

ŠOLSKI CENTER CELJE



Srednja šola za strojništvo, mehatroniko in medije

Raziskovalna naloga

EHR PAMETNA HIDRAVLIKA

Avtorja:

Rok Drame, M-4. c

Srečko Čakš, M-4. c

Mentor:

mag. Andro Glamnik, univ. dipl. inž.

Mestna občina Celje
Mladi za Celje, 2021

POVZETEK

Na traktorju je hidravlika poleg motorja in menjalnika eden izmed pomembnejših delov. Pomembna je, saj z njeno pomočjo traktor izkoristimo in nanj priklopimo priključke. Skozi leta razvoja so proizvajalci poskušali hidravliko izpopolniti do stopnje, da bi uporabniku zagotavljala varno in preprosto uporabo. Prav tako je pomembna tudi cena njene izdelave. Vse to nas je pripeljalo do razmišljanja, da na traktor Steyr 9094, na katerega je bila montirana ena izmed prvih EHR-hidravlik, namestimo popolnoma nov in cenejši sistem, ki bo uporabniku omogočal preprosto upravljanje. Spisali smo program, ga preizkusili, izdelali prototip in ga na koncu vgradili v traktor. Ta prototipna izvedba deluje pravilno, brez motenj in ima možnost nadgradnje za profesionalno izvedbo.

SUMMARY

On the tractor, the hydraulics are in addition to the engine one of the most important parts. They are used for connection and use of certain attachments. Throughout the years of development, manufacturers tried to perfect the hydraulic to the point where it would ensure a safe, easy and cheap use for the user. This led us to an idea to integrate a completely new and cheaper system on a Steyr 9094, whose hydraulic is one of the first EHR smart hydraulics systems. This would enable simple use for the driver/user of the tractor. We wrote the program, tested it, manufactured a prototype and in the end built it into the tractor. The prototype version works correctly and without any interruptions. Lastly, it has potential to be upgraded to a more professional version.

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	2
1.1 PREDSTAVITEV PROBLEMATIKE	2
1.2 HIPOTEZE	2
1.3 RAZISKOVANJE	2
2 ZAČETKI PROJEKTA	4
2.1 HIDRAVLIKA V TRAKTORJU	4
2.2 EHR-HIDRAVLIKA	6
2.2.1 Predstavitev že obstoječega sistema v traktorju	7
2.2.2 Potenciometer za nastavljanje višine – pe30	9
2.3 ARDUINO MEGA 2560	10
2.4 SHEMA ELEKTRIČNE VEZAVE	11
2.5 DIAGRAM POTEKA PROGRAMA	13
2.6 PROGRAM	14
2.7 MERJENJE SENZORJEV IN POTENCIOMETROV	20
3 IZVEDBA	21
3.1 IZVEDBA PROTOTIPA	21
3.1.1 Sestavne komponente prototipa	21
3.2 IZDELAVA PROTOTIPA	21
3.3 IZVEDBA V TRAKTORJU	23
4 VARNOST PRED IN MED OBRATOVANJEM	25
4.1 VARNOST PROGRAMLJIVEGA IN IZVRŠILNEGA DELA	25
4.2 VARNOST UPORABNIKA	25
5 UGOTOVITVE PRI PROJEKTU	27
6 ZAKLJUČEK	28
7 SEZNAM UPORABLJENIH VIROV	29

KAZALO SLIK

Slika 1: Skica hidravlike v traktorju	4
Slika 2: Tritočkovno priključno drogovje	5
Slika 3: Shema vgrajene EHR-hidravlike.....	6
Slika 4: Prikaz treh potenciometrov v kabini	7
Slika 5: Senzor višine	7
Slika 6: Končno stikalo	8
Slika 7: Tipka in hibridno stikalo	8
Slika 8: Potenciometer za nastavljanje spodnje meje spusta.....	9
Slika 9: Potenciometer PE30 v vezavi.....	9
Slika 10: Sestavni deli mikrokrmilnika Arduino MEGA	10
Slika 11: Shema izvršilnega dela.....	11
Slika 12: Shema priklopa na Arduino mikrokrmilnik	12
Slika 13: Diagram poteka delovanja.....	13
Slika 14: Programski odsek 1	14
Slika 15: Programski odsek 2	15
Slika 16: Programski odsek 3	15
Slika 17: Programski odsek 4	16
Slika 18: Programski odsek 5	17
Slika 19: Programski odsek 6	18
Slika 20: Programski odsek 7	18
Slika 21: Programski odsek 8	19
Slika 22: Prototip samo s tipkami.....	22
Slika 23: Prototip s potenciometri	22
Slika 24: Zaščita za Arduina	23
Slika 26: Pretvornik napetosti	24
Slika 27: Zunanje tipke.....	26

KAZALO TABEL

Tabela 1: Izmerjene veličine senzorjev	20
--	----

1 UVOD

Hidravlični sistemi so danes vgrajeni v vsak traktor, EHR-hidravlika pa samo v traktorje višjega cenovnega razreda. Ti so namenjeni za dolge ure dela in omogočajo varno in udobno uporabo ob še tako zahtevnih opravilih.

Ti sistemi so večinoma dragi in se tudi pokvarijo. Ker je njihovo popravilo v veliko primerih dražje od samega traktorja, sva prišla na idejo, da sistema ne popravljava, ampak ga zamenjava z novejšim lastne izdelave. Ta izvedba naj bi prihranila veliko denarja in tudi časa.

1.1 PREDSTAVITEV PROBLEMATIKE

Pri EHR-hidravliki se lahko pojavi veliko problemov pri umerjanju senzorjev, saj vsi delujejo na podlagi upornosti in so že malce starejši. Problem se lahko pojavi tudi pri vgradnji, saj je na traktorju že vgrajena obstoječa hidravlika in je potrebno prilagoditi vezavo.

1.2 HIPOTEZE

V okviru raziskovalne naloge sva si postavila sledeče hipoteze:

H1 – Stroški adaptacije hidravlike ne bodo preseгли 250 €.

H2 – Adaptacija stare EHR-hidravlike poveča funkcionalnost sistema.

H3 – Celotno delo bo trajalo več kot 100 ur.

1.3 RAZISKOVANJE

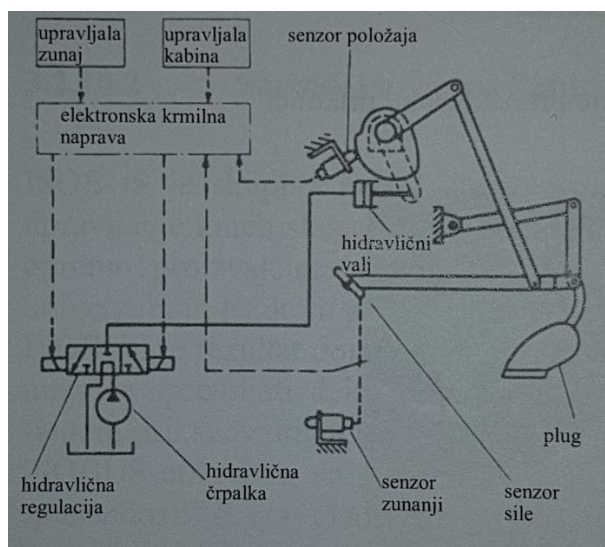
Vsako raziskovanje se prične z zbiranjem informacij o določenem problemu. Tako sva tudi midva pričela s proučevanjem traktorja in delovanja EHR-hidravlike. Sledila je analiza same okvare in iskanje rešitev problema. Prišla sva do ideje, da bi s pomočjo krmilnika Arduino regulirala hidravliko glede na vhodne signale s strani senzorjev, ki so že del obstoječega sistema.

V nadaljevanju sva se lotila pisanja programa, ki je zahteval postopno raziskovanje možnosti in večkratno postopno preizkušanje delovanja programa. Testiranja sva izvajala v šoli s pomočjo manjše makete, izdelane z »breadboardom«, in nekaj LED-diodami, ki so simulirale pomike hidravlike. Med karanteno je nastal prvi prototip, katerega vezava že spominja na tisto,

ki se bo nahajala tudi v traktorju. Za vezavo v traktorju je bilo potrebno veliko vloženega dela s polaganjem vodnikov in namestitvijo krmilnika.

2 ZAČETKI PROJEKTA

2.1 HIDRAVLIKA V TRAKTORJU

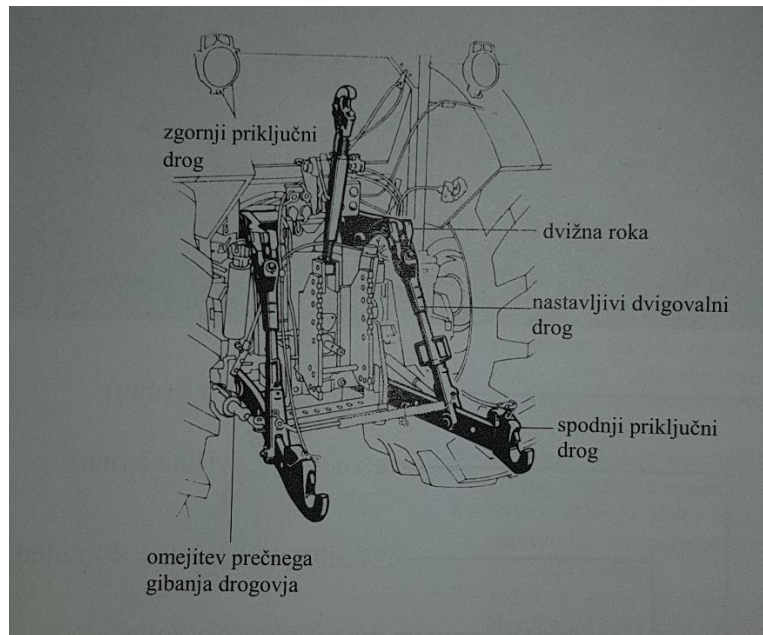


Slika 1: Skica hidravlike v traktorju

(Vir: lasten arhiv)

»Napravo, ki je namenjena nošenju in vodenju priključenih strojev na traktorju, je leta 1925 kot patent prijavil Harry Ferguson pod imenom tritočkovno priključno drogovje. Sestoji iz dveh spodnjih in enega zgornjega droga. Spodnja priključena drogovja sta povezana z dvizžno roko preko dvigovalnih drogov, ki sta nastavljiva po dolžini. Spodnja vlečna drogovja sta pri vlečenih strojih prečno gibljiva, pri dvignjenih nošenih strojih pa sta omejeno gibljiva z omejevalci prečnega gibanja tritočkovnega priključnega drogovja.« (Bernik, Dolenšek, 2021, 65–66)

Hidravlika se je začela razvijati leta 1925, ko so kmetje pričeli večja dela namesto z vlečno živino opravljati s traktorji. Hidravlika se predvsem uporablja za tritočkovno priklapljanje, ki je najstabilnejši in najuporabnejši način priklopa ter vleke strojev. Na začetku 20. stoletja in do 90 let istega stoletja je bila hidravlika krmiljena preko ventilov in neposredno preko olja. Zadnjih 30 let pa je razvoj toliko napredoval, da je vsak sodoben traktor opremljen z EHR-hidravliko, ki je elektronsko krmiljena in omogoča oranje s pomočjo regulacije sile vleka, da je delo čim bolj tekoče in čim manj **porabno**.



Slika 2: Tritočkovno priključno drogovje

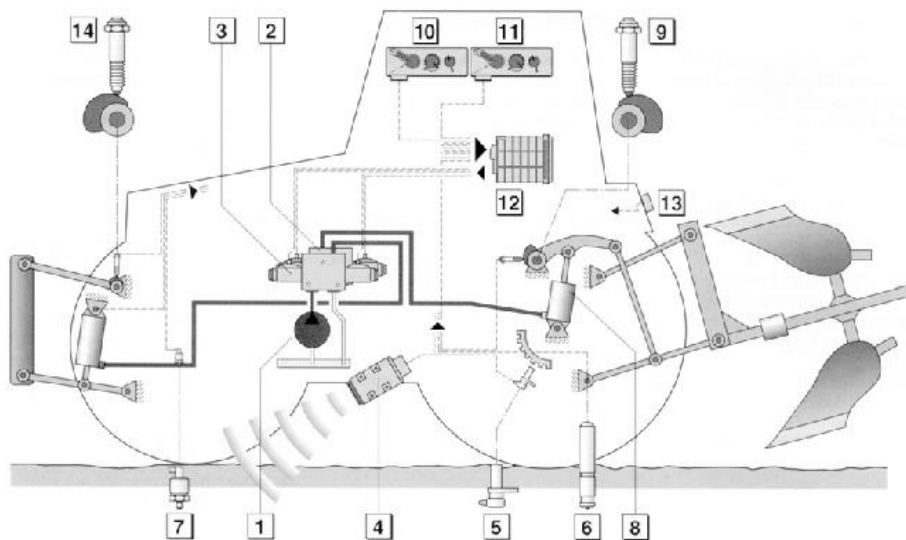
(Vir: lasten arhiv)

2.2 EHR-HIDRAVLIKA

EHR-hidravlika se uporablja na traktorjih za naslednje namene:

Regulacija položaja: položaj priključenega stroja na tritočkovnem priključnem drogovju se določa preko krivulje, nameščene na gredi za dviganje dvižnih ročic, povezanih z vlečnimi drogovi priključnega drogovja. Traktor in priključni stroj predstavljata togo povezavo. Pri oranju po ravni površini ali drugi obdelavi pod nivojem zemljišča deluje regulacija položaja tako, da je globina oranja obdelave vedno enaka. Pri obdelavi površine je globina oranja prilagojena neravnini površine. Pri oranju težjih tal je globina oranja enaka, vendar se poveča zdrs pogonskih koles traktorja, ker se potrebuje večja vlečna sila zaradi premagovanja upora na področju trših tal.

Združena regulacija položaja in upora: pri delovanju hidravličnega dvigala po načinu regulacije upora lahko pri obdelavi zaradi posebno lahkih ali posebno težkih tal nastanejo velike razlike pri globinah oranja – obdelave. Da se prepreči navedeno delovanje hidravličnega dvigala, sta dajalnika signala za regulacijo položaja in regulacijo upora povezana. Odmik od želene globine oranja – obdelave je zato zastavljen v določenem razmerju glede na upor zemljišča in globino obdelave, zato ima tudi ime: združena regulacija.



Slika 3: Shema vgrajene EHR-hidravlike

(Vir: <https://cutt.ly/jjfBqG4>)

2.2.1 Predstavitev že obstoječega sistema v traktorju

Trenutno stanje že vgrajene EHR-hidravlike je sestavljeno iz treh senzorjev oz. potenciometrov. Prvi regulira dvig in spust hidravlike glede na silo, ki je potrebna za gladko delo s traktorjem. Drugi potenciometer se uporablja za stopnjo dviga same hidravlike, tretji pa se uporablja za hitrost spusta hidravlike.



Slika 4: Prikaz treh potenciometrov v kabini

(Vir: lasten arhiv)

Hidravlika ima še dvoje zunanjih tipk, ki se uporabljata za dvig in spust hidravlike. Del sistema je tudi senzor višine, ki pretvarja premo mehanično gibanje v signal na principu upornosti.



Slika 5: Senzor višine

(Vir: lasten arhiv)

Hidravliko sestavlja tudi končno stikalo, ki omejuje njen dvig. Nima spodnjega končnega stikala, saj ji spodnjo mejo določa dolžina enosmernih hidravličnih valjev.



Slika 6: Končno stikalo

(Vir: Lasten arhiv)

Sistem je sestavljen še iz stop tipke in hibrida stikala ter tipke. V nevtralnem položaju je hibrid v plavajočem stanju, kar pomeni, da se hidravlika pomakne do spodnje meje. Ko pride do vklopa stikala, se povrne v prvotno stanje.



Slika 7: Tipka in hibridno stikalo

(Vir: Lasten arhiv)

2.2.2 Potenciometer za nastavljanje višine – pe30

Potenciometer višine je trimelanski upor z drsnim kontaktom, ki tvori nastavljivi delilnik napetosti. V našem primeru se uporablja za nastavitve spodnje meje spusta hidravlike. Sestavljen je iz več stopenj, ki potem dvigujejo hidravliko glede na to, če so tipke postavljene v »plavajoči položaj«.



Slika 8: Potenciometer za nastavljanje spodnje meje spusta

(Vir: Lasten arhiv)

V traktorju Steyer je to potenciometer PE30, ki deluje na linearnih električnih zakonih kot zadrževalni modul. Je popolnoma zatesnjen in uporablja faston 2.86 povezave. Uporni element v potencimetru je cernet. Območje upornosti pri »Linear taper« se nahaja v mejah od 22 Ω do 10 M Ω , medtem ko pri »Logarithmic taper« v mejah od 100 Ω do 2.2 M Ω .



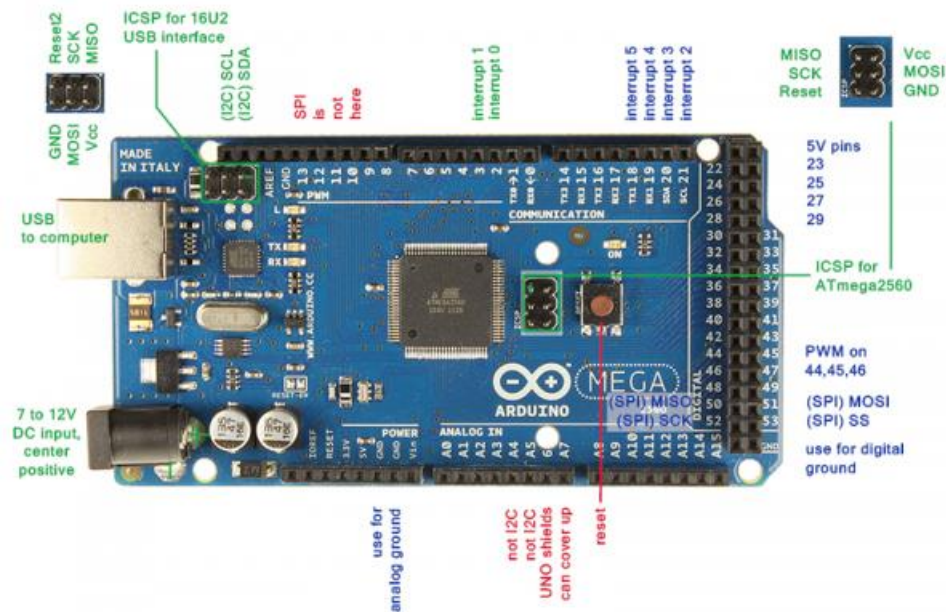
Slika 9: Potenciometer PE30 v vezavi

(Vir: Lasten arhiv)

2.3 ARDUINO MEGA 2560

Arduino Mega 2560 je mikrokontroler. Ima 54 digitalnih vhodno-izhodnih pinov (od tega 14 kot izhode PWM), 16 analognih vhodov, 4 UART (serijska vrata strojne opreme), 16 MHz kristalnih oscilatorjev, USB-povezavo, vtičnico, glavo ICSP in gumb za ponastavitev. Vsebuje vse potrebno za podporo mikrokontrolerka Mega in je združljiv z večino ščitov, zasnovanih za Arduino Duemilanove ali Diecimila.

Ta plošča je fizično večja od vseh ostalih plošč in ponuja bistveno več digitalnih in analognih nožic. MEGA uporablja procesor, ki omogoča večjo velikost programa in ponuja možnost upravljanja težjega in zapletenejšega programa. Mega 2560 se od vseh prejšnjih plošč razlikuje po tem, da ne uporablja FTDI v **USB serijskem gonilniku**, temveč ima ATmega16U2, programiran kot USB-to-serial pretvornik. Arduino Mega deluje enako kot Arduino Uno, vendar je razlika v tem, da uporablja mikrokontroler ATmega2560 ter ima večje število digitalnih in analognih zatičev.

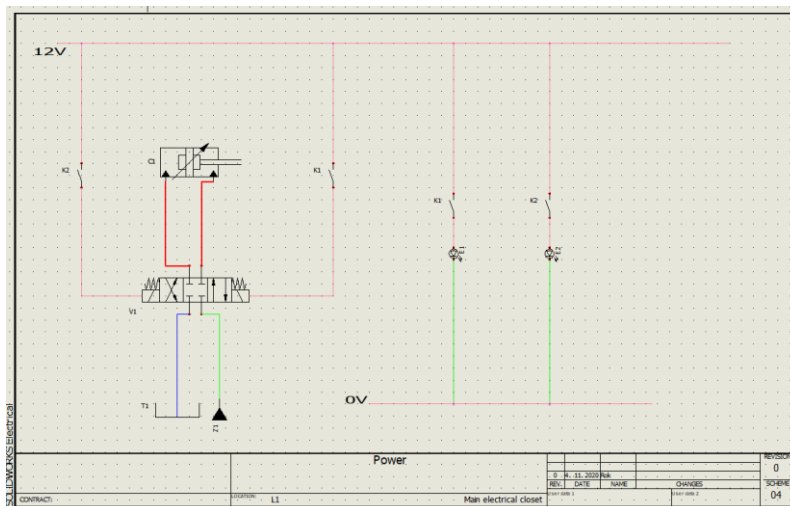


Slika 10: Sestavni deli mikrokontrolerka Arduino MEGA

(Vir: <https://wiki.eprolabs.com/index.php?title=File:Mega2560.png>)

2.4 SHEMA ELEKTRIČNE VEZAVE

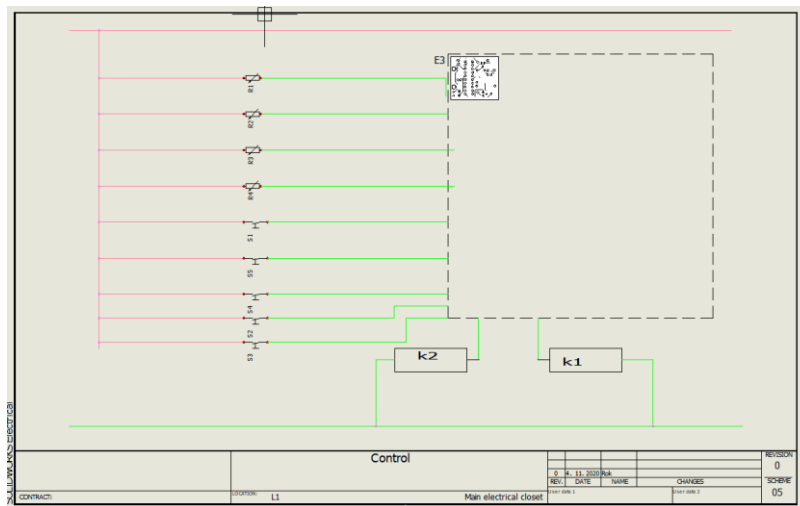
Shemi sta bili narisani potem, ko sva vedela, katere elemente imava na traktorju in kaj bova še potrebovala glede elektrotehničnega dela najine naloge. Najprej so nastale skice na papirju, ki sva jih kasneje pretvorila v elektronsko obliko s pomočjo programa SOLIDWORKS Electrical.



Slika 11: Shema izvršilnega dela

(Vir: lasten arhiv)

Izvršilni del je preprosto krmiljen z dvema elektromagnetnima stikaloma, ki odpirata ventile na valjih za spust in dvig.

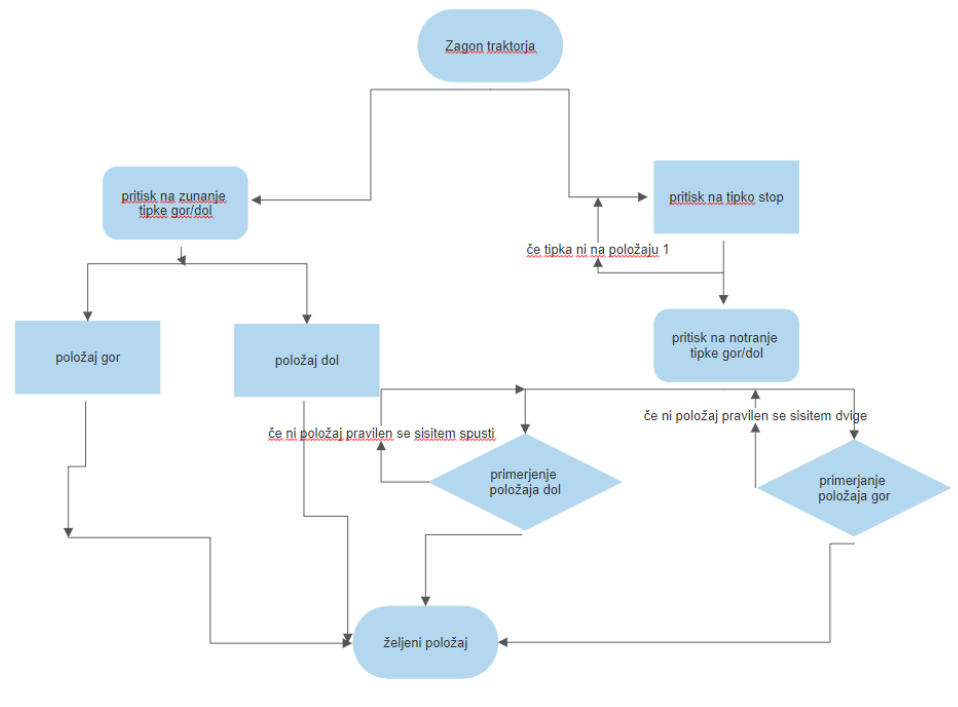


Slika 12: Shema priklopa na Arduino mikrokrmilnik

(Vir: lasten arhiv)

Pri električno-krmilni vezavi sva prvi problem rešila s stop tipko. Tipke in potenciometri so vezani preko relejev, ki jih vklaplja Arduino. Ko pritisnemo tipko stop, jih izklopi in tako se gibanje ustavi. Celotno vezavo v traktorju bo potrebno prilagoditi napetosti, kar sva rešila s pomočjo DC-DC-pretvornikov, ki nama dajejo možnost prilagajanja na zeleno napetost.

2.5 DIAGRAM POTEKA PROGRAMA



Slika 13: Diagram poteka delovanja

(Vir: lasten arhiv)

Z diagramom poteka si programer pomaga pri pisanju programa, saj mu le ta omogoča neposreden vpogled v njegovo delovanje. Najin diagram opisuje, kako preko tipk in nastavljenega zelenega položaja dosežemo, da nam sistem vrne pravilno vrednost.

2.6 PROGRAM

```
int tipka_stop = 22; //osnovne tipke
int tipka_gor = 24;
int tipka_dol = 26;
int tipka_z_dol = 28;
int tipka_z_gor = 30;
int dioda_dol = 32; // diode ki prikazujejo položaj
int dioda_gor = 34;
int kontakt_gor = 36; // kontakti, ki vklapljajo hidrvliko
int kontakt_dol = 38;
int koncno_stikalo = 40; // koncno stikalo, ki prekine gib gor
bool running = false; //boolean
int tipke = 43; //signal ki ga da bool gre na posebej in se nanj vežejo tipke gor dol
int potencio = 44; //signal, ki da bool in gre posebej in se nanj vežejo potenciometri
double ptg = A1; //spremenljivke za potenciometre
double ptd = A2;
double sv = A3;
double PTG;
double PTD;
double SV;
int tipka = 50;
double VARg;
double VARd;
double VARs;
```

Slika 14: Programski odsek 1

(Vir: lasten arhiv)

Na začetku je potrebno v programu definirati spremenljivke ter vhode in izhode, ki jih bomo čez celotni program uporabljali. Kratica »int« pomeni, da preberemo spremenljivko takšno, kot jo lahko prebere krmilnik, in tako uporabljamo tudi kasneje v programu.

```

void setup() { //označujemo vhode in izhode

    pinMode(tipka_stop, INPUT);
    pinMode(tipka_z_dol, INPUT);
    digitalWrite(tipka_z_dol, HIGH);
    pinMode(tipka_z_gor, INPUT);
    digitalWrite(tipka_z_gor, HIGH);
    pinMode(koncno_stikalo, INPUT);
    pinMode(tipka_gor, INPUT);
    digitalWrite(tipka_gor, HIGH);
    pinMode(tipka_dol, INPUT);
    digitalWrite(tipka_dol, HIGH);
    pinMode(dioda_gor, OUTPUT);
    pinMode(dioda_dol, OUTPUT);
    pinMode(tipke, OUTPUT);
    pinMode(potencio, OUTPUT);
    pinMode(kontakt_gor, OUTPUT);
    pinMode(kontakt_dol, OUTPUT);
    digitalWrite(tipka_stop, HIGH); //vključimo pullup upor na 22 pin in ostanne vključen
    pinMode(ptg, INPUT_PULLUP);
    pinMode(ptd, INPUT_PULLUP);
    pinMode(sv, INPUT_PULLUP);

}

```

Slika 15: Programski odsek 2

(Vir: lasten arhiv)

V »void setup« deklariramo, ali je »pin« na krmilniku vhod ali izhod in na kakšen način deluje. Z ukazom »pinMode« določimo, če je spremenljivka vhod ali izhod. Stavek »digitalWrite« se v tem delu programa uporabi zaradi preprostejše uporabe »pulldowna«, kar pomeni, da na tipko vežemo GND in s tem dosežemo, da nam na vsako tipko ni potrebno vezati 5 V.

```

void loop() {
    if(digitalRead(tipka_stop) == LOW){ //osnovni bool za stop tipko, ki ugasne ali prižge signal za spodnji dve spremenljivki
        delay(50);
        running = !running;
        digitalWrite(tipke, running);
        digitalWrite(potencio, running);
    }
}

```

Slika 16: Programski odsek 3

(Vir: lasten arhiv)

V »void loopu« program deluje, ko so izpolnjeni pogoji, ki smo jih postavili. Za stop tipko bomo uporabili funkcijo »bool«, ki vsakič, ko je tipka pritisnjena, izda drugačen signal (0 ali 1); **kar pomeni, da lahko to vežemo** na močnostne releje, na katere potem vežemo tipke in potenciometre ter tako preprečimo kakršno koli delovanje hidravlike, ko je tipka stop aktivna.

```

//.....
PTG = analogRead(ptg); //spremenljivke
PTD = analogRead(ptd);
SV = analogRead(sv);
//.....
if (PTG < 13) (VARg == 0);
if (PTD < 13) (VARd == 0);
if (SV < 212) (VARs == 0);
if (SV > 814) (VARs == 255);

VARg = map (PTG, 13, 1023, 0, 255);
VARd = map (PTD, 13, 1023, 0, 255);
VARs = map (SV, 212, 814, 0, 255);

```

Slika 17: Programski odsek 4

(Vir: lasten arhiv)

V drugem delu »void loopa« sva najprej določila nove spremenljivke, da jih na preprostejši način kličeva v program. S funkcijo »map« sva vsem senzorjem in potenciometrom določila enako območje, ki nama nadalje omogoča preprostejše pisanje programa.

```

if(digitalRead(tipka_gor) == LOW){ //tipka za gor z regulacijo višine
  if(VARs > VARg) {
    delay(25);
    digitalWrite(dioda_gor, LOW);
    digitalWrite(kontakt_gor, LOW);
    digitalWrite(dioda_dol, LOW);
    digitalWrite(kontakt_dol, LOW);
  }
  if(VARs < VARg) {
    delay(25);
    digitalWrite(dioda_gor, HIGH);
    digitalWrite(kontakt_gor, HIGH);
    digitalWrite(dioda_dol, LOW);
    digitalWrite(kontakt_dol, LOW);
  }
  if(digitalRead(koncno_stikalo) == LOW){
    delay(25);
    digitalWrite(kontakt_gor, LOW);
    digitalWrite(dioda_gor, LOW);
  }
}
if(digitalRead(tipka_gor) == HIGH ){
  delay(25);
  digitalWrite(kontakt_gor, LOW);
  digitalWrite(dioda_gor, LOW);
}
}

```

Slika 18: Programski odsek 5

(Vir: lasten arhiv)

V tem delu programa je sprogramirana tipka za končni (najvišji) položaj, ki ga določamo s pomočjo potenciometra. Prvi »if« stavek je predpogoj, da se začnejo izvajati spodnji, kar pripomore k optimizaciji programa. **Krmilniku namreč ni potrebno »iti« čez vse stavke, kar je sicer običajno.** V podstavek je dodano tudi končno stikalo, ki prepreči, da bi se hidravlika dvignila previsoko.

```

if(digitalRead(tipka_gor) == HIGH && digitalRead(tipka_dol) == HIGH){ // plavajoči položaj
  if(VARd > VARs){
    delay(25);
    digitalWrite(kontakt_gor, HIGH);
    digitalWrite(dioda_gor, HIGH);
  }
  if(VARd < VARs){
    delay(25);
    digitalWrite(kontakt_dol, HIGH);
    digitalWrite(dioda_dol, HIGH);
  }
  if(VARd == VARs){
    delay(25);
    digitalWrite(kontakt_gor, LOW);
    digitalWrite(dioda_gor, LOW);
    digitalWrite(kontakt_dol, LOW);
    digitalWrite(dioda_dol, LOW);
  }
  if(digitalRead(koncno_stikalo) == LOW){
    delay(25);
    digitalWrite(kontakt_gor, LOW);
    digitalWrite(dioda_gor, LOW);
  }
}

```

Slika 19: Programski odsek 6

(Vir: lasten arhiv)

Ta del programa je namenjen plavajočemu položaju, ko sta obe tipki za pozicijo »gor in dol« izklopljeni. V tem delu programa celotno krmilje upravljamo z glavnim potenciometrom. Program je napisan s pomočjo glavnega »if« stavka in podstavkov, spet za optimizacijo programa, da se ne pojavijo »hrošči«.

```

if(digitalRead(tipka_dol) == LOW){ // tipka za dol, ki je aktivna samo na pritisk
  delay(25);
  digitalWrite(kontakt_dol, HIGH);
  digitalWrite(dioda_dol, HIGH);
  digitalWrite(kontakt_gor, LOW);
  digitalWrite(dioda_gor, LOW);
}

```

Slika 20: Programski odsek 7

(Vir: lasten arhiv)

Tipka za dol ni odvisna od katerega koli potenciometra in deluje, ko jo pritisnemo, in se povrne v prvotni položaj, ko jo spustimo.


```

if(digitalRead(tipka_z_dol) == LOW){ //zunanje tipke
  delay(50);
  running = !running;
  digitalWrite(tipke, running);
  digitalWrite(potencio, running);
  digitalWrite(kontakt_dol, HIGH);
  digitalWrite(dioda_dol, HIGH);

}
if(digitalRead(tipka_z_gor) == LOW){
  delay(50);
  running = !running;
  digitalWrite(tipke, running);
  digitalWrite(potencio, running);
  digitalWrite(kontakt_gor, HIGH);
  digitalWrite(dioda_gor, HIGH);
}

```

Slika 21: Programski odsek 8

(Vir: lasten arhiv)

Zunanje tipke niso odvisne od ničesar in tako nemoteno obratujejo, kadarkoli so pritisnjene, saj prekinajo signal iz notranjih tipk in potenciometrov.

2.7 MERJENJE SENZORJEV IN POTENCIOMETROV

Tabela 1: Izmerjene veličine senzorjev

Senzor oz. potenciometer	Najnižja vrednost	Najvišja vrednost	Vrednost upora
Senzor višine	212 od 1023	814 od 1023	>50 k Ω
Potenciometer za dol	12 od 1023	1023 od 1023	4.7 k Ω
Potenciometer za najvišjo točko	12 od 1023	1023 od 1023	4.7 k Ω
Potenciometer za hitrost	12 od 1023	1023 od 1023	4.7 k Ω

Vse vrednosti so programsko »mapirane« na vrednosti od 0 do 255, kar omogoča enostavno nadaljnje programiranje.

3 IZVEDBA

3.1 IZVEDBA PROTOTIPA

Prototip izdelka je priporočljivo narediti, da se izvedejo testiranja delovanja izdelka, ali so potrebni kakršnikoli popravki in tudi, če je potrebno sistem kako nadgraditi.

Prototip sva si zamislila kot nekakšno škatlo, s katero bova dobila pregled nad delovanjem najine nadgradnje. Za simulacijo gibov »gor in dol« sva uporabila releje, na katere sva vezala LED-diode, ki simulirajo, kam naj bi se hidravlika premikala. Za senzor višine sva uporabila potenciometer, saj lahko le tako simulirava, kakšen je trenutni položaj hidravlike.

3.1.1 Sestavne komponente prototipa

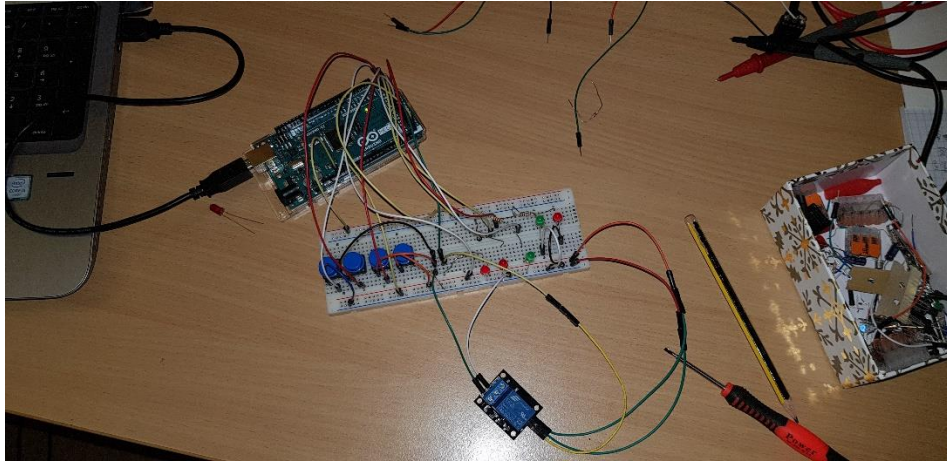
Komponente, ki so vključene znotraj prvotnega prototipa, so:

- Arduino Mega – mikrokontroler, ki smo ga že opisali v podpoglavju 2.2, čigar procesne sposobnosti uporabljamo za izvajanje programa ter povezavo vseh preostalih komponent.
- Pretvornik napetosti – znotraj sistema se uporablja za povezovanje komponent, ki delujejo na različnih delovnih napetostih.
- Diode – uporabljene so kot signalni indikatorji za spust hidravlike.
- Potenciometri – simulacija dejanskih potenciometrov v traktorju.
- Tipke – simulacija že vgrajenih tipk v traktorju.
- Releji – močnostna stikala znotraj sistema.

3.2 IZDELAVA PROTOTIPA

Prototip oziroma simulacijo delovanja na "protoboardu" sva izdelovala dolgo časa. S simulacijo delovanja sva si lahko pomagala pri programiranju, saj sva tako preizkusila pravilno delovanje programa.

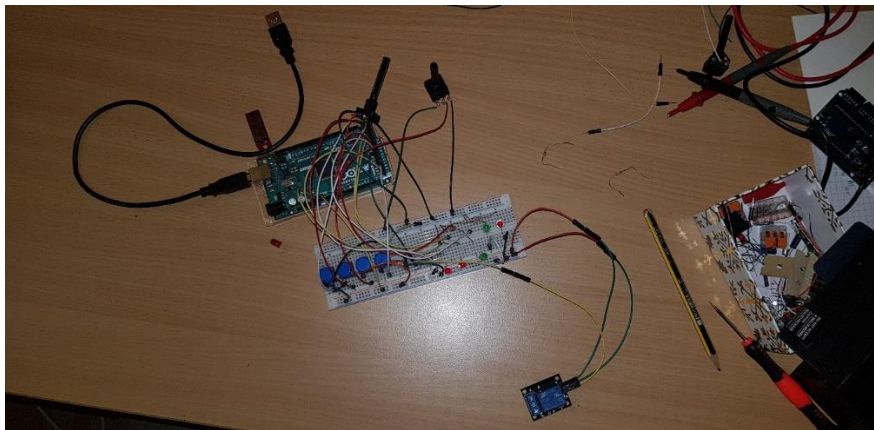
Na začetku sva preizkušala, kako sprogramirati stop tipko, ki nama je povzročala tudi največ težav. Po nekaj neuspešnih poskusih sva našla rešitev z "booleanom". Le ta omogoča, da imava na tipkah kontrolo s pomočjo vezave, ki veže izhode na releje – ti izklopijo napetost na tipkah in potenciometrih, kar zaustavi delovanje.



Slika 22: Prototip samo s tipkami

(Vir: Lasten arhiv)

Na koncu sva imela težave še z usklajevanjem potenciometrov in programa, saj so se v prvotnem programu med seboj povozili določeni signali, zaradi česar je bilo potrebno precej časa za njihovo uskladitev in vezavo. To sva rešila povsem programsko s pomočjo »if« podstavkov, ki omogočajo, da krmilnik bere signale s potenciometrov šele, ko je izpolnjen predpogoj za to.



Slika 23: Prototip s potenciometri

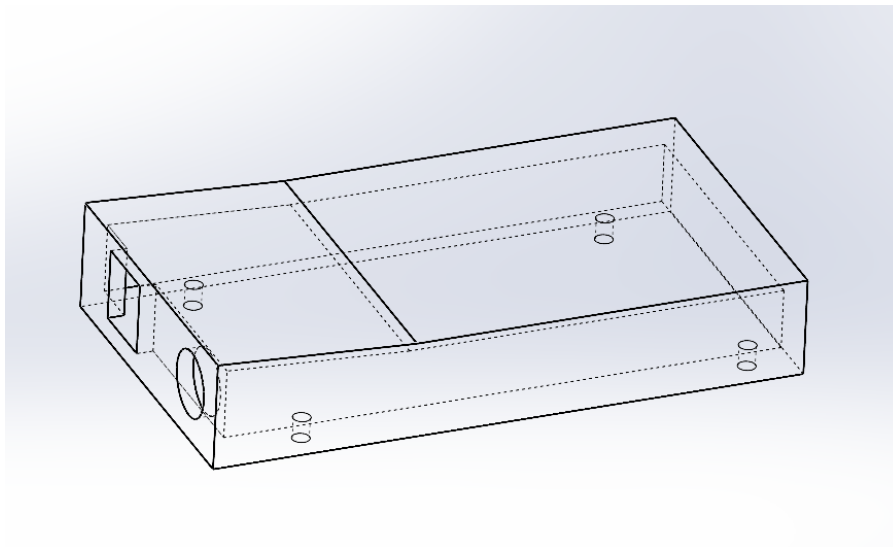
(Vir: Lasten arhiv)

3.3 IZVEDBA V TRAKTORJU

V celotnem sistemu bova zamenjala le krmilnik, ki ga je potrebno pravilno in varno vgraditi, da ne bo težav s tresljaji in vibracijami. Ostale komponente ostanejo nespremenjene, le da je nanje potrebno napeljati novo napeljavo iz krmilnika.

3.3.1 Vgradnja krmilnika

Zamislila sva si, da bi za varovanje Arduina pred zunanjimi vplivi in tresljaji natisnila 3D-škatlco, ki bi jo pritrčila na blatnik.



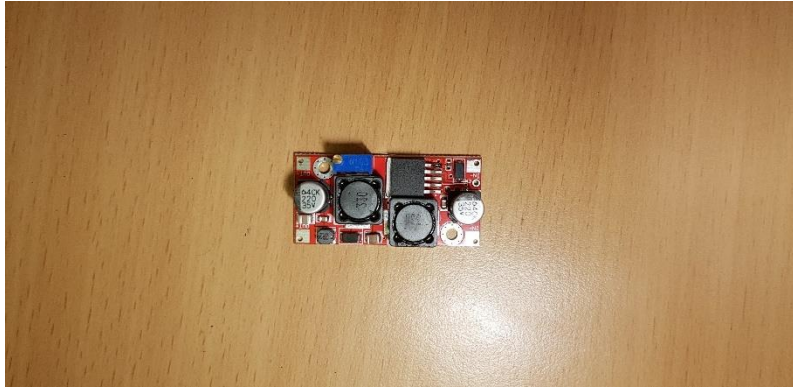
Slika 24: Zaščita za Arduina

(Vir: Lasten arhiv)

Vhode in izhode sva spajkala, da bi bili odporni na vibracije med uporabo in da jih dokaj enostavno razstaviva, če pride do okvare.

Za napeljavo sva uporabila bakrene žice preseka 1.5 mm^2 , ki so dovolj vzdržljive za nizko napetost in tok.

Za pretvorbo Arduinove delovne napetosti 5 V v delovno napetost hidravlike (traktorja) na izhodih sva uporabila releje, saj jih potrebujeva samo za odpiranje in zapiranje ventilov. Za vhode (potenciometre in senzorje) sva uporabila DC-DC-pretvornik napetosti, ki nama iz 12 V zmanjša napetost na 5 V .



Slika 25: Pretvornik napetosti

(Vir: Lasten arhiv)

4 VARNOST PRED IN MED OBRATOVANJEM

Varnost pri delu s traktorjem ali katerim drugim strojem je prioriteta, zato lahko s stroji upravljajo le za to usposobljene osebe. Vsi stroji s premikajočimi deli, ki so dovolj močni, da poškodujejo človeka, so nevarni in je za njihovo upravljanje potrebno imeti opravljen izpit ali varstvo pri delu. Pred vsakim obratovanjem je potrebno preveriti nivo hidravlične in mazalne tekočine, pravilnost gibov in pravilno upravljanje. Le tako se lahko minimizirajo poškodbe in nesreče pri delu.

4.1 VARNOST PROGRAMLJIVEGA IN IZVRŠILNEGA DELA

Znotraj sistema EHR-hidravlike so vzpostavljeni določeni varnostni ukrepi, ki zagotavljajo varnost komponent in preprečujejo njihovo uničenje.

Mikrokrmilnik in električno vezje sta zaščitena pred vremenskimi in ostalimi razmerami znotraj ohišja traktorja. Samo vezje je povezano s pretvorniki, ki preprečujejo možnost izpada oz. pregoretega električnih elementov in zagotavljajo usklajeno delovanje.

Izvršilni oz. mehanski del ima kot varnostni element le končno stikalo, ki preprečuje dvigovanje dvižnih komponent preko dovoljene zgornje meje, ki bi poškodovala traktor ali priključek. Končno stikalo za določitev spodnje meje ni potrebno, saj ga omejuje že sama dolžina hidravličnega valja. Da ne pride do preobremenitve hidravlike s prevelikim tlakom, skrbi varnostni ventil.

4.2 VARNOST UPORABNIKA

Uporabnik je med obratovanjem zavarovan znotraj kabine traktorja in ima v njej popoln nadzor nad hidravliko. Če pride do napake sistema, ni v bližini aktivnih (delovnih) komponent, ki bi ga lahko neposredno poškodovale. V primeru nezgode ali nepravilnega delovanja lahko sistem takoj zaustavi s tipko stop. Če mora operater zapustiti kabino in delati popravke na priključku ali hidravliki, je za njegovo varnost poskrbljeno z zunanjimi tipkami, ki se uporabljajo za ročni dvig in spust hidravlike. Te se nahajajo daleč od premikajočih se delov.



Slika 26: Zunanje tipke

(Vir: Lasten arhiv)

5 UGOTOVITVE PRI PROJEKTU

V prvi hipotezi sva predvidela, da bo adaptacija in izboljšanje stare hidravlike cenejša od 250 €. Stroški komponent, ki sva jih kupila, so bili:

- Arduino mega 2560, cena z davkom in poštnino 50 €,
- 2 pretvornika napetosti, cena enega 5,88 €, skupaj 11,76 €,
- 2 releja, cena enega 4,76 €, skupaj 9,52 €,
- ostala drobna elektronika (diode, tranzistorji ...), cena okoli 15 €.

Cena vseh komponent znaša 86,28 €, kar je precej manj od pričakovanega, torej lahko prvo hipotezo potrdiva.

V drugi hipotezi sva predvidela, da bo adaptacija stare EHR-hidravlike povečala funkcionalnost sistema. To nama ni uspelo, saj sva ugotovila, da je obstoječi sistem že toliko nadgrajen, da bi ga težko še nadgradila in mu povečala funkcionalnost. Tako lahko drugo hipotezo ovrževa.

Tretjo hipotezo, da bo celotno delo trajalo več kot 100 ur, lahko potrdiva, saj sva tako za pisanje in optimizacijo celotnega programa kot tudi za izdelavo prototipa porabila več kot 120 ur.

6 ZAKLJUČEK

V današnjem času komercializma se večina stvari odvrže v smeti ali pa zahteva draga popravila. Z raziskovalno nalogo sva dokazala, da je mogoče določene stvari popraviti in si prihraniti denar, a je za to potrebno specifično znanje. Z obnovo starega EHR hidravličnega sistema sva pridobila znanje na področju programiranja s pomočjo programskega jezika C++, na področju elektrotehnike, organizacije in 3D-modeliranja.

Svoj cilj sva navsezadnje tudi dosegla, a žal sva morala določene hipoteze, ki sva si jih zastavila, tudi ovreči. To posebej velja za hipotezo glede vloženega časa. Ovreči sva morala tudi hipotezo glede nadgradnje sistema, saj tega s praktičnega vidika ni bilo možno storiti – sistem je že sam po sebi izpopolnjen. Midva sva ga le popravila na veliko cenejši način. Nadvse pozitivno pa je, da sva za projekt porabila veliko manj denarja, kot sva načrtovala na začetku.

7 SEZNAM UPORABLJENIH VIROV

- [1] Bernik R. in Dolensšek M. Varno delo s traktorjem in traktorskimi priključki. Ljubljana: Oddelek za agronomijo, Biotehnična fakulteta univerze v Ljubljani, 2021.
- [2] Arduino MEGA (online). (citirano 15. 1. 2021). Dostopno na naslovu: <https://store.arduino.cc/arduino-mega-2560-rev3>
- [3] Arduino Home Reference (online). (citirano 7. 1. 2021). Dostopno na naslovu: <https://www.arduino.cc/reference/en/>
- [4] Hitch Control (online). (citirano 7. 1. 2021). Dostopno na naslovu: <https://www.boschrexroth.com/en/xc/company/press/index2-1541>
- [5] Nizko napetostni kabli (online) Dostopno na naslovu: <http://si.cnlxcable.com/control-cable/3-core-1-5mm2-flexible-cable.html>
- [6] Vgrajeni EHR-sistem v traktor (online). (citirano 5. 2. 2021). Dostopno na naslovu: https://www.researchgate.net/figure/EHR-system-built-in-tractor-according-to-Bosch-6-1-Hydraulic-pump-2-3_fig2_297302256