

# Hidraulički fluidi i elementi za protok fluida

---

**Prpić, Patrik**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies, Rijeka / Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:794241>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-22**



**Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**  
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
POMORSKI FAKULTET**

**PATRIK PRPIĆ**

**HIDRAULIČKI FLUIDI I  
ELEMENTI ZA PROTOK  
FLUIDA**

**ZAVRŠNI RAD**

Rijeka, 2023. godina

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
POMORSKI FAKULTET**

**HIDRAULIČKI FLUIDI I  
ELEMENTI ZA PROTOK  
FLUIDA  
HYDRAULIC FLUIDS AND  
FLUID FLOW ELEMENTS**

**ZAVRŠNI RAD**

Kolegij: Brodska hidraulika i pneumatika

Mentor: mr. sc. Rikard Miculinić

Student: Patrik Prpić

Studijski smjer: Brodostrojarstvo

JMBAG: 0112078224

Rijeka, rujan 2023.

Student/studentica: Patrik Prpić

Studijski program: Brodostrojarstvo

JMBAG: 0112078224

### IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom  
Hidraulički fluidi i elementi za protok fluida  
(naslov završnog rada)

Izradio/la samostalno pod mentorstvom  
prof. mr. sc. Rikard Miculinić  
(prof. dr. sc. / izv. prof. dr. sc. / doc dr. sc. Ime i Prezime)

te komentorstvom \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

stručnjaka/stručnjakinje iz tvrtke \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
(naziv tvrtke).

U radu sam primijenio/la metodologiju izrade stručnog/znanstvenog rada i koristio/la literaturu koja je navedena na kraju završnog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo/la u završnom radu na uobičajen, standardan način citirao/la sam i povezo/la s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Student/studentica \_\_\_\_\_

(potpis)

Ime i prezime studenta/studentice

Patrik Prpić

Student/studentica: Patrik Prpić  
Studijski program: Brodostrojarstvo  
JMBAG: 0112078224

IZJAVA STUDENTA – AUTORA  
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG ZAVRŠNOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor završnog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa završnim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog završnog rada kao autorskog djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Student/studentica - autor

  
\_\_\_\_\_  
(potpis)

## SAŽETAK

Ovaj završni rad opisuje svojstva i vrste fluida, te elementa za protok fluida u hidraulici. U prvom dijelu je objašnjeno samo nastajanje tlaka, Pascalov zakon, hidraulički prijenosi snage i određivanje promjera cijevi. Nadalje rad obrađuje svrhe fluida, gdje su objašnjene najvažnije djelotvornosti fluida, te karakteristike fluida, prednosti fluida, aditivi koji pospešuju rad fluida i vrste fluida u hidraulici. U poglavlju elementi za protok fluida su opisane cijevi, brtve, crijeva i spojnice. Navedeno je i sprječavanje propuštanja u kojem su opisane vrste ugradbe ventila.

Ključne riječi: hidraulički fluidi, elementi za protok fluida

## SUMMARY

This final work describes properties of fluids, their types and fluid flow elements in hydraulics. In the first chapter it is explained how is pressure being created, Pascal-s law, hydraulic power transmissions and determination of pipe diameter. Furthermore the work covers purposes of fluids, where the most important fluid performances are explained, as well as characteristics of fluids, advatages of fluids, aditives which enhances the fluid performance and types of fluids in hydraulics. In the chapter fluid flow elements are described pipes, seals, hoses and connectors. Leak prevention is mentioned in which valve assemblies are described.

Keywords: hydraulic fluids, fluid flow elements

# SADRŽAJ

- 1. UVOD U HIDRAULIKU**
  - 1.1. PASCALOV ZAKON**
  - 1.2. HIDRAULIČKI PRIJENOSI SNAGE**
  - 1.3. NASTAJANJE TLAKA**
    - 1.3.1. Brzina aktuatora**
    - 1.3.2. Protočnost u cijevima**
  - 1.4. ODREĐIVANJE PROMJERA CIJEVI**
- 2. FLUIDI**
  - 2.1. SVRHE FLUIDA U HIDRAULICI**
    - 2.1.1. Stišljivost**
    - 2.1.2. Podmazivanje**
    - 2.1.3. Brtvljenje**
    - 2.1.4. Hlađenje**
  - 2.2. KARAKTERISTIKE FLUIDA**
    - 2.2.1. Vrste viskoznosti**
  - 2.3. PREDNOSTI FLUIDA**
  - 2.4. ADITIVI**
  - 2.5. VRSTE FLUIDA**
- 3. ELEMENTI ZA PROTOK FLUIDA**
  - 3.1. BRTVE**
  - 3.2. SPOJNICE**
  - 3.3. CRIJEVA**
  - 3.4. CIJEVI**
- 4. ZAKLJUČAK**
- 5. POPIS SLIKA**
- 6. POPIS TABLICA**
- 7. LITERATURA**

# 1. UVOD U HIDRAULIKU

Najranije zabilježena upotreba uređaja kao što su pumpe i vodeni kotači poznata je u vrlo davna vremena.

Ipak se nije do 17. st. otkrila znanost hidraulike i počela koristiti kao takva. Prema načelima otkrivenim od strane Francuskog znanstvenika Blaise-a Pascal-a, hidraulika se povezuje sa upotrebom stlačenih fluida u prijenosu snage, povećavajući silu i izmjenjujući pokretanje. Hidraulika se može podijeliti na hidrodinamiku i hidrostatičku. U hidrodinamici se energija prenosi kinetičkom energijom fluida u strujanju, dok se u hidrostatici energija prenosi tlakom fluida.

## 1.1. Pascalov zakon

Pascalov zakon pojednostavljeno govori: „Sila primijenjena na stlačeni fluid prenosi se u svim smjerovima, djeluje sa jednakom silom po svim područjima i pod pravim kutom prema njima.“



Slika 1. Pascalov zakon

Da bi odredili ukupnu silu koja djeluje na površinu, moramo znati tlak ili silu po jedinici površine. Tlak obično izražavamo u jedinicama bar i kilopascal. Znajući tlak i područje na kojem djeluje, može se odrediti ukupna sila. Sila je jednaka umnošku tlaka i površine.



## 1.2. Hidraulički prijenosi snage

Hidraulika se danas može opisati kao način prijenosa snage cirkulacijom stlačenog fluida. Usisna komponenta se zove pumpa, a tlačna komponenta aktuator. Većina pumpi pogonjenih snagom sadrže više klipova, lopatica ili zupčanika u službi crpnih elemenata. Aktuatori su linearni, ili rotacijski. Hidraulički sistem nije izvor snage. Izvor snage je elektromotor ili motor koji pogoni pumpu.

## 1.3. Nastajanje tlaka

Tlak nastaje u svakom slučaju kada je spriječen protok fluida. Otpor može doći od opterećenja, od aktuatora ili redukcijom u cjevovodu. Sigurnosni ventil ili regulator tlaka treba biti upotrijebljen u svim sistemima sa potisnim pumpama.

Karakteristika fluida je pronalaženje puta manjeg otpora. Prema tome, kada se na dva paralelna puta pruža različit otpor, tlak će rasti do one vrijednosti proporcionalne putu manjeg otpora. Kada je tlačna strana pumpe usmjerena na dva aktuatora, aktuator koji treba niži tlak će se prvi pokrenuti. Kako je teško točno izbalansirati opterećenje, cilindri koji se moraju pokretati zajedno često su povezani jedni sa drugima mehanički. Tlakovi se zbrajaju kada je otpor protoku spojen serijski. Kanal je ograničeni prolaz na hidrauličkoj liniji ili komponenti, koji se koristi za stvaranje razlike u tlakovima (pad tlaka). Da bi ulje prolazilo kroz kanal, mora biti razlike u tlakovima ili padova tlaka kroz kanal. Što znači ako nema protoka, nema ni tlaka preko kanala. Povećanje pada tlaka preko kanala će uvijek biti popraćeno sa povećanjem protoka. Ako je protok blokiran preko kanala, tlak će se izjednačiti na obje strane prema Pascalovom zakonu. Ovo načelo je važno za rad mnogih tlačnih ventila i ventila za regulaciju protoka.

Tlak označava radno opterećenje. Prema tome je formula za tlak jednaka djelovanju sile na neku površinu.

$$P = \frac{F}{A}$$

Gdje je: P - tlak [Pa, N/m<sup>2</sup>], F- sila [N], A - Površina[m<sup>2</sup>]

Iz ovog izraza možemo vidjeti da će povećanje ili smanjenje opterećenja, rezultirati povećanjem ili smanjenjem radnog tlaka. Drugim riječima, tlak je proporcionalan otporu i očitavanje manometra označava radno opterećenje u bilo kojem danom momentu. Manometarska očitavanja obično izostavljaju atmosferski tlak. Koji je, nula pri atmosferskom tlaku.



Slika 2. Ponašanje tlaka u sustavu

Površina klipa se može izračunati prema formuli:

$$A = \frac{\pi}{4} \times d^2$$

Gdje je: A = površina klipa, d = promjer klipa

### 1.3.1. Brzina aktuatora

Koliko brzo klip putuje ili se motor rotira ovisi o njihovoj veličini i brzini protoka ulja. Kako bi povezali protok sa brzinom, treba uzeti u obzir količinu koja mora ispuniti aktuator da bi prešao zadani put. Iz ovoga možemo zaključiti da je moment ili sila aktuatora direktno proporcionalna tlaku i neovisna o protoku, da će njena nazivna brzina puta ovisiti o količini protoka fluida bez obzira na tlak.

### 1.3.2. Protočnost u cijevima

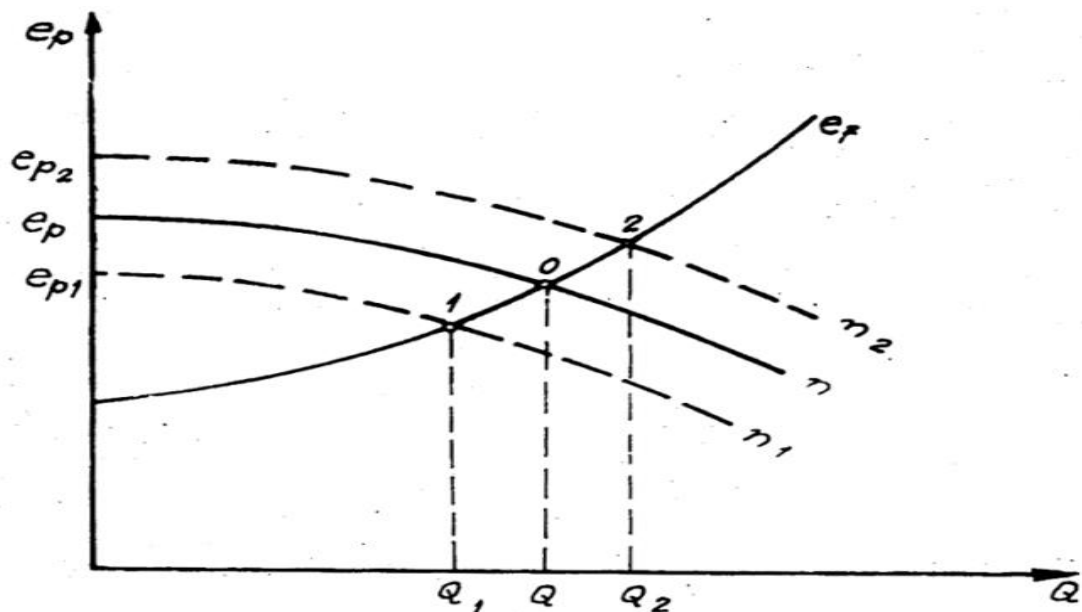
Brzina protoka kojom hidraulički fluid prolazi kroz kanale je važna stavka dizajna, zbog učinka brzine protoka na trenje.

Generalno, preporučeni rasponi brzine protoka su:

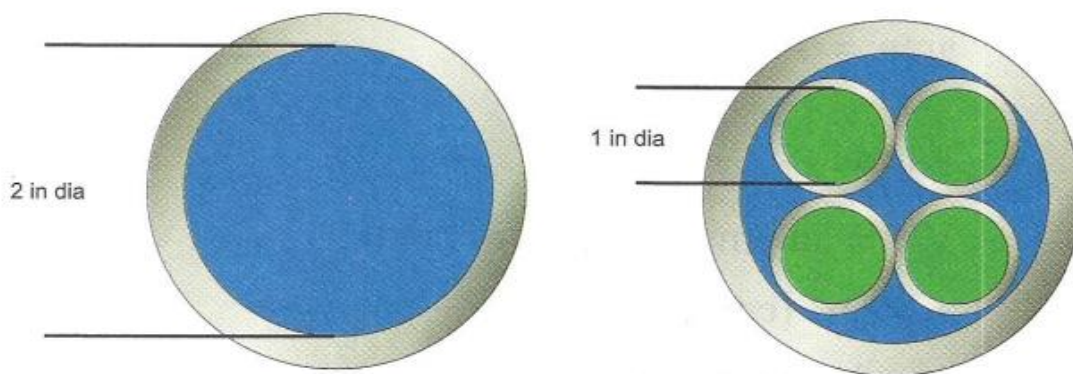
Ulaz pumpe = (0.6 - 1.2 m/s)

Radni kanali = (2.1 - 6.1 m/s)

Treba uzeti u obzir da protočnost varira prema unutarnjem promjeru. Trenje tekućine koja prolazi kroz kanal proporcionalno je brzini protoka. No, ako protok postane nestabilan, trenje varira kao kvadrat protočnosti.

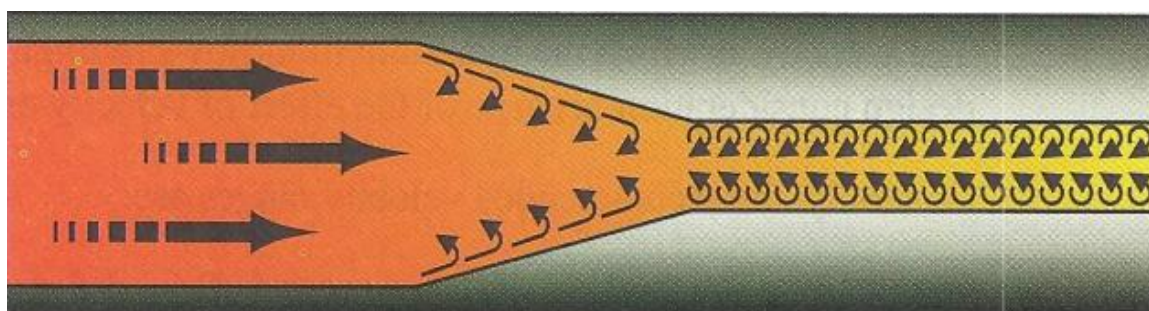


Slika 3. Regulacija dobave promjenom brzine vrtnje



Slika 4. Protočnost fluida prema presjeku

Slika prikazuje: udvostručenje unutarnjeg promjera cijevi učetverostručuje površinu poprečnog presjeka; prema tome protočnost ima jednu četvrtinu brzine velike cijevi. Suprotno tome, ako prepolovimo promjer, smanjiti ćemo površinu do jedne četvrtine i učetverostručiti protočnost ulja.



Laminarno strujanje

Prijelazno strujanje

Turbulentno strujanje

Slika 5. Vrste strujanja

Trenje stvara turbulencije u protoku ulja i odupire se protoku, rezultirajući povećanjem pada tlaka kroz cijev. Vrlo niska protočnost je preporučljiva za usis pumpe jer podnosi vrlo male padove tlaka.

#### 1.4. Određivanje promjera cijevi

Promjer cijevi proračunava se iz jednadžbe kontinuiteta:

$$V = A \times c \text{ [m}^3\text{/s]}$$

pa je površina:

$$A = \frac{d^2\pi}{4} \text{ [m}^2\text{]}$$

i konačno promjer cijevi:

$$d = \frac{\sqrt{V \times 4c}}{\pi \times d} \text{ [m]}$$

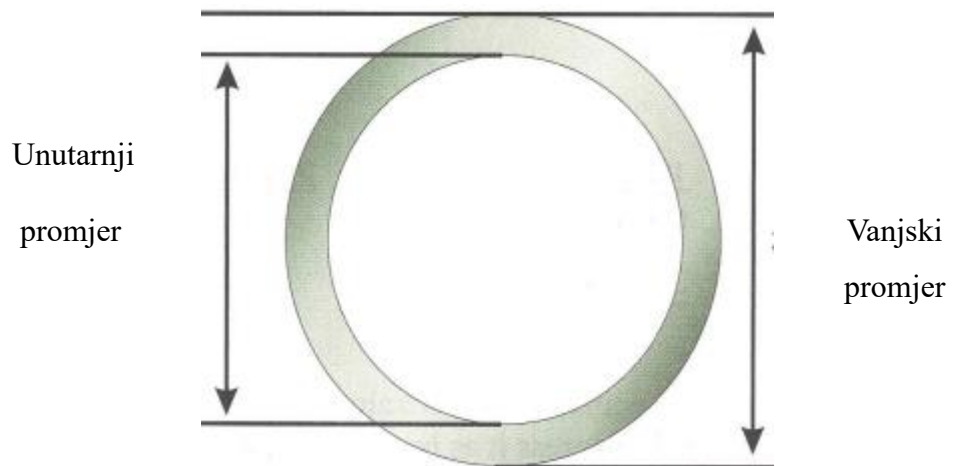
Gdje je:

d - unutarnji promjer cijevi [m]

A – površina poprečnog presjeka [m<sup>2</sup>]

c – brzina strujanja kroz cijevi [m/s]

V – količina tekućine koja struji kroz cijev u jedinici vremena [m<sup>3</sup>/s]



Slika 6. Promjer cijevi

Bez obzira na materijal, prema normama pojedinih zemalja ili pojedinih proizvođača, za normativne nazivne tlakove cijevi trebaju imati normativne debljine stijenki što ovisi o promjeru.

## **2. FLUIDI**

Fluidi imaju više funkcija u hidraulici, a neki od njih su: učinkoviti prijenos snage do linearnih i rotacijskih aktuatora (hidrauličkih cilindara i motora), hlađenje sistema i njegovih komponenti, podmazivanje rotacijskih površina unutar komponenti, brtvljenje prolaza unutar komponenti za izbjegavanje unutarnjeg curenja i odnošenje zagađivača u sistemu koji idu prema filtru ili rezervoaru za taloženje. Shodno tome, fluidi unutar hidrauličkih sistema također moraju biti kompatibilni sa materijalima komponenti kao što su brtve i cijevne obloge, otporni na pjenjenje, sposobni za izbacivanje vode i zraka i sposobni za rad na različitim temperaturama i viskozitetima. Da bi obavljali ove zadatke, hidraulički fluidi moraju imati primjerene karakteristike koje moraju trajati za cijeli životni vijek fluida u sistemu. Neispravnost fluida u bilo kojem području može dovesti do kvara komponenti ili čak sustava.

### **2.1. Svrhe fluida u hidraulici**

Fluidi upotrebljavani u statičkim i dinamičkim strojevima moraju biti efikasni u prijenosu snage od izvora snage (motor s unutarnjim izgaranjem) da pruže pouzdan i konstantan odziv, siguran rad i optimalnu efikasnost.

#### **2.1.1. Stišljivost**

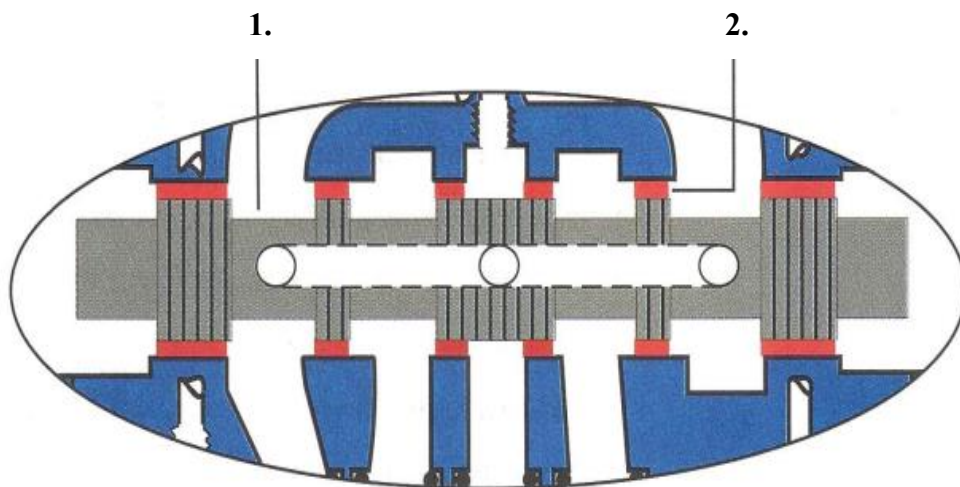
Da bi osigurali prilagodljivost pokretača u hidrauličkom krugu, fluid mora imati jako malu stišljivost, čak i pod visokim tlakovima. Tipični fluidi na naftnoj bazi su gotovo ne stišljivi. Baš zbog ove osobine gotove ne stišljivosti, primjereno održavani hidraulički sustavi imaju iznimno dobar odziv i pouzdanost.

### 2.1.2. Podmazivanje

Podmazivanje je karakteristika fluida koja omogućava nisku razinu trenja. Jednostavno rečeno želimo, da se kod fluida koji se koriste u hidrauličkim sistemima, smanji trošenje dijelova i povećanje topline. Svi hidraulički sistemi sadrže pokretne dijelove koji imaju potencijal da se dotaknu, pogotovo pod tlakom.

### 2.1.3. Brtvljenje

Prolazi unutar hidrauličkih komponenti uzrokuju curenje koje zahvaća učinkovitost sistema kao i mogućnost povećanja topline. Kao što je i prikazano na slici, oslanjamo se na fluid u sistemu za izbjegavanje curenja kroz prolaze. Fizička veličina prolaza, pad tlaka kroz prolaze i radni viskozitet fluida određuju razinu curenja.



Slika 7. Brtvljenje špule unutar ventila

Broj 1. Špula koja se pomiče naprijed i nazad u kućištu ventila

Broj 2. Tanki sloj ulja između špule i kućišta ventila

#### **2.1.4. Hlađenje**

Bilo koji fluid koji se upotrebljava u hidrauličkim strojevima upija i izbacuje toplinu iz komponenti koje se zagrijevaju, kao što su cilindri i pumpe. Fluid mora potom cirkulirati što je više moguće usprkos toplini koja isijava sa strana spremnika prije nego što ponovno uđe u pumpu. Neke vrste sistema ne dopuštaju dovoljan prijenos fluida u spremnik, pogotovo sa dugim linijama od kraja cilindra. Ovo može prouzrokovati nakupljanje topline i fluida obogaćenog kisikom u izoliranom krugu, te rezultirati uništenjem fluida i komponenti.

## **2.2. KARAKTERISTIKE FLUIDA**

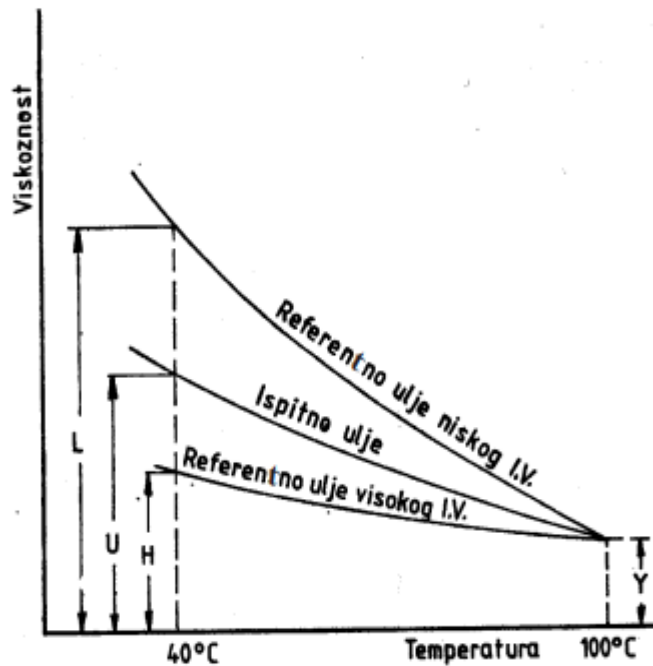
### **2.2.1. Vrste viskoznosti**

Viskoznost fluida može biti opisana kao otpor protjecanju da određenoj temperaturi. Ako fluid teče lagano, njegov viskozitet je nizak, što znači da ako fluid ima poteškoća u protoku, ima visoku viskoznost. Viskoznost utječe na mogućnosti fluida da se tlači, prenosi kroz sistem i podmazuje između pokretnih dijelova. Važan je odabir odgovarajuće viskoznosti kako bi podigli rad sistema na što višu razinu.

Previsoka viskoznost dovodi do:

- Visokog otpora protoku fluida
- Povećane potrošnje energije uzrokovane povećanim trenjem
- Visokih temperatura nastalih gubitkom energije uslijed trenja
- Povećanih padova tlaka uzrokovanih povećanjem otpora protoka
- Sporog rada
- Kavitacije pumpe
- Nedovoljne separacija zraka iz ulja u spremniku
- Povećanja unutarnjeg curenja
- Istrošenja
- Smanjenja učinkovitosti



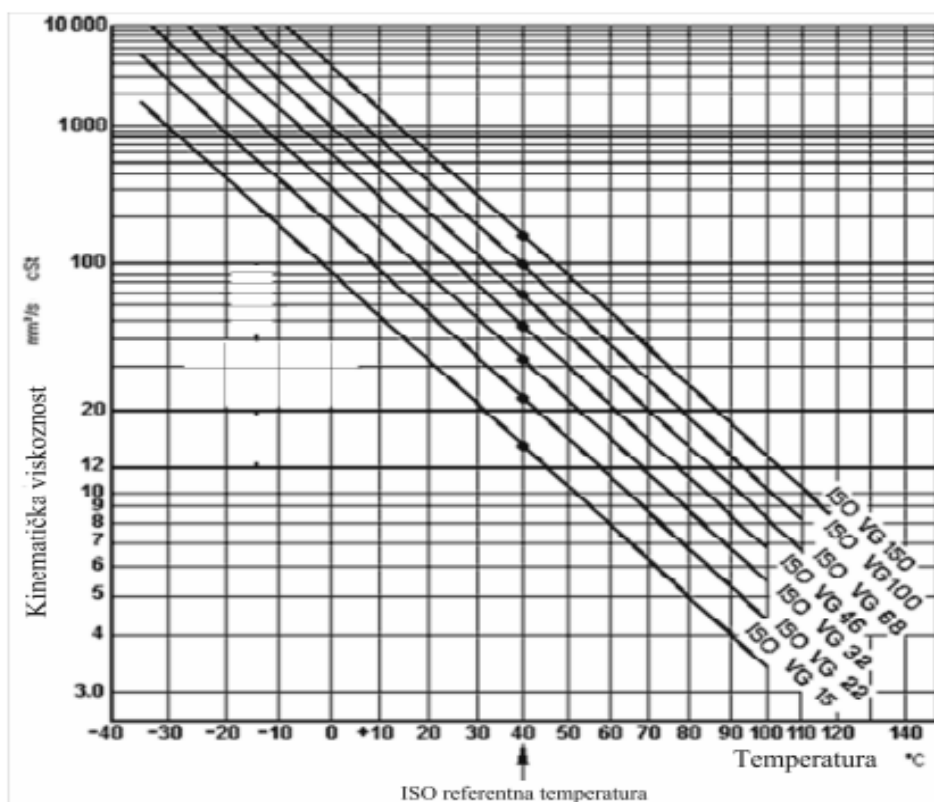


Slika 8. Graf viskoznosti ovisnoj o temperaturi

Viskoznost hidrauličkih fluida, posebno fluidi na bazi nafte i biljna ulja, su direktno ili ponekad indirektno vezani promjenom temperature. Zbog ovog razloga je važno u toku rada promatrati temperaturu hidrauličkih strojeva. Strojevi ne bi smjeli doći pod veliko opterećenje ili raditi pri većim brzinama ako je fluid zagrijan i ne pruža dostatno podmazivanje.

Apsolutna viskoznost je definirana kao otpor koji se dobije pomicanjem jednog sloja tekućine preko drugog. Apsolutna viskoznost opisana je kao sila po jedinici površine koja je potrebna da pomakne jednu paralelnu površinu pri danoj brzini pokraj druge paralelne površine razdvojene danom gustoćom fluida.

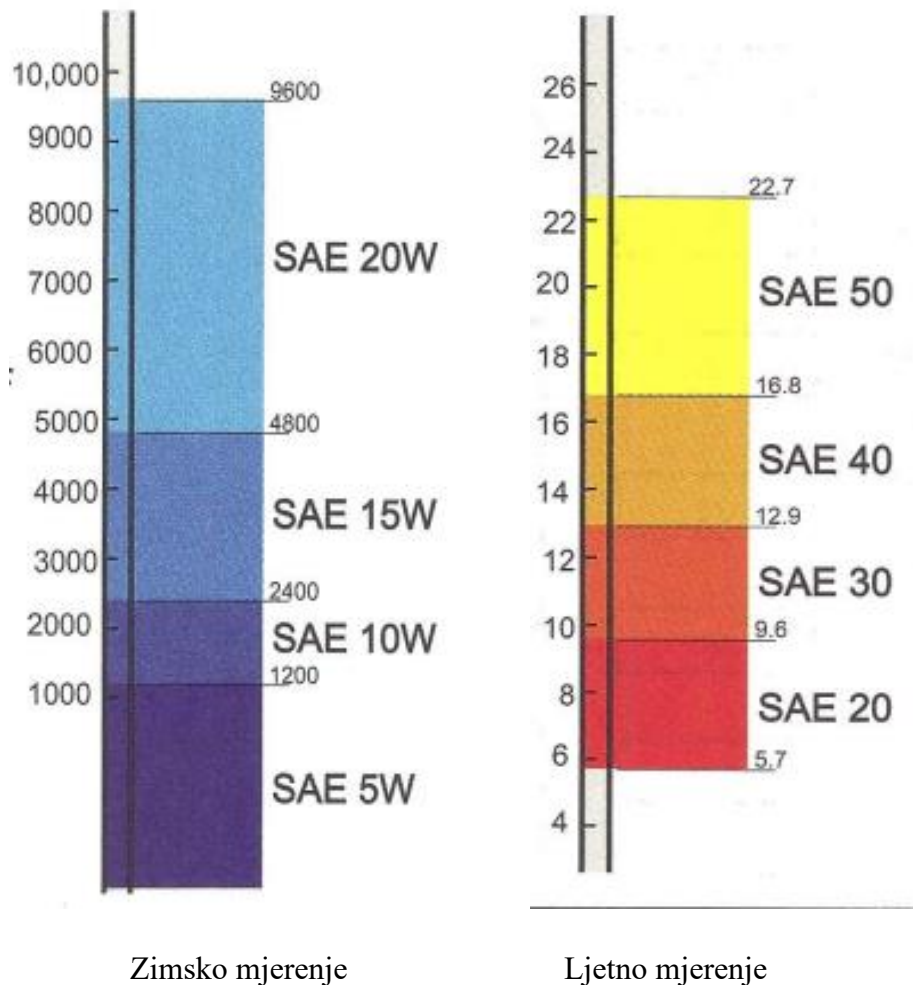
Kinematska viskoznost je najviše korištena vrsta mjerenja viskoznosti. Mjeri se kao količina vremena potrebna da zadani volumen ulja proteče kroz kapilarnu cijev. Koeficijent apsolutne viskoznosti, podijeljen sa gustoćom tekućine se zove kinematska viskoznost.



Slika 9. Dijagram kinematske viskoznosti

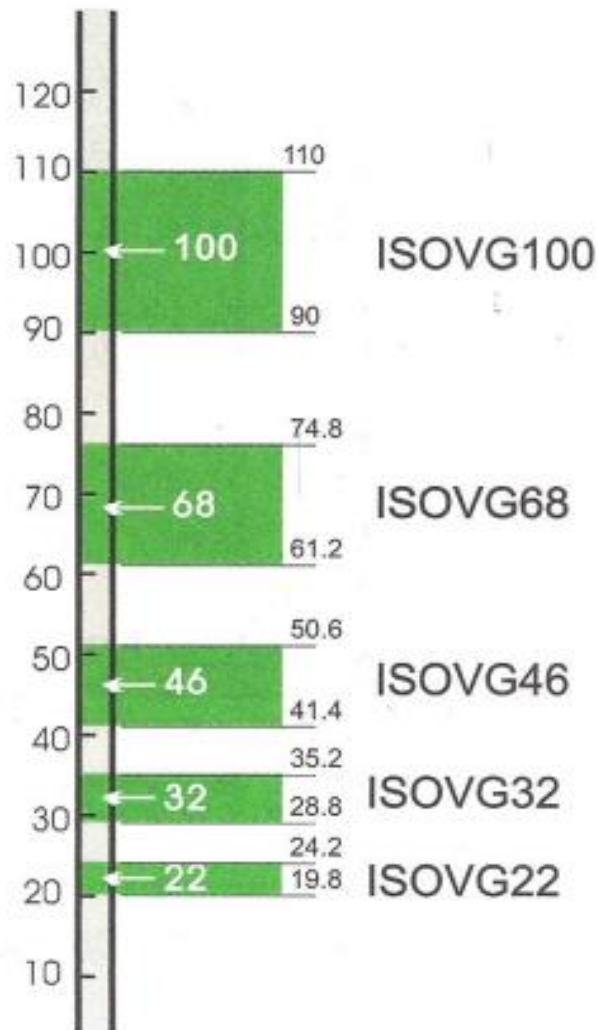
Za praktične svrhe dobro je znati i relativnu viskoznost fluida. Relativna viskoznost je određena mjerenjem vremena za protok određene količine fluida kroz standardni prolaz pri danoj temperaturi. Najpoznatije mjerenje je Saybolt-ov viskozimetar.

Udruga Automobilskih inženjera (SAE) ustanovila je skalu za raspon viskoziteta kod motornih ulja na specificiranim temperaturama. Zimske su brojke (0W, 5W, 10W, 15W) specificirani viskozitet pri niskim temperaturama. Ljetna ulja imaju viskozitet (20, 30, 40, itd.).



Slika 10. Viskoziteti ulja

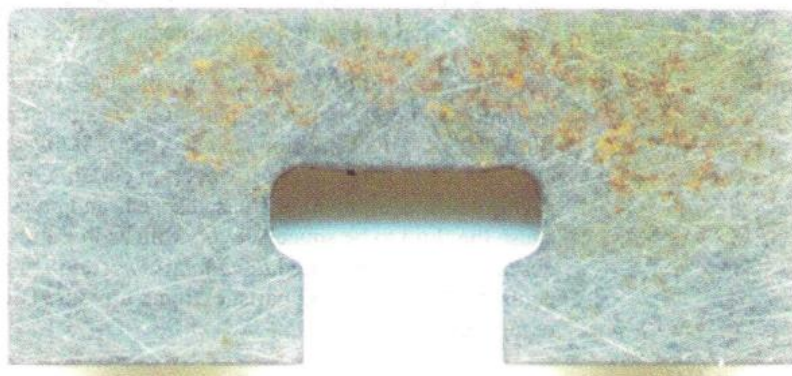
ISO gradacija viskoznosti je broj koji predstavlja raspon vrijednosti kinematskog viskoziteta pri 40°C i srednja je vrijednost u rasponu. ISO gradacija postaje sve popularnija, i mnogi proizvođači fluida ju ukorjenjuju u opis brenda.



Slika 11. ISO gradacijska skala

### 2.3. PREDNOSTI FLUIDA

Stinište je najniža temperatura pri kojoj će fluid teći. To je važna specifikacija ako će hidraulički sistem biti izložen ekstremno niskim temperaturama. Uobičajeno bi stinište pojedinog fluida trebalo biti 11°C ispod najniže temperature. Oksidacija ili kemijska reakcija ulja sa kisikom, može smanjiti vijek trajanja fluida. U nafti se kisik kombinira sa ugljikom i vodikom koji su prisutni. Radna temperatura nafte i biljnih ulja je važna za suzbijanje visoko oksidativne razine i stvaranja nusprodukata. Može biti više oksidacijskih katalizatora prisutnih u slabo održavanim hidrauličkim sistemima tj. stanja i elemenata koji mogu uzrokovati oksidaciju. Toplina, tlak, zagađivači, voda, metalne površine i neki metali ubrzavaju oksidaciju. Temperatura je posebno važna. Ispod 60°C naftno ulje oksidira vrlo sporo. Brzina oksidacije se približno udvostručava za svakih 10°C porasta u radnoj temperaturi iznad 60°. Hrđa je kemijski spoj čelika i željeza sa kisikom. Korozija je kemijska reakcija između metala i kemikalije, tipično kiseline. Kiseline rezultira iz spoja vode sa nekim elementima. Iz razloga jer je iznimno teško zadržati zrak i vlagu van hidrauličkih sistema, uvijek postoji mogućnost da hrđa i korozija nastanu. Sa korozijom, čestice metala se razgrađuju i ispiru. I korozija i hrđa kontaminiraju sistem i povećavaju istrošenje dijelova. Oni mogu prouzročiti unutarnje curenje pokraj zahvaćenih površina uzrokujući visoke temperature. U nekim izvedbama, stanje okoliša može diktirati da fluid koji će se koristiti u hidrauličkom sistemu mora biti vatrootporan.



Slika 12. Korozija lopatice

## 2.4. ADITIVI





Iako aditivi često poboljšavaju prirodne sposobnosti pojedinog fluida koji se koristi, oni moraju biti praćeni i održavani na specificiranim razinama za izbjegavanje greške fluida i eventualno cijelog sistema. Iz razloga što gotovo svuda u okolišu ima vlage, inhibitori hrđe hidrauličkog fluida prouzročiti će stvaranje željeznih oksida u dijelovima. Inhibitori hrđe obično prekrivaju metalne dijelove pa prirodni zrak i vlaga ne stupaju u kontakt sa metalom za stvaranje oksidnih smjesa. Korozivni elementi su često stvoreni kroz oksidaciju, ali mogu ući u sistem kroz loše održavanje. Kiseline stvorene u kontaktu sa vodom u hidrauličkim fluidima mogu korodirati metalne dijelove. Korozija se zaustavlja ili stvaranjem zaštitnog sloja na površini ili neutraliziranje kiselina kad se stvore. Neki dijelovi sadrže materijale kao što su slitine koje sadrže magnezij, olovo, cink, koji su vrlo osjetljivi na oksidaciju i koroziju i koje treba izbjegavati u hidrauličkim sistemima. Zato jer je oksidacija ubrzana prisustvom zraka i viškom topline, preventivne mjere moraju biti poduzete za dopunjavanje antioksidativnih aditiva stavljenih u fluid od strane rafinerije. Prisustvo nekih metala kao što je bakar, rezultirati će oksidacijom te se ne bi smjeli koristiti u hidrauličkim sistemima. Postoje aditivi koji pomažu fluidu u odbacivanju vode. Primjereno održavanje određuje da se odijeljena voda sadržana u spremnicima može ukloniti periodično za izbjegavanje reakcije sa kemijskim sastavom fluida. Tri tipa aditiva protiv habanja se koriste za povećanje otpornosti na trošenje i poboljšavaju podmazivanje. Ovi aditivi su svrstani kao aditivi protiv habanja, trošenja, i aditivi za iznimno visoke tlakove. Većina aditiva protiv habanja stvara zaštitni film na metalnim površinama kada je izložena toplini niskog trenja. Aeracija, uvođenje vanjskog zraka u hidraulički sistem je iznimno destruktivna za pumpe. Aeracija može također uzrokovati mnogo sigurnosnih opasnosti kada je zrak prisutan u cilindrima stvarajući opasno opterećenje. Prisutnost viška zraka u fluidima također ubrzava oksidaciju i propadanje fluida. Pjena i višak zraka mogu uzrokovati curenjem zraka, brzim pražnjenjem akumulatora, velikim brzinama kroz prolaze i špule servo ventila.

## 2.5. VRSTE FLUIDA

Generalna podjela fluida u hidraulici: naftna ulja, vatro-otporna ulja i biorazgradiva ulja. Kako hidraulički sistemi često podliježu ekstremima i visokim temperaturama, svojstva podmazivanja i visokog indeksa viskoznosti su poželjna svojstva. Sintetski i fluidi na bazi vode su teži od naftnih fluida i mogu zahtijevati poplavljeni usis da se izbjegne pojava kavitacije pumpe. U slučaju fluida na bazi vode, mora se vršiti konstantna provjera vodene razine da bi se održala efikasnost. Prednosti ulja na bazi nafte su: niska cijena, dobro podmazivanje, niska toksičnost. Naftna ulja su posebno miješana hidraulička ulja, još se zovu i ulja protiv zamora materijala. Fluidi automatskog prijenosa se ponekad koriste u hidraulici. Pružaju nisko-temperaturni viskozitet i imaju vrlo visok indeks viskoznosti. S iznimkom deemulgatora, fluidi automatskog prijenosa sadrže mnoge druge aditive. Prisutnost aditiva povećava opasnost od gubitka svojstva fluida. Ulja na bazi vode su specifična zbog svoje otpornosti na vatru. Sadrže emulzije vode u ulju, uljno-vodne emulzije i vodene glikole. Fosfatni esteri razgrađuju elastomere, neke boje i plastiku i zahtijevaju posebne brtve kao što su etilen propilen guma, butil guma i ponekad fluorouglična. Većina sintetskih fluida i spojeva, posebno fosfatni esteri i klorirani ugljikovodici ili spojevi, dolaze sa istim opasnostima kao i kod fosfatnih estera. Biljna ulja imaju vrlo visoku biorazgradivost i uopće ne zagađuju okoliš. Ova ulja su skuplja nego ulja na bazi nafte, ali i jeftinija od sintetskih ulja sa sličnim ekološkim prednostima. Negativna strana im je da posjeduju slabu hidrolitičku stabilnost (voda razgrađuje fluid) i loše nisko-temperaturne karakteristike. Kada odabiremo fluid moramo paziti na sljedeće stavke: temperatura utječe na viskoznost, razina oksidacija za naftenska ulja se udvostručuje pri povišenju temperature, ne stavljati aditive u fluide, fluidi i aditivi dostignu zamor i izgube svojstva, hladan start ispod  $-7^{\circ}\text{C}$  uzrokuje oštećenja komponenti i sistema. Od 70 do 85% problema u hidraulici je povezana sa zagađenjem ili nepropisnim rukovanjem hidrauličkim fluidima. Naftenska ili ugljikovodična ulja su ulja koja se najčešće koriste u hidraulici.

### 3. ELEMENTI ZA PROTOK FLUIDA

Provodnici fluida je opći izraz koji objedinjuje razne vrste provodnih linija koje mogu provoditi fluide između komponenti, sa dodatkom spojnice i brtvi koje se koriste između provodnika. Hidraulički sistemi danas koriste tri tipa provodnih linija: čelične cijevi, čelična crijeva i fleksibilna crijeva. Cijevi su većinom najjeftinija opcija ali predstavljaju opasnost od curenja, posebno na visokim radnim tlakovima. Cijevi se još uvijek koriste za mnoge instalacije, ali ih postupno zamjenjuju crijeva. U budućnosti će plastične cijevi zauzeti puno važniju ulogu. Željezne i čelične cijevi su bile prvi provodnici korišteni u industrijskoj hidraulici i koje se i dalje koriste zbog njihovih niskih cijena. Cijevi i spojnice su klasificirane po nominalnoj veličini i debljini.

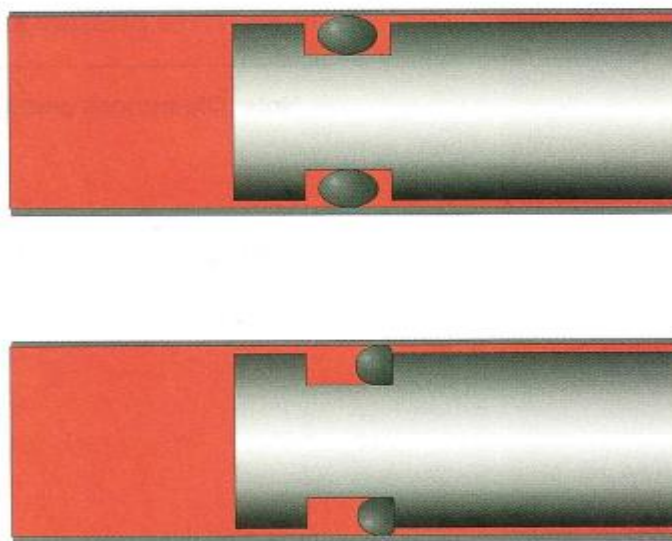
Nominalna veličina	Promjer cijevi	Unutarnji promjer			
		 Standard 40	 Standard 80	 Standard 160	 Standard 320
1/8	0.405	0.269	0.215		
1/4	0.540	0.364	0.302		
3/8	0.675	0.493	0.423		
1/2	0.840	0.622	0.546	0.466	0.252
3/4	1.050	0.824	0.742	0.614	0.434
1	1.315	1.049	0.957	0.815	0.599
1-1/4	1.660	1.380	1.278	1.160	0.896
1-1/2	1.900	1.610	1.500	1.338	1.100
2	2.375	2.067	1.939	1.689	1.503
2-1/2	2.875	2.469	2.323	2.125	1.771
3	3.500	3.068	2.900		
3-1/2	4.000	3.548	3.364	2.624	
4	4.500	4.026	3.826	3.438	
5	5.563	5.047	4.813	4.313	4.063
6	6.625	6.065	6.761	5.189	
8	8.625	7.981	7.625	6.813	
10	10.750	10.020	9.564	8.500	
12	12.750	11.934	11.376	10.126	

Tablica 1. Nominalne veličine cijevi



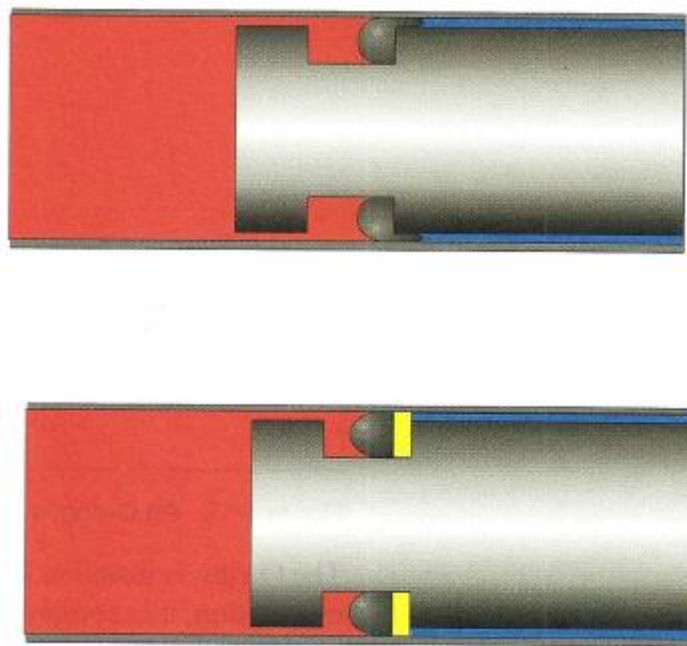
### 3.1. BRTVE

Cijevi na sastavcima, zbog neravnosti dodirnih ploha, mogu propuštati. Isti problem se javlja i kod spojeva s narezom. Kada govorimo o nepropusnosti najbolji je spoj onaj kod kojeg nema nikakvog brtvenog materijala, a nepropusnost se postiže posebnom obradom dodirnih ploha. To je vrlo skupo a paralelnost dodirnih ploha se postiže jednolikim stezanjem spojnih vijaka. Sličan je spoj metal o metal pri spajanju sa stošcem i zasječenim prstenom, gdje se ne zahtijeva posebna obradba, jedino jedan od metala koji se dodiruju treba biti nešto mekši. Pri spajanju prirubnicama normalno se primjenjuju brtve, da se postigne ekonomičnost izradbe i brza montaža cjevovoda. Među dodirne plohe ulaže se neki mekši materijal kojim se izjednačava neravnosti i time sprječava propuštanje. Za takve brtve upotrebljavaju se mekše kovine, zatim vlaknaste platnene tvari i guma. Dinamičke brtve se ugrađuju između dijelova u međusobnom kretanju. Prema tome, najmanje jedan dio mora se dodirivati o brtvu, to znači da su dinamičke brtve podložne habanju. Najviše korištena brtva u modernoj hidrauličkoj opremi je prstenasta brtva (eng. O-ring seal). Prstenasta brtva je oblikovana, sintetička gumena brtva koja ima okrugli presjek.



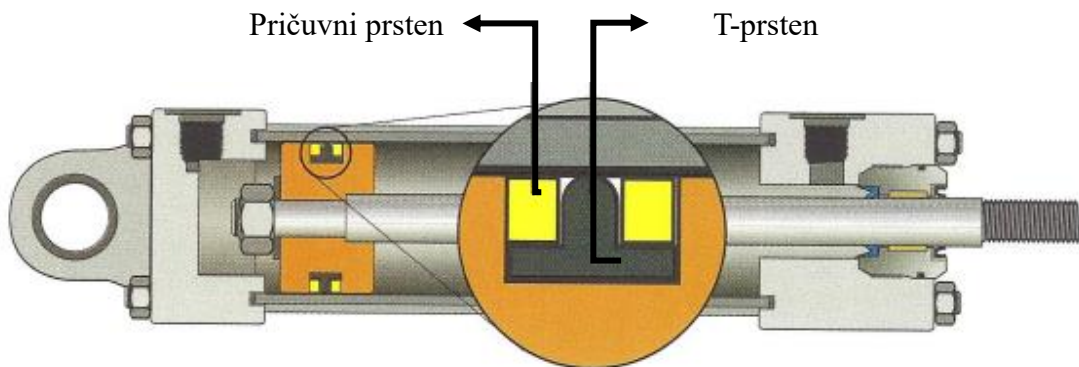
Slika 13. Prstenasta brtva

O-prsten se ugrađuje u okrugli utor strojno umetnut u jedan od dijelova. Pri instalaciji, stlačen je i s unutarnje i vanjske strane. To je brtva koja reagira na tlak i kompresijska brtva. Tlak tlači o-prsten jednu stranu utora i na prema van pri oba promjera. povećani tlak rezultira većom silom o površine za brtvljenje. O-prsten prema tome može izdržati iznimno visoke tlakove. Uglavnom se koriste u statičkim primjenama. Pri visokom tlaku, O-prsten ima tendenciju da izleti iz prostora između dijelova. Ovo može biti nepoželjno u statičkim primjenama. Ovo izbacivanje može rezultirati ubrzanim trošenjem materijala u dinamičkim primjenama. To se izbjegava ugradnjom tvrdog pričuvnog prstena unutar O-prstena suprotno izvoru tlaka. Ako se tlak poveća, pričuvni prstenovi se mogu koristiti na obje strane O-prstena.



Slika 14. Pričuvna brtva

T-prsteni se višestruko koriste za brtvljenje klipa cilindra, klipnjače, i drugih pokretnih dijelova. Izrađena je od sintetičke gube lijevane u oblik slova „T“ i pojačana pričuvnim prstenima na obje strane. Rub brtve je okrugao te je vrlo nalik prstenastim brtvama. Očito je da ova brtva neće imati karakteristiku da se okreće. T-prstenasta brtva nije ograničena na kratkohodne primjene.



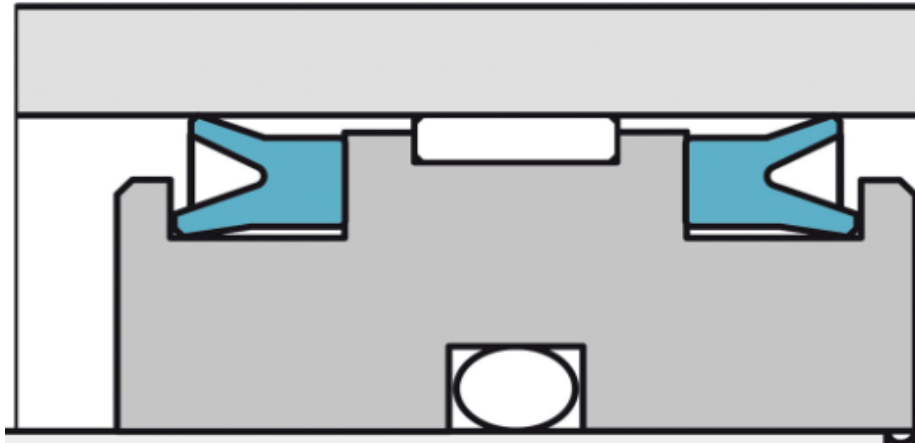
Slika 15. T-prsten

Osovinske brtve su niskotlačne dinamičke brtve, koje se koriste za brtvljenje rotacijskih osovinu. Tipična osovinska brtva je sastavljena od kućišta za potporu i poravnanje, te sintetičke gume ili kože formirane u izbočenje koje omotava osovinu. Često je to opruga koja drži „usnu“ u kontaktu sa osovinom. Brtvljenje je potpomognuto tlakom do jedne razine. Tlak na izbočenju istjeruje ga van prema osovinu za bolje brtvljenje. Visoki tlak ne smije biti zarobljen jer nema pričuvne brtve.



Slika 16. Osovinska brtva

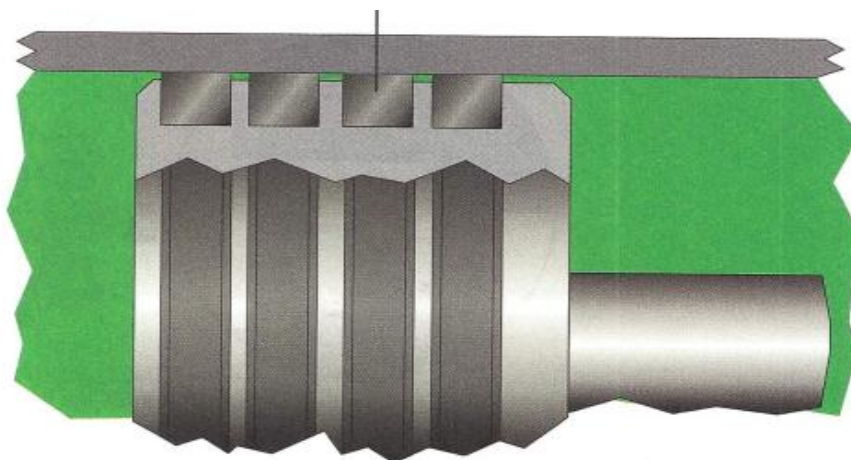
U-brtve su brtve koje ne dopuštaju propuštanje i koriste se na klipovima cilindra. Djeluje tlačno u oba smjera. Brtvljenje se postiže tako da se vrh brtve gura prema van od bubnja cilindra. Ovaj tip brtve je podupiran i svladati će vrlo visoke tlakove.



Slika 17. U-brtve

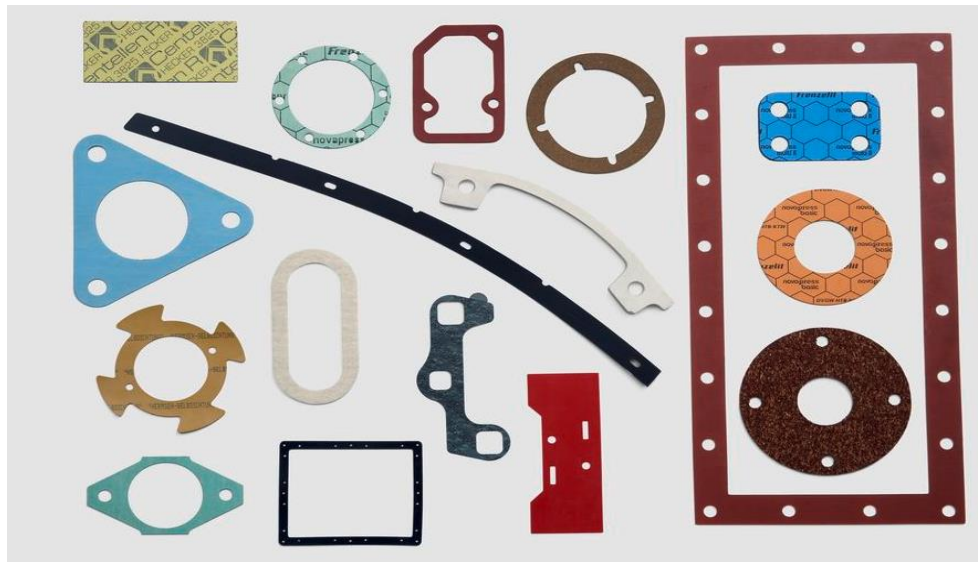
Klipni prstenovi se proizvode od lijevanog željeza ili čelika, visoko poliranog i ponekad obloženog. Nude mnogo manji otpor od kožnih ili sintetičkih brtvi. Uglavnom se nalaze na klipovima cilindara. Jedan prsten klipa ne stvara nužno brtvu koja zaustavlja propuštanje. Brtvljenje postaje bolje kada je više prstenova postavljeno jedno do drugoga. Mogu savladavati vrlo visoke tlakove.

Željezna brtva klipa (prsten)



Slika 18. Klipni prstenovi

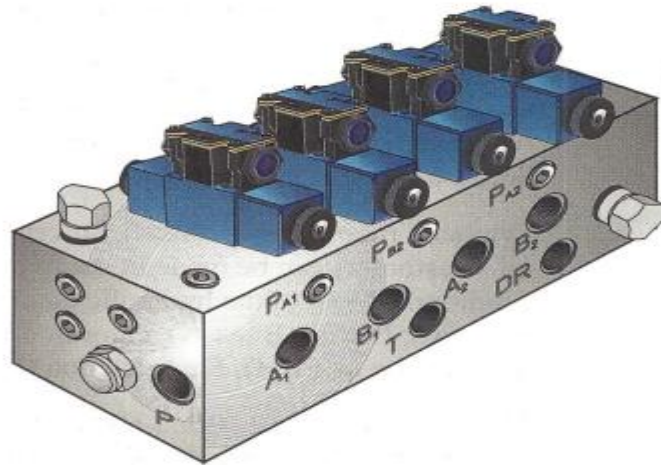
Plosnate brtve su ravne brtve, koje su obično napravljene u obliku ravne površine dijela koji treba biti zabrtvljen. Ranije izvedbe spojnica i površinski montiranih ventila su brtvljene sa plosnatim brtvama. Danas su uvelike zamijenjene u hidrauličkoj opremi sa O-prstenovima.



Slika 19. Razni oblici plosnatih brtvi

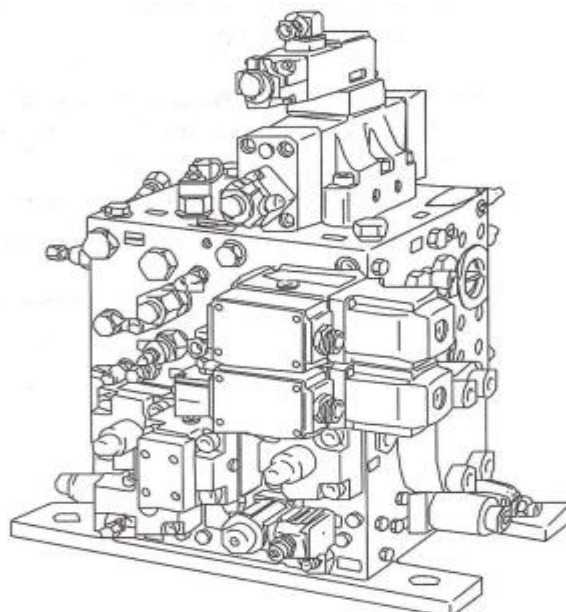
Najranije korišteni materijali za brtvljenje u hidraulici su koža, pluto i impregnirana vlakna. Korišteni su sve do upotrebe sintetičkih guma u 2. svjetskom ratu. Prirodna guma nije pogodna za brtvljenje jer se napuhuje i propada pod utjecajem ulja. Sintetska gume (elastomeri) su najkompatibilnije za brtvljenje sa uljem. Elastomeri mogu biti napravljene od mnogih mješavina za zadovoljavanje različitih radnih uvjeta. Elastomeri Nitrila se naširoko koriste za brtvljenje kod modernih hidrauličkih sustava. Pretežito su čvrsti, troše se sporije i nisu skupi. Postoji mnogo kompozicija kompatibilnih sa naftnim uljima, većina njih se lako lijeva u zadani oblik. Jedan od najranijih elastomera korišten u hidraulici je bio kloropren. Čvrst materijal koji se i dalje koristi u sistema koji koriste naftne fluide. Nekoliko materijala za brtvljenje je sintetizirano kombinacijom flora sa elastomerom ili plastikom. Oni uključuju fluorokarbonske polimere i teflon. Najlon je drugi sintetski materijal sa sličnim svojstvima. Često se koristi u kombinaciji sa elastomerima za dodatno ojačanje. Prstenovi od najlona i teflona oboje služe kao materijali za brtvljenje i kao pričuvni prstenovi.

Sprječavanje propuštanja se postiže: dizajnom koji smanjuje mogućnost propuštanja, pravilnom ugradnjom, kontrolom radnih uvjeta. Već je zabilježeno da dizajni sa spojnica ravnog navoja ili varenim prirubnicama imaju manju vjerojatnost od propuštanja nego kod cijevnih spojeva. Stražnja ugradba ventila sa svim spojevima trajno uglavljenim nosač je ostavila veliki napredak u zaustavljanju propuštanja i servisiranju ventila.



Slika 20. Stražnja ugradba ventila

Daljnji napredak od stražnje ugradbe ventila je upotreba razdjelnika. Neki su izbušeni a neki kombiniraju ugradne pločice sa prolaznim pločama, što omogućuje unutarnje spojeve između ventila i smanjuje vanjske cjevovode.



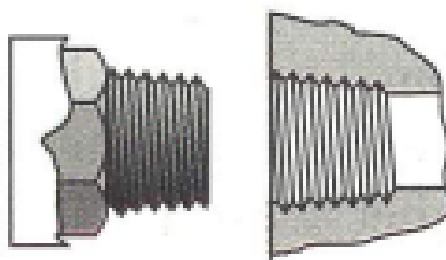
Slika 21. Ventili sa razdjelnicima

### 3.2. SPOJNICE

Spojnice dijelimo na cijevne navoje, O-prstenove, odvojive prirubnice, metričke spojnice, krajnje spojnice.

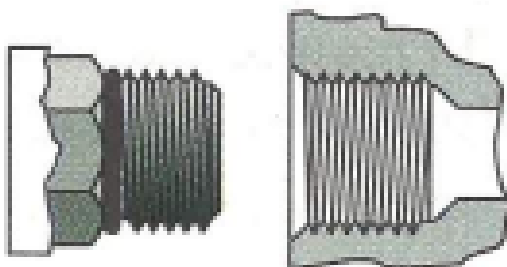
Cijevni navoji se sastoje od dva dijela, „muške“ i „ženske“ polovine. Muški dio ima izbočene navoje dok ženski ima urezane.

Brtva navoja cijevi je vrste metal na metal, brtvi se na navojima. Dizajnirane su za korištenje u vodo-instalacijama, ali su se počele koristiti i u hidraulici.



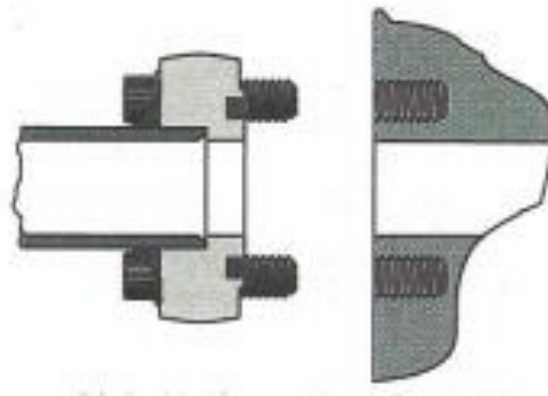
Slika 22. Cijevni navoji (kosi)

Kada govorimo o O-prstenovima, muška spojnica ima ravne navoje i O-prsten. Ženska spojnica ima ravne navoje, strojno obrađenu površinu utore za prihvat O-prstena. Brtva radi tako da komprimira O-prsten u utore. Navoji drže mehanički spoj zajedno.



Slika 23. O-prsten sa ravnim navojima

Odvojiva prirubnica je spoj često korišten u sustavima za napajanje na ulazu pumpe i na hidrostatičkim sistemima. Ženski ulaz je rupa bez navoja sa četiri rupe za vijak sa navojima u pravokutnom uzorku oko ulaza. Muški priključak se sastoji od glave prirubnice, užlijebljene za O-prsten, i vlastite ili odvojive prirubnice sa rupama koje odgovaraju ulazu. Brtva se nalazi na O-prstenu, je stlačen između glave s prirubnicom ravne površine koja okružuje ulaz. Navoji drže spoj zajedno.



Slika 24. Odvojiva prirubnica

Prirubnice sa ravnim naličjem i O-prstenom kao brtvom su najbolje u kontroli propuštanja. Muški spoj ima ravni navoj i O-prsten na naličju. Ženski ima ravni navoj i strojno obrađeno ravno naličje. Brtva dolazi tako da stlači O-prsten na ravno naličje ženskog dijela, slično kao kod odvojive prirubnice. Navoji drže spoj mehanički.

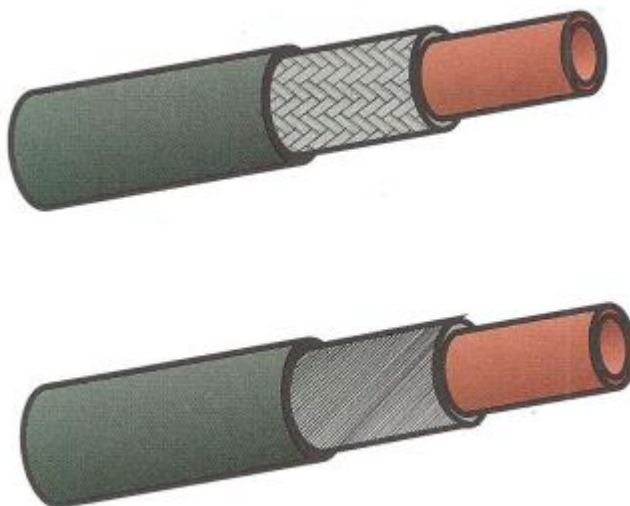


Slika 25. Prirubnica sa ravnim naličjem i O-prstenom



### 3.3. CRIJEVA

Crijevo je fleksibilni provodnik kada su hidrauličke linije podložne pomicanju, savijanju i vibracijama. Što se tiče sigurnosnog faktora, tlak rasprsnuća za hidraulička crijeva je četiri puta veći od radnog tlaka. Fleksibilno crijevo se sastoji od vanjske zaštite, pletenice, i unutarnje cijevi. Unutarnja cijev može biti napravljena od sintetičke gume otporne na ulje ili termoplastičnog materijala otpornog na ulje. Pletenica se može sastojati od jednog ili dva sloja žice ili tekstila, kombinacije žice i tekstila ili četiri ili šest slojeva žice umotane u suprotnim smjerovima koje izgledaju kao spirala. Vanjska zaštita se sastoji od materijala otpornog na ulje i vremenske uvjete, koji može biti ili sintetička guma, termoplastika ili tekstil. Veličina crijeva se mjeri unutarnjim promjerom. Krajevi crijeva, često zvani uklopnici, mogu biti ponovno iskoristivi (vijkom), ili nisu ponovno upotrebljivi (uvijeni).



Slika 26. Crijeva sa zaštitom od pletenice i spiralnom zaštitom

### 3.4. CIJEVI

Čelične cijevi se izrađuju od visoko rastezljivog, kaljenog materijala, koji se lako savija i vari. Može biti bešavni ili električki zavar; obično rezultira ljepšim izgledom instalacije i ako se pravilno ugrađuje zahtijeva manje održavanja. Također može biti izrađena od nehrđajućeg čelika za visoko-korozivne fluide i visoko-tlačne primjene. Promjeri cijevi variraju od 1/16" do 1/8" pa do jednog inča vanjskog promjera i ¼ inča u pomacima po jedan inč. Različite debljine stijenke cijevi se razlikuju za svaku veličinu. Cijevi se određuju prema vanjskom promjeru, i ovise o debljini stijenke cijevi. Tlačna sposobnost cijevi se bazira na promjeru i debljini stijenke. Spojnice cijevi mogu biti zavarene, stlačene ili lemljene. Turbulentni protok je nepoželjna karakteristika, jer uzrokuje nepoželjno trenje unutar fluida od stijenki provodnika. Povišena brzina fluida naveliko doprinosi turbulenciji, koja uzrokuje neželjeni pad tlaka između segmenata kruga. Zadržavanje brzine fluida na razumnim razinama je važno za održavanje dobrih uvjeta ulaza pumpe, smanjujući generiranje topline, održavanjem zadovoljavajućih radnih uvjeta. Brzina fluida je brzina pri kojoj fluid protječe iza zadane točke, u provodniku, spoju ili komponenti. Brzina je zadana u centimetrima po sekundi ili minutama po sekundi.



Slika 27. Bešavne hidraulične cijevi

## 4. ZAKLJUČAK

Fluidi u hidraulici imaju vrlo važnu ulogu prijenosa energije. Služe za podmazivanje, hlađenje, zaštitu od korozije te ponegdje i kao sredstvo za brtvljenje.

Odabir odgovarajućeg fluida je bitan faktor u hidraulici. Time produljujemo radni vijek trajanja hidrauličkog stroja, poboljšavamo njegove performanse i izbjegavamo rizik od kvara ili nezgode. Svojstva fluida uglavnom ovise o temperaturi i tlaku. Elementi za protok fluida, pod koje spadaju cijevi, brtve, spojnice, i crijeva, imaju ulogu prijenosa fluida, sprječavanja curenja, te povezivanja elemenata za prijenos fluida. Cijevi i crijeva su određene po nominalnom tlaku i promjeru pa je potrebno paziti na pravilan odabir u svojstvu prijenosa niskotlačnog i visokotlačnog fluida.

## 5. POPIS SLIKA

Slika 1. Pascalov zakon.....	3
Slika 2. Ponašanje tlaka u sustavu.....	5
Slika 3. Regulacija dobave pumpe promjenom brzine vrtnje.....	6
Slika 4. Protočnost fluida prema presjeku.....	7
Slika 5. Vrste strujanja.....	7
Slika 6. Promjer cijevi.....	8
Slika 7. Brtvljenje špule unutar ventila.....	10
Slika 8. Graf viskoznosti ovisnoj o temperaturi.....	12
Slika 9. Dijagram kinematske viskoznost.....	13
Slika 10. Viskoziteti ulja.....	14
Slika 11. ISO gradacijska skala.....	15
Slika 12. Korozija lopatice.....	16
Slika 13. Prstenasta brtva.....	20
Slika 14. Pričuvna brtva.....	21
Slika 15. T-prsten.....	22
Slika 16. Osovinska brtva.....	22
Slika 17. U-brtve.....	23
Slika 18. Klipni prstenovi.....	23
Slika 19. Razni oblici plosnatih brtvi.....	24
Slika 20. Stražnja ugradba ventila.....	25
Slika 21. Ventili sa razdjelnicima.....	25
Slika 22. Cijevni navoji (kosi).....	26
Slika 23. O-prsten sa ravnim navojima.....	26
Slika 24. Odvojiva prirubnica.....	27
Slika 25. Prirubnica sa ravnim naličjem i O-prstenom.....	27
Slika 26. Crijeva sa zaštitom od pletenice i spiralnom zaštitom.....	28
Slika 27. Bešavne hidraulične cijevi.....	29

## **6. POPIS TABLICA**

Tablica 1. Nominalne veličine cijevi.....	19
---	----

## **7. LITERATURA**

1. Brodski pomoćni strojevi i uređaji – Velimir Ozretić 1996.
2. Hidraulika i Pneumatika, 1. DIO – Joško Petrić 2012.
3. Uljna Hidraulika i Pneumatika – Anton Šestan 2003.
4. Industrial Hydraulics Manual – Eaton 2008.