

# Sustavi filtracije motornog benzina i dizelskog goriva

---

Štivić, Josip

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:014462>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-06**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

**Josip Štivić**

Zagreb, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

Mentori:

Izv.prof.dr. sc. Davor Ljubas, dipl. ing.

Student:

Josip Štivić

Zagreb, 2016.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se svojem mentoru dr. sc. Davoru Ljubasu na korisnim savjetima i pomoći tijekom izrade ovog rada.

Josip Štivić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:  
procesno-energetski, konstrukcijski, brodstrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Josip Štivić** Mat. br.: 0035187044

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Sustavi filtracije motornog benzina i dizelskog goriva**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Filtration systems for gasoline and diesel engine fuels**

Opis zadatka:

Filtri goriva zauzimaju značajno mjesto u stvaranju preduvjeta za ispravan rad Ottovih i Diesellovih motora. Njihova osnovna funkcija je zaštititi sustav goriva uklanjanjem onečišćujućih tvari (hrđa, druga strana tijela, voda) iz goriva. Kod motora s direktnim ubrizgavanjem goriva koriste se visoki tlakovi pri čemu prisutnost čestica vrlo malih dimenzija (10-20  $\mu\text{m}$ ) ili malih količina vode može stvoriti probleme koji mogu prekinuti rad motora i izazvati trajna oštećenja

U radu je potrebno:

- objasniti uzroke nastajanja onečišćenja goriva za pogon vozila,
- opisati tehnologije filtracije goriva,
- detaljno prikazati sustave filtracije i tipove filtara u ovisnosti o njihovom materijalu, strukturi i prikladnosti za motorni benzin i/ili dizelsko gorivo,
- dati pregled zakonskih i/ili strukovnih smjernica za postupanje (skladištenje, odlaganje) s filtrima za gorivo.

Također je potrebno pronaći i nekoliko praktičnih primjera filtracijskih sustava goriva izrađenih od različitih materijala te ih prikladno opisati uz poseban osvrt na konstrukcijska ograničenja i materijale izrade.

U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:  
25. studenog 2015.


Rok predaje rada:  
1. rok: 25. veljače 2016  
2. rok (izvanredni): 20. lipnja 2016.  
3. rok: 17. rujna 2016.

Predviđeni datumi obrane:  
1. rok: 29.2., 02. i 03.03. 2016.  
2. rok (izvanredni): 30. 06. 2016.  
3. rok: 19., 20. i 21. 09. 2016.

Zadatak zadao:

  
Izv. prof. dr. sc. Davor Ljubas

Predsjednik Povjerenstva:

  
Prof. dr. sc. Igor Balen

## SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	I
POPIS SLIKA .....	II
SAŽETAK.....	III
1. UVOD.....	1
2. UZROCI NASTAJANJA ONEČIŠĆENJA GORIVA.....	2
2.1. Voda.....	3
2.2. Gljivice i bakterije.....	4
2.3. Voda zaprljana hrđom.....	5
2.4. Zrak.....	5
2.5. Parafin.....	6
2.6. Asfalti.....	7
3. TEHNOLOGIJE FILTRACIJE GORIVA.....	8
3.1. Zarobljavanje čestica u mreži vlakana filter medija .....	9
3.2. Površinska i dubinska filtracija .....	10
3.3. Propustljivost filtera.....	12
4. SUSTAVI FILTRACIJE I KONSTRUKCIJSKE IZVEDBE FILTERA ZA GORIVO...	14
4.1. Sistem distribucije i ubrizgavanja goriva.....	15
4.1.1. Transferne pumpe .....	15
4.1.2. Sistemi ubrizgavanja goriva.....	17
4.1.3. Sistemi dobave goriva.....	20
4.2. Podjela filtera .....	22
4.2.1. Filteri prema materijalu i konstrukciji filtera.....	22
4.2.2. Podjela filtera prema strukturi.....	24
4.2.3. Podjela tipova filtera prema principu separacije vode .....	24
5. ODLAGANJE FILTERA ZA GORIVO .....	30
6. ZAKLJUČAK.....	32
LITERATURA.....	33

## POPIS SLIKA

Slika 1. Čestica veličine 10 mikrometara zarobljena na spoju pokretnih dijelova .....	2
Slika 2. Mikroorganizmi u obliku sluzi na filteru .....	4
Slika 3. Elementi oštećeni zbog hrđe u vodi .....	5
Slika 4. Načini privlačenja čestica .....	9
Slika 5. Razlike dubinskog i površinskog filtriranja .....	11
Slika 6. Veličina filtera .....	12
Slika 7. Temperaturna promjena .....	13
Slika 8. Utjecaj vremena na propustljivost.....	13
Slika 9. Shema dovoda i filtriranja goriva u Diesel motoru.....	14
Slika 10. Transferna pumpa na principu dijafragme .....	16
Slika 11. Zaobilazna cijev zupčaste pumpe .....	17
Slika 12. Ejektor.....	18
Slika 13. Sustav dovoda goriva koji koristi seriju filtera .....	20
Slika 14. Sustav dovoda sa filterom na strani potlaka.....	21
Slika 15. Sistem dovoda sa filterom na strani pretlaka .....	21
Slika 16. Filter goriva za traktor IMT uložak.....	23
Slika 17. Dubinski filter .....	23
Slika 18. Usporedba filtera prema strukturi .....	24
Slika 19. Primarni separator sa konusnom preprekom.....	25
Slika 20. Dubinski separator .....	26
Slika 21. Centrifugalni separator.....	27
Slika 22. Polupropusni separator vode .....	27
Slika 23. Turbinski filter i separator.....	28
Slika 24. Ventil za ispuštanje vode (lijevo ručni, desno autoamtski) .....	29
Slika 25. Obrađivači opasnog optada u RH [3].....	31

## **SAŽETAK**

Tema završnog rada je " Sustavi filtracije motornog benzina i dizelskog goriva ". Ovim radom objašnjeni su uzroci nastajanja onečišćenja goriva za pogon vozila. Opisane su tehnologije filtracije goriva te prikazani sustavi filtracije i tipovi filtara u ovisnosti o njihovom materijalu, strukturi i prikladnosti za motorni benzin i/ili dizelsko gorivo. Na kraju je dan pregled zakonskih smjernica za postupanje (skladištenje, odlaganje) s rabljenim filtrima za gorivo.



## **1. UVOD**

Motori s unutarnjim izgaranjem danas su neophodni za cijeli svijet. Današnji motori s unutarnjim izgaranjem vrlo su kompleksni sustavi, kako kod Ottovih tako i kod Diesellovih motora filtriranje goriva predstavlja važnu ulogu za njihov nesmetan rad. Kod današnjih motora s unutarnjim izgaranjem pretežno se koristi direktno ubrizgavanje goriva, kod kojeg je zbog velikih tlakova (preko 2000 bara kod Diesel motora) i fine izrade brizgaljki za gorivo kvalitetna filtracija nužna za siguran i dugotrajan rad.

Filtracija goriva počinje od same rafinerije u kojoj se dobiva gorivo, nastavlja se kod pretakanja goriva iz cisterne u rezervoare, kod pretakanja iz rezervoara u vozilo i završava filtriranjem goriva u vozilu pred samo izgaranje u motoru. Za filtriranje goriva potrebni su nam adekvatni filtri za gorivo. Filtri za gorivo zaduženi su za uklanjanje onečišćivača (hrđa, voda, mikroorganizmi, asfalti, zrak, parafini itd.) iz goriva, a samim time za nesmetan rad motora i dug životni vijek.

U ovom radu prikazat će se uzroci nastajanja onečišćenja goriva za pogon vozila te navesti koji su to najveći onečišćivači goriva. Opisati će se tehnologije kojima se može filtrirati gorivo, koje se tehnologije koriste u Diesellovim motorima, a koje u Ottovim motorima. Prikazati će se sustavi filtracije i tipovi filtara u ovisnosti o njihovom materijalu, strukturi i prikladnosti za određeno gorivo. Uz sve to na kraju će se dati pregled zakonskih smjerenica za postupanje sa korištenim filtrima za gorivo.

## 2. UZROCI NASTAJANJA ONEČIŠĆENJA GORIVA

Gorivo može biti onečišćeno na više načina, prašinom, hrđom, vodom, zrakom. Za većinu sistema isključujući sistem sa direktnim ubrizgavanjem najopasniji abrazivni elementi su oni veličine između 5 i 15 mikrona. Razlog tome je što pokretni dijelovi sistema za ubrizgavanje, iako izgledaju oštro, zapravo su lagano zaobljeni i na taj način oslobađaju prostor da zarobe česticu prašine (Slika 1). Te čestice mogu oštetiti sistem za ubrizgavanje a time narušiti kvalitetan rad motora. Čestica ostane zarobljena u zazoru, a pokretni mehanizam tokom rada lomi tu česticu prašine i time se habaju dijelovi sistema za ubrizgavanje. Čestice reda veličine iznad i ispod ovih čestica nisu tolika opasnost za pokretne mehanizme iz razloga što manje čestice prolaze kroz te zazole bez dodira sa elementima, odnosno bez utjecaja na sustav, dok veće čestice jednostavno ne mogu ući u te zazole. Kod filtriranja filtriramo uvijek do neke razine čestica, tako da smo zapravo uz suzbijanje najopasnijih čestica između 5 i 15 mikrona suzbili i one veće čestice[1].



**Slika 1. Čestica veličine 10 mikrometara zarobljena na spoju pokretnih dijelova**

Najčešća oštećenja su oštećenja klipnog mehanizma pumpe za ubrizgavanje goriva i oštećenja brizgaljki za gorivo kojima i malo oštećenje mijenja svojstva rada i način ubrizgavanja. U slučaju da je brizgaljka oštećena gorivo ne može biti pravilno raspršeno, to rezultira lošim izgaranjem i dogorijevanjem goriva, a to na kraju povlači lošu iskoristivost motora, zagađenje okoliša, bacanje neizgorenoga goriva u atmosferu, nepravilan rad motora, loše performanse motora i skupocijene popravke. Da bi se to spriječilo gorivo mora biti kvalitetno filtrirano, a fitri za gorivo redovno mijenjani. Neredovita promjena filtra za gorivo može rezultirati lošom filtracijom goriva i nedovoljnom količinom dostavljenog goriva motoru. U tom slučaju motor

ima slabije performanse, a može se dogoditi da zbog slabe dobave goriva motor prekine sa radom[1].

Filtracija goriva počinje u samoj rafineriji iz koje gorivo izlazi čisto. Problem onečišćenja goriva dolazi kod transporta, skladištenja i pretakanja goriva. Sve to zahtijeva da se gorivo filtrira kroz seriju filtera da bi spriječili ulazak bilo kakvih nečistoća u sistem dovodnje odnosno ubrizgavanja goriva. U daljnjem tekstu navesti ćemo neke od mogućih onečišćivača goriva[1].

## 2.1. Voda

Voda je najčešći i jedan od najnepovoljnijih zagađivača goriva. Gore je navedeno da gorivo iz rafinerije dolazi relativno čisto, ali kod pretakanja goriva dolazi do utjecaja okoline i u gorivo ulaze onečišćivači. Voda najčešće dolazi u gorivo kondenzacijom na stijenkama spremnika za gorivo. Pri višoj temperaturi zrak može apsorbirati više vlage u plinovitom stanju, padom temperature vlaga prelazi u kapljevину, a to se manifestira kondenzacijom na stijenkama spremnika za gorivo koje su hladnije od okolnog zraka. Voda koja se nalazi u gorivu treba biti odstranjena, a razlog tome je njezina štetnost na sustav za dovod goriva. Štetnost vode u gorivu manifestira se npr. korodiranjem čeličnih dijelova, mogućnošću oštećenja brizgaljki uslijed kavitacije, uzrokuje habanje dijelova uslijed slabog podmazivanja, pospješuje rast i razmnožavanje mikrobioloških organizama. Voda ne sagorijeva pa samim time smanjuje ogrijevnu vrijednost goriva, a time i snagu motora. Uslijed niske temperature voda se u gorivu kristalizira što uzrokuje tešku pokretljivost goriva i dodatno začepljenje filtera. U doticaju s materijalom filtera voda stvara dodatan problem koji se manifestira nabreknućem filtera za gorivo koji u tom slučaju apsorbira vodu. Ovakvo nabreknuće smanjuje vijek trajanja filtera te narušava dobro filtriranje goriva iz razloga što su sada pore filtera popunjene vodom. Utjecaj vode može biti znatno smanjen nekim jednostavnim principima filtriranja goriva. Najvažnije svojstvo koje nam može pomoći u efikasnom uklanjanju vode iz goriva je to da je gustoća vode veća od gustoće goriva. Voda i gorivo ne miješaju se tako da voda ima tendenciju da pade na dno rezervoara odnosno separatora za vodu. Problem kod filtriranja vode nastaje u slučaju kada nam se separator vode nalazi na strani pretlaka u sustavu za dovod goriva. U navedenom slučaju gorivo koje sadrži vodu prolazi kroz transfernu pumpu koja relativno velike kapljice razbija na male kapljice na molekularnoj razini. Takvo razbijanje kapljica uzrokuje nastanak emulzije goriva i vode, koju je sada puno teže razdvojiti. Za nastalu emulziju koriste se kompleksniji sistemi koji koriste centrifugalne sile da bi razdvojile vodu

od goriva, za razliku od prirodnog separiranja koji bi trajao danima, ovakva separacija se odvija relativno brzo, odnosno dovoljno brzo da bi naš sustav dovodnje goriva prolaskom kroz ovakve tipove separatora doveo čisto gorivo do sistema za ubrizgavanje[1].

## 2.2. Gljivice i bakterije

Ovi mikroorganizmi žive u vodi a hrane se ugljikovodicima iz goriva. Problem ovih mikroorganizama je taj što se oni razmnožavaju jako brzo i jednom kad uđu u sistem teško ih se riješiti. Ovi mikroorganizmi su obično smeđe, crne ili zelene boje ali mogu biti u bilo kojoj boji. Najčešći oblik mikroorganizama su alge. Alge dolaze u gorivo putem nesterilne vode koja se dovodi u gorivo, kako je već objašnjeno u poglavlju 2.1. Kondenzacijom vode na stjenkama spremnika za gorivo, pretakanjem goriva itd. Alge se jako brzo razmnožavaju, a neki oblici mogu u 20 minuta poduplati svoju populaciju. Ovi mikroorganizmi stvaraju sluzavi sloj, u obliku mulja (Slika 2), na filteru goriva i na ostalim dijelovima sistema za dovodnju goriva i ubrizgavanje goriva, a u kratkom roku blokiraju filter goriva, te se zaštopaju cijevi dovoda goriva . Taj sloj mulja, odnosno sluzi, može biti do 0,5 cm debljine. Prvo što ćemo zamjetiti kod zaprljanja goriva algama je neugodan miris sličan mirisu pokvarenih jaja. Kad su jednom ušli u sustav dobave goriva, mogu se jedino uništiti biocidima, sa uvjetom da se prethodno pročisti sustav dobave goriva. Kod mikroorganizama nije jedini problem to što smanjuju protok goriva u sustavu dobave goriva nego i pospješuju korodiranje čeličnih dijelova sa kojima dolaze u kontakt, a to dalje uzrokuje uništenje sistema za dovod i ubrizgavanje goriva. Preventivno ne možemo puno učiniti da bi spriječili ulazak bakterija, ali možemo paziti na kvalitetu goriva koju sipamo u vozilo[1].



Slika 2. Mikroorganizmi u obliku sluzi na filteru

### 2.3. Voda zaprljana hrđom

Voda zaprljana hrđom je zapravo otopljeni željezov hidroksid u vodi, a ona se najčešće nalazi u gorivu koje je skladišteno u starim korodiranim spremnicima za gorivo. Takvo gorivo zaprljano vodom i hrđom vrlo brzo zaštopa filtere goriva te ako se dogodi da se spremnik goriva zaprlja ili u nekom slučaju korodira svaki novi filter će biti kratkog vijeka. U slučaju da voda zaprljana hrđom dođe do sistema za ubrizgavanje, vrlo brzo pospješuje korodiranje dijelova sistema za ubrizgavanje te ih na taj način uništava (Slika 3). Dijelovi koji su korodirali trebaju biti zamijenjeni jer se iz posljedica korodiranja događaju nepravilnosti u radu motora, slabe performanse te u krajnjem slučaju prestanak rada motora ili potpuno uništenje dijelova sistema za ubrizgavanje.[1].



Slika 3. Elementi oštećeni zbog hrđe u vodi

### 2.4. Zrak

Zrak je jedan od značajnijih onečišćivača goriva. Zrak u gorivu može uzrokovati probleme u radu motora, a u krajnjem slučaju može uzrokovati i prestanak rada motora. Zrak u gorivu u spremniku nije vildjiv, ali već kod manjeg pada tlaka formira se mjehurić. Mjehurić zraka često se može zamjeniti mjehurićem pare goriva, ali to nije isto iz razloga što ispareno gorivo ima svoju ogrijevnu moć za razliku od mjehurića zraka koji u gorivu smanjuje ogrijevnu vrijednost, jer smanjuje predviđenu količinu goriva na način da zauzima određeni volumen u

gorivu, koji je bio predviđen za gorivo i time narušava rad motora. Problem kod zraka u gorivu je upravo taj što na molekularnoj razini nije vidljiv, tek kada se spoje više molekula zraka dolazi do formiranja mjehurića zraka koji onda može biti odstranjen iz goriva[1].

Zrak u gorivu predstavlja problem iz razloga što kod raspodjele goriva u brizgaljke u onoj brizgaljki u kojoj se nađe zrak lako se može dogoditi da se preskoči zapaljenje goriva, što rezultira trzajima motora. Kod slabijih motora zrak u gorivu može uzrokovati prestanak rada motora iz razloga što motor nema dovoljno inercije da nadvlada taj nedostatak paljenja goriva. Kod novijih motora sa elektronskim ubrizgavanjem goriva, upravljački sustav motora prepoznaje zrak kao nedostatak goriva te potom gasi motor[1].

Još jedan problem sa zrakom je taj što ima manju viskoznost od goriva i kao takav može izaći (ući) kroz otvore kroz koje gorivo ne može izaći, a to se najčešće događa na raznim spojevima sistema za ubrizgavanje uslijed lošeg brtvljenja, pukotinama na cijevima dovoda goriva, na filterima za gorivo itd. Problem sa pukotinama je da na strani potlaka zrak ulazi u sistem za ubrizgavanje, a okom tu pukotinu ne možemo vidjeti jer kroz nju gorivo ne izlazi. Neke dijelove sistema za ubrizgavanje možemo provjeriti imaju li pukotina, npr. filter goriva. Filter goriva provjeravamo na način da ga skinemo sa sistema te ga stavimo pod pritisak zraka od 0,3-0,7 bar i stavimo u ulje ili vodu. Ako vidimo mjehuriće, znači da nam filter propušta zrak, u suprotnom filter je ispravan. U sistemima za ubrizgavanje nalazi se povratna cijev u spremnik goriva, a na filteru goriva postoji ventil za odvod zraka. Taj ventil je spojen na povratnu cijev tako da zrak pomiješan sa određenom količinom goriva biva vraćen nrag u spremnik goriva. Na taj način sprečavamo gorivu da bude ispunjeno zrakom. Još jedna prednost povratne cijevi je da odvodi višak topline iz sistema za ubrizgavanje upravo tim gorivom[1].

## 2.5. Parafin

Parafin u gorivu sam po sebi nije onečišćivač već jest dio goriva. Kod dizelskog goriva zimi postoji problem smanjenja pokretljivosti goriva, a da bi se osigurala dobra pokretljivost goriva temperatura zamućenja goriva i temperatura stiništa trebaju biti što niže[1].

Kod temperature zamućenja goriva dolazi do izlučivanja kristala parafina i vode što dovodi do zamućenja goriva. Zamućenjem goriva drastično pada pokretljivost gorivu i kao takvo teško dolazi do sistema za ubrizgavanje. To rezultira slabom dobavom goriva u motor što za posljedicu ima nepravilan rad motora te opadanje performansi motora. Padanjem temperature ispod temperature zamućenja dolazi do formiranja mreže parafina koja smanjuje pokretljivost

goriva, a najniža temperatura pri kojoj se još može uočiti kretanje goriva naziva se stinište. Kad se postigne temperatura stiništa gorivo se više ne kreće te u tom slučaju motor ne može raditi. Da bi se osigurala dobra pokretljivost dizelskog goriva postoji nekoliko načina da to osiguramo[1]. Neki od njih su:

- Proizvodnja neparafinskih goriva
- Ekstrakcija prafina iz goriva
- Dodavanje lakih komponenti u gorivo (teški brnzin ili motorni petrolej)
- Dodavanje aditiva za poboljšavanje protoka pri nižim temperaturama
- Ugrađivanje grijača u sustav za dovod goriva

## **2.6. Asfalti**

Asfalti nisu topljivi u gorivu, a često se nalaze u njemu. To su krhke i lomljive čestice koje se često nalaze na dnu spremnika za gorivo, iz razloga što imaju veću gustoću od goriva. Kada dođu do sistema za dovod goriva, odnosno do filtera za gorivo, vrlo brzo zaprljaju filter, što podrazumjeva da je potrebna zamjena filtra goriva. Ako te čestice dođu do pumpi za gorivo, odnosno sistema za ubrizgavanje, vrlo lako mogu oštetiti te sustave i uzrokovati prestanak rada motora te skupocijene popravke[1].

### 3. TEHNOLOGIJE FILTRACIJE GORIVA

Za dobro razumijevanje filtracije goriva potrebno je objasniti što je to filtracija i koje su osnovne podjele filtracije. Dva osnovna tipa razdvajanja goriva od nečistoća su filtracija i sedimentacija. Filtracija je postupak u kojem kroz filter medij propuštamo tekućinu, koji onda čestice većeg volumena zadržava na sebi, a čestice manjih volumena propušta. Tim postupkom u ovisnosti o propusnosti filtera za gorivo propuštamo čestice manjih dimenzija a veće zarobljujemo. Ideja filtra za gorivo koji radi na gore navedenom principu je da se u što manje prostora smjesti što više materijala koji filtrira gorivo. Problem kod ovakvog sustava filtriranja je pad tlaka prolaskom kroz filter, uslijed viskoznosti fluida i sitne mreže filtera kroz koju fluid mora proći, što zahtjeva dodatne pumpe za gorivo[1].

Sedimentacija je odvajanje tekućina, odnosno materijala, uslijed različite gustoće tekućina, što pod utjecajem gravitacije rezultira odvajanjem tekućina veće gustoće prema dnu, a tekućina manje gustoće prema gornjem dijelu. Ako imamo zahtjeve za bržom odnosno učinkovitijom separacijom, onda koristimo centrifugalne sustave koji pospješuju sedimentaciju dodatnim centrifugalnim silama. Centrifugalnim silama možemo postići veće iznose sile od gravitacije, a to je glavni razlog zašto je onda pospješena i sedimentacija[1].

Kod filtracije goriva postoji veliki raspon dimenzija čestica koje onečišćuju gorivo, od onih koje su okom vidljive u obliku sitnih kamenčića, do onih ultra finih čestica oku nevidljivih. Upravo zbog velikog raspona dimenzija čestica zahtjevi za filtracijom nailaze na poteškoće. U slučaju kada bi stavili filter koji pročišćuje od ultra finih čestica, tada bi se on vrlo brzo zaprljao krupnim nečistoćama i potom bio neupotrebljiv. Kada bi stavili grubi filter u sustav, očistili bismo gorivo samo od velikih čestica, ali u tom slučaju bi nam sustav za ubrizgavanje vrlo brzo stradao. Iz gore navedenih razloga pametno je koristiti filtere u seriji, a na taj način uspjevamo, uz relativno dug vijek trajanja filtera, uspješno suzbiti onečišćivače goriva širokog raspona dimenzija. U seriju filtere postavljamo na način da prvo pročistimo krupne čestice, to možemo nazvati makro filtracijom, koja ima raspon filtriranja čestica od 5 $\mu$ m do 1mm, potom slijedi mikro filtracija sa rasponom filtriranja čestica od 0.1 $\mu$ m do 5 $\mu$ m, a filtracija čestica dimenzija ispod 0.1 $\mu$ m se naziva ultra filtracija. Ultra filtracija je zapravo filtracija najmanjih čestica. Ispod toga postoje još nano filtracija i reverzna osmoza, a razlika nano filtracije i ultra filtracije je u principu filtriranja. Kod nano filtracije nemamo vidljivih čestica onečišćivača, nego imamo homogenu otopinu, od koje odvajamo onečišćivače na

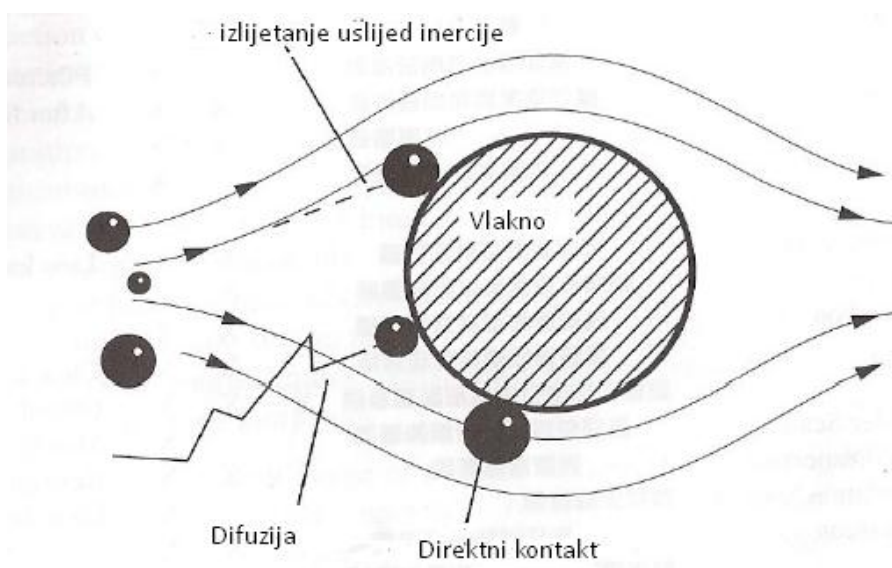


principu reverzne osmoze, kod koje imamo polupropusnu membranu bez fizičkih rupa na sebi, ali kod povišenog tlaka otopine, u ovom slučaju gorivo sa onečišćivačem, propuštamo gorivo kroz polupropusnu membranu a nečistoća ostaje, tako dobivamo pročišćeno gorivo[1].

Iz svega ovoga zapravo vidi se da je svrha filtra za gorivo jednostavna, a to je da pročisti gorivo od raznih nečistoća i time osigura nesmetan rad motoru. U današnjim motorima s unutarnjim izgaranjem koriste se sustavi za ubrizgavanje goriva izloženi ekstremno visokim tlakovima te su izrađeni u visokoj toleranciji. Kao što se vidi iz gore navedenog, zahtjevi za kvalitetnim filtriranjem goriva su visoki iz razloga što i vrlo mala količina nečistoće u gorivu može oštetiti precizno izrađene dijelove sustava za ubrizgavanje te time narušiti ispravan rad motora i uzrokovati skupocijene popravke. Filtri se ponašaju kao mreža koja propušta dolazeće gorivo sa česticama ispod određene veličine, a čestice veće od prolaza ostaju zarobljene u filtru[1].

### 3.1. Zarobljavanje čestica u mreži vlakana filter medija

Glavni mehanizam prijanjanja čestica vlaknu jesu Van Der Walsove sile, koje nastaju uslijed različito nabijenih čestica, u ovom slučaju vlakna filtera medija i čestice nečistoće. Van Der Walsove sile su slabe privlačne sile, ali dovoljno su jake da bi zadržale česticu nečistoće na vlaknu filtera medija. Iz razloga što su ove sile dosta slabe, udaljenost čestice i vlakna mora biti jako mala da bi se ostvario kontakt. Čestica koja je jednom prihvaćena za vlakno kasnije se ponaša kao dio vlakna i dalje privlači ostale čestice nečistoća. Ovaj princip filtriranja je jako pametan iz razloga što tim principom produžujemo radni vijek filteru za gorivo[1].



Slika 4. Načini privlačenja čestica

U filter mediju strujanje fluida može se razmatrati kao laminarno. Strujanje se može predočiti strujnicama kao na slici (Slika 4) . Strujnice obilaze oko vlakna u obliku prepreke, Svojom viskoznošću sa sobom nose čestice nečistoća. Postoje tri glavna mehanizma zarobljavanja čestica za vlakno, direktno prijanjanje, izlijetanje čestice uslijed inercije te difuzija uslijed Brownovog gibanja[1].

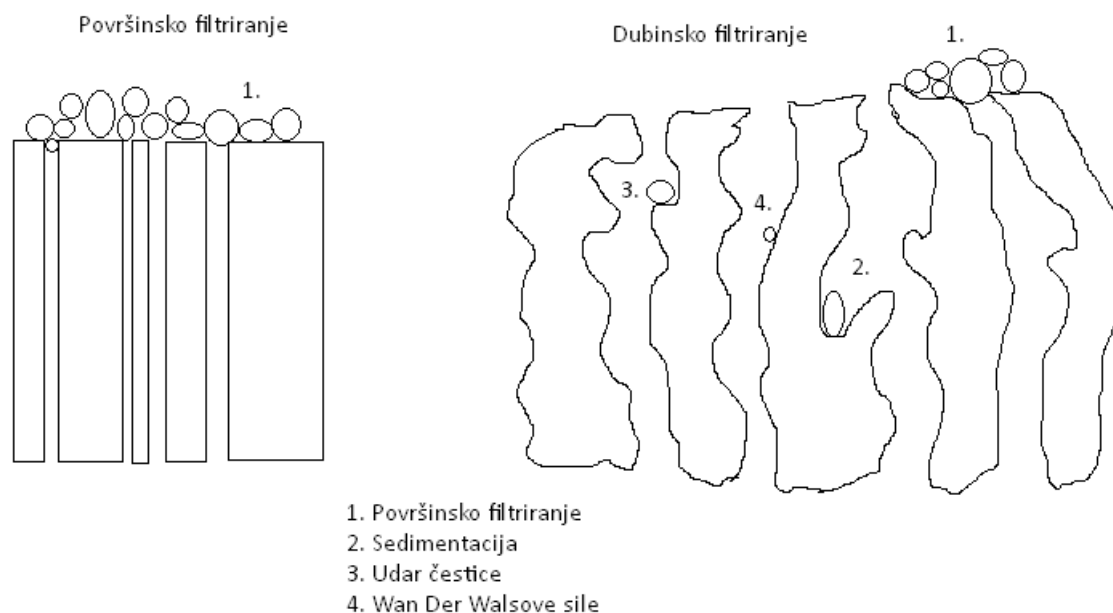
Kada čestica putuje zajedno sa fluidom strujnicama blizu vlakna, može biti zarobljena. Uvjet ovom mehanizmu zarobljavanja čestice jest da udaljenost između čestice i vlakna bude manja od pola radijusa čestice. Ovakvo zarobljavanje čestice događa se po definiciji isključivo na rubu vlakna. Uzrok ovom mehanizmu prijanjanja su Wan Der Waalssove sile[1].

Kada fluid prolazi strujnicama pored vlakna on sa sobom uslijed viskoznosti nosi veće čestice nečistoća. Kada strujnica naiđe na prepreku ona ju zaobilazi, ali čestica sada ima relativno veliku kinetičku energiju izlijeće sa strujnice i udara u vlakno, na taj način čestica biva zarobljena[1].

Manje čestice nečistoća ne putuju zajedno sa strujnicama fluida, već titraju nasumično oko strujnice nepravilnim kretanjama, to kretanje je objašnjeno Brownovim gibanjem. Brownovo gibanje objašnjava upravo pojavu ovakvih gibanja čestica. Prema toj teoriji čestice fluida stalno se nasumično gibaju i udaraju u čestice koje se konkretno mogu vidjeti pod mikroskopom, u ovom slučaju to je mala čestica nečistoće. Uslijed takvog gibanja čestica nakon izvjesnog vremena udara u vlakno i biva zarobljena. Ovakvo gibanje nije primjetno kod većih čestica iz razloga što imaju veći volumen, stoga je manja razlika između broja molekula koje su udarile suprotne strane čestice, te se u tom slučaju ne može zamjetiti Brownovo gibanje[1].

### **3.2. Površinska i dubinska filtracija**

Kada bi se filtracija odvijala samo na površini, čestice nečistoća koje su manje od pore na filteru bi prolazile kroz filter, a čestice veće od pore bi se zadržavale na površini filtera. Kod takvog načina filtriranja potrebna nam je velika površina filtera medija, jer bi se u suprotnom filter vrlo brzo zagušio, odnosno začepio i smanjio protok goriva u sistem, što bi narušilo rad motora. Kod površinske filtracije, filtriranje bi se moglo protumačiti kao procijedivanje tekućine kroz cijedilo koje ima određene pore koje ne propuštaju određenu veličinu čestica, a ispod te veličine čestice prolaze filter[1].



**Slika 5. Razlike dubinskog i površinskog filtriranja**

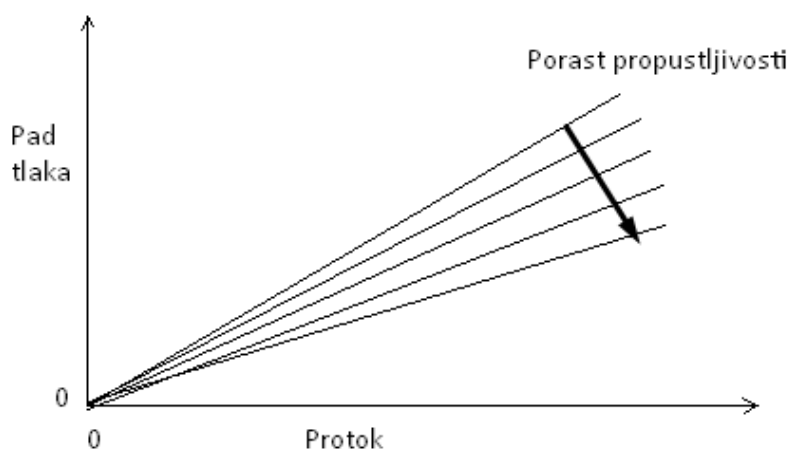
Dubinska filtracija je realniji sustav filtracije a ujedno i kompleksniji sustav filtracije koji pruža filtraciju raznim mehanizmima filtracije. Na slici (Slika 5) vidimo razliku između površinske filtracije i dubinske filtracije gdje je površinska filtracija samo jedan od mogućih mehanizama filtracije. Kod realnog filtera promjer pora kroz koje fluid teče nije jednak te postoje određene nepravilnosti u strukturi filtera u obliku izbočina, suženja, proširenja pora. Sve te nepravilnosti u strukturi filtra možemo iskoristiti za druge mehanizme filtriranja. Kod nepravilnosti pora u smislu zaobljenja same pore i skretanja puta fluidu koji teče kroz filter medij, čestice se mogu naći na jako maloj udaljenosti i tada uslijed djelovanja Wan Der Walsovih sila imamo prijanjanje čestice za filter medij. Čestica koja se na prethodno objašnjen način uhvalila za filter, sada postaje dio filtra te djeluje kao produžetak filter medija. Takvim načinom filtriranja možemo u pori sakupiti mnogo malih čestica nečistoća i filter nam je valjan sve dok te nečistoće ne popune poru, odnosno drastično smanje protok fluida kroz poru. Sljedeći način je sedimentacija unutar filter medija, uslijed nepravilnog oblika vlakna, stvori se određen utor u koji čestica veće gustoće ulazi i ostaje zarobljena. Sljedeći oblik filtriranja je udar čestice u izbočinu filter medija, uslijed velike inercije čestice, čestica nije u mogućnosti slijediti strujnicu fluida te izlijeće iz fluida i udara u filter, te tako

ostaje zarobljena. Svi gore navedeni mehanizmi dubinskog filtriranja koriste nepravilnosti filtera medija da bi uspješno sprečavali prolazak nečistoća u gorivu[1].

### 3.3. Propustljivost filtera

Propustljivost filtera izražava se koeficijentom propustljivosti koji je proporcionalan protoku te gustoći filtera, a obrnuto proporcionalan gustoći fluida. Propustljivost je najjednostavnije opisati grafom krivulja u ovisnosti o padu tlaka i protoku. Propustljivost se može pokazati na primjerima veličine filtera, odnosno površine filtera materijala, temperaturi fluida koji protječe kroz filter te vremenu u kojem se filtracija obavlja[1].

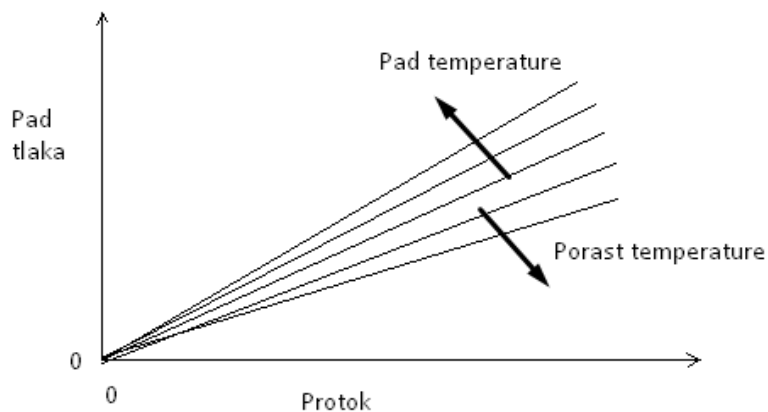
Na (Slika 6.) možemo vidjeti ovisnost pada tlaka o veličini filtera. Pad tlaka u slučaju filtriranja nije poželjan stoga nam je u cilju povećati filtera medij, ali naravno na neku optimalnu vrijednost, jer prema dijagramu uz jednak protok povećavanjem filtera smanjuje nam se pad tlaka. Treba uzeti u obzir da s vremenom korištenja filteru raste pad tlaka zbog zaprljanosti, tako da kod odabira filtera moramo dodatno računati i sa vremenom eksploatacije filtera, a ne samo sa testiranjem novog filtera. Treba naglasiti da je ovaj dijagram napravljen za jedan tip filtera za svojom gustoćom filter medija, koji naravno mijenja uvjete pada tlaka, što je medij gušći imamo veći pad tlaka, a to u slučaju dijagrama rezultira promjenom krivulja[1].



Slika 6. Veličina filtera

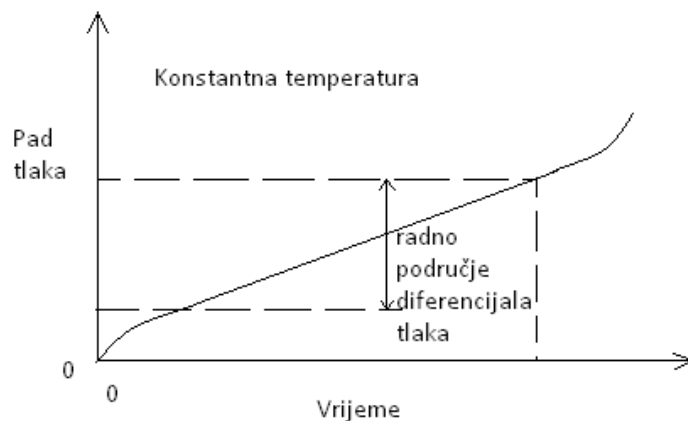
Temperatura fluida uvelike utječe na propustljivost iz razloga što se porastom odnosno smanjenjem temperature u tekućinama drastično mijenja viskoznost. Kod porasta temperature viskoznost fluida opada (Slika 7) i tada dobivamo manji pad tlaka kod istog protoka što automatski veže veću propustljivost fluida. Kod tekućina je puno veća razlika u viskoznosti

kod različitih temperatura nego kod plinova, stoga kod odabira filtera za gorivo trebamo paziti na uvjete u kojima će se filter za gorivo naći. Problem viskoznosti u gorivu predstavljaju niže temperature jer pri nižim temperaturama viskoznost drastično raste, te je pad tlaka puno veći. Dodatni problem kod nižih temperatura jest voda, iz razloga što pri nižim temperaturama voda može smrznuti ili, ako je mala količina vode, stvarati kristale koji vrlo brzo začepe filter goriva. Kod odabira filtera treba imati uvid u to gdje će biti eksploatacija istih, te pravilno predvidjeti mogući nastanak problema[1].



**Slika 7. Temperaturna promjena**

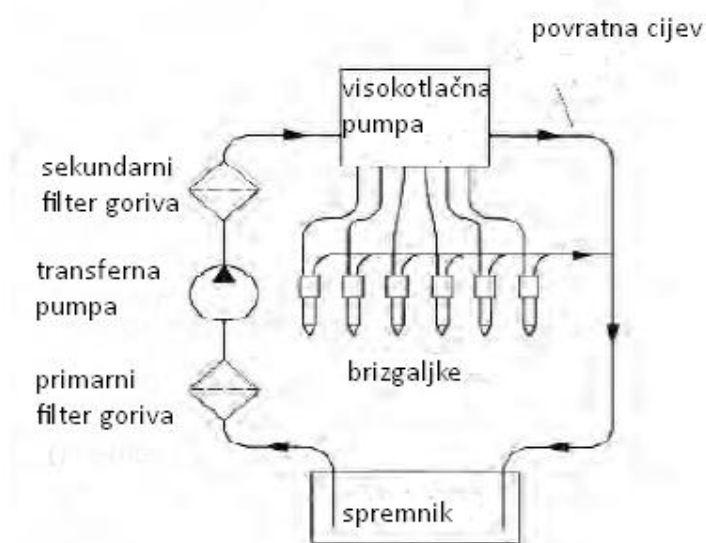
Kod dugog korištenja filtera postoji opasnost od začepljenja istog, stoga je važno predvidjeti kada se treba obaviti zamjena ili čišćenje filtera. Za očekivati je da se filter s vremenom puni nečistoćama i da njegova propustljivost opada. Kada se filter napuni nečistoćama, to se manifestira u velikom padu tlaka i slaboj dobavi goriva, što rezultira ometanim radom motora ili u krajnjem slučaju prestankom rada motora. Kod odabira filtera treba uzeti u obzir da filter neće imati istu propustljivost kao i na početku, nego treba odabrati onaj koji će zadovoljiti uvjete rada u radnom području diferencijala tlaka prema (Slika 8)[1].



**Slika 8. Utjecaj vremena na propustljivost**

#### 4. SUSTAVI FILTRACIJE I KONSTRUKCIJSKE IZVEDBE FILTERA ZA GORIVO

Da bi se moglo govoriti o sustavima filtracije i konstrukcijskih izvedbi filtera za gorivo potrebno je prvo objasniti mehanizam dovoda goriva od spremnika iz rafinerije do samog kraja gdje gorivo sagorijeva u motoru. Potrebno je naglasiti kako se gorivo dobiva u rafineriji iz naftnih derivata koji se postupkom destilacije razdvajaju u daljnje proizvode, a jedni od tih proizvoda su dizelsko gorivo i motorni benzin. U dobivanju goriva kod postupka destilacije većina nečistoća je već u startu izbjegnuta baš iz tog razloga što su destilacijom odvojene samo određene frakcije goriva, te su na taj način izbjegnute nečistoće koje imaju vrelišta u nekom drugom rasponu. Gorivo koje izlazi iz rafinerije je čisto. Kod pretakanja u spremnike i iz spremnika imamo utjecaje iz atmosfere, utjecaje nedovoljno dobro očišćenih ili ne očišćenih cisterni za gorivo. Stoga kod pretakanja goriva iz kamionske cisterne u spremnike benzinskih postaja postoje određeni filteri za sprečavanje ulaska nečistoća u iste. U slučaju pretakanja iz cisterne u spremnik filter se nalazi na kamionu odnosno cisterni, ali prolaskom goriva kroz cijevi odnosno otvaranjem spremnika na crpkama, opet imamo utjecaj okoline stoga se i dalje u gorivu mogu pronaći nečistoće. Kod pretakanja na postajama u sam automobil postoje određeni filteri goriva u samim agregatima za točenje goriva. Kada je gorivo u automobilu opet postoje razni nepovoljni uvjeti iz kojih nam gorivo i dalje bude zaprljano, stoga imamo potrebu dodatno pročistiti gorivo serijom filtera u automobilu[1].



Slika 9. Shema dovoda i filtriranja goriva u Diesel motoru

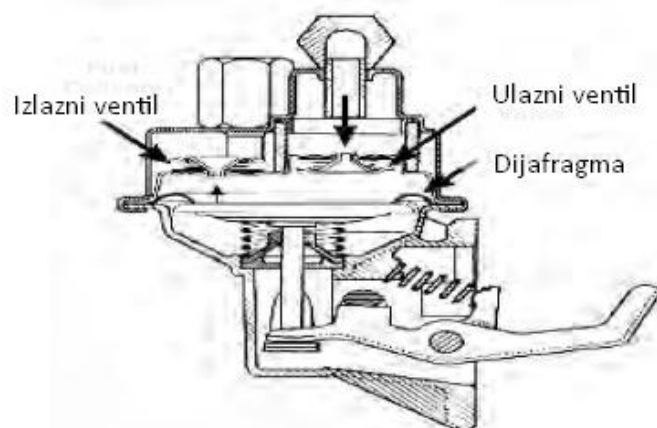
Mehanizam dovoda goriva u automobilu može se objasniti jednostavnom shemom (Slika 9). Polazeći od spremnika za gorivo iz kojeg crpimo gorivo sa gornje strane iz razloga što time sprečavamo jedan dio nečistoća koji se usljed različite gustoće tekućina odnosno čestica zadržava na dnu spremnika za gorivo. Gorivo crpimo transfornim pumpama koje imaju osnovnu zadaću dobave goriva do visokotlačnih pumpi, a tlakovi u njima su (0,3-8) bar. Na strani potlaka nalazi se primarni filter goriva, koji uz grublje filtriranje osigurava nesmetani rad transferne pumpe, a sprečava i prebrzo onečišćavanje sekundarnog filtera za gorivo. Sekundarni filter finom filtracijom osigurava nesmetani rad visokotlačne pumpe, koja zahtjeva finiju filtraciju iz razloga što u njoj tlakovi rastu i do 2000 bar. Kada ta filtracija ne bi bila osigurana abrazivne nečistoće iz goriva bi vrlo brzo narušile pravilan rad motora, a u krajnjem slučaju uništile visokotlačne pumpe što bi zaustavilo rad motora i uzrokovalo skupocijene popravke[1].

#### **4.1. Sistem distribucije i ubrizgavanja goriva**

##### **4.1.1. Transferne crpke (pumpe)**

Kao što je gore navedno transferne pumpe služe da bi opskrbile gorivom sistem ubrizgavanja i na taj način osigurale nesmetan rad motora. Neki tipovi transfornih pumpi mehanički su pogonjeni motorom, što znači da opskrbljuju sustav gorivom samo dok motor radi. S druge strane imamo električne pumpe kojima je najvažnija prednost upravo ta da opskrbljuju gorivom sustav dovoda goriva kada na automobilu damo kontakt i tako pripremaju sustav ubrizgavanja za rad. Kada ne bi bilo transfornih pumpi, visokotlačna pumpa imala bi velike zahtjeve za dobavu goriva i na taj način bi veliki udio svoje snage koristila upravo na dovodnju goriva. U tom slučaju pao bi tlak ubrizgavanja što bi rezultiralo lošim raspršivanjem goriva u motor, lošim sagorijevanjem goriva te osjetnom padu performansi vozila[1].

Pumpe koje rade na principu dijafragme (Slika 10) koriste se na manjim Diesel motorima. Konstruirane su tako da opskrbljuju sistem gorivom pod tlakom od 0,3-0,5 bar neovisno o brzini vrtnje motora. Ove pumpe su pogonjene bregastom osovinom na motoru, a dopuštena razina nečistoća u gorivu je od 150-300 mikrona. Pumpa radi na način da dijafragma potlakom povlači ulazni ventil prema dolje i tako dopušta prolazak goriva u pumpu. Sljedeći korak je promjena smjera gibanja membrane i tada membrana počinje tlačiti gorivo. U ovom slučaju gorivo stlačeno gura ulazni ventil te ga zatvara a izlazni se ventil usljed gibanja fluida otvara. Na taj način membrana jednostavnim principima vrlo efikasno dobavlja gorivo.[1].

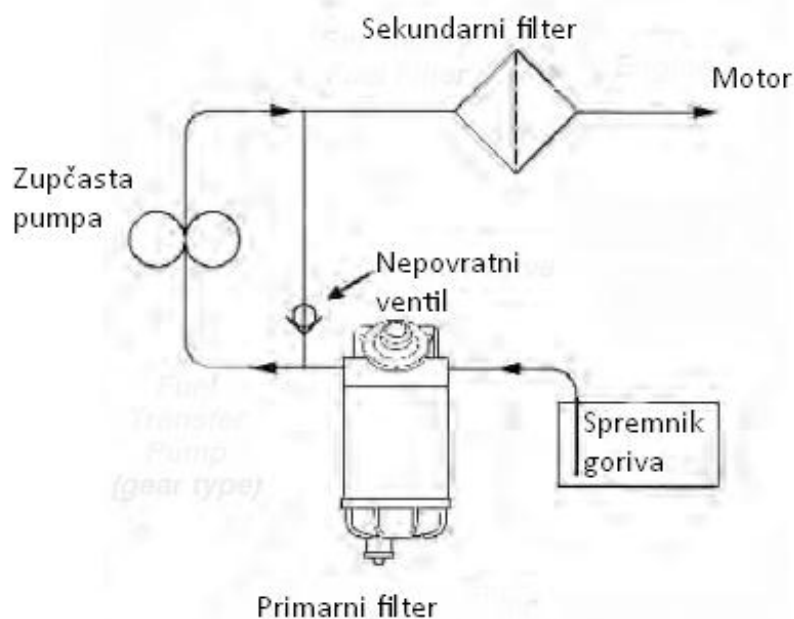


**Slika 10. Transforna pumpa na principu dijafragme**

Klipne pumpe kao što sam naziv kaže rade na principu klipnog mehanizma koji sabija gorivo i tako ga ispostavlja u sistem. Ove pumpe rade na način da za svaki hod klipa imamo pumpanje goriva u sistem. Ove pumpe rade slično kao i dijafragme samo što umjesto dijafragme imamo klipni mehanizam koji ide gore-dolje. Kada klip ide prema dolje potlakom povlači ulazni ventil te povlači gorivo u cilindar. U kretanju prema gore istiskuje gorivo i na taj način se automatski otvara izlazni ventil, a ulazni ventil se zatvara. Klipni mehanizam može biti pokretan raznim izvedbama. Možemo imati klip spojen klipnjačom na neko koljenasto vratilo, a jednostavniji način je staviti oprugu unutar cilindra koja će vraćati klip dolje, a podižemo ga bregastim vratilom. Dopuštena razina nečistoća kod klipnih pumpi ista je kao i kod pumpi koje rade na principu dijafragme a iznosi 150-300 mikrona[1].

Zupčaste pumpe za gorivo su namijenjene za teške uvjete rada, odnosno uz pomoć njih potrebno je osigurati relativno visoke tlakove u sistemu 4-8 bar. Za razliku od prethodnih pumpi malo su veći zahtjevi za čistoćom goriva. Zupčasta pumpa radi na principu sbijanja goriva preko zubi zupčanika, koji zakretanjem zupčanika sabijaju gorivo, zarobljuju ga u prostore između zubi te ga tako prenose na drugu stranu. Dopuštena razina nečistoća je od 20-150 mikrona. Problem zupčastih pumpi je taj što se, kod prvog puštanja u rad motora ili nakon promjene dijelova sistema za ubrizgavanje, ne može ručno napumpati gorivo u sistem, nego je potrebno predvidjeti zaobilaznu cijev sa nepovratnim ventilom (Slika 11), iz razloga što bi u suprotnom gorivo došlo samo do zupčaste pumpe, te bi bilo ne moguće upaliti motor iz razloga što bi se u sistemu za ubrizgavanje nalazio zrak[1].





**Slika 11. Zaobilazna cijev zupčaste pumpe**

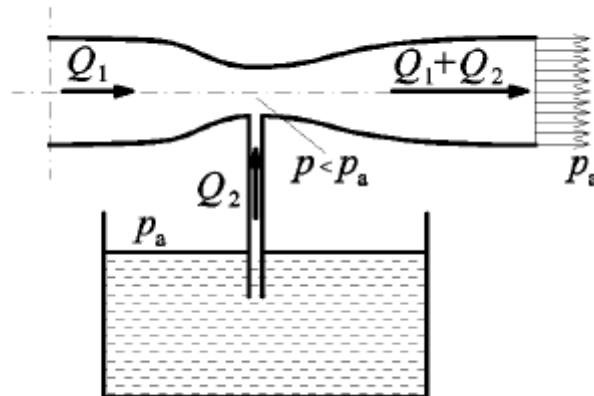
Električne pumpe, za razliku od prethodno navedenih pumpi pogonjenih motorom, snabdjevaju sustav gorivom odmah kada damo kontakt. Pogonjene su elektromotorima stoga su neovisne o radu motora. Ove pumpe najveću primjenu imaju kod automobila, kamiona, manjih brodova. Električnim pumpama postizemo tlakove od 1-4 bar. Kod Ottovih motora smještene su u samom spremniku goriva, jer je spremnik popunjen parama goriva i nema prisutnosti kisika a time nema ni opasnosti od zapaljenja, dok kod Diesel motora postoji mogućnost da se u parama goriva nađe i kisika stoga bi se moglo dogoditi zapaljenje unutar spremnika što bi rezultiralo havarijama[1].

#### **4.1.2. Sistemi ubrizgavanja goriva**

Postoji više vrsta ubrizgavanja goriva, ovdje će se navesti samo neki od njih i objasniti osnovni principi rada koji su važni za daljnje razmatranje pravilnog filtriranja goriva. Važno je napomenuti da je sistem za ubrizgavanje goriva zadužen da ubrizga gorivo u datom trenutku, bilo to u usisnu cijev kod Ottovih motora ili preko visokotlačnih brizgaljki u Diesel motorima[1].

Stari sustavi ubrizgavanja kod benzinskih motora koristili su rasplinjače koji su radili na principu ejektora. Ejektor (Slika 12) funkcionira na način da primarni fluid protoka Q1 prolaskom kroz suženje izaziva smanjenje tlaka, što za posljedicu ima usisavanje sekundarnog

fluida protoka  $Q_2$ , tako da na izlazu imamo protok jednak  $Q_1 + Q_2$  [5]. Takav princip ubrizgavanja goriva je jako dobar sa stajališta rada motora i njegovih performansi, ali sa stajališta zagađenja okoliša i potrošnje goriva je lošiji u odnosu na nove sisteme, tako da se danas više ne ugrađuje u Ottove motore. Ovaj sistem je imao relativno male tlakove u dovodu goriva te relativno velike dimenzije brizgaljki, stoga je i filtracija goriva imala manje zahtjeve za razliku od novijih sistema[1].



Slika 12. Ejektor

Noviji sistemi ubrizgavanja u Ottovim motorima rade slično ubrizgavanju kod Diesel motora, iz razloga što koriste pumpe goriva koje pod pritiskom raspršuju gorivo preko brizgaljki direktno u motor, ili u usisnu cijev. Iz razloga što ovi sistemi koriste veće tlakove ubrizgavanja i sama izrada brizgaljki je u finoj toleranciji, zahtjevi za valjanim filtriranjem goriva su relativno visoki.

U Diesel motorima je potpuno drugačiji princip zapaljenja goriva, jer do zapaljenja dolazi uslijed visokog tlaka i temperature zraka u cilindru, a gorivo se ubrizgava brizgaljkama pod ekstremno visokim tlakovima. Ovisno o tipu ubrizgavanja tlakovi se kreću između 1800 i 2100 bar[1][4].

Za primjer sistema za ubrizgavanje kod Diesel motora možemo uzeti razdjelnu (distribucijsku) pumpu, koja radi na principu klipne pumpe. Pumpa razdjeljuje gorivo na način, da šalje kroz cijevi gorivo prema brizgaljkama, ali tako da je već u pumpi razdjeljeno koja cijev u kojem trenutku biva snabdjevana gorivom. Danas se ovakav sustava može naći samo u starijim Diesel motorima, ali i dalje može parirati novim sistemima za ubrizgavanje. Prednosti ovakvog sustava su relativno jednostavan sistem ubrizgavanja koji je skroz mehaničke naravi, jedino je u novijim modelima ovakvog sustava korišteno elektronsko

podešavanje količine goriva, koje je zamijenilo prethodno korištenu sajlju. Ovakav sustav je dosta jednostavniji od novijih sustava. Održavanje ovakvog sustava nije kompleksno te je upitno koliko su novi sustavi ubrizgavanja goriva štedljiviji, kada se uzmu u obzir troškovi održavanja te trajnost sustava.

Pumpa brizgaljka je kvalitetan sistem ubrizgavanja koji se bazira na principu kako samo ime kaže da svaka brizgaljka ima svoju pumpu za gorivo. Ovaj sustav je dosta dobro radio. Uz malu potrošnju goriva davao je vrlo dobre performanse motora, ali komplicirana izrada i skupo održavanje izbacili su ga iz proizvodnje[1].

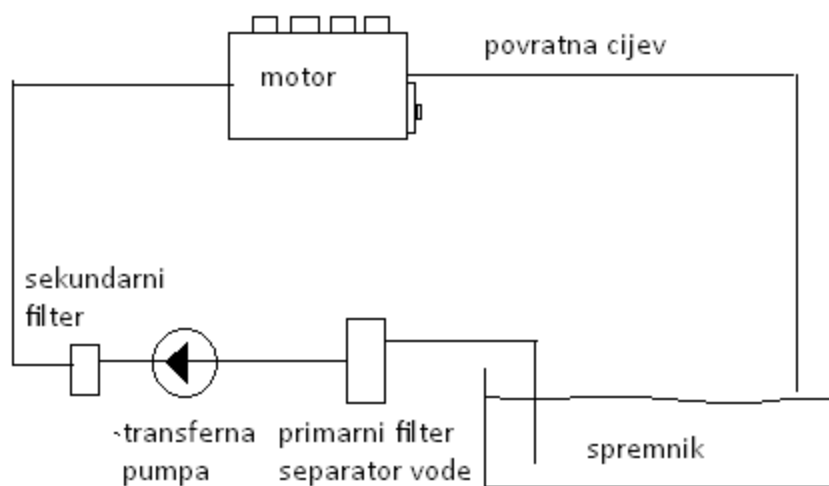
Oba prethodna sustava izbacio je sustav Common rail, koji radi na principu visokotlačne pumpe koja tlači gorivo u zajedničku cijev koja je spojena na sve brizgaljke u cilindrima. Tlak u toj cijevi je konstantan a ubrizgavanje goriva vrši se elektro brizgaljkama, koje se signalom iz kompjutera otvaraju ili zatvaraju u pravo vrijeme. Ovaj sustav je dosta fleksibilan po pitanju podešavanja parametara ubrizgavanja za razliku od prethodnih te se iz tog razloga može postići bolja ekonomičnost potrošnje, a samim time smanjiti utjecaj ugljikovog dioksida u atmosferi. Ovaj sustav je jako kompleksan sustav za razliku od prethodnih te uzima jako puno parametara u obzir kod rada, stoga je izuzetno važno da se gorivo koje ulazi u sistem dobro profiltrira jer u suprotnom može narušiti rad ovog sustava. Prijašnji sustavi bili su manje osjetljivi na nečistoće baš iz razloga preciznosti izrade te kompleksnosti sustava[1].

Prethodno navedeni sustavi, zbog svoje kompleksnosti i točne izrade, zahtjevaju mali udio nečistoća u gorivu. Distribucijske pumpe zahtjevaju smanjenje nečistoća na 4-7 mikrona, pumpa brizgaljka zahtjeva maksimalnu veličinu čestica nečistoća 8-12 mikrona, a Common rail sustav maksimalno 2-4 mikrona.

Temperatura ovih sustava za ubrizgavanje je vrlo visoka, stoga sustavi za ubrizgavanje imaju povratne cijevi u spremnik goriva, koji ne služe samo za odvođenje topline nego i za odvođenje eventualnih zaostataka zraka u sustavu. Povratna toplina iz cijevi se može iskoristiti kod niskih temperatura za zagrijavanje goriva koje tek ulazi u motor. Problem kod povrata topline u spremnik se javlja kada temperatura goriva u spremniku preraste dopuštenu temperaturu, tada su u opasnosti plastični elementi u sustavu, a to su kućišta filtera spremnici goriva cijevi od goriva, te ostali dijelovi sustava za dovod goriva. Stoga kod konstruiranja treba uzeti u obzir utjecaje topline i osigurati dodatno hlađenje goriva, a filtere odnosno ostale dijelove sustava za dovod goriva konstruirati na način da budu otporniji višim temperaturama[1].

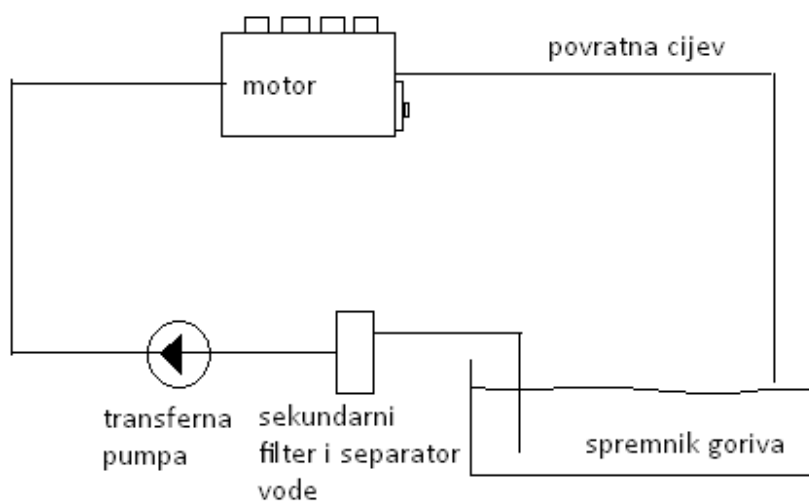
### 4.1.3. Sistemi dobave goriva

Prvo će biti prikazan sustav u kojem imamo primarni filter, sa sprečavanjem nečistoća na razini 10-30 mikrona, zajedno sa separatorom vode na strani potlaka, a na strani pretlaka sekundarni odnosno finalni filter sa sprečavanjem nečistoća razine 1-7 mikrona (Slika 13). Ovakav sustav koristi se za teške uvjete pročišćavanja jako zaprljanog goriva. Zbog toga serija filtera ima jako dobru primjenu iz razloga što primarni filter pročisti veće nečistoće, separira gorivo od vode te zaustavi velike čestice asfalta. Kada ne bi bilo primarnog filtera sekundarni filter bi se vrlo brzo zaprljao i dobava goriva sistemu za ubrizgavanje bila bi narušena, odnosno spriječena. Preporuke kod ugradnje novog primarnog filtera su da potlak ne smije biti manji od -0,74bar, iz razloga što je tada najmanji pad tlaka u sistemu dok je novi filter, s vremenom taj pad tlaka još raste a time dolazimo do slabe dobave goriva u sistem[1].



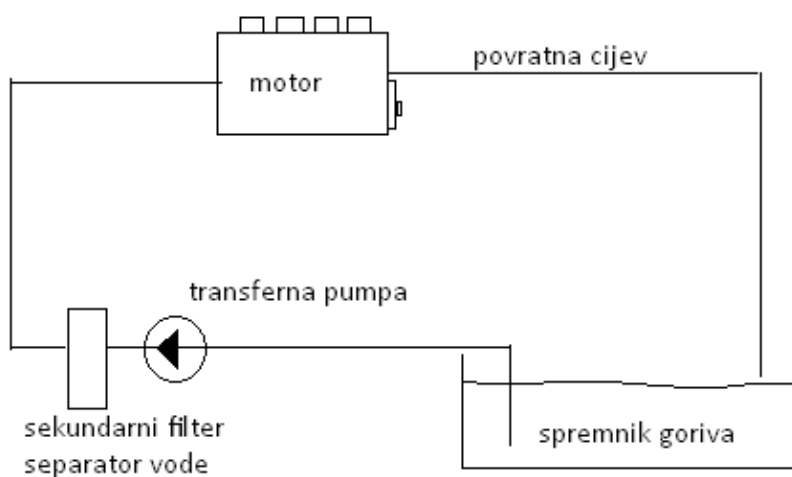
Slika 13. Sustav dovoda goriva koji koristi seriju filtera

Sustav sa sekundarnim filterom i separatorom vode kao cjelinom na strani potlaka (Slika 14) u sustavu dobave goriva osigurava sprečavanje nečistoća razine od 4-7 mikrona i separaciju vode iz sustava. Ovaj sustav osigurava dobro počišćavanje goriva u slučaju da je gorivo relativno čisto pri dolasku u spremnik. U slučaju kada je gorivo zaprljanije jedino loše što se može dogoditi je da se smanji vijek trajanja filtera za gorivo. Prednost ovog sustava su pročišćavanje goriva prije ulaska u transfernu pumpu, koja u suprotnom ima opasnost od oštećenja. Ovaj sustav se koristi kada nam je važno spustiti cijenu sustava, a sustav je adekvatan i zadovoljavajuć za uvjete u kojima će biti eksploatiran[1].



**Slika 14. Sustav dovoda sa filterom na strani potlaka**

Sustav sa sekundarnim filterom i separatorom vode kao cjelinom na strani pretlaka (Slika 15), kao i prethodni sustav sprečava razinu nečistoća 4-7 mikrometara i separaciju vode. Ovaj sustav za razliku od prethodnog ima i mrežicu u rezervoaru koja sprečava razinu nečistoća 100-200 mikrona, a to je potrebno jer bi u suprotnom transferna pumpa bila izložena velikim nečistoćama što bi skratilo vijek trajanja iste. Ovakav se sustav koristi u Diesel motorima u automobilima iz razloga što je kvaliteta goriva dosta dobra i opasnost od oštećenja transferne pumpe nije velika, a čistoća i kvaliteta goriva produžuje vijek trajanja filtera.



**Slika 15. Sistem dovoda sa filterom na strani pretlaka**

Sustavi sa filterima na strani vakuma imaju prednosti što pročiste gorivo za cijeli sustav i ono kao takvo prolazi i kroz transfernu pumpu, a ulazi i u sustav za ubrizgavanje goriva. Mane ovih filtera su te što moraju biti dosta veći da bi spriječili nastanak kavitacije kod toplog goriva[1].

## **4.2. Podjela filtera**

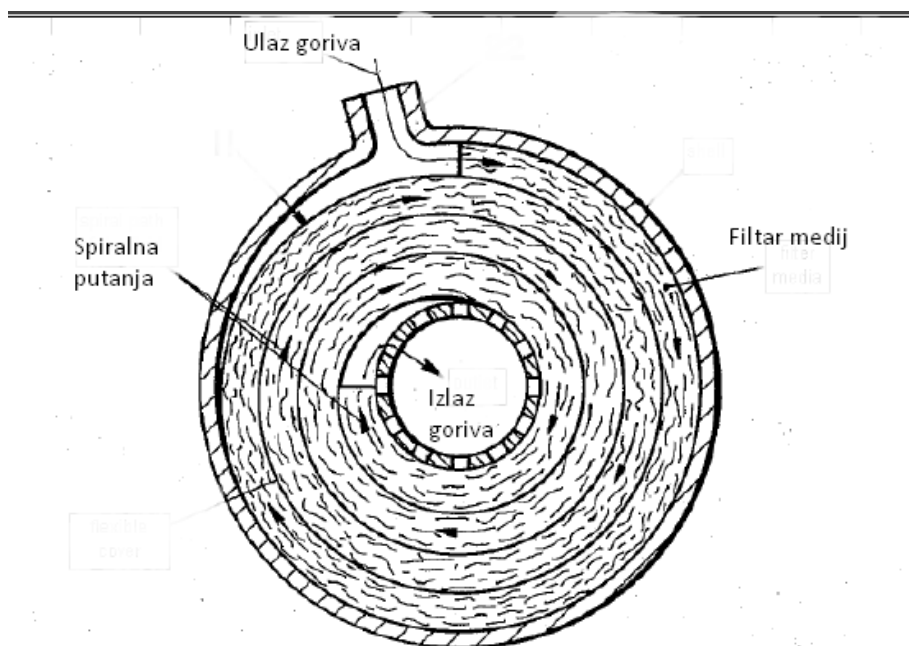
### **4.2.1. Filteri prema materijalu i konstrukciji**

Naborani filter element je često primjenjivan u sustavima filtracije, razlog tome je njegova dobra konstrukcijska izvedba koja podrazumijeva dobro filtriranje, relativno dug vijek trajanja, te male gabarite filtera. Ideja naboranih filtera je da se filter papir oblikuje kao lepeza na način da se presavija u jednu pa u drugu stranu, tako oblikovana lepeza savija se u cilindar. Ovaj način savijanja filter papira ima ulogu što više povećati površinu filter medija te na taj način osigurati dobru filtraciju uz dobar protok goriva te uz dug vijek trajanja filtera. Na rubovima filtra nalaze se prstenovi koji imaju više funkcija, a neke od tih su osiguravanje čvrstoće filtera, te brtvljenje aksijalnih strana cilindra od prolaska goriva. Ovi tipovi filtera mogu se oblikovati oko neke cijevi, koja se nalazi u filteru i služi za čvrstoću nabora filter papira, odnosno da spriječi deformaciju filtera. Kod ovih filtera važno je osigurati čvrstoću lepeze, koja ima ulogu da poveća površinu filter medija, jer bi se u suprotnom uslijed relativno velikih tlakova u filteru deformirala lepeza i na taj način smanjila životni vijek filtera. Gorivo ulazi radialno izvana prema unutra, a potom se odvodi iz središnjeg dijela filtera koji je aksijalno zatvoren sa jedne strane a sa druge strane ima prolaz za gorivo. Filter medij je spremljen u čašicu koja može biti u slkopu filtera ili bude izmjenjiv samo filter medij. Čašica dopušta protok goriva radialno na filter te osigurava drugu stranu filtera da bude dobro zabrtvljena, iz razloga što bi u suprotnom onečišćeno gorivo moglo proći u čistu stranu dovoda za gorivo. (Slika 16) je primjer takvog filtera, u ovom slučaju samo se uložak zamjenjuje u kućištu filtera za gorivo. Kao što vidimo na (Slika 16) oko filtera, sa vanjske strane, nalazi se dodatan gumeni prsten koji ima ulogu štiti filter od deformacija te zadržavati njegovu krutost, a svojim oblikom zadržava i veće nečistoće da ne uđu u filter medij[1].



**Slika 16. Filter goriva za traktor IMT uložak**

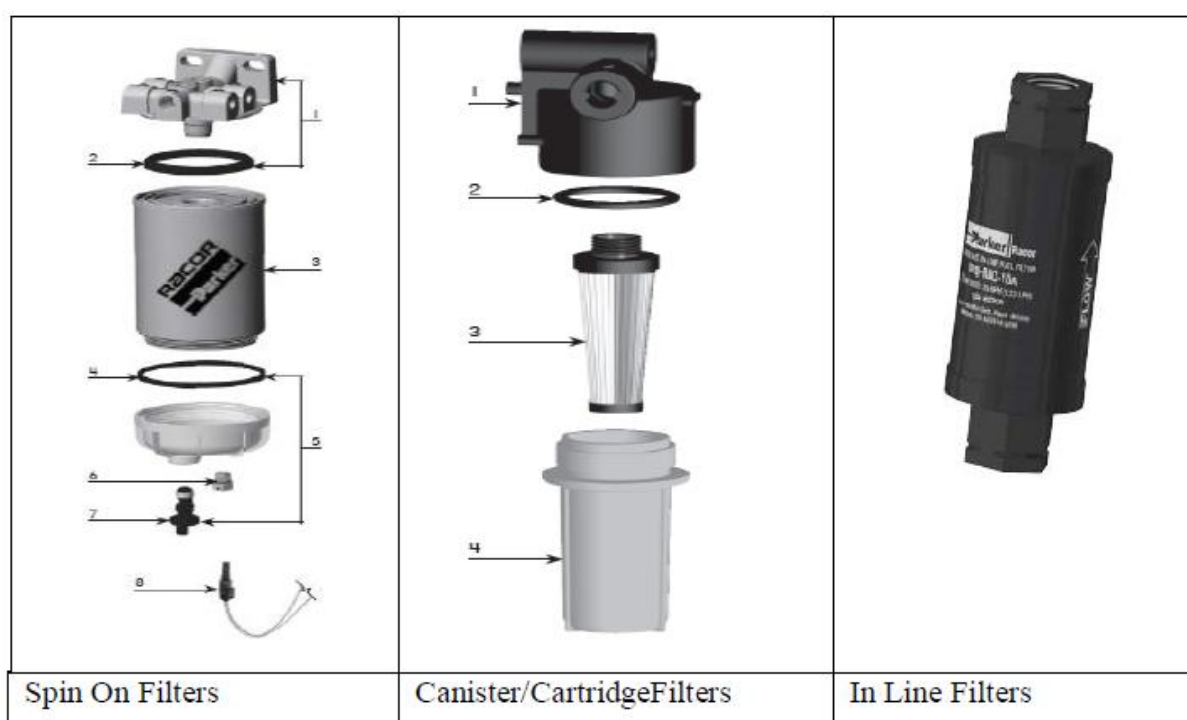
Slojeviti dubinski filter radi na principu dubinskog filtriranja. Ovaj princip zahtjeva dužji prolazak kroz filter medij zbog boljeg čišćenja goriva, uz relativno dobar protok. Kod naboranih filtera problem je postići sprečavanje sitnih nečistoća, odnosno sprečavanje finih onečišćivača uz dobar protok. Da bi se dobar protok osigurao sa finom razinom čišćenja bilo bi potrebno ugraditi filtere jako velikih gabarita, stoga koristimo slojevite dubinske filtere koji rade na principu dubinskog filtriranja objašnjeno u poglavlju 3.2. (Slika 17) prikazuje princip rada dubinskog filtera, koji uz relativno male gabarite, obavlja svoju funkciju kvalitetnom filtracijom goriva[1].



**Slika 17. Dubinski filter**

#### 4.2.2. Podjela filtera prema strukturi

Prema strukturi filteri se mogu podijeliti u 3 skupine a to su filteri u obliku limenke ( eng. Spin on filter) koji se jednostavno našarafe na kućište filtera smješteno na sustavu dovodnje goriva, filteri sa izmjenjivom jezgrom (eng. Cartridge Filters) te in line filteri koji se zamjenjuju kompletno sa kućištem. In line filteri koriste se u manjim motorima, odnosno vozilima te su ekološki dosta neprihvatljivi iz razloga što se cijelo kućište baca sa filter medijem koji je zapravo zaprljan. Ekološki najprihvatljiviji su filteri za izmjenjivom papirnom jezgrom iz razloga što se kućište kao i ostali dijelovi filtera dalje koriste i nije ih potrebno zamjenjivati, za razliku od druga dva tipa filtera kod kojih se skoro cijeli filter zamjenjuje novim. Usporedba filtera prikazana je na (Slika 18)[1][2].



Slika 18. Usporedba filtera prema strukturi

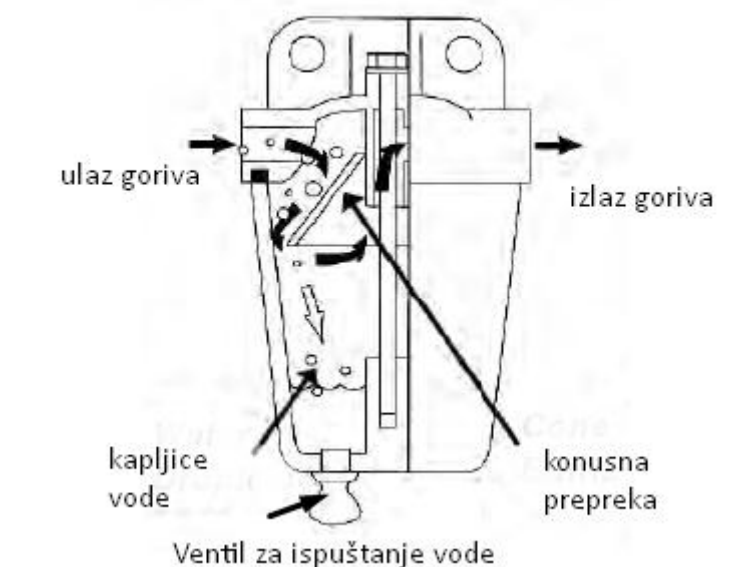
#### 4.2.3. Podjela tipova filtera prema principu separacije vode

U ovom poglavlju bit će prikazani tipovi filtera prema principu separacije vode, te u njima objašnjeni načini na koje se sve voda može separirati odnosno pročistiti iz goriva.

Jedan od možda najjednostavnijih separatora je difuzor ili primarni separator, koji ima namjenu da uspori bujicu fluida koja ulazi u separator, na taj način ostavlja dovoljno vremena da se voda odvoji od goriva prirodnim putem. Iz prethodno navedenih razloga ovaj tip separatora koristi se isključivo u sustavima smještenim na strani potlaka kod dovoda goriva te



u sustavima koji imaju mali protok goriva. Neki tipovi primarnih separatora imaju konusnu prepreku koja ima zadatak dodatno usporiti bujicu goriva i olakšati odvajanje vode (Slika 19).

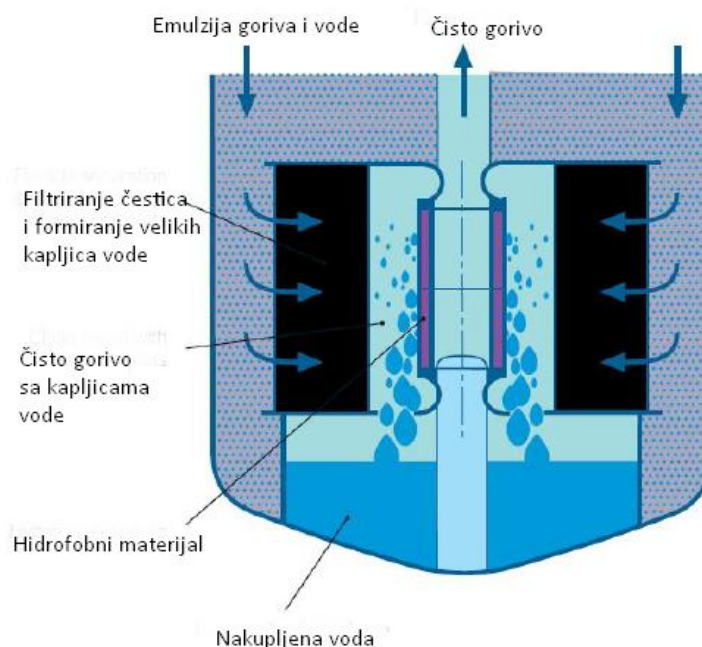


**Slika 19. Primarni separator sa konusnom preprekom**

Problem separatora na strani pretlaka je taj što se moraju pobrinuti za jako sitne kapljice vode koje su prolaskom kroz pumpu napravile emulziju sa gorivom. Kad bi se pustilo prirodnim putem da se te kapljice odvoje od goriva to bi moglo potrajati danima, stoga se koriste separatori koji moraju sakupiti te sitne molekule vode u veće kapljice kako bi osigurali njihovo odvajanje. Separator koji koristi princip spajanja molekula vode u veće kapljice kako bi olakšao njihovo sakupljanje na dnu posude a samim time spriječio ulazak vode u sistem ubrizgavanja zadovoljava prethodno navedene uvjete. Ovi separatori u sebi imaju hidrofobnu prepreku koja pospješuje grupiranje malih kapljica vode u velike kapljice koje je kasnije jednostavno odvesti iz sustava. Ovi sustavi osjetljivi su na niske temperature, već ispod  $15^{\circ}\text{C}$  njihova efektivnost drastično pada[1].

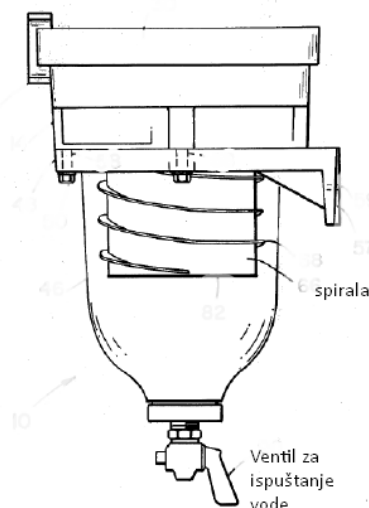
Dubinski separatori koriste se za ozbiljnije sustave kod kojih su zahtjevniji uvjeti dobave goriva. Ovi separatori su napravljeni iz više dijelova, a koriste dubinske hidrofilne filtere kroz koje prolazi emulzija, koja je nastala u transfernoj pumpi. Gorivo u dubinskom filteru biva pročišćeno od čestica nečistoća te se iz molekula vode formiraju veće kapljice vode, koje je sada puno lakše odvojiti. Separacijom se te kapljice nakupljaju na dno kućišta filtera, koje sada mogu biti odvojene iz filtera jednostavnim ispuštanjem. Pred kraj filtracije gorivo prolazi kroz hidrofobnu membranu koja odbija vodu te je tada gorivo potpuno očišćeno(Slika 20Slika 17). Ovi sustavi koriste se u slučajevima gdje su veliki protoci goriva, gdje je temperatura goriva niža od  $15^{\circ}\text{C}$ , gdje je velika količina vode u gorivu, gdje je gorivo

zaprljano asfaltima i kristalima te u sustavima gdje su ograničene dimenzije filtera za gorivo. Ovakvi sustavi zbog svoje kompleksnosti imaju visoku cijenu, te je njihova primjena opravdana samo u uvjetima gdje drugi jeftiniji separatori ne mogu zadovoljiti zahtjeve filtracije, odnosno separacije vode iz goriva[1].



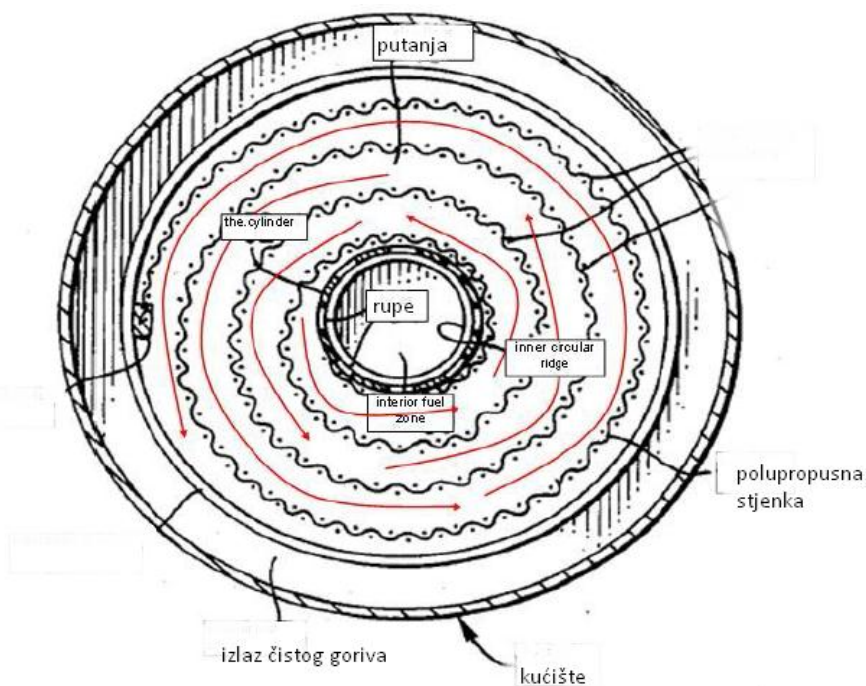
**Slika 20. Dubinski separator**

Sljedeći primjer separatora jest centrifugalni separatori vode koji su konstruirani tako da sadrže zavojnicu oko filtera (Slika 21) koja prolaskom goriva, onečišćenog vodom i ostalim nečistoćama, zbog oblika separatora, centrifugalnim silama razdvaja tekućine različitih gustoća na način da tekućina veće gustoće, u ovom slučaju voda, ima veći radijus od goriva te ima tendenciju da ide uz rub kanala odnosno spirale. Kada dođu do dna posude tekućine se uslijed djelovanja gravitacije razdvoje i tada gorivo odvodimo sa gornje strane, a voda ostaje na dnu posude. Na taj način razdvajaju se tekućine, a voda koja se sada nalazi na dnu kućišta može biti jednostavnim putem odstranjena jednostavnim otvaranjem ventila (Slika 21) na dnu kućišta[1].



**Slika 21. Centrifugalni separator**

Polupropusni separator radi na principu polupropusne membrane koja propušta gorivo ali zadržava vodu, odnosno preusmjerava vodu kroz spiralnu putanju prema (Slika 22) i na taj način ju usporava te uslijed djelovanja gravitacije voda pada na dno posude. Protok goriva u ovom slučaju nije drastično smanjen, točnije zadržan je relativno dobar protok zbog polupropusne membrane koja propušta gorivo. Ovakav sustav efikasno čisti gorivo od vode i od drugih nečistoća[1].



**Slika 22. Polupropusni separator vode**

Turbinski separator (Slika 23) i filter je sustav koji pomoću turbine prisilno uzrokuje centrifugalne sile te na taj način prisiljava vodu i velike čestice nečistoća da se odvoje iz goriva, kada se na rubovima sustava formiraju dovoljno velike kapljice vode tada padaju u spremnik dolje i na taj način gorivo biva očišćeno. U ovom filteru nalaze se i ulošci koji sprečavaju nečistoće na razini 2 mikrona. Ovaj sustav se postavlja u sustav dovoda goriva na stranu potlaka da bi osigurao siguran rad svih elementa sustava dovodnje i sustava ubrizgavanja goriva[1].

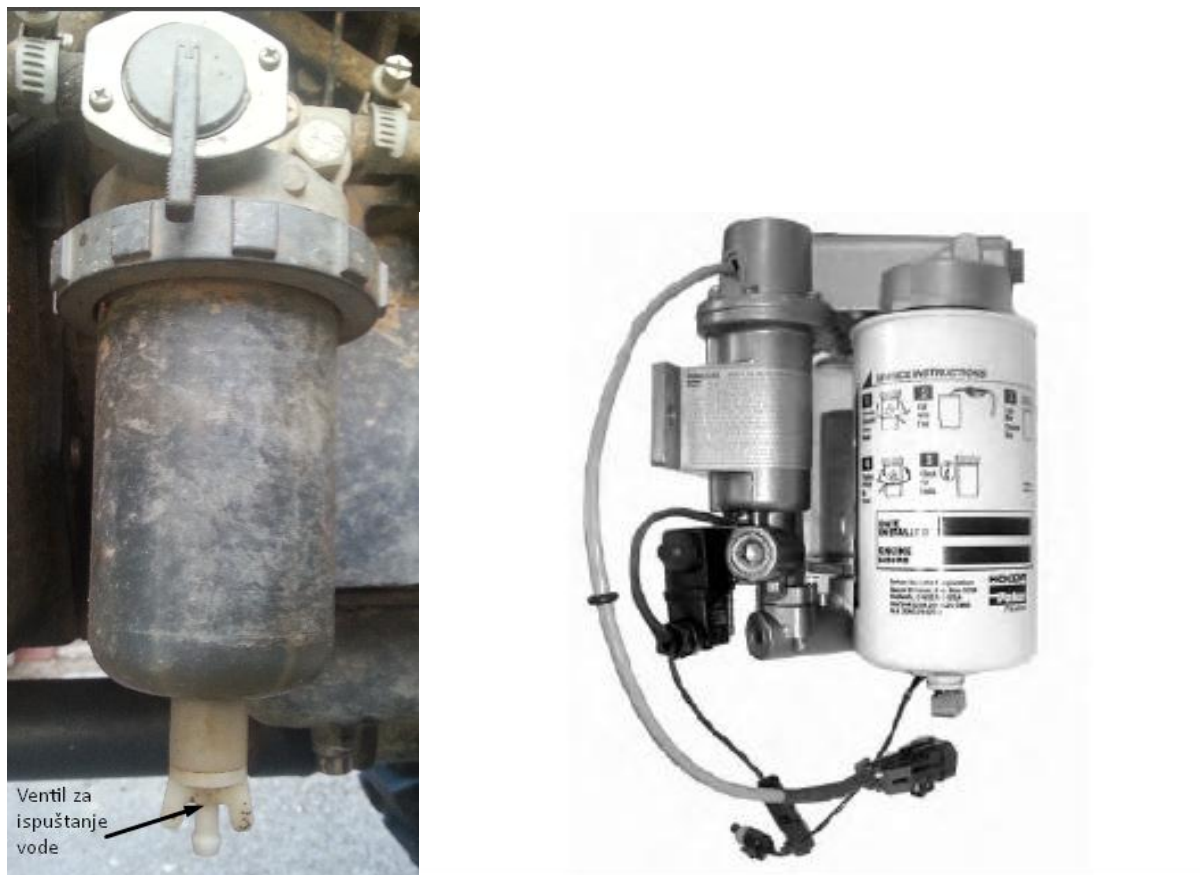


**Slika 23. Turbinski filter i separator**

Još neki od važnih konstrukcija na području separacije vode iz goriva su senzori vode koji rade na jednostavnom principu izolatora odnosno vodiča. Gorivo ne provodi struju, dok je poznato da voda provodi struju. U posudu za odvodnju vode se postave sonde na određenoj udaljenosti, koji u slučaju dodira sa vodom zatvaraju strujni krug odnosno pale određeno upozorenje da treba ispustiti vodu iz separatora. Sonde se proizvode od nehrđajućeg čelika da bi se spriječilo njihovo korodiranje. Senzor se postavlja na relativno visokom mjestu u posudu iz razloga što bi se u slučaju niske pozicije relativno brzo palio, a nije ga dobro staviti niti previsoko iz razloga što trebamo osigurati izvjesno vrijeme da bi osigurali adekvatne uvjete ispuštanja vode. U slučaju da se voda u posudi zaledi senzor to neće prepoznati iz razloga što je led izolator[1].

Odvodnja vode se može vršiti ručno pomoću ventila na donjem dijelu čašice separatora. Ručno ispuštanje vode je relativno jednostavno, kada se sistem napuni vodom jednostavno se otpusti leptir matica koja time otpušta ventil iz kojeg poteče voda. Kada vodu ispustimo

jednostavno našarafimo maticu nazad. Kod automatskih ispuštanja vode sustav koristi prethodno objašnjeni senzor za vodu koji kada zatvori strujni krug pokrene elektroventil i pušta vodu sve dok senzor ne prekine strujni krug (Slika 24) [1].



**Slika 24. Ventil za ispuštanje vode (lijevo ručni, desno autoamtski)**

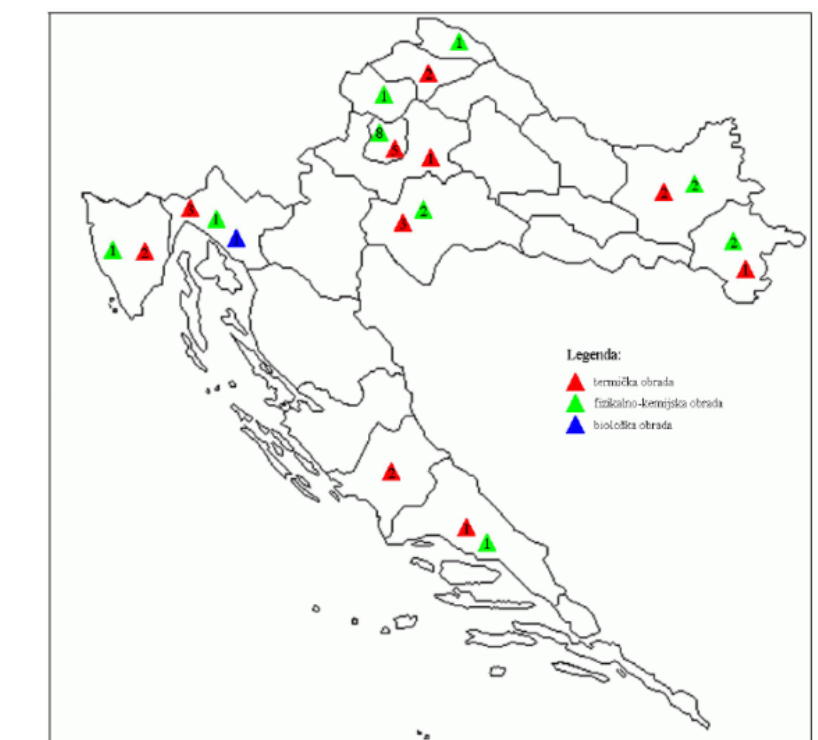
## 5. ODLAGANJE FILTERA ZA GORIVO

U automobilima filteri goriva bi se trebali mijenjati, ako to nije drukčije propisano od strane proizvođača, nakon svakih 30 000 km. U Hrvatskoj se na cestama nalazi oko 1 500 000 registriranih automobila[3]. Prosječan broj prijeđenih kilometara u Hrvatskoj jest oko 15000 godišnje, što znači da godišnje treba 750 000 filtera za gorivo samo u automobilima. Ovaj podatak govori da je zbrinjavanje filtera ekološki ozbiljan problem.

Pod opasni otpad se svrstavaju sve stvari koje su propisno ispitani, te je dokazano da štetno djeluju na ljudsko zdravlje ili očuvanje okoliša. Filteri za gorivo spadaju u tu skupinu i kao takvi imaju posebne uvjete odlaganja i skladištenja. U Hrvatskoj postoje firme koje se bave zbrinjavanjem opasnih otpada. Te firme su zadužene za zbrinjavanje i obrađivanje opasnih otpada, a njihove lokacije su prikazane na (Slika 25). Za opasne otpade postoje strogi uvjeti odlaganja a neki od njih će biti navedeni u daljnjem tekstu.

Skladište opasnog otpada mora biti građevina od čvrstog materijala te mora biti nadkrivena i ograđena ili zatvorena. Skladište mora imati odjeljke da bi se otpad mogao klasificirati po grupama te na taj način lakše, ako je to moguće, reciklirati. Pod u skladištima otpada mora biti izgrađen sa radjelima i nagibima da se osigura zadržavanje prosipanog otpadnog materijala na mjestu predviđenom baš za taj otpad. Sve površine podova, sabirnih kanala i jama moraju biti nepropusne i otporne na djelovanje opasnog otpada. Skladište mora imati osiguranu odvodnju oborinskih voda tako da voda ne može doći u doticaj sa skladištem odnosno onome što je u skladištu. Procjedne vode odlagališta moraju se skupljati posebnim drenažnim sustavom te odvoditi u sabirnu jamu. Na odlagalištu mora se testirati odnosno uzorkovati sastav procijeđenih voda iz sabirnih jama, podzemne vode iz opažračkih bušotina te sastav odlagališnih plinova. Skladište opasnog otpada mora imati odgovarajuću opremu za sigurno rukovanje. Skladište mora biti opremljeno protupožarnim sustavima te ostalom sigurnosnom opremom. Opasni se otpad mora skladištiti u posudama, spremnicima ili drugoj ambalaži za čuvanje i prijevoz opasnog otpada koji moraju imati natpis "Opasni otpad" i naziv vrste opasnog otpada. Posude, spremnici ili druga ambalaža te oznake na njima moraju biti otporni na djelovanje opasnog otpada i sigurni za rukovanje i prijevoz. Ambalaža za otpad mora biti sigurna za rukovanje, punjenje, pražnjenje te nepropusno zatvaranje. Iz razloga same ozbiljnosti opasnog otpada i njegovih štetnih djelovanja skladište mora biti stalno nadzirano te osigurano od ulaska neovlaštenih osoba unutar prostora skladišta. Osobe

zadužene za skladište opasnog otpada moraju imati najmanje višu stručnu spremu iz kemijskog, biotehnološkog, farmaceutskog ili zdravstvenog usmjerenja. Navedene informacije govore da je odlaganje opasnog otpada jedan vrlo kompleksan sustav. U Hrvatskoj, kao što se može vidjeti, postoje uređeni zakoni za odlaganje opasnih otpada, među kojima se nalaze i filteri za gorivo. Nažalost ti zakoni se toliko nisu provodili zadnjih godina, što se moglo vidjeti po neodgovornim odlaganjima otpada na mjestima koja nisu namijenjena za otpad. Danas se zakoni nešto više provode u stvarnom životu, te je zagađenost okoliša uvelike smanjena[6].



Slika 25. Obradivači opasnog optada u RH [3]

## 6. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada bio je objediniti znanja onečišćenja goriva, tipova filtracije te konkretnih konstrukcijskih rješenja istih. U ovom radu opisani su najčešći onečišćivači goriva i koje su nuspojave onečišćenja goriva. Najčešći primjeri onečišćivača su voda, asfalti, zrak, hrđa te mikroorganizmi. Neki od ovih onečišćivača ne djeluju štetno na sam sustav ubrizgavanja goriva, nego se više mogu nazvat smetnjama za pravilan rad motora. Primjer takvog onečišćivača je zrak koji u gorivu uzrokuje smetnje, a u krajnem slučaju prestanak rada motora. Primjer još jednog tipičnog onečišćivača je voda, koja bi, kada ne bi bila pravilno odvođena iz sustava dovodnje uzrokovala uništenje sustava za ubrizgavanje. U ovom radu prikazani su temelji same filtracije i principi odvajanja nečistoća iz goriva te se uz pomoć relativno jednostavnih principa razradila temeljna filtracija goriva. Mehanizmi separacije nečistoća iz goriva mogu se podjeliti u dvije osnovne skupine a to su filtracija i sedimentacija. Filtracija radi na principu zaustavljanja čestica koje imaju veću dimenziju od pora u filteru dok sedimentacija radi na principu različitih gustoća tekućina uslijed kojih se tekućine veće gustoće skupljaju na dnu posude. U radu su navedena i objašnjena konkretna konstrukcijska rješenja filtriranja i sedimentacije nečistoća te su ukratko objašnjeni i prikazani sustavi dobave i ubrizgavanja goriva. Na kraju rada dana je kratka zakonska regulativa u zbrinjavanju filtera za gorivo.



## **LITERATURA**

- [1] Ayranci H.: Design and performance evaluation of a fuel filter, 2010.
- [2] Tehnika motornih voila, POU Zagreb, 2005.
- [3] Božić Lončarić A.:Upravljanje otpadom, Zagreb
- [4] Mahalec, Lulić, Kozarac: Predavanje, Motori s unutarnjim izgaranjem, Zagreb,2013
- [5] Šavar M.: Predavanje, Mehanika fluida, Zagreb,2013
- [6] Uredba o uvjetima za postupanje s opasnim otpadom, ("Narodne novine", broj 34/95), 1998
- [7] Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, Zagreb, 2013.