

»MLADI ZA NAPREDEK MARIBORA 2015«
32. SREČANJE

RAZVOJ KRMILNIKA ZA TESTNI HIDROPONIČNI SISTEM S SHRANJEVANJEM PARAMETROV

Raziskovalno področje:

RAČUNALNIŠTVO

INOVACIJSKI PREDLOG

Avtor:	MATIJA ŽIC
Mentor:	BREDA KVAR
Šola:	OŠ KAMNICA

JANUAR 2015

KAZALO

POVZETEK	3
SUMMARY	3
ZAHVALA.....	4
1 UVOD	5
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA IN CILJI.....	5
1.2 METODE IN TEHNIKE DELA	6
2 POTEK DELA	6
2.1 Vrste hidroponskih sistemov in njihove zahteve.....	6
2.2 Krmilniki za poplavni sistem, ki jih lahko trenutno kupimo.....	8
2.3 Priprava hidroponskega sistema.....	8
2.4 Izdelava poplavnega hidroponskega sistema.....	9
2.5 Priprava krmilnega sistema	10
2.5.1 Komponente krmilno nadzornega sistema.....	10
2.5.1.1 Senzorji.....	10
2.5.1.2 Aktuatorji	13
2.5.1.3 Mikrokrmilnik	13
2.5.1.4 Podatkovna baza MYSQL.....	17
3 DRUŽBENA ODGOVORNOST.....	19
4 ZAKLJUČEK.....	20
PRILOGA 1:	21
VIRI.....	22

KAZALO SLIK

Slika 1: Skica mojega hidroponskega sistema (avtor naloge).....	8
Slika 2: Moj hidroponski poplavni sistem (avtor naloge).....	9
Slika 3: Senzor nivoja vode (avtor naloge).....	10
Slika 4: Senzor pH (avtor naloge).....	11
Slika 5: Senzor EC (avtor naloge).....	11
Slika 6: Senzor osvetlitve (http://www.instructables.com/file/FV7XSPLYHLZRHAJF).....	12
Slika 7: Senzor temperature (avtor naloge).....	12
Slika 8: Senzor pretoka (avtor naloge).....	12
Slika 9: Elektromotorni ventil (avtor naloge).....	13
Slika 10: Odprtokodna platforma.....	14
Slika 11: Modeli krmilnikov.....	14
Slika 12: Arduino ploščica (avtor naloge).....	14
Slika 13: Nastavitev na izbrano ploščico (avtor naloge).....	15
Slika 14: Izbrano razvojno okolje (avtor naloge).....	15
Slika 15: Izbrani Arduino mega 2560.....	15
Slika 16: Nastavitev serijskih vrat (avtor naloge).....	16
Slika 17: Ogled primerov (avtor naloge).....	16
Slika 18: Uporabljeni program (avtor naloge).....	16
Slika 19: Nalaganje programa (avtor naloge).....	16
Slika 20: Program (avtor naloge).....	17
Slika 21: Utripanje diode (avtor naloge).....	17
Slika 22: Dodajanje atributov v tabelo (avtor naloge).....	17
Slika 23: Izdelana tabela (avtor naloge).....	18

POVZETEK

V jesenskem času 2014 sem začel izdelovati hidroponski sistem s krmilnikom. Za osnovo mojega krmilnega sistema sem izbral mikrokrmilnik Arduino mega 2560, ki temelji na 8-bitnem procesorju ATmega2560.

Na spletu sem poiskal ustrezne senzorje in aktuatorje. Namestil sem jih na izdelan hidroponski sistem, njihove dobljene vrednosti periodično zapisujem v podatkovno bazo. Tako zapisani podatki mi omogočajo zgodovinski pregled delovanja sistema. S pomočjo tehnologije oblaka lahko preko računalnika ali mobilne naprave dostopam do pridobljenih podatkov.

Hidroponski sistem in uspevanje rastlin v njem lahko opazujem kadarkoli in kjerkoli, saj sem na sistem priklopil IP kamero Mobotix M25.

Moja želja je, da bi lahko na sistem vplival tudi na daljavo ter imel ves čas tudi njegovo grafično predstavitev. Aplikacijo, ki bi mi to omogočala nameravam razviti v naslednjih mesecih.

SUMMARY

I have started building hydroponics system in the autumn of 2014. I choose Arduino mega 2560 microcontroller for heart of my system which is based on 8-bit processor ATmega 2560.

On the web I have found sensors and actuators. I install them on built hydroponics system and connect them to microcontroller. Readings from sensors and states of actuators are written periodically to database. Data stored in database enables me to have overview of operation of the system during the time. Data are available thru cloud technology to desktop and mobile application. Plant grooving and system performance can also be observed thru IP camera Mobotix M25 which I installed over the system. My goal is to be able to intervene in operation of the system from remote location (worldwide) which I will achieve with web application capable of controlling microcontroller.

ZAHVALA

Iskrena hvala mentorici, ki je spremljala potek in nastanek mojega inovacijskega projekta ter me spodbujala pri delu. Hvala mojemu očetu, ki mi je ves čas stal ob strani ter mi pomagal pri nakupu potrebnega materiala ter mi omogočil delovanje podatkovne baze MySQL v oblaku.

1 UVOD

Z računalnikom sva se spoprijateljila pri mojih šestih letih, ko sem s starejšo sestro začel igrati računalniške igre. Kmalu me igranje iger ni več zadovoljilo, hotel sem izvedeti več, kako igre nastajajo, zakaj lahko računalnik istočasno opravlja več stvari. Najbolj pa me pritegnilo to, da računalniki lahko opravljajo delo namesto ljudi. Z zbirko Lego – mindstorms¹ sem po navodilih izdelal in programiral robote. V meni je rasla želja po programiranju in sestavljanju naprav, ki bi opravljale različna dela in nadomestila človeka. Rad imam tudi vrtnarjenje, s katerim se ljubiteljsko ukvarjamo v naši družini. Na našem vrtu rastejo običajne vrtnine, radi pa se preizkusimo tudi z gojenjem novih in nenavadnih vrtnin, pri tem pa uporabljamo različne načine gojenja. Preko spleta smo se seznanili s hidroponiko². Na domačem dvorišču smo sistem tudi izdelali in se veselili pridelka.

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA IN CILJI

Spomladi 2014 smo na našem vrtu izdelali hidroponski sistem, v katerem smo gojili solato, feferone in paradižnike. Rastline so zelo uspevale. Težava se je pojavila, ko smo se odpravili na morje. Sistem brez nadzora in upravljanja ne bi mogel delovati, rastline bi propadle, zato smo za vzdrževanje morali zaprositi sosede.

Doma smo se dogovorili, da kupimo primeren sistem, ki omogoča samostojno delovanje. Po iskanju na splet, sem ugotovil, da ustreznega sistema ni mogoče kupiti ali pa je zelo drag.

V meni se je takrat porodila zamisel, da bi sam izdelal sistem, ki bi parametre (periodična sprememba nivoja rastne tekočine, osvetlitev, temperatura, vzdrževanje pH vrednosti in količine hranljivih snovi v rastni tekočini) v hidroponskem sistemu avtonomno vzdrževal ter me obveščal o nenadnih dogodkih v sistemu, kjerkoli že sem.

¹ Robota, ki je sam rešil Rubikovo kocko.

² Gojenje rastlin v vodi brez prsti.

Zadal sem si naslednje cilje:

- rastlinam zagotoviti pogoje primerne za rast,
- izdelati hidroponski sistem,
- z mikrokrmilnikom hidroponski sistem v celoti avtomatizirati tako, da bo lahko v večji meri avtonomen, hkrati pa bo omogočal nadzor nad sistemom na daljavo in pošiljanje opozoril ob nepričakovanih dogodkih v sistemu v realnem času,
- s kamero vizualno nadzirati delovanje sistema in rast rastlin.

1.2 METODE IN TEHNIKE DELA

Osnova inovacijskemu projektu je eksperimentalno delo, študij literature o hidroponskih sistemih, lastno kreativno delo.

V nalogi uporabljam naslednje metode: metoda analiziranja podatkov, metodo proučevanja virov, metodo primerjanja podatkov, metodo sinteze in analize podatkov, metodo ustvarjalnega mišljenja.

2 POTEK DELA

2.1 Vrste hidroponskih sistemov in njihove zahteve

V različnih virih sem našel opise različnih hidroponskih sistemov. Mojo pozornost so najbolj pritegnile:

- **aeroponika** – pri kateri ima rastlina korenine v zraku, vlažimo pa jih s hranilno raztopino s pomočjo razpršilcev, rastlina je pritrjena na oporo, ki podpira rastlino in koreninski sistem v zraku,
- **vodna kultura** – na posodo s hranilno raztopino (v katero s kompresorjem dovajamo zrak) je pritrjena plošča, skozi katero segajo korenine v raztopino,
- **NFT (nutrient film technique – tehnika hranilnega filma)** – tanka plast hranilne raztopine se pretaka po plastičnih kanalih, kjer se nahajajo korenine rastlin,
- **akvaponika** – »je sistem gojenja, pri katerem hkrati z rastlinami gojimo tudi ribe. Vodo iz akvarija čistijo rastline, ki vsrkajo organske snovi v obliki iztrebkov.« (Golob, 12.1.2015),
- **poplavni sistem** – deluje na principu plime in oseke, ki se izvede večkrat na dan.

Spoznal sem nekaj prednosti in slabosti takšnega gojenja rastlin.

Marjetka Krese (1989) navaja naslednje prednosti hidroponskega gojenja rastlin: posode lahko postavimo povsod, kjer je dovolj svetlobe, pridelek je večji, rastline zavzemajo manj prostora in dela je manj, kot pri klasičnem gojenju. Marko Devetak (2006) pa omenja tudi manjšo porabo vode in sredstev za zaščito rastlin.

Med slabostmi tega načina pridelave oziroma gojenja rastlin pa Marko Devetak (2006) omenja visoke začetne stroške, hitrejše odzivanje rastlin na rastne razmere, hitro širjenje škodljivcev in bolezni, pomanjkanje koristnih mikroorganizmov, nekatere rastline niso primerne za hidroponsko gojenje in substratov ni mogoče ponovno uporabljati.

Izbral sem poplavni hidroponski sistem, ki se mi je zdel najprimernejši, saj je primeren za vrtnarjenje v zaprtem prostoru, za gojenje nižjih rastlin in omogoča nadzor nad razporedom namakanja.

Ugotovil sem, da moram za zagotovitev optimalne rasti, nenehno nadzirati in uravnavati sledeče parametre:

- periodično spreminjanje nivoja rastne tekočine v koreninskem sistemu (koreninski sistem mora biti del časa namočen v substrat, del časa pa izpostavljen delovanju kisika v zraku, ki zavira razvoj gnilobe in plesni),
- substrat mora imeti konstantno primerno temperaturo, ki se giblje med 20 in 25 °C,
- substrat mora vsebovati zadostno količino makro (NPK) in mikro elementov (s kontrolo električne prevodnosti substrata lahko ocenimo vsebnost elementov v raztopini in ocenimo, kdaj je ustrezen čas za zamenjavo rastne raztopine),
- rastlinam moramo zagotoviti ustrezne pogoje osvetlitve (v fazi rasti potrebuje rastlina osvetljenost 12 do 14 ur in svetlobo v modrem spektru, v kasnejši fazi (cvetenje) potrebuje rastlina krajše čase osvetlitve med 6 in 8 ur ter svetlobo v rdečem spektru),

- substrat mora imeti konstantno pH vrednost 6 - 6.5 in ga moramo ustrezno zračiti.

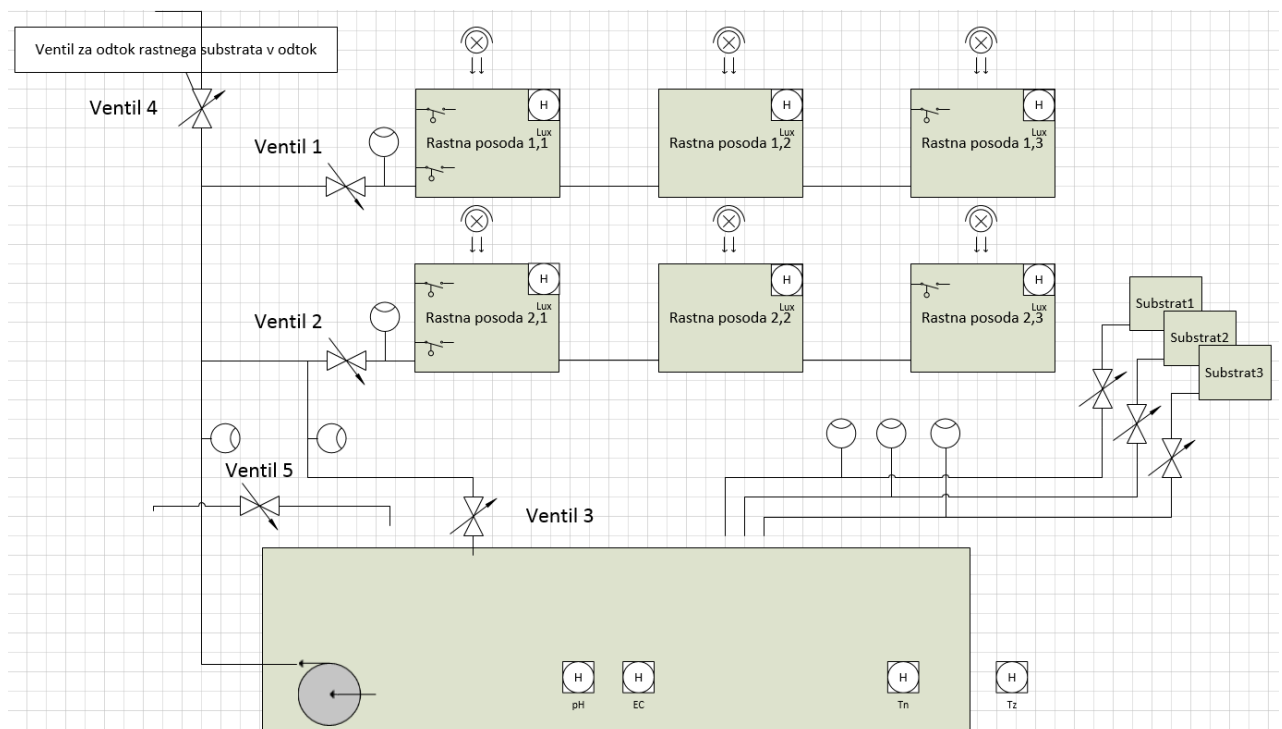
2.2 Krmilniki za poplavlni sistem, ki jih lahko trenutno kupimo

Na spletu sem našel samo en krmilnik³, ki bi ustrežal. Žal pa ima kar nekaj pomanjkljivosti:

- visoka cena,
- možnost povezave samo z računalnikom v lokalnem omrežju,
- nima mobilne aplikacije,
- ni razširljiv.

2.3 Priprava hidroponskega sistema

Po pregledovanju in izbiri sistema sem narisal skico, kako bo videti moj hidroponski vrtiček.



Slika 1: Skica mojega hidroponskega sistema (avtor naloge)

³http://store.americanhydroponics.com/NutriDose-I-System-with-Peristaltic-Pumps-p/95021.htm?_ga=1.162601151.2095468416.1418381664

2.4 Izdelava poplavnega hidroponskega sistema

S pomočjo skice in spletnih strani, kjer prodajajo opremo za hidroponiko sem naredil seznam materiala⁴. Pri nabavi pa se je nekoliko zatikalo. Nisem našel ustreznih posod, zato sem nabavil lonce za rože iz umetne snovi, ki so žal imeli luknje za odtekanje vode.

Lonce za rože sem uporabil tako, da sem z epoksi smolo zamašil luknje na dnu ter izvrtal luknje za dovodne in odvodne cevi. Cevi sem pritrdil in jih zatesnil. Posode sem povezal v sistem, tako kot sem si zamislil. V vsako posodo na začetku pretočne veje sem postavil dva merilca za zgornji in spodnji nivo vode. V vsako posodo na koncu pretočne veje pa merilec za zgornji nivo.

Za poganjanje vode po sistemu sem uporabil črpalko, ki sem jo namestil v zbiralni posodi. Prav tako sem namestil ventile, ki bodo skrbeli, da voda po sistemu potuje pravilno. V sistem sem namestil še vse ostale senzorcje za krmiljenje in delovanje sistema.



Slika 2: Moj hidroponski poplavni sistem (avtor naloge)

⁴ Priloga 1

2.5 Priprava krmilnega sistema

Najprej je potrebno izprazniti vodo iz posod z rastlinami. To storim tako, da odprem ventil 1, ventil 2 in ventil 3, ter zaprem ventil 4. Ti ventili skrbijo za pravilen pretok vode v in iz posod z rastlinami. Ko so vse rastne posode prazne zaprem vse ventile.

Nato odprem ventile za vstop vode v posode z rastlinami (ventil 1, ventil 2), vse ostale ventile pustim zaprte, ter vklopim črpalko. Ko so posode napolnjene do zelenega nivoja zaprem ventile (ventil 1, ventil 2) in izklopim črpalko. Nato počakam 20 minut in odprem izhodne ventile (ventil 1, ventil 2, ventil 3), da izpraznim posode. Med polnjenjem in praznjenjem posod spremljam pretoke vode in ugotavljam morebitne napake v sistemu.

Med delovanjem prav tako ves čas spremljam temperaturo vode in prostora, pH vode, ter prevodnost vode. Vse podatke sproti shranjujem v podatkovno bazo, ki se nahaja na strežniku.

Po določenem času se avtomatsko menja voda v sistemu. Odprem ventil 4, zaprem vse druge ventile, ter vklopim črpalko. Ko je posoda prazna, se črpalka ugasne in ventil 4 zapre. Nato ostanejo vsi ventili zaprti, razen ventila 5, ki natoči vodo v zbiralno posodo. Ko je posoda polna, zaprem ventil 5 in izmerim vsebnost mineralov v vodi in jih po potrebi dodajam.

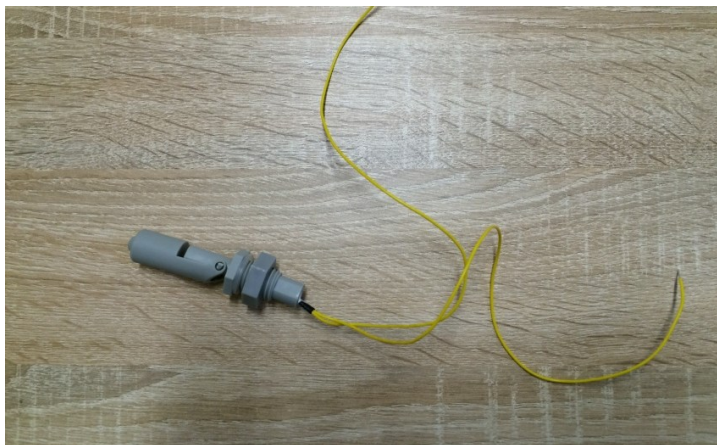
Ker je hidroponski sistem velikokrat v zaprtih prostorih in ni dovolj osvetljen, sem namestil tudi svetilke, ki imajo časovne vklope.

V sistem sem dodal tudi regulacijo gretja vode in prostora v katerem sistem deluje.

2.5.1 Komponente krmilno nadzornega sistema

2.5.1.1 Senzorji

- **Senzorji nivoja** – uporabljamo ga za merjenje nivoja vode v posodah.



Slika 3: Senzor nivoja vode (avtor naloge)

- **Senzor pH** – meri kislost vode. pH vrednost je merilo za kislost in bazičnost in se giblje med 0 in 14. pH. Če ima voda pH vrednost 7 je nevtralna. Torej ni ne kislina ne bazična. Merjenje pH vrednosti je zelo pomembno, saj mnoge rastline lahko uspevajo le pri določenih pH vrednostih. Glede na izmerjeno vrednost pH lahko po potrebi dodajamo pH regulatorje.



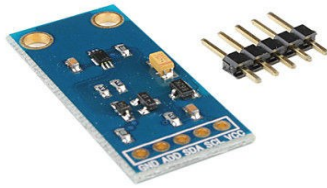
Slika 4: Senzor pH (avtor naloge)

- **Senzor EC** – meri prevodnost vode. Pove nam koncentracijo gnojil v vodi. Glede na EC vrednost lahko uravnavamo pravilno koncentracijo gnojil v vodi. Koncentracija gnojil, ki jih rastlina rabi se skozi rast spreminja.



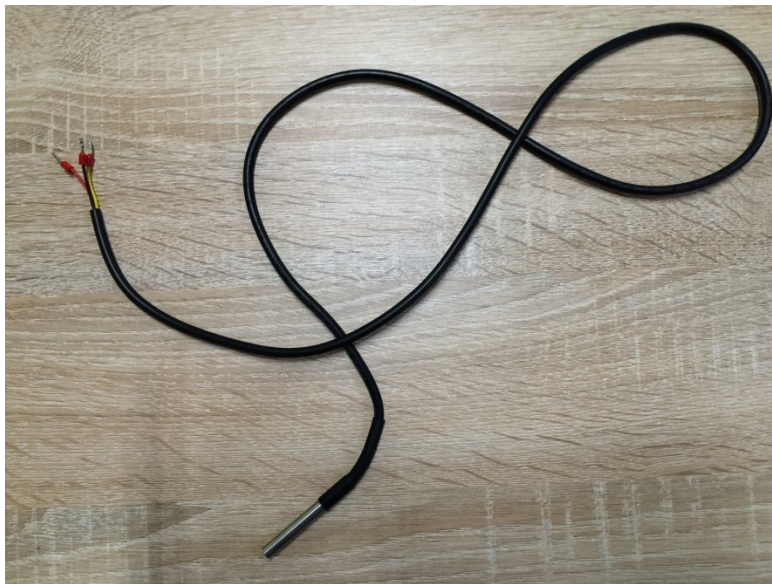
Slika 5: Senzor EC (avtor naloge)

- **Senzor osvetlitve** – meri osvetljenost rastlin.



Slika 6: Senzor osvetlitve (<http://www.instructables.com/file/FV7XSLYHLZRHAJF>)

- **Senzor temperature** – meri temperaturo vode in prostora.



Slika 7: Senzor temperature (avtor naloge)

- **Senzorji pretoka** – merijo količino pretočene vode, ter dejanski pretok vode v sistemu. Prav tako jih uporabljamo za merjenje količine doziranih mineralov v hidroponski sistem.



Slika 8: Senzor pretoka (avtor naloge)

2.5.1.2 Aktuatorji

- **Ventili pretočnih vej** – z njimi odpiramo in zapiramo pretok vode v posamezne veje.



Slika 9: Elektromotorni ventil (avtor naloge)

- **Ventil povratne veje** – skrbi za izpust vode iz posod z rastlinami v zbiralno posodo za vodo.
- **Dozirni ventili** - z njimi doziramo potrebne minerale v hidroponski sistem.
- **Črpalka** – skrbi za kroženje vode v sistemu.

2.5.1.3 Mikrokrmilnik

- **Arduino mega 2560**

Strojna zasnova – Arduino mega 2560 je mikrokrmilniška plošča, ki temelji na mikrokrmilniku ATmega1280. Ima 54 digitalnih vhodnih/izhodnih priključkov, 16 analognih vhodov, USB priključek, prikllop za napajanje in reset tipko.



Slika 10: Odprtokodna platforma

Arduino je odprtokodna strojna platforma, ki ima standardiziran strojni krmilnik in je odlična naprava za učenje programiranja mikrokrmilnikov.

Mikrokrmilnik je čip na katerega lahko naložimo program, kateri se pozneje izvaja na njem.

Na njega lahko priključimo različne senzorje kot so:

- temperaturni senzor
- merilnik vlage
- merilnik razdalje
- senzor svetlobe
- ethernet modul
- wifi modul
- releje
- uro
- bluetooth modul
-



Slika 11: Modeli krmilnikov

Krmilnik je na voljo v več različnih izvedbah⁵. Največkrat se uporabljajo naslednji modeli:

- Arduino UNO,
- Arduino LEONARDO,
- Arduino DUE,
- Arduino Yun,
- Arduino Micro,
- Arduino Esplora,
- Arduino MEGA 2560,
- Arduino MINI,
- Arduino NANO

Obstaja tudi model za vgradnjo v oblačila:

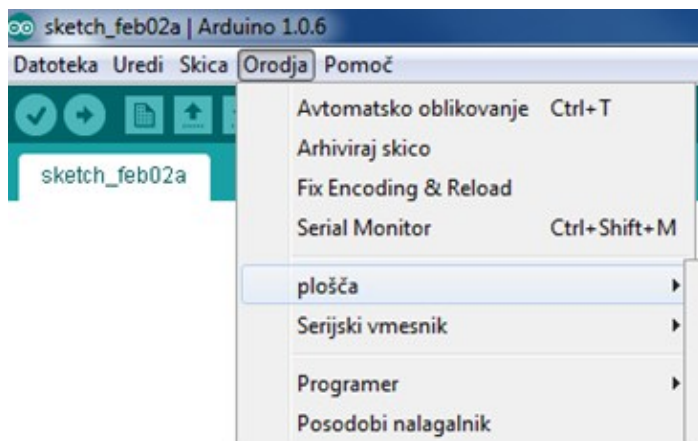
- LilyPad



Slika 12: Arduino ploščica (avtor naloge)

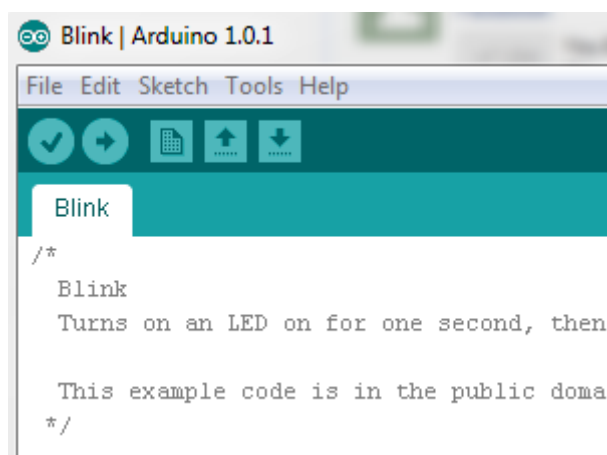
Arduino ploščico priključimo na računalnik preko USB kablo. Preko USB kablo nalagamo nanj tudi program za delovanje.

⁵ Različne modele si lahko ogledate na strani: <http://arduino.cc/en/Main/Products>



Pred pričetkom programiranja sem nastavil uporabljeno arduino ploščico.

Slika 13: Nastavitev na izbrano ploščico (avtor naloge)



Za pisanje programa sem uporabil razvojno okolje za Arduino⁶.

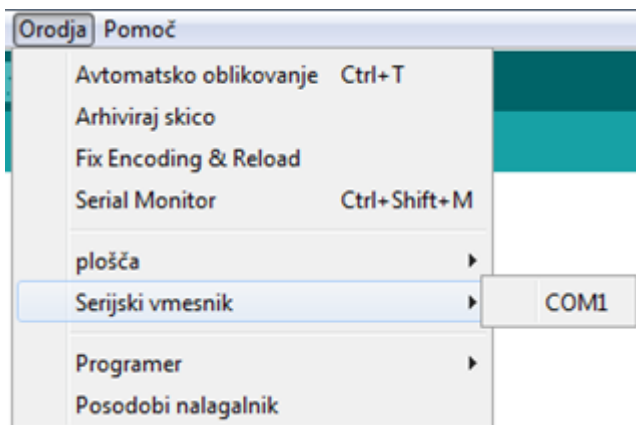
Slika 14: Izbrano razvojno okolje (avtor naloge)



V mojem primeru sem izbral Arduino mega 2560.

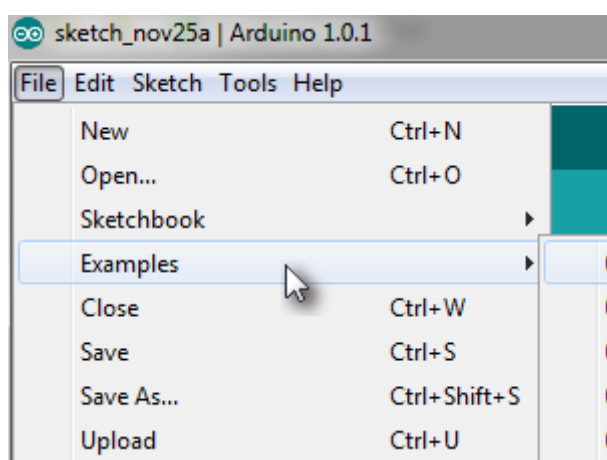
Slika 15: Izbrani Arduino mega 2560

⁶ Dostopna na: <http://arduino.cc/en/Main/Software>



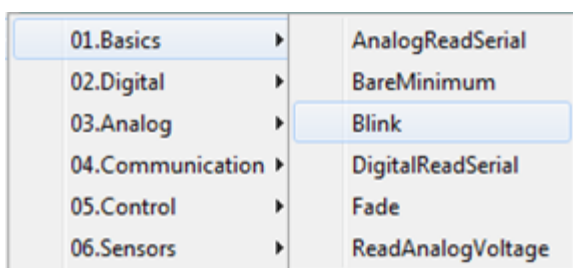
Slika 16: Nastavitev serijskih vrat (avtor naloge)

Nastavljanje serijskih vrat na katera je priključen Arduino.



Slika 17: Oglad primerov (avtor naloge)

Pred programiranjem, sem si ogledal primere, ki so že v okolju.



Slika 18: Uporabljeni program (avtor naloge)

Primeri so razvrščeni v različne kategorije. Za začetek sem uporabil program Blink v kategoriji Basics.



Slika 19: Nalaganje programa (avtor naloge)

Za nalaganje programa v mikrokrmilnik kliknemo na gumb na katerem je puščica, ki kaže v desno.

```

// the setup function runs once when
void setup() {
  // initialize digital pin 13 as an
  pinMode(13, OUTPUT);
}

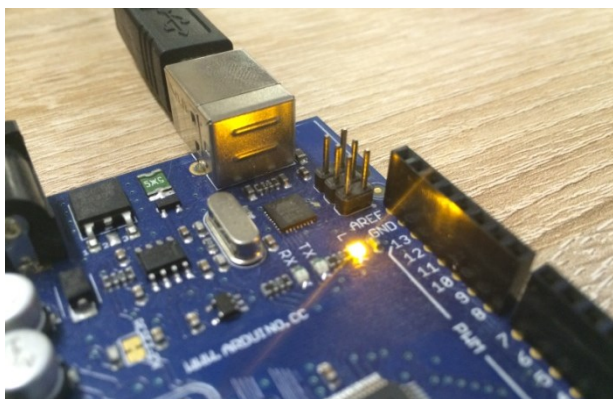
// the loop function runs over and ov
void loop() {
  digitalWrite(13, HIGH); // turn t
  delay(1000);           // wait f
  digitalWrite(13, LOW); // turn t
  delay(1000);           // wait f
}

```

Slika 20: Program (avtor naloge)

V programskem okolju se odpre izbrani program.

Program deluje tako, da prižiga LED diodo za eno sekundo, nato pa je LED dioda 1 sekundo ugasnjena. To se ponavlja v neskončnost.



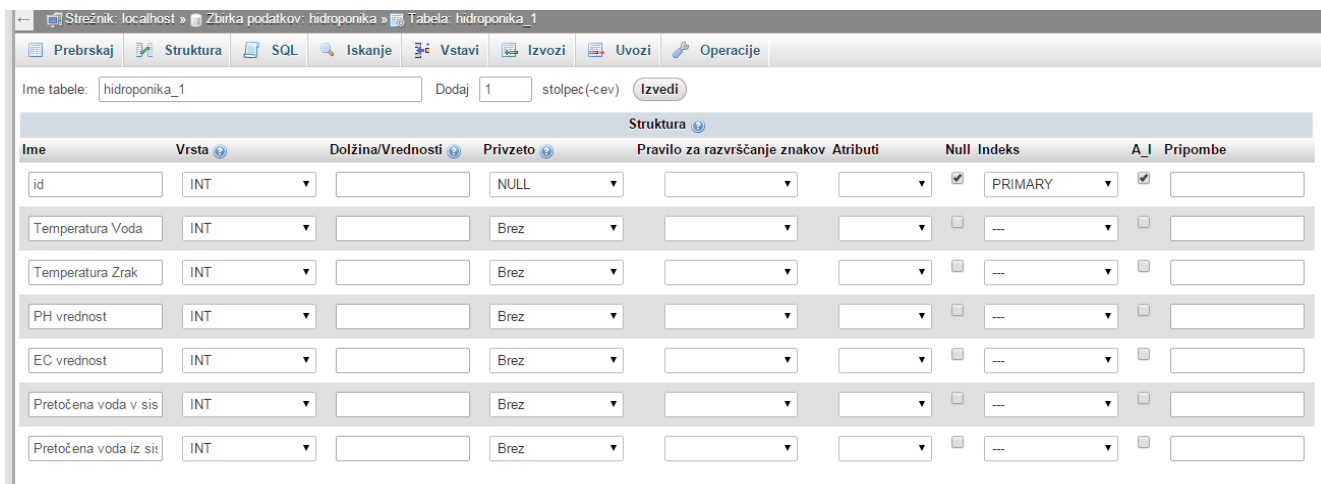
Slika 21: Utripanje diode (avtor naloge)

Po nekaj sekundah je program naložen in arduino bo začel z izvajanjem programa.

Led dioda bo začela utripati.

2.5.1.4 Podatkovna baza MYSQL

Za shranjevanje podatkov sem uporabil podatkovno bazo MySQL. Najprej sem izdelal potrebno podatkovno bazo za podatke. Nato sem dodal tabelo, ter vstavil attribute.



Slika 22: Dodajanje atributov v tabelo (avtor naloge)

#	Ime	Vrsta	Pravilo za razvrščanje znakov	Atributi	Null	Privzeto	I
<input type="checkbox"/>	1 id 🔑	int(11)			Ne	0	
<input type="checkbox"/>	2 Temperatura Voda	int(11)			Da	NULL	
<input type="checkbox"/>	3 Temperatura Zrak	int(11)			Da	NULL	
<input type="checkbox"/>	4 PH vrednost	int(11)			Da	NULL	
<input type="checkbox"/>	5 EC vrednost	int(11)			Da	NULL	
<input type="checkbox"/>	6 Pretočena voda v sistem	int(11)			Da	NULL	
<input type="checkbox"/>	7 Pretočena voda iz sistema	int(11)			Da	NULL	

Slika 23: Izdelana tabela (avtor naloge)

V tabelo dodajam vrednosti iz hidroponskega sistema, preko krmilnika Arduino in ethernet modula.

3 DRUŽBENA ODGOVORNOST

Samooskrba z zelenjavo je v Sloveniji na relativno nizkem nivoju. Moj sistem omogoča rast zelenjave in zelišč v urbanem okolju z minimalnim vložkom energije in dela. V takšnem sistemu si lahko zelenjavo pridelava vsak, tudi tisti, ki imajo o hidroponskem sistemu omejeno znanje.

Sistem zavzema malo prostora, prav tako pa omogoča gojenje rastlin v zaprtih prostorih.

Sistem je popolnoma skalabilen- velikost sistema lahko prilagodimo razpoložljivemu prostoru, od najmanjšega (dve posodi) do velikih sistemov (nekaj sto posod).

Sistem je primeren tako za kalitev, kot tudi za nadaljnjo rast rastlin ter cvetenje in oblikovanje plodov.

Sistem je sposoben zagotoviti svežo in zdravo zelenjavo, ki je od svojega rastišča do krožnika prepotovala le nekaj metrov, s tem pa smo se izognili tudi stroškom logistike.

S takšnim vzgajanjem zelenjave tudi nismo odvisni od vplivov letnih časov oz. od podnebja.

Samo predstavljajte si s kakšnim veseljem bi pojedli sveže jagode iz vašega »vrtička«, zunaj pa bi naravo pokrivala debela snežna odeja.

4 ZAKLJUČEK

Želim si, da bi moja ideja za vzgajanje sveže zelenjave, ki bo čim bolj samostojno deloval zaživel in s tem ljudem dal novo kvaliteto življenja.

Zavedam pa se, da bo potrebno opraviti še kar nekaj dela, saj sem na poti do končnega rezultata že sedaj naletel na kar nekaj težav.

Pri izdelavi sistema sem naletel na težave s tesnjenjem. Za izdelavo sem uporabil nenamenske komponente in cevne povezave, ki so namenjene za drugačno vrsto uporabe. Velika večina posod, ki so na tržišču ima v dno izvrtane luknje za odcejanje. Te luknje sem moral zamašiti, to sem storil z epoksi smolo. Čeprav se zadeva sliši enostavno, se je izkazalo, da zahteva določeno stopnjo natančnosti in iznajdljivosti.

Prav tako sem imel težave s tesnjenje alkatenn spojk s posodami. Prvotno tesnjenje sem hotel izvesti s teflonskimi tesnili, ki pa naloge niso zadovoljivo opravila. Vsa tesnila sem moral zamenjati s primernimi tesnili iz gume (O-ring).

Problem se je pojavil tudi pri nabavi ustrezne mrežice, na katero namestimo podstavek s kockami iz kamene volne (ustrezna velikost in oblika za ustrezno posodo).

Pri senzorjih nivoja se je pojavil problem z »debouncing«. Stikala nivoja so pri preklopu zaradi valovanja namesto čistega vklopa in izklopa, dala na izhodu serijo spreminjajočih se signalov. Zadevo sem rešil na aplikativnem nivoju arduino krmilnika s pomočjo histerezne zanke.

Zamik pri polnjenju posod sem rešil s pomočjo nivojskega senzorja v zadnji posodi in merilca pretoka tekočin v vsaki veji, uporabljeno tudi kot križni kontrolni mehanizem za nadzor delovanja senzorjev.

V alfa fazi delovanja sistema (testiranje z ročnimi posegi) sistem deluje po pričakovanjih.

Za čas beta testiranja (avtomatsko avtonomno delovanje sistema) sem predvidel 30 dni.

Če bo sistem uspešno prestal beta testiranje, bom v sistem nastavil prva semena. Hkrati pa se bom lotil razvoja web aplikacije, ki bo prikazovala delovanje sistema v realnem času in imela možnost posega v proces (dodajanje hranilnih snovi, sprememba pH vrednosti, zamenjava celotnega hranilnega substrata...).

PRILOGA 1:

SEZNAM POTREBNEGA MATERIALA

- plastična posoda (5l) 6 kom
- plastična posoda (80l) 1 kom
- plastična posoda za substrat 3 kom
- plastična podloga
- kocke iz kamene volne
- alcaten cev 20 mm (20 m)
- spojke za alcaten polietilenski - različne
- o-ring tesnila cca 12 kom
- ventil z elektromotornim pogonom 12,7mm (0.5") 5 kom
- črpalka 1 kom
- peristaltična črpalka 5 kom
- EC senzor 1 kom
- pH senzor 1 kom
- nivojski senzor 7 kom
- merilci pretoka tekočine 7 kom
- senzor temperature dalas18d20b 2 kom
- rastna svetilka LED 140W 1 kom
- senzor svetilnosti 6 kom
- mikrokrmilnik Arduino mega 2560
- napajalnik stabilizirani 12V 1kom
- napajalnik stabilizirani 5V 1kom

VIRI

- Devetak, Marko (2006): **HIDROPONSKO GOJENJE SOLATNIC NA RAZLIČNIH GOJITVENIH PLOŠČAH**. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani. Biotehniška fakulteta. Oddelek za agronomijo. Dostopno na URL naslovu: http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/dn_devetak_marko.pdf (15. 12. 2014)
- Instructables Dostopno na URL naslovu: <http://www.instructables.com/file/FV7XSLYHLZRHAJF> (20. 1. 2015)
- Krese, Marjetka, 1989, **HIDROPONIKA**, Ljubljana, Kmečki glas
- Mlakar, Mirjam (2014): **BIOKEMIJSKE LASTNOSTI TALNO IN HIDROPONSKO VZGOJENE SOLATE (*Lactuca sativa* L.)**. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani. Pedagoška fakulteta. Biotehniška fakulteta. Študijski program: Biologija in gospodinjstvo. Dostopno na URL naslovu: <http://pefprints.pef.uni-lj.si/2137/1/MlakarMirjam.pdf> (15. 12. 2014)
- <http://arduino.cc/en/Main/Software> (1. 5. 2015)
- <http://arduino.cc/en/Main/Products> (1. 5. 2015)