

# Hidraulički sklop cjepača drva

---

**Jurčić, Damir**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2017**

*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:128:837811>

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

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



**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**  
**STROJARSKI ODJEL**  
**STRUČNI STUDIJ MEHATRONIKE**

Damir Jurčić

**HIDRAULIČKI SKLOP CJEPAČA DRVA**

Završni rad

Karlovac, 2017.

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
**STROJARSKI ODJEL**  
**STRUČNI STUDIJ MEHATRONIKE**

Damir Jurčić

**HIDRAULIČKI SKLOP CJEPAČA DRVA**

Završni rad

Mentor:

Dr.sc. Radoslav Korbar

Karlovac, 2017.



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
**KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES**  
Trg J.J.Strossmayera 9  
HR-47000, Karlovac, Croatia  
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510  
Fax. +385 - (0)47 - 843 - 579



## **VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**

Stručni studij: STROJARSTVA

Usmjerenje: MEHATRONIKA

Karlovac, 15.07.2017.

### **ZADATAK ZAVRŠNOG RADA**

Student: DAMIR JURČIĆ

Matični broj: 0112612027

Naslov: HIDRAULIČKI SKLOP CJEPAČA DRVA

Opis zadatka:

Načiniti idejni projekt hidrauličkog sklopa cjepača drva.

U radu je potrebno:

1. Dati podjelu i pregled suvremenih cjepača drva,
2. Odabrati tip i izvedbu cjepača drva koji ostvaruje silu 157 kN (ekvivalent 16 t),
3. Izraditi idejni projekt hidrauličkog dijela za odabrani tip cjepača.

Zadatak zadan:  
obrane:

Rok predaje rada:

Predviđeni datum

15.07.2017.

31.10.2017.

09.11.2017.

Mentor:

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

Dr. sc. Radoslav Korbar, dip. ing. prof. v. š.      Dr. sc. Tihomir Mihalić, dip. ing. prof. v. š.

## **Izjava**

Izjavljujem da sam ovaj završni rad na temu HIDRAULIČKI SKLOP CJEPAČA DRVA izradio samostalno koristeći navedenu literaturu i stečena znanja tijekom studija.

Zahvaljujem svome mentoru dr.sc. Radoslavu Korbaru, na savjetima i ukazanoj pomoći tijekom izrade ovog rada.

Zahvaljujem i svojim roditeljima na njihovoj potpori tijekom studiranja.

Damir Jurčić

## Sažetak

Zadatak završnog rada na temu „*Hidraulički sklop cjepača drva*“ bio je izraditi idejni projekt hidrauličkog sklopa cjepača drva.

Analizom tržišta utvrđeno je da postoje razne vrste strojeva za cijepanje drva koji se razlikuju u više karakteristika.

U svrhu odabira zadovoljavajućih komponenata za izradu hidrauličkog cjepača drva provedeni su određeni proračuni. Iz dobivenih rezultata i uz pomoć kataloga odabrane su željene komponente. Cjepač pokreće benzinski motor marke *Lombardini CH 440* koji omogućava silu cijepanja do 16 tona. Pumpa marke *Rexroth Bosch (AZPFF-19-011-008-CB2020MB)*, standardni cilindar promjera 100 mm, elastična spojka *Rupex Rwn 105*, standardni razvodnik *P-81* te visokotlačna crijeva promjera 12 mm zadovoljavaju sve potrebe za izradu hidrauličkog sklopa cjepača drva.

## Summary

The task for the final thesis on the subject "*Hydraulic wood cutter assembly*" was to make a preliminary design of a hydraulic wood cutter.

Market analysis confirmed that many variants of the hydraulic wood cutter exist and that they are different in many characteristics.

For the selection of the right components for a hydraulic wood cutter, certain calculations were made. The necessary components were picked from the results and catalogs. The proposed cutter is driven by a gasoline motor mark *Lombardini CH 440* which allows the cutter force of 16 tons. Pump mark *Rexroth Bosch (AZPFF-19-011-008-CB2020MB)*, standard cilinder diameter of 100 mm, elastic coupler *Rupex Rwn 105*, standard distributor *P-81* and high pressure hoses of 12 mm diameter satisfy all the conditions for making a hydraulic wood cutter.

**Sadržaj:**

Popis slika.....	V
Popis tablica.....	VI
Popis oznaka.....	VII
1. UVOD.....	1
2. STROJEVI ZA CIJEPANJE OGRJEVNOG DRVA.....	2
3. KONCIPIRANJE .....	4
3.1.    Potrebe kupca .....	4
3.2.    Analiza strojeva.....	4
3.2.1.  Predator 61594 .....	5
3.2.2.  DHT 100342.....	6
3.2.3.  TW – 5.....	7
3.2.4.  BRAVE EZ PCLS13BS .....	8
4. HIDRAULIČKE KOMPONENTE CJEPAČA.....	9
4.1.    Cilindar.....	10
4.2.    Pumpa.....	14
4.3.    Motor.....	16
4.4.    Spojka.....	18
4.5.    Razvodnik.....	20
4.5.1.  Ventil za ograničavanje tlaka .....	21
4.6.    Filter .....	22
4.7.    Nepovratni ventil.....	23
4.8.    Hidraulička crijeva .....	24
4.9.    Spremnik hidrauličkog fluida.....	25
5. ZAKLJUČAK.....	26
6. LITERATURA .....	27



**Popis slika**

Slika 3.1.	Predator 61594 [12].....	5
Slika 3.2.	DHT 100324 horizontalna izvedba [13].....	6
Slika 3.3.	DHT 100324 vertikalna izvedba [13].....	6
Slika 3.4.	TW-5 [14].....	7
Slika 3.5.	BRAVE EZ PCLS13BS [15] .....	8
Slika 4.1.	Shema spajanja .....	9
Slika 4.2.	Simbol jednoradnog cilindra [3] .....	10
Slika 4.3.	Simbol dvoradnog cilindra [3] .....	10
Slika 4.4.	Karakteristike cilindra [6] .....	11
Slika 4.5.	Dimenzije cilindra [6] .....	12
Slika 4.6.	Karakteristike pumpe [7].....	15
Slika 4.7.	Lombardini CH 440 [8].....	16
Slika 4.8.	Karakteristike spojke [9] .....	19
Slika 4.9.	Spojka Rupex Rwn 105 [9] .....	19
Slika 4.10.	Razvodnik P 81 [10].....	20
Slika 4.11.	Shema razvodnika P 81 [10] .....	21
Slika 4.12.	Simbol ventila za ograničavanje tlaka [3] .....	21
Slika 4.13.	Simbol filtera ulja [3] .....	22
Slika 4.14.	Filter ulja [17].....	22
Slika 4.15.	Simbol nepovratnog ventila [3].....	23
Slika 4.16.	Karakteristike visokotlačnog crijeva [11] .....	24
Slika 4.17.	Simbol spremnika [3] .....	25

**Popis tablica**

Tablica 2.1.	Tvrdoće nekih vrsta drva po Janka testu [16] .....	3
Tablica 2.2.	Preporučene sile cijepanja [4] .....	3

**Popis oznaka**

<b>Oznaka:</b>	<b>Jedinica:</b>	<b>Opis:</b>
$A_1$	$cm^2$	površina cilindra
$A_2$	$cm^2$	površina klipa
$c_1$	/	faktor udara za pogonski stroj
$c_2$	/	faktor udara za radni stroj
$d_1$	$mm$	promjer cilindra
$d_K$	$mm$	promjer klipa
$D_{min}$	$mm$	minimalni promjer cilindra
$d_{min}$	$mm$	minimalni promjer crijeva
$F$	$N$	sila cijepanja
$F_{1max}$	$N$	maksimalna sila cijepanja
$F_Z$	$N$	sila povratka cilindra
$F_{Zmax}$	$N$	maksimalna sila pri povratku cilindra
$g$	$m/s^2$	gravitacija
$L$	$mm$	duljina hoda cilindra
$m$	$kg$	masa cijepanja
$m_M$	$kg$	masa motora
$n$	$okr/min$	broj okretaja pumpe
$n_{max}$	$okr/min$	maksimalni broj okretaja motora
$p$	$bar$	radni tlak
$P_M$	$kW$	snaga motora
$P_P$	$W$	potrebna snaga za pogon pumpe
$Q$	$1/min$	stvarni protok
$Q_P$	$1/min$	protok pumpe
$Q_{P1}$	$1/min$	protok prve (veće) pumpe
$Q_{th}$	$1/min$	teorijski potreban protok
$t$	$s$	vrijeme izvlačenja cilindra
$T_{dop}$	$Nm$	dopušteni okretni moment
$T_M$	$Nm$	okretni moment motora

---

$T_{max}$	$Nm$	maksimalni okretni moment
$T_p$	$Nm$	moment potreban za pogon pumpe
$v$	$m/s$	brzina gibanja cilindra
$V$	$l$	volumen cilindra
$V_p$	$cm^3/okr$	volumen pumpe
$V_{p1}$	$cm^3/okr$	volumen pumpe 1
$v_{pr}$	$m/s$	preporučena brzina strujanja fluida
$\eta_{hm}$	/	hidromehanička korisnost
$\eta_{vol}$	/	volumetrijska korisnost

## 1. UVOD

Razvojem civilizacije i industrije čovječanstvo teži adekvatnijim i suvremenijim pomagalima koja svakodnevno omogućavaju što lakši i jednostavniji život. Korištenjem strojeva, mehanizama i novih tehnologija dolazi se do konkurentnijeg, bržeg i jednostavnijeg načina obavljanja raznih poslova, a jedan od njih je i obrada drva.

Na tržištu postoje razne izvedbe strojeva odnosno cjepači različitih konstrukcija, vrsta pogonskog sustava i različitih snaga.

Zadatak ovog rada je objasniti svrhu i način rada strojeva za cijepanje drva. Minimalna sila koja je potrebna za cijepanje sezonskog zelenog drva iznosi 16 tona pa će se ta vrijednost u proračunu koristiti kao sila cijepanja, pri tlaku od 200 bara.

S ciljem odabira potrebnih komponenti za izradu idejnog cjepača drva provest će se proračun koji uključuje minimalni promjer cilindra prema kojem se odabire cilindar koji je direktno povezan s odabirom odgovarajuće pumpe. Za pogonski stroj koristit će se motor s unutrašnjim sagorijevanjem zbog svojih dobrih karakteristika, a motor će se odabrati prema snazi potrebnoj za pokretanje pumpe. Razvodni ventil je hidraulički ventil koji usmjerava tok fluida u hidrauličkom sustavu propuštanjem, zatvaranjem ili promjenom smjera toka, a kod same izrade cjepača najčešće se koriste već standardizirani razvodnici. Kako bi se omogućio normalan rad cjepača drva potrebno je i pravilno dimenzionirati minimalni promjer hidrauličkih crijeva prema protoku pumpe.

## 2. STROJEVI ZA CIJEPANJE OGRIJEVNOG DRVA

Strojevi za cijepanje drva se koriste za dobivanje cjepanica koje su prije toga skraćene na primjerenu dužinu. Postoje cjepači različitih konstrukcija, različitih vrsta pogonskog sustava i različitih snaga.

### Prema izvedbi konstrukcije dijele se na:

- vertikalne
- horizontalne
- istovremeno i horizontalna i vertikalna izvedba

### Prema vrsti pogonskog sustava dijele se na:

- **električne cjepače** – koriste mrežni napon, pa ih se može koristiti u zatvorenim prostorijama poput podruma ili garaže, vrlo su snažni, ali uvijek trebaju biti u blizini izvora energije, uglavnom su ekonomski prihvatljiviji od benzinskih ili dizel cjepača
- **cjepači pogonjeni motorima s unutrašnjim sagorijevanjem** (dizel ili benzin) – najjači su, najbrži i najučinkovitiji na tržištu, ali su uglavnom i najskuplji, koriste se u prostorima koji se mogu prozračivati zbog nastanka ispušnih plinova prilikom rada motora, gotovo ih je nemoguće preopteretiti
- **ručni pogon** – dolaze u mnogo različitih oblika i veličina, a najbolji imaju ručnu hidrauličnu pumpu pomoću koje cijepaju drvo, koriste se kod manjih količina drva za cijepanje, spori su i potrebno je puno vremena za pripremu cijepanja u usporedbi s električnim i benzinskim izvedbama

Prednost neelektričnih izvedbi je neovisnost o izvoru napajanja pa se mogu koristiti na bilo kojem mjestu. Neovisno o izvoru napajanja, cjepači drva uglavnom koriste hidrauliku za pokretanje cilindra koji obavlja cijepanje.

Sljedeća važna stavka je snaga stroja za cijepanje, a ona se odabire u ovisnosti o tvrdoći drva za koje je namijenjena i veličini predviđene cjepanice.

Tvrdoća drva je određena pomoću standardnog testa koji se zove Janka test. Njime se mjeri sila potrebna da se mala čelična kuglica, promjera 11.28 mm, utisne u drvo do polovice promjera. [16]

Tablica 2.1. Tvrdoće nekih vrsta drva po Janka testu [16]

Meko drvo		Tvrdo drvo	
Divlji kesten	1.6 kN	Cedar	4.0 kN
Američka lipa	1.8 kN	Orah	4.5 kN
Topola	1.9 kN	Bukva	5.8 kN
Kanadska topola	1.9 kN	Jasen	5.9 kN
Smreka	2.3 kN	Breza	6.5 kN
Jablan	2.4 kN	Javor	6.5 kN
Joha	2.6 kN	Brijest	6.9 kN
Jela	3.2 kN	Hrast	7.2 kN
Bazga	3.2 kN	Rogač	7.6 kN
Bor	3.8 kN	Američki orah	8.1 kN

Prema veličini cjepanice i tvrdoći drva odabire se sila cijepanja stroja. U praksi se ta sila uglavnom zapisuje u tonama.

Tablica 2.2. Preporučene sile cijepanja [4]

Promjer cjepanice	Tvrdoća drva			
	1.3 – 2.7 kN	2.7 – 4 kN	4 – 6.7 kN	6.7 – 9.8 kN
150 mm	4 tona +	6 tona +	7 tona +	10 tona +
300 mm	12 tona +	15 tona +	20 tona +	22 tona +
450 mm	20 tona +	20 tona +	26 tona +	26 tona +
600 mm	27 tona +	27 tona +	30 tona +	30 tona +

### **3. KONCIPIRANJE**

Faza koncipiranja u razvoju proizvoda općenito se sastoji od prepoznavanja potreba kupaca, analize sličnih, kompatibilnih proizvoda, određivanja ciljanih karakteristika, generiranja koncepata proizvoda i izrade tehno-ekonomske analize kojom se odabire najbolji koncept. Tako se i faza koncipiranja stroja za cijepanje drva sastoji od gore navedenih dijelova koji su u ovom radu pobliže objašnjeni.

#### **3.1. Potrebe kupca**

Kupce stroja za cijepanje drva možemo podijeliti u dvije osnovne skupine: veći korisnici koji se bave izradom drva za prodaju i manji korisnici koji rade drva za svoje potrebe. U opisu ovog proizvoda više pažnje će se posvetiti potrebama manjih korisnika. Osnovna potreba manjih kupaca je da stroj ima što manju cijenu i dovoljnu snagu kako bi bio učinkovit u svom radu. Potrebno je obratiti pozornost na masu stroja radi lakšeg manipuliranja.

#### **3.2. Analiza strojeva**

Analiza je pokazala da postoje razne izvedbe strojeva za cijepanje drva. Oni se razlikuju u više karakteristika. Proučavajući i istražujući tržište uočene su razlike u snazi, brzini, cijeni i dodatnim opcijama. Na tržištu je zastupljen velik broj raznih vrsta, a prema potražnji kupaca ustanovljena je potražnja najboljih i najpouzdanijih strojeva.



### 3.2.1. Predator 61594

Ovaj hidraulični cjepač drva pruža silu cijepanja od 20 tona. Maksimalna duljina cjepanice je 60 cm, a maksimalni dopušteni promjer cjepanice je 40 cm. Hidrauličnu pumpu pogoni jednocilindarski četverotaktni benzinski motor sa 7 konjskih snaga.

Najveća prednost onog cjepača je mogućnost cijepanja na dvije strane, što ubrzava proces cijepanja. Mogućnost vuče do brzine od 75 km/h, ali bez dozvole za vožnju prometnicama. Zbog svoje kompaktne izvedbe lako ga se može spremati, prilikom transporta duljina mu iznosi svega 0.55 m, a širina mu je 1.05 m. No, zbog težine od 170 kg mobilnost mu je smanjena. [4][12]



Slika 3.1. Predator 61594 [12]

### 3.2.2. DHT 100342

Snažni Kohler benzinski motor sa 9.5 KS omogućava silu cijepanja od 28 tona. Stroj može raditi u horizontalnom i vertikalnom položaju, a vrijeme trajanja jednog ciklusa je 10.5 sekundi. Maksimalna dopuštena duljina cjepanice je 60 cm.

Po dimenzijama se vidi da je riječ o velikom i teškom stroju čija je težina 250 kg, duljina mu je 1.8 m, širina 0.8 m, a visina 0.8 m. Zbog velike težine smanjena je mobilnost stroja. Moguće ga je vući do brzine od 80 km/h. Radni tlak mu iznosi 240 bara, a nakon dostave potrebno ga je sastaviti. [4][13]



Slika 3.2. DHT 100324 horizontalna izvedba [13]



Slika 3.3. DHT 100324 vertikalna izvedba [13]

### 3.2.3. TW – 5

Jedan od najpopularnijih cjepača drva je model TW-5 od tvrtke Timberwolf. Postoji u tri standardne varijante koje se razlikuju prema maksimalnoj duljini cjepanice: najmanja dopušta duljinu cjepanice do 60 cm, srednja do 90 cm, a najveća do 120 cm. Svim varijantama je zajednička sila cijepanja od 25 tona koju omogućuje Hondin GX 340 četverotaktni motor s 10.7 KS. Vrijeme trajanja jednog ciklusa je izrazito kratko: traje samo 10 sekundi.

Uz standardi klin, moguće je izabrati i četverostrani ili šesterostrani klin čime se ubrzava vrijeme potrebno za cijepanje. Najveća mana ovog stroja je njegova izrazito velika težina od 430 kilograma za najmanju izvedbu, 560 kilograma teži srednja izvedba, a 660 kilograma najveća izvedba. Visina mu iznosi 1.05 m, širina 1.20m, a duljina 2.6 m. Popularnost ovog stroja povećava dodatna oprema kao i mogućnost vuče. [4][14]



Slika 3.4. TW-5 [14]

### 3.2.4. BRAVE EZ PCLS13BS

Ovaj stroj pogoni benzinski Briggs&Stratton motor sa 3.5 KS koji omogućava silu cijepanja od 8 tona. Stroj je kompaktno izgrađen i veličinom je daleko manji od standardnih strojeva za cijepanje drva. Teži samo 60 kg pa je jedan od najjednostavnijih strojeva za manevriranje i korištenje, te je idealan za kućnu uporabu. Dug je 1.3 m, širok 0.6 m, a visok 0.55 m.

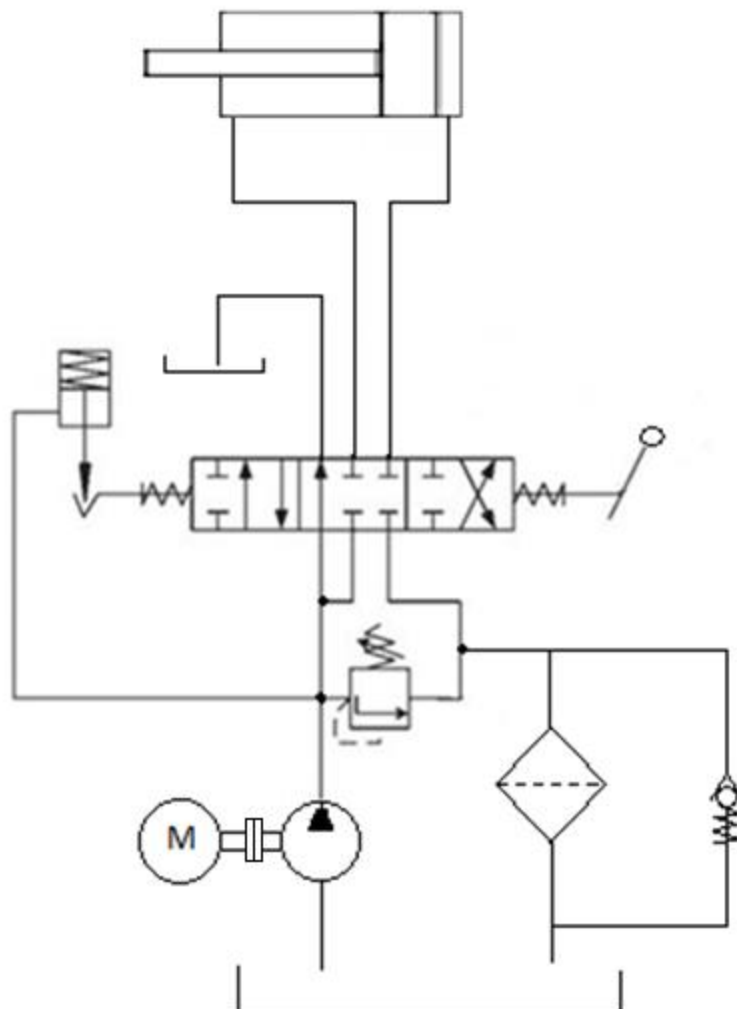
Maksimalna duljina cjepanice koju ovaj stroj može cijepati je 45 cm a maksimalni promjer je 30 cm. Vrijeme trajanja ciklusa cijepanja je 18 sekundi, a to vrijeme je ubrzano pomoću automatskog povrata cilindra. Za njegovo sastavljanje je potrebno oko 15 minuta.

Prema usporedbi s drugim uobičajenim manjim cjepačima, najveća mana ovog stroja je cijena, ali za razliku od njih ovaj stroj ima performanse fizički većih i snagom jačih cjepača. [4][15]



Slika 3.5. BRAVE EZ PCLS13BS [15]

## 4. HIDRAULIČKE KOMPONENTE CJEPAČA



Slika 4.1. Shema spajanja

## 4.1. Cilindar

Hidraulički cilindri omogućavaju vrlo jednostavnu i razmjerno efikasnu pretvorbu hidrauličke energije u linearno gibanje. Ta mogućnost koju pružaju cilindri predstavlja i jednu od značajnih prednosti hidraulike. Hodovi koje postižu mogu biti od nekoliko milimetara do više metara (i do 20-tak metara, pa i više). Sile također mogu biti izvanredne (do nekoliko stotina tisuća kN – što je ekvivalent masi od nekoliko desetaka tisuća tona).

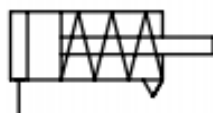
Cilindri se dijele prema djelovanju sile, odnosno korisnog rada koji obavljaju na :

- jednoradne
- dvoradne

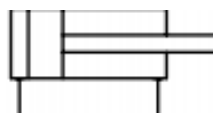
Jednoradni obavljaju koristan rad samo u jednom smjeru. Najčešće imaju samo jedan hidraulički priključak. Klipovi jednoradnih cilindara vraćaju se u početni položaj masom tereta kojeg podižu ili vlastitom masom, te oprugama.

Dvoradni hidraulički cilindri vrše koristan rad u oba smjera. Za upravljanje dvoradnim cilindrom najčešće se koriste 4/2 ili 5/2 razvodnici.

Kriteriji koji su potrebni za odabir cilindra: sila, hod, brzina, konstrukcija cilindra (učvršćenje cilindra, spoj klipnjače, priključci). [1][3]



Slika 4.2. Simbol jednoradnog cilindra [3]



Slika 4.3. Simbol dvoradnog cilindra [3]

Kod cjepača koristimo dvoradni hidraulični cilindar, a odabir potrebne veličine cilindra odabiremo uz pomoć proračuna (4.1). Minimalna sila koja je potrebna za cijepanje sezonskog zelenog drva iznosi 16 tona, pa ćemo tu vrijednost koristiti kao silu cijepanja. Cjepači drva rade u rasponu tlakova od 200 do 250 bara, stoga koristimo vrijednost tlaka od 200 bara.

Određivanje promjera cilindra:

-proračun je vršen prema [1] i prema [5]

$$D_{min} = \sqrt{\frac{10\,000 * F}{0,785 * p}} = \sqrt{\frac{10\,000 * 156,96}{0,785 * 200}} = 99,98 \text{ mm} \quad (4.1.)$$

$$F = m * g = 16\,000 * 9,81 = 156\,960 \text{ N} = 156,96 \text{ kN} \quad (4.2.)$$

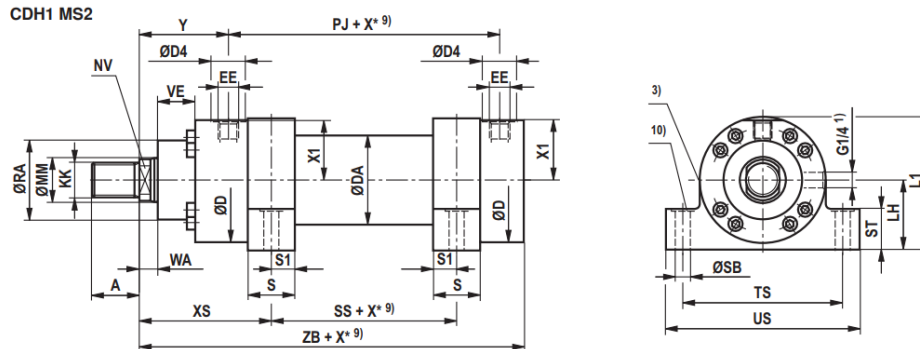
$m = 16000 \text{ kg}$  – odabrana masa "sila" cijepanja

$p = 200 \text{ bar}$  – odabrani radni tlak

Nakon što smo izračunali minimalni promjer cilindra iz dobivenih podataka uzimamo prvu veću standardiziranu mjeru ( promjer 100 mm) te izvadimo podatke za cilindar iz kataloga.

#### Fußbefestigung CDH1/CGH1: MS2

CDH1 MS2



ØAL	ØMM	KK <sub>5)</sub>	A <sub>5)</sub>	KK <sub>6)</sub>	A <sub>6)</sub>	NV	ØD	ØDA	ØD4 <sub>2)</sub>	EE <sub>4; 16)</sub>	EE <sub>4; 17)</sub>	Y	PJ	X1	WA
63	36/45	M28x1,5	28	M30x2	45	30/36	120	78	42	G3/4	M27x2	100	133	56,5	22
80	45/56	M35x1,5	35	M39x3	55	36/46	140	95	42	G3/4	M27x2	104	146	67	20
100	56/70	M45x1,5	45	M50x3	75	46/60	170	125	47	G1	M33x2	124	171	82	30
125	70/90	M58x1,5	58	M64x3	95	60/75	206	150	58	G1 1/4	M42x2	135	205	99	32
140	90/100	M65x1,5	65	M80x3	110	75/85	226	170	58	G1 1/4	M42x2	156	219	109,5	35

ØAL	ØMM	PK	XS	ZB	ZM	SS	X* <sub>min</sub>	S	S1	ØSB <sub>H13</sub>	ST	TS <sub>js13</sub>	US <sup>12) -1</sup>	LH <sup>12)</sup>	L1 <sup>12)</sup>	ØRA <sup>7)</sup>	VE <sup>7)</sup>	ØRA <sup>8)</sup>	VE <sup>8)</sup>
63	36/45	133	142	262	333	49	-	40	20	13,5	42	150	183	65	129	75	45	75	17
80	45/56	146	151	280	354	52	2	50	25	17,5	47	180	220	75	149	95	45	95	13
100	56/70	171	179	330	419	61	3	60	30	22	57	210	260	90	181	115	55	115	20
125	70/90	205	200	382	475	75	-	70	35	26	67	255	313	105	215	135	60	135	17
140	90/100	219	230,5	420	531	70	19	85	42,5	30	72	290	359	115	235	155	70	155	22

Slika 4.4. Karakteristike cilindra [6]

Dimenzije cilindra odabranog iz kataloga:

$$d_1 = 100 \text{ mm}$$

$$d_K = 70 \text{ mm}$$

$$A_1 = 78,54 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = 38,48 \text{ cm}^2$$

$$F_{1max} = 196,35 \text{ kN}$$

$$L = 600 \text{ mm}$$

$$F_{zmax} = 96,2 \text{ kN}$$

**Diameters, areas, forces, flow**

Piston ØAL mm	Piston rod ØMM mm	Area ratio $\varphi$ $A_1/A_3$	Areas			Force at 250 bar <sup>1)</sup>			Flow at 0.1 m/s <sup>2)</sup>			max. available stroke length mm
			Piston $A_1$ cm <sup>2</sup>	Rod $A_2$ cm <sup>2</sup>	Ring $A_3$ cm <sup>2</sup>	Pressure $F_1$ kN	Diff. $F_2$ kN	Pulling $F_3$ kN	Off $q_{V1}$ l/min	Diff. $q_{V2}$ l/min	On $q_{V3}$ l/min	
63	36	1.48	31.17	10.18	20.99	77.90	25.45	52.45	18.7	6.1	12.6	2000
	45	2.04		15.90	15.27		39.75	38.15		9.5	9.2	
80	45	1.46	50.26	15.90	34.36	125.65	39.75	85.90	30.2	9.5	20.7	2000
	56	1.96		24.63	25.63		61.55	64.10		14.8	15.4	
100	56	1.46	78.54	24.63	53.91	196.35	61.55	134.80	47.1	14.8	32.3	3000
	70	1.96		38.48	40.06		96.20	100.15		23.1	24.0	
125	70	1.46	122.72	38.48	84.24	306.75	96.20	210.55	73.6	23.1	50.5	3000
	90	2.08		63.62	59.10		159.05	147.70		38.2	35.4	
140	90	1.70	153.94	63.62	90.32	384.75	159.05	225.70	92.4	38.2	54.2	3000
	100	2.04		78.54	75.40		196.35	188.40		47.1	45.3	

Slika 4.5. Dimenzije cilindra [6]

Sila povratka cilindra:

$$F_z = \frac{p(d_1^2 - d_K^2) * 0,785}{10\,000} = \frac{200(100^2 - 70^2) * 0,785}{10\,000} = 80 \text{ kN} \quad (4.3)$$

Brzina gibanja cilindra:

$$v = \frac{L}{t * 1\,000} = \frac{600}{8 * 1\,000} = 0,075 \text{ m/s} \quad (4.4.)$$

t = 8 s – vrijeme izvlačenja cilindra (odabrano)



Teorijski potrebni protok:

$$Q_{th} = 6 * A_1 * v = 6 * 78,54 * 0,075 = \mathbf{35,34 \text{ l/min}} \quad (4.5.)$$

Stvarni protok:

$$Q = \frac{Q_{th}}{\eta_{vol}} = \frac{35,34}{0,95} = \mathbf{37,2 \text{ l/min}} \quad (4.6.)$$

$$\eta_{vol} \approx 0,95$$

Volumen cilindra:

$$V = \frac{A_1 * L}{10\,000} = \frac{78,54 * 600}{10\,000} = \mathbf{4,71 \text{ l}} \quad (4.7.)$$

## 4.2. Pumpa

Hidrauličke pumpe zvane još i hidrauličke crpke su strojevi u kojima se dovedena mehanička energija, odnosno rad pogonskog stroja transformira u energiju radnog fluida. Ovisno o načinu priključivanja često isti stroj može raditi kao pumpa ili motor te za takove strojeve kažemo da su reverzibilni. Reverzibilnost također može značiti i mogućnost vrtnje u oba smjera. [1][3]

Podjela pumpi u dvije osnovne skupine:

- volumenske pumpe (volumetričke)
- dinamičke pumpe (strujne tj. turbopumpe)

Da bi odabrali najadekvatniju pumpu potrebno je obratiti pozornost na volumen pumpe, protok, maksimalni radni pritisak i broj okretaja za rad.

Prema katalogu *Rexroth Bosch* pumpa **AZPFF-19-011-008-CB2020MB** zadovoljava potrebe te se usvaja navedena pumpa. To je zupčasta pumpa s vanjskim ozubljenjem, odnosno dvije pumpe montirane na jednoj osovini koje čine jednu takozvanu tandem pumpu. [7]

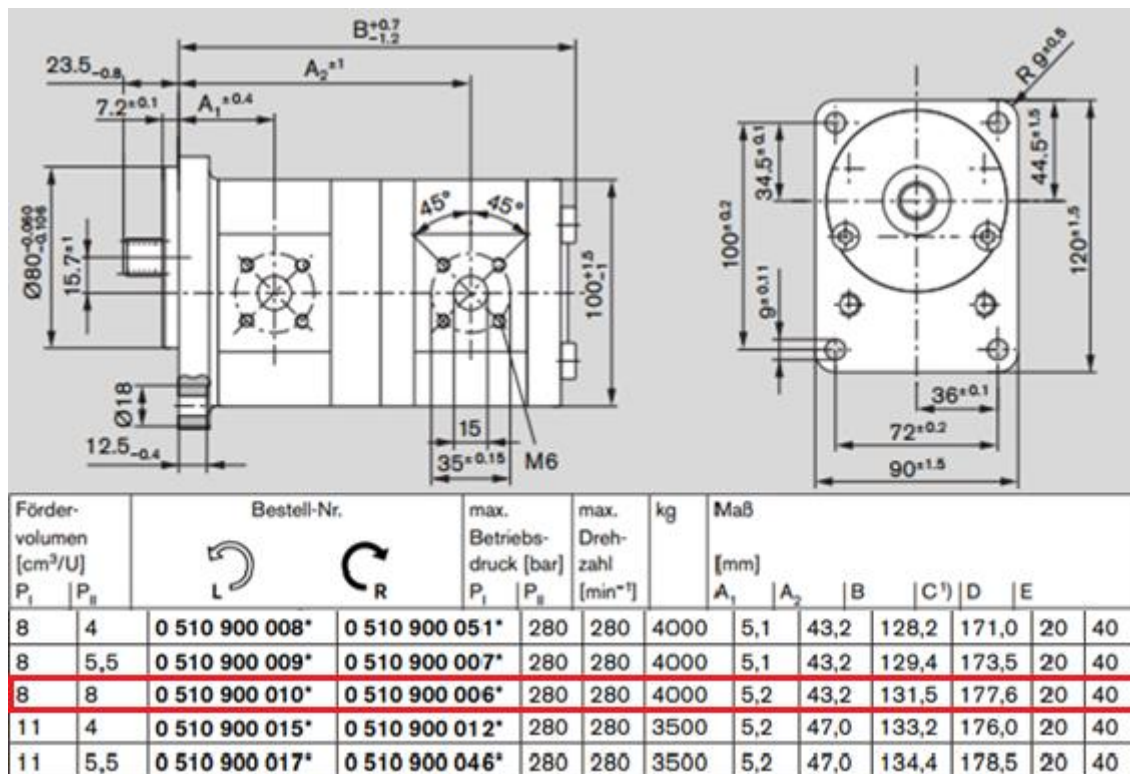
Protok pumpe:

$$Q_P = \frac{V_P * n * \eta_{vol}}{1000} = \frac{16 * 2500 * 0,95}{1000} = \mathbf{38 \text{ l/min}} \quad (4.8.)$$

$$V_P = 16 \text{ cm}^3 / \text{okr} \text{ (odabrano)}$$

$$n = 2500 \text{ o/min}$$

$$Q_P > Q \rightarrow 38 \text{ l/min} > 37,2 \text{ l/min} \rightarrow \text{Zadovoljava!}$$



Slika 4.6. Karakteristike pumpe [7]

### 4.3. Motor

Nakon odabira odgovarajuće pumpe odabiremo motor s unutrašnjim sagorijevanjem zbog svojih dobrih karakteristika kao što su visoka ekonomičnost, mala specifična masa, velika snaga i kompaktna gradnja.

Motori s unutrašnjim sagorijevanjem spadaju u grupu toplinskih motora, jer se kemijska energija sadržana u gorivu, sagorijevanjem pretvara u potencijalnu energiju radnog fluida, a zatim putem ekspanzije radnog fluida u korisnu mehaničku energiju.

Protok prve pumpe:

$$Q_{P1} = \frac{V_{P1} * n * \eta_{vol}}{1000} = \frac{8 * 2500 * 0,95}{1000} = 19 \text{ l/min} \quad (4.9.)$$

Potrebna snaga za pogon pumpe:

$$P_P = \frac{p * Q_{P1}}{600 * \eta_{uk}} = \frac{200 * 19}{600 * 0,85} = 7,45 \text{ kW} \quad (4.10.)$$

Prema potrebnoj snazi na pokretanje pumpe izabrali samo benzinski motor marke *Lombardini CH 440*. [8]



Slika 4.7. Lombardini CH 440 [8]

Motor *LOMBARDINI CH 440* ima sljedeće karakteristike:

$$P_M = 8,9 \text{ kW}$$

$$T_M = 26,8 \text{ Nm pri } 2500 \text{ o/min}$$

$$n_{max} = 3600 \text{ o/min}$$

$$m_M = 34,7 \text{ kg}$$

Moment potreban za pogon pumpe:

$$T_P = \frac{1,59 * V_{P1} * \Delta p}{100 * \eta_{hm}} = \frac{1,59 * 8 * 195}{100 * 0,95} = \mathbf{26,1 \text{ Nm}} \quad (4.11.)$$

$$\eta_{hm} = 0,9 - 0,95$$

$$T_M = 26,8 \text{ Nm} > T_P = 26,1 \text{ Nm} \rightarrow \text{Zadovoljava!}$$

#### 4.4. Spojka

U svrhu prenošenja okretnog momenta spojka služi za stalno ili povremeno spajanje dviju osovina ili vratila.

Osim prenošenja momenta sile, spojke imaju i druga dodatna svojstva:

- prilagodbu odstupanjima osi vratila nastalim netočnom izradom, netočnom ugradnjom ili pod djelovanjem opterećenja
- prigušenje vibracija na uvijanje (torzija)
- smanjenje titranja (oscilacija) momenta uvijanja i udara pri pokretanju i u radu
- upravljano ili automatsko uspostavljanje ili prekidanje prenošenja momenta uvijanja
- osiguravanje od preopterećenja ili neželjenog smjera okretanja

Glavni zadatak spojke kod cjepača je prigušiti vibracije nastale kod motora s unutarnjim sagorijevanjem, kompenzirati uzdužne pomake vratila te male radijalne i kutne pomake. Zbog toga se izabire elastična spojka za prigušenje.

$$T_{max} = (c_1 + c_2) * T \leq T_{dop} \quad (4.12.)$$
$$T_{max} = (c_1 + c_2) * T = (2,8 + 3) * 26,8 = \mathbf{155,44 Nm}$$

$$c_1 = 2,8$$

$$c_2 = 3$$

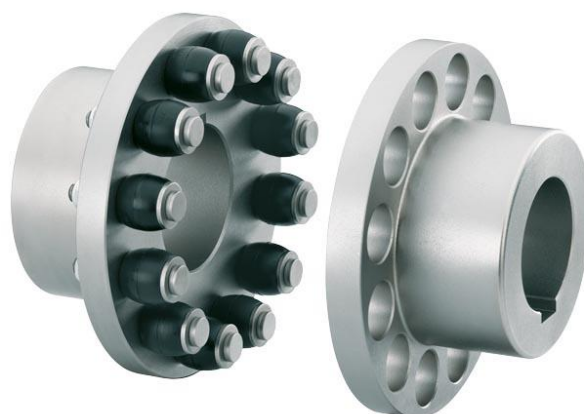
$$T_{dop} = 200 Nm$$

$$T_{dop} = 200 Nm > T_{max} = 155,44 Nm \rightarrow \text{zadovoljava!}$$

Odabrali smo spojku **Rupex Rwn 105** od tvrtke *Flender Simens*. [9]

Size	Rated torque for buffer type			Torsional stiffness at 50 % capacity utilization for buffer type			Assembly Gap dimension	Permitted shaft misalignment at speed $n = 1500 \text{ rpm}^1$		
	65 ShoreA	80 ShoreA	90 ShoreA	65 ShoreA	80 ShoreA	90 ShoreA		Axial	Radial	Angle
	$T_{KN}$	$T_{KN}$	$T_{KN}$	$C_{TDyn}$ 50 %	$C_{TDyn}$ 50 %	$C_{TDyn}$ 50 %	$\Delta S$	$\Delta K_a$	$\Delta K_r$	$\Delta K_w$
	Nm	Nm	Nm	kNm/rad	kNm/rad	kNm/rad	mm	mm	mm	Degree
<b>105</b>	<b>120</b>	<b>200</b>	<b>200</b>	<b>5</b>	<b>13</b>	<b>21</b>	<b>1.0</b>	<b>0.2</b>	<b>0.2</b>	<b>0.11</b>
125	210	350	350	9	25	37	1.0	0.2	0.2	0.10
144	300	500	500	15	43	64	1.0	0.23	0.23	0.09

Slika 4.8. Karakteristike spojke [9]



Slika 4.9. Spojka Rupex Rwn 105 [9]

## 4.5. Razvodnik

Razvodnik ili razvodni ventil je vrsta hidrauličkog ventila koji usmjerava tok hidrauličkog fluida u hidrauličkom pogonu propuštanjem, zatvaranjem ili promjenom smjera toka.

Osnovne karakteristike hidrauličkih razvodnika su: konstrukcija, nazivna veličina, broj radnih položaja, broj hidrauličkih priključaka i način aktiviranja. Uz ove podatke od važnosti su i nazivni protok, maksimalni radni tlak i materijal razvodnika, naročito brtvi. Prema konstrukciji razvodnici se dijele na klipne, pločaste i razvodnike sa sjedištem od kojih se u praksi najčešće koriste klipni razvodnici. [1][3]

Kod izrade cjepača koristimo hidraulički razvodnik *P 81* koji dolazi s otvorenim centrom gdje tijekom neutralnog položaja protok fluida neometano prolazi iz pumpe u spremnik. Dolazi s sigurnosnim ventilom koji se nalazi na ulazu u razvodnik čime prilikom velikog tlaka protok fluida propušta natrag u spremnik. Sigurnosni ventil možemo podesiti na željeni tlak. Uz njega također ima ventil sa oprugom koji u povratnom vodu uslijed velikog tlaka sa cilindra prebacuje razvodnik u nulti položaj s otvorenim centrom. [10]

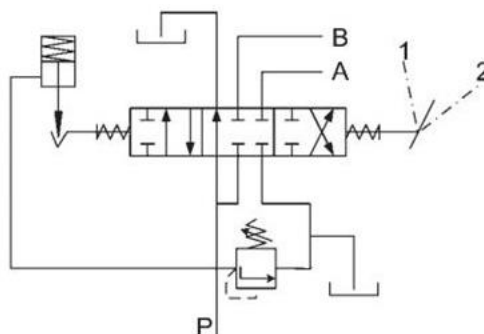
Karakteristike *P 81* razvodnika:

- protok fluida: 80 L/min
- maksimalni tlak:  $P=250$  bar
- radna temperatura:  $-15^{\circ}\text{C}$  do  $80^{\circ}\text{C}$



Slika 4.10. Razvodnik P 81 [10]





Slika 4.11. Shema razvodnika P 81 [10]

#### 4.5.1. Ventil za ograničavanje tlaka

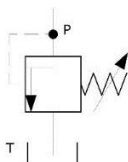
U skupinu tlačnih ventila spadaju ventili za ograničavanje tlaka koji osiguravaju da tlak u sustavu ne prijeđe maksimalno dopuštenu vrijednost.

Koriste se kao:

- sigurnosni ventili za zaštitu od prekomjernog tlaka
- kočni ventili za zaštitu od tlačnog udara koji nastaju prilikom zatvaranja razvodnika
- ventili za protudržanje

Ventil dolazi u izvedbi "normalno zatvoren" što znači da ventil ostaje zatvoren sve dok tlak ne premaši namještenu maksimalnu vrijednost. U tom slučaju ventil otvara i protok ulja se rasterećuje u spremnik. Sve dok je ventil otvoren maksimalna vrijednost tlaka se ne može premašiti. [3]

Oni su prisutni u svim hidrauličkim sustavima te se postavljaju na izlazu iz pumpe radi zaštite iste i cijelog sustava.



Slika 4.12. Simbol ventila za ograničavanje tlaka [3]

## 4.6. Filter

Zadatak filtera je da razinu prljavštine koja se nalazi u ulju smanji na dozvoljenu vrijednost te samim time povećava pouzdanost i vijek rada sustava.



Slika 4.13. Simbol filtera ulja [3]

Finoća filtriranja u hidrauličkom sustavu odgovara promjeru najveće čestice u obliku kugle koja može proći kroz filter ulja. Hidraulički dijelovi imaju sve manju zračnost između kliznih ploha, pa je izrazito potrebna određena finoća filtriranja od 20  $\mu\text{m}$ , a za servo-ventile i do 3  $\mu\text{m}$ .

Nečistoće se dijele na unutarnje i vanjske. Unutarnje nastaju trošenjem i otkidanjem čestica hidrauličkih dijelova, a vanjske su posljedica lošeg brtvljenja sustava prema okolini. Posljedice krutih čestica u hidrauličkom sustavu mogu dovesti do povećanog istjecanja fluida zbog lošijeg brtvljenja, te je moguće blokiranje rada kliznih elemenata i može doći do promjene rada i karakteristika regulacijskih ventila.

Filtere možemo podijeliti na usisne i povratne. Osnovna razlika je u tome što se povratni filter ugrađuje između razvodnika i rezervoara za ulje odnosno na povratni vod dok se usisni filter ugrađuje između rezervoara ulja i pumpe na usisni vod. Da bi izbjegli stvaranje dodatnih otpora na usisu, opasnosti od kavitacije te oštećenja krilnih i klipnih pumpi u praksi se izbjegava montaža filtera na usisnom vodu. [1][3]



Slika 4.14. Filter ulja [17]

## 4.7. Nepovratni ventil

Nepovratni ventil dozvoljava protok fluida samo u jednom smjeru, uz minimalnu mogućnost pada tlaka odnosno manjeg otpora. Ujedno je taj pad tlaka kriterij kvalitete nepovratnog ventila. Pladanj ventila može imati oblik kugle, stošca, tanjura ili čahure. Ventil može biti neopterećen ili opterećen s oprugom. [3]

Kod cjepača se uz filter ulja koji je montiran u povratnom vodu paralelno priključuje nepovratni ventil, kojem je potreban izvjestan tlak za otvaranje (ima funkciju ograničenja tlaka), kako bi se izbjegao preveliki tlak uzrokovan zaprljanim filterom ulja.



Slika 4.15. Simbol nepovratnog ventila [3]

## 4.8. Hidraulička crijeva

Hidraulička visokotlačna crijeva služe za povezivanje hidrauličkih elemenata i prijenos fluida.

Prema vrsti materijala dijelimo ih na kruta i fleksibilna crijeva. Prednost fleksibilnih (gumenih) crijeva u odnosu na krute (čelične) je u lakšoj montaži, mogućnosti ugradnje na pokretne dijelove i većoj otpornosti na koroziju.

Kako bi omogućili normalan rad cjepača potrebno je pravilno dimenzionirati minimalni promjer cijevi prema protoku pumpe.

Minimalni promjer crijeva:

$$d_{min} = \sqrt{\frac{Q_p * 4}{v_{pr} * \pi}} = \sqrt{\frac{633,33 * 4}{6 * \pi}} = \mathbf{11,59 \text{ mm}} \quad (4.13.)$$

$$Q_p = 38 \text{ l/min} = 633,33 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$v_{pr} = 6 \text{ m/s}$$

Odabrano je standardno visokotlačno crijevo promjera 12 mm. Cijev je od sintetičke gume koja je otporna na ulje, pojačano je žičanim pletivom od čelika visoke čvrstoće, a sama vanjska prevlaka je od abrazivne, sintetičke gume otporne na ozon i sve vremenske uvijete. Temperaturni raspon ulja za ova crijeva je od  $-40^\circ \text{C}$  do  $+100^\circ \text{C}$  (max.  $120^\circ \text{C}$ ). [11]

2 SN DIN EN 853 SAE 100 R 2 S														
DN	Vnitřní Ø Inside Ø		Oplet Ø Braid Ø		Vnější Ø Outside Ø		Pracovní tlak Working pressure		Zkušební tlak Test pressure	Destrukční tlak Burst pressure	Poloměr ohybu Bend radius	Hmotnost Weight	Označení Marking	
	inch	min	max	min	max	min	max	bar	psi	bar	mm	kg/m		
6	1/4"	6,5	6,9	12,1	12,7	13,8	14,8	400	5800	960	1600	100	0,33	2SN DN06
8	5/16"	8,0	6,5	13,7	14,4	15,4	16,4	350	5075	840	1400	115	0,39	2SN DN08
10	3/8"	9,6	10,1	16,1	16,8	17,8	18,8	330	4785	790	1320	125	0,50	2SN DN10
12	1/2"	12,8	13,4	19,0	19,8	20,8	21,8	275	3990	660	1100	180	0,59	2SN DN12
16	5/8"	16,0	16,7	22,2	23,0	24,0	25,0	250	3625	600	1000	200	0,71	2SN DN16
19	3/4"	19,1	19,8	26,2	27,1	27,9	29,1	215	3120	515	850	240	0,86	2SN DN19

Slika 4.16. Karakteristike visokotlačnog crijeva [11]

## 4.9. Spremnik hidrauličkog fluida

Hidraulički fluid se pohranjuje u spremnike ili tankove koji su najčešće otvoreni međutim ponekad se upotrebljavaju i zatvoreni gdje je radni fluid pod određenim predtlakom.

Spremnik mora osigurati i pripremu fluida, to jest hlađenje, ispuštanje zraka, taloženje nečistoća, odnosno općenito smirivanje fluida. Zbog toga postoje pravila i preporuke o konstrukciji spremnika, koje se odnose na poziciju usisnog i povratnog voda, pozicije pregrada, itd. Volumen spremnika određuje se prema potrebama hidrauličkog sustava. [1]



Slika 4.17. Simbol spremnika [3]

## 5. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada bio je izraditi idejni projekt hidrauličkog sklopa cjepača drva, a posebna pozornost posvećena je stroju koji pokreće motor s unutarnjim sagorijevanjem.

Na današnjem tržištu postoje razne izvedbe strojeva za cijepanje drva koje je moguće razlikovati prema određenim karakteristikama kao što su snaga, brzina, cijena te dodatne opcije.

Nakon provedenog istraživanja i potrebnih proračuna za cjepač koji ostvaruje silu cijepanja od 156,96 kN odnosno 16 tona može se zaključiti sljedeće:

- Minimalni promjer cilindra ne smije biti manji od 99,98 mm, te je iz kataloga odabran standardizirani cilindar promjera 100 mm.
- Kod odabira pumpe potrebno je obratiti pozornost na volumen, protok, maksimalni radni tlak i broj okretaja za rad stoga smo iz kataloga Rexroth Bosch odabrali pumpu AZPFF-19-011-008-CB2020MB koja zadovoljava sve potrebe za izradu cjepača.
- Prema potrebnoj snazi na pokretanje pumpe izabran je benzinski motor marke Lombardini CH 440.
- Elastična spojka Rupex Rwn 105 proizvođača Flender Simens ima dopušteni okretni moment 200 Nm što zadovoljava proračunati maksimalni okretni moment od 155,44 Nm.
- Kod izrade cjepača koristi se standardni razvodnik P-81 koji u sebi sadrži ventil za ograničavanje tlaka.
- Najčešće se upotrebljava povratni filter kako bi se izbjeglo stvaranje otpora na usisu, opasnost od kavitacije te moguće oštećenje pumpe.
- Prema proračunu minimalnog promjera crijeva odabrano je standardno visokotlačno crijevo promjera 12 mm

## 6. LITERATURA

- [1] Petrić, J.: *Hidraulika*, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2012.
- [2] Decker: *Elementi strojeva*, Golen marketing, Zagreb, 2006.
- [3] Korbar R.: *Pneumatika i hidraulika*: skripta: Veleučilište u Karlovcu, 2007.
- [4] Paražanin I.: „*Stroj za cijepanje ogrjevnog drva*“: Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2015.
- [5] [http://www.boschrexroth.com/business\\_units/bri/de/downloads/hyd\\_formelsammlung\\_en.pdf](http://www.boschrexroth.com/business_units/bri/de/downloads/hyd_formelsammlung_en.pdf)
- [6] [http://www.un-tra.hr/static/files/katalozi/industrijska\\_hidraulika/Cilindri.pdf](http://www.un-tra.hr/static/files/katalozi/industrijska_hidraulika/Cilindri.pdf)
- [7] [http://www.un-tra.hr/static/files/katalozi/industrijska\\_hidraulika/Pumpe\\_i\\_motori.pdf](http://www.un-tra.hr/static/files/katalozi/industrijska_hidraulika/Pumpe_i_motori.pdf)
- [8] <http://www.lombardini.hr/benzinski-motori/CH%20440.php>
- [9] <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Products/10038187>
- [10] [http://www.rotban.hr/komponente/razvodnik\\_cjepac.html](http://www.rotban.hr/komponente/razvodnik_cjepac.html)
- [11] [http://charvat.hr/images/uploads/696/2.\\_katalog\\_visokotlacnih\\_crijeva\\_i\\_prikljucaka.pdf](http://charvat.hr/images/uploads/696/2._katalog_visokotlacnih_crijeva_i_prikljucaka.pdf)
- [12] <https://www.harborfreight.com/20-ton-log-splitter-61594.html>
- [13] <https://dirtyhandtools.com/product/28-ton-log-splitter/>
- [14] <http://www.timberwolfcorp.com/tw-5-log-splitter/>
- [15] <https://www.logsplittersdirect.com/Brave-Products-PCLS13BS/p13883.html>
- [16] [https://en.wikipedia.org/wiki/Janka\\_hardness\\_test](https://en.wikipedia.org/wiki/Janka_hardness_test)
- [17] <https://www.trgo-agencija.hr/filter-hidraulike-1-30-mikrona-povratni-ugradbeni.aspx>