



MLADI RAZISKOVALCI KOROŠKE 2021

Področje: TEHNIKA IN TEHNOLOGIJA

PREDELAVA HIDRAVLIČNEGA POGONA NA VRTNEMU TRAKTORJU

Avtor: Rok Slatinek

Klemen Štefcič

Milan Potočnik

Mentor: Jure Krof inž.

mag. Martina Ribič, univ. dipl. inž.

Leto in kraj izdelave: 2021, Ravne na Koroškem

Šola: Šolski center Ravne

Srednja šola Ravne

Na Gradu 4a

2390 Ravne na Koroške

ZAHVALA

Zahvaljujemo se mentorici Martini Ribič in mentorju Juretu Krofu za strokovno pomoč in nasvete.

POVZETEK

V raziskovalni nalogi z naslovom Predelava hidravličnega pogona na vrtnem traktorju smo predstavili komponente hidravličnega pogona na vrtnem traktorju, postopke varjenja in laserski razrez. Predelave kosilnice smo se lotili, ker je bil prejšnji pogon zelo star, dotrajan in brez moči. Nov pogon je zelo drag, zato smo se odločili, da cenejšega in močnejšega naredimo sami. Obstoječi pogon je bil namenjen za košnjo po ravnini, mi pa smo hoteli narediti pogon, ki bo uporaben za košnjo tudi do naklona 45°.

Pri varianti s proporcionalnim ventilom in zobniško črpalko, smo ugotovili, da s tem ventilom lahko reguliramo pretok olja skozi sam ventil in dejansko nam omogoča vse vmesne hitrosti, povzroča pa izgube tlaka olja in veliko količino toplote, ki se sprošča v samem načinu delovanja ventila. S tem bi morali odvajati konstantno toploto preko hladilnega sistema, ki je seveda dodatni strošek in posledično tudi zvišuje porabo goriva, katerega poganja bencinski motor.

Cilje, ki smo si jih zastavili smo dosegli z drugo varianto, namreč kosilnico smo spravili v uporabno stanje delovanja in z nizkimi stroški izdelali dele za pogon na vrtnem traktorju, ki bo omogočal košnjo trave tudi do naklona 45 °.Kupili smo nekaj hidravličnih komponent ter zavorni disk in zavorne čeljusti. Prirobnice smo izdelali z laserskim razrezom. Zobnik, verižnik, pesto in moznik pa smo izdelali v šolski delavnici.

KLJUČNE BESEDE

- 1) hidravlika,
- 2) hidravlične cevi,
- 3) hidravlične tekočine,
- 4) hidravlične črpalke,
- 5) varjenje,
- 6) laserski razre

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	1
2 HIDRAVLIKA.....	2
3 TEHNIČNE PREDNOSTI IN SLABOSTI OLJNE HIDRAVLIKE	3
3.1 HIDRAVLIČNI PRENOS MOČI	4
4 HIDRAVLIČNI VENTILI	5
4.1 POTNI VENTIL.....	5
4.2 TLAČNI VENTIL.....	6
4.3 PROTIPOVRATNI VENTIL.....	6
4.4 TOKOVNI VENTIL	7
5 HIDRAVLIČNE ČRPALKE	8
5.1 HIDRODINAMIČNE ČRPALKE	8
5.2 HIDROSTATIČNE ČRPALKE.....	9
5.3 LAMELNA (KRILNA) ČRPALKA	12
6 HIDRAVLIČNE TEKOČINE.....	13
6.1 ZAHTEVE HIDRAVLIČNIH TEKOČIN	14
6.2 VRSTE HIDRAVLIČNIH TEKOČIN.....	14
6.3 LASTNOSTI HIDRAVLIČNIH TEKOČIN.....	17
6.4 KAVITACIJA	17
6.5 STISLJIVOST HIDRAVLIČNEGA OLJA	18
6.6 VSKOZNOST.....	18
6.7 GOSTOTA	21
6.8 HIDRAVLIČNI UDAR	22
7 HIDRAVLIČNE CEVI.....	23
7.1 KONSTRUKCIJA.....	23
7.2 ŽIVLJENSKA DOBA.....	23
7.3 NAMEN	24
7.4 PREDNOSTI.....	24
8 LASERSKO REZANJE	25
9 VARJENJE.....	26
10 PREDELAVA POGONA NA VRTNI KOSILNICI.....	28
10.1 OBRAZLOŽITEV IZBRANEGA SISTEMA.....	28
10.2 IZDELAVA IN NAKUP KOMONENT.....	30
11 ZAKLJUČEK.....	34

KAZALO SLIK

Slika 1: 6/2 potni ventil	5
Slika 2: Proporcionalni tlačno krmilni ventil	6
Slika 3: Protipovratni ventil	7
Slika 4: Tokovni ventil	7
Slika 5: Hidrodinamična (centrifugalna) črpalka	9
Slika 6: Hidrostatična črpalka	10
Slika 7: Prikaz delovanja zobniške črpalke	10
Slika 8: Aksialna batna črpalka	11
Slika 9: Skica aksialne batne črpalke	11
Slika 10: Vijačna črpalka	11
Slika 11: Skica lamelne črpalke	12
Slika 12: Olje HV 46	15
Slika 13: Ubbelohde diagram	19
Slika 14: Hidravlične cevi	23
Slika 15: Lasersko rezanje	25
Slika 16: Lamelna črpalka	29
Slika 17: Lamelna črpalka	30
Slika 18: Potni ventil	31
Slika 19: Varnostni ventil	31
Slika 20: Rezervoar	31
Slika 21: Nosilna konstrukcija	32
Slika 22: zobnik	32
Slika 23: končni izdelek	33
Slika 24: hidravlična shema	33

KAZALO TABEL

Tabela 1: Mineralna olja	15
Tabela 2: Tekočine z visokim vreliščem	16
Tabela 3: Naravi prijazne tekočine	16
Tabela 4: Stisljivost tekočin	18
Tabela 5: Viskoznost tekočin	21
Tabela 6: Gostota tekočin	21

1 UVOD

Namen naloge je bil pokvarjen pogon nadomestiti z novim. Ker pa je bila cena previsoka, smo se odločili, da izboljšamo hidravlični pogon na vrtnem traktorju, saj je obstoječi pogon dotrajan in brez moči.

Cilj naloge je z nizkimi stroški izdelati in kupiti dele za pogon na vrtnem traktorju, ki bo omogočal košnjo trave tudi do naklona 45° .

Zastavili smo si hipoteze oz. raziskovalna vprašanja:

- 1) Povezati teoretično in praktično znanje hidravlike.
- 2) Nakup novega pogona.
- 3) Predelava pogona s proporcionalnim ventilom in zobniško črpalko.
- 4) Predelava pogona s potnim ventilom in krilno črpalko.
- 5) Košnja trave na klancu do naklona 45° .

2 HIDRAVLIKA

Kot začetek hidravlike lahko štejemo že preproste vodne stroje, ki so jih uporabljala civilizirana ljudstva pred več tisočletji na Kitajskem, Mezopotamiji, Egiptu itd. To je namreč bila le vodna hidravlika, saj šele v 17. stoletju pride do pomembnejših tehničnih odkritij, ki so nakazale intenzivnejši razvoj hidravlike. Tako je okrog leta 1650 Pascal odkril zakon, ki se je prvič resneje uporabil šele čez 150 let, ko je Joseph Bramah razvil prvo hidravlično prešo. Začetki oljne hidravlike pa segajo v začetek 20. stoletja, ko sta Američana Williams in Janneys skonstruirala prvo aksialno batno črpalko z devetimi bati, ki je dajala tlak 40 barov. Nato je sledil zelo hiter razvoj, saj so že okoli leta 1940 v ZDA, Veliki Britaniji in Nemčiji serijsko izdelovali črpalke, ki so dajale tlak 200 barov in celo do 350 barov. Velik korak pa hidravlika naredi med drugo svetovno vojno, saj so se povečale potrebe po hidravličnem prenosu moči, predvsem pri letalih. Izkušnje in teoretične osnove pridobljene na tem področju pa so bile osnova za intenziven razvoj in uporabo hidravlike v povojnem obdobju na ostalih področjih: na obdelovalnih strojih, gradbenih strojih, proizvodnih napravah, v industriji motornih vozil, itd.. [3]

Teoretične osnove hidravlike nam daje področje hidromehanike (mehanika tekočin), ki ga delimo na dve področji:

- 1) hidrostatika, to je nauk o ravnotežnih stanjih tekočin (prenos sile v hidravliki);
- 2) hidrodinamika, to je nauk o tokovnih stanjih tekočin. Kot primer nam lahko služi pretvarjanje energije toka vode v turbinah hidroelektrarn. [2]

3 TEHNIČNE PREDNOSTI IN SLABOSTI OLJNE HIDRAVLIKE

Hidravlika nam nudi možnost opravljanja dela z zelo velikimi obremenitvami, pri čemer imamo tudi veliko izbiro za način krmiljenja. Trenutna stopnja hidravlične opreme nam omogoča izvajanje najrazličnejših delovnih gibov v sočasnih ali poljubno zbranih časovnih presledkih. Podobno kot pri pnevmatiki, elektriki in elektroniki ima hidravlika veliko fleksibilnost glede same postavitve in načina krmiljenja. Vendar ima hidravlika še zelo veliko dodatno prednost v tem, da lahko z njo dosežemo izredno velike sile.

Nekatere prednosti in značilnosti hidravlike:

- 1) prenos velikih sil oz. moči pri gabaritnih merah,
- 2) široko območje v katerem je možno izbirati hitrosti in sile,
- 3) učinkovitost in ekonomičnost v obratovanju,
- 4) enostavna regulacija hitrosti krmiljenja in izvršilnih elementov,
- 5) lahka in enostavna sprememba smeri gibanja elementov tudi pri velikih silah zaradi majhnih mas pogonskih elementov,
- 6) sistemi so lahko izvedeni popolnoma avtomatsko za krmilja zaporednih operacij,
- 7) zmanjšanje obrabe na gibljivih delih zaradi:
 - 1) kontroliranega pospeševanja in zaustavljanja, brez udarcev,
 - 2) avtomatskega izpusta olja pod tlakom pri preobremenitvi,
 - 3) odprave vibracij,
 - 4) samodejnega mazanja. [2]

K popularnosti hidravlike je močno prispeval razvoj avtomatskih strojev, želja po zmanjšanju fizičnega dela in po krmiljenju s fluidno tehniko ter potrebe po točnem krmiljenju pri velikih silah. Hidravlika se še izredno pogosto uporablja v industrijsko močno razvitih državah, zato postaja zanimanje za to področje tako intenzivno, da lahko v prihodnosti pričakujemo še mnogo boljše in večjo uporabnost te pomembne metode krmiljenja moči in energije. [2]

Kljub vsem prednostim pa se pri hidravliki pojavi nekaj slabosti:

1) relativno visoke izgube:

- 1) puščanje (izguba moči, volumenski pretok),
- 2) tekočinsko trenje,

2) občutljivost nečistoče,

3) temperaturna odvisnost tekočine,

4) stisljivost hidravlične tekočine,

5) zdrs,

6) relativno nizka življenjska doba nekaterih visoko obremenjenih gradnikov. [2]

3.1 HIDRAVLIČNI PRENOS MOČI

Hidravlika se lahko definira kot način prenosa moči s potiskanjem določene tekočine. Začetna komponenta pri prenosu moči se imenuje črpalka, končna pa izvršilni element. Hidravlični sistem ni izvor moči, saj ima to vlogo pogonski agregat črpalke, ki je običajno elektromotor ali motor z notranjim izgorevanjem. Razlog za vedno bolj pogosto uporabo hidravlike za prenos moči je njena prilagodljivost, ki zaenkrat prekaša vse druge metode. [2]

Prednosti hidravličnega prenosa:

1) Zvezno spreminjanje hitrosti:

Pogon lahko krmilimo od minimalnih do spremenljivih hitrosti, tako da spreminjamo pretok črpalke s uporabo tokovnega ventila.

2) Sprememba smeri gibanja:

Izvršilnim elementom lahko brez vmesnega vstavljanja spreminjamo smer.

3) Zaščita pred preobremenitvijo:

Varnostni ventil varuje celotni hidravlični sistem pred prevelikim tlakom. [2]

4 HIDRAVLIČNI VENTILI

Krmilni ali potni ventili nam služijo, da lahko kontroliramo in reguliramo pretok olja po sistemu. [1]

4.1 POTNI VENTIL

Z potnimi ventili (slika 1) lahko določamo, kdaj in katere hidravlične elemente bomo vključili (predvsem gre za vključevanje hidravličnih motorjev in hidravličnih valjev). V današnji industriji pa se večinoma uporablja štiri načini:

- 1) krmiljenje z elektromagnetom,
- 2) hidravlično krmiljenje- s pomočjo določenega fluida pod tlakom,
- 3) elektro hidravlično krmiljenje- kombinacija prvih dveh,
- 4) krmiljenje z ročico. [2]



Slika 1: 6/2 potni ventil

4.2 TLAČNI VENTIL

Tlačni ventili (slika 2) nam služijo za več funkcij kot so na primer:

- 1) omejevanje najvišjega predpisanega tlaka v sistemu,
- 2) za določanje zaporednosti pretakanja in delovanja,
- 3) za razbremenitev sistema ali dela sistema pri določenem tlaku,
- 4) regulacijo oz. reduciranje tlaka na posameznih mestih. [2]

Poznamo veliko različnih tlačnih ventilov, ki pa se natančneje poimenujejo glede na njihovo primarno funkcijo. Tako lahko ločimo:

- 1) varnostne ventile, ki omejujejo najvišji predpisani tlak in s tem varujejo sistem,
- 2) zaporedne ventile, ki s svojim odpiranjem določajo zaporednost pretokov pri določenih tlakih,
- 3) razbremenilne ventile, ki s svojim premikanjem povzročijo, da tlak v celem sistemu ali delu sistema upade,
- 4) regulatorje tlaka, ki regulirajo velikost izstopnega tlaka. [2]



Slika 2: Proporcionalni tlačno krmilni ventil

4.3 PROTIPOVRATNI VENTIL

Kot nam pove že ime, imajo protipovratni (slika 3) ventili v hidravličnem sistemu nalogo, da v eno smer puščajo prost pretok fluida, v drugo smer pa pretoka ne dopuščajo in ga samodejno zaprejo.

Protipovratni ventili se v hidravliki uporabljajo za preprečevanje gibanje nekaterih komponent. Slabo delovanje teh ventilov pa po navadi pomeni netesnost na sedežu ventila. Običajno je tedaj potrebno krmilni ventil ponovno izdelati ali pa ga vsaj popraviti. Tega pa navadno izdelamo ali popravimo s struženjem, kaljenjem ali brušenjem. [2]



Slika 3: Protipovratni ventil

4.4 TOKOVNI VENTIL

Uporabljajo se za regulacijo oziroma nastavitve hitrosti bata v hidravličnem valju ali vrtenja hidravličnega motorja. Hitrost je predvsem odvisna od količine fluida, ki ga preteče v hidravlični bat ali motor v določenem času. Možno je sicer regulirati to hitrost s črpalko, vendar je v mnogih sistemih precej bolj praktično uporabiti črpalko s konstanto iztislino in nastaviti pretok z tokovnim ventilom (slika 4). [1]



Slika 4: Tokovni ventil

5 HIDRAVLICNE ČRPALKE

Za črpalke lahko rečemo, da predstavljajo srce hidravličnega sistema, saj je njihova naloga, da iz rezervoarja potiskajo olje v hidravlični sistem. S tem pretvarjajo električno energijo (iz elektromotorja) v potencialno tlačno energijo hidravličnega fluida. Fluid pod določenim tlakom teče po cevovodu do hidravličnih motorjev in valjev. S tem pa povzroča krožno ali premočrtno gibanje z določeno silo.

Vse črpalke pa lahko razdelimo v dve osnovni skupini:

- 1) hidrodinamične črpalke in
- 2) hidrostatične črpalke. [6]

5.1 HIDRODINAMIČNE ČRPALKE

Hidrodinamične črpalke (slika 5) večinoma delujejo na principu centrifugalne sile in jih zato tudi poimenujemo centrifugalne črpalke. Te črpalke se pogosto uporabljajo za transportiranje fluida iz enega mesta na drugega.

Hidravlični fluid vstopa v sredino črpalke, potem pa ga hitro premikajoči rotor potiska proti zunanjemu obodu ter od tod v tlačno cev pod določenim tlakom. Ta tlak pa je predvsem odvisen od hitrosti vrtenja in števila rotorjev. V oljni hidravliki jih srečamo zelo redko, saj s hidrodinamičnimi črpalkami ni mogoče dosegati posebej velikih tlakov (do 60 barov). Centrifugalne črpalke se najpogosteje uporabljajo kot vodne črpalke, precej pogosto pa jih srečamo tudi v hidravličnih sistemih, v katerih kot hidravlični fluid nastopa vodno-oljna emulzija, ki pa vsebuje samo nekaj procentov olja. Poleg tega so te črpalke precej dražje kot pa hidrostatične črpalke, ki lahko dosežejo do trikrat večji tlak. [6]



Slika 5: Hidrodinamična (centrifugalna) črpalka

5.2 HIDROSTATIČNE ČRPALKE

Pri teh črpalkah gibajoči se deli rotorja črpalke (npr. zobje, lamele ali bati rotorja) delujejo z silo na olje in ga pod določenim tlakom tlačijo v tlačno cev. Za razliko od hidrodinamičnih črpalk, kjer se tlak ustvarja zaradi hitrosti gibajočega se fluida skozi črpalko, se pri hidrostatičnih črpalkah (slika 6) tlak ustvarja samo z delovanjem sile na določeno ploskev lamele ali bata itd. S tem pa je mogoče doseči precej višje tlake kot pa pri centrifugalnih črpalkah. Pri teh črpalkah so tlaki od 200 ali 300 bar dokaj običajni, vendar pa je pri hidrostatičnih črpalkah treba zagotoviti zelo dobro tesnjenje med mirujočimi in gibajočimi se deli črpalke.

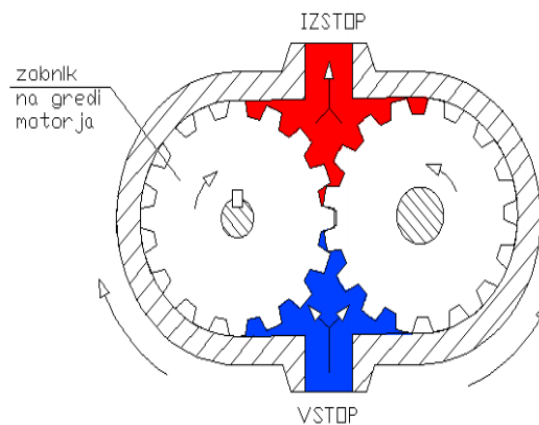
Hidrostatične črpalke so izpostavljanje zelo velikim silam in so sposobne pretvarjati velike moči električne energije v tlačno energijo, zato se za njihovo izdelavo zahteva skrbna izbira kovin in natančna in kvalitetna izdelava. V kolikor tem zahtevam ni zadoščeno, lahko pride do hitre in večje obrabe delov črpalke, kar pa lahko vodi do notranje netesnosti oz. zračnosti med deli. Zaradi tega pride do izgube moči, prav tako pa se izgubi količina in tlak, ki ju črpalka daje v sistem. [6]



Slika 6: Hidrostatična črpalka

Hidrostatične črpalke pa ločimo tudi po konstrukcijski zasnovi:

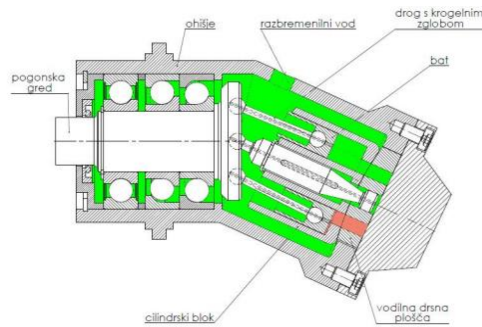
- 1) zobniške črpalke (slika 7),
- 2) batne črpalke:
radialne, aksialne in vrstne batne črpalke (slika 8, 9),
- 3) vijalne črpalke (slika 10). [6]



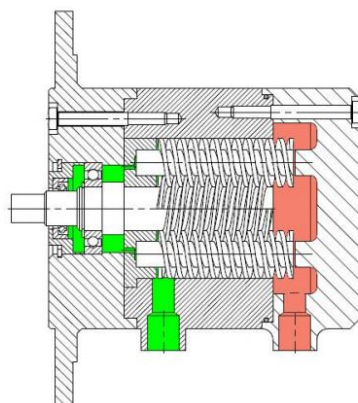
Slika 7: Prikaz delovanja zobniške črpalke



Slika 8: Aksialna batna črpalka



Slika 9: Skica aksialne batne črpalke

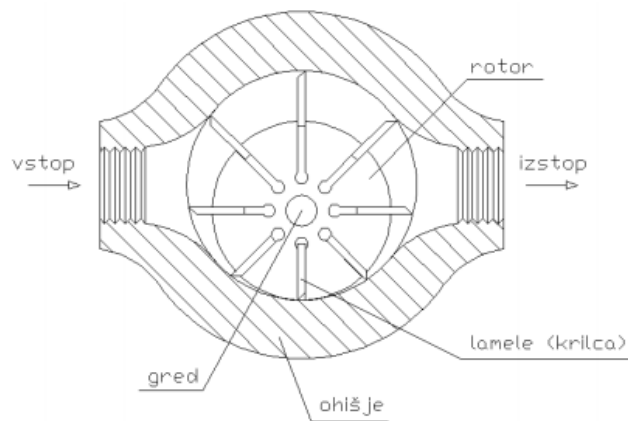


Slika 10: Vijačna črpalka

V raziskovalni nalogi smo uporabili krilno črpalko, ki je opisana v nadaljevanju.

5.3 LAMELNA (KRILNA) ČRPALKA

Lamele so radialno nameščene v zareze v rotorju in z vrhnjim delom drsijo po ohišju oz. obroču, ko se rotor vrti. Lamele tlaka ob obroč centrifugalna sila in tlak, ki deluje na spodnjo stran lamel. Olje se prenaša od vstopnega priključka proti izstopnemu priključku v prostorih, ki jih tvorijo rotor, lamele, obroč oz. ohišje ter obe stranski plošči. Pri vrtenju rotorja se vsak omenjeni prostor najprej povečuje in s tem ustvarja podtlak na sesalni strani. Pri enostransko delujoči lamelni črpalki (slika 11) deluje precejšnja sila na gred rotorja zaradi izstopnega tlaka, ki deluje na ločno ploskev rotorja. Zato se te izvedbe v splošnem ne uporabljajo, razen za lamelne črpalke s spremenljivo količino. [6]



Slika 11: Skica lamelne črpalke

6 HIDRAVLICNE TEKOČINE

Izraz hidravlični fluidi uporabljamo kot širši izraz za kapljevine, ki se danes uporabljajo v hidravliki. V osnovi hidravlične tekočine delimo na olja in emulzije (mešanica olja in vode).

Pri hidravliki je zelo pomembno preventivno vzdrževanje. V primeru, da v sistemu pojavi napaka, je cena popravila lahko zelo visoka, zato je zelo pomembna izbira ustrezne kapljevine. Na splošno se pri izbiri pravih fluida posveča premalo pozornosti, saj morajo imeti fluidi določene fizikalne lastnosti pomembne za obratovanje. Prav tako pa se ne sme izvesti zamenjava ene vrste hidravličnih kapljev z drugo, razen če se izvede resna strokovna analiza.

[2]

Za prenašanje tlačne energije je v principu uporabna vsaka tekočina. Ker pa mora v hidravličnih postavitvah ustrezati tlačna tekočina določenim zahtevam, je izbor ustreznih tlačnih tekočin občutno manjši. Z vodo kot tlačno tekočino so problemi zaradi korozije, točke vrelišča, zmrzovanja in redkosti. Tlačne tekočine na mineralni osnovi - imenujemo jih tudi hidravlična olja, ustrezajo normalnim zahtevam (npr. pri orodnih strojih). V hidravličnih sistemih, ki delujejo v okoljih s povečano požarno nevarnostjo, se mora uporabljati težko vnetljivo tlačno tekočino. V vseh prej navedenih primerih obstaja pri tlačnih tekočinah na mineralni osnovi nevarnost vžiga, če se olje razlije po razbeljenih kovinskih delih zaradi netesnosti ali zaradi raztrganja tlačne cevi. Namesto standardnih olj na mineralni osnovi se v omenjenih primerih uporablja mešanice z vodo in s sintetičnimi olji. [2]

6.1 ZAHTEVE HIDRAVLIČNIH TEKOČIN

Zahteve hidravličnih kapljev in so:

1) Prenos moči oz. sile

Glavna funkcija hidravličnega fluida je, da silo, ki vstopa v hidravlični sistem, prenaša po sistemu v vseh smereh in jo praviloma tudi poveča. Da pa te zahteve lahko izpolni, mora biti fluid čim bolj nestisljiv in lahko pretočen.

2) Tesni učinek

To je tako imenovano kovinsko tesnjenje, ki zmanjšuje notranje in zunanje puščanje

Hidravlična kapljevina mora imeti ustrezno viskoznost.

3) Mazalne lastnosti

Tanka plast kapljevine mora poleg tesnjenja istočasno opravljati tudi funkcijo mazanja teh delov. Čim boljše so lastnosti mazalnih kapljev in, tem manjša je obraba elementov na drsni ploskvah.

4) Obstojnost proti rjavenju in koroziji

Hidravlični fluid ne sme povzročati rjavenja, zahteva pa se celo, da sistem ščiti pred notranjo korozijo. Kapljevina pa prav tako ne sme vsebovati nobenih kislin.

5) Hladilni učinek

Pri pretakanju skozi hidravlične elemente, se zaradi trenja kapljevine sprošča toplota, katere mora fluid odnašati s seboj. Na tak način hladi vse zunanje in notranje elemente. [2]

6.2 VRSTE HIDRAVLIČNIH TEKOČIN

V sledečih preglednicah so prikazane glavne tri skupine hidravličnih tekočin označene po ISO klasifikacijah.

Mineralna olja so olja, ki jih dobivajo kot stranski proizvod pri destilaciji nafte in jih pogosto uporabljajo v strojništvu (tabela 1). [2]

Poznamo različna mineralna olja:

- hidravlično olje HL - Mineralno olje z izboljšanimi proti-korozijskimi, proti-oksidacijskimi in temperaturno/viskozni lastnostmi;
- hidravlično olje HH - Standardno mineralno olje brez dodatkov;

- hidravlično olje HLP - Mineralno olje z izboljšanimi proti-korozijskimi, proti-oksidacijskimi, temperaturno/viskozni in proti-obravnimi lastnostmi;
- hidravlično olje HV - Mineralno olje z majhno odvisnostjo viskoznosti od temperature, uporabno za mrzla področja (slika 12);
- hidravlično olje HLPD - Mineralno olje z dodatki izločuje vodo. [1]

Označba je sestavljena iz črk. Črka H pomeni hidravlično olje, naslednja črka oz. črke pa označujejo dodatke. Črkovna označba je dopolnjena po DIN 51517 (ISO - viskoznostni razredi) še z viskoznostnim številom.[2]



Slika 12: Olje HV 46

Tabela 1: Mineralna olja

Oznaka ISO	Opis
HH	Standardno mineralno olje brez dodatkov
HL	Mineralno olje z izboljšanimi proti-korozijskimi, proti-oksidacijskimi in temperaturno/viskozni lastnostmi. Kinematična viskoznost je v območju med 10 N/mm ² in 100 N/mm ² pri 40°C
HLP, HM	Mineralno olje z izboljšanimi proti-korozijskimi, proti-oksidacijskimi, temperaturno/viskozni in proti-obravnimi lastnostmi.
HV	Mineralno olje z majhno odvisnostjo viskoznosti od temperature, uporabno za mrzla področja .
HLPD	Mineralno olje z dodatki, zmanjšuje »stick-slip efekt« in izločuje vodo.

Zelo pogosto se uporabljajo tudi hidravlične tekočine, ki temeljijo na naftni osnovi (tabela 2).

[2]

Tabela 2: Tekočine z visokim vreliščem

Oznaka ISO	Opis
HFA	Oljno-vodna emulzija (> 80 % vode).
HFAE	Oljno-vodna emulzija s proti-obrabnimi dodatki. Lahko se spusti v kanalizacijo.
HFAS	Vodna emulzija. Manj agresivna za odpadno vodo kot HFAE. Uporabno npr. v rudnikih premoga, železarnah, itd.
HFB	Oljno-vodna emulzija. Proti-gorljiva sestavina v količini do 60 %. Emulzija je uporabna kot negorljiva.
HFC	Vodno-polimerna emulzija. Uporabno v livarnah, jeklarnah, steklarnah, vročih valjarnah, rudnikih, itd.
HFD	Te hidravlične tekočine ne vsebujejo vode.

Poznamo pa tudi hidravlične tekočine, ki so naravi prijazne. (tabela 3). [2]

Tabela 3: Naravi prijazne tekočine

Oznaka ISO	Opis
HPG	Poliglikol. Dobre mazalne lastnosti in zaščita proti rjavenju.
HTG	Rastlinsko olje, kot npr. oljna repica.
HE	Sintetični ester.

6.3 LASTNOSTI HIDRAVLIČNIH TEKOČIN

Hidravlične tekočine morajo imeti določene lastnosti za izpolnjevanje zahtevanih nalog glede na posamične obratovalne razmere.

K tem materialnim lastnostim spadajo:

- kolikor mogoče nizka gostota;
- majhna stisljivost;
- ne prenizka viskoznost (mazalni film);
- dobra neodvisnost viskoznosti od temperature;
- dobra neodvisnost viskoznosti od tlaka;
- dobra obstojnost pred staranjem;
- slaba gorljivost;
- dobra stabilnost.

Hidravlična olja morajo izpolnjevati naslednje zahteve:

- izločanje zraka;
- slabo penjenje;
- obstojnost pri mrazu;
- zaščita pred izrabo in korozijo;
- zmožnost izločanja vode;
- ne smejo se mešati z vodo. [2]

6.4 KAVITACIJA

Kavitacija je hidrodinamični pojav, pri katerem se med hidravličnem procesom v tekočini pojavijo mehurčki. To se po navadi zgodi, kadar je tekočina izpostavljena hitrim spremembam tlaka. Mehurčki pa se pojavijo na mestu z nizkim tlakom. V primeru, da se pojavi na mestu z visokim tlakom, mehurčki potem implodirajo in pri tem ustvarjajo močne udarne valove. Kavitacija lahko povzroči poškodbe strojnih delo, saj lahko mehurčki poškodujejo

površino strojnega elementa. Zato je zelo pomembna izbira kvalitetnega fluida toliko bolj pomembna. [2]

6.5 STISLJIVOST HIDRAVLIČNEGA OLJA

Stisljivost hidravlične tekočine je brez dvoma ena od njenih pomembnejših snovnih lastnosti, saj v veliki meri vpliva na samo togost hidravličnega pogona. V primerjavi z vodo imajo hidravlična mineralna olja dokaj nizek modul stisljivosti, kar povzroča določene nezaželene pojave pri samem delovanju hidravličnega sistema, še posebej v primerih, ko je zaželena visoka togost pogonov. Razen sprememb obremenitve tekočine s spremembo tlaka in spremembami temperature na stisljivost izredno vplivata delež zraka v obliki zračnih mehurčkov in tudi viskoznost uporabljenega olja. [2]

Stisljivost tekočine je zelo majhna in se pri enakomernem gibanju zanemari, pri velikih tlakih in pri neenakomernih gibanjih pa stisljivosti ne moremo zanemariti. Modul stisljivosti je izražen s tistim tlakom na tekočino, pri katerem se prvotna prostornina zmanjša za polovico. Vrednosti modula stisljivosti so dobljene eksperimentalno in so za določene tekočine prikazane v tabeli 4. [2]

Tabela 4: Stisljivost tekočin

TEKOČINA	MODUL STISLJIVOSTI (x 10 ⁹ Pa)
voda	2.041
bencin	1.087
alkohol	1.282
nafta	1.282
hidravlično olje	1.389

Hidravlične tekočine ločimo po gostoti, viskoznosti in stisljivosti.

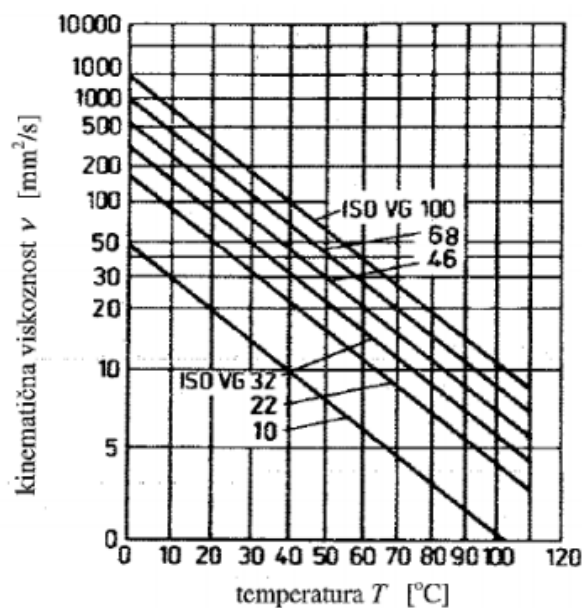
6.6 VISKOZNOST

Viskoznost je lastnost tekočine, da se upira drsenju tekočinskih slojev med seboj, to je odpor tekočine proti tangencialnim silam, ki povzročajo medsebojno premikanje njenih delcev.

Poskusi med ploščo in dnem posode, v kateri je tekočina, so pokazali, da tekočinski delci nimajo enake hitrosti. Hitrost tekočinskih delcev se z globino do dna posode linearno zmanjšuje. Tekočinski delci se medsebojni premaknitvi upirajo s tangencialno silo. Z zmanjšanjem viskoznosti se močno spremenijo vrednosti volumenskih izkoristkov črpalk in hidromotorjev, poveča se lekaža itd. Spremembo viskoznosti s temperaturo kaže tako imenovani indeks viskoznosti, ki je definiran kot relativna sprememba viskoznosti pri spremembi temperature za 100 °C . Z dodatki ali aditivi se olju lahko spreminja indeks viskoznosti. [2]

Ločimo dinamično in kinematično viskoznost. Kinematično viskoznost uporabljamo bolj pogosto, kot dinamično, saj je neodvisna od volumna in jo je lažje meriti. [2]

Za tekočine na splošno velja (slika 13), da z naraščanjem temperature, viskoznost pada. Hidravlična tekočina postane redko tekoča, trenje upada, vendar pa nosilnost mazalnega filma tudi pade. Na splošno razpolagajo proizvajalci mineralnih olj z diagrami, ki podajajo odvisnost kinematične viskoznosti od temperature. [2]



Slika 13: Ubbelohde diagram

Vpliv viskoznosti na obratovanje hidravličnega sistema:

Vpliv previsoke viskoznosti (pregosto olje):

- 1) pojav kavitacije, ter s tem polnilne izgube črpalke,
- 2) hrup,
- 3) poveča se notranje trenje, kar pomeni večje izgube tlaka pri pretakanju po ceveh in skozi hidravlične elemente,
- 4) temperatura olja se dvigne,
- 5) obratovanje postane počasnejše,
- 6) potrebna je večja moč elektromotorja. [2]

Vpliv prenizke viskoznosti (preredko olje):

- 1) povečata se notranja in zunanja netesnost,
- 2) zmanjša se pretok črpalke in zviša temperatura,
- 3) poveča se obraba delov,
- 4) sistem izgublja tlak. Zaradi večje notranje in zunanje netesnosti se tlak izgublja, kar je opazno posebno pri mirovanju sistema pod tlakom,
- 5) krmiljenje delovnih gibov ni več natančno [2]

V tabeli 5 so podatki za kinematično viskoznost nekaterih tekočin.

Tabela 5: Viskoznost tekočin

TEKOČINA	KINEMATIČNA VISKOZNOST ν (mm ² /s) pri 20 °C
voda	1.01
alkohol	1.52
nafta - lahka	25
nafta - težka	140
hidravlično olje	20-100

6.7 GOSTOTA

Gostota (ρ) je masa prostorninske enote tekočine, ki je izražena z enačbo :

$$\rho = m/V \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

m = masa tekočine (kg)

V = prostornina tekočine (m³)

Gostota je odvisna od temperature. Pri višjih temperaturah imajo tekočine manjšo gostoto, pri nižjih pa večjo. Pri vodi je izjema, saj ima ta največjo gostoto pri + 40°C. Gostote tekočin pri temperaturi 15 °C kaže tabela 6. [8]

Tabela 6: Gostota tekočin

TEKOČINA	GOSTOTA (kg/m ³) pri 15 °C
mineralno olje	(900 - 960)
plinsko olje	(850 - 890)
alkohol	(790)
bencin	(700 - 720)
morska voda	(1020 - 1030)
voda	(999,1)

6.8 HIDRAVLICNI UDAR

Hidravlični udar se pojavi pri spremembah hitrosti hidravličnega toka. Najvišji udar nastane, če tok hidravlične tekočine v trenutku zaustavimo, kar seveda praktično ni mogoče. Vendar pa pri hidravličnih napravah in hidravličnih pogonih pogosto ne zaustavljamo samo toka tekočine (tako kot npr. pri vodnih turbinah), pač pa tudi translatorno gibajočo se ali rotirajočo maso. Njihov vpliv na velikost porasta tlaka pri hidravličnem udaru je pogosto mnogo večji kot sama zaustavitev toka tekočine. [8]

7 HIDAVLIČNE CEVI

7.1 KONSTRUKCIJA

Hidravlične cevi (slika 14) so izdelane v treh osnovnih delih. Notranja cev prenaša tekočino. Ojačana je s plaščem iz pletene žice, spiralno navite žice ali preje na tekstilni osnovi. Tretja zaščitna zunanja plast zagotavlja zaščito pred vremenskimi vplivi, obrabo ali oljem ali kemikalijami. Hidravlične cevi so zasnovane ali izdelane posebej za uporabo v določenih mehanskih aplikacijah. V večini primerov so hidravlične cevi zasnovane tako, da so določene velikosti, dolžine in imajo po meri priključke za delo v določenih strojih. [4]



Slika 14: Hidravlične cevi

7.2 ŽIVLJENSKA DOBA

Hidravlične cevi niso trajne. Na življenjsko dobo hidravlične cevi lahko vplivajo številni dejavniki. Če cevi preveč upogibamo, zvijamo, pregibamo, raztezamo, drobimo ali praskamo površino, lahko skrajšate življenjsko dobo cevi. Prenizke ali previsoke delovne temperature bodo pokvarile cevi, kot tudi nenadni močni dvigi ali padci notranjih tlakov. Uporaba napačne velikosti, vrste ali teže cevi lahko povzroči tudi obrabo cevi. Cevi je treba zamenjati, preden odpovejo, zlasti pri hidravličnih težkih strojih, zavorah ali varnostnih hidravličnih strojih. Cevi pri obrabi kažejo otekline, razpoke, mehurje in mehurčke ali pa skoraj ne kažejo nobenih znakov. Cevi zamenjajte tako pogosto, kot priporoča proizvajalec, da preprečite nesreče. [4]

7.3 NAMEN

Hidravlični sistemi lahko na enostaven način pomnožijo navor ali uporabijo silo. Mehanski sistemi bi zahtevali zapleten sistem zobnikov, verig, jermenic in ročic za premikanje strojev na daljavo od motorja. Hidravlični sistemi pa lahko prenašajo silo s sila na mesto, kjer mora biti, da lahko opravi delo, tako da med njima nanizajo hidravlične cevi. Tekočine učinkovito prenašajo silo, ker se ne stisnejo. Sila, ki deluje na enem koncu hidravlične cevi, potuje na nasprotni konec cevi z majhno izgubo moči. Spremembe velikosti cevi na tej poti lahko povečajo ali zmanjšajo silo, ki deluje na nasprotnem koncu. [4]

7.4 PREDNOSTI

Hidravlične cevi lahko pretvorijo sile iz nekaj unč tlaka v stotine ton proizvodnje. Z uporabo hidravličnih cevi lahko hidravlični stroji ustvarijo zelo močan navor pri nizki hitrosti in z izjemno natančnostjo upravljajo hitrost in gibanje strojev. Ena hidravlična črpalka ali kompresor lahko s hidravličnimi cevmi hkrati napaja številne različne stroje in funkcije stroja pri zelo različnih ravneh moči. Stroji s hidravličnim pogonom lahko varno delujejo na območjih z vnetljivimi hlapi, električne ali elektronske naprave pa lahko sprožijo eksplozije. [4]

8 LASERSKO REZANJE

Lasersko rezanje (slika 15) je uveljavljen postopek za natančne reze po konturni ravnini, poznamo pa tudi 3D-rezanje ter rezanje cevi in profilov. Lasersko rezanje ima prednosti, kot sta hitrost in natančnost. Uveljavljenih je več vrst laserskega rezanja, ki uspešno tekmujejo s konkurenčnimi postopki (rezanjem z vodnim curkom, z žično erozijo idr.). Slaba stran so edino visoki investicijski in obratovalni stroški, zato lasersko rezanje vedno ne prekaša konkurence. Z laserjem lahko poleg kovin učinkovito režemo polimere, keramiko, les, usnje, tekstil in druge materiale. [10]

Laserska obdelava je konec sedemdesetih let dosegla svojo zrelo dobo, čeprav so bili osnovni principi delovanja laserja znani že pred drugo svetovno vojno. Leta 1960 je bil izdelan laser na trdno snov (rubinski laser), sledili pa so mu plinski laserji (CO₂, He-Ne, Ar itn.). Toda šele kombinacija laserja s krmilnim sistemom NC je laser privedla tudi v proizvodnjo. Danes se na področju laserskega rezanja največ uporabljajo CO₂ laserji. V zadnjih desetih letih gre razvoj predvsem v nove koncepte izvorov žarka, izboljšanje kakovosti žarka in s tem obdelave, v povečevanje robustnosti laserskih sistemov, zmanjšanje stroškov izdelave pri povečani moči laserjev in višje podajalne hitrosti ter vključevanje laserskih sistemov v velike računalniško krmiljene obdelovalne centre, ki so enako učinkoviti pri velikoserijski proizvodnji kot pri hitrih spremembah v obliki in vrsti obdelovancev prototipne izdelave. [5]



Slika 15: Lasersko rezanje

9 VARJENJE

Varjenje je spajanje dveh ali več delov osnovnega materiala v nerazdružljivo celoto. Spajanje dosežemo s toploto, s pritiskom ali pa s kombinacijo obeh skupaj, z ali brez dodajanja materiala.

Poznamo več vrst varjenja:

- 1) ročno obločno varjenje,
- 2) MIG/MAG postopek varjenja,
- 3) TIG postopek varjenja,
- 4) plamensko varjenje.

Pri našem projektu smo uporabili postopek MIG/MAG in postopek TIG.

TIG postopek spada med obločne postopke v inertnem zaščitnem plinu:

- 1) T-Tungsten (Volfram), I-Inert, G-Gas,
- 2) je varjenje z netaljivo volframovo elektrodo v zaščitni atmosferi (inertni plin argon),
- 3) oblok gori med elektrodo in osnovnim materialom,
- 4) volframova elektroda je v posebnem držalu, okoli nje pa je šoba skozi katero na zvarno mesto priteka zaščitni plin argon,
- 5) zaščitni plin (argon) varuje osnovni in dodajni material pred plini iz okolice,
- 6) varjenje po TIG postopku lahko poteka tudi brez dodajnega materiala,
- 7) danes z njim lahko tudi varimo praktično vse kovinske materiale.

MIG/MAG varjenje (talilno varjenje):

- 1) spada v skupino talilnega varjenja (potrebno toploto za taljenje osnovnega in dodajnega materiala daje električni oblok),
- 2) MIG/MAG varjenje torej spada tudi v skupino obločnih varjenj v zaščitnih plinih,
- 3) električni oblok se vzpostavi med konico varilne žice, ki je navita na kolut oz. se v postopku varjenja avtomatizirano dovaja na mesto varjenja ter osnovnim materialom,
- 4) skozi šobo je potrebno ves čas varjenja dovajati zaščitni plin, ki je lahko aktivni ali inertni (CO₂ oz. argon...),
- 5) slednji štiti talino oziroma varuje celotno okolico pred vdorom zraka, predvsem pred kisikom in dušikom, ki sta glavna sestavna elementa zraka,

- 6) oprema za MIG ali MAG postopek je praktično enaka (uporaba enega varilnega aparata za oba postopka),
- 7) razlika med različnima postopkoma je le v izbiri zaščitnega plina in dodatnega materiala,

Pomen kratic:

- MIG- metal inert gas (pomeni, da je elektroda ne opláščena, plin za zaščito pa je inertni Ar.),
- MAG- metal active gas (pomeni, da je elektroda ne opláščena, plin za zaščito pa je aktivni plin CO₂). [7]

10 PREDELAVA POGONA NA VRTNI KOSILNICI

Predelave traktorske kosilnice smo se lotili, ker je bil obstoječi pogon star, dotrajan in brez moči. Pogon kosilnice je bil namenjen za košnjo po ravnini, ampak mi smo hoteli narediti pogon, ki bi lahko šel v naklona 45°.

10.1 OBRAZLOŽITEV IZBRANEGA SISTEMA

Hidravlični agregati in sistemi delujejo v zaprtem režimu. Pomeni to, da je olje ujeta znotraj sistema (zatesnjeno), s črpalko ga stiskamo na večji tlak in preko cevi ter krmilnih ventilov do končnega pogona. Pri sami zasnovi smo morali pomisliti na kompleten sistem delovanja kosilnice in način kako preko krmilnih ventilov regulirati pretok, kateri posledično vpliva na hitrost in moč pomikanja kosilnice.

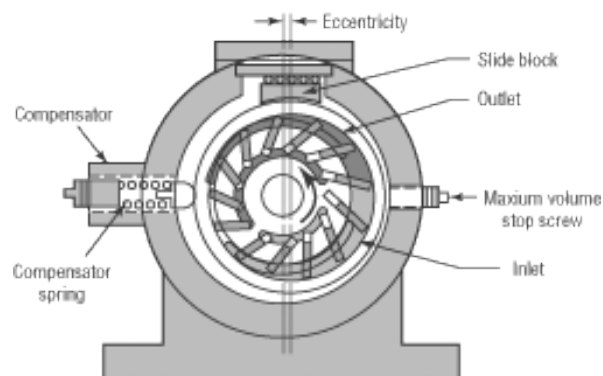
Prvi koncept smo si zamislili preko enostavne logike. Kosilnica v režimu košnje deluje vedno pod visokimi oz. skoraj maksimalnimi vrtljaji, da kosilni nož travo odreže čim hitreje in zagotovi čisti rez. Vendar zaradi osnovnega bencinskega motorja, ki poganja obenem kosilni mehanizem ter pogon istočasno, se pojavi težava kako regulirati hitrost podajanja oziroma hitrost premikanja kosilnice zaradi različno visoke trave.

Zamislili smo si zobniško črpalko pritrjeno na ohišje in povezano preko klinastega jermena ter ustrezno izbrane velikosti jermenice zaradi ustrezne vrtilne hitrosti deklarirane po navodilih proizvajalca. Nato preko potnega krmilnega ventila, s katerim izbiramo smer pomikanja kosilnice (naprej, nazaj, stop) in do končnega hidravličnega motorja, kateri skrbi za zadosten navor in vrtljaje za pravilen pomik kosilnice.

Sama težava se je pojavila že samo z miselnim vzorcem, kako bo sistem dejansko deloval. Takšni regulaciji krmilja lahko enostavno rečemo digitalna oziroma samo 1 ali 0. To pomeni da lahko vozimo samo z maksimalni hitrostjo naprej-nazaj in dejansko stop funkcijo pri katerem kosilnica stoji. Z miselnim vzorcem smo nadaljevali z logičnim proporcionalnim ventilom s katerim lahko reguliramo pretok olja skozi sam ventil in dejansko nam omogoča vse vmesne hitrosti. Ta rešitev bi bila že zadostno uporabna, ampak če pogledamo natančneje, nam ta funkcije vmesne faze krmiljenja povzroča vsiljene izgube tlaka olja in povzroča veliko količino toplote, ki se sprošča v samem načinu delovanja ventila. S tem bi morali odvajati

konstantno toploto preko hladilnega sistema, ki je seveda dodatni strošek in posledično tudi zvišuje porabo goriva, katerega poganja bencinski motor.

Pri naslednjem koncept delovanja smo združili vse do sedaj našete opcije in jo zlili v nekakšno celoto z dosti boljšim izkoristkom. Za osnovno oljno črpalko smo izbrali lamelni tip črpalke z premičnim jedrom (slika 16), kateri tip se pogosto uporablja pri CNC obdelovalnih strojih, saj ima dober izkoristek, varnostni sistem, ter je sama črpalka izdelana v zelo velikih serijah in s tem cenovno zelo dostopna.



Slika 16: Lamelna črpalka

Zaradi stroškov pri predelavi kosilnice smo izbrali najenostavnejši potni ventil s tremi stanji na katerem enostavno izbiramo tri pozicije naprej, nazaj in stop. Da bi izkoristili vmesne hitrosti oziroma poljubno izbiro hitrosti pomikanja kosilnice (kontroliranje pretoka olja brez povečanega posledičnega gretja) smo črpalko predelali na poseben način. Črpalka z premičnim jedrom je narejena z funkcijo varovanja tlaka preko vzmeti, kot prikazuje slika 16. Se pravi, ko črpalka doseže maksimalni tlak olja nastane določena sila na steni med jedrom črpalke in statorjem, ki premaga vzmet na ohišju in premakne jedro črpalke v stanje nevtralnosti. Takrat črpalka ne ustvarja več pretoka olja, le tlak ostaja isti. Takoj ko tlak olja sprosti vzmet, jedro pomakne v prvotni položaj in s tem spet poveča pretok.

Ta mehanizem smo izkoristili za princip reguliranja pretoka, ki posledično vpliva na hitrost pomikanja kosilnice. Osnovo črpalke smo predelali tako, da smo varnostno vzmet zamenjali z regulacijskim mehanizmom, ki je povezan z pedalom na desni nogi traktorske kosilnice in s pritiskom nanj premika jedro same črpalke. Bolj kot pritisnemo na pedal, hitreje se premika traktorska kosilnica. Ker smo se na takšen način znebili varnostnega mehanizma, smo ga nujno morali uporabiti na tlačni strani cevi, ter namestili dodatni varnostni ventil nastavljen na tlak 70 bar, kot je prej delovala osnova črpalke. S tem načinom smo na najcenejšo in z zelo

enostavno rešitvijo pristali na zelo funkcionalen način krmiljenja pogona traktorske kosilnice. Vse izbrane hidravlične komponente so industrijskega izvora in imajo zelo dolgo življenjsko dobo delovanja ob enem pa najcenejša rešitev.

Drugi koncept smo tudi realizirali.

10.2 IZDELAVA IN NAKUP KOMPONENT

Kupiti smo morali kar nekaj hidravličnih in drugih komponent:

- potni hidravlični ventil (60 €) (slika 18),
- lamelno črpalko (150 €) (slika 17),
- hidromotor (150 €),
- hidravlične cevi (5 €),
- priključke in drobni material (10 €),
- zavorni disk (15 €),
- mehansko zavorno čeljust (20 €),
- varnostni ventil (30 €) (slika 19).



Slika 17: Lamelna črpalka



Slika 18: Potni ventil



Slika 19: Varnostni ventil



Slika 20: Rezervoar

Zunanji izvajalec nam je na laserskem razrezu izdelal prirobnice.

Nosilno konstrukcijo (slika 21) smo zvarili z postopkom MAG.



Slika 21: Nosilna konstrukcija

Na šoli smo izdelali verižnik in moznik. Najprej smo izračunali prestavno razmerje za verižnik, nato smo ga narisali v programu in ga strojno izrezali z žično erozijo. Moznik smo izdelali na rezkalnem stroju iz jekla tako, da smo izmerili utor in najprej odrezali na dolžino in nato rezkali.

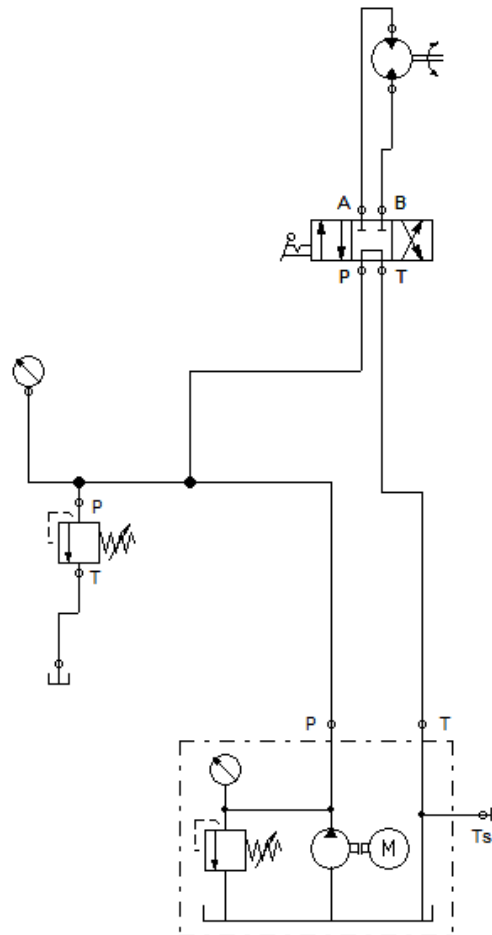


Slika 22: Verižnik

Na koncu smo vse skupaj povezali (slika 24) s hidravličnimi cevmi v celoto in preizkusili delovanje kosilnice.



Slika 23: Končni izdelek



Slika 24: Hidravlična shema

11 ZAKLJUČEK

Pri izdelavi raziskovalne naloge smo teoretično znanje hidravlike prenesli v prakso. Podrobneje smo se seznanili z delovanjem hidravličnih komponent.






Za nakup novega pogona se nismo odločili, ker je cena znašala okoli 2000 €.

Pri prvi varianti s proporcionalnim ventilom in zobniško črpalko, ki smo jo teoretični preizkusili, smo ugotovili, da s tem ventilom lahko reguliramo pretok olja skozi sam ventil in dejansko nam omogoča vse vmesne hitrosti, povzroča pa izgube tlaka olja in veliko količino toplote, ki se sprošča v samem načinu delovanja ventila. S tem bi morali odvajati konstantno toploto preko hladilnega sistema, ki je seveda dodatni strošek in posledično tudi zvišuje porabo goriva, katerega poganja bencinski motor.

Cilje, ki smo si jih zastavili smo dosegli z drugo varianto, namreč kosilnico smo spravili v uporabno stanje delovanja in z nizkimi stroški izdelati dele za pogon na vrtnem traktorju, ki bo omogočal košnjo trave tudi do naklona 45 °.Cena novega pogona pa znaša približno 500 €.

Po praktičnem preizkusu smo ugotovili, da bi bila možna tudi še izboljšava in sicer uporaba dvostopenjske črpalke, ki bi omogočala dve prestavni razmerji in s tem višjo in nižjo izbiro hitrosti.

Potrdili oz. ovrgli smo zastavljene hipoteze oz. raziskovalna vprašanja:

- 1) Povezati teoretično in praktično znanje hidravlike. 
- 2) Nakup novega pogona. 
- 3) Predelava pogona s proporcionalnim ventilom in zobniško črpalko. 
- 4) Predelava pogona s potnim ventilom in krilno črpalko. 
- 5) Košnja trave na klancu do naklona 45°. 

VIRI IN LITERATURA

- [1] HARB, Robert. 2008 , Krmilna tehnika, Ljubljana
- [2] PEZDIRNIK, Jože. in PIKON, Janez. 1980. Oljna hidravlika v industriji, Jesenice
- [3] Egradiva, http://egradiva.scng.si/strojninstvo/Kazalo/potni_ventili.html, 10.1 1. 2020.
- [4] Hoseassemblytips, <https://www.hoseassemblytips.com/hydraulic-hose-used/>, 27.3. 21
- [5] Študentski.net,https://studentski.net/gradivo/vis_scv_meh_tpr_sno_odrezavanje_rezanje_z_laserjem_01, 26. 3. 21
- [6] Univerza v Ljubljani, <http://lab.fs.uni-lj.si/lft/img/material/2-HiP-PAP-pred-MF.pdf>, 11. 11. 2020
- [7] , Virs.si, <https://www.virs.si/abc-varjenja>, 27. 3. 21
- [8] Višja šola Ravne, <http://visjasolaravne.si/files/2018/11/MEHATRONIKA-SKRIPTA-1.pdf>, 25. 3. 21
- [9] Wikipedija, https://sl.wikipedia.org/wiki/Lasersko_rezanje, 25. 3. 21
- [10] Wikipedija, <https://en.wikipedia.org/wiki/Hydraulics>, 11. 11. 2020.