



VETRNA ELEKTRARNA

Elektrotehnika, elektronika in robotika

raziskovalna naloga

Avtorja:
Aljaž Bombek
Žan Molnar

Mentorja:
Vida Lačen
Franc Vrbančič

Ptuj, marec 2014

ZAHVALA

Zahvaljujemo se mentorjema, gospe Vidi Lačen in gospodu Francu Vrbančiču, za pomoč pri raziskovalni nalogi. Zahvaljujemo se tudi gospodu Vojku Jurgecu za prevod v angleščino in gospe Tatjani Pungračič za lektoriranje naloge.

POVZETEK

Avtorja raziskovalne naloge sva v raziskovalni nalogi opazovala količino električnega toka, ki ga proizvaja narejena vetrna elektrarna.

Spreminjala sva oddaljenost vetrne elektrarne od vira pogona (sušilnika za lase). To sva naredila tako, da sva sestavila vetrno elektrarno ter stojalo za sušilec za lase. Nato sva diodo priključila na eProDas vezje in preko primerne programa opazovala, kaj se dogaja z električnim tokom, ko sva oddaljevala sušilec za lase od vetrne elektrarne.

Že na začetku te naloge sva bila usklajenega mnenja, saj sva pričakovala, da se bo električni tok enakomerno zmanjševal, glede na razdaljo med obema rekvizitoma.

Ključne besede: algoritem, vetrna elektrarna, eProDas-Rob1

SUMMARY

The authors of this research paper decided to follow the value of an electric current produced by a wind power plant.

We decided to alternate the distance between the power plant and the wind source (i.e. a hairdryer). We built the wind power plant and a hairdryer stand. Then using a diode the produced electric current was connected to eProDas circuit; we then observed the electric current as the hairdryer was moving away from the power plant.

We were both of the same opinion, already at the beginning of writing this research paper, that the electric current would decrease proportionately according to the distance between the power plant and the hairdryer.

Key words: algorithm, wind power station, eProDas-Rob1

Strokovna terminologija

Kratica/Pojem	Pomen
Bascom Basic	Programsko orodje
FDTI	Elektronsko vezje, ki pretvarja serijsko zaporedje digitalnih podatkov v USB obliko in obratno.
mikrokrmilnik	Mikrokrmilnik je čip, ki vsebuje skoraj vse sestavine mikroračunalnika (procesor, notranji pomnilnik, vmesnike ...). Za popoln mikroračunalnik, mikrokrmilniku manjkajo le vhodno-izhodne enote (tipke, senzorji, elektromotorji, žarnice ...), ki niso primerne za vgradnjo v čip. Mikrokrmilnike srečamo v večini modernih elektronskih naprav, na primer v mobilnem telefonu, televiziji, v DVD-predvajalniku, v mikrovalovni pečici, v pralnem in pomivalnem stroju ...
LCD (Liquid Cristal Display)	Zaslona s tekočimi kristali.

Kazalo vsebine

1	UVOD	6
2	FIZIKALNE OSNOVE DELOVANJA VETRNICE.....	7
3	OPREDELITEV PROBLEMA IN RAZISKOVALNI VPRAŠANJI	8
3.1	Metode raziskovalnega dela.....	8
4	EMPIRIČNI DEL.....	9
4.1	Delovanje vetrne elektrarne.....	9
4.2	Sestavni deli.....	10
4.3	Programiranje.....	11
5	REZULTATI IN OCENITEV RAZISKOVALNIH VPRAŠANJ	13
6	ZAKLJUČEK	14
7	LITERATURA IN VIRI	15

Kazalo slik

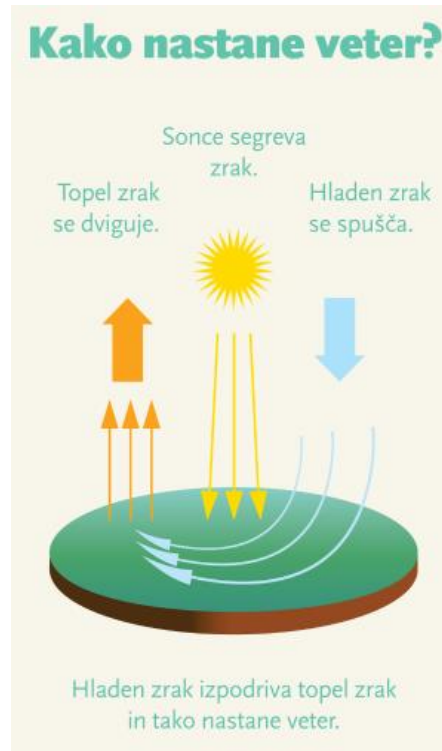
Slika 1: Nastanek vetra	6	
Slika 2: Pretvorba energije vetra	7	
Slika 3: Pogled na vetrnico od zgoraj	Slika 4: Pogled na vetrnico od strani.....	9
Slika 5: Funkcionalna shema vetrne elektrarne	9	
Slika 6: Vmesnik eProDas-Rob1.....	10	
Slika 7: FDTI-priključek	10	
Slika 8: LCD prikazovalnik	11	
Slika 9: Nameščanje programa Bascom-avr	11	
Slika 10: Diagram poteka merjenja napetosti	12	
Slika 11: Odvisnost napetosti od razdalje vira vetra	13	

Kazalo tabel

Tabela 1: Osnovni ukazi programskega orodja Bascom Basic.....	11
Tabela 2: Rezultati meritev.....	13

1 UVOD

Veter je v osnovi zrak, ki se premika. Kadar sonce zrak ogreje, se ta dvigne. Takrat priteče na njegovo mesto hladnejši zrak. Sonce spet ogreje ta mrzli zrak in tudi ta se dvigne, za njim pa spet priteče nov hladen zrak. To gibanje zraka imenujemo veter (slika 1).



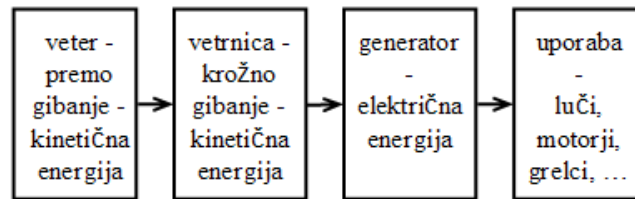
Slika 1: Nastanek vetra

(vir: www.modri-jan.si)

Hitrost vetra je zelo odvisna od kraja in časa ter se spreminja glede na vremenske razmere in letni čas. Človek je že zelo zgodaj začel izkoriščati energijo vetra za pogon ladij, mletje žita, ..., z razvojem elektro-generatorjev, pa tudi za pridobivanje tako imenovane zelene energije, saj z njimi izkoriščamo naravno energijo in pri tem ne oddajamo okolju nevarnih snovi kot pri nekaterih elektrarnah (termo elektrarnah).

2 FIZIKALNE OSNOVE DELOVANJA VETRNICICE

Osnova sistema za pridobivanje električne energije s pomočjo vetra je vetrnica, ki energijo vetra pretvori v mehansko ali električno energijo (slika 2).



Slika 2: Pretvorba energije vetra

Če vetrnici, na katero je vezan generator, dodamo regulacijska vezja ter shranjevalnike električne energije, lahko govorimo o vetrni elektrarni, ki je bila glavni predmet najinega raziskovanja.

Energija vetra je posledica gibanja zraka, kar v fiziki poznamo kot kinetično energijo:

$$W_{veter} = \frac{m \cdot v^2}{2} \text{ [Ws]} \quad \text{E.1}$$

Če upoštevamo, da je masa zraka, ki »steče« v določenem času skozi lopatice vetrnice enaka produktu volumna in gostote zraka, dobimo:

$$m = \rho \cdot S \cdot v \cdot t \text{ [kg]} \quad \text{E.2}$$

Ko vstavimo E.2 v enačbo E.1 dobimo:

$$W_{veter} = \frac{\rho \cdot S \cdot v \cdot t \cdot v^2}{2} = \frac{\rho \cdot S \cdot v^3}{2} \cdot t \text{ [Ws]} \quad \text{E.3}$$

Z upoštevanjem, da je energija produkt moči in časa, dobimo, da je moč vetra enaka:

$$P_{veter} = \frac{\rho \cdot S \cdot v^3}{2} \text{ [W]} \quad \text{E.4}$$

Moč vetra je odvisna od tretje potence hitrosti le-tega. Z upoštevanjem izkoristka je končna moč vetra enaka:

$$P_{veter} = k \cdot \frac{\rho \cdot S \cdot v^3}{2} \text{ [W]} \quad \text{E.5}$$

V enačbah smo upoštevali:

k - izkoristek vetrnice [/]

S - površina vetrnice [m²]

v - hitrost vetra skozi krake vetrnice [m/s]

ρ - gostota zraka $\frac{kg}{m^3}$

V resnici moč turbine ni čisto sorazmerna s tretjo potenco hitrosti vetra, saj koeficient Cp ni konstanten, marveč je v splošnem funkcija hitrosti vetra [1, 2].

Kot zanimivost bi omenila, da so prvo vetrno elektrarno v Sloveniji predali v uporabo 1. junija 2013. Elektrarna stoji na Griškem polju v bližini Dolenje vasi pri Senožečah. Njena moč znaša 2,3 MW.

3 OPREDELITEV PROBLEMA IN RAZISKOVALNI VPRAŠANJI

V raziskovalni nalogi sva se odločila, da bova iz odpadnih plastenk skušala izdelati vetrnico. Z dodatkom tuljav in magnetov, jo bova spremenila v vetrno elektrarno. Veter sva simulirala s fenom. Prvo raziskovalno vprašanje sva zastavila kot:

V1: Ali sva sploh sposobna sestaviti delujoč model vetrne elektrarne?

Pri dokazovanju tega vprašanja sva se dogovorila, da bo poskus uspešen, če se bo vetrnica vrtela in če se bo na njenih priključkih pojavila napetost in tok, ki bosta prižgala LED diodo. Pri delu nama odrasli niso smeli pomagati kaj več kot z nasveti, kje poiskati ustrezno znanje za izdelavo modela vetrnice. Lahko pa so nama pomagali pri nabavi potrebnega materiala.

V2: Kaj se dogaja z napetostjo, če se vir vetra oddaljuje od osi?

To je bilo najino drugo vprašanje. Predvidevala sva, da se bo napetost večala, ko bo vir vetra bližje vetrnici in manjšala, ko bova vir vetra oddaljevala od vetrnice. Glede na enačbo E.5, sklepava, da odnos med napetostjo in oddaljenostjo vira vetra ne bo linearen.

3.1 Metode raziskovalnega dela

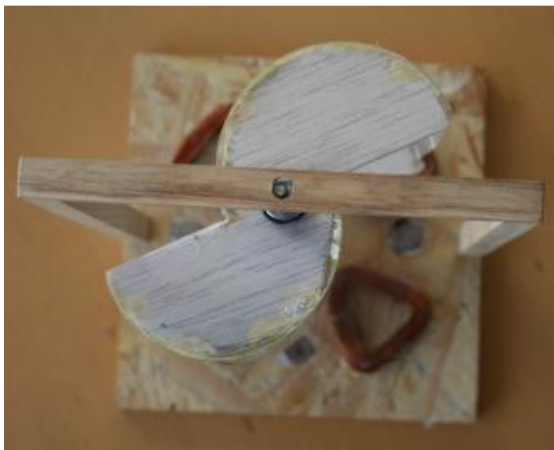
Pri raziskovalnem delu sva z metodo študije pisnih in drugih virov prišla do znanja, kako vetrnica sploh deluje in kaj vse vpliva na moč vetrnice, sočasno pa tudi do znanja, kako iz odpadnega materiala načrtovati in narediti vetrnico. Za preizkus delovanja vetrnice in posledično za dokazovanje predvsem drugega raziskovalnega vprašanja sva uporabila metodo empiričnega poskusa delovanja vetrne elektrarne.

4 EMPIRIČNI DEL

Glede na to, da nisva imela možnosti, da bi raziskavo lahko opravila v realnih razmerah in na dejanskih vetrnih elektrarnah, sva se odločila, da bova naredila model Savoniusove vetrne elektrarne, opisane v Svetu elektronike, št. 169 [3]. Plastenka, oster nož, primerno lepilo, letvice, magneti in tuljave ter LED dioda so osnovni material, potreben za izdelavo tovrstne vetrnice. Učilo eProDas-Rob1, osebni računalnik, LCD prikazovalnik, ojačevalnik ter znanje programiranja pa še dodatni material, s pomočjo katerega smo si meritev olajšali.

4.1 Delovanje vetrne elektrarne

Vir vetra – fen – vključimo, kar povzroči gibanje krakov vetrnice. Na krake vetrnice so pritrjeni štirje magneti. Bakrene tuljave so fiksno nameščene na spodnji strani vetrnice tako, da magneti ob vrtenju krakov prehajajo tik nad njimi. Magneti v tuljavah povzročijo inducirano napetost, ki jo zaznamo na izhodih le-teh (sliki 3 in 4).

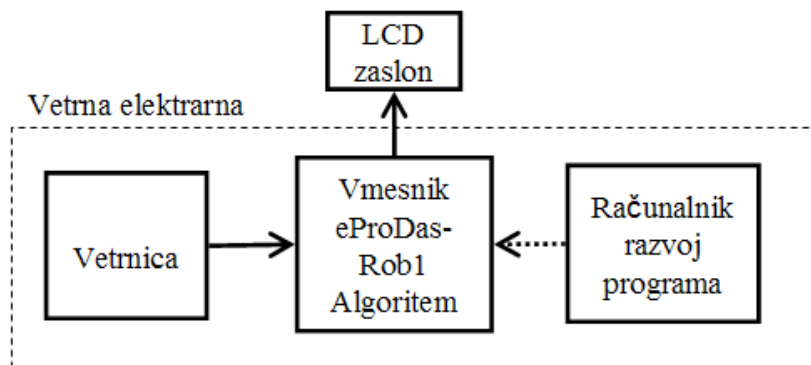


Slika 3: Pogled na vetrnico od zgoraj



Slika 4: Pogled na vetrnico od strani

Z mikroprocesorsko ploščico eProDas-Rob1 inducirano napetost izmerimo ter prikazemo na LCD prikazovalniku.

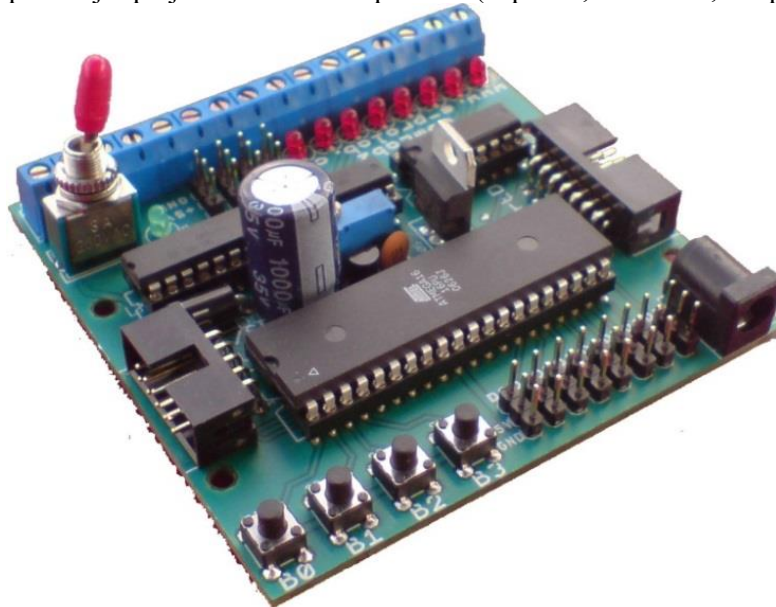


Slika 5: Funkcionalna shema vetrne elektrarne

4.2 Sestavni deli

Za izdelavo vetrne elektrarne sva potrebovala:

- vmesnik eProDas-Rob1 – vmesnik za delovanje uporablja mikrokontroler ATmega16 družine ATMEL. Le-temu je dodano še nekaj dodatnih elementov in kot celota nudijo uporabniku uporabno krmilje. Tako lahko z njim krmilimo različne električne naprave (motorji, lučke, LCD...) ali pa od njih prejemo koristne podatke (napetost, osvetlitev, temperaturo...)



Slika 6: Vmesnik eProDas-Rob1

(vir: Comlab)

- FDTI priključek – namenjen je za sinhronizacijo med mikrokontrolerom ter računalnikom. Priključek ni obvezen sestavni del voltmetra, saj bi mikrokontroler deloval tudi brez njega. Ker pa je glavna vloga tega voltmetra, da pošilja podatke računalniku, mora biti povezava med računalnikom in mikrokontrolerom nenehno vzpostavljena.



Slika 7: FDTI-priključek

(vir: Comlab)

- Les – iz tega materiala sva izdelala podlago za vetrnico, ogrodje vetrnice in stojalo za ventilator.
- Plastenke – uporabila sva jih za dve elisi ki sta pritrjeni na ogrodje.
- Navitje – pritrčila sva ga na spodnji del vetrnice pod magneti in je namenjeno temu, da proizvede energijo.
- Magneti - namestila sva jih na predelan CD z namenom, da je le-ta njihov nosilec.
- Železna palica – uporabila sva jo kot os, okoli katere se vrtijo lopatice.
- Matice – uporabila sva jih za fiksiranje lopatic na os.

- LCD prikazovalnik – uporabila sva ga za prikaz števila obratov.

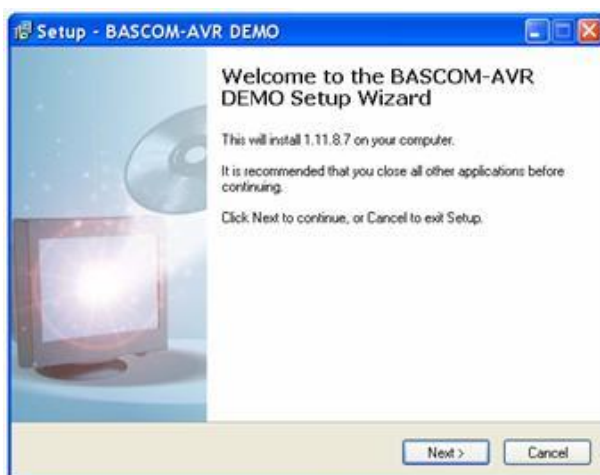


Slika 8: LCD prikazovalnik
(vir: Comlab)

4.3 Programiranje

Učilo eProDas-Rob1 smo programirali s programskim orodjem Bascom Basic AVR. Orodje je brezplačno dosegljivo na spletni strani <http://www.mcselec.com>. Omejitev brezplačne različice je, da prevedena koda ne sme presegati velikosti 4 kilobajta, kar popolnoma zadostuje našim potrebam [13, 15].

Namestitev programa je zelo enostavna. Z internetne strani <http://www.mcselec.com> presnamemo Zip datoteko in jo razpakiramo v neko novo mapo na računalniku. Med datotekami poiščemo datoteko *setupdemo.exe* in jo zaženemo. Največja prednost tega programa je ta, da je program brezplačen.



Slika 9: Nameščanje programa Bascom-avr
(vir: [13], Kušar)

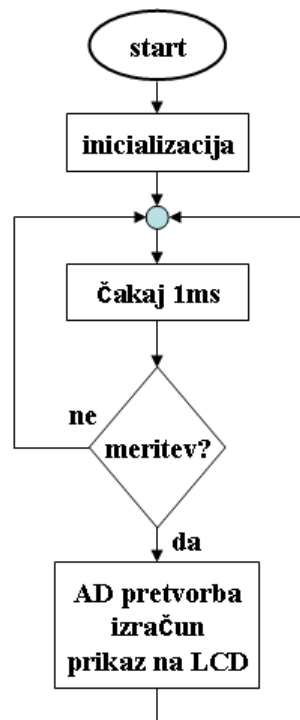
V tabeli 1 so opisani osnovni programerski ukazi programskega orodja Bascom Basic AVR.

Tabela 1: Osnovni ukazi programskega orodja Bascom Basic

Bascom Basic ukaz	Pomen ukaza
If [pogoj] Then [blok kode 1] Else [blok kode 2] End If	If-Then-Else stavek-delovanje podobno if stavku, če pogoj ni True, uporabi blok kode 2, v nasprotnem primeru se izvede blok kode 1 kot pri navadnem if stavku. [Pogoj] – zapis, katerega vrednost je lahko true ali false. [Blok kode1,2] – kakršnakoli koda, ki se izvede, ko je pogoj true.
If [pogoj] Then [blok kode] End if	If stavek - uporabljamo za odločitve, če je podatek true, se blok kode izvede, v nasprotnem primeru pa ne.

Bascom Basic ukaz	Pomen ukaza
Dima a as byte	Do loop zanka – neskončna zanka, ki ponavlja blok kode, zapisane v njenem telesu, dokler ni prekinjena od znotraj. Ponavadi se uporablja za neprestano izvajanja glavnega programa.
Dim [ime spremenljivke] as [tip]	Rezervacija pomnilnika – nam omogoča uporabo pomnilnika mikrokrmilnika, kateremu moramo navesti ime, pod katerim moramo navesti [ime_spremenljivke] - [tip] – vsebina in velikost rezerviranega pomnilnika. V basic bascom orodju so dovoljeni tipi byte, bit, integer, string ...
[ime spremenljivke] = [vrednost ali izraz]	Prireditvev- priredi levo stran (spremenljivki ali registru) vrednost desne strani (konstante, spremenljivke ali registra). Tipa registra/spremenljivke in vrednosti se morata v večini primerov ujemati (v nasprotnem primeru je potrebna ročna pretvorba).
[ime_podprograma]: [blok kode] Return	Deklaracija podprogram – del kode, ki se večkrat izvrši. Zapišemo ga enkrat in po potrebi kličemo preko imena podprograma, kot je to prikazano v alineji, ki sledi.
Gosub [ime_podprograma]	Klic podprogram - kliče podprogram, katerega ime je navedeno za ukazom Gosub.

Z ukazi opisanimi v tabeli 1 smo v ploščico eProDas-Rob1 programirali algoritem, ki je podan na sliki 9. Diagram poteka prikazuje algoritem merjenja napetosti na vetrni elektrarni.



Slika 10: Diagram poteka merjenja napetosti

5 REZULTATI IN OCENITEV RAZISKOVALNIH VPRAŠANJ

V1: Ali sva sploh sposobna sestaviti delujoč model vetrne elektrarne?

To je bilo najino prvo raziskovalno vprašanje. Pri tem vprašanju sva želela izvedeti predvsem, če sva sposobna sestaviti vetrno elektrarno. Pri ocenjevanju modela vetrne elektrarne sva se osredotočila na stabilnost vetrnice, na njeno delovanje ter na to, ali je proizvedena energija dovolj velika, da LED dioda sveti. Z metodo empiričnega poskusa sva ugotovila, da LED dioda sveti, da je vetrnica stabilna, elektronsko vezje izmeri in prikaže napetost ter da se vetrnica vrti. Tako smatrava, da sva prvo raziskovalno vprašanje potrdila.

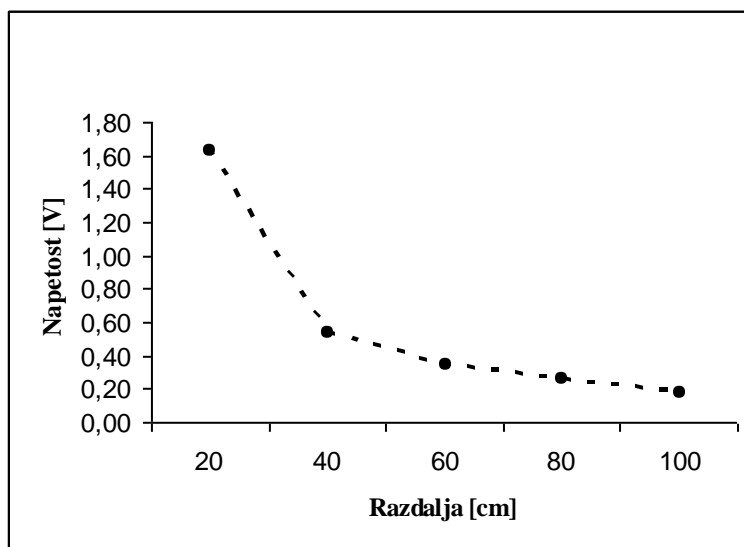
Drugo raziskovalno vprašanje se je glasilo:

V2: Kaj se dogaja z napetostjo, če se vir vetra oddaljuje od osi?

Pri tem vprašanju naju je zanimal predvsem potek napetosti glede na oddaljenost vira vetra. Predvidevala sva, da odvisnost razdalje in inducirane napetosti ne bo linearna. Opravila sva pet meritev. Rezultate predstavlja v tabeli 1 in na sliki 11. Za ta načina predstavitve izmerjenih vrednosti sva se odločila, ker slika včasih pove več kot kakršenkoli opis meritev. Po analizi tabele in grafa sva mnenja, da odvisnost inducirane napetosti in razdalje vira vetra ni linearna in seveda tudi mnenja, da je tudi drugo vprašanje uspešno potrjeno.

Tabela 2: Rezultati meritev

Razdalja [cm]	Izmerjena napetost [V]
20	1.63
40	0.54
60	0.35
80	0,27
100	0,18



Slika 11: Odvisnost napetosti od razdalje vira vetra

6 ZAKLJUČEK

Veter je v osnovi zrak, ki se premika. Kadar sonce ogreje zrak, se ta dvigne. Takrat priteče na njegovo mesto hladnejši zrak. Sonce spet ogreje ta mrzli zrak in tudi ta se dvigne in za njim spet priteče nov hladen zrak. To gibanje zraka imenujemo veter.

Veter v povezavi s pretvarjanjem le-tega v električno energijo je bila tudi osrednja raziskovalna tema najine raziskovalne naloge. »Sva sploh sposobna narediti napravo, ki bo pretvorila vsaj toliko vetrne energije v električno, da bo LED dioda svetila? Je pretvorba vetrne energije v električno v nelinearni odvisnosti od razdalje vira vetra?«, sta bili najini glavni in edini raziskovalni vprašanji.

Za lažje delo sva načrtovala in izvedla še mikroračunalniški merilnik napetosti. Osnova tega merilnika je eProDas-Rob1 vezje, ki sva ga programirala s programskim orodjem Bascom Basic AVR.

Zadnje, toda ne dokončno, mnenje je, da sva obe vprašanji uspešno potrdila. Dopusčava namreč možnost, da bi se ob ponovitvi raziskave tisti rezultati morebiti razlikovali od najinih. Ker pa sva najino raziskavo skrbno načrtovala, je seveda ta možnost zmanjšana na minimum.

7 LITERATURA IN VIRI

1. A. Hribernik: Obnovljivi viri energije. Maribor : Založništvo Fakultete za strojništvo,2010.
2. R. Mihalič: »Zelena« energija – bližnjica k energetske neodvisnosti ali slepa ulica?, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, ELEKTROTEHNIŠKI VESTNIK 78(5): 245-256, 2011.
3. M. Bezjak, Savonius mikro vetrna elektrarna, Svet Elektronike, št. 169, str. 39-42, 2009.
4. M. Fajt, S. Ficijan, E. Zelenko, Robo kan-kan, raziskovalna naloga, Ptuj, (marec 2014).
5. MCS Electronics, Embedded sistem basics compilers development, Bascom avr/8051. Dostop: http://www.mcselec.com/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=99&Itemid=54 (15.2.2014).
6. T. Kušar idr., Programiranje hrošča z vmesnikom eProDas-Rob1 v programskem okolju Visual Basic, september 2007. Dostop – zapiski za učitelja: http://www.pef.uni-lj.si/narteh/robteh/Hrosc-VBA/VBA_course.html (15.2.2014).
7. A. Hertiš, Informatizacija garažne hiše samozaložba, Ptuj 2014.
8. R. Svenšek, Ž. Cizerl, Informacijsko podprta vrata, raziskovalna naloga, Ptuj, oktober 2013.
9. M. Petek, Napredni LED sistemi, raziskovalna naloga (marec 2014).
10. M. Rotar, N. Vidrih, Pametni Voltmeter, raziskovalna naloga (marec 2014).
11. Wikipedija, prosta enciklopedija. Dostop: http://sl.wikipedia.org/wiki/Vetrna_elektrarna (februar 2014).
12. Wikipedija, prosta enciklopedija. Dostop: http://sl.wikipedia.org/wiki/Vetrna_turbina (februar 2014).
13. Wikipedija, prosta enciklopedija. Dostop: http://sl.wikipedia.org/wiki/Vetrna_energija (februar 2014).