st. otkrili su fizičari Boyle<sup>1</sup> i Mariotte da se pri konstantnoj temperaturi volumen i tlak odnose obrnuto proporcionalno. Npr., smanji li se volumen 8 puta, toliko se poveća tlak.

Umnožak tlaka i volumena je nepromjenljiv ( $p \cdot V = \text{const}$ ).

Francuski fizičar J. A. Charles otkrio je da je kod stalnog tlaka volumen plina izravno proporcionalan apsolutnim temperaturama, npr. zagrije li se određeni volumen plina za 1 K (1 0C) poveća mu se volumen za 273. dio početnog volumena. Zagrije li se plin za 273 K, volumen se udvostruči.

Ako se spriječi širenje volumena, npr. pri kompresiji, tlak se povisuje. Hlađenjem plinova na stijenkama cilindra, konačni tlak je nešto niži.

## **2.2. Dvotaktni Otto motori**

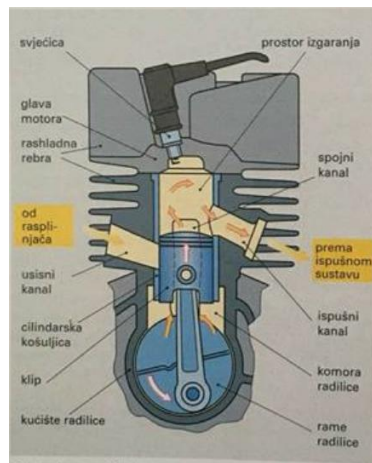
Dvotaktni Ottovi čine u biti 3 osnovna konstrukcijska sklopa i dopunski pomoćni sustavi:

1. kućište motora - glava, cilindri, kućište radilice;
2. klipni mehanizam — klip, klipnjača i radilica (koljenasto vratilo);
3. sustav za stvaranje smjese - karburator ili sustav ubrizgavanja, usisna grana;
4. pomoćni sustavi - sustav paljenja, hlađenja, podmazivanja (dozirna uljna pumpa kod podmazivanja svježim uljem), ispušni sustav.

### **2.2.1. Princip rada**

Dvotaktnom motoru nisu potrebni posebni sklopovi za izmjenu plinova (razvodni mehanizam), jer izmjenom plinova upravlja klip prekrivajući otvore u zidu cilindra (okna). Zbog toga je dvotaktni motor jednostavnije konstrukcije od četverotaktnog.

Slika 2. Konstrukcija dvotaktnog Otto motora



Izvor: Popović, 2004: 126

Radni ciklus dvotaktnog motora odvija se u jednom okretaju radilice, tj. u dva radna takta. Tijekom radnog ciklusa kod dvotaktnog motora kao i kod četverotaktnog, izmjenjuju se procesi usisa, kompresije, izgaranja i ekspanzije, te ispuha. Razlika je u tome što su ovi procesi pomaknuti i različitog trajanja.

Radni ciklus kod četverotaktnog motora odvija se samo u cilindru, i to u četiri takta (dva okretaja radilice). Da bi se radni ciklus kod dvotaktnog motora mogao smjestiti u dva takta (jedan okretaj radilice), cilindar i kućište radilice moraju uzajamno djelovati. Kako kućište radilice i cilindar s donjom stranom klipa tvore pumpu, to kućište kod dvotaktnih motora mora biti potpuno nepropusno.

Kako se za izmjenu plinova kod ovakvih motora i koristi tri vrste kanala, nazivamo ih i trokanalnim dvotaktnim motorima. Pritom nije bitan broj otvora pojedinih kanala. Trokanalni dvotaktni motor ima po jedan ulazni i ispušni kanal, te dva spojna kanala (jedan nasuprot drugog).

Ulazni kanal - spaja karburator s komorom radilice,

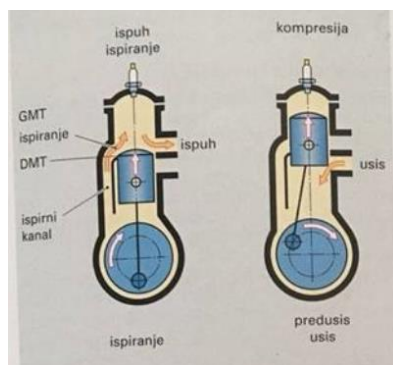
Spojni kanal - spaja komoru radilice s izgarnim prostorom,

Ispušni kanal - vodi ispušne plinove iz izgarnog prostora u ispušni sustav.

Dvotaktni motor ima otvorenu izmjenu plinova.

To znači da su ispušni i spojni otvori istodobno otvoreni tijekom dužeg vremena, kad se ispušni plinovi guraju svježom smjesom (odnosno zrakom za ispiranje kod dizela). Četverotaktni motori, ako se zanemari relativno kratko vrijeme prekrivanja ventila, imaju zatvorenu izmjenu plinova. Zbog toga je kod dvotaktnih motora neizbježno kako miješanje svježih plinova i produkata izgaranja, tako i određen gubitak svježih plinova.

Slika 3. Prvi takt



Izvor: Popović, 2004: 127

### 1. takt - kompresijski (kut radilice $0^{\circ}$ ... $180^{\circ}$ )

Procesi u komori radilice

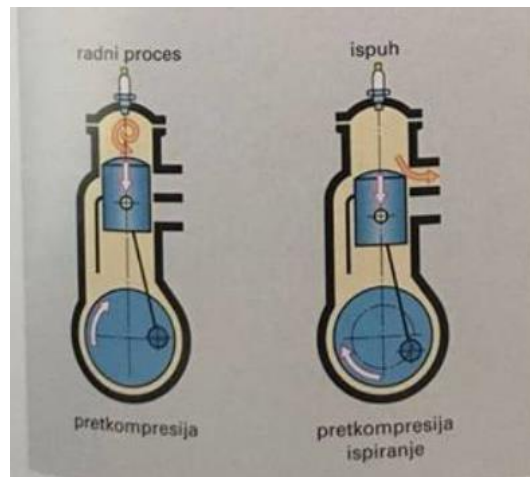
Nakon što klip prekrije spojne otvore, u komori radilice nastaje podtlak od 0,2 od 0,4 bara zbog povećanja volumena komore. Ovaj se proces naziva predusisavanje.

Proces usisa — oslobađanjem usisnih otvora počinje pravi proces usisa gorive smjese.

Proces kompresije nakon prekrivanja ispušnih otvora, u cilindru počinje kompresija smjese. Neposredno pred GMT slijedi paljenje.



Slika 4. Drugi takt



Izvor: Popović, 2004: 127

## 2. takt - radni ( $180^\circ \dots 360^\circ$ )

### Procesi u prostoru izgaranja

Radni proces - tlak plinova izgaranja potiskuje klip prema DMT-u. Nakon prekrivanja ulaznog otvora, počinje pretkompresija gorive smjese na približno 0,3 ... 0,8 bara.

Proces izmjene plinova (proces ispod i iznad klipa) - odvija se u tri faze:

I. faza - slobodni ispuh izgarnih plinova pod utjecajem razlike tlakova u cilindru i ispušnom kolektoru. Počinje otvaranjem ispušnih otvora i traje sve do otvaranja otvora za ispiranje.

II. faza - prisilni ispuh kod kojeg se istodobno ispuhuju izgorjeli plinovi i upuhuje svježja smjesa.

III. faza — gubitak punjenja, zatvoren spojnik uz još uvijek otvoren ispušni kanal.

Proces ispuha - gornji brid klipa otvara ispušne otvore (nešto više postavljene) i ispušni plinovi izlaze izvan cilindra. Daljnjim hodom klipa prema DMT-u otvaraju se spojnik otvori, pa pretkomprimirana svježja smjesa prodire u prostor izgaranja i ispire cilindar od zaostalih plinova izgaranja.

Zbog protutlaka u ispušnom kanalu, zaostali plinovi izgaranja pri otvaranju spojnik kanala nastoje prodrijeti prema komori radilice. Zbog toga se povećava tlak pretkompresije s 0,3 bara na tlak ispiranja od približno 0,8 bara. Zahvaljujući tom povećanju tlaka, svježji plinovi mogu propuhati i isprati cilindar. Hodom klipa prema GMT-u zatvara se spojnik kanal i prestaje proces ispiranja. Proces ispuha traje sve dok se ne zatvori ispušni kanal.

Kod uobičajenog poprečnog ispiranja lijevo i desno od ispušnog otvora leži po jedan ulazni otvor (mješovito poprečno ispiranje). Jedno klipno okno služi kao treći spojni (ispirni) otvor. Ovakav način ispiranja nazivamo i trostrujnim ispiranjem (ispiranje s petljom).

Pri ispiranju cilindra važno je da struja plinova za ispiranje bude što bliže stijenkama, te da se od njih ne odvaja. Ispirni plinovi ustrujavaju u cilindar kroz, u odnosu na njegovu os ukoso postavljene, spojne otvore i vode se na stijenku cilindra nasuprot ispušnom otvoru. Tu se ove dvije struje sudaraju i uzdižu prema poklopcu cilindra, gurajući zaostale plinove izgaranja prema ispušnom otvoru. Ispirna struja u cilindru tvori petlju.

Postoje izvedbe s tri i više spojnih kanala postavljenih nasuprot jednom ili više ispušnih kanala. Kod 4-kanalnog poprečnog ispiranja obje glavne ispirne struje sudaraju se nasuprot ležećem ispušnom kanalu, te se odižu prema gore. Zahvaljujući pogodno oblikovanoj glavi cilindra, nakon skretanja ispiru najveći dio ispušnih plinova izvan cilindra. Objе pomoćne ispirne struje skreću se tako da potiskuju i ispiru jezgru ispušnih plinova u mrtvom dijelu cilindra.

Skretanje glavne ispirne struje na stijenke cilindra (klizno ispiranje) i vođenje pomoćnih struja smanjuju gubitke ispiranja, ispiru jezgru ispušnih plinova, te povećavaju koeficijent punjenja cilindra.

### **2.2.3. Oscilacijski procesi pri izmjeni plinova (promjene tlaka)**

Dvotaktni motori sa simetričnim razvodnim dijagramom rade s velikim prekrivanjem, tj. izmjenom plinova. Zbog naglih promjena tlakova, pri izmjeni plinova nastaju oscilacije tlakova u plinskim stupcima ispušnog i spojnog kanala. Radi smanjivanja gubitaka svježih plinova, ove se oscilacije tlakova moraju uskladiti.

### **2.2.4. Proces usisa**

Stupac svježih plinova oscilira između usisnog sustava, ulaznog kanala i komore radilice. Pri ispravnom namještanju, klip mora zatvoriti ulazni kanal u trenutku kad se stupac svježih plinova nastoji vratiti u komoru radilice. Spriječavanjem povrata svježih plinova, tlak u cilindru raste.

### **2.2.5. Proces ispuha i ispiranja**

Plinovi osciliraju između ispušnog sustava, cilindra i komore radilice. Pri otvaranju ispušnih otvora u cilindru vlada znatno veći tlak nego u ispušnom kanalu i plinovi istječu velikom brzinom. Tlak u ispušnom kanalu zbog toga naglo poraste i prouzrokuje u njemu val koji se rasprostire brzinom zvuka. Taj se val odbija (reflektira) od odbojnog zida u predloncu i može uzrokovati pri kraju ispiranja veliko povišenje tlaka (smanjuje se istrujavanje svježih plinova u ispušni kanal) ili obrnuto, sniženje tlaka u ispušnom vodu (to se sniženje može iskoristiti za ispiranje motora bez nabijanja). Zbog ovih promjena tlakova, ispušni vod s prigušnim loncem i usisni vod s filtrom zraka moraju biti međusobno usklađeni, kako bi se smanjili gubici punjenja. Nestručni naknadni radovi uzrok su gubitku snage i većoj specifičnoj potrošnji goriva.

### **2.2.6. Simetričan i nesimetričan razvodni dijagram**

Kod dvotaktnih motora s klipom upravljanim razvodom plinova, usisni. Spojni (ispirni) i ispušni otvori otvaraju onoliko stupnjeva prije GMT-a (odnosno DMT-a), koliko im treba i za zatvaranje. Zbog toga je razvodni dijagram simetričan. U vanjskom su prstenu prikazani procesi koji se odvijaju u prostoru izgaranja, a u unutarnjem prstenu procesi u komori radilice.

Povoljan predispuh - klip svojim hodom prema DMT-u prvo otvara ispušni otvor i tek potom spojni. Otvaranjem ispušnog otvora tlak u cilindru naglo pada, pa je protustrujanje zaostalih plinova izgaranja u spojni kanal minimalno (a tako i miješanje u komori radilice s pretkomprimiranim svježim plinovima).

Štetni naknadni ispuh - gibajući se prema GMT-u, klip prvo zatvori spojni otvor, pa tek potom ispušni. Svježi plinovi mogu pritom izlaziti iz cilindra, što je čisti gubitak.

Gubitak punjenja — dvotaktnom je motoru za ispiranje na raspolaganju samo približno 130° zakreta radilice, što odgovara tek trećini vremena za izmjenu plinova kod četverotaktnih motora. Zbog ovih nedostataka primjenjuje se upravljanje usisom i/ili ispuhom (zadržavanje povišenog tlaka u cilindru). Pritom se dobiva nesimetrični razvodni dijagram.

Kutovi otvaranja i zatvaranja pojedinih kanala kod nesimetričnog razvodnog dijagrama mogu biti različitih veličina, a to znači da više ne moraju biti simetrični u odnosu na GMT ili DMT.

Nesimetrični se dijagram ne može dobiti prekrivanjem otvora ovisnim o hodu klipa kako kod upravljanja usisom, tako i kod upravljanja ispuhom. Korisno naknadno punjenje kod dvotaktnog motora s nesimetričnim razvodnim dijagramom spojni se kanal može zatvoriti nakon ispušnog: zahvaljujući inerciji svježih plinova povećava se punjenje cilindra. Korisno naknadno punjenje povezano je s velikim konstrukcijskim troškovima, primjerice ugradnjom zasuna ili ispušnih ventila upravljanih bregastim vratilom. Pomicanje kutova otvaranja i/ili zatvaranja na kasnije ili ranije za proces usisa može biti izvedeno membranom ili okretnim zasunima.

Dovod svježih plinova upravlja se ugrađenim membranskim ventilom u ulaznom kanalu. Gibanjem klipa prema GMT—u (predusis), u komori radilice nastaje podtlak. Membranski ventil otvara zahvaljujući razlici tlaka okoline i tlaka u komori radilice. Svježi plinovi mogu ustrujavati preko membranskog ventila sve dok tlak u komori radilice i prednapon membrane ne zatvore usisni kanal. Membranski ventil (nepovratni ventil) sprječava povratno strujanje usisanih svježih plinova, čime se povisuje koeficijent punjenja. Konstrukcija membranskog ventila, membranski ventil čine tanke viskoelastične lamele iz čelika za opruge koje se otvaraju već i pri najmanjoj razlici tlaka. Ograničavajući hod lamela, graničnik sprječava prevelike progibe membrane.

Razvod rotirajućim zasunom upravljanje ulaznim kanalom izvodi se valjkastim ili pločastim rotirajućim zasunom. Razvodni kutovi, za razliku od razvoda membranom, ne mogu se mijenjati. Ulazni otvor u komori radilice otvara se ili zatvara rotirajućim pločastim zasunom. Zasun rotira brojem okretaja radilice. Zasun svojim oblikom isječka i položaja prema radilici određuje usisni kut, a time i vrijeme usisa. Ulogu rotirajućih zasuna mogu preuzeti i ramena radilice.

Osobitosti upravljanja usisom:

1. nesimetrični razvodni dijagram,
2. razvodni kutovi za ulazni kanal otvoren i ulazni kanal zatvoren različitih su veličina,
3. razvodni kutovi za ispiranje i ispuh simetrični su prema DMT-u,

4. promjenljiv ulazni kut kod razvoda membranskim ventilom, u ovisnosti o podtlaku u komori radilice,
5. konstantan ulazni kut pri izvedbi s rotirajućim zasunom,
6. bolje punjenje komore radilice i zbog toga veći okretni moment i volumenska snaga motora.

Upravljanje ispuhom primjenjuje se za smanjivanje ili spriječavanje, štetnog naknadnog ispuha. Time je postignuto i povećanje koeficijenta punjenja. Pri preniskom protutlaku ispuha previše svježih plinova prodire u sustav ispuha, a pri prevelikom u cilindar ulazi premalo svježih smjese (slabo punjenje). Ispušni sustav može biti takve konstrukcije da pri visokim brojevima okretaja nastaje veliki protutlak ispušnih plinova, koji se na niskim brojevima okretaja ne može postići. U vrlo uskom području brzina vrtnje mogu se oscilacije tlaka tako podesiti da se gubici ispiranja smanje i povisi koeficijent punjenja

Upravljanje ispuhom upravljačkim valjkom, (sl. 4.) — izvodi se upravljačkim valjkom (Power Valve System) smještenom na ispušnom kanalu. Upravljački valjak ima segmentni isječak s oštrim upravljačkim bridom. U ovisnosti o broju okretaja motora upravljački se valjak zakreće i smanjuje slobodni presjek ispušnog kanala.

U području niskih i srednjih brzina vrtnje, zakretanjem valjka spušta se gornji, upravljački, brid ispušnog kanala. Manja visina ispušnog kanala znači i manju površinu presjeka. Smanjivanjem kuta i skraćivanjem procesa ispuha sprječava se prodor svježih plinova u ispušni kanal. Istodobno se povećava efektivni hod klipa i efektivni omjer kompresije, Neposredno prije postizanja najvišeg broja okretaja, zakreće se upravljački valjak i potpuno oslobađa ispušni kanal. Povećava se kut i produžuje proces ispuha.

Upravljački se valjak može zakretati bilo centrifugalnom silom, bilo postavnim motorom kojim se upravlja brojem impulsa paljenja kao karakterističnom veličinom. Pneumatski pokretani plosnati zasuni mogu se isto tako koristiti za upravljanje ispuhom.

Osobitosti upravljanja ispuhom:

1. upravljanje ispuhom rezonantnim komorama, upravljačkim valjcima i plosnatim zasunima daje simetrične razvodne dijagrame;
2. smanjeni gubici svježih plinova pri ispiranju;
3. veći okretni moment i veća snaga u području nižih i srednjih brojeva okretaja;
4. upravljački valjak toplinski je jako opterećen i osjetljiv na naslage koksiranog ulja;
5. lošije hlađenje cilindarske stijenke u području ispuha.

## **2.2.7. Konstrukcijske osobitosti dvotaktnih motora**

### **2.2.7.1. Kućište radilice**

Komora radilice (smještena u kućištu radilice) mora biti nepropusna i malog volumena, kako bi se mogao postići potreban tlak pretkompresije. Za brtvljenje radilice koriste se radijalni brtveni prsteni. Kod višecilindričnih motora, radilica mora biti brtvljena i na međuležajima kako bi se spriječio neželjeni prodor plinova između različitih cilindara i komora radilice.

### **2.2.7.2. Podmazivanje**

Kako komora radilice služi pretkompresiji smje se goriva i zraka, to gotovo svi dvotaktni otomotori imaju podmazivanje uljem iz goriva (podmazivanje mješavinom). Kad smjesa goriva zraka-ulja dođe u dodir s vrelim motornim dijelovima, gorivo ispari, a ulje podmazuje klipni mehanizam uključujući sve ležaje i cilindre.

Dio ulja izgara i koksira (stvaraju se ugljenaste naslage). Što je motor hladniji, to je veći udio ulja koji s neisparenim gorivom izgara i koksira. Oni oblažu klipove, glavu cilindra, ispušne otvore i ispušni sustav. Prevelika količina ulja u dvotaktnoj mješavini pospješuje stvaranje ugljenastih naslaga, dok premala količina dovodi do nedovoljnog podmazivanja (trošenje dijelova!) ili zaribavanja klipova. Ovisno o proizvođaču, omjer mješavine propisan je u granicama od 1 : 20 (5%) do 1 : 100 (1%).

Kod dvotaktnih motora gorivo i ulje mogu se odvojiti i držati u zasebnim spremnicima (tzv. odvojeno podmazivanje). Ulje iz spremnika dozirnom se pumpom tlači u usisni kanal, gdje se raspršuje u struji gorive smjese. Ulje se može dodati gorivu i pred karburatorom. Dodatno se ležajevi radilice mogu izravno podmazivati uljem.

Pumpni element s klipom pumpe rotira tako što dobiva pogon od radilice putem odgovarajućeg prigona. Zato je dotok ulja ovisan o broju okretaja. Zavojna opruga tlači klip preko izdanka na radni brijeg u zahvatu. U usisnom hodu ulje ustrojava u pumpni element pod klip. Tijekom rotacije pumpnog elementa izdank putuje po dovodnom brijegu. U tlačnom hodu klip potiskuje ulje u usisnu cijev. Položaj brijega mijenja se zakretanjem ručice gasa (akceleratora), pa je dobava ulja ovisna i o opterećenju motora. Nepovratni ventil sprječava pražnjenje dovodnog voda ulja. Zahvaljujući dobavi ulja koja je ovisna o broju okretaja i opterećenju, ostvarene su velike uštede (omjeri miješanja 1 : 100 i siromašniji).

Glavni i leteći ležaji radilice su valjni, a takvi su najčešće i ležajevi osovinice klipa. Ležaji se u komori radilice podmazuju i hlade svježim plinovima. Kako su uobičajeni valjni ležaji jednodijelni (igličasti ili valjkasti), to radilica mora biti višedijelna.

Klipovi dvotaktnih motora jače se zagrijavaju nego oni u četverotaktnih zbog dvostruko većeg broja radnih taktova. Toplinska dilatacija veća je nego kod četverotaktnih motora, pa je potrebno imati veće ugradne zračnosti klipova, osovinica i prstena. Ulazni i spojni kanali mogu djelomično voditi svježije plinove i kroz klipove i pridonijeti izdašnjem hlađenju. Prozori na plaštu klipa, (sl. 2.), mogu dijelom preuzeti i upravljanje otvorima na cilindru. Nedostatak je što se izradom prozora smanjuje krutost oblika.

Zbog većeg opterećenja dvotaktni motori imaju veće trošenje. Zbog produžene izmjene plinova uslijed propuštanja gornjeg oboda klipa, pad snage nastupa ranije nego kod 4-taktnih motora. Ispušni plinovi mogu pregrijati bridove klipa, pa klipni prsteni mogu izgorjeti.

Zatvorene osovinice klipa, ugrađuju se tamo gdje bi šuplje kratkim spajanjem kanala u cilindru izazvale gubitke ispiranja.

Osiguranje osovinice klipa izvodi se dijelom elastičnim uskočnikom bez kukica. Kukice bi mogle kod visokoturažnih dvotaktnih motora (do 16 000 1/min) zbog svoje inercije odignuti uskočnik sa sjedišta i ugroziti sigurnost.

Klipni prsteni-u biti se koriste pravokutni (R) prsteni. Mali dvotaktni oto-motori obično imaju samo jedan prsten, tzv. L-prsten radi manjeg otpora trenja. L-prsten zahvaljujući tlaku plinova ima pojačano nalijeganje na stijenke cilindra.

Dvotaktni klipovi nemaju uljne prstene, jer s mješavinom se dobiva manji udio ulja. U svakom klipnom utoru prstena nalazi se po jedan sigurnosni zatik. Zatik sprječava zakretanje prstena i otvaranje njegovih krajeva u otvorima cilindra, što bi moglo dovesti do štete.

U osobito visokoturažne dvotaktne motore ugrađuju se izrazito laki klipovi, kako bi se inercijske sile držale što manjima.

Kroz stijenke cilindra vode kanali za plinove s pravokutnim otvorima. Klipni prsteni i klipovi mogu bez udarnih naprezanja prelaziti preko vodoravnih i u obliku luka izvedenih rubova otvora. Za sprječavanje upadanja dijelova klipnih prstena zbog njihova opruženja, široki otvori odvajaju se mostom. Ugljenaste naslage izgorjenog ulja sužavaju, prije svega, ispušne otvore. Ispiranje se pogoršava tako da zapaljiva smjesa goriva i zraka nastaje nakon svakog drugog procesa ispiranja, Ovo se očituje tzv. 4-taktiranjem.

4-taktiranje-svježja smjesa goriva i zraka pali se tek u svakom drugom okretaju, unatoč tome što u svakom okretaju preskače iskra. Ovakvim pravilnim izostankom paljenja, rad dvotaktnog motora izjednačava se s radom četverotaktnog. Četverotaktiranju je sklon i dvotaktni motor s jako prigušenim pogonom, osobito na praznom hodu. Količina svježeg punjenja i tlak pretkompresije premali su za dovoljno ispiranje.

Svjećice su kod dvotaktnih motora dvostruko više opterećene nego kod četverotaktnih. Zbog toga su toplije, pa se mora izabrati odgovarajuća toplinska vrijednost svjećice. Prebogata smjesa ili jako zaprljane svjećice isto su tako uzroci smetnjama u paljenju.

Dizel-efekt u području viših brojeva okretaja pri djelomičnom opterećenju dvotaktni su motori jako skloni pojavi tzv. dizel-efekta. Zbog samopaljenja svježje gorive smjese nastaje detonacija i iz motora dopiru oštri metalni udarci. Ovo se područje broja okretaja mora u vožnji što prije prijeći, jer se zbog preranog paljenja motor pregrijava i preopterećuje.

#### Ispušni sustav

Proces ispiranja popraćen je čitavim nizom oscilacija tlaka. Stoga ispušni vod s prigušnim Ioncem i usisni vod sa zračnim filtrom moraju biti prilagođeni jedan drugome. Promjene na ispušnom sustavu izvan su zakonskih propisanih odredbi i vode gubitku uporabne dozvole.



## Prednosti i nedostaci dvotaktnih motora u odnosu na četverotaktne

### Prednosti:

1. jednostavnija konstrukcija ,
2. manje pokretnih dijelova (samo tri osnovna: klip, klipnjača i radilica)
3. ravnomjerniji okretni moment, bez neradnih taktova
4. manje vibracija
5. kompaktna (zbijena) konstrukcija, manja težina
6. manja specifična masa motora
7. velika volumenska snaga
8. mirniji rad pri jednakom broju cilindara
9. manji proizvodni troškovi

### Nedostaci:

1. slabije punjenje cilindara. Unatoč dvostruko većem broju radnih taktova, zbog otvorene izmjene plinova postiže se samo do 30 % veća snaga motora
2. više štetnih produkata izgaranja, veća emisija neizgorelih CH
3. veće toplinsko opterećenje, nestaju neradni taktovi
4. manji srednji tlakovi zbog lošijeg punjenja
5. nemirni rad motora na praznom hodu zbog veće količine zaostalih plinova

Primjenjivati samo specijalna dvotaktna ulja (samomiješajuća ulja) prema specifikacijama proizvođača motora i u propisanoj koncentraciji. Mješavinu goriva i ulja intenzivno pomiješati, ako se ne koriste samomiješajuća ulja. Provjeriti na nepropusnost komoru radilice i kućište. Mjesta propuštanja vrlo su često izvana vidljiva po zauljenju. Pravodobno čistiti filter zraka.

Ugljenaste naslage izgorenog ulja ne uklanjati oštrim predmetima, izbjegavati stvaranje ogrebotina. Pri čišćenju ne zaglađivati čelo klipa zbog mogućeg pregrijavanja i povećanog stvaranja ugljenastih naslaga. Bridove klipa ne oštećivati, u protivnom se mijenjaju vremena razvoda i povećavaju propuštanja.

## Smetnje

### Pad snage motora:

1. zaprljan filter zraka
2. ugljenaste naslage izgorjenog ulja
3. neispravno odzračivanje spremnika goriva
4. premali dotok goriva
5. svjećica zauljena ili koksirana
6. pogrešna toplinska vrijednost svjećice
7. pogrešna točka paljenja
8. loša kompresija
9. propuštanja na komori radilice

### Detonacija motora (uzroci):

1. predebele ugljenaste naslage u prostoru izgaranja i na klipovima (promjena stupnja kompresije  $\epsilon$ )
2. točka paljenja predaleko od GMT (prerano paljenje)
3. užarene ugljenaste nečistoće u prostoru izgaranja.

### Motor prezagrijan:

1. zaprljana rashladna rebra
2. smetnje u sustavu vodenog hlađenja
3. presiromašna smjesa zbog pogrešno reguliranog karburatora
4. pogrešan omjer miješanja ulja i goriva. Primjena pogrešnog ulja
5. pojava samopaljenja
6. prevelika količina topline prelazi na čelo klipa zbog zaglađene površine.

4-taktiranje:

1. prelijevanje karburatora
2. plovak ili njegov mehanizam defektan
3. ispušni kanal obložen ugljenastim naslagama
4. zaprljan filter zraka.

### **3. KONSTRUKCIJA OTTO MOTORA**

#### **3.1. Sustav dovoda goriva**

Zadaća sustava dovoda goriva je opskrbiti sustav za pripremu smjese dovoljnom količinom goriva pri svim režimima rada motora.

Uvjeti koji se postavljaju ovom sustavu su:

1. gorivo mora biti u spremniku,
2. gorivo dovesti bez mjehurića,
3. iz goriva odvojiti nečistoću,
4. stvoriti konstantan tlak goriva,
5. višak goriva vratiti u spremnik,
6. spriječiti prodor para goriva u okoliš,
7. neosjetljivost na vibracije, udarce i toplinu.

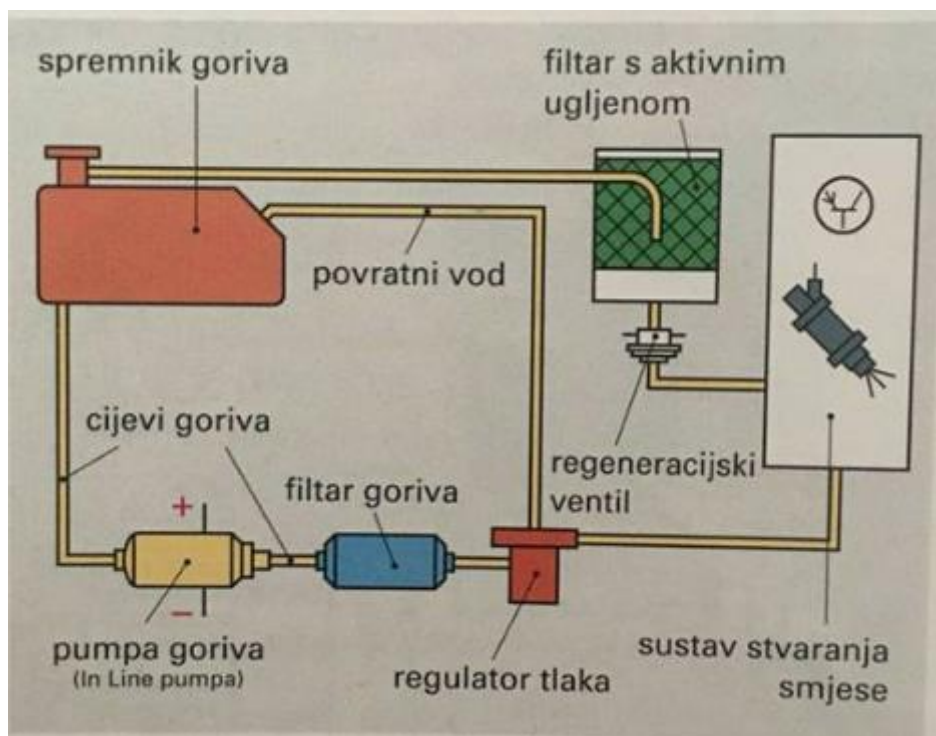
Osnovni dijelovi sustava dovoda goriva su:

1. spremnik goriva,
2. cijevi za gorivo,
3. filter (pročistač) goriva,
4. pumpa (crpka) goriva,
5. regulator tlaka,
6. regeneracijski ventil,
7. filter s aktivnim ugljenom.

### 3.1.2. Spremnik goriva

Čelični spremnici (iz čeličnog lima) izvana i iznutra prevučeni su zaštitnim antikorozivnim slojem. Spremnici složenih oblika izrađuju se iz plastičnih masa (npr. polietilen). Kod velikih spremnika i ekstremnih uvjeta vožnje (npr. trkaća vozila u zavojima, vožnja po strmim padinama) gorivo se može tako rasporediti da ga pumpa više ne može usisavati.

Slika 5. Sustav dovoda goriva



Izvor: Popović, 2004: 56

Pad snage motora može se izbjeći:

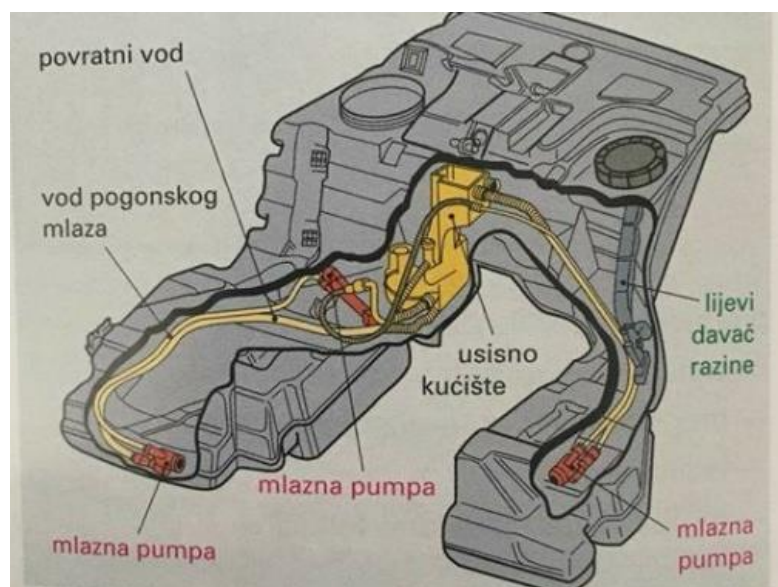
1. ugradnjom pregradnih zidova u spremnik goriva (limovi s otvorima),
2. ugradnjom Catch-Tanka -u spremniku se nalazi mali spremnik goriva koji je uvijek ispunjen gorivom. Obično Catch-Tank tvori ugradbenu cjelinu s pumpom goriva (In-Tank pumpa), usisnim filtrom i pokazivačem količine goriva. Ovaj mali spremnik može služiti i u slučaju nestanka goriva (tzv. rezerva).

### 3.1.2. Plastični spremnik goriva

Spremnik goriva mora biti otvoren prema okolišu preko odzračnika, čime je spriječena pojava podtlaka pri crpljenju goriva koji bi deformirao stijenke spremnika. Također, spriječena je i pojava tlaka zbog zagrijavanja goriva tako što se višak goriva privremeno sprema u preljevnu posudu, a pare goriva odvođe preko filtra s aktivnim ugljenom (pare goriva se pri upućivanju motora usišu u cilindre).

Gorivo se ne smije ni kod prevrtanja vozila izliti iz sustava dovoda (preko otvora za ulijevanje goriva ili preko zračnika). Radi toga je ugrađen nepovratni ventil s kuglicom koji kad se vozilo prevrne, zatvori prolaz goriva (kuglica pod djelovanjem gravitacije zatvori prolaz gorivu).

Slika 6. Plastični spremnik goriva



Izvor: Popović, 2004: 56

### **3.1.3. Cijevi za gorivo**

Cjevovod mora izdržati udarce i vibracije vozila te požar. Cijevi se postavljaju tako da budu zaštićene od mehaničkih oštećenja, a moraju se izbjeći sve točke zagrijavanja (ispušni sustav) kako bi se spriječila tvorba parnih čepova u gorivu. Materijal za izradu cijevi je čelik, a na mjestima gdje vodovi moraju biti gibljivi, koristi se specijalna guma ili plastika otporna na mineralna ulja i goriva (takvi materijali ne smiju biti lako zapaljivi). Ovi se materijali pri dužoj uporabi kemijski mijenjaju (stare), postaju krhki i porozni, pa može doći do propuštanja goriva. Stoga se pri redovitim pregledima mora provjeriti i stanje cijevi za gorivo.

### **3.1.4. Filtar goriva**

Filtar zadržava nečistoće koje bi smetale sustavu dovoda (pumpi), a naročito sustavu za pripremu smjese (brizgaljke su jako osjetljive i na najsitnije čestice nečistoće).

Razlikujemo različite konstrukcije filtara:

1. In-Line filtri - montiraju se na proizvoljnom mjestu u cjevovodu. Izrađuju se s mrežicom ili papirnatim uloškom. Filtri s finom mrežicom služe kao predfiltri u spremnicima ili u pumpama goriva. Mrežica je metalna ili iz poliamidnog pletiva. Fino filtriranje goriva postiže se tek s papirnatim ulošcima koji imaju veličinu pore 2 - 10  $\mu\text{m}$ . Kad se zaprljaju, zamjenjuju se u kompletu s vlastitim kućištem,
2. filtarski elementi - izmjenjivi su, imaju kućište ugrađeno na motoru. Za fino pročišćavanje koriste se papirnati ili filcni umetci zamjenjuje se samo umetak, dok je kućište i dalje u upotrebi,
3. zamjenjivi filtri - imaju kućište i umetak, a zamjenjuju se u kompletu.

Zamjena filtara goriva, ako proizvođač ne propiše drukčije, izvodi se nakon prijeđenih 30 000 km.

### **3.1.5. Pumpa goriva**

Zadatak pumpe je dovesti gorivo s niže točke, iz spremnika, do sustava za stvaranje smjese goriva (karburatora ili sustava za ubrizgavanje). Pogon pumpe može biti mehanički, električki i hidraulički. Mehanički pogonjene pumpe goriva-takve pumpe koriste se u Ottovim četverotaktnim motorima s rasplinjačem. Gorivo tlače na 0,2-0,3 bara.

Membranu pumpe potiskuje šipka koja dobiva pogon od ekscentra. U slučaju da je rasplinjač opskrbljen dovoljnom količinom goriva (igličasti ventil plovka je zatvoren), membrana se više ne može podizati i pumpa prekida dobavu, unatoč tome što se šipka i dalje giba.

## Električne pumpe

Prema ugradnji razlikujemo:

1. In-Line pumpe-montiraju se na proizvoljno mjesto u sustavu cjevovoda i jednostavno se zamjenjuju.
2. In-Tank pumpe-smještene su u spremniku goriva. obično čine dobavni modul s filtrom goriva, Catch-Tankom i pokazivačem količine goriva.

Prema konstrukciji, električne pumpe dijelimo na:

1. prstaste i vijčane pumpe,
2. pumpe s valjcima,
3. obodne pumpe (pumpe s bočnim kanalom).
4. visokotlačne obodne pumpe,
5. dvostupanjske In-Line pumpe.

Prstaste-prostor međuzublja je radni prostor koji se ciklički povećava i smanjuje. Prostori koji se povećavaju spojeni su s usisom, a prostori koji se smanjuju spojeni su s tlačnom stranom (razvodni mehanizam je ploča s dva otvora). Zupčanik s vanjskim ozubljenjem je rotor koji pokreće zupčanik s unutarnjim ozubljenjem. Ovakve pumpe spadaju u zupčaste pumpe s unutarnjim ozubljenjem bez međupregrade. Grade se za tlakove goriva do 6,5 bara (u hidraulici ovakve pumpe daju i nekoliko desetaka puta više tlakove).

Vijčane se odlikuju mirnim i tihim radom, bez pulsirajuće dobave. Izvodnice rotora uvijene su u spiralu (vijak), a rotori imaju nužno različite profile presjeka (komplementarni presjeci). Zbog različitog broja zubaca i žljebova, rotori se zakreću različitim brojem okretaja. Ulazni i izlazni otvori nalaze se na čeonim stranama rotora, dijagonalno. Vijčane se pumpe uglavnom ugrađuju kao In-Line pumpe koje postižu tlakove do 4 bara.

Valjčići odvajaju pojedine radne prostore. Kako i ove pumpe spadaju u volumenske, to se njihov rad zasniva na periodičkom povećavanju i smanjivanju radnog volumena.

Obodne pumpe s bočnim kanalom spadaju u strujne pumpe, pa je dobava potpuno bez pulsacija. Postižu tlak do 2 bara i koriste se uglavnom kao predstupanj kod In-Line dvostupanjske pumpe. Zadatak im je stvoriti tek toliki tlak kako bi se spriječila pojava parnih čepova u gorivu. Princip rada zasniva se na tome da lopatica rotora zahvati određenu količinu goriva i ubrza ga. Goriv se pod djelovanjem centrifugalne sile tjera prema obodu i tlači.

Visokotlačna obodna pumpa - broj lopatica rotora znatno je veći nego kod prethodnih, pa se postižu viši tlakovi (do 4 bara) i manji šumovi.

Dvostupanjske In-Line pumpe kako bi se osigurala dobava bez parnih mjehurića, ove pumpe imaju u sebi dvije pumpe različitih konstrukcija: prvi stupanj je pumpa s bočnim kanalom i svrha joj je dobava goriva drugom stupnju (glavnom), a drugi stupanj stvara potrebni tlak goriva. Povratni ventil sprječava hidraulično preopterećenje i oštećenje pumpe tako što svojim otvaranjem spaja tlačnu stranu s ulaznom

### **3.1.6. Regulator tlaka goriva**

Sistemska tlak goriva mora biti ovisan o tlaku zraka u usisnoj cijevi. Naime, razlika tlakova goriva i zraka mora biti konstantna kako bi količina ubrizganog goriva bila ovisna samo o vremenu otvorenosti brizgaljke. Regulator tlaka goriva održava tu razliku tlakova konstantnom.

### **3.1.7. Odzračivanje spremnika**

Današnja vozila imaju zatvorene sustave opskrbe gorivom koji sprječavaju gubitak para goriva u okoliš. Pare goriva privode se filtru s aktivnim ugljenom, koji ih upija dok je motor ugašen. Kad se motor pokrene, dio potrebnog zraka za izgaranje koji se privodi preko ovog filtra povlači za sobom pohranjene pare goriva. Regeneracijski ventil brine se o njihovu pravilnom doziranju. Aktivni ugljen vrlo je porozan, pa ima veliku površinu (1g ugljena ima 500 - 1500 m<sup>2</sup>).

### **3.1.8. Filtar (pročistač) zraka**

Pročistač zraka prigušuje šumove usisavanja i odvaja nečistoće iz zraka ne dopuštajući im ulazak u motor (do 95 posto). Čestice prašine u zraku u organskog i neorganskog porijekla,



različitih promjera (5-50  $\mu\text{m}$ ). Količina prašine ovisi o godišnjem dobu, meteorološkim uvjetima (kiša ili suša), vrsti ceste i okolišu (autoput, bijela cesta, planinski kraj, grad) i varira između 1 mg i 1 g/m<sup>3</sup>. Za motor je najopasniji kvarc (SiO<sub>2</sub>), neorganska prašina. Primjerice, potroši li motor 10 l goriva, usisa oko 100 m<sup>3</sup> zraka i s njim oko 5 g prašine (ako se uzme da u zraku ima prosječno 50 mg/m<sup>3</sup> prašine) koja ulazi u motor i s uljem stvara brusnu emulziju.

Brižljivo čišćenje zraka znatno produžuje vijek trajanja motora. Prašina pomiješana s motornim uljem stvara brusnu emulziju koja ubrzava trošenje motornih dijelova (osobito cilindara, klipova | vodilica ventila).

Zrak se može pročistiti;

1. fino pletenom mrežicom (sitasti filtri, mrežica može biti metalna ili plastična);
2. poroznim elementima (papirni ulošci);
3. nauljenim ploham (limovi, metalni ili plastični oplet, spužva);
4. centrifugalnim djelovanjem (vrtložni filtri).

Filtar zraka mora imati što manji otpor strujanju zraka, pa se radi sa što većom površinom. Isto tako, prigušivanje buke iziskuje razmjerno veliko kućište, što je veće kućište, to filtar može prihvatiti veću količinu prašine, a time se produžuje i vrijeme njegove zamjene.

Ako se pročistač zraka pravodobno ne zamijeni novim (ili ne očisti), povećava otpore strujanja zraka, te postaje uzrok povećanoj potrošnji goriva (stvara se bogatija smjesa) i padu snage motora (smanjuje se punjenje cilindara). Najfinije čestice prašine koje filtar ne može zaustaviti, stvaraju u motoru talog. Konstrukcije filtara koje se koriste za motore su:

1. suhi,
2. mokri,
3. s uljnom kupkom,
4. vrtložni filtri.

Suhi filtri zraka odvajanje prašine odvija se na izmjenjivom filtarskom elementu, najčešće papiru s naborima. Suhi filtri jednostavne su izrade i održavanja, a i vrlo djelotvorni. Danas su standard za osobna i teretna vozila. Vijek uporabe ovisi o veličini uloška i količini prašine u

zraku. Kad se filtar zaprlja, zamjenjuje se novim uloškom. Vrijeme zamjene je otprilike nakon prijeđenih 30 000 do 100 000 km.

Mokri filtri zraka još se koriste u mopedima i nekim manjim uređajima (npr. kosilice trave). Filtarski element je nauljena mreža (metalna ili plastična) ili spužva. Usisavani zrak prolazi preko nauljene površine na koju se lijepe čestice prašine i zadržavaju na njoj. Filtar se mora očistiti nakon približno 2500 km (ako se više zaprlja, i prije).

Čišćenje filtra izvodi se pranjem elementa u benzinu i ponovnim nauljivanjem (spužva se može oprati i deterdžentom). Višak ulja se ukloni.

Filtri s uljnom kupkom, u kućištu filtra nalazi se uljna kupka koja je do određene razine napunjena uljem. Usisavani zrak struji niz cijev preko uljne površine na koju se lijepi grublja i teža prašina. Zračna struja sa sobom odnosi fine kapljice ulja koje se u filtarskom elementu (sitasto pletivo, metalna ili plastična mreža) spajaju u veće kapi. Prašina nošena zračnom strujom lijepi se na mrežu i s većim kapima ulja pada u kupku (to je ujedno i taložnik, prašina se skuplja na dnu tvoreći mulj). Ovim samočišćenjem produžuje se rad filtra do 100000 km.

Kod filtra s uljnom kupkom jako je bitno održavati razinu ulja u propisanim granicama. Ukoliko je ulja manje, pročišćivanje je slabo (zračna struja ne nosi dovoljno kapljica ulja sa sobom), a ako je više, struja zraka povlači za sobom zaprljano ulje u motor. U oba slučaja motor se intenzivnije troši!

Vrtložni filtri-ugrađuju se u motore koji rade u vrlo prašnjavom okolišu, a to su npr. poljoprivredni i građevinski strojevi. Usisavani zrak dovede se u jako vrtložno gibanje, kod kojeg centrifugalna sila odvaja grubu prašinu u poseban taložnik (grubo čišćenje). Nakon toga se zrak koji još uvijek sadrži finu prašinu vodi u sljedeći stupanj (fino filtriranje) kojeg čini suhi filtar ili filtar s uljnom kupkom.

Održavanje se svodi na često čišćenje taložnika (u teškim uvjetima i svakog sata) jednostavnim skidanjem i pražnjenjem. Ovakva kombinacija produžuje interval rada filtra do sljedećeg čišćenja (ili zamjene) drugog stupnja pročišćivanja.

### **3.2. Priprema gorive smjese u otto-motorima**

Ottovi motori izgaraju benzine, metanol ili autopljin. Mogu imati vanjsko ili unutarnje stvaranje smjese koja se pali vanjskim izvorom energije. Homogena smjesa goriva i zraka u

taktu kompresije zagrijava se na 400-5000C. Kako je ta temperatura niža od točke samopaljenja, smjesu mora zapaliti električna iskra.

Vanjsko stvaranje smjese-smjesa se počinje stvarati već u usisnoj grani, tj. izvan cilindra (motori s rasplinjačima ili indirektnim ubrizgavanjem). Unutarnje stvaranje smjesa-smjesa se stvara izravno u cilindru (motori s izravnim ubrizgavanjem). Pritom se može postići tzv. slojevito punjenje: u cilindru se stvaraju slojevi smjese različitih koncentracija (kvalitete).

Kako je za proces izgaranja na raspolaganju vrlo malo vremena (izgaranje završava tik nakon GMT-a), gorivo i zrak moraju biti dobro pomiješani. Kisik potreban za izgaranje uzima se iz zraka: budući da ga ima relativno malo (oko 20 %), gorivu se mora dovesti velika količina zraka. Za potpuno izgaranje 1 kg benzina, potrebno je dovesti oko 14,8 kg zraka (minimalna ili teorijska količina zraka, » 12 m<sup>3</sup> pri p = 1,29 kg/m<sup>3</sup>).

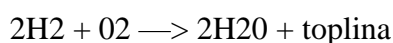
Izgaranje je kemijsko spajanje gorivih elemenata s kisikom (proces oksidacije) pri čemu nastaje toplina, svjetlosna energija i proizvodi izgaranja. U kemijskim gorivima, kakva se koriste u MsUl, osnovni gorivi elementi su: ugljik (C) i vodik (H) (i štetni Sumpor, S).

Da bi do gorenja uopće moglo doći, potrebno je imati tri elementa: gorivo, kisik i toplinu. Osim toga, gorenje će se odvijati samo ako su gorivo i kisik pomiješani u određenom omjeru, tj. ako tvore tzv. eksplozivnu smjesu i ako je goriva smjesa zagrijana na temperaturu paljenja ili točku samopaljenja. Temperatura paljenja neke tvari je temperatura pri kojoj tvar počinje gorjeti (ovisi o mnogo čimbenika i nije konstantna).

Ugljik iz goriva izgara s kisikom u ugljični dioksid (CO<sub>2</sub>), a vodik s kisikom daje vodenu paru (H<sub>2</sub>O).

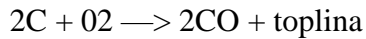
Dušik iz zraka ne utječe na proces izgaranja, ali pri visokim tlakovima i temperaturama stvaraju se otrovni dušični oksidi (NOX). Izgaranje može biti potpuno i nepotpuno: ako je kisika nedovoljno, izgaranje je nepotpuno i stvara se ugljični monoksid (CO).

Pri potpunom izgaranju dobiva se samo nezapaljivi plin i toplina:

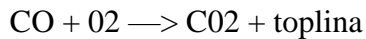


Ako se na 1 kg benzina dovodi manja količina zraka, npr. samo 13 kg, smjesa će biti prebogata (1:13). Kako je na raspolaganju premalo kisika, dio ugljika izgarat će u otrovni zapaljivi ugljični monoksid (CO).

Pri nepotpunom izgaranju odvija se ova reakcija:



Ugljični monoksid dodavanjem kisika izgara:



Stvara li se smjesa koja ima više zraka od potrebne minimalne količine za potpuno izgaranje (npr. 16 kg zraka), tzv. siromašna smjesa, odvija se potpuno izgaranje, ali zbog manje količine goriva koje isparava i hladi cilindar, motor se može pregrijati.

Detonacija u Ottovim motorima

Brzina izgaranja u cilindrima iznosi 40-60 m/s, pri čemu porast tlaka nije tako visok da bi istiskivao uljni film u ležajima. Taj porast tlaka za Ottove motore ne smije biti viši od 3 bara/stupnju okretaja radilice.

Kad preskoči iskra, goriva smjesa zapali se neposredno oko elektroda svjećica. Plameni val širi se u svim pravcima izgaranog prostora i tlači još neizgorenu smjesu. Pod nepovoljnim uvjetima taj val može inicirati samopaljenje preostale smjese i tako stvoriti niz novih žarišta oko kojih će se širiti novi valovi s mnogo većim brzinama izgaranja (300-500 m/s). Neizgorena smjesa još više se stlačuje, temperatura i tlak jako se povisuju i kemijske reakcije odvijaju se u samom udarnom valu koji dostiže brzine i veće od 1000 m/s. Tada govorimo o detonacijskom izgaranju ili detonaciji.

Detonacija otto-motora je prebrzo, eksplozivno, izgaranje goriva. Nastaje u nepovoljnim uvjetima kad se, osim iskrom, smjesa pali i sama od sebe. Plamene fronte gibaju se jedna prema drugoj. Nova žarišta vode prebrzom izgaranju, što je uzrok pojavi previsokih tlakova.

Buka iz motora (metalni udarci) nastaje od udarnih valova izazvanih pojavom više žarišta, pri čemu pojedini motorni dijelovi dolaze u rezonantne vibracije. Detonacija nastaje samopaljenjem smjese, ali nakon preskakanja iskre. Posljedice detonacije na rad motora slične su samopaljenju:

1. povećana toplinska naprežanja i razaranje materijala,
2. smanjenje snage motora i veći toplinski gubici,
3. djelovanje udarnog vala na čelo klipa (uništavanje dijelova klipnog mehanizma, osobito ležajeva).

Uzroci pojave detonacije u oto-motora su:

1. neprikladno gorivo (premali oktanski broj).
2. prerano paljenje,
3. preveliki stupanj kompresije  $\varepsilon$  (npr, zbog tanje brtve glave),
4. loše hlađenje zbog naslaga koksa ili kvarova na sustavu hlađenja,
5. oblik izgarnog prostora,
6. neravnomjerna raspodjela smjese u cilindru,
7. pogonski uvjeti (broj okretaja i opterećenje motora).

Zbog pregrijavanja motora mogu se oštetiti klipovi (čelo klipa pregori, plašt klipa je pohaban) i glava motora.

Samopaljenje smjese može nastati zbog užarenih dijelova u prostoru izgaranja (svjećice, ispušni ventili, naslage). Trenutak paljenja postaje nekontroliran, tlak i temperatura rastu, a paljenje se pomiče sve ranije. Motor je u radu nemiran, gubi snagu i pregrijava se, a udarci zbog nepravilnog izgaranja opterećuju ležajeve. Samopaljenje smjese nastaje prije preskakanja iskre.

### **3.2.2. Zadatak sustava za pripremu gorive smjese**

Sustav za pripremu gorive smjese mora stvoriti homogenu smjesu goriva i zraka u točno određenom omjeru koji odgovara trenutačnim potrebama motora.

Stvaranje smjese

Ottovi motori obično koriste tekuća goriva. pa se za stvaranje homogene smjese gorivu mora promijeniti agregatno stanje-tekuće se gorivo mora pretvoriti u paru.

Ova se pretvorba može izvesti na dva načina:

1. u rasplinjačima pomoću podtlaka u Venturijevoj cijevi i raspršivanjem goriva pomoću sapnica,
2. ubrizgavanjem goriva pod tlakom.

Homogena smjesa goriva i zraka-može se stvoriti samo onda ako cjelokupno gorivo ispari do trenutka paljenja. Zahvaljujući oduzimanju topline, isparavanje fino raspršenog goriva počinje već u usisnoj grani, a nastavlja se u cilindrima (teško isparljive čestice benzina isparuju na 180stupnju u taktu kompresije); Pri pokretanju hladnog motora i tijekom faze zagrijavanja dio isparenog goriva ponovno kondenzira, te kao tekući film pada na hladne stijenke usisnih grana i cilindara. Da bi motor mogao raditi i u takvim uvjetima, smjesa se mora obogatiti.

Položaj prigušne zaklopke (tzv. leptir gasa) određuje količinu usisane smjese goriva, čime se mijenja opterećenje i broj okretaja motora. Gorivo i zrak moraju se pomiješati u točno određenom omjeru da bi smjesa postala zapaljiva i da bi odgovarala potrebama motora.

### **3.2.3. Omjer zraka i goriva**

Potrošnja, snaga i sastav izgarnih plinova otto-motora znatno ovise o omjeru zraka i goriva u određenom području rada motora. Razlikujemo teorijski (minimalni) i praktični omjer smjese.

Omjer zraka i omjer miješanja

Za potpuno izgaranje 1 kg benzina teorijski je potrebno oko 14,8 kg zraka (1:14,8). Takvu minimalnu količinu zraka dobivenu proračunom nazivamo stehiometrijskom količinom, odnosno stehiometrijskom smjesom. Ona ovisi o kemijskom sastavu goriva: različitim gorivima potrebno je dovesti različite količine zraka za potpuno izgaranje.

Da bi se u cilindru postiglo potpuno izgaranje goriva potrebno je dovesti više zraka od minimalno potrebne, teorijske, količine zraka. Isto tako, količina zraka kom se miješa s gorivom ovisi i o temperaturi motora, broju okretaja i opterećenju motora. Razlozi tome su zaostali plinovi izgaranja, kratko vrijeme izgaranja i sl. To govori da stvarno dovedena količina zraka, praktični omjer, odstupa od stehiometrijske količine. Pri većem udjelu goriva, npr. 1:13, govorimo o bogatoj smjesi, dok smjesu s većim udjelom zraka, npr. 1:16, nazivamo

siromašnom. Smjesa će biti zapaljiva samo ako se nalazi unutar granica zapaljivosti (1:7,4 i 1:19,2). Kod motora sa slojevitim punjenjem to je područje između 1:7,4 i 1:23,7.

Omjer zraka  $\lambda$

Omjer stvarno dovedene količine zraka i teorijski minimalne količine zraka prijeko potrebne za potpuno izgaranje goriva (teorijske ili stehiometrijske količine), nazivamo omjer zraka  $\lambda$ :

Kad je stvarno dovedena količina zraka jednaka minimalnoj količini potrebnoj za potpuno izgaranje

(1:14,8), tada je omjer zraka  $\lambda = 1$ . Siromašna smjesa, s više zraka od teorijski potrebne količine,

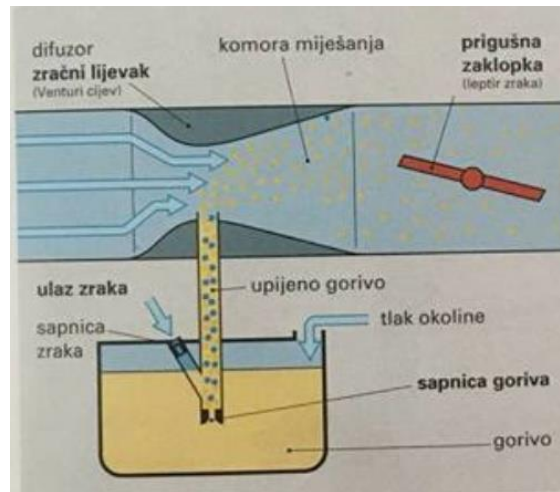
Ima  $\lambda > 1$ .

### 3.3. Rasplinjač

Rasplinjač (karburator) je sustav s vanjskim stvaranjem smjese. Miješanje goriva i zraka počinje u rasplinjaču, a nastavlja se u usisnim granama i prostorima za izgaranje u cilindrima motora. Stoga je rasplinjač ključni, ali ne i jedini, dio sustava za pripremu gorive smjese.

Zrak struji kroz rasplinjač zahvaljujući gibanju klipova u taktu usisa. U suženju presjeka i tako stvorenom zračnom ljevku (Venturijeva cijev) brzina zračne struje znatno se povisuje. Na najužem dijelu presjeka zračna struja postiže najveću brzinu i najviši podtlak, pa je upravo tu postavljen izlaz goriva. Zračna struja povlači za sobom gorivo i raspršuje ga. U komori miješanja gorivo se miješa sa zrakom.

Slika 7. Princip rada rasplinjača



Izvor: Popović, 2004: 63.

Isparavanje goriva u rasplinjaču omogućeno je:

1. podtlakom - u difuzoru rasplinjača ubrzavanjem zračne struje u suženju (Venturijeva cijev) stvara se podtlak koji pospješuje isparivanje goriva: čim je podtlak veci, to je točka vrelišta goriva niža. Stvoreni podtlak usisava gorivo koje izlazi iz sapnice i raspršuje se u struji zraka;
2. raspršivanjem - kako jednostavno raspršivanje stvara nehomogenu smjesu kapljica goriva, to se prije samog raspršivanja gorivo upjenjuje (u mješačkoj cijevi miješa se sa zrakom) i potom raspršuje u fine čestice jednakog promjera;
3. toplinom - isparivanje se pospješuje toplinom usisanog zraka i motora (npr. zagrijavanje usisne grane).

Pomoću leptira gasa upravlja se količinom usisane gorive smjese (kvantitativno upravljanje, promjenom koeficijenta punjenja), a time i snagom i brojem okretaja motora.



### **3.3.1. Vrste rasplinjača**

Prema položaju usisnih cijevi motora i smjeru strujanja zraka u rasplinjaču, razlikujemo: silazne, položene i nagnute.

Silazni rasplinjači se najčešće ugrađuju, jer kod njih smjesa goriva i zraka u cilindre ulazi u smjeru djelovanja sile teže. Položeni i nagnuti rasplinjači omogućuju vrlo kratke usisne putove i male ugradne visine, a ugrađuju se ispod glave motora.

Prema broju i funkciji mješaćkih komora, rasplinjači mogu biti:

1. Jednostavni i registarski, za jednu usisnu cijev. Kod registarskog (stupnjevanog) rasplinjača veći leptir otvara tek kad je manji potpuno otvoren,
2. dupli registar i dupli rasplinjač,
3. višestruki - koriste se za odvojene usisne grane,
4. istotlačni, rade s promjenljivim presjekom ljevka i približno konstantnim podtlakom,
5. rasplinjači sa zasunom, koriste se kao rasplinjači motorkotača.

### **3.3.2. Konstrukcija jednostavnog rasplinjača (karburatora)**

Osnovni dijelovi rasplinjača:

1. dio prigušne zaklopke (leptira gasa) s polužjem,
2. kućište,
3. poklopac rasplinjača.

Ako je prigušna zaklopka smještena u kućištu rasplinjača, otpada dio zaklopke. Rasplinjač prati potrebe motora zahvaljujući podsustavima (sklopovima):

1. plovka i hladnog starta (pokretanje),
2. praznog hoda s prijelaznim sklopom,
3. glavne sapnice i naglog ubrzavanja,
4. obogaćivanja smjese i dodatni sklopovi.

Zadatak sklopa je reguliranje dotoka goriva u posudicu, čime se razina goriva održava stalnom u svim radnim uvjetima. Osnovni dijelovi su: kućište plovka, plovak i igličasti ventil.

Plovak pritišće igličasti ventil preko elastičnog jezička, čime je spriječeno blokiranje ventila u svom ležištu (ljepljivi spojevi zapekli bi ga na ležište, pa bi mogli nastati problemi pri pokretanju motora). Stoga je ventil križnog presjeka (3-4 žlijeba, nečistoće ne zaglavljaju). Elastični jezičak (opruga) sprječava vibracije ventila.

Kako rasplinjač ne bi preplavio, razina goriva u lončiću mora biti 2-5 mm ispod otvora glavne sapnice. Preniska razina dati će presiromašnu, a previsoka bogatu smjesu.

Pri pokretanju hladnog motora velik dio isparenog goriva ponovno kondenzira i pada na hladne stijenke usisne grane i cilindra. Pare goriva kondenziraju jer je brzina strujanja premala i pri niskim temperaturama samo jedan dio goriva ostane u parnom stanju. Također, niti podtlak nije dovoljno velik, pa se motor ne može uputiti zbog presiromašne smjese.

Zadatak uređaja je stvoriti vrlo bogatu smjesu (do 1:3 što odgovara pet puta bogatijoj smjesi od normalne:  $\lambda$  oko 0,2) koja će i u hladnom prostoru izgaranja, usprkos kondenzaciji, još uvijek biti zapaljiva (u cilindru pada na  $\lambda$  oko 0,9).

Izvedbe uređaja za startanje hladnog motora različite su, najčešće:

1. tupfer - ugrađen je u komoru plovka. Pritiskom se potopi plovak, pa gorivo preplavi rasplinjač. Nedostatak ove izvedbe je što gorivo slabo isparava i razrjeduje uljni film na stijenkama cilindra. Koristi se samo u rasplinjačima sa zasunom na mopedima
2. startna zaklopka (Choke valve, dalje: čok ili čak leptir). Čok se može aktivirati ručno i automatski.

Startna automatika - uređaj je kod kojeg se otvaranje i zatvaranje čoka izvodi potpuno automatski.

Automatsko djelovanje postignuto je spiralnom bimetalnom trakom koja na promjenu temperature reagira promjenom svojih dimenzija. Bimetalna traka može se grijati električnom otpornom žicom, rashladnom tekućinom ili ispušnim plinovima. Čok je ekscentrično postavljen, pa pomaže startnoj automatici u otvaranju.

Često se koristi kombinacija zagrijavanja otpornom žicom i rashladnom tekućinom. Električna struja nakon davanja kontakta za paljenje postavlja čok leptir pri hladnom startu kao i kod upućivanja toplog motora.

Grijanje rashladne tekućine dodatno utječe na postavljanje čoka kod toplog motora. Električno grijanje može se isključiti termo ili vremenskim prekidačem. Kombiniranim zagrijavanjem izbjegavaju se brza hlađenja samo električnog grijanja bimetalne trake pri prekidu rada toplog motora i presporog zagrijavanja bimetalne trake samo rashladnom tekućinom.

#### 1. Pulldown mehanizam – topli start

Pulldown mehanizam pripada startnoj automatici. Zadatak mu je nakon upućivanja otvoriti čok na odgovarajuću vrijednost da bi se spriječilo stvaranje prebogate smjese. Čok se otvara mehanički, pomoću klipića na kojeg djeluje podtlak.

#### 2. Prisilno otvaranje čoka - Wide open kick (hladni start)

Zadatak ovog sklopa je mehaničko prisilno otvaranje čoka pri davanju gasa iako je motor još hladan. Time se sprječava stvaranje prebogate smjese, nakon neuspjelog starta ili presauganog hladnog motora, ventiliraju se usisne grane i svjećice.

### **3.3.3. Sklop praznog hoda s prijelaznim sklopom**

U praznom hodu brzina je strujanja zraka u difuzoru premala (pre mali podtlak) da bi gorivo moglo biti usisano iz glavne sapnice. Najveći podtlak zbog najveće brzine strujanja zraka javlja se na pritvorenom leptiru gasa, pa se smjesa praznog hoda stvara u tom prostoru.

Kako je na praznom hodu leptir gasa pritvoren, to u cilindre ulazi mala količina svježe smjese koja se miješa s relativno velikom količinom već izgorjelih plinova (količina zaostalih plinova izgaranja gotovo je jednaka na svim režimima rada). Stvorena smjesa je teško zapaljiva i slabo gori, te bi na praznom hodu motor radio nesigurno. Stoga na praznom hodu rasplinjač mora stvoriti bogatu smjesu, a uređaj za paljenje pomjera paljenje na ranije (dalje od GMT-a). Za siguran rad motora potrebno je imati sklop praznog hoda kojemu pripadaju:

1. sapnica zraka praznog hoda
2. sklop za davanje dodatnog goriva i prijelazni provrti u mješačkoj cijevi.

Smjesu praznog hoda čine osnovna i dodatna smjesa praznog hoda. Ovim se dobiva povoljnije izgaranje (manje štetnih tvari u izgaranim plinovima) i jednostavnija regulacija praznog hoda.

Osnovna smjesa praznog hoda - gorivo za osnovnu smjesu praznog hoda struji iz komore mjesačke cijevi preko glavne sapnice, sapnice zraka praznog hoda (zapravo, kombinirane sapnice gorivo-zrak) i vijka osnovne smjese u komoru miješanja.

Dodatna smjesa praznog hoda - gorivo za dodatnu smjesu struji iz komore mješačke cijevi kroz izlaz dodatne smjese. S dodatnim zrakom koji se miješa prije i poslije lijevka, tvori smjesu čiju se količinu regulira vijkom dodatne smjese (vijak za broj okretaja). Osnovna i dopunska smjesa izlaze ispod leptira gasa u komoru miješanja. Nakon zaustavljanja motora (isključivanja paljenja) zatvara elektromagnetski ventil i sprječava naknadni rad motora (još nekoliko radnih taktova nakon gašenja).

Ovaj sklop mora omogućiti glatki prijelaz rada sa sustava praznog hoda na sustav glavne sapnice, tj. prijelaz s praznog hoda na djelomično opterećenje. Otvaranjem leptira gasa pada podtlak na otvoru smjese praznog hoda, ali na otvoru glavne smjese stvoreni je podtlak još uvijek nedovoljan za usisavanje goriva. Bez uređaja za prijelazni režim motor ne bi glatko prihvatilo-kratkotrajno bi ostao bez dovoljno goriva. Otvaranjem leptira povećava se brzina strujanja, a time i podtlak, na prijelaznim provrtima, bypas provrtil, pa počinje izlaziti dodatna količina goriva koja nadomješta trenutačni manjak i gušenje motora u prijelaznom režimu.

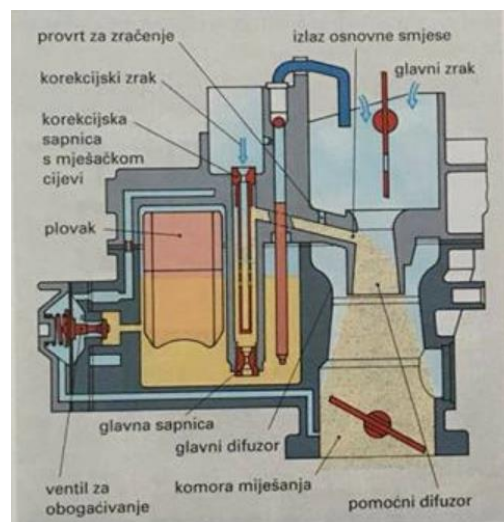
Daljnjim otvaranjem leptira smanjuje se brzina strujanja zraka na prijelaznim provrtima i otvoru smjese praznog hoda, pa se prekida istjecanje goriva. Rasplinjač prelazi na sustav glavne sapnice. Sklop glavne sapnice

Osnovni dijelovi sustava glavne sapnice:

1. glavna sapnica,
2. sapnica korekcijskog zraka i
3. mješačka cijev.

Zadatak ovog sustava je usisati i raspršiti gorivo, te pomiješati ga sa zrakom u pravilnom omjeru u cijelom području djelomičnog opterećenja motora. Rasplinjač daje siromašnu smjesu.

Slika 8. Sklop glavne sapnice



Izvor: Popović, 2004: 67

Motor sa siromašnom smjesom ne može razviti punu snagu no u ovom se području rada zahtijeva samo štedljiv pogon (i što manja emisija štetnih tvari). Otvaranjem leptira gasa i povišenjem brzine strujanja zraka podtlak u difuzoru naglo raste. Gustoća zraka se pri većem podtlaku smanjuje, dok se gustoća goriva praktički ne mijenja (gorivo je tekućina) i zbog toga smjesa postaje sve bogatija. Kako rasplinjač mora na cijelom području djelomičnog opterećenja stvoriti siromašnu smjesu, mora se izvesti kompenzacija koja se postiže tzv. pneumatskom regulacijom - zrak se dodaje gorivu prije nego što ono dođe u zračnu struju. Dobra strana ovakvog načina je stvaranje homogenije smjese. Kad je motor izvan pogona, razine goriva u mješačkoj cijevi i komori mješačke cijevi jednake su. S povišenjem broja okretaja (i povišenjem podtlaka u lijevku rasplinjača) opada razina goriva u mješačkoj cijevi, a raste u komori. Sve je više slobodnih provrta na mješačkoj cijevi kroz koje prolazi zrak usisan preko korekcijske sapnice zraka, i gorivo se sve više upjenjuje. Ovim dodavanjem zraka spriječilo se obogaćivanje smjese otvaranjem leptira.

Dodatni sklopovi povoljno djeluju na potrošnju goriva i olakšavaju rad motora. Grijanje prijelaznih provrta-sprječava možebitno zaleđivanje provrta. Elektromagnetski isključni ventil-sprječava možebitno produženi rad motora nakon isključivanja paljenja. Grijanje usisne grane-sprječava kondenzaciju goriva na stijenke grane. Sklop naglog ubrzavanja. Zadatak sklopa za naglo ubrzavanje je dobiti do datnu količinu goriva kod naglog otvaranja leptira.

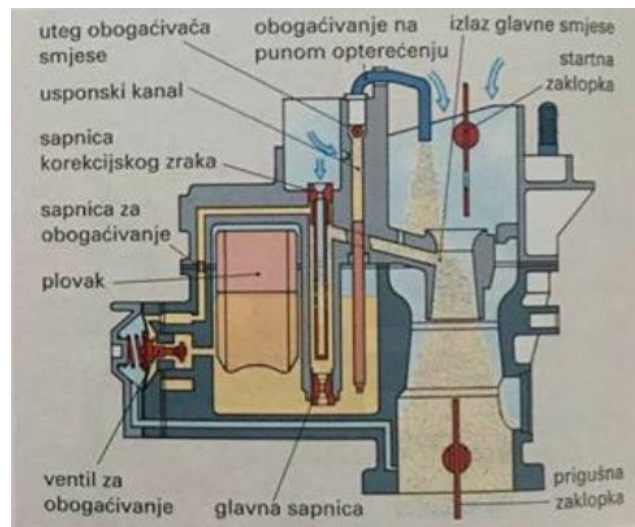
U usisnoj se cijevi pri naglom otvaranju leptira naglo smanjuje podtlak, što dovodi do naglog povišenja brzine strujanja zraka. Tekuće gorivo u kanalima rasplinjača ne može zbog tromosti slijediti povećanje količine zraka, pa smjesa postaje siromašna. Ta je pojava izraženija na nižim brojevima okretaja kad je leptir pritvoren, a u usisnoj cijevi vlada veliki podtlak. Pri naglom otvaranju leptira zbog presiromašne smjese može doći do izostanka paljenja, a izgaranje goriva može se toliko usporiti da se protegne i na takt usisa. Tada može doći do požara rasplinjača.

Ovaj se problem rješava ugradnjom pumpice koja ubrizgava dodatnu količinu goriva pri naglom otvaranju leptira (približno 1-3 cm<sup>3</sup>, ovisno o radnom volumenu motora). Tijekom kontinuiranog rada motora, pumpica ne djeluje.

#### 1. Sklop za obogaćivanje smjese

Osnovni dijelovi sklopa su cijev za obogaćivanje smjese sa sapnicom (usponska cijev) i pneumatski upravljani ventil za obogaćivanje.

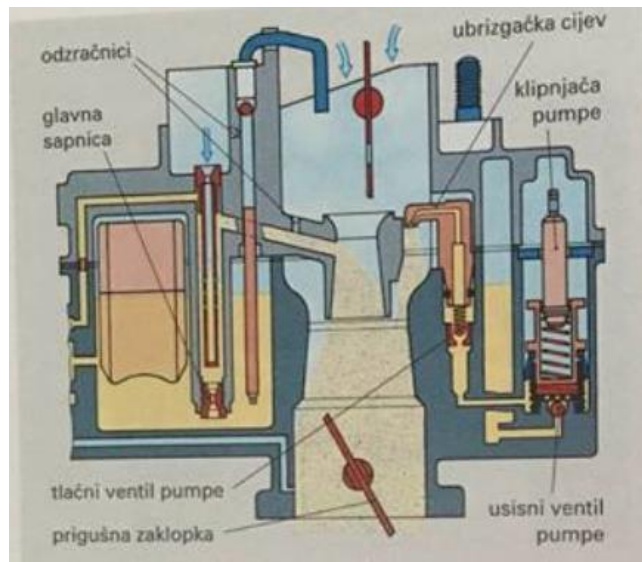
Slika 9. Uređaj za obogaćivanje smjese



Izvor: Popović, 2004: 68

## 2. Uređaj za ubrzavanje (akceleraciju)

Slika 10. Uređaj za akceleraciju



Izvor: Popović, 2004: 68

Zadatak uređaja je obogatiti smjesu kako bi motor u režimu punog opterećenja mogao razviti maksimalnu snagu. Na malom i srednjem broju okretaja podtlak nije dovoljno velik da usiše dodatnu količinu goriva iz cijevi za obogaćivanje, ali na visokim se brojevima okretaja toliko

poveća da gorivo počne izlaziti kroz cijev (obogaćivanje na punom opterećenju). Početak određuje uteg obogaćivača smjese (kuglica). Pri obogaćivanju na djelomičnom opterećenju dodatna se količina goriva dovodi preko ventila za obogaćivanje sustavima glavne sapnice ili praznog hoda. Dodatnu količinu goriva može dati i pumpa sklopa za naglo ubrzavanje.

Ne može li se pokrenuti motor (ili se u radu zaustavi), potrebno je provjeriti sustav paljenja i dovod goriva do rasplinjača. Tek nakon toga traži se mogući kvar na rasplinjaču. Za temeljito čišćenje potrebno je rasplinjač rastaviti, uključujući i sapnice (najbolje u ultrazvučnoj kupki, inače prati u čistom gorivu s kistom ili krpicom koja ne ostavlja vlakna). Svi kanali, filtri i sapnice propuhuju se stlačenim zrakom.

Smetnje u radu najčešće su posljedica začepljenih sapnica, filtra ili provrta. Stoviše, i kapi vode uzrok su smetnjama, jer zbog velikog napona površine u finim kanalićima smanjuju protok goriva. U zimskim mjesecima voda može zalediti i potpuno spriječiti protok goriva. Ugradnjom finog filtra goriva s odvajanjem vlage mogu se takve smetnje potpuno otkloniti.

Na nepropusnost se moraju provjeriti plovak i igličasti ventil, brtve i ventili pumpe. Leptir gasa i čok leptir moraju biti lagano pokretni, i ne smiju imati suviše veliku zračnost na osovinicama: sekundarni zrak prolazi pored osovinice leptira gasa, pa rasplinjač stvara siromašnu smjesu. Sekundarni zrak može proći i kroz oštećene spojeve iza rasplinjača i najveće smetnje radi pri upućivanju i na praznom hodu. Presiromašna smjesa teže se pali i sporije izgara, pa dovodi do prezagrijavanja i pada snage motora. Mjesta koja propuštaju mogu se otkriti pomoću spreja za otkrivanje propuštanja ili pjene sapuna. Sapnice i igličasti ventili ne smiju biti oštećeni. Promjeri sapnica provjeravaju se šablonima. Otisnuti brojevi na rasplinjaču moraju odgovarati tehničkim podacima.



## 4. ZAKLJUČAK

Otto-motori, prije svega benzinci s vanjskim kao i unutarnjim izgaranjem i stvaranjem smjese prema radnim taktovima, motori mogu biti četverotaktni - imaju zatvorenu (odvojenu) izmjenu plinova, a radni ciklus odvija se unutar 4 takta (tj dva okretaja radilice) i mogu biti dvotaktni, rade s otvorenom izmjenom plinova, a radni ciklus odvija se u dva takta (jedan okretaj radilice).

Četverotaktni Ottov motor ima četiri osnovna dijela i dodatne sustave; kućište motora - karter (uljno korito), blok motora, glava. poklopac glave i brtva; klipni mehanizam - klipovi, klipnjače i radilica (koljenasto vratilo); razvodni mehanizam-ventili, opruge, klackalice, podizači ventila, bregasto vratilo, remeni ili lančani prijenos; sustav za stvaranje smjese, spremnik, pumpa, filter (pročistač) goriva, usisna cijev, sustav ubrizgavanja; pomoćni sustavi-sustav za paljenje, podmazivanje, hlađenje, ispušni sustav.

Dvotaktni Ottov čine u biti 3 osnovna konstrukcijska sklopa i dopunski pomoćni sustavi; kućište motora-glava, cilindri, kućište radilice; klipni mehanizmi-klip, klipnjača i radilica (koljenasto vratilo); sustav za stvaranje smjese-karburator ili sustav ubrizgavanja, usisna grana te pomoćni sustavi-sustav paljenja, hlađenja, podmazivanja (dozirna uljna pumpa kod podmazivanja svježim uljem), ispušni sustav.

Dvotaktnom motoru nisu potrebni posebni sklopovi za izmjenu plinova (razvodni mehanizam), jer izmjenom plinova upravlja klip prekrivajući otvore u zidu cilindra (okna). Zbog toga je dvotaktni motor jednostavnije konstrukcije od četverotaktnog.

Ottovi motori osobiti su zbog pogonsko gorivo je lakohlapljivo (benzini, alkoholi, plinovi ); stlačivanja smjese goriva izgaranju pri  $v = \text{const.}$  glavno obilježje oto-motora je izgaranje pri konstantnom volumenu: izgaranje se odvija oko GMT-a kad klip ima malu brzinu gibanja, pa se može reći da je promjena volumena izgaranja zanemariva; te promjene snage promjenom količine smjese (leptirom gasa u usisnoj grani), odnosno promjenom koeficijenta punjenja cilindra. Količina smjese mijenja se promjenom položaja prigušne zaklopke.

## LITERATURA

1. Popović Goran; Tehnika motornih vozila; Pučko otvoreno učilište, Zagreb, 2004.
2. <https://www.ecos-psa.hr/motor-s-unutarnjim-izgaranjem/>
3. <https://mrak.org/tag/otto-motor/>

## POPIS SLIKA

Slika 1. Konstrukcija Otto motora.....	2
Slika 2. Konstrukcija dvotaktnog Otto motora.....	8
Slika 3. Prvi takt.....	9
Slika 4. Drugi takt .....	10
Slika 5. Sustav dovoda goriva.....	21
Slika 6. Plastični spremnik goriva.....	22
Slika 7. Princip rada rasplinjača.....	33
Slika 8. Sklop glavne sapnice.....	38
Slika 9. Uređaj za obogaćivanje smjese.....	40
Slika 10. Uređaj za akceleraciju.....	40