



Šolski center Celje
Srednja šola za strojništvo, mehatroniko in medije

SAMODEJNI VZDRŽEVALEC RASTLIN

RAZISKOVALNA NALOGA

Avtor:

Nino Kuzma, M-4. c

Mentorja:

Matej Veber, univ. dipl. inž.
mag. Andro Glamnik, univ. dipl. inž.

Mestna občina Celje, Mladi za Celje

Celje, marec 2015

KAZALO VSEBINE

POVZETEK	5
UVOD.....	6
PREDSTAVITEV PROBLEMATIKE	6
HIPOTEZE	7
OPIS RAZISKOVALNIH METOD	8
OPIS RAZISKOVANJA	9
ZBIRANJE ZAMISLI IN IDEJ	9
IZBIRA PRAVILNE IDEJE	10
IZBIRA SESTAVNIH DELOV IN KOMPONENT	12
<i>Izbira krmilnega sistema Arduino</i>	<i>12</i>
<i>Izbira senzorjev in aktuatorjev</i>	<i>13</i>
<i>Izbira napajanja</i>	<i>15</i>
IZDELAVA	16
VEZJA	16
<i>Aktuatorji.....</i>	<i>16</i>
<i>Senzorji.....</i>	<i>17</i>
<i>Napajanje</i>	<i>19</i>
IZBIRA LED-DIOD	20
PROGRAMIRANJE.....	21
IZDELAVA OHIŠJA.....	28
<i>Iskanje ideje.....</i>	<i>28</i>
IZRISOVANJE IDEJE.....	29
<i>Priprava ohišja na 3D-tisk</i>	<i>32</i>
<i>Uporaba PLA-materiala za izdelavo ohišja</i>	<i>34</i>
3D-TISKANJE.....	35
<i>Zgornji del.....</i>	<i>35</i>
<i>Glavni del</i>	<i>36</i>
<i>Rezervoar.....</i>	<i>37</i>
MONTAŽA.....	38
PREIZKUS DELOVANJA	40
UGOTOVITVE IN REZULTATI	41
ZAKLJUČEK.....	42
ZAHVALA.....	43
VIRI IN LITERATURA.....	44

KAZALO SLIK

Slika 1: 3D-model prve ideje	10
Slika 2: 3D-model lončka s premerom 14 cm.....	11
Slika 3: Arduino mikroračunalnik.....	12
Slika 4: Foto upor.....	13
Slika 5: Termistor.....	13
Slika 6: LED-diode.....	14
Slika 7: Mini vodna črpalka	14
Slika 8: Sončna celica	15
Slika 9: AAA baterije	15
Slika 10: Shema modre LED-diode	16
Slika 11: Shema rdeče LED-diode	17
Slika 12: Shema foto upora	18
Slika 13: Shema termistorja	18
Slika 14: Shema napajanja	19
Slika 15: Diagram svetlobe, ki jo potrebuje rastlina za procese.	20
Slika 16: Diagram poteka programa.....	21
Slika 17: Definiranje spremenljivk	22
Slika 18: Določanje funkcij pinom.....	22
Slika 19: Del programa za temperaturo.....	23
Slika 20: Del programa s funkcijo smart.....	24
Slika 21: Del programa za zalivanje.....	25
Slika 22: Del programa za osvetljevanje.....	26
Slika 23: Testiranje na testni ploščici.....	27
Slika 24: Velikanov prehod.....	28
Slika 25: Zgornji del ohišja	29
Slika 26: Glavni del ohišja	30
Slika 27: Rezervoar	30
Slika 28: Sestavljeno ohišje.....	31
Slika 29: Rezervoar z oporami	32
Slika 30: Program za pripravo 3D-tiskanja FlashPrint.....	33
Slika 31: Program FlashPrint izračuna približno porabo.	33
Slika 32: Material PLA-kolut	34
Slika 33: 3D-izdelava zgornjega dela ohišja	35
Slika 34: 3D-tiskanje glavnega dela ohišja	36
Slika 35: 3D-tiskanje rezervoarja	37
Slika 36: Zgornji del s komponentami	38
Slika 37: Glavni del med montažo komponent	39
Slika 38: Celoten sestavljen izdelek.....	40
Slika 39: Končni izdelek z rastlino	41

Povzetek

Za raziskovalno nalogo sem se odločil izdelati napravo, ki bo samodejno vzdrževala rastline, ki jih srečamo v notranjosti hišnih prostorov. Takšno napravo sem najprej želel kupiti, vendar sem kmalu spoznal, da naprave, ki bi zadostovale mojim željam, še ni na tržišču. Začel sem zbirati ideje in mnenja domačih ter kmalu že imel osnovno zamisel o funkcionalnosti tovrstne naprave. Po več neuspešnih idejah sem spoznal, da je najbolj optimalno uporabiti mikrokrmilnik za vodenje celotne naprave, zunanost pa bo imela nenavadno in zanimivo obliko, ki bo že na prvi pogled dajala vedeti, da ni navaden cvetlični lonček. Počasi je začela nastajati končna ideja, ki sem jo začel izpopolnjevati in izdelovati. Najprej sem vse zrisal v 3D-modelirnem programu SolidWorks, potem sem modele tudi 3D natisnil in vanje vgradil vse komponente, vključno z mikrokrmilnikom in več različnimi vezji, ki sem jih za omenjeno napravo izdelal sam. Napisal sem tudi program, ki ima več podprogramov za različne zahteve različnih rastlin, zato je naprava tudi kompatibilna z vsemi notranjimi rastlinami.

Napravo sem naredil avtonomno, saj sem ji vgradil sončno celico, ki ji zagotavlja energijo za delovanje, ostanek pa se shrani v baterije za kasnejšo rabo. Na koncu sem napravo tudi preizkusil in zagotovil njeno brezhibno delovanje.

Uvod

Z družino že od nekdaj veliko potujemo, zato smo tudi več časa odsotni od doma. Na potovanjih me je prevzela pekoča hrana, in sicer njena glavna sestavina, čili. Da bi imel čim bolj pekočo hrano tudi doma, sem s potovanj prinesel tudi najbolj pekoče čilije na svetu. Za večino rastlin doma med našo odsotnostjo poskrbi moja babica, vendar čili zahteva večjo nego in skrb kot ostale rastline. Da bi mu zagotovil najboljše razmere in najugodnejšo rast, ko sem odsoten, sem začel razmišljati o sistemu, ki bo nadzoroval in skrbel za zahtevnejše rastline in to brez človeške pomoči. Najprej sem raziskal trg, saj me je zanimalo, kaj na tem področju že obstaja. Poleg ogromno tehnološko nedovršenih predmetov, ki naj bi deloma odpravili težavo, s katero se srečujem, sem zasledil le en takšen produkt, vendar pa ni zadostil mojim zahtevam. Ta produkt ni omogočal, da bi uporabnik uporabil lastno rastlino, ampak samo določene rastline v lončkih tega podjetja. Zato sem se odločil, da bom naredil napravo, ki bo omogočala vzdrževanje tudi zahtevnejših rastlin in to brez človeške pomoči v daljšem časovnem obdobju.

Predstavitev problematike

Problem se pojavi, ker trenutno na trgu ne obstaja naprava, ki bi brez človeške pomoči dlje časa vzdrževala zahtevno rastlino, kot je čili Bhut jolokia. Specializirana naprava, ki bi vzdrževala samo eno vrsto rastline, bi bila zelo nepraktična in neuporabna, zato sem se odločil, da bom naredil napravo, ki bo omogočala vzdrževanje več vrst rastlin. Vsaka naprava, ki je namenjena nadzoru rasti rastlin v večjih merilih in se uporablja za rastlinjake, je popolnoma neestetska in prevelika za domačo rabo. Tako kot večina naprav ima tudi ta za vir napajanja omrežno napetost, kar pomeni, da je potrebno za njeno delovanje poskrbeti tako, da je postavljena v bližino vtičnice.

Hipoteze

V okviru raziskovalne naloge sem si zadal sledeče hipoteze:

- Sistem bo omogočal vzdrževanje več različnih rastlin. –
- Lahko bo vzdrževal zahtevne rastline.
- Več dni bo lahko deloval avtonomno.
- Za napajanje se bo uporabljal obnovljivi vir energije.
- Ohišje bo estetsko oblikovano in izdelano s pomočjo 3D-tiskalnika.

Opis raziskovalnih metod

Pri raziskovalnem delu sem uporabil različne metode raziskovanja. Najprej sem moral pridobiti čim več informacij o podobnih izdelkih z raziskovalno metodo raziskave trga. Prebral in preučil sem veliko spletnih portalov o vrtnarstvu, še posebej o gojenju čilijev. Tako sem opazil, da imajo ljudje težave z zalivanjem, saj na količino in pogostost zalivanja vpliva veliko faktorjev, zato veliko ljudi uporablja merilce vlažnosti zemlje. Pregledal sem številne pripomočke, ki pomagajo pri pravilnem odmerjanju vode in pri opozarjanju na prenizko vlažnost zemlje, in opazil, da so vsi ti sistemi posamični in tudi cenovno zelo dragi. Preko spleta sem pridobil veliko uporabnih informacij in ugotovil, na kakšnem principu delujejo nekatere podobne naprave ter spoznal tudi slabosti, ki bi jih pri svoji napravi odpravil.

Naslednja raziskovalna metoda je bila intervju z ekspertom na področju vrtnarstva, ki mi je posredoval informacije o rastlinah in njihovih lastnostih. Vprašal sem ga za mnenje o svoji ideji in bil je navdušen ter pripravljen pomagati. Povedal mi je, da je moja ideja tudi tržno zelo zanimiva in naj naredim dovolj dober in lep izdelek, ki bo primeren za uporabnika.

Uporabil sem še eno raziskovalno metodo, to je konstruiranje delov v modelirnem programu SolidWorks. S pomočjo programskega orodja sem narisal obliko samodejnega vzdrževalca rastlin, pri tem pa ugotovil tudi, kako v notranjost postaviti notranje komponente. 3D-model sem potreboval tudi za izdelavo samega izdelka, saj je celotno ohišje natisnjeno s 3D-tiskalnikom.

Opis raziskovanja

Zbiranje zamisli in idej

V prvi fazi sem se moral odločiti, na kakšen način bo ta naprava vzdrževala rastline. Po zbiranju informacij s spleta sem ugotovil, da je najpomembnejše za uspešno rast, obilen pridelek in ohranjanje rastlin pri življenju natančno določena količina vode za zalivanje ter zadostna količina svetlobe. Rastline, ki so iz drugih podnebnih pasov, potrebujejo takšno količino svetlobe, kot jo dobijo v svojem domačem okolju. Pomemben faktor za zdravo rastlino je tudi temperatura, ki pa enako kot drugi faktorji, ne sme biti drugačna kot tista, ki je v njenem domačem okolju. Naslednja stopnja pri snovanju ideje je bilo iskanje rastline, ki naj bi jo ta naprava vzdrževala. Izbral sem čili Bhut jolokia, ki slovi kot najbolj pekoč čili na svetu. Po hitrem premisleku sem ugotovil, da ta naprava vseeno ne bo tako zanimiva, saj to vrsto čilija pozna in ga ima v lasti zelo malo ljudi v Sloveniji. Odločil sem se, da bom naredil napravo, ki bo lahko vzdrževala večino poznanih rastlin in se glede na njihovo vrsto tudi primerno prilagodila. Za delovanje naprave pa se mi je zdelo smiselno, da uporabim obnovljivi vir napajanja. Torej naprava bi morala biti primerna za vzdrževanje več vrst rastlin. Glede na potrebe rastline bi jo zalivala, osvetljevala in opozarjala uporabnika na temperaturo okolice, vse pa bi napajal obnovljivi vir energije.

Izbira pravilne ideje

Da bi vse ideje in zamisli združil, sem se odpravil do eksperta na področju vrtnarstva. Predstavil sem mu svoje okvirne ideje in ga prosil za pomoč pri klasificiranju rastlin, saj je teh enostavno preveč, da bi imela vsaka svoj program vzdrževanja. Najprej sva določila, katere rastline bi vzdrževal glede na njihovo lokacijo. Po tem, katere rastline potrebujejo več nege, sva se odločila, da se osredotočiva na notranje rastline, kajti za zunanje poskrbi narava sama. Naštela sva večino rastlin, ki jih imamo ljudje v notranjosti, in jih razdelila v skupine glede na to, kako pogosto jih je potrebno zalivati. Naredila sva tudi skupine glede na čas svetlobe, ki jo potrebujejo rastline, da uspejo, a sva ugotovila, da vse rastline, ki potrebujejo obilno zalivanje, potrebujejo tudi večjo količino svetlobe. Tako sva določila tri poglobitve skupine, kar je zame pomembno, saj bom napisal tri programe za vzdrževanje rastlin, uporabnik pa bo nato izbral tistega, ki bo ustrezal njegovi rastlini. Naslednja odločitev je bila bistvenega pomena, in sicer kakšna naj bi bila naprava glede videza in oblike ter posledično funkcionalnosti.

Prvotna ideja je bila, da naredim napravo, ki jo bo uporabnik lahko uporabil na vseh lončkih in na katerikoli rastlini. Naprava bi imela podnožje, s katerim bi se lahko pritrdila na katerikoli lonček ali bi jo lahko namestili kar v zemljo ob rastlino. Ideja ni bila izvedljiva, ker bi bilo premalo prostora za vse komponente in rezervoar za vodo, zato sem se odločil, da naredim lonček, ki bo vseboval vse komponente, rezervoar z vodo bo lahko večji, kar bo omogočalo daljšo avtonomijo naprave.

Rastline so lahko v različno velikih lončkih, zato sem se moral odločiti za srednjo velikost. Odločil sem se za velikost premera lončka 14 cm, ki je najpogostejša na tržišču. Tako bo lahko uporabnik napravo uporabil pogosteje.



Slika 1: 3D-model prve ideje

Za lažjo predstavo o velikosti sem najprej naredil 3D-model cvetličnega lončka. Na to osnovo sem začel potem izrisovati in izdelovati 3D-model ohišja.



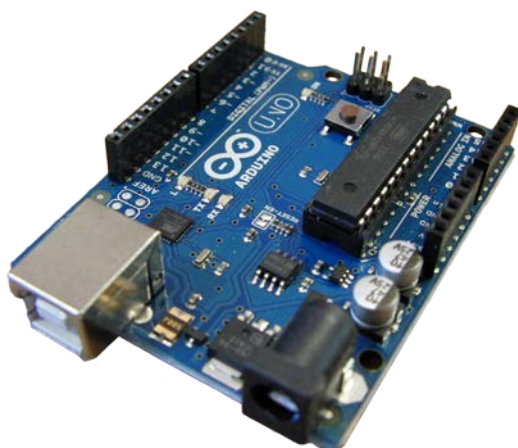
Slika 2: 3D-model lončka s premerom 14 cm

Izbira sestavnih delov in komponent

Izbira krmilnega sistema Arduino

V šoli smo se učili programiranja Atmelovih mikrokontrolerov, zato je bila to moja prva odločitev za izbiro krmilnega sistema. Začel sem se poglobljati v programski jezik Basic, ki ga uporablja Atmelov mikrokontroler attiny2313, ki sem ga hotel uporabiti v tem projektu. Kmalu so se začele pojavljati težave, o katerih sem se posvetoval z mentorjem. Skupaj sva ugotovila, da je program, ki bi bil potreben za ta projekt pretežak, in da je na voljo premalo podpore, na katero bi se lahko zanašal v primeru nastopa težav. Zato sem izbral drugo možnost ter po nasvetu mentorja in programerjev kupil Arduino. Med programiranjem mikrokontroler Atmel atinny2312 in Arduino ni velike razlike, vendar pa ima slednja več podpore. Arduino je odprtokodno razvojno okolje italijanskega avtorja. Razvojna ploščica je sestavljena iz mikrokontroler družine Atmel ter nekaj nujnih elementov in je tako pripravljena za pričetek z delom. Že čisto na začetku sem naletel na težavo, saj sem ugotovil, da se za programiranje v programskem okolju Arduina programira v programskem jeziku C, ki pa ga nisem poznal.

Začel sem se učiti in programirati osnovne primere, pridobljeno znanje pa sem pričel uporabljati pri projektu, ki sem ga počasi izdeloval.



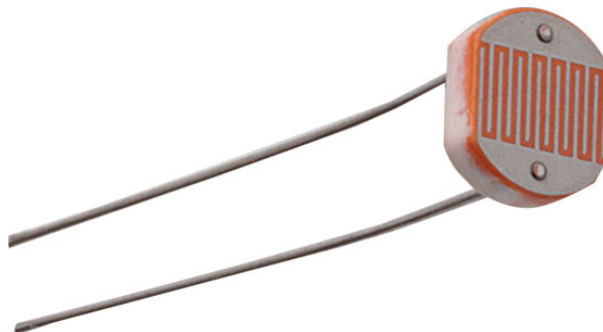
Slika 3: Arduino mikroročunalnik

Izbira senzorjev in aktuatorjev

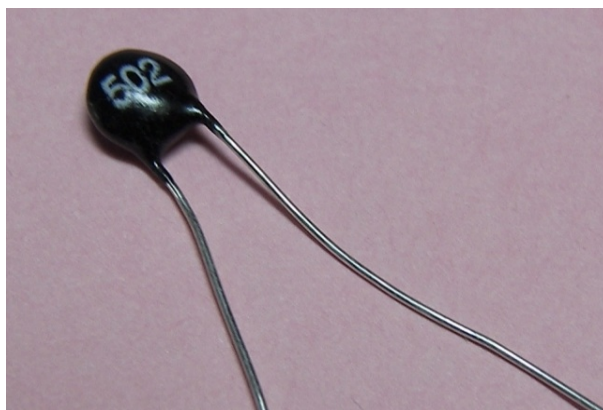
Da bom zagotovil najboljše pogoje rastlini, ki jo vzdržujem, bom moral z različnimi senzorji izmeriti stanje okolja, v katerem rastlina uspeva in ji ga glede na njene potrebe z različnimi aktuatorji spremeniti v optimalnega ali pa vsaj uporabnika obvestiti o neprimernem okolju za rastlino. Vse senzorje, ki sem jih zbral, sem moral prilagoditi ali pa kupiti prilagojene za uporabo z mikroračunalnikom, natančneje z Arduinom. Potreboval sem senzor za merjenje vlage zemlje, senzor za merjenje temperature in senzor za merjenje svetlobe.

Senzor za merjenje temperature sem izdelal sam, glavna komponenta pa je bil termistor. Tudi senzor za merjenje svetlobe sem moral izdelati sam, in sicer na osnovi foto upora.

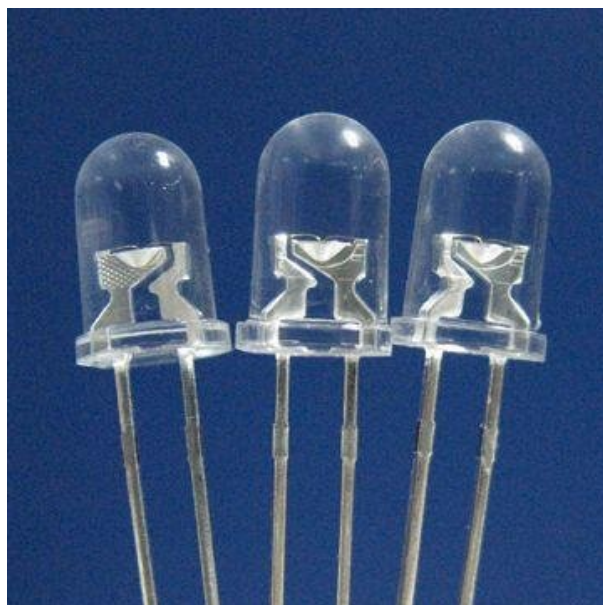
Da bom lahko posredoval v okolico rastline in jo prilagajal njenim potrebam, sem se moral odločiti za par aktuatorjev, ki mi bodo to omogočali. Za zalivanje, ki je najpomembnejše pri vzdrževanju rastline, bom uporabil mini vodno črpalko, ki bo črpala vodo iz rezervoarja v zemljo rastline. Pomembna je tudi količina svetlobe, ki jo bom, v primeru pomanjkanja naravne, nadomestil z LED-diodami, nameščenimi na ohišju in usmerjenimi v rastlino.



Slika 4: Foto upor



Slika 5: Termistor



Slika 6: LED-diode



Slika 7: Mini vodna črpalka

Izbira napajanja

S tem projektom sem želel naravo minimalno obremeniti, zato sem se odločil, da bo napravo poganjal obnovljivi vir energije. Pregledal sem vse možnosti in edina, ki je bila ustrezna, je bila izbira sončnih celic. Izbrati sem moral sončne celice, ki niso prevelike, saj nisem hotel uničiti estetike celotnega izdelka, zato sem moral narediti kompromis med velikostjo sončnih celic in njihovo izhodno napetostjo. Tako sem izbral sončno celico, ki ima 6 V izhodne napetosti, kar je zadosti, da napaja krmiljenje in celotno elektroniko. Sončna celica je morala biti usmerjena proti oknu, kajti predpostavljal sem, da bo lonček postavljen ob oknu. Seveda nastopi težava že ob prvem mraku, kajti takrat sončna celica ne zagotavlja dovolj energije, da bi lahko napajala napravo. Odločil sem se, da je nujno uporabiti sončno celico v kombinaciji z baterijami, ki jih je mogoče ponovno polniti. Izdelek bo tako poganjal sistem sončne celice, ki bo vzdrževala napravo čez dan in z viškom energije polnila baterije, ko pa bo premalo zunanje svetlobe, da bi lahko sončna celica proizvedla dovolj energije, bodo napajanje naprave prevzele baterije.



Slika 8: Sončna celica



Slika 9: AAA baterije

Izdelava

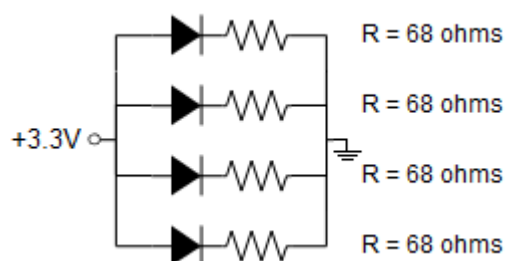
Vezja

Za ta projekt sem moral narediti tudi vezje, ki jih potrebujejo aktuatorji, nekateri senzorji in tudi sam sistem napajanja.

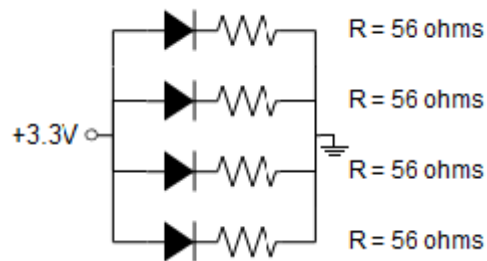
Aktuatorji

Mikroračunalnik ne dopušča večjih tokov od 40 mA na izhodu, zato je bilo potrebno narediti dodatno vezje, ki to omogoča, saj mini črpalka za vodo pri 3,3 V porabi približno 1 A el. toka, kar je več kot dopušča izhodna stopnja. Zato sem naredil vezje, ki deluje tako: ko mikroračunalnik da signal na izhod, proži tranzistor (BD241C), ki prenese breme več kot 1 A, ta pa sklene tokokrog, da se mini črpalka zažene in deluje določen čas.

Dodatno vezje sem naredil tudi za LED-razsvetljava, saj sem uporabil dve različni barvi LED-diod. Ker potrebuje vsaka vrsta LED-diod drugačno napetost in tok, sem jih moral povezati ločeno. Vezje za modre LED-diode je narejeno iz štirih diod, vezanih vzporedno, pred vsako diodo pa je 68-ohmski upor. Za rdeče LED-diode je vezje podobno, in sicer štiri diode, vezane vzporedno, pred vsako pa je 56-ohmski upor.



Slika 10: Shema modre LED-diode



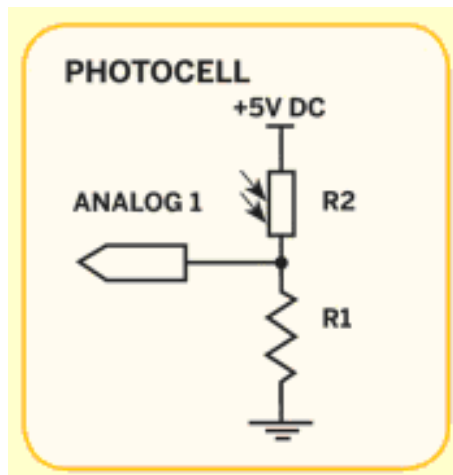
Slika 11: Shema rdeče LED-diode

Senzorji

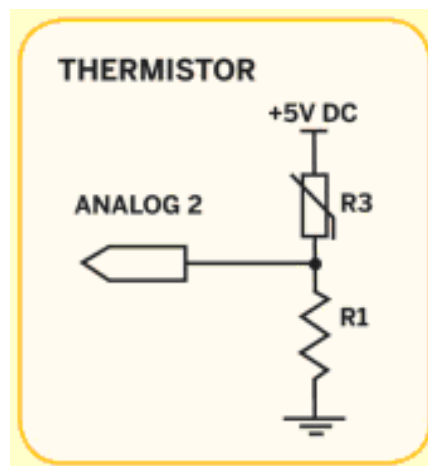
Tudi za nekatere senzorje sem moral narediti vezje, kajti dva senzorja sem naredil sam iz osnovnih komponent.

Senzor za temperaturo je narejen iz termistorja z upornostjo $10\text{ k}\Omega$ in $10\text{ k}\Omega$ upora, ki je vezan zaporedno s termistorjem. Termistor je povezan na $+5\text{ V}$ napetost, upor na 0 V , potem pa je med njima povezan vodnik do vhoda Arduina. Tako sem naredil enostaven delilnik napetosti.

Senzor za temperaturo je narejen zelo podobno, le da sem namesto termistorja uporabil foto upor. To je upor, ki se mu spreminja upornost glede na količino svetlobe, ki jo prejme. Ostali del vezja pa je enak kot pri senzorju za temperaturo, ker je tudi tukaj foto upor vrednosti $10\text{ k}\Omega$ in dodatni upor za vrednostjo $10\text{ k}\Omega$.



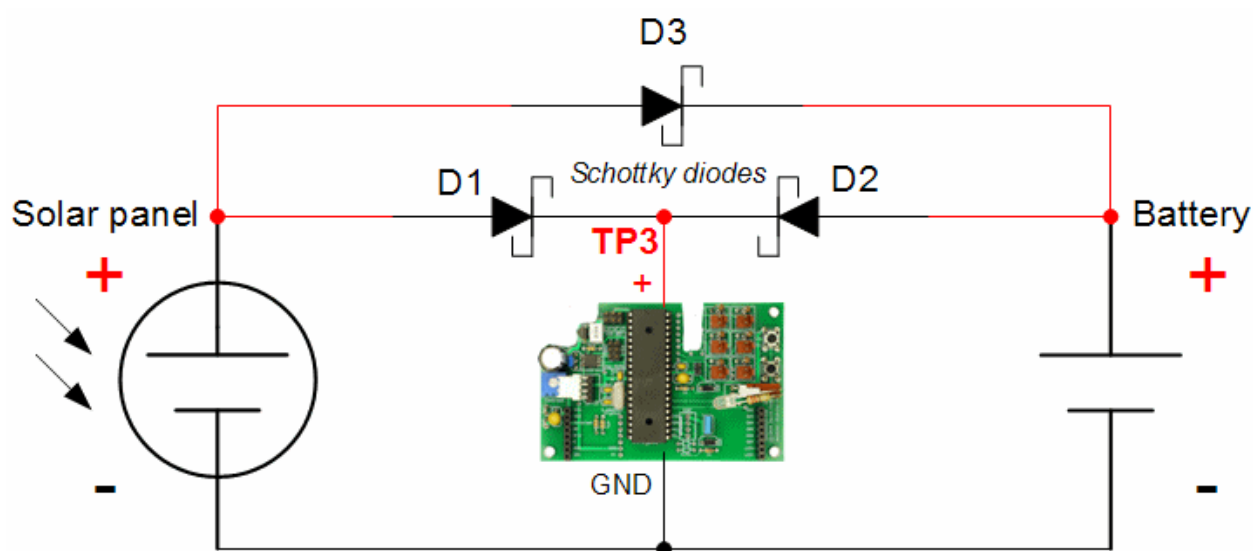
Slika 12: Shema foto upora



Slika 13: Shema termistorja

Napajanje

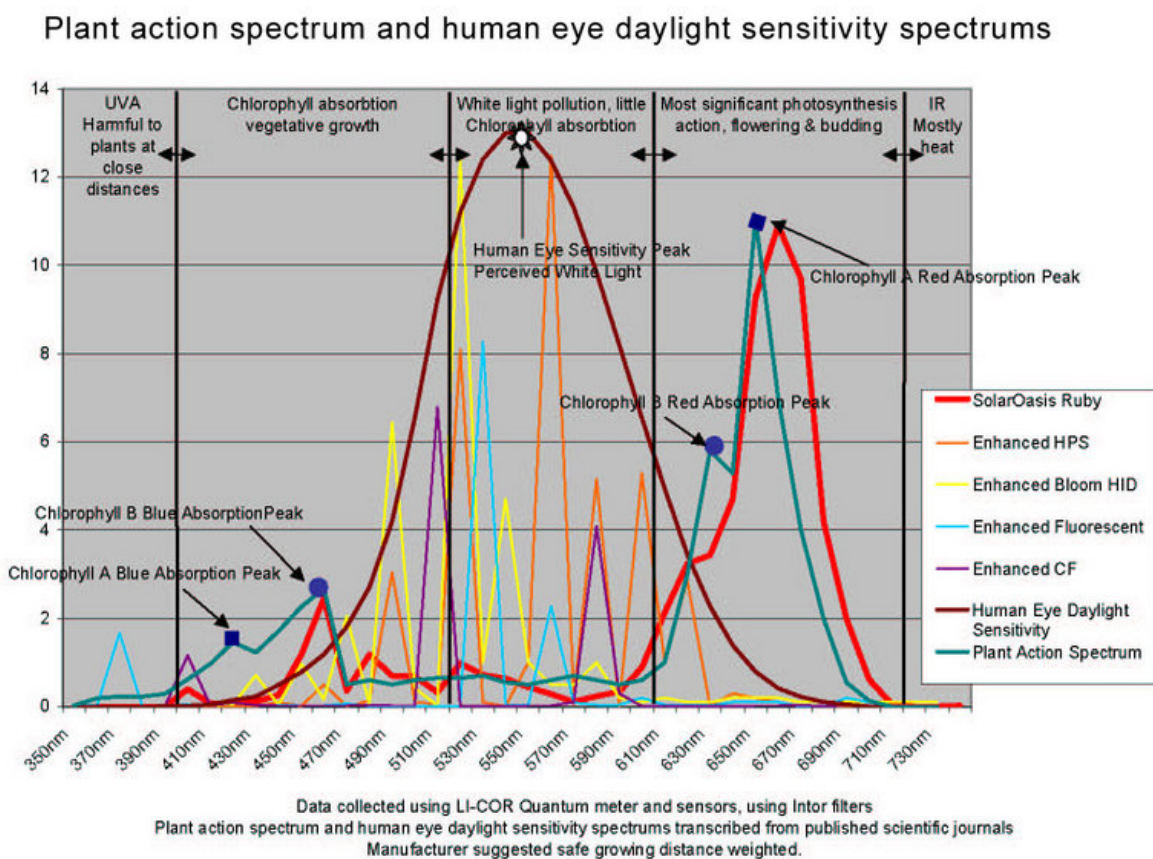
Napajanje celotnega sistema je bila težja naloga, kot sem pričakoval, saj sem moral narediti vezje, ki zagotavlja polnjenje baterij ter napajanje naprave in to brez izpadov napajanja. Izbral sem 6 V sončno celico, ki je glavni člen pri napajanju celotnega sistema. Vezje deluje tako, da sončna celica napaja napravo, z odvečno energijo, ki je naprava ne potrebuje, pa napaja sklop AAA baterij. Sklop AAA baterij se polni, dokler ima sončna celica dovolj energije. Pri pomanjkanju svetlobe, torej ponoči ali ob zelo oblačnih dnevih, začnejo energijo zagotavljati baterije, ki služijo kot pomožni vir napetosti.



Slika 14: Shema napajanja

Izbira LED-diod

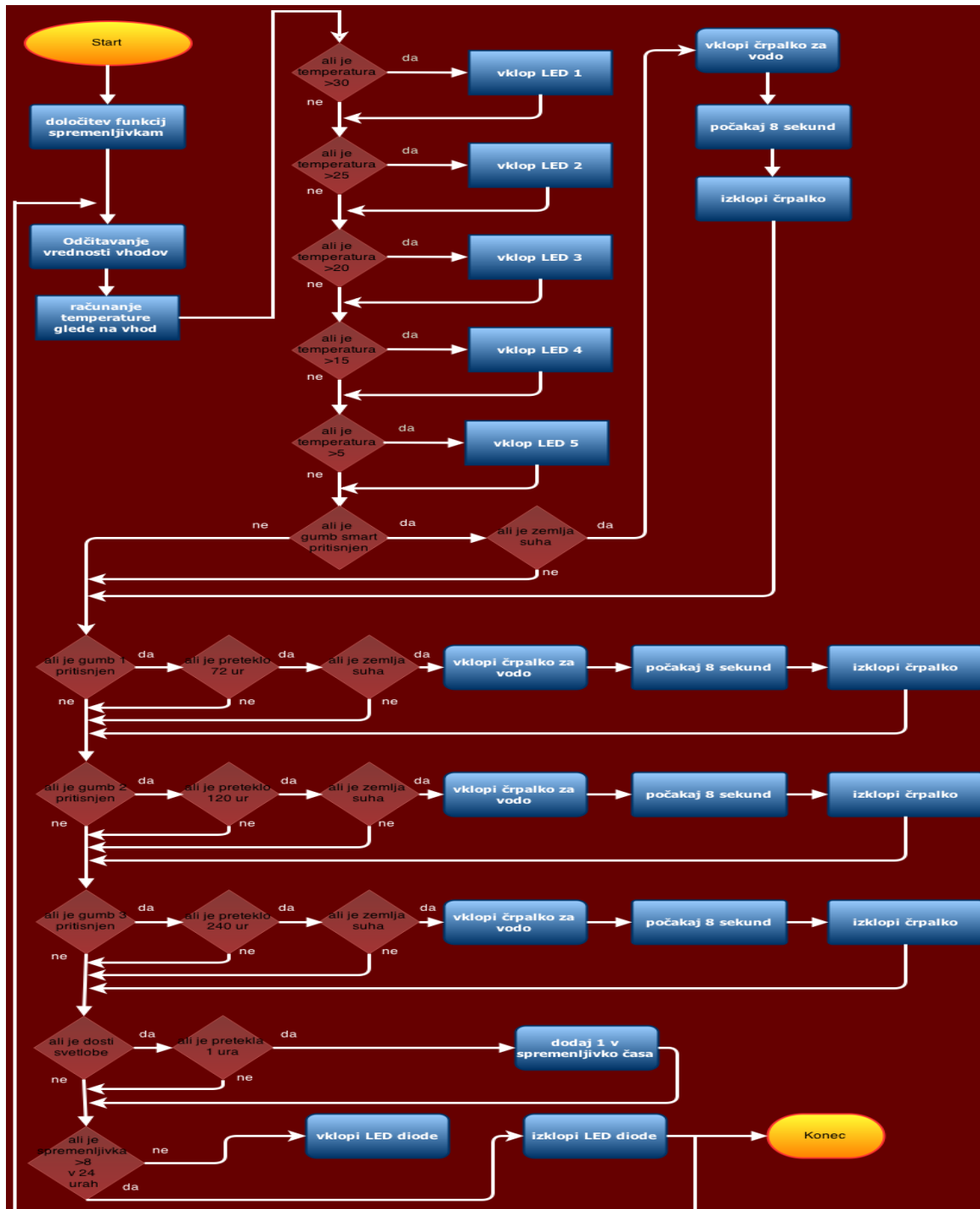
Za osvetljevanje rastline sem moral izbrati pravilne LED-diode. Prvotno sem načrtoval visoko svetleče diode ali tudi visokonapetostne LED-diode, a sem po premisleku spremenil idejo, kajti naprava ima omejeno količino vira električne energije in je potrebno porabo maksimalno omejiti. Zato sem izbral navadne LED-diode, katerih število je malo, vendar zadostujejo potrebam rastline. Da bi se izognil nepotrebnim porabi energije, sem preko spleta poiskal informacije o tem, kakšno svetlobo rastlina najbolj potrebuje za rast. Rastlina potrebuje največ rdeče in modre svetlobe, kar je razvidno tudi v spodnjem grafu, saj jo ta spekter svetlobe najbolj vzpodbudi k rasti in k proizvodnji novih cvetov.



Slika 15: Diagram svetlobe, ki jo potrebuje rastlina za procese.

Programiranje

Glavni del tega projekta je program, ki bo omogočal, da prevzame nadzor nad oskrbovanjem rastline. Program sem moral napisati v programskem okolju Arduino IDE, v katerega lahko pišemo v prilagojenem jeziku Arduino, ki je sestavljen iz programskega C in C++.



Slika 16: Diagram poteka programa

Najprej sem definiriral spremenljivke, seveda sem jih skozi programiranje tudi veliko dodal.

V istem segmentu programa sem tudi definiriral pomene posameznih pinov.

```
int interval=1;
int intervaldva=10;
unsigned long previousMillis=0;
unsigned int prejsnjeSekunde=0;
unsigned int PREJSNJEsekunde=0;
int spremenljivkacasa =0 ;
unsigned int cassspremenljivka=0;
unsigned int prejsnjicas=0;
unsigned int caszalivanja;
int zalivanje;
//-----potrebno za zalivanje
unsigned int sekundePrej=0;
unsigned int spremenljivkacasasvetlobe=0;
unsigned int potrebnakolicinasvetlobe=0;
int stanjeledik=0;
unsigned int PrejSekunde=0;
const unsigned int intervalzasvetlobo=24;
unsigned int PrejsnjeSekunde=0;
int veckotosem;
//-----potrebno za osvetljevanje
```

Slika 17: Definiranje spremenljivk

Naslednji korak je bilo določanje funkcij posameznemu pinu. Dodeliti sem moral, ali je vhod ali izhod.

```
void setup () {
  Serial.begin (9600);

  pinMode(gumbprvi, INPUT);
  pinMode(gumbdrugi, INPUT);
  pinMode(smartgumb, INPUT);

  pinMode (led1, OUTPUT);
  pinMode (led2, OUTPUT);
  pinMode (led3, OUTPUT);
  pinMode (led4, OUTPUT);
  pinMode (ledikal, OUTPUT);
  pinMode (ledika2, OUTPUT);
  pinMode (ledika3, OUTPUT);
  pinMode (ledika4, OUTPUT);
  pinMode (ledika5, OUTPUT);
}
```

Slika 18: Določanje funkcij pinom

Nato sem napisal program za temperaturo, ki deluje neodvisno od položajev stikal in izbranih podprogramov. Deluje tako, da se najprej vrednost, prebrana na vhodu A4, shrani v

spremenljivko, ki se potem uporablja za določitev temperature. Če je temperatura od 30 °C do 25 °C, se prižge LED-dioda 1, ostale pa se ugasnejo. Takšen princip delovanja velja enako še za preostala štiri področja temperature, ki jih merimo.

```
//temperatura ___ --- ___ --- ___ ---  
int val;  
double temp;  
val=analogRead(A4);  
temp=Thermister(val);  
Serial.println(temp);  
delay(10);  
  
if((temp <= 30)&&(temp>25)){  
    digitalWrite(ledikal, HIGH);  
    digitalWrite(ledika2, LOW);  
    digitalWrite(ledika3, LOW);  
    digitalWrite(ledika4, LOW);  
    digitalWrite(ledika5, LOW);  
}  
if ((temp<=25)&&(temp>20)){  
    digitalWrite(ledika2, HIGH);  
    digitalWrite(ledikal, LOW);  
    digitalWrite(ledika3, LOW);  
    digitalWrite(ledika4, LOW);  
    digitalWrite(ledika5, LOW);  
}  
if ((temp <= 20)&&(temp>15)){  
    digitalWrite(ledika3, HIGH);  
    digitalWrite(ledika2, LOW);  
    digitalWrite(ledikal, LOW);  
    digitalWrite(ledika4, LOW);  
    digitalWrite(ledika5, LOW);  
}  
if ((temp<=15)&&(temp>5)){  
    digitalWrite(ledika4, HIGH);  
    digitalWrite(ledika2, LOW);  
    digitalWrite(ledika3, LOW);  
    digitalWrite(ledikal, LOW);  
    digitalWrite(ledika5, LOW);  
}  
if(temp<5){  
    digitalWrite(ledika5, HIGH);  
    digitalWrite(ledika2, LOW);  
    digitalWrite(ledika3, LOW);  
    digitalWrite(ledika4, LOW);  
    digitalWrite(ledikal, LOW);  
}  
}
```

Slika 19: Del programa za temperaturo

Naslednji segment programa je »pametni« način, ki ga izberemo s preklopom stikala, vgrajenega v zgornji del ohišja. Ta omogoča, da naprava zaliva rastlino neodvisno od časa, ko je bila nazadnje zalita. Edini pogoj za zalivanje je, da je zemlja presuha.

Ko se ta pogoj izpolni, naprava začne zalivati in zaliva osem sekund, nato počaka trideset sekund, zato da ima zemlja čas vpiti vodo in da se ne zaliva preveč. Nato se celotni program ponavlja, dokler se naprava ne izklopi ali preide v drugi način s preklopom stikala.

```

        if ((unsigned long)(sekunde - PREJSNJEsekunde) >= 1) {

casspremenljivka +=1 ;

// resetira prejšnji čas, da postane trenutni čas
PREJSNJEsekunde = sekunde;

Serial.print("casspremenljivka:");
Serial.println(casspremenljivka);

delay (300);
}

if ((vlagometer >= vlagaMax) &&(casspremenljivka >= 30)) {
zalivanje=1;
}
//tu pa MORAJO biti sekunde!
if ((unsigned long)((sekunde - prejsnjicas) >= interval)&&(zalivanje==1)) {
caszalivanja+=1;
prejsnjicas=sekunde;
}
//resetiranje zalivanja
if (caszalivanja >= 8){
caszalivanja*=0;
zalivanje=0;
casspremenljivka*=0;
}

if (zalivanje==1) {
digitalWrite(led1, HIGH);
digitalWrite(led2,HIGH);
digitalWrite(led3,HIGH);
Serial.println ("ZALIVNJE" );
delay (5);
}

else {
digitalWrite(led3,LOW);
digitalWrite(led1,LOW);
digitalWrite(led2,LOW);
// Serial.println ("ravnoprav zalito" );
}
{

```

Slika 20: Del programa s funkcijo smart

Potem se program razdeli na tri podprograme, ki imajo vsak svoje nastavitve glede potreb rastline. Med različnimi podprogrami lahko izbiramo s stikalom, nameščenim na zgornjem delu ohišja, v posameznem podprogramu pa se nahajata dva sklopa. En sklop je za zalivanje, drugi za osvetljevanje.

Sklop za zalivanje deluje tako, da preveri, kakšna je vlaga zemlje in koliko časa je minilo od zadnjega zalivanja. Če je zemlja premalo vlažna in če je minilo dovolj časa, naprava zalije rastlino. Če pa kateri od teh dveh pogojev ni pravilen ali zadosten, naprava čaka, dokler se ne izpolnita oba pogoja. Ko naprava zalije rastlino, se spremenljivka, ki šteje pretekli čas od zadnjega zalivanja, postavi na nič. Ta zanka deluje, dokler se naprava ne izklopi ali izbere drugega programa.

```
//štetje časa ki ga potrebuješ za spremenljivko časa (min. časa ko ga program zahteva za delovanje)
if ((unsigned long)(minutke - previousMillis) >= interval) {
  // It's time to do something!
  spremenljivkacasa +=1 ;

  // resetiranje časa na prejšnji čas
  previousMillis = minutke;

  Serial.print("spremenljivkacasa:");
  Serial.println(spremenljivkacasa);

  delay (300);
} //če je premalo vlage in pa dosti časa preteklo, bo zalil

if ((vlagometer >= vlagamax) &&(spremenljivkacasa >= 5)) {
  zalivanje=1;
}

//tu pa MORAJO biti sekunde!
if ((unsigned long)((sekunde - prejsnjicas) >= interval)&&(zalivanje==1)) {
  caszalivanja+=1;
  prejsnjicas=sekunde;
}

//resetiranje zalivanja
if (caszalivanja >= 8){
  caszalivanja*=0;
  zalivanje=0;
  spremenljivkacasa *= 0;
}

if (zalivanje==1) {
  digitalWrite(led1, HIGH);
  digitalWrite(led2,HIGH);
  digitalWrite(led3,HIGH);
  Serial.println ("ZALIVNJE" );
  delay (5);
}

else {
  digitalWrite(led3,LOW);
  digitalWrite(led1,LOW);
  digitalWrite(led2,LOW);
}
```

Slika 21: Del programa za zalivanje

Sklop za osvetljevanje deluje tako, da šteje čas v dnevu, ko je rastlina dobila dovolj svetlobe in ga odšteje od časa, ki ga rastlina potrebuje za pravilno in zdravo rast. Nato se razlika med časoma uporabi za določanje potrebnega časa, kako dolgo mora naprava še osvetljevati rastlino, da le-ta dobi zadostno količino svetlobe.

```

}
//OSVETLJEVANJE_____

if ((unsigned long)((minutke - sekundePrej)>= 1)&&(svetlobniSenzor>700)&&(veckotosem!=1)) {
  // It's time to do something!
  spremenljivkacasasvetlobe +=1 ;
  Serial.println();
  Serial.print ("spremenljivkacasasvetlobe");
  Serial.println(spremenljivkacasasvetlobe);
  Serial.println();
  // nastavi prejšnji čas na trenutni čas
  sekundePrej = minutke;
}
delay (5);
if (spremenljivkacasasvetlobe>=8){
  veckotosem=1;
}
else{
  veckotosem=0;
}

if ((unsigned long)((minutke - PrejSekunde)>= intervalzasvetlobo)){
  potrebnakolicinasvetlobe= (8 - spremenljivkacasasvetlobe);
  Serial.print(potrebnakolicinasvetlobe);
  Serial.println("_____potrebna količina_____");
  delay(100);
  spremenljivkacasasvetlobe *=0 ;
  PrejSekunde=minutke;
}
if((unsigned long)((minutke - PrejsnjeSekunde) >= 1)&&(stanjeledik==1)){
  potrebnakolicinasvetlobe-=1;
  PrejsnjeSekunde = minutke;

  delay(10);
}
if ((svetlobniSenzor<=700)&&(potrebnakolicinasvetlobe!=0)){

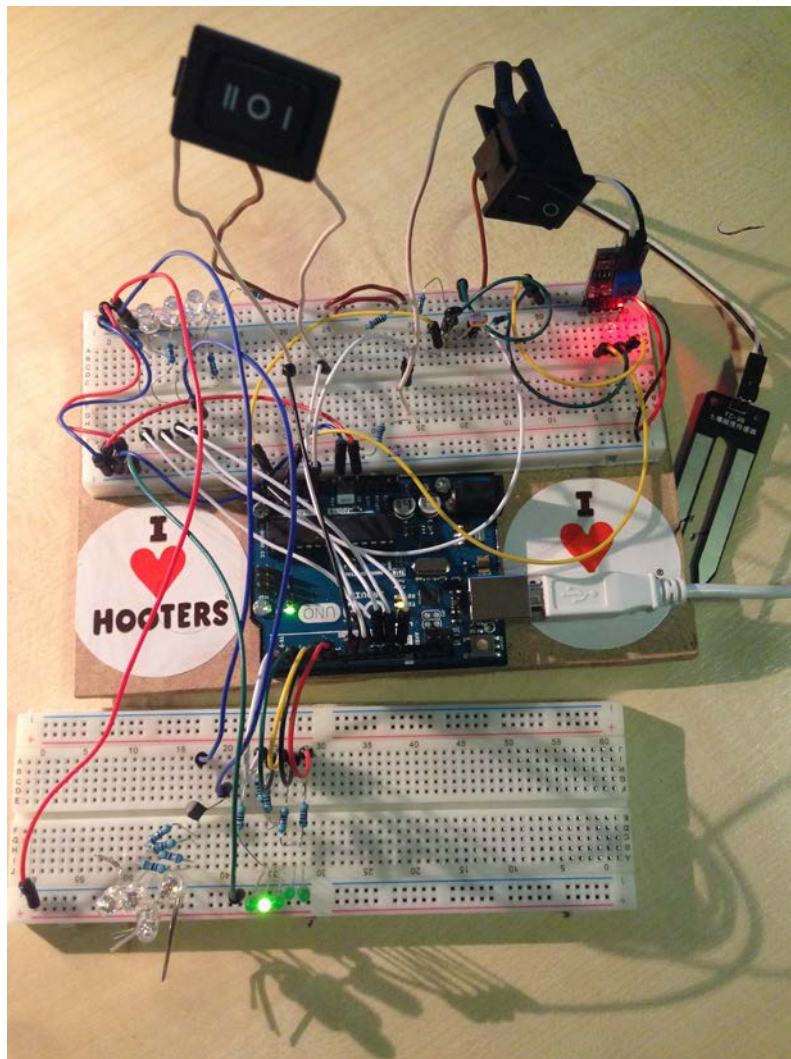
digitalWrite(led4,HIGH);
stanjeledik =1;
}
else {

digitalWrite(led4,LOW);
stanjeledik=0;
delay(10);
}
}

```

Slika 22: Del programa za osvetljevanje

Celoten program sem najprej preizkušal na testni ploščici, na kateri sem namesto pravih aktuatorjev uporabil LED-diode, za napajanje pa sem uporabil kar USB-vhod računalnika. V vsakem delu programa sem tudi pošiljal vrednosti posameznih spremenljivk po serijski komunikaciji z računalnikom, kjer sem spremljal dogajanje in procese v samem mikrokontrolerju. Seveda sem v programu, ki sem ga razvijal od začetka, nastavil krajše časovne intervale, kot pa je načrtovano v realnem okolju. To mi je omogočilo lažje, hitrejšo in učinkovitejše odpravljanje programskih težav.



Slika 23: Testiranje na testni ploščici

Izdelava ohišja

Iskanje ideje

Ko sem bil zadovoljen s programom, sem začel izrisovati ohišje v 3D-modelirnem programu SolidWorks. Narisal sem obliko ohišja, ki mi je bila všeč. Navdih za to zelo nenavadno obliko sem dobil iz nadvse zanimive pokrajine na severnem delu Škotske, kjer je znan »velikanov prehod« ali angleško The Giant's Causeway, ki je tudi pod UNESCO-vo zaščito. Zanimivo je, da je ta del obale sestavljen iz enakih šestkotnih stebrov, ki so nastali pred 60 milijoni let iz bazalta zaradi izbruha vulkana.

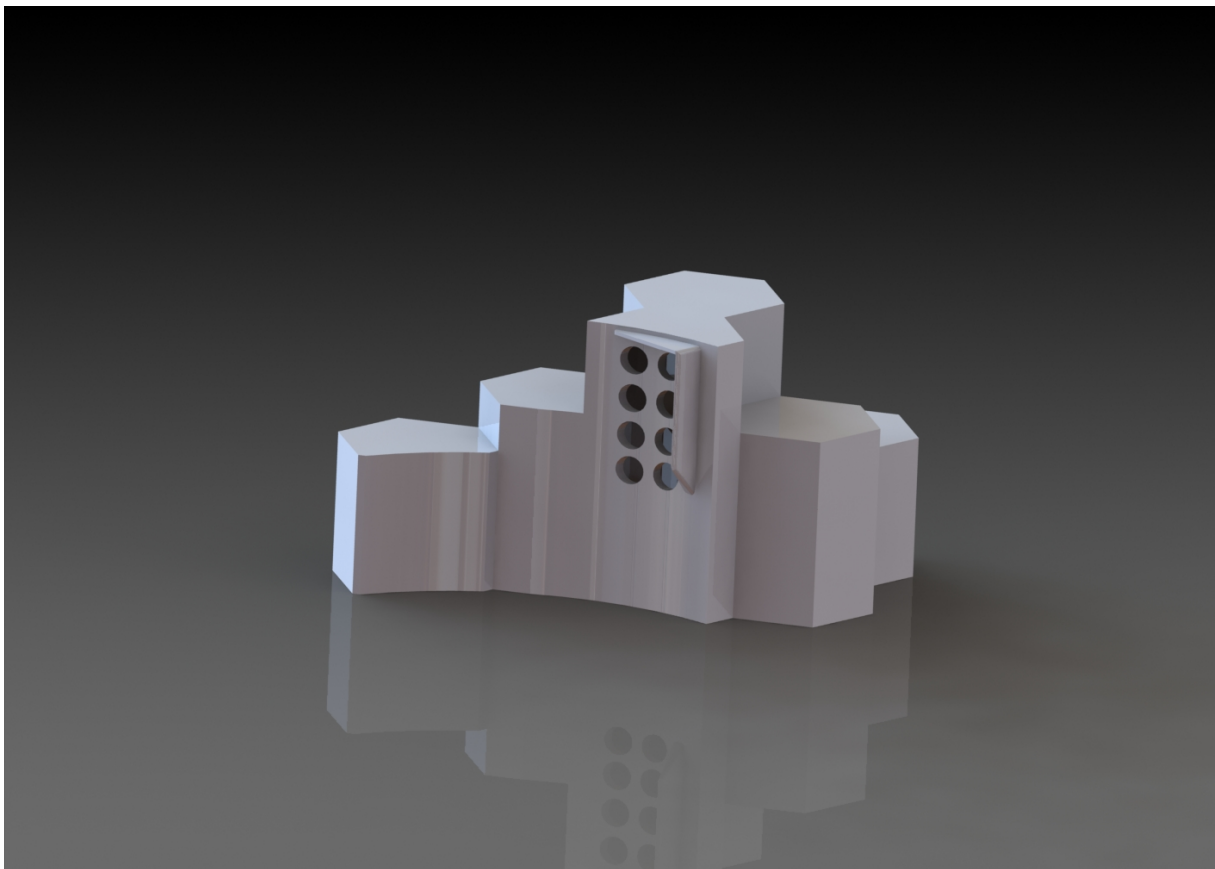


Slika 24: Velikanov prehod

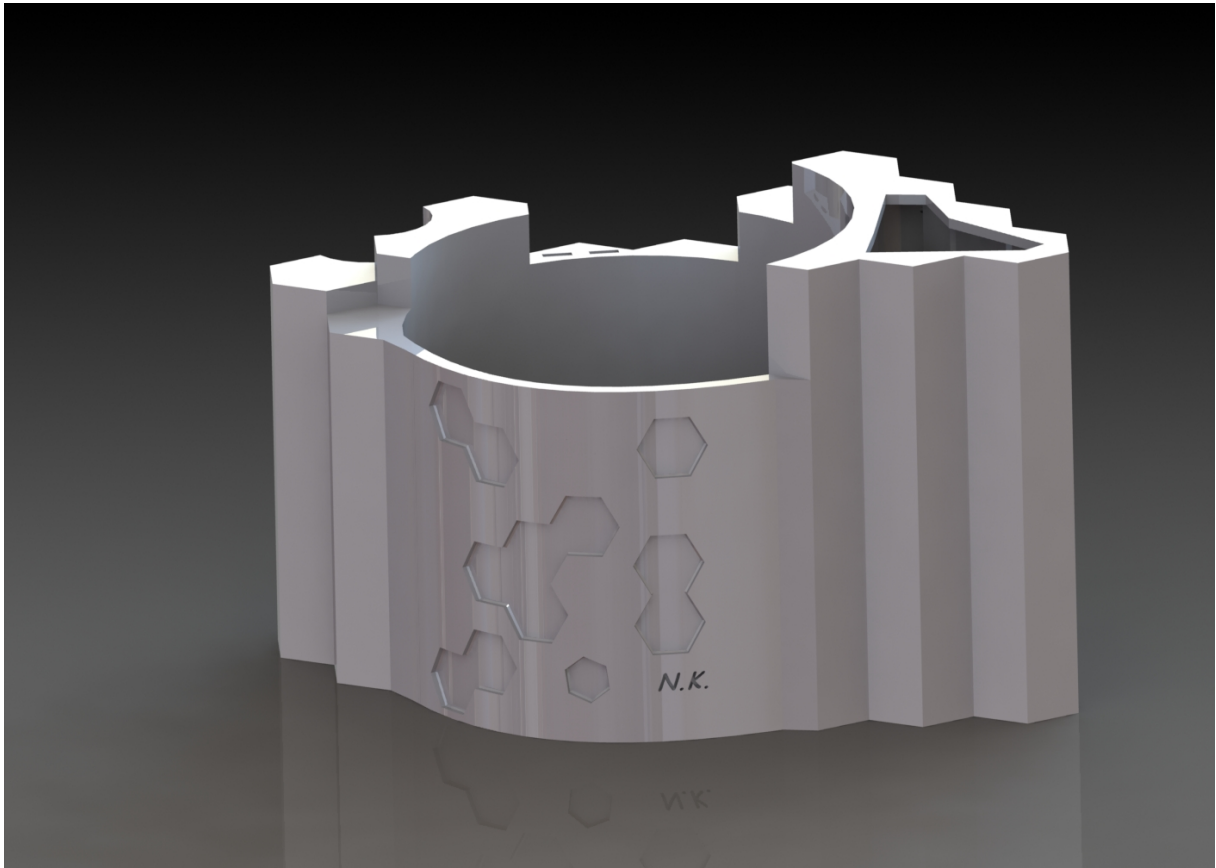
To obliko sem potem hotel spremeniti, vendar me je prepričala še ena naravna oblika, ki se pojavlja precej bližje, kot je Škotska. Navdihnili me je podobna oblika v Sloveniji, in sicer jo poznamo kot panj, ki ga gradijo čebele, še posebej Kranjska čebela, ki jo srečamo tudi na ozemlju Štajerske, kjer sem doma. Tako sem se odločil, da bom obdržal obliko, ki sem si jo prvotno zamislil.

Izrisovanje ideje

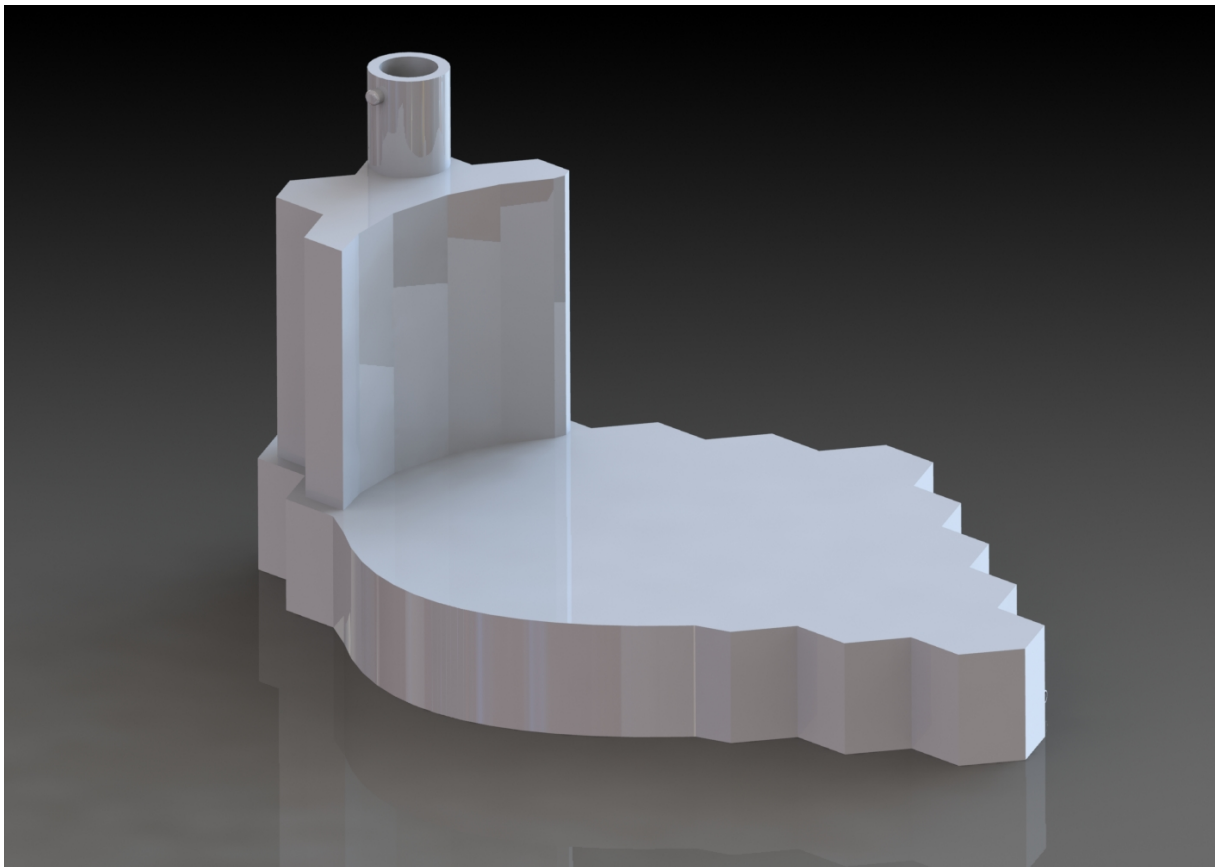
Naslednji korak je bilo dimenzioniranje in izvotljevanje ohišja, saj sem potreboval prostor za vse komponente. Skoraj pri koncu sem opazil, da je celotno ohišje preveliko za 3D-tiskanje, saj sem omejen na velikost 230 mm x 150 mm x 150 mm. Tako sem moral ponovno zrisati ohišje, vendar tokrat v več delih, ki sem jih natisnil, in potem sestavil skupaj. Narisal sem zgornji del ohišja, kjer bodo nameščene LED-diode, glavni del, v katerem je nameščena večina komponent, vključno z vezji, in rezervoar za vodo ter pokrovček zanj.



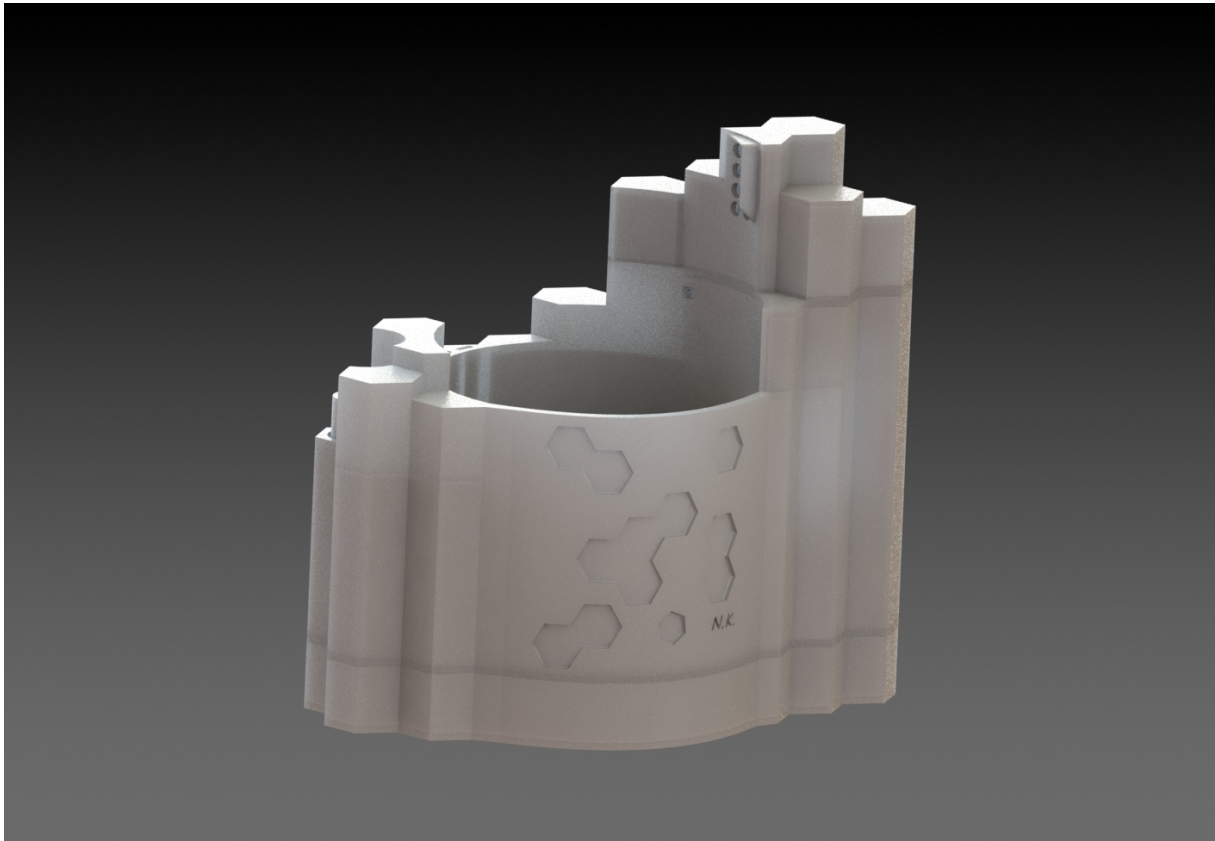
Slika 25: Zgornji del ohišja



Slika 26: Glavni del ohišja



Slika 27: Rezervoar



Slika 28: Sestavljeno ohišje

Vse dele naprave, ki sem jih izrisal, sem potem sestavil v programu s funkcijo assembly. Ta funkcija omogoča predogled sestavljene naprave pred samo izdelavo.

Priprava ohišja na 3D-tisk

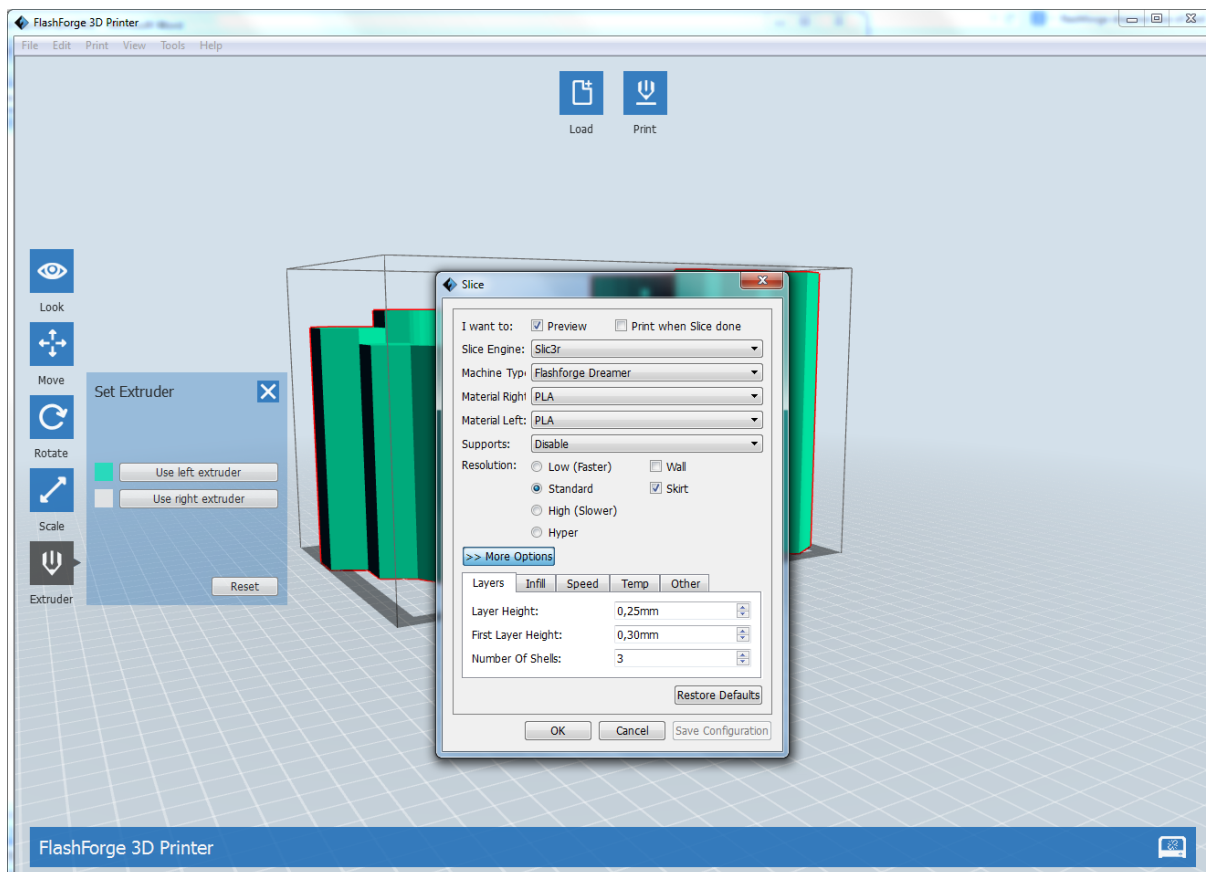
Vsi 3D-modeli se ne morejo 3D natisniti zaradi fizikalnih zakonov in materialov, ki enostavno ne morejo biti postavljeni v prazen prostor brez opore. Zato sem moral vsak del podrobno pregledati in ga popraviti, da ni imel preveč naklonov in takšnih oblik, ki bi se lahko med izdelovanjem sesedle ali se sploh ne bi izdelale. Tako sem tudi v rezervoar dodal nekaj podpor, da se ne bi njegov strop sesedel.



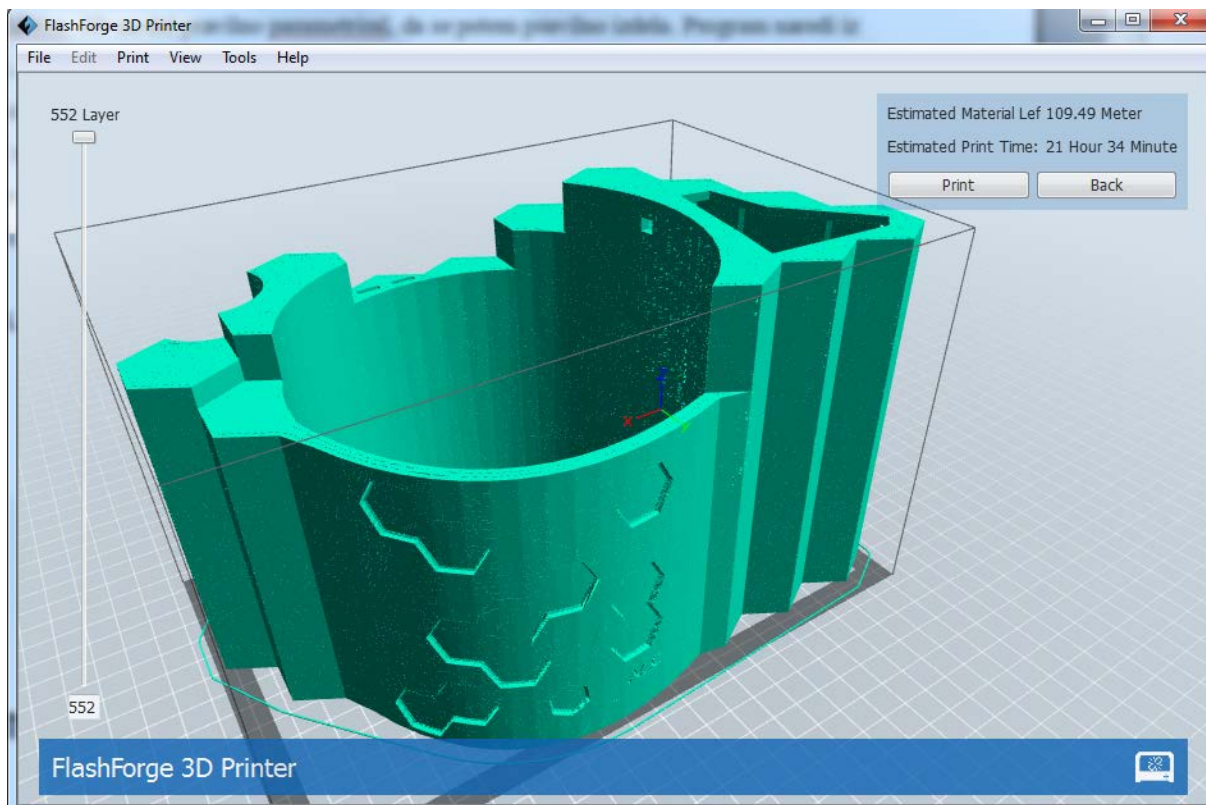
Slika 29: Rezervoar z oporami

Iz programa SolidWorks sem datoteko shranil v .STL-obliko, ker program FlashPrint, ki ga uporabim za nadaljnje obdelovanje 3D-modelov, podpira to obliko. Nato sem v programu FlashPrint 3D-model pravilno parametriral, da se nato pravilno izdela. Program naredi iz .STL-oblike strojno G-kodo, ki jo prepozna in uporablja 3D-tiskalnik FlashForge Dreamer. Tiskalnik ima možnost natančnosti do 0.08 mm, vendar sem za ta projekt izbral natančnost 0.25 mm, saj je to ravno pravo razmerje med kakovostjo in porabo materiala. Za glavni del in za rezervoar bo tiskalnik porabil približno 110 m PLA-materiala in 21 ur na posamezen kos.

Približno oceno časa in porabo materiala pa izračuna program FlashPrint.



Slika 30: Program za pripravo 3D-tiskanja FlashPrint



Slika 31: Program FlashPrint izračuna približno porabo.

Uporaba PLA-materiala za izdelavo ohišja

Plastika PLA (oz. polilaktid) je material na osnovi obnovljivih virov, na primer koruznega škroba ali sladkornega trsa, zaradi česar je biorazgradljiva snov. Glava tiskalnika topi PLA pri temperaturah med 190 °C in 240 °C, odvisno od dodanih barvil, ki najbolj vplivajo na temperaturo tališča. Uporabil sem belo barvo, premera 1,75 mm, in ugotovil, da najbolj ustreza temperatura 195 °C. Na posameznem kolutu je lahko 0,25 kg, 0,5 kg ali 1 kg materiala. Sam sem na uporabil kolut z 1 kg materiala.

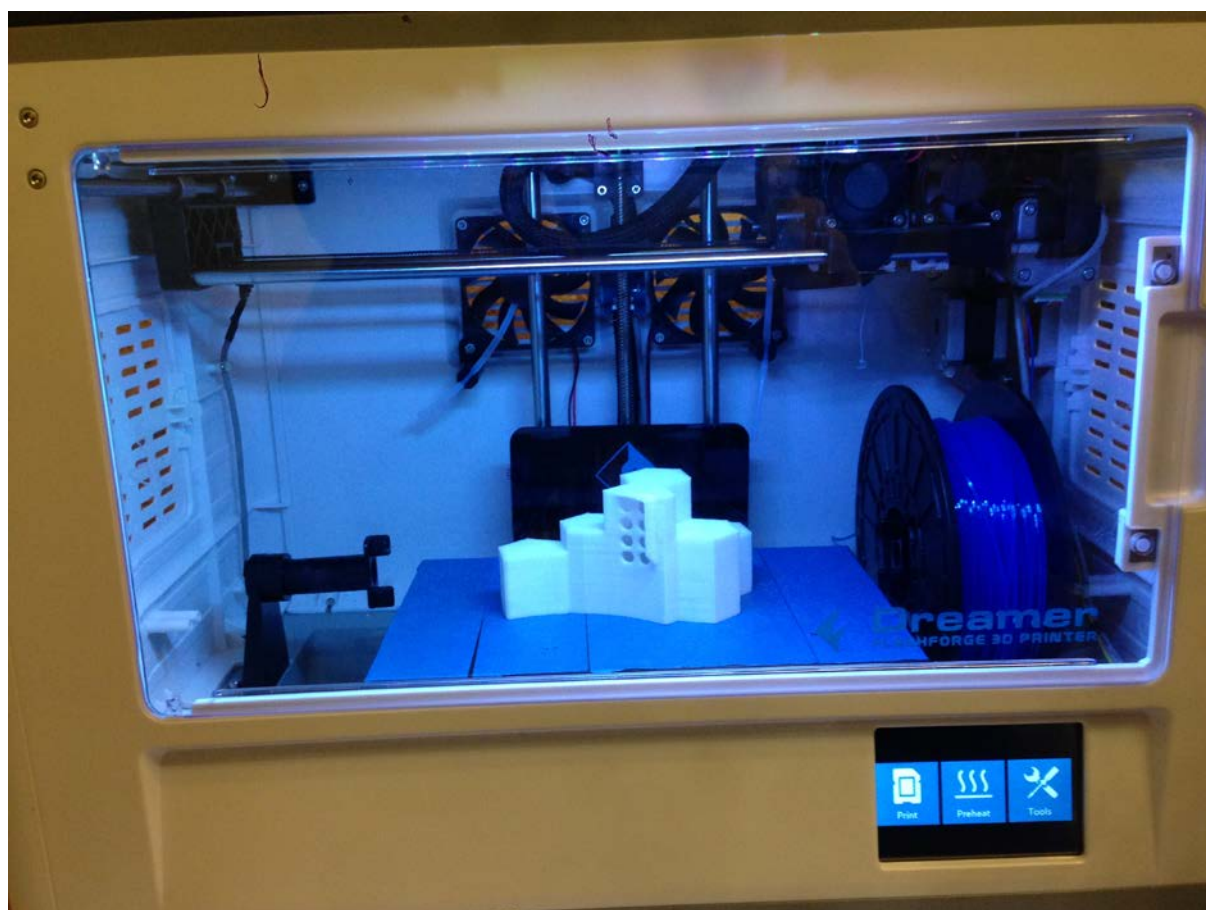


Slika 32: Material PLA-kolut

3D-tiskanje

Zgornji del

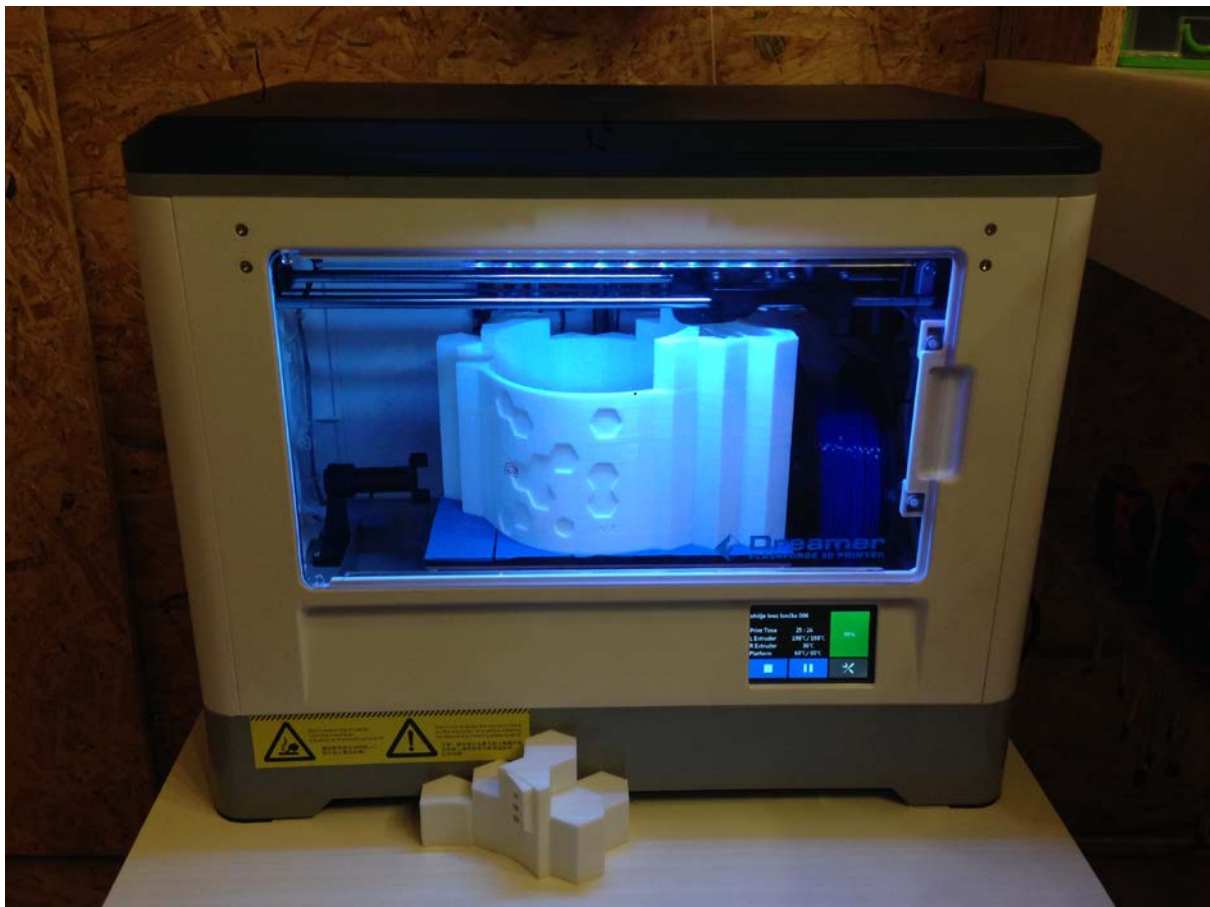
Najprej sem natisnil zgornji del, saj sem ga potreboval najprej, da sem lahko vanj namestil vse komponente. Zanj sem porabil 45 m PLA-materiala in 6 ur časa.



Slika 33: 3D-izdelava zgornjega dela ohišja

Glavni del

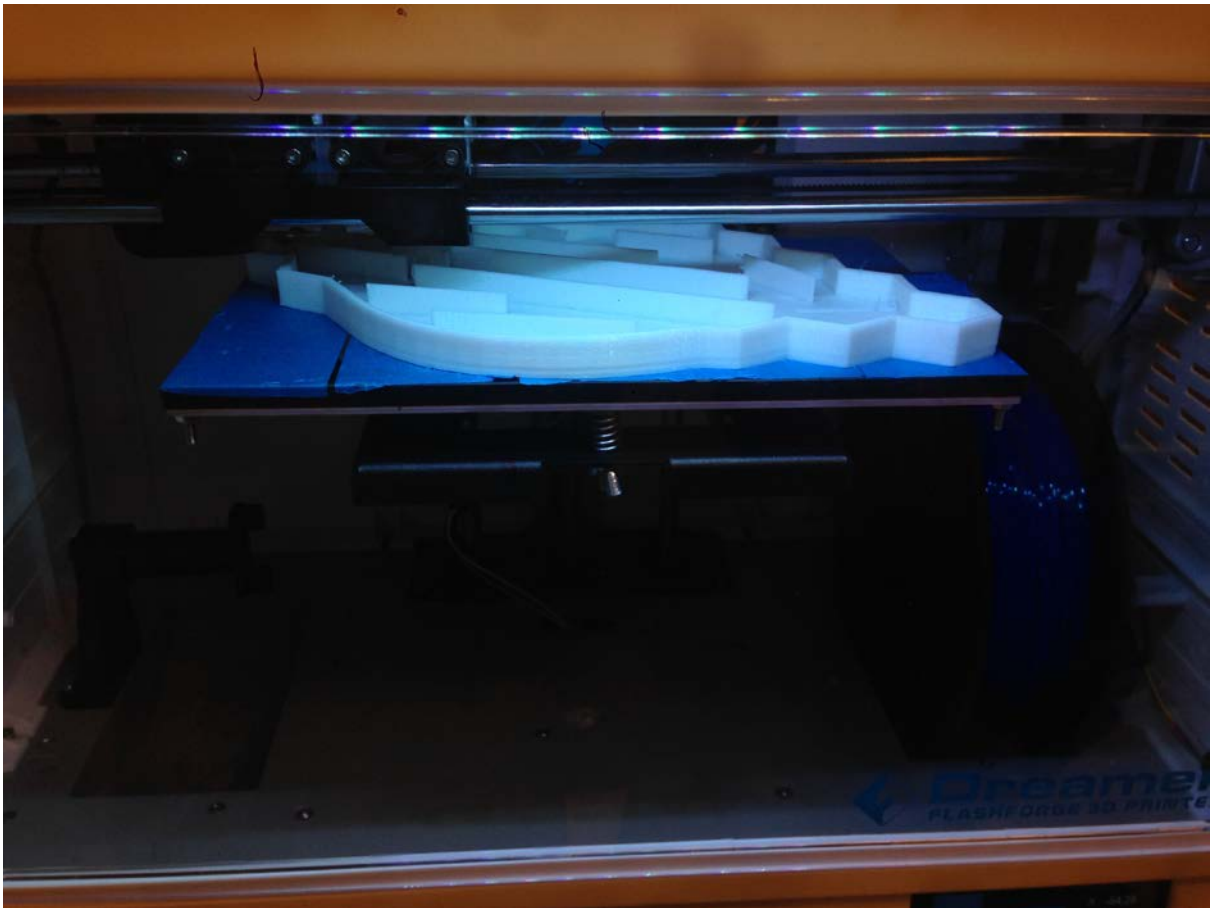
Sledilo je tiskanje glavnega dela, kajti zgornji in spodnji del sta povezana in oba potrebna pri montaži komponent. Šele ko sta bila izdelana oba dela, sem lahko začel z montažo. Za glavni del sem porabil 130 m PLA-materiala in 24 ur časa.



Slika 34: 3D-tiskanje glavnega dela ohišja

Rezervoar

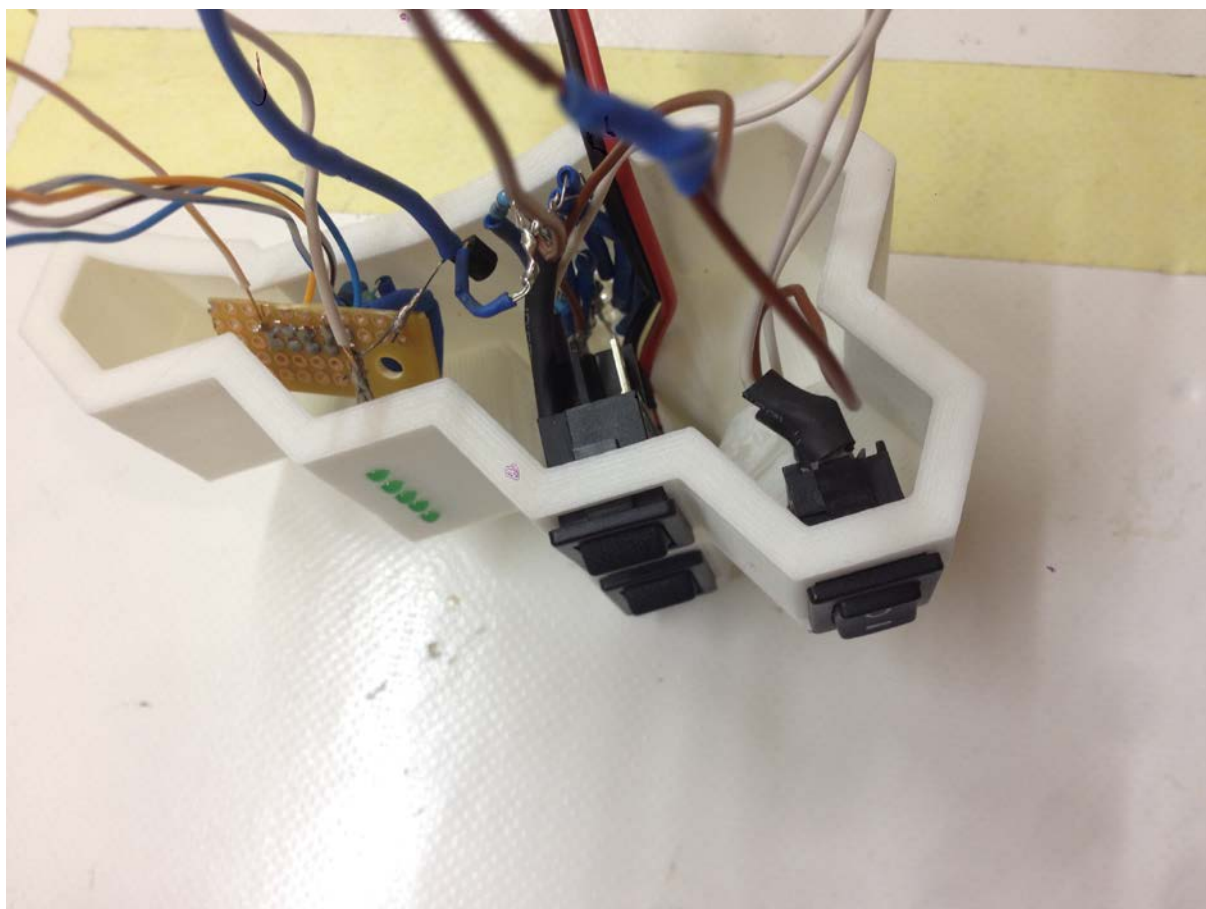
Rezervoar sem dal natisniti v 3D-obliko nazadnje, kajti na njem ni potrebno postoriti dodatnega dela ali vgraditi kakšno komponento. Zanj sem porabil 100 m PLA-materiala in 19 ur časa.



Slika 35: 3D-tiskanje rezervoarja

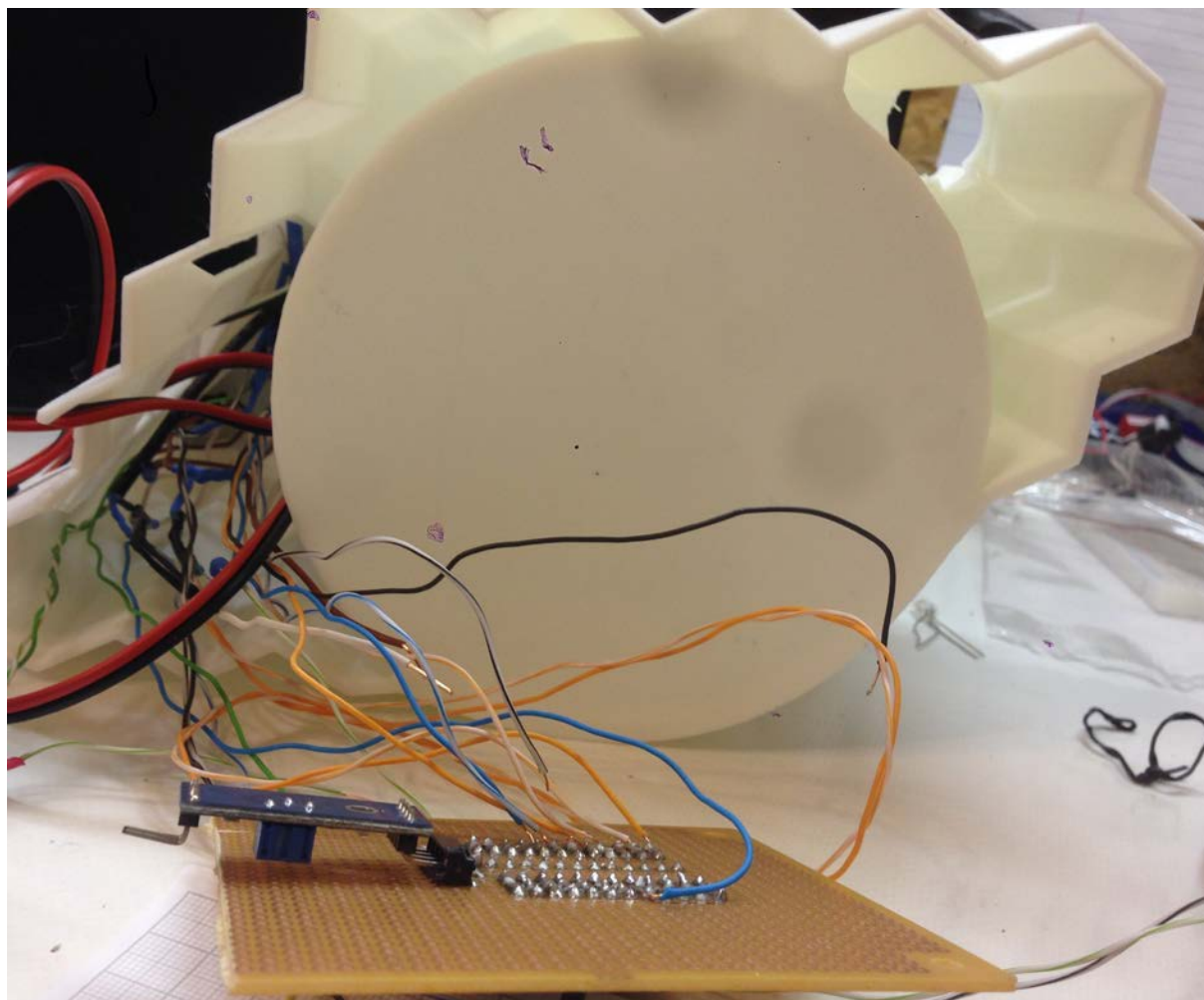
Montaža

Zelo pomemben korak projekta je montaža, ki se lahko izvede, ko imamo delujoče vse podsisteme. Najprej sem v zgornji del namestil vse LED-diode in tri mini klecna stikala, s katerimi lahko izbiramo med tremi podprogrami, med možnostjo avtomatskega (»smart«) delovanja ter zadnje, stikalo za glavni izklop in vklop naprave.



Slika 36: Zgornji del s komponentami

Nato sem se lotil montaže komponent v glavni del. Vanj sem vstavil mini vodno črpalko, ki je povezana z eno cevko na rezervoar, z drugo pa na šobo za zalivanje, ki je nameščena na glavnem delu ohišja. V glavni del sem vstavil tudi vsa vezja, ki so povezana z LED-diodami in z mini klecnimi stikali v zgornjem delu. V tem delu ohišja sem moral najti prostor tudi za baterije AAA, ki so povezane s sončno celico. Ta je prav tako nameščena na ohišje, vendar na že vnaprej določeno mesto na zunanji zadnji strani. Ta del ohišja tako vsebuje krmilni in napajalni del naprave.



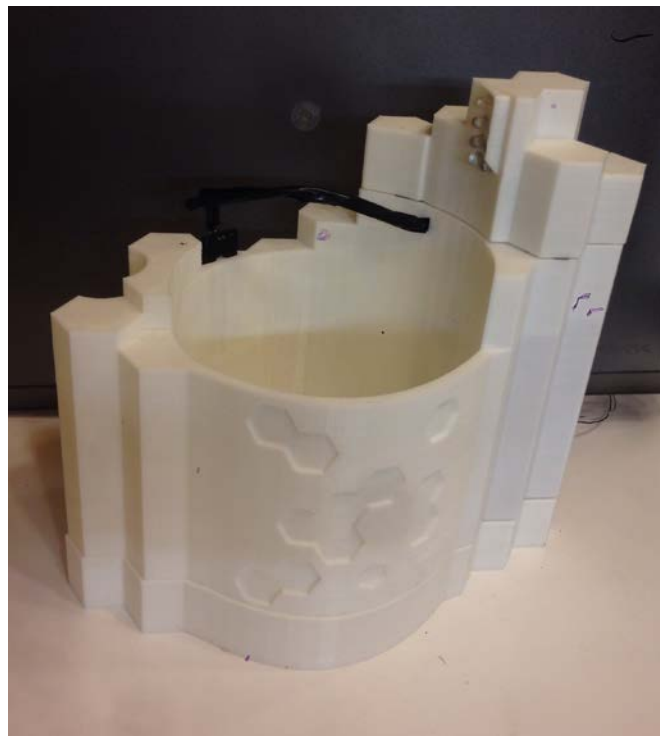
Slika 37: Glavni del med montažo komponent

Posebne montaže rezervoarja ni, vendar pa kljub temu igra pomembno vlogo, saj je nameščen na spodnji strani naprave. Tako ima rezervoar ne samo vlogo zadrževanja vode, ampak tudi pokriva in ščiti spodnji del glavnega ohišja, kjer je vsa elektronika. Na rezervoarju je tudi del, na katerega se natakne cevka, ki je napeljana na mini vodno črpalko.

Preizkus delovanja

Med programiranjem sem večkrat preizkušal samo program in za aktuatorje uporabljal LED-diode. Po potrebi sem ga tudi popravljaj. Na končnem preizkusu delovanja pa sem prvič uporabil mini vodno črpalko in dodatna vezja, ki sem jih izdelal sam.

Preizkus delovanja je izdelek prestal uspešno, vendar samo en cikel, kajti za pravilen preizkus je potreben večji časovni interval (najmanj en mesec). Tako se sedaj izvaja še en preizkus delovanja, ki bo trajal dlje časa, saj bom le tako lahko pravilno ocenil delovanje in ugotovil morebitne napake, ki so lahko prisotne.



Slika 38: Celoten sestavljen izdelek

Ugotovitve in rezultati

Na začetku raziskovalne naloge sem si postavil pet hipotez. Med samim izdelovanjem naprave za avtomatsko vzdrževanje rastlin pa sem le-te potrdil oziroma ovrgel.

Vzdrževanja več različnih rastlin.	✓
Vzdrževanje tudi zahtevnejših vrst.	✓
Avtonomno delovanje več dni.	✓
Za vir napajanja se uporabi obnovljivi vir energije.	✓
Estetsko oblikovano ohišje, ki je izdelano s pomočjo 3D-tiskalnika-	✓

Raziskovalna naloga se je izkazala za uspešno, zelo sem zadovoljen, da sem lahko potrdil vse hipoteze, ki sem si jih zadal. Kako uspešna bo naprava na daljše obdobje njenega delovanja bo pokazal čas, vendar menim, da se bo tudi takrat odrezala enako, kot se je sedaj.



Slika 39: Končni izdelek z rastlino

Zaključek

Pri raziskovalni nalogi sem moral uporabiti veliko znanja, ki sem ga pridobil skozi leta šolanja, veliko pa sem se moral naučiti na tujih spletnih straneh in forumih, na katerih so mnenja in rešitve za podobne težave, s katerimi sem se srečeval tudi sam. Že od začetka sem vedel, da sem si zadal težko nalogo, vendar me je to motiviralo za nadaljnje delo. Skozi raziskovanje sem se soočil z mnogimi težavami, ki pa sem jih sproti odpravljaj. Posebej zanimivo je bilo spoznavati področje 3D-tiskanja, saj ima malo podpore, ker še ni zelo razširjeno. Pri 3D-tiskanju sem se neposredno srečal tudi s 3D-modeliranjem, ki je moralo biti zelo natančno, hkrati pa tudi estetsko ter zanimivo. V to nalogo je bilo vloženega veliko truda, vendar se je izplačalo, ker je izdelek še boljši kot sem si ga zamislil. Z njim sem zelo zadovoljen, vendar pa opažam, da bi lahko na izdelku še marsikaj izboljšal in dodal.

Celoten projekt je bila zelo zanimiva izkušnja in velika preizkušnja zame, v prihodnosti pa se že veselim večjih in zahtevnejših projektov.

Zahvala

Zahvaljujem se svojimima mentorjema g. Mateju Vebru, univ. dipl. inž., in g. mag. Andru Glamniku, univ. dipl. inž., ker sta mi pomagala pri reševanju problemov, na katere sem naletel in me med izdelavo samodejnega vzdrževalca rastlin spodbujala ter motivirala.

Zahvaljujem se vsem, ki so svoja mnenja, rešitve težav in svoje znanje delili na spletnih forumih.

Zahvaljujem se tudi pomoči Alison Dolar, ki mi je s svojim strokovnim znanjem o rastlinah pomagala, mi posredovala pomembne informacije o vzdrževanju rastlin in njihovih potrebah za rast.

Zahvalil bi se tudi svojim staršem, ki so mi stali ob strani skozi celoten projekt in ga tudi finančno podpirali.

Hvala tudi prof. Brigiti Renner, ker mi je lektorirala celotno raziskovalno nalogo.

Viri in literatura

- [1] BARTENSCLAGER, J. Mehatronika. Ljubljana: založba Pasadena, 2009.
- [2] 3D-MATERIAL (spletni vir). 2015. (citirano 25. 2. 2015). Dostopno na naslovu:
<http://www.imakr.com/>
- [2] ARDUINO (spletni vir). 2012. (citirano 11. 3. 2014). Dostopno na naslovu:
<http://www.arduino.cc/>
- [3] ČAS (spletni vir). 2015. (citirano 25. 2. 2015). Dostopno na naslovu:
<http://forum.arduino.cc/index.php?topic=42211.0>
- [4] FOTO UPOR (spletni vir). 2015. (citirano 25. 2. 2015). Dostopno na naslovu:
<http://bildr.org/2012/11/photoresistor-arduino/>
- [5] GARDUINO (spletni vir). 2014. (citirano 25. 2. 2015). Dostopno na naslovu:
<http://www.instructables.com/id/Garduino-Gardening-Arduino/>
- [6] LED (spletni vir). 2015. (citirano 25. 2. 2015). Dostopno na naslovu:
<http://screwdecaf.cx/sept.html>
- [7] SENZORJI (spletni vir). 2015. (citirano 25. 2. 2015). Dostopno na naslovu:
<https://blog.serverdensity.com/automatically-watering-your-plants-with-sensors-a-pi-and-webhooks/>
- [8] SONČNA CELICA (spletni vir). 2013. (citirano 25. 2. 2015). Dostopno na naslovu:
<http://www.robotroom.com/index.html>
- [9] TERMISTOR (spletni vir). 2015. (citirano 25. 2. 2015). Dostopno na naslovu:
<http://www.hacktronics.com/Tutorials/arduino-thermistor-tutorial.html>
- [10] VEZJA (spletni vir). 2015. (citirano 25. 2. 2015). Dostopno na naslovu:
<http://www.eleccircuit.com/>