

# ODRŽAVANJE HIDRAULIČKIH DIJELOVA I SKLOPOVA

---

**Epet, Josip**

**Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:402926>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-08-07**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**

Specijalistički diplomski studiji strojarstva

Proizvodno strojarstvo



JOSIP EPET

**ODRŽAVANJE HIDRAULIČKIH DIJELOVA I SKLOPOVA**

DIPLOMSKI RAD

Karlovac, 2020.

**Veleučilište u Karlovcu**

Specijalistički diplomski studij strojarstva

Proizvodno strojarstvo

Josip Epet

**Održavanje hidrauličkih dijelova i sklopova**

Diplomski rad

Mentor: dipl. ing. stroj. Tomislav Božić

Karlovac, 2020.

## **IZJAVA**

Ja, Josip Epet, izjavljujem da sam ovaj diplomski rad pod naslovom „**Održavanje hidrauličkih dijelova i sklopova**“ izradio samostalno pod mentorstvom dipl.ing.stroj Tomislav Božić te je rezultat vlastitog rada i istraživanja te se oslanja na izvore navedene u popisu literature. U radu sam primijenio metodologiju znanstvenoistraživačkog rada

Josip Epet, Karlovac, 2020.

## **Sažetak**

U ovom diplomskom radu obradit će se pojedini hidraulički sklopovi koji se pojavljuju u svakom hidrauličkom sustavu.

U teoretskom dijelu će biti opće karakteristike objašnjene pojedinog sklopa i princip rada u teoriji.

U praktičnom dijelu bazirati će se na održavanje sklopova i saniranje mogućih oštećenja koja mogu nastati tokom eksploatacije zbog greške u radu, nepravilnog i neredovitog ciklusa održavanja. Izvesti plan saniranja oštećenja i izvesti testiranje ispravnosti.

Sve zahvate popratiti fotodokumentacijom.

Ključne riječi: Hidraulika, hidraulični sklopovi, održavanja sustava, oštećenja.

## **Summary**

In this diploma thesis, individual hydraulic assemblies that appear in each hydraulic will be discussed.

In the theoretical part there will be general characteristics explained of each set and the principle of work in theory.

The practical part will be based on the maintenance of assemblies and repair of possible damage that may occur during operation due to malfunction, and irregular maintenance cycle. Perform a repair plan and perform a properness test. All procedures should be accompanied by photo documentation.

Key words: Hydraulics, hydraulic assemblies, system maintenance, damages.

# Sadržaj

1. UVOD .....	1
2. TEORETSKI DIO .....	2
<b>2.1. Radne tekućine hidrauličnih sustava</b> .....	2
<b>2.2. Hidraulične pumpe</b> .....	3
2.2.1. Zupčaste pumpe.....	3
2.2.2. Klipno aksijalne pumpe .....	5
2.2.3. Parametri za izbor hidraulične pumpe.....	6
<b>2.3. Hidraulični cilindri</b> .....	7
<b>2.4. Ventili</b> .....	11
2.4.1. Razvodnici .....	11
2.4.2. Nepovratni ventil .....	14
2.4.3. Tlačni ventili .....	14
<b>2.5. Filteri</b> .....	17
<b>2.6. Hidraulički vodovi</b> .....	22
2.6.1. Osnovne funkcije hidrauličnih vodova .....	23
2.6.2. Cjevovodi.....	23
2.6.3. Hidraulične fleksibilne cijevi .....	24
3. EKSPERIMENTALNI DIO .....	30
<b>3.1. Zaprljano hidraulično ulje</b> .....	30
<b>3.2. Održavanje hidrauličnih cilindara</b> .....	33
<b>3.3. Održavanje hidrauličnih pumpi</b> .....	41
<b>3.4. Oštećenja cjevovoda</b> .....	47
4. ANALIZA REZULTATA EKSPERIMENTALNOG DIJELA .....	54
5. ZAKLJUČAK.....	56
6. POPIS SLIKA:.....	57
7. POPIS LITERATURE.....	60

# 1. UVOD

Zbog svojih osobitosti i prednosti, hidraulika se vrlo često primjenjuje u tehnici prijenosa energije. Prema davnoj definiciji, izraz hidraulika obuhvaća područja hidrostatike i hidrodinamike zajedno s pripadajućim strojevima i uređajima kojima je voda bila pogonski mediji. U novije vrijeme pogonski mediji više nije samo voda već i drugi mediji.

U osnovi, hidrostatski tehnički sustav djeluje na principu tlačenja medija s pomoću pumpe ili kompresora radi pretvaranja mehaničke energije u energiju fluida.

Pod hidrauličnim prijenosom snage razumijeva se tehnički sustav kojim se energija prenosi na određenu udaljenost posredstvom fluida s mogućnosti reguliranja i usmjeravanja izlazne brzine prijenosa.

Prednosti hidraulike su:

- Razvoj velikih sila i zakretnih momenata s uređajima malih dimenzija i masa
- Jednostavno postizanje linijskog hoda
- Mogućnost kontinuirane promjene brzine vrtnje
- Ravnomjernost hoda
- Mogućnost lakog pokretanja pod punim opterećenjem
- Djelotvorna zaštita od preopterećenja, velika pouzdanost i raspoloživost rada te dugotrajnost
- Jednostavno očitavanje razvijene sile i zakretnog momenta s pomoću manometra
- Jednostavno ograničavanje opterećenja s pomoću ugrađenih ventila za ograničenje tlaka
- Slobodan raspored sastavnih elemenata budući da se međusobno povezuju cjevovodima
- Osobita mogućnost primjene kod automatiziranih sustava jer se hidrauličnim ventilima može upravljati električki i pneumatski.

Funkcije hidrauličnog sustava su:

- Pretvaranje mehaničke energije u hidrauličnu i obrnuto
- Prijenos energije s jedne lokacije na drugu lokaciju
- Odgovarajuće upravljanje

Mediji za pretvaranje i prijenos energije je fluid. U hidrauličnim sustavima koriste se nestlačive tekućine čija se zapremnina ne smije značajno mijenjati pod djelovanjem vanjske sile.

## 2. TEORETSKI DIO

U prvom dijelu diplomskog rada obradit će se teoretski dio hidrauličnog sustava i njegove komponente i način rada.

### 2.1. Radne tekućine hidrauličnih sustava

Radna tekućina je osnovni element hidrauličnog sustava, obično ju zovemo hidraulično ulje. Osnovna funkcija radne tekućine u hidrauličnom sustavu je prijenos energije. Pored ove primarne funkcije, radna tekućina obavlja nekoliko sekundarnih funkcija.

Radna tekućina podmazuje pokretne dijelove u hidrauličnom sustavu pa oni nemaju posebne uređaje za podmazivanje i po tome su jedinstveni.

Radna tekućina odvodi toplinsku energiju iz sustava. Zahvaljujući činjenici da radna tekućina cirkulira kroz sustav, moguća je izmjena topline pomoću hladnjaka ili grijača.

Još jedna prednost ulja je i to što ispire protočne kanale u sustavu. Tok radne tekućine nosi sa sobom sve produkte habanja pokretnih dijelova, oni se odvajaju pomoću filtra.

Ulje je i sredstvo očuvanja sustava, štiti radne površine hidrauličnog sustava i njegovih elemenata od korozije jer sprječava kontakt metalnih površina s kisikom.

Za hidraulične sustave se prvenstveno biraju hidraulična ulja s gustoćom koja je najčešće manja od gustoće vode.

Osnovni zahtjevi za hidraulična ulja:

- Dobro podmazivanje
- Mala promjena viskoziteta u širokom području promjena tlakova i temperatura
- Dug vijek upotrebe
- Visoka temperatura zapaljenja
- Prihvatljiva cijena

Proces prljanja hidrauličnih ulja je složen i teče kontinuirano. Nečistoća hidrauličnog ulja je jedan od osnovnih uzoraka otkazivanja hidrauličnog sustava. Ulje može biti uprljano mehaničkim česticama, produktima habanja, česticama vode itd. Uređaji za kontinuirano pročišćavanje [Filtri] tokom rada obavezno se ugrađuju u sustav.



## 2.2. Hidraulične pumpe

U hidrauličnim sustavima odnosno postrojenjima, pumpom se naziva hidraulični stroj koji pretvara mehaničku energiju pogonskog motora u hidrauličnu energiju fluida.

Po konstrukciji razlikujemo:

- Hidrodinamične [centrifugalne]: koriste se najčešće kod transporta fluida, tj. u sustavima kod kojih raspoloživom energijom treba savladati pretežno otpore strujanja u cjevovodima. Karakterizira ih relativno nizak radni tlak i relativno velik kapacitet koji je značajno ovisan o razvijenom tlaku.
- Hidrostatičke [volumetričke]: primjenjuju se u hidrauličnim sustavima temelje se na principu potiskivanja fluida, što se postiže povećanjem i smanjenjem prostora ispunjenog fluidom koji je povezan s nižim tlakom na usisnoj i višim tlakom na tlačnoj strani pumpe.

Radi štednje materijala, smanjenja težine i ugradbenog prostora kod konstrukcija hidrauličnih sustava primijenjeni su viši tlakovi i više brzine vrtnje pumpi. Ograničenja su pritom bili parametri poput pouzdanosti, razvijena buka, kakvoća hidrauličnog fluida.

### 2.2.1. Zupčaste pumpe

Zupčaste su pumpe najjednostavnije i najjeftinije pumpe koje su zbog tehnološki povoljne konstrukcije pogodne za velikoserijsku proizvodnju. Najčešće se primjenjuju kao pumpe s konstantnom dobavom.

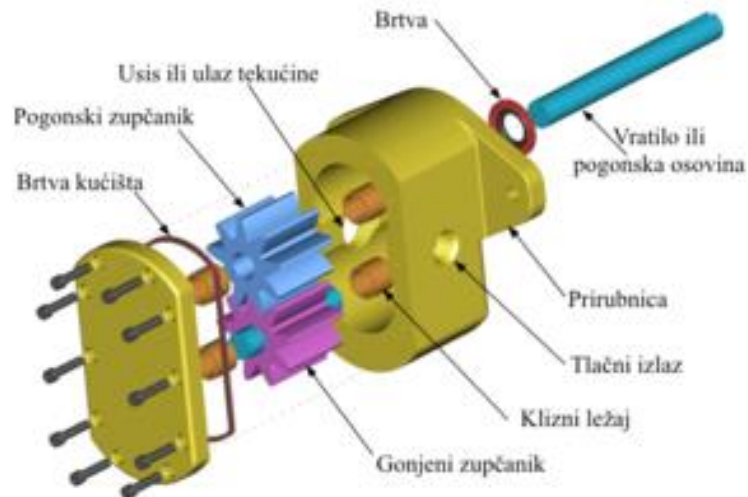
#### A) Zupčaste pumpe s vanjskim ozubljenjem

Pripadaju grupi hidrostatskih pumpi kojima su radni elementi za potiskivanje fluida zupci zupčanika. Volumen fluida koji se potiskuje ograničen je brojem i veličinom međuzublja i brzinom vrtnje zupčanika. Smjer vrtnje zupčanika pumpe određuje njenu usisnu i potisnu stranu.

Zbog stvorenog podtlaka u usisnom prostoru, fluid puni međuzublja pogonskog i pogonjenog zupčanika, a kako ti zupčanci rotiraju, fluid biva transportiran prema tlačnoj strani. Stvoreni tlak postupno raste počevši od međuzublja usisne strane do tlačne strane.

Nedostatci zupčastih pumpi:

- Relativno niski radni tlakovi
- Nepogodna konstrukcija za ugradnju elemenata za regulaciju kapaciteta
- Nagli pad stupnja djelovanja pri porastu temperature
- Visok stupanj neujednačenosti potiskivanja fluida



Slika 1. Shema zupčaste pumpe s vanjskim ozubljenjem [4]



Slika 2. Zupčasta pumpa

### B) Zupčaste pumpe s unutarnjim ozubljenjem

Osnovne odlike ove vrste pumpe jesu male dimenzije i mogućnost stvaranja jakog podtlaka zahvaljujući velikom stupnju prekrivanja zubi.

Nedostatak im je vrlo složena konstrukcija u odnosu prema konstrukciji zupčastih pumpi s vanjskim ozubljenjem.

Pumpa se sastoji od kućišta, zupčanika s unutrašnjim i vanjskim ozubljenjem i segmenta u obliku kosira.

### 2.2.2. Klipno aksijalne pumpe



*Slika 3. Klipno aksijalna pumpa*

Zbog relativno visoke specifične snage, klipno aksijalne hidraulične pumpe imaju široku primjenu. Odlikuju se kompaktnom konstrukcijom, visokim radnim tlakom, velikim rasponom kapaciteta i pogodnom konstrukcijom za primjenu sistema za upravljanje kapaciteta i smjerom rotacije. Sastoji se od kućišta koje rotira i u kojem se uzduž rotacije nalaze cilindri s pripadnim klipovima.

U praksi klipno aksijalne pumpe možemo podijeliti na način rada tj. uvjete rada:

- a) Kratkotrajni rad: pumpe predviđene za kratki period rada poput kiperera kamion, ta pumpa je predviđena da radi 30 minuta, malo duže od tog.

- b) Dugotrajni rad: predviđene za sustave u kojima neprestano radi po 3,4 sata, ona može svakako zamijeniti pumpu predviđenu za kratkotrajni rad, međutim zato i je skuplja pa je potrebno precizirati u kojim uvjetima rada će raditi.

Postoji nagibna klipno aksijalna pumpa, tzv. banana.



*Slika 4. Nagibna pumpa [banana pumpa]*

### **2.2.3. Parametri za izbor hidraulične pumpe**

- Maksimalni radni tlak
- Maksimalni protok
- Način upravljanja
- Buka pumpe
- Dimenzije i masa pumpe
- Održavanje i zamjenski dijelovi
- Cijena

Maksimalni radni tlak određen je prvenstveno potrebnom snagom, tipom radne tekućine, radnim uvjetima i održavanjem hidrauličnog sustava za određenu primjenu. Viši radni tlak znači i skuplje komponente hidrauličnog sustava i manju mogućnost izbora.

Maksimalni protok je svakako ograničavajući faktor. Izbor hidraulične pumpe je usko vezan za maksimalnu i minimalnu vrijednost protoka potrebnog u hidrauličnom sustavu. Protok pumpe je određen, između ostalog, i viskoznošću radnog fluida, radnom temperaturom i tlakom. Pri izboru pumpe obično se uzme pumpa s oko 10% većim protokom od zahtijevanog, kako bi se stvorila rezerva zbog smanjenja protoka uslijed zapreminskih gubitaka.

Način upravljanja značajno utječe na cijenu. U sustavu gdje se tijekom rada događaju nagle promjene protoka i tlaka, preporučuje se ugradnja hidrauličnog akumulatora koji znatno utječe na stabilnost radnog mehanizma za upravljanje pumpom a time i na rad cjelokupnog sustava.

Buka pumpe postaje sve važnija zbog zaštite životne sredine. Nivo buke prilično varira između pumpi istog tipa, ali i različite opreme i instalacije. Postoji niz rješenja za smanjenje buke poput razvodnih ploča, ležajevi, protočni kanali, materijali i metoda montaže.

Dimenzija i masa pumpe hidraulične pumpe određene su konstrukcijom. Vrlo lake kompaktne jedinice koriste se u avioindustriji i jako su skupe.

Održavanje i zamjenski dijelovi određuju cijenu eksploatacije. U svakom tipu hidraulične pumpe postoje dijelovi koji se tokom rada troše i potrebna je njihova zamjena. U slučaju skupih klipnih pumpi, preporučljivo je kod proizvođača osigurati rezervne dijelove i dokumentaciju za remont.

Cijena hidraulične pumpe sudjeluje u ukupnoj cijeni hidrauličnog sustava i najčešće ima primaran značaj. Najnižu cijenu imaju zupčaste pumpe. Klipne pumpe su obično skupe. Pogotovo su skupe klipne radijalne pumpe namijenjene za visoke radne tlakove.

### **2.3. Hidraulični cilindri**

Hidraulični cilindri pretvaraju hidrauličnu energiju u mehanički rad. Karakteristični su po ograničenom pravocrtnom ili kružnom gibanju izvršnog elementa. Brzina hoda regulira se promjenom intenziteta dotoka fluida, a veličina sile promjenom visine tlaka. Pri konstrukciji hidrauličnih cilindara problem brtvljenja je kvalitetno riješen pa se s toga može računati da nema volumetrijskih gubitaka, odnosno da je postignut volumetrijski koeficijent iskorištenja.

Dijelovi hidrauličnog cilindra:

- Cijevi cilindra unutar koje se giba klip
- Klipnjače po kojoj se klip kreće pravocrtno
- Klip
- Matica ili glava cilindra
- Brtve

Podjela hidrauličnih cilindara po konstrukciji:

- Jednoradni cilindri

Imaju samo jedan priključak ulja i mogu vršiti hidraulični rad samo u jednom smjeru. Povratni hod postiže se djelovanjem vanjske sile, pretežno s pomoću ugrađene tlačne opruge ili pomoću gravitacijske sile, odnosno cilindar se diže pomoću tlaka ulja a vraća nazad pod težinom tereta ili gravitacije, npr. poljoprivredni utovarivač ili viličar.

Njihova prednost je najviše to što su jeftiniji u nabavi a i dalje u održavanju jer nema sve brtve kao dvoradni.



*Slika 5. Jednoradni cilindar [5]*



*Slika 6. Jednoradni cilindar s oprugom*

- Cilindar s teleskopskim klipovima [Kiper cilindar]

Imaju velike hodove uz male ugradbene mjere. Pojedini stupnjevi izvlačenja odvijaju se sukcesivno brzinom koja je proporcionalna površini klipa aktualnog stupnja pri konstantnom dotoku ulja, tj. sve je viša tijekom odvijanja radnog hoda.

Nazivaju se još i kiper cilindri jer se najviše koristi upravo u tu svrhu, u tzv. kiper kamionima za prijevoz rasutog tereta (pijesak).

Koriste se i za razne platforme.



*Slika 7. Teleskopski cilindar*

Oni su također jednoradni cilindri, izlaze van pomoću tlaka ulja a vraćaju se u prvotni položaj na temelju gravitacijske sile.



*Slika 8. Shema teleskopskog cilindra [6]*

- Dvoradni cilindar

Imaju za svake strane klipa po jedan cilindarski prostor a pripadnim priključkom za protok fluida, i mogu vršiti hidraulički rad u oba smjera. Pri kretanju klipa, fluid iz jalovog prostora biva istisnut u cjevovod povrata.

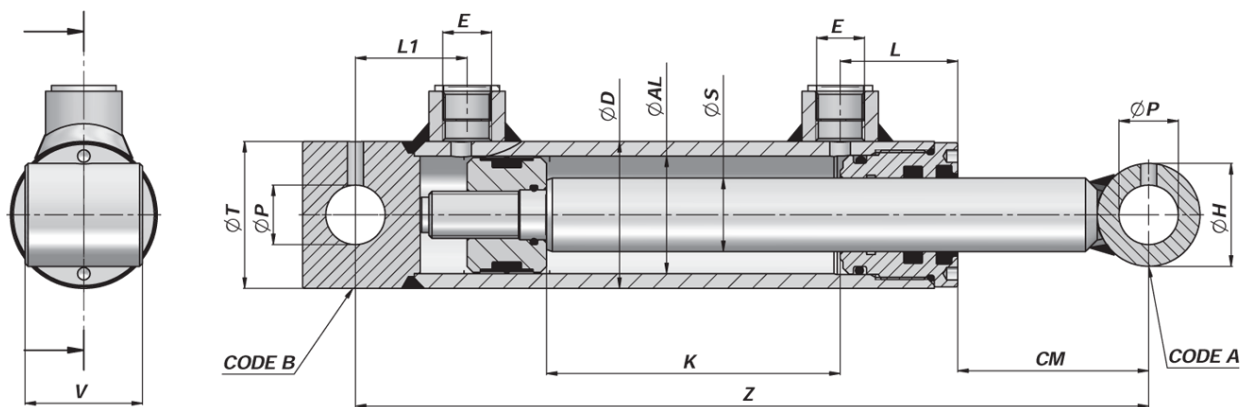
Klipnjača se obično završava navojem.

Vanjska sila koja djeluje na kraj klipnjače može dovesti do njenog savijanja, prekomjernog naprezanja i oštećenja brtvenog sustava kojim je klipnjača zabrtvena u cilindru.



*Slika 9. Dvoradni cilindar s provrtima na oba kraja*





Slika 10. Shema dvoradnog cilindra [7]

## 2.4. Ventili

U hidrauličnom sistemu energija se prenosi od pumpe do hidromotora cjevovodom opremljen s ventilima određenih konstrukcija i performansi kojima se upravlja tim procesom, konkretno tlakom i protokom.

Tlačnim ventilima ograničuje se tlak, protočnim ventilima regulira se protok, a razvodnim ventilima razvodi fluid.

### 2.4.1. Razvodnici

Hidraulični razvodnici usmjeravaju protok radnog fluida i omogućuje pokretanje, promjene smjera i zaustavljanje hidrauličnih motora.



*Slika 11. Dvoručni četrdeset litarski razvodnik*

### **Osnovne konstrukcijske karakteristike hidrauličnih razvodnika**

- Broj radnih položaja je određen funkcijom razvodnika. Da bi se ostvarila samo funkcija prekidanja protoka radnog fluida prema izvršnom motoru, potrebna su dva radna položaja( isključeno i uključeno). Za ostvarivanje funkcije prekidanja, pokretanja/zaustavljanja i promjene smjera potrebna su tri radna položaja.
- Broj hidrauličnih priključaka je najmanje dva. Razvodnici imaju najčešće četiri priključka:  
 Priključak za dovod radnog fluida (tlačni vod od hidraulične pumpe)  
 Priključak za odvod radnog fluida (povratni vod prema rezervoaru)  
 Dva priključka za dovod i odvod radnog fluida u izvršni dio npr.cilindar.
- Funkcija radnog položaja na hidrauličnom razvodniku definirana je konstrukcijom. Moguće su sljedeće funkcije: prekid protoka, protjecanje u zadanom smjeru, promjena smjera, prigušivanje, blokiranje...
- Aktiviranje razvodnika (postavljanje razvodnog klipa u odgovarajući radni položaj) moguće je: polugom, oprugom, elektromagnetski, hidrauličnim i pneumatskim aktuatorima...
- Nazivna veličina razvodnika NP, predstavlja promjer priključnog otvora u milimetrima. Ona definira protok koji se pod normalnim uvjetima može propustiti kroz razvodnik.

## **Osnovne funkcije klipnih razvodnika**

Funkcija hidrauličnih razvodnika je usmjeravanje i prekidanje struje radnog fluida. U nekim konstrukcijama moguće je i prigušivanje.

Konstrukcija klipnog razvodnika 4/3 (4 hidraulična priključka i 3 radna položaja)

Osnovni elementi su tijelo razvodnika u kojem je čahura i razvodni klip. Protočne funkcije formiraju se aksijalnim pomicanjem razvodnog klipa u čahuri. Moguće su tri osnovne funkcije i beskonačan broj funkcija međupoložaja. Razvodni klip se može postaviti u bilo koji položaj između krajnjih, što omogućuje prigušivanje protoka.

## **Aktiviranje klipnih razvodnika**

Aktiviranje klipnog razvodnika koje se izvodi neposrednim djelovanjem na razvodni klip naziva se „direktno aktiviranje ili upravljanje“, a aktiviranje uz hidraulično pojačanje upravljačkog signala „indirektno aktiviranje ili upravljanje“.

Sila potrebna za prebacivanje klipa razvodnika (aksijalna sila na razvodnom klipu), pretežno zavisi od sile trenja i reakcije struje radne tekućine koja protječe kroz radni otvor klipnog razvodnika.

Elektromagnetsko aktiviranje klipnog razvodnika obavlja se pomoću ON-OFF elektromagneta. Kad se namotaji elektromagneta uključe u strujno kolo, armatura se uvuče u namotaj zbog djelovanja sile elektromagnetskog polja. Armatura potiskuje razvodni klip i aktivira hidraulični razvodnik. Namotaj elektromagneta može biti dimenzioniran za napajanje istosmjernom ili izmjeničnom strujom. Elektromagnet može biti suh ili uronjen u hidraulično ulje.

## **Tehničke karakteristike razvodnika**

Optimalni protoci, maksimalan radni pritisak, priključne dimenzije, veličine upravljačkih signala, fizičko-kemijske karakteristike radnog fluida i ostale nužne veličine, propisane su standardima. Najčešće se koriste standardi:

ISO=International standardsorganization

CETOP=European Oil-hydraulicandPneumaticCommittee

DIN= Deutsche Industrie-Norm

U tehničkim podacima i katalozima proizvođača uobičajeno se daju sljedeće veličine i karakteristike razvodnika :

- Nazivni promjer, NP
- Broj priključaka
- Broj radnih položaja
- Funkcije radnih položaja
- Aktiviranje razvodnika
- Optimalni protok
- Maksimalni radni tlak
- Viskozitet radnog fluida

Dimenzija priključaka i priključnih ploča za razvodnike specificirane su standardima:

- ISO 4401
- CETOP R35H i
- DIN 24340 model A

#### **2.4.2. Nepovratni ventil**

Dozvoljavaju protok samo u jednom smjeru. Pladanj ventila može imati oblik kugle, konusa, tanjura ili čahure. Ventil može biti neopterećen ili opterećen(s oprugom).



*Slika 12. Nepovratni ventil*

#### **2.4.3. Tlačni ventili**

Ventili za upravljanje tlakom i njegovu regulaciju obavljaju više vitalnih funkcija u hidrauličnom sustavu, osiguranje od preopterećenja, održavanje potrebne vrijednosti tlaka,

sniženje tlaka i slično. Tlačni ventili utječu na tlak u sustavu ili dijelu sustava- oni su izvršni elementi za upravljanje i za regulaciju tlaka. Prema funkciji dijele se na :

- Ventile za ograničavanje tlaka
- Redosljedne ventile
- Redukcijske ventile

### **Ventil za ograničavanje tlaka**



*Slika 13. Ventil za ograničavanje tlaka "sigurnosni ventil"*

Osiguravaju da tlak u sustavu ne prijeđe maksimalnu dopuštenu vrijednost. Koriste se kao sigurnosni ventili (za zaštitu od prekomjernog tlaka), kao kočni ventili (za zaštitu od tlačnih udara koji nastaju npr. prilikom zatvaranja razvodnika) ili kao ventili za protudržanje.

Potrebni su i prisutni u svakom hidrauličkom sustavu, tipično se postavljaju na izlazu iz pumpe, za zaštitu pumpe i sustava od prekomjernog tlaka.

Ventil za ograničavanje tlaka u normalnom položaju je zatvoren. Na ventilu se skraćivanjem/produžavanjem opruge namjesti željeni maksimalni tlak pri kojem će pritisak na pladanj ventila svladati silu u opruzi, gurnuti pladanj i na taj način otvoriti ventil. Tlak otvaranja ventila veći je 10-15% od tlaka zatvaranja ventila.

U ventile za ograničenje tlaka često se ugrađuju prigušni klipovi ili prigušnice za smanjenje brzine zatvaranja (brzo otvaranje i usporeno zatvaranje). Time se sprječavaju štete od

tlačnog udara kakvi se javljaju npr. ako se zatvaranjem ventila trenutačno obustavi protok prema nekom potrošaču.

### **Redoslijedni ventil**

Još se nazivaju slijedni, priključni, tlačni priključni ili uključeni/isključeni ventili. Po konstrukciji i djelovanju nalikuju ventilima za ograničenje tlaka. Njihova funkcija je da pri određenom tlaku uključuju/isključuju iz rada dio hidrauličkog sustava, tako da uključe/isključe njegovo napajanje.

Moguć je niz rješenja u kojima se kombinira direktno ili indirektno upravljanje, s upravljanjem putem tlaka ili daljinskim.

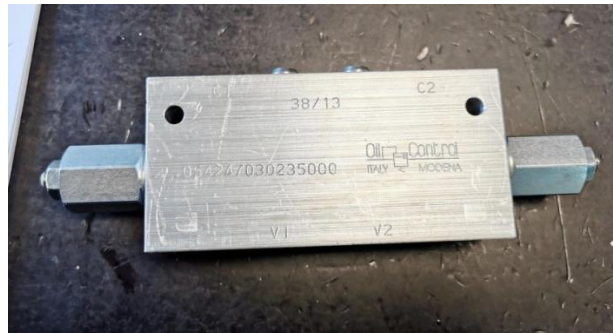
### **Prioritetni ventil**



*Slika 14. Prioritetni ventil*

Prioritetni ventil ima 1 ulaz a 2 izlaza. U dijelovima sustava gdje napajamo 2 korisnika a potrebno nam je da nam jedan korisnik prima veći dio tog tlaka a drugi korisnik manji dio. U tom slučaju koristimo prioritetni ventil na kojem podesimo koji korisnik koliko tlaka prima u isto vrijeme. Postoje ventili koji su podešeni da svaki korisnik prima 50% tlaka a postoji i ventili gdje možemo podesiti koliko koji korisnik prima.

## Sigurnosni „pilot“ ventil



*Slika 15. Pilot ventil*

Ova vrsta sigurnosnog ventila se ugrađuje bilo gdje u hidrauličnom sustavu i funkcionira na principu konstantnog tlaka, otvoren je dok god prima tlak. Koristimo ga tako da osiguramo sustav u slučaju naglog prekida tlaka on se zatvara i blokira cijeli hidraulični sustav.

Npr. kamionska dizalica, u radu dođe do puknuća crijeva ili nekog drugog elementa sustava i da spriječi nekontrolirani pad dizalice i moguće ozljede, pilot ventil se zatvori i zablokira dizalicu. On ostaje zablokiran dok god ne saniramo kvar i ne dođe do ponovnog puštanja tlaka u sustav nakon kojeg se ponovno otvara i nastavlja s radom.

### 2.5. Filteri

Zadatak filtera je da razinu prljavštine ulja smanji na dozvoljenu vrijednost. Uljni filteri izdvajaju čvrste mehaničke nečistoće zadatih dimenzija iz struje hidrauličnog ulja. Time se hidraulički elementi štite od prekomjernog habanja i povećava se pouzdanost rada hidrauličkog sustava.

Finoća filtriranja odgovara promjeru najveće čestice u obliku kugle koja može proći kroz filter. Hidraulički elementi imaju sve manje zračnosti između kliznih ploha, danas se zahtjeva finoća filtriranja od 20 mikrona, a za servo ventile i do 3 mikrona.



*Slika 16. Filter*



*Slika 17. Nosač filtera*

Nečistoće se dijele na unutarnje i vanjske, unutarnje nastaju trošenjem i otkidanjem čestica hidrauličkih elemenata, a vanjske su posljedica lošeg brtvljenja sustava prema okolini (filter za zrak na spremniku, brtve na cilindrima).

Posljedice krutih nečistoća u hidrauličkoj tekućini su:

1. Povećano istjecanje tekućine zbog lošeg brtvljenja
2. Blokiranje rada kliznih elemenata
3. Promjena karakteristike regulacijskih ventila
4. Smanjenje vijeka trajanja hidrauličkih elemenata i sustava



Dozvoljene vrijednosti količine prljavštine uzimaju u obzir:

1. Vrste čestica prljavštine
2. Veličine čestica prljavštine
3. Broj čestica prljavštine
4. Brzinu strujanja radnog medija u hidrauličkim elementima
5. Radni tlak
6. Tolerancije i konstruktivne osobine elemenata

Mjesto ugradnje uljnog filtera u hidrauličkom sustavu određeno je na osnovu više zahtjeva :

- Uljni filter je obavezan element u hidrauličkom sustavu
- Uljni filteri postavljeni u tlačni vod moraju biti dimenzionirani za maksimalnu vrijednost tlaka u sustavu
- Uljni filteri moraju biti pristupačno ugrađeni u sustav tako da se mogu lako demontirati pri zamjeni elementa filtera i čišćenju
- Obavezno se mora predvidjeti zaštita uljnog filtera od preopterećenja koja mogu nastati uslijed hidrauličnih udara ili naglog povećanja tlaka u sustavu, uljni filteri se najčešće ugrađuju u povratni vod gdje je tlak niži, a rizici od preopterećenja niži
- Postavljanje uljnih filtera u usisni vod povećava pad pritiska u njemu i može ugroziti rad pumpe, pa se to koristi samo kad sustav ne dopušta drukčije
- Obavezno treba ugraditi uljni filter na čepu rezervoara i odgovarajući filter za zrak na odušku rezervoara.

Moguća je serijska i paralelna ugradnja uljnog filtera. Pri serijskoj ugradnji, pročišćava se sve ulje koje cirkulira kroz sustav, a pri paralelnoj samo dio. Za efikasno pročišćavanje hidrauličnog ulja mora se ugraditi uljni filter na čepu, te u usisnom, tlačnom i povratnom vodu.

Ako se uljni filter ugrađuje serijski, mora se voditi računa da kroz njega mora proći ulje cijelog sustava koje pumpa potiskuje i da se zbog njegovog zaprljanja protok smanjuje. Da hidraulični sustav ne bih otkazao zbog zaprljanog elementa uljnog filtra, paralelno s njim se ugrađuje jednosmjerni ventil.

### **Osnovne karakteristike uljnog filtera:**

- Finoća filtriranja
- Količina izdvojenih čvrstih čestica
- Protok i brzina strujanja hidrauličnog ulja
- Pad tlaka na filteru

Pod pojmom finoće filtriranja, podrazumijeva se osobina filtera da zadrži krute čestice zadatih veličine. Definiira se apsolutna i nominalna finoća filtriranja. Apsolutna finoća filtriranja odgovara veličini najveće nečistoće u obliku kugle koja može proći kroz otvore elemente filtera, a nominalna finoća označava veličine čestica čiji se stupanj zadržavanja kreće u granicama od 50-95%. Odnos između apsolutne i nominalne vrijednosti finoće filtriranja određuje kvalitetu i cijenu uljnog filtera.

Količina izdvojenih čvrstih čestica definirana je stupnjem filtriranja. Njegova veličina označava odnos broja čestica određene veličine u hidrauličnom ulju prije i poslije filtriranja.

Zbog nakupljanja čvrstih nečistoća u protočnim kanalima elemenata filtera, smanjuju se protočni otvori i hidraulični otpori protjecanja rastu, što se manifestira povećanjem razlike tlaka na ulazu i izlazu. Normalne vrijednosti pada pritiska na čistom uljnom filteru rijetko prelaze 0,1 bar. Na zaprljanom filteru pad pritiska je višestruko veći. Pad pritiska se može koristiti za indicaciju zaprljana filtera.

Uobičajeni materijali od kojih se izrađuju filterski elementi su:

- a. žičana tkanina
- b. papir
- c. metal-fiber

Žičana tkanina je tkanina od nehrđajućeg čelika.

Papirnati filter izrađen je od papirnog runa koje omogućuje finoću filtriranja do 10 mikrona.

Ne može se prati, koristi se jednokratno i baca.



*Slika 18. Papirnati filter*

Metal fiber je runo od metalnih vlakana. Odlikuje ga dubinsko filtriranje, izrazito veliki kapacitet zadržavanja nečistoće u odnosu na volumen filtera i odgovarajuća dugotrajnost, otpornost na temperaturu, visok dozvoljeni pad tlaka i visoka čvrstoća.



*Slika 19. Metal-fiber filter*

**Zaprljanost filtera** određuje se posredno pomoću mjerenja pada tlaka na filteru. Pokazivač zaprljanosti može biti električni ili optički (lampica). Pad tlaka na čistom filteru iznosi oko 0,1 bar, dok je na zaprljanom višestruko veća.

Prema mjestu ugradnje, filteri se dijele:

1. Usisni filter
2. Tlačni filter
3. Povratni filter

*Usisni filter* ugrađuje se u usisni vod pumpe. Hidraulički mediji usisava se iz spremnika kroz filtarski uložak, pa u sustav ulazi samo filtrirano ulje. Finoća filtriranja uobičajeno iznosi oko 100  $\mu\text{m}$ . Nedostaci ovog tipa filtera su loša pristupačnost (otežano održavanje) i otpor na ulazu u pumpu (mogućnost kavitacije). Oko filtera se za slučaj zaprljanog filtera ili za hladno vrijeme često postavlja obilazni vod (engl. *bypass*) s uključenim (bypass) ventilom koji se otvara pri 0,2 bar.

*Tlačni filter* ulja ugrađuje se u tlačni vod, npr. iza hidrauličke pumpe ili ispred servo-ventila. Najčešće se ugrađuje neposredno ispred upravljačkih ili regulacijskih uređaja, za njihovu zaštitu. Konstrukcija filtera mora biti robusna jer je izložen maksimalnom tlaku (radni pritisak filtera do 420 bar). Uobičajene su finoće filtriranja 1 - 10  $\mu\text{m}$ .

*Povratni filter* ulja ugrađuje se u povratni vod (ispred spremnika) i najčešće se koristi u hidrauličkim pogonima. Uobičajena finoća filtriranja iznosi 10 - 20  $\mu\text{m}$ , a radni tlak do 30 bara. Ovi filtri su lako pristupačni i laki su za održavanje. Filterski element smješta se u lonac koji se vadi zajedno s elementom, čime se sprječava prodor sakupljene nečistoće u spremnik. Da se izbjegne isključivanje sustava prilikom izmjene filterskog elementa, koriste se dvojni filteri (dva paralelno priključena filtera, svaki opremljen zapornim ventilima na ulazu i izlazu).

## 2.6. Hidraulički vodovi

Cjevovodi kao podsustav hidrauličkog sustava služe za transport hidrauličnog fluida između pojedinih elemenata kružnog toka. Budući da u pretežnom broju slučajeva ukupna preuzeta energija sistema struji u podsistemu cjevovoda, njegov izbor, dimenzija i montaža, osobito u snažno opterećenim izvedbama, imaju odlučujući utjecaj na funkciju i pouzdanost sustava.

### 2.6.1. Osnovne funkcije hidrauličnih vodova

U hidrauličnom sustavu, hidraulična energija se prenosi s jedne lokacije na drugu protjecanjem radnog fluida. Kako se dio hidraulične energije troši u toku prijenosa (strujanje fluida prate procesi trenja i slično), osnovna karakteristika hidrauličnih sustava je da nema dugih vodova i da su brzine strujanja ograničene.

Za prijenos hidraulične energije koriste se hidraulični vodovi (cjevovodi, savitljivi cjevovodi, protočni otvori ili specijalno oblikovani protočni kanali). Otkaz elementa za prijenos hidraulične energije znači otkaz u radu hidrauličnog sustava.

Dimenzije protočnog otvora hidrauličnih vodova, kao i njihov oblik, značajno utječu na gubitke hidraulične energije u hidrauličnom sustavu. Promjer otvora hidrauličnog voda ovisi od protoka, pritiska i dopuštene brzine strujanja radnog fluida. Brzina strujanja je ograničena zbog gubitaka energije u cjevovodu.

### 2.6.2. Cjevovodi

Cjevovodi čine krute veze između pojedinih elemenata sistema čime se određuje da i oni moraju biti kruto učvršćeni.



Slika 20. Kruti hidraulični cjevovodi

Hidraulične cijevi spadaju u skupinu precizno izvedene čelične bešavne cijevi. Do promjera 35 mm mogu biti hladno izvučene, a od te dimenzija dalje moraju biti izvučene na toplo. Za cijevi sa šavom (uzdužno zavarene) proizvođač ne daje punu garanciju kvalitete. Takve cijevi smiju se ugrađivati u sustave kod kojih se ne zahtijeva trajna čvrstoća cijevi opterećene nazivnim tlakom. Cjevovodi u pogonu podvrgnuti se unutarnjim i vanjskim opterećenjima.

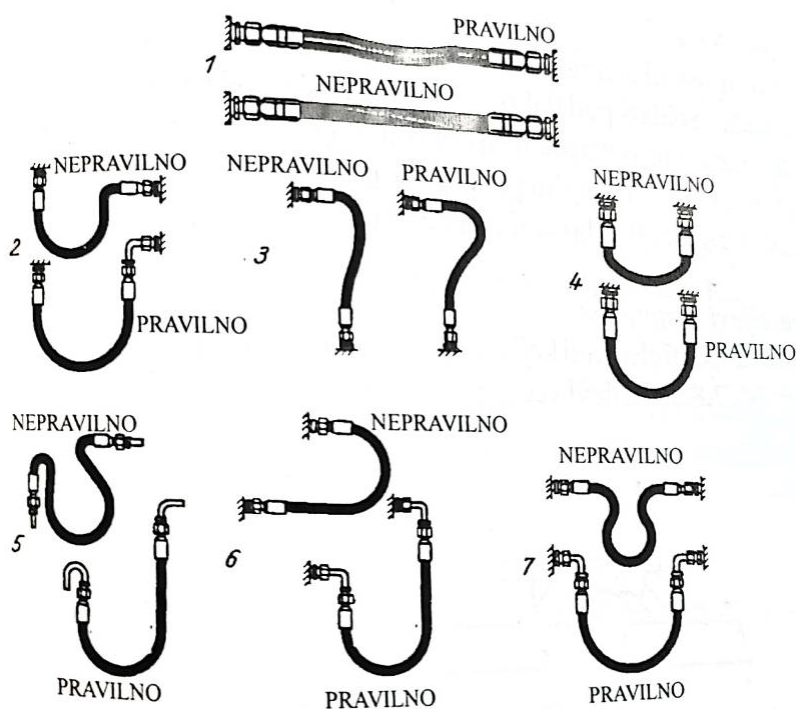
Hidraulični metalni vodovi su posebno osjetljivi na vibracije koje se javljaju uslijed oscilacije tlaka, hidrauličnih udara, i neravnomjernog protjecanja hidrauličnog ulja. Posljedica tih vibracija je zamor materijala, popuštanje navojnih spojeva [propuštanje hidrauličnog ulja na spoju], lom cijevi ili elementa spoja, a to je otkaz u radu hidrauličnog sustava.

Amplituda i frekvencija vibracija cjevovoda može se značajno smanjiti pravilnim izborom raspona oslonca, što je posebno važno za dugačke hidraulične vodove [preko jednog metra].

### 2.6.3. Hidraulične fleksibilne cijevi

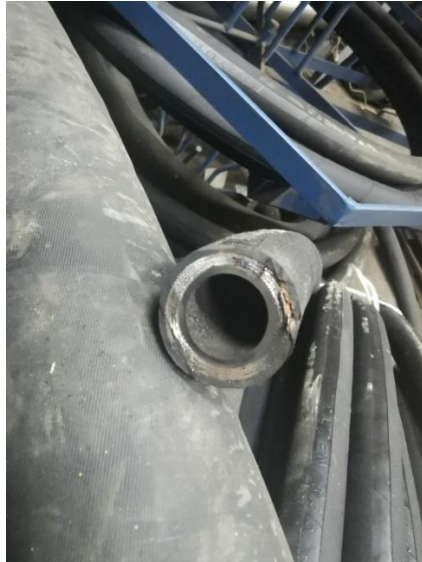
Dopuštaju pomake priključnim elementima u svim smjerovima. Serijske izvedbe takvih cijevi predviđene su za tlak do 40MPa, a specijalne se izvedbe proizvode i za tlakove do 70MPa.

Pri ugradnji treba paziti da se ne dogodi njihovo prelamanje.



Slika 21. Primjeri ugradnje hidrauličnih fleksibilnih cijevi [2]

Izdržljivost na visoke tlakove postiže se slojevitom izvedbom slojeva kaučuka armiranog tekstilnom ili čeličnom mrežicom.



*Slika 22. Fleksibilno hidraulično crijevo armirano čeličnom mrežicom*

Savitljivi cjevovodi omogućuju prijenos hidraulične energije gdje to nije moguće krutim cjevovodima. Savitljivi su, elastični i mogu se prilagoditi prema radnom stroju. Prave se za niske, srednje i visoke tlakove. Osjetljivi su na vibracije, podložni su starenju.



*Slika 23. Primjer savitljivog hidrauličnog cjevovoda*

Hidraulični savitljivi cjevovod se sastoji od 3 elementa:

1. Fleksibilnog hidrauličnog cjevovoda
2. Čahure
3. Priključka

Fleksibilni hidraulični cjevovodi se dijele po protoku, tlaku i konstrukciji.

- Tako imamo cjevovod armiran tekstilnom mrežicom koji podnosi tlakove do 10 bara. Prednosti takovih fleksibilnih cjevovoda je lako postavljanje, niska cijena a nedostaci su nizak radni tlak i ako se nepravilno montira dolazi do prekida dotoka.



*Slika 24. Fleksibilni hidraulični cjevovod armiran tekstilnom mrežicom*

- Zatim imamo fleksibilni cjevovod jednostruko armiran čeličnom mrežicom. Koriste se za usis u pumpe, ne može doći do prekida protoka zato što su čelična armatura ne dopušta prekid protoka, podnosi malo više tlakove, nije potreban priključak nego se može fiksirati s objemnicom, što opet pojeftinjuje stroj.



*Slika 25. Fleksibilni hidraulični cjevovod jednostruko armiran čeličnom mrežicom*

- Dvostruko armirano čeličnom mrežicom savitljivi hidraulični cjevovod. Ovisno i unutarnjem promjeru podnosi tlakove, može podnositi i do 300 bara. Najčešće korišten savitljivi cjevovod, potreban rad hidraulične preše da se izradi jer je jako krut.





*Slika 26. Dvostruko armiran čeličnom mrežicom fleksibilni cjevovod*

- I na kraju imamo četverostruko armiran čeličnom mrežicom fleksibilni hidraulični cjevovod. Podnosi tlakove do 400 bara, koriste se u većim sustavima, mnogostruko skuplji od dvostruko armiranog.

Ostatak hidrauličnog fleksibilnog cjevovoda čine čahura i priključak, koji se dijeli po konusu i navoju, pa tako postoji metrički navoj, whitworthov navoj, američki/kanadski colni navoj.



*Slika 27. Priključak*

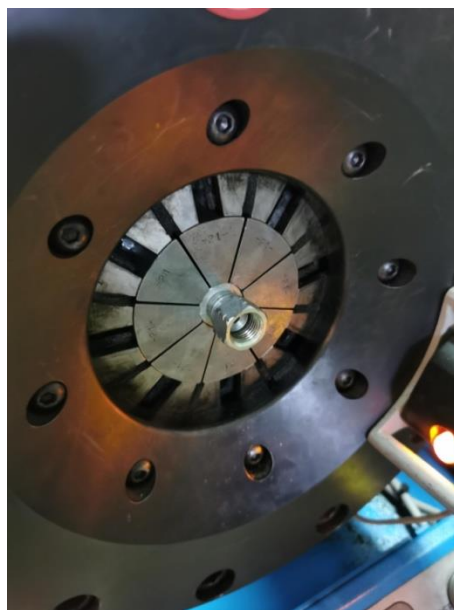


*Slika 28. Čahura*

Hidraulični savitljivi cjevovodi se izrađuju pomoću hidraulične preše. Na preši se namjesti propisani promjer čahure koji mora biti, i onda se preša dok ne dobijemo taj promjer,



*Slika 29. Hidraulična preša za izradu fleksibilnih cjevovoda*



*Slika 30. Krajnji položaj preše kada izrađujemo fleksibilni cjevovod*



*Slika 31. Primjer izrađenog hidrauličnog cjevovoda*

### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

U eksperimentalnom dijelu će se obraditi poslovi održavanja samih hidrauličnih sklopova i sustava na stvarnim primjerima i oštećenjima koji nastaju u eksploataciji.

Do prestanka rada hidrauličnog sustava može doći zbog kvara bilo kojeg dijela sustava, cilindra, pumpe, razvodnika... Redovito održavanje sustava je ključ dugotrajnosti rada sustava normalno uz pretpostavku da je konstrukcija isplanirana i izvedena po pravilima struke, kao i ostale komponente.

Do prestanka rada može doći naglo zbog velikog kvara poput kvara pumpe, ili loma konstrukcije, a može doći i polako zbog npr. oštećenog cilindra i curenja ulja, gdje on i može nastaviti čak raditi ali uz velike gubitke ulja i riskira druga oštećenja.

#### 3.1. Zaprljano hidraulično ulje

Hidraulično ulje zaprljano različitim česticama smanjuje pouzdanost rada hidrauličnog sustava i do deset puta!

Hidraulično ulje uvijek sadrži nečistoće. Pod nečistoćama se podrazumijeva sve čestice koje se mogu izdvojiti iz hidrauličnog ulja [tvrde čestice, smole, voda, plinovi,...]

Čistoća hidrauličnog ulja u hidrauličnom sustavu zadana je konstrukcijska karakteristika i u normalnim okolnostima održava se ugrađenim filtrima.

Uzorci prljanja hidrauličnog ulja su različiti :

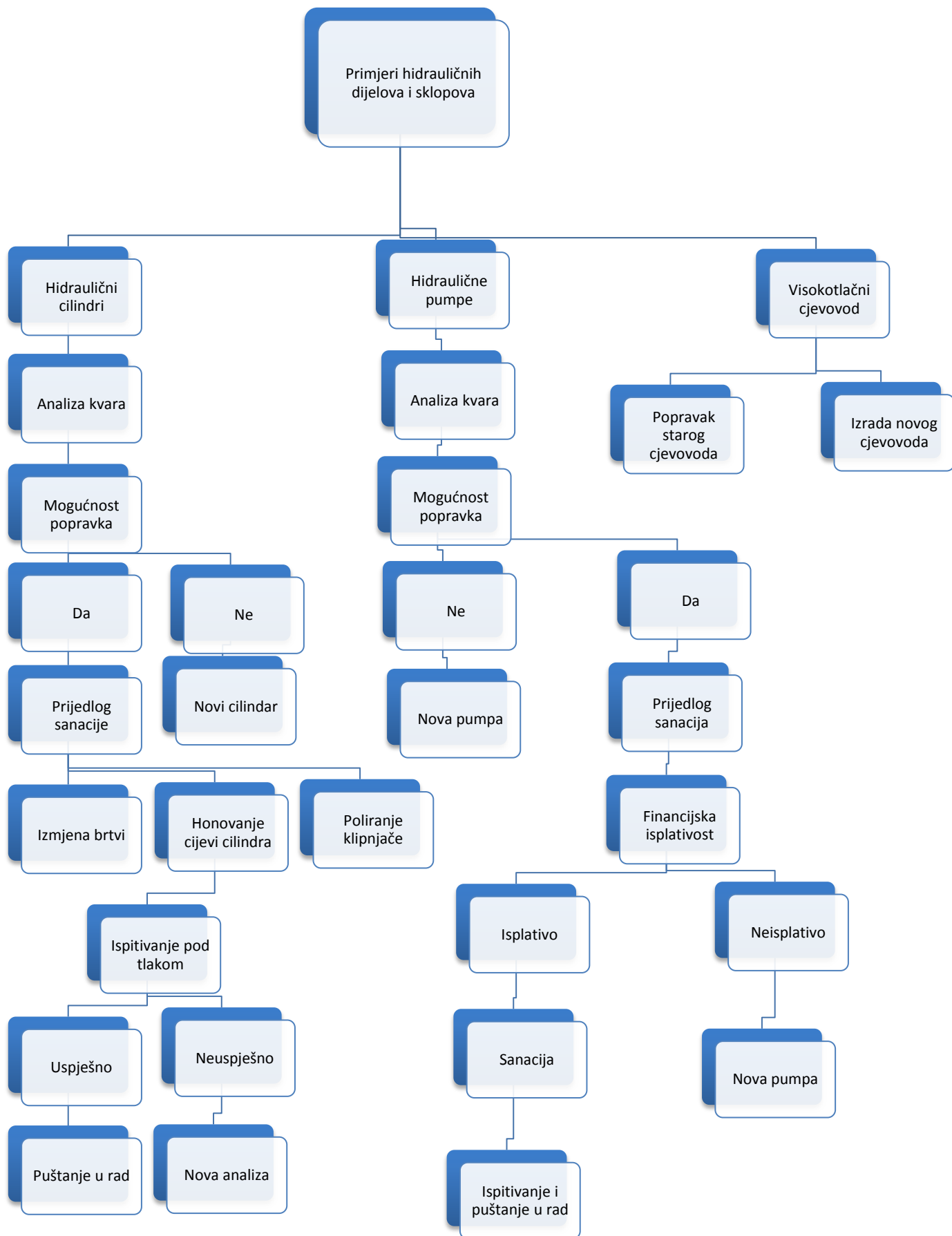
- Rezervoar zaprljan tokom intervencije
- Korozija na unutarnjim stjenkama rezervoara
- Nije pravovremeno uočeno pojačano habanje pokretnih dijelova sistema
- Hidraulični sustav radi u uvjetima intenzivnog prljanja
- Koristi se neodgovarajuće hidraulično ulje
- Dijelovi komponenata nisu površinski zaštićeni na odgovarajući način, pa se u hidrauličnom ulju nalaze oksidi bakra, olova...



*Slika 32. Staro prljavo ulje*



*Slika 33. Zaprljano ulje*



### 3.2. Održavanje hidrauličnih cilindara

Najčešći uzrok prestanka rada ili lošijeg rada hidrauličnih cilindara su njegove brtve. Najčešće uzrokovane starošću pa dolazi do raspadanja brtve, ili putem ulja dođu razne nečistoće koje mogu uzrokovat oštećenje brtvi.

Brtve mogu biti od raznih materijala:

- Guma
- Silikon
- Teflonske
- Poliuretan

#### Hidraulične brtve

Postoji više vrsta brtvi cilindara. Međusobno se razlikuju oblikom i materijalom, s obzirom na način ugradnje, temperaturno područje rada i tlak u kojemu djeluje hidraulički cilindar.

Hidrauličke brtve su važne su smanjivanje gubitka tekućine u hidrauličkim radovima, zato uvelike utječu na efikasnost hidrauličkih naprava.

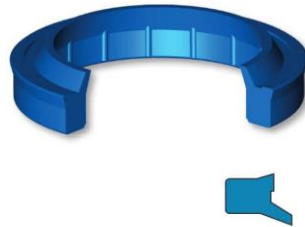


Slika 34. Promjena brtvi cilindra

Glavne vrste hidrauličkih brtvi :

1. Strugači ili brisači su ugrađeni u glavu cilindra a služe da nečistoća ne uđe u unutrašnjost cilindra dok se klipnjača vraća u cijev cilindra- kada djeluje u smjeru povlačenja.

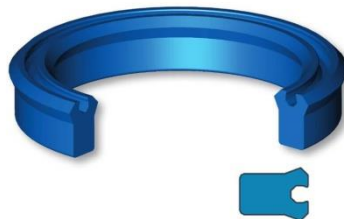
P1



Slika 35. Brisač [8]

2. Brtve klipnjače su ugrađene u glavu cilindra, kako bi omogućilo brtvljenje prilikom kretanja klipnjače, čime zadržava ulje u samom cilindru kako ne bih iscurilo van.

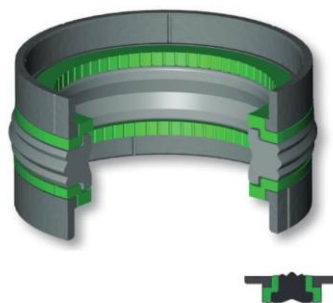
M3



Slika 36. Brtva klipnjače [8]

3. Klipne brtve se nalaze na samom klipu i brtve cilindar s unutarnje strane dok se u njemu pretače ulje, kako bi sama klipnjača prilikom povlačenja/potiska imala snage.

KBT



Slika 37. Klipna brtva [8]



4. O-brtve i potporni prsteni se koriste na vanjskoj strani glave cilindra te sprječavaju ulazak nečistoće u cilindar i istjecanje ulja iz cilindra.

## O RING



*Slika 38. O-brtva [8]*

5. Brtve prirubnica se koriste za brtvljenje dviju prirubnica zajedno, s time da jedna prirubnica ima utor u kojeg se smjesti brtva.



*Slika 39. Brtva prirubnice [8]*



*Slika 40. Prirubnica s brtvom*

## Oštećenja cijevi cilindra

Do propuštanja hidrauličnih brtvi dolazi zbog oštećenja klipnjače dok je izvučena van cilindra zbog mehaničkog oštećenja poput udarca u klipnjaču, ili zbog nečistoća u ulju pa dođe do habanja klipnjače ili unutarnjeg dijela cilindarske cijevi. Kod cilindara koji imaju doticaja s soli ili pijeska po cesti dolazi brže do hrđanja cilindra.



*Slika 41. Oštećenja riseva po cijevi cilindra*

Ovakva oštećenja nastaju u cilindru kada je klip oštećen i struže po unutarnjem dijelu cijevi cilindra. Ako risevi nisu preduboki, rješenje ovog problema je honovanje cijevi cilindra.

Honovanje ili vlačno glačanje je vrsta strojne obrade metala. To je kontrolirana, završna, abrazivna obrada koja se provodi na malim brzinama i silama.

Prvi cilj honovanja je produljenje radnog vijeka košuljice cilindra i klipnih prstena.

Drugi cilj honovanja je smanjenje rizika od:

- Propuštanja kompresije
- Trošenja
- Istrošenja

Treći cilj honovanja je smanjenje ulja za podmazivanje.



*Slika 42. Rezultat honovanja cilindra*

Međutim, ponekad dolazi do prevelikih oštećenja cijevi cilindra da bi jednostavno izveli postupak honovanja cijev, pa dolazi do puno većeg troška izrade nove cijevi cilindra pod uvjetom da je klipnjača ispravna i klip. Krajnja mjera je nabava komplet novog cilindra. Prikazat ćemo neka od tih teških oštećenja.



*Slika 43. Udubljenje cijevi cilindra*



*Slika 44. Korozija cilindra*

## Oštećenja klipnjače

Obično je izrađena od hladno vučenog čelika koji je tolerancijski obrađen i čvrsto kromiran. S jedne je strane pričvršćena na klip, a s druge kroz glavu cilindra izlazi iz njega. Na vanjskoj je strani na klipnjaču obično pričvršćeno uho ili prirubnica. Klipnjače mogu biti i kaljene, dvostruko kromirane, šuplje ili INOX–klipnjače.

Oštećenja mogu nastati udarcem kada je izvučena van cilindra, ili putem nečistoća u ulju. Kada je klipnjača oštećena, vrlo brzo dolazi i do oštećenja brtvi jer stružu po tom oštećenju i dolazi do propuštanja ulja.

Kod klipnjača koje su većinom izvučene van cilindra i ako su u doticaju s vremenskim neprilikama, soli za posipavanje ceste brže dođe do oštećenja klipnjače.

Primjer je cilindar na rampi kamiona, rampa je dignuta tokom vožnje što znači da je klipnjača izvučena van.

Još jedan primjer je kamionske prikolice s pomičnim podom koje služe za istovaranje rasutog tereta, pod se pomiče pomoću cilindara.



*Slika 45. Cilindri prikolice s pomičnim podom*

Oštećenja su vrlo jasna na klipnjači, tako jaka oštećenja se ne mogu sanirati u većini slučajeva pa se ide na rješenje nove klipnjače, eventualno na ponovno kromiranje ako je moguće.

Manja oštećenja klipnjača se mogu polirati i relativno dobro sanirati oštećenje.



*Slika 46. Uređaj za poliranje klipnjače*

Uređaj za poliranje klipnjače u žargonu nazivamo polirka, trakama male granulacije poliramo klipnjaču i izravnavamo oštećenja.



*Slika 47. Proces poliranja klipnjače*

Usporedba klipnjače prije i poslije poliranja.



*Slika 48. Klipnjača prije poliranja*



*Slika 49. Klipnjača poslije poliranja*

Nakon odrađenih reparaturnih postupaka pod uvjetom da su kvalitetno i ispravno odrađeni, cilindar stavljamo u sustav pod tlakom, gdje simuliramo uvjete rada da bih provjerila je li sve ispravno i je li imamo curenja ulja ili neku drugu vrstu oštećenja.

Krajnji rezultat postupka reparacije hidrauličnih cilindara:

- Promjena brtvi
- Poliranje klipnjače
- Honovanje cijevi cilindra
- Promjena G-ležaja
- Izbijanje i montiranje piksi

- Reparaturno zavarivanje



*Slika 50. Završen postupak reparacije hidrauličnih cilindara*

### **3.3. Održavanje hidrauličnih pumpi**

Održavanje i rezervni dijelovi određuju cijenu eksploatacije. U svakom tipu hidraulične pumpe postoje dijelovi koji se tijekom eksploatacije troše i potrebna je njihova zamjena.

Kod nekih tipova krilnih pumpi svi dijelovi koji se habaju grupirani su u komplet i mogu se zamijeniti bez demontaže pogona pumpe.

U slučaju skupih klipnih pumpi, preporučljivo je kod proizvođača osigurati rezervne dijelove i dokumentaciju za servis pumpe.



*Slika 51. Pumpa rastavljena na dijelove*

Ovisno o vrsti kvara, vrsti pumpe i cijeni servisa odlučujemo je li pumpu uopće isplativo popravljati ili nabavljati novu.

Kada se radi o zupčastoj pumpi koje su jeftine, postavlja se pitanje isplativosti popravka. Kod zupčastih pumpi konstrukcija je jednostavna i više-manje svaki kvar je preskup za popravak pa se ide u nabavku nove.

Primjeri oštećenja koje se ne isplate popravljati.

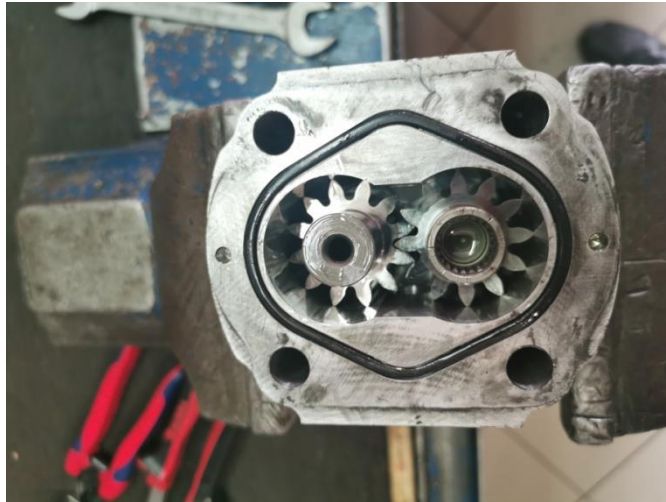


*Slika 52. Oštećenje osovine pumpe*

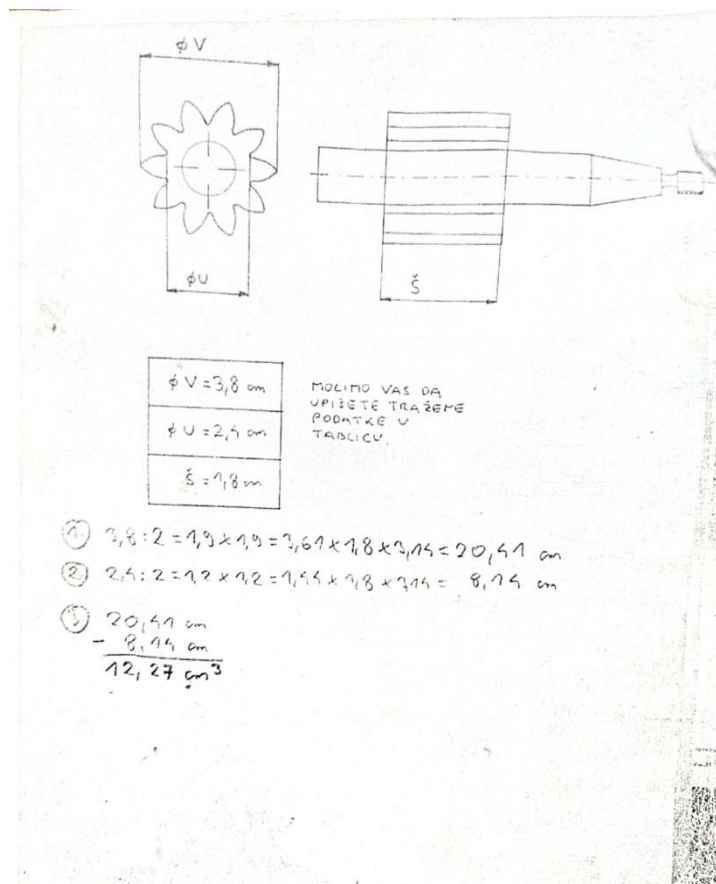


Na slici je prikazano oštećenje osovine pumpe, jedino rješenje je zamjena osovine pumpe a to čak i premašuje vrijednost pumpe.

Nekada se na pumpi nalazi pločica proizvođača iz koje vidimo sve potrebne podatke i na osnovu koje idemo u nabavu nove pumpe. Kada se ne nalazi pločica proizvođača na pumpi, kreće se u postupak rastavljanja pumpe da bi mogli iz zupčanika izračunati volumen pumpe.



Slika 53. Zupčanici zupčaste pumpe



Slika 54. Izračun volumena pumpe

Iz ovog primjera izračuna volumena zupčaste pumpe, možemo potražiti pumpe tog volumena, čak i ako nije isti proizvođač, samo se prilagode prirubnice i imamo novu pumpu i sustav opet radi.



*Slika 55. Unutrašnjost zupčaste pumpe*

Na slici je prikazano oštećenje aluminijskog kućišta zupčaste pumpe koje predstavlja još jedan primjer nepopravljive pumpe, tokom eksploatacije, tvrdi materijal zupčanika je oštetiо mekši materijal kućišta, i ta pumpa ide u otpis.

Zupčaste pumpe se koriste za alatne strojeve, poljoprivredne strojeve, građevinske strojeve, transportna sredstva.

Kvarovi i oštećenja koje su isplate popravljati na zupčastoj pumpi su oštećenje brtvi i oštećenje visokotlačnog semeringa na osovini, to su brzi popravci i ne iziskuju velike troškove. Te brtve dođu u kompletu i mijenjaju se sve.



*Slika 56. Set brtvi zupčaste pumpe*

Pored zupčastih pumpi, imamo aksijalno klipne hidraulične pumpe koje su puno skuplje od zupčastih, puno kvalitetnije i izdržljivije pa njih pokušavamo na bilo koji način vratiti u početno ispravno stanje.

Klipne pumpe se redovito izrađuju s neparnim brojem cilindara (7,9,11), jer se tako dobiva ravnomjerniji protok i tlak.

Uz relativno miran rad, ove pumpe omogućuju relativno visoke protoke i tlakove uz vrlo visoke brojeve okretaja.



*Slika 57. Aksijalno klipna pumpa*

Na slici je konkretno prikazana Parkerova pumpa koja je jako kvalitetna i skupa. U ovom slučaju se uvidjelo sporiji rad Schubodden prikolice, izmjerom protoka i tlaka sustava, izmjerili smo da je jako nizak tlak sustava, što ukazuje na neispravnu pumpu.

Izvršena je demontaža pumpe s prikolice, zatim smo išli otvarat pumpu da vidimo eventualna oštećenja, i naišli smo na dva oštećenja.

Nakon utvrđivanja neispravnog stanja pumpe, i da se ne može popraviti, izvršena je zamjena pumpe, dolijevanje hidrauličnog ulja i puštanje u rad.

#### A) Oštećenje vratila pumpe

Nažalost ovakvo oštećenje je preveliko za servis pumpe, bar ne u kratkom roku koji smo imali zadan u ovom slučaju. Pumpu se obavezno mora isključiti [ukoliko se ne isključuje sama prilikom kretanja vozila] tijekom vožnje jer nije dizajnirana za rad tokom povećanih broja okretaja. Pumpu su zaboravili isključiti i došlo je to oštećenja vratila pumpe.



*Slika 58. Prikaz oštećenja osovine pumpe*

B) Drugo oštećenje je nastalo od struganja dvije dodirne plohe unutar pumpe zbog čega je također dovelo do nepravilnog rada pumpe. Manjak sloja ulja između dvije dodirne plohe je doveo do struganja i nastala je „špena“ i oštetila pumpu.



*Slika 59. Oštećenje pumpe*



*Slika 60. Izgled unutrašnjosti aksijalno klipne pumpe*

Postoji i tzv. dupla pumpa koja ima jedan usis a dva tlačna voda pa može napajati dva potrošača, uz to prednost je i manja težina te standardna systemska rješenja.

### **3.4. Oštećenja cjevovoda**

U hidrauličnom sustavu, hidraulična energija se prenosi s jedne lokaciju na drugu protjecanjem radnog fluida. Kako se dio hidraulične energije troši u toku prijenosa, osnovna karakteristika hidrauličnih sustava je da nema dugih vodova i da su brzine strujanja ograničene.

Fleksibilni vodovi često pucaju zbog nepravilnog postavljanja i naprezanja crijeva.



*Slika 61. Nepravilno izveden hidraulički vod*

Na slici 61. vidimo što znači kada se hidraulični fleksibilni vod nepotrebno savija i napreže, tako postavljen ima znatno kraći rok trajanja nego što je predviđeno. Rješenje bi bilo postaviti reducir pod  $90^\circ$  stupnjeva i izbjegne nepotrebno savijanje pod ostrim kutom. Također bi mogli i sami hidraulični vod izmijenit tako što ćemo njegov ravni priključak zamijenit s onim od  $90^\circ$ .

Crijeva također pucaju zbog dotrajalosti materijala, gube svoju čvrstoću i pri većem tlaku pucaju, ili prilikom fizičkog udara. Hidraulični fleksibilni vodovi nisu preskupi za promijenit pa je najbolje kada dođe do pucanja promijenit cijelo crijevo, a ne samo novi priključak staviti. Prikazat ćemo par primjera oštećenja.



*Slika 62. Pucanje fleksibilnog hidrauličnog voda*



*Slika 63. Oštećenje voda*



*Slika 64. Oštećenja hidrauličnog fleksibilnog voda*



*Slika 65. Fleksibilni hidraulični vodovi i brze spojke*

Na slici 68. možemo vidjeti reparaturni zahvat izmjene fleksibilnih hidrauličnih vodova na dizalici HIAB, vodovi prolaze kroz unutrašnjost cijelog teleskopa i spajaju se na hidraulične brze spojke na koje možemo izmjenjivati razne alate. Ovakvi zahvati su relativno nezgodni zato što vodovi prolaze kroz unutrašnjost dizalice i moramo cijelu duljinu vodova vaditi van i mijenjati, duljina tih vodova zna iznositi i do 15 metara, ovisno i veličini dizalice.

Kada se radi o specifičnim hidrauličnim vodovima, gdje priključci nisu standardizirani nego svaka marka vozila ili stroja ima svoj tip, onda smo primorani izrezivati njihove stare priključke a mijenjati samo fleksibilni vod. Takav primjer imamo na crijevima servo volana, svaki tip vozila je jedinstven tako da je ta vrsta crijeva malo specifična.



*Slika 66. Promjena fleksibilnog hidrauličnog voda na servo crijevu*

Prilikom promjene fleksibilnog crijeva na servo crijevu, moramo paziti prilikom izrezivanja starih priključaka jer servo crijeva imaju prigušnicu u sebi i koja ne smije biti oštećena. Također mora se obratiti pozornost na poziciju priključaka.





*Slika 67. Servo crijevo*



*Slika 68. Hidraulična preša za izradu hidrauličnih fleksibilnih cjevovoda*

## Kruti metalni hidraulični vodovi

Za prijenos hidraulične energije najčešće se koriste bešavne čelične cijevi izrađene prema standardima DIN 2391. One moraju biti valjane i vučene da bi se dobio odgovarajuća kvaliteta obrade površine unutrašnjih zidova cijevi i s atestom o izvršenoj provjeri na maksimalni tlak.

Za čelične cjevovode koji se spajaju pomoću čeličnih navojnih priključaka s usječnim prstenom koristi se po pravilu čelična bešavna cijev, hladno vučena fosfatirana i zauljena, s provjerenim mehaničkim osobinama.

Kruti metalni hidraulični vodovi su u pravilu bolja i kvalitetnija rješenja od fleksibilnih, iz razloga što su dugotrajnija i jednom montirane ne dolazi do promjena zbog dotrajalosti npr.

Bolje su rješenje kada moramo imati duže vodove, kao npr. teleskopu dizalice. Fiksiraju se svakih metar i po, dva metra. Mana krutih cjevovode je to što se mogu koristiti samo u ravninama i to što pucaju više-manje pri svakom fizičkom udarcu dok fleksibilna crijeva mogu podnijeti i manje udarce i naprezanja.



*Slika 69. Čelična bešavna cijev*

Kruti metalni hidraulični vod promjera 12 mm.



*Slika 70. Kruti hidraulični vod*

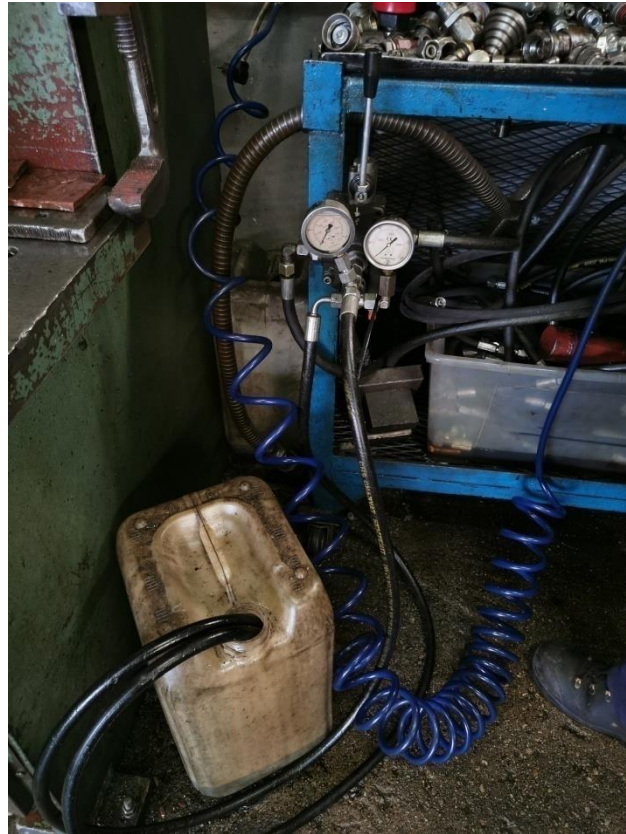
Na slici je jasno vidljivo vrsta oštećenja koja prijete krutim hidrauličnim vodovima. S ovakvim manjim oštećenjem sustav i dalje može funkcionirati, međutim da dođe do puknuća rješenje bi bilo odstraniti oštećeni dio voda i umjesto njega staviti novi komad bešavne cijevi s usječnim prstenima, ili fleksibilni komad cijevi. Naravno kod puknuća krutih cjevovoda moguće je i postupak reparaturnog zavarivanja, ali to se ne preporuča.

Na slici je također vidljivo i na koji način se fiksiraju ti kruti hidraulični vodovi.

#### 4. ANALIZA REZULTATA EKSPERIMENTALNOG DIJELA

Nakon završenog postupka reparacije hidrauličnog sustava, slijedi ispitivanje pod tlakom.

U konkretnom primjeru ćemo navesti ispitivanje ispravnosti hidrauličnog cilindra, nakon promjene hidrauličnih brtvi i reparacije klipnjače. Simuliramo radno opterećenje i radne uvjete eksploatacije stroja te uvećamo još 15% opterećenje da bi provjerili ispravnost brtvi, kvalitetu zavara itd.



*Slika 71. Stanica za ispitivanje nepropusnosti*

Pomoću jednoručnog hidrauličnog razvodnika simuliramo rad cilindra, izvlačimo i uvlačimo klipnjaču van cilindra da bi vidjeli je li curi ulje na brtvama cilindra, ili na zavarenim dijelovima.

Kada klip dođe u krajnji položaj, ili uvučen ili izvučen napregnemo ga još malo da vidimo pri naprezanju preko krajnjeg položaja hoće li brtve uspješno brtviti.



*Slika 72. Proces ispitivanja nepropusnosti*



*Slika 73. Proces ispitivanja nepropusnosti [2]*

Ako prilikom testiranja ulje nije procurilo nigdje, i cilindar normalno radi, znači da smo uspješno izveli proces reparature i spreman je za isporuku uz garanciju rada.

## 5. ZAKLJUČAK

Hidraulika je zadnjih desetljeća postala veoma važna u konstrukciji prigona i upravljanju tehničkim sustavima, osobito u brodogradnji i strojogradnji.

Ima mogućnost postizanja jako visokih radnih tlakova koji se ne mogu postići s drugim sustavima poput pneumatike.

Rješenja u hidraulici su u većoj mjeri specifična pa zahtijevaju više znanja i iskustva. Hidraulički sustavi imaju najpovoljniji omjer snage po jedinici mase. Također su radni tlakovi visoki tako da se hidraulički sustavi tipično koriste u slučajevima kada je potrebna velika snaga i/ili velika sila.

Za radni mediji hidraulički sustavi koriste hidraulično ulje.

Hidraulični sustavi omogućavaju jako puno raznih rješenja i mogućnosti, omogućuju radne uvjete što drugi sustavi i pogonski mediji ne mogu.

Nedostatci hidrauličnih sustava su :

- Potrebni su povratni vodovi
- Relativno visoka cijena uređaja i komponenti
- Specifičnost sustava
- Relativno prljav pogon

Hidraulika se primjenjuje u situacijama koje zahtijevaju:

- Velike sile, ubrzanja i brzine
- Male, jednolične pomake
- Visoku točnost pozicioniranja u međupoložajima
- Složeniju regulaciju

Uz pravilno održavanje i upravljanje hidraulički sustavi mogu dugotrajno doprinositi i funkcionirati. Razvojem tehnologije hidraulički sustavi postaju pristupačniji i jeftiniji, tako da veliki dio raznih sustava danas se pokreće na hidrauliku.

## **6. POPIS SLIKA:**

Većina prikazanih slika je izvedena iz vlastite arhive.

Slika 71. Shema zupčaste pumpe s vanjskim ozubljenjem

Slika 72. Zupčasta pumpa

Slika 73. Klipno aksijalna pumpa

Slika 74. Nagibna pumpa [banana pumpa]

Slika 75. Jednoradni cilindar

Slika 76. Jednoradni cilindar s oprugom

Slika 77. Shema teleskopskog cilindra

Slika 78. Dvoradni cilindar s provrtima na oba kraja

Slika 79. Shema dvoradnog cilindra

Slika 80. Dvoručni četrdeset litarski razvodnik

Slika 81. Nepovratni ventil

Slika 82. Ventil za ograničavanje tlaka "sigurnosni ventil"

Slika 83. Prioritetni ventil

Slika 84. Pilot ventil

Slika 85. Filtar

Slika 86. Nosač filtra

Slika 87. Papirnati filtari

Slika 88. Metal-fiber filtari

Slika 89. Kruti hidraulični cjevovodi

Slika 90. Primjeri ugradnje hidrauličnih fleksibilnih cijevi

Slika 91. Fleksibilno hidraulično crijevo armirano čeličnom mrežicom

Slika 92. Primjer savitljivog hidrauličnog cjevovoda

Slika 93. Fleksibilni hidraulični cjevovod armiran tekstilnom mrežicom

Slika 94. Fleksibilni hidraulični cjevovod jednostruko armiran čeličnom mrežicom

Slika 95. Dvostruko armiran čeličnom mrežicom fleksibilni cjevovod

Slika 96. Priključak

Slika 97. Čahura

Slika 98. Hidraulična preša za izradu fleksibilnih cjevovoda

Slika 99. Krajnji položaj preše kada izrađujemo fleksibilni cjevovod

Slika 100. Primjer izrađenog hidrauličnog cjevovoda

Slika 101. Staro prljavo ulje

Slika 102. Zaprljano ulje

Slika 103. Promjena brtvi cilindra

Slika 104. Brisač

Slika 105. Brtva klipnjače

Slika 106. Klipna brtva

Slika 107. O-brtva

Slika 108. Brtva prirubnice

Slika 109. Prirubnica s brtvom

Slika 110. Oštećenja riseva po cijevi cilindra

Slika 111. Rezultat honovanja cilindra

Slika 112. Udubljenje cijevi cilindra

Slika 113. Korozija cilindra

Slika 114. Cilindri prikolice s pomičnim podom

Slika 115. Uređaj za poliranje klipnjače

Slika 116. Proces poliranja klipnjače

Slika 117. Klipnjača prije poliranja

Slika 118. Klipnjača poslije poliranja

Slika 119. Završen postupak reparacije hidrauličnih cilindara

Slika 120. Pumpa rastavljena na dijelove

Slika 121. Oštećenje osovine pumpe

Slika 122. Zupčanici zupčaste pumpe

Slika 123. Izračun volumena pumpe

Slika 124. Unutrašnjost zupčaste pumpe

Slika 125. Set brtvi zupčaste pumpe

Slika 126. Aksijalno klipna pumpa

Slika 127. Prikaz oštećenja osovine pumpe

Slika 128. Oštećenje pumpe



Slika 129. Izgled unutrašnjosti aksijalno klipne pumpe

Slika 130. Nepravilno izveden hidraulički vod

Slika 131. Pucanje fleksibilnog hidrauličnog voda

Slika 132. Oštećenje voda

Slika 133. Oštećenja hidrauličnog fleksibilnog voda

Slika 134. Fleksibilni hidraulični vodovi i brze spojke

Slika 135. Promjena fleksibilnog hidrauličnog voda na servo crijevu

Slika 136. Servo crijevo

Slika 137. Hidraulična preša za izradu hidrauličnih fleksibilnih cjevovoda

Slika 138. Čelična bešavna cijev

Slika 139. Kruti hidraulični vod

Slika 71. Stanica za ispitivanje nepropusnosti

Slika 72. Proces ispitivanja nepropusnosti

Slika 73. Proces ispitivanja nepropusnosti [2]

## 7. POPIS LITERATURE

1. Rade Mirković. Hidraulika: uvod s primerima upravljanja. 2- izd. Mikro knjiga, Beograd 2013.
2. Anto Šestan. Uljna hidraulika i pneumatika. Rijeka. Pomorski fakultet. 2003.
3. Radoslav Korbar. Pneumatika i hidraulika. Karlovac. Veleučilište u Karlovcu. 2016.
4. [https://hr.wikipedia.org/wiki/Zup%C4%8Dasta\\_sisaljka](https://hr.wikipedia.org/wiki/Zup%C4%8Dasta_sisaljka)
5. <https://shop.haberkorn.hr/hidraulicki-sistemi-hidraulicke-komponente/cilindri/jednoradni-cilindri/s-nastavkom/49904-jednoradni-cilindar-serije-600-o-25-40-mm>
6. <https://www.rotban.hr/cilindri/teleskopski.html>
7. <https://www.rotban.hr/cilindri/dvoradnirupa5030.html>
8. <https://hidrospoj.hr/kategorija-proizvoda/hidraulicni-cilindri/hidraulicni-cilindri-brtve/>
9. Vlastiti izvori

