

Osnovna šola Frana Albrehta Kamnik

Šolska ulica 1

1241 Kamnik

Raziskovalna naloga iz kemije:

**GORIVNA CELICA**  
**(ALI LAHKO POŽENE MOJ**  
**AVTOMOBILČEK?)**

Avtor: Lenart Golob, 7. razred

Mentorici: Monika Jelenc in Danica Mati Djuraki

Kamnik, april 2021

## KAZALO VSEBINE

1. Uvod.....	3
2. Hipoteze.....	4
3.1 Kaj je gorivna celica? .....	5
3.1.2 Gorivna celica magnezij-zrak .....	5
3.2 Kaj je napetost ?.....	6
3.3 Računalniško merjenje napetosti .....	6
3.4 Kaj je koncentracija ? .....	7
3.5 Kaj so kovine? .....	7
4. Eksperimentalni del .....	8
5. Rezultati.....	10
6. Razprava .....	14
7. Zaključek .....	15
8. Viri in literatura.....	16
8.1 Viri slik.....	16

## **Povzetek**

V nalogi predstavljam delovanje gorivne celice. Gorivna celica na vodo-sol-magnezij je učinkovita naprava, ki nam pomaga, da iz sestavin, ki jih dodamo v gorivno celico, dobimo električno energijo. Poskusi so pokazali, da površina magnezijevega traku in koncentracija soli vplivata na napetost, ki jo gorivna celica proizvede. Poskuse sem ponovil večkrat, da sem lahko izračunal povprečje. Zastavil sem si 7 hipotez in jih nato potrdil ali ovrgel, glede na rezultate merjenj. Najvišjo napetost, ki sem jo pridobil, je bila kar 2,2 V, ki je višja od napetosti povprečne baterije. Pomembna je, saj je okolju prijazen način pridobivanja električne energije.

**KLJUČNE BESEDE:** gorivna celica, koncentracija soli, magnezijev trak, napetost

## **Summary**

In my research task, I present the performance of the fuel cell. The water-salt-magnesium fuel cell is an effective device that helps us get electricity from the ingredients we add to the fuel cell. Experiments have shown that the surface of the magnesium strip and the salt concentration can affect the production of voltage in the fuel cell. I have tried my experiments several times and then I calculated the average voltage. I set out seven hypotheses and confirmed them or disapproved them, based on the results of the measurements. The maximum voltage I gained was as much as 2.2 V, which is higher than the voltage of the average battery. It's important because it's nature friendly.

**KEY WORDS:** fuel cell, salt concentration, magnesium strip, voltage

# 1. Uvod

Nekaj let nazaj sem za rojstni dan dobil zanimivo darilo, komplet za sestavo vozila, ki ga poganja gorivna celica Mali TehnoVed. Z velikim navdušenjem sem ga sestavil, a se je izkazalo, da gorivna celica ne proizvede dovolj visoke napetosti, da bi pognala avtomobilček. Komplet smo vrnili prodajalcu, zamenjal je nekaj delov, a avtomobilček se še vedno ni premaknil. Odločil sem se, da stvar vzamem v svoje roke in preučim, kaj bo treba spremeniti, da bo gorivna celica delovala in pognala elektromotor avtomobilčka.



Slika 1: Gorivna celica



Slika 2: Avtomobil z gorivno celico

Gorivna celica ni delovala, saj setu priložene potrebščine niso bile primerne za proizvodnjo dovolj visoke napetosti, da bi pognala elektromotor avtomobilčka. Ko sem dobil primerne snovi (magnezij). Sem lahko na gorivni celici proizvedel napetost, ki je bila malce višje od višine napetosti povprečne alkalne baterije (1,5V).

## 2. Hipoteze

H1: Napetost na gorivni celici je odvisna od velikosti površine magnezijeve elektrode.

H2: Čim večja je površina magnezijevega traku, tem višja bo napetost.

H3: Napetost na gorivni celici bo odvisna od koncentracije soli.

H4: Čim višja je koncentracija soli, tem višja bo napetost.

H5: Napetost na gorivni celici je pri enakih pogojih (površina elektrode in koncentracija soli) konstantna.

H6: Najvišjo napetost bom na gorivni celici dobil s trikratno površino magnezija in 15 % koncentracijo soli.

H7: Po koncu poskusa, bo nastal magnezijev hidroksid.

## 3. Teoretični del

### 3.1 Kaj je gorivna celica?

Gorivna celica je naprava, ki s pomočjo kemične reakcije spremeni kemično energijo goriva v elektriko <sup>1</sup>. Tako kot baterija, je tudi gorivna celica vir enosmerne napetosti, ki po sklenjenem električnem krogu poganja električni tok. Od baterij se razlikujejo po tem, da se baterija iztroši, gorivne celice pa ne, le gorivo je treba ves čas dovajati <sup>2</sup>.

Gorivna celica je sestavljena iz elektrolita in elektrod. Ena od gorivnih celic je celica na magnezij, poznamo pa tudi aluminijsko ali celico s cinkom. Deluje tako, da se na anodi (pozitivnem polu) dogaja oksidacija (oddajanje elektronov). Gorivna celica je zelo uporabna, saj bi bila v prihodnosti lahko zeleni vir energije <sup>3, 4</sup>.

#### 3.1.2 Gorivna celica magnezij-zrak

Gorivna celica magnezij-zrak deluje tako, da magnezij s slano vodo in kisikom reagira v magnezijev hidroksid. Pri tem celica poganja električni tok.

Kemijska reakcija:  $2\text{Mg} + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{elektrika}$  <sup>5</sup>

---

<sup>1</sup> Gorivna celica, Wikipedija, prosta enciklopedija, [https://sl.wikipedia.org/wiki/Gorivna\\_celica](https://sl.wikipedia.org/wiki/Gorivna_celica), 28. 2. 2020

<sup>2</sup> Zmazek B (urednik), Kemija 2, i-učbenik za kemijo v 2. letniku gimnazije, Ljubljana: Zavod RS za šolstvo, 2014, str. 142, <https://eucbeniki.sio.si/kemija2/index.html>, 2. 3. 2020

<sup>3</sup> Mali TehnoVed, INOVATIVNI EKO POGON, navodila za uporabo, str.5

<sup>4</sup> Pavlovič, L., Nekoč morda magnezijeve baterije za vozila, Delo, 5. november 2015, <https://www.delo.si/znanje/znanost/nekoc-morda-magnezijeve-baterije-za-vozila.html>, 28. 1. 2020

<sup>5</sup> Prav tam str.7



## 3.2 Kaj je napetost ?

Električna napetost je sposobnost električnega vira, da po sklenjenem električnem krogu poganja električni tok. Enota za električno napetost je volt <sup>6</sup>. Napetost merimo z voltmetri, ki jih v električni krog vežemo vzporedno.

## 3.3 Računalniško merjenje napetosti

Merilne inštrumente lahko povežemo z računalnikom. Prednosti računalniškega merjenja so:

- Računalnik meritve beleži hitreje, kot jih lahko beležimo z merilnim inštrumentom sami, zbira in shranjuje jih v realnem času, kar poenostavi analizo meritev.
- Odčitavanje meritev je veliko lažje kot z analognim merilnikom (merilnik s kazalcem).
- Iz množice podatkov računalnik nariše graf napetosti v odvisnosti od časa. To omogoča lažjo in hitrejšo analizo.
- Meri vnaprej točno določen čas (v mojem primeru 1 minuto)

	
<p>Slika 3: Analogni merilnik (vir: <a href="https://www.iskra.si/f/pics/84789/MI7033-K_m.png">https://www.iskra.si/f/pics/84789/MI7033-K_m.png</a>, 3. 3. 2020)</p>	<p>Slika 4: Senzor za računalniško merjenje napetosti (vir: <a href="https://www.vernier.com/product-category/?category=voltage-probes&amp;page_num=1">https://www.vernier.com/product-category/?category=voltage-probes&amp;page_num=1</a>)</p>

<sup>6</sup> Marošević T. (in drugi), Fizika + 9, Učbenik za fiziko v 9. razredu osnovne šole, Ljubljana: Rokus Klett, 2015, str. 108

### 3.4 Kaj je koncentracija ?

Koncentracija je izraz za razmerje med količino topljenca in topila v raztopini. Odstotna koncentracija pove, kolikšen delež celotne mase raztopine je masa topljenca <sup>7</sup>

5% raztopina soli denimo pomeni, da če bi imeli 100 g raztopine, bi bilo v njej 95 g vode in 5 g soli. Dvakrat več raztopine bi vsebovalo dvakrat več topljenca in dvakrat več topila itn.

### 3.5 Kaj so kovine?

Kovine so kemijski elementi s kovinskimi lastnostmi: so srebrnosive barve (razen bakra in zlata), imajo kovinski lesk, večinoma imajo visoka tališča in vrelišča, dobro prevajajo električni tok in toploto, so kovne in tanljive: Kovine so pri sobnih pogojih trdne, izjema je le živo srebro, ki je pri sobnih pogojih tekoče <sup>8</sup>.



Slika 5: Magnezijev trak

---

<sup>7</sup> Gabrič, A. in drugi, Kemija danes 2, Ljubljana: DZS, 2005, str. 20

<sup>8</sup> Smrdu, A., Od atoma do molekule, učbenik za kemijo v 8. razredu osnovne šole, Ljubljana: Jutro, 2012, str. 83



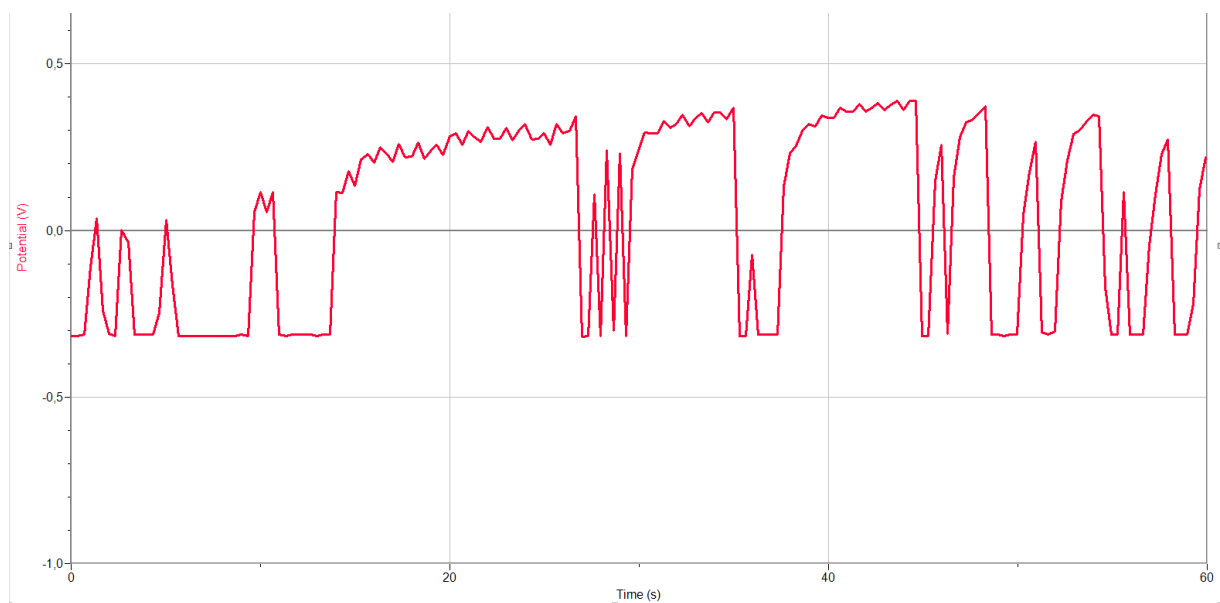
## 4. Eksperimentalni del

Gorivna celica, ki sem jo uporabil za poskus, potrebuje slano vodo, magnezij in kisik. Priključimo le še USB kabel, s katerim lahko zbiramo podatke.

### 4.1 Opis poskusa

Poskus deluje tako, da magnezijevo ploščico vtaknemo v pokrov gorivne celice. Ploščica se mora stikati z kovinskim delčkom (ang. nickel chip) na ohišju. V gorivno celico dodamo slano vodo. Slana voda in magnezij se morata dotikati. Če vidimo "mehurčke" pomeni, da reakcija poteka zelo uspešno, lahko pa deluje tudi brez "mehurčkov" in, da lahko pričakujemo 1V-2,2V visoko napetost. Po koncu preizkusa nastane magnezijev hidroksid, ki se pogosto uporablja kot odvajalo.

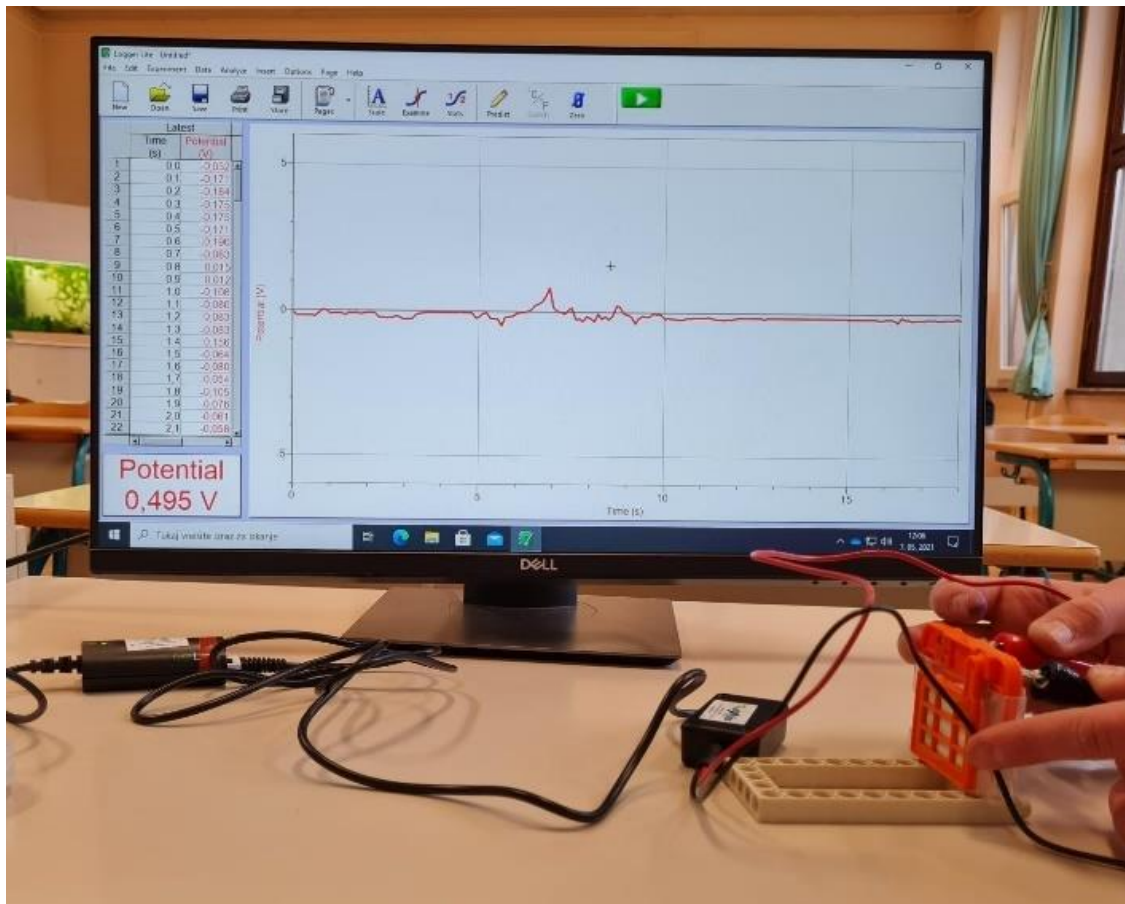
Meril sem napetost na priključkih gorivne celice. Ker se napetost s časom precej spreminja, sem napetost meril z računalnikom. Uporabil sem vmesnik in senzor proizvajalca Vernier. Meril sem po 1 minuto in iz grafa odčital povprečno napetost.



Slika 6: Primer grafa meritev

Pri poskusu sem pazil, da je bila v vseh okoliščinah koncentracija elektrolita natančna in sicer 5%, 10% in 15% ter velikost površine magnezijevega traku: 5 cm, 10 cm in 15 cm trak.

Vsako meritev sem ponovil trikrat ali štirikrat in izračunal povprečno vrednost napetosti. To vrednost sem zapisal v tabelo.



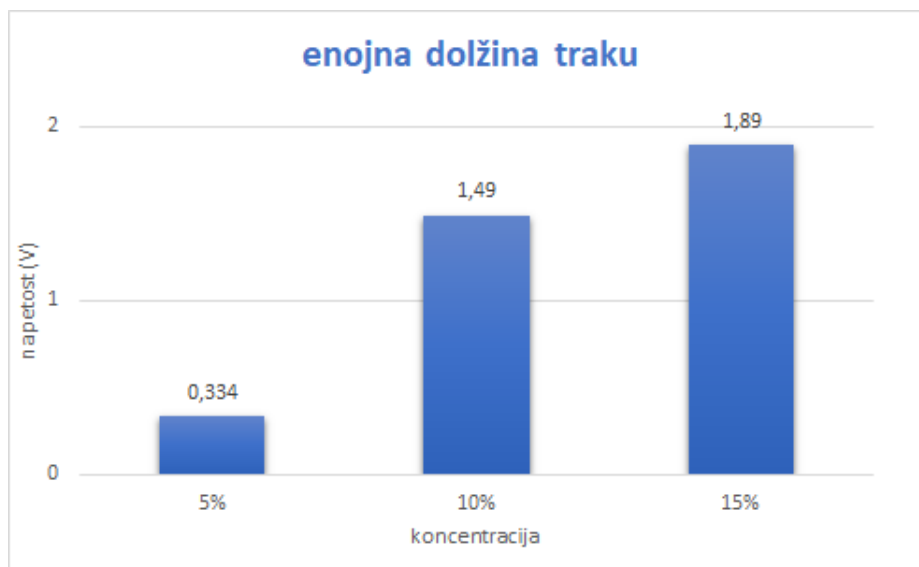
Slika 7 : Merjenje napetosti na gorivni celici

## 5. Rezultati

V preglednici so zbrane meritve na gorivni celici in izračuni povprečnih vrednosti.

Poskus št.	Koncentracija	Dolžina magnezijevega traku	Napetost (V)	Povprečna vrednost napetosti (V)
1	5 %	enojna	0,335	<b>0,334</b>
			0,317	
			0,350	
2	10 %	enojna	1,58	<b>1,49</b>
			1,5	
			1,4	
3	15 %	enojna	1,59	<b>1,89</b>
			1,58	
			2,2	
			2,2	
4	5 %	dvojna	0,28	<b>0,85</b>
			0,275	
			0,279	
5	10 %	dvojna	1,387	<b>1,379</b>
			1,4	
			1,35	
6	15 %	dvojna	1,59	<b>1,51</b>
			1,46	
			1,47	
7	5 %	trojna	1,7	<b>1,567</b>
			1,5	
			1,5	
8	10 %	trojna	1,39	<b>1,39</b>
			1,39	
			1,39	
9	15 %	trojna	1,6	<b>1,633</b>
			1,65	
			1,64	

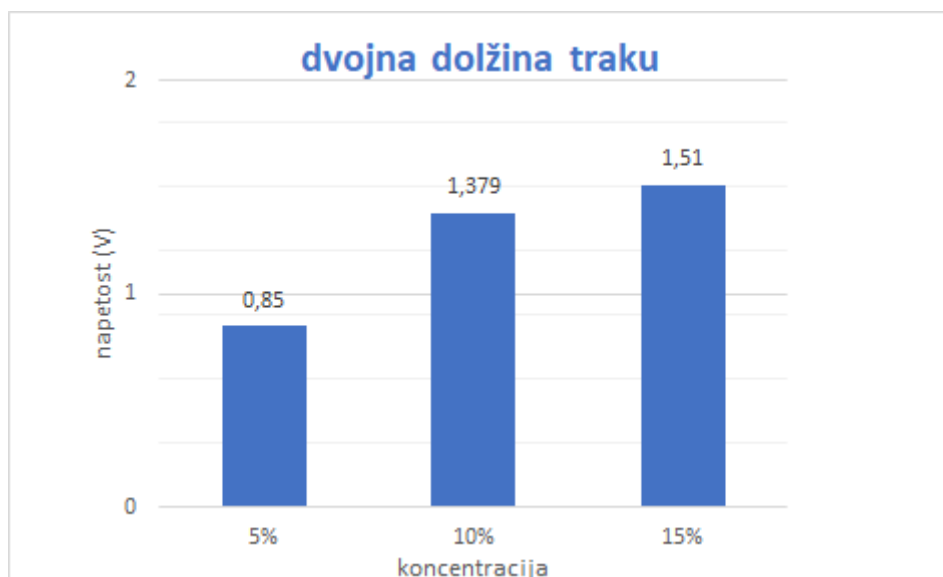
Graf 1: Spreminjanje napetosti pri enojni dolžini magnezijevega traku



**OPAŽANJA:**

Pri enojni dolžini magnezijevega traku se je z višanjem koncentracije soli višala tudi napetost, ki sem jo izmeril na gorivni celici.

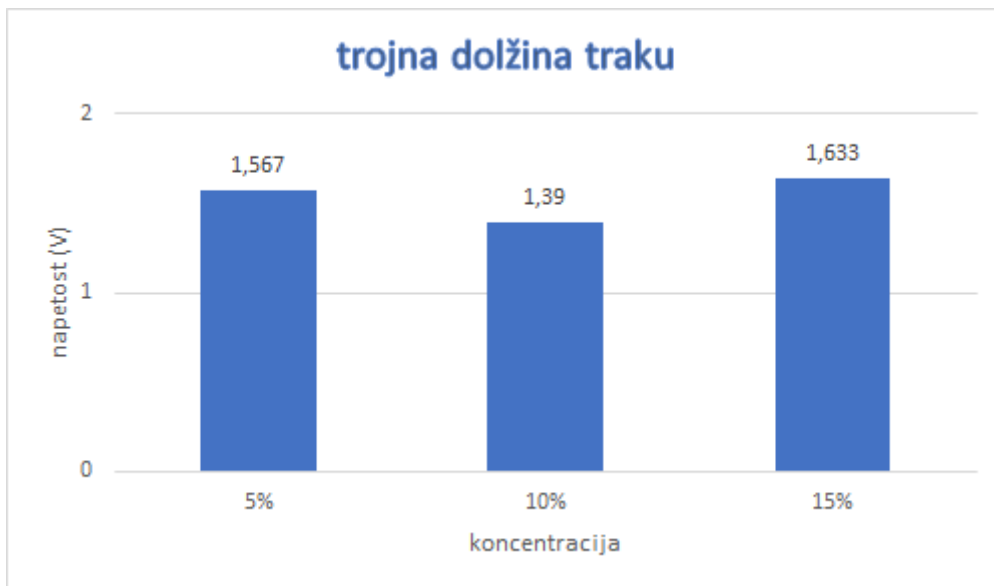
Graf 2: Spreminjanje napetosti pri dvojni dolžini magnezijevega traku



**OPAŽANJA:**

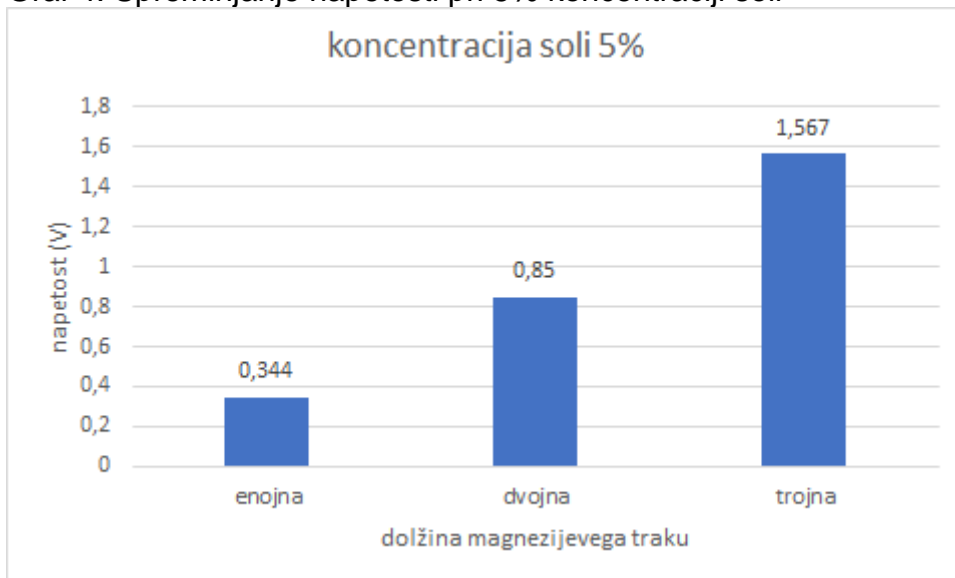
Pri dvojni dolžini magnezijevega traku se je z višanjem koncentracije soli višala tudi napetost, ki sem jo izmeril na gorivni celici.

Graf 3: Spreminjanje napetosti pri trojni dolžini magnezijevega traku



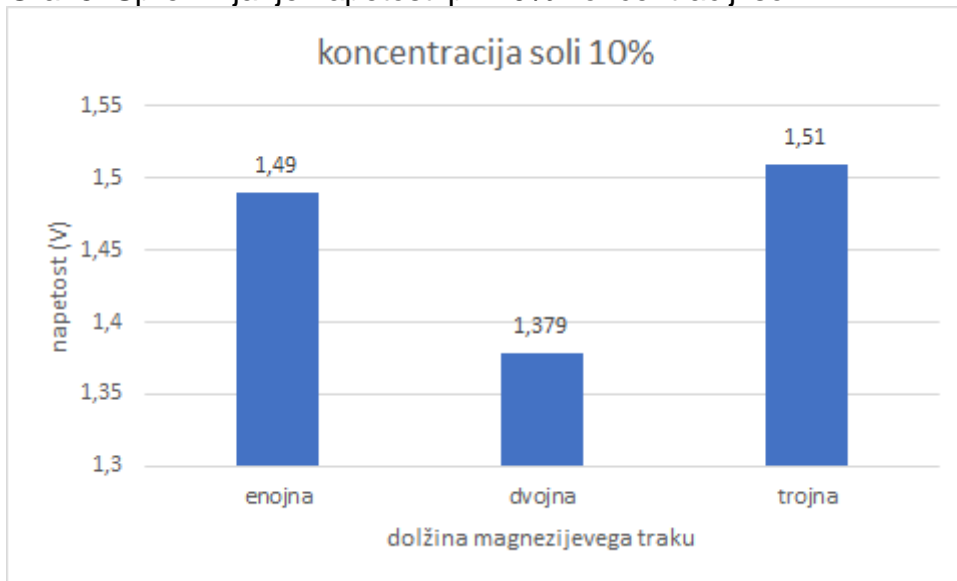
OPAŽANJA: Pri trojni dolžini magnezijevega traku napetost, ki sem jo izmeril na gorivni celici se bistveno ne spreminja.

Graf 4: Spreminjanje napetosti pri 5% koncentraciji soli



OPAŽANJA: Pri 5% koncentraciji soli se je z večanjem površine magnezijevega traku napetost na gorivni celici višala.

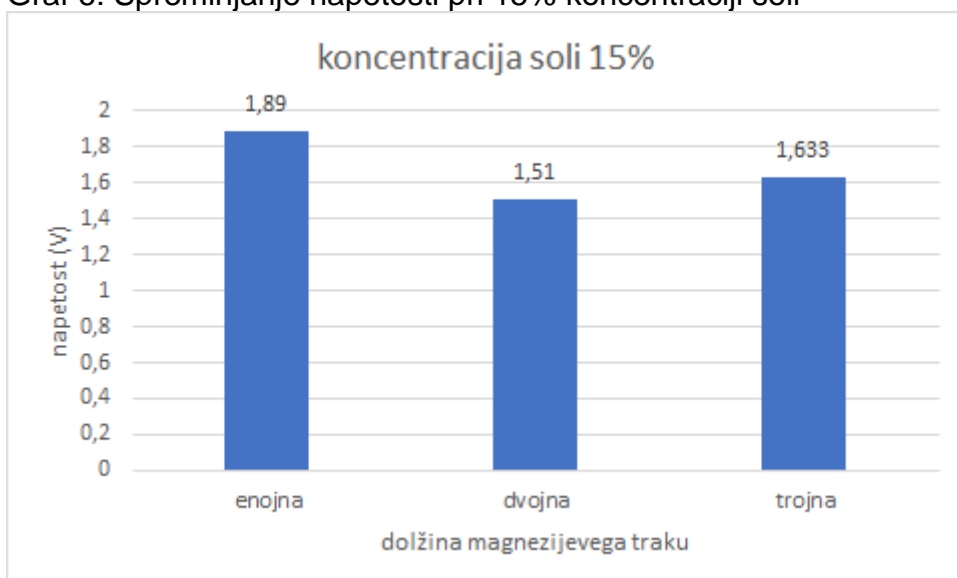
Graf 5: Spreminjanje napetosti pri 10% koncentraciji soli



**OPAŽANJA:**

Pri 10% koncentraciji soli z večanjem površine magnezijevega traku napetost na gorivni celici ne narašča. Pri trojni površini magnezijevega traku je najvišja, a je pri dvojni dolžini magnezijevega traku manjša od enojne površine magnezijevega traku.

Graf 6: Spreminjanje napetosti pri 15% koncentraciji soli



**OPAŽANJA:** Pri 15% koncentraciji soli se z večanjem površine magnezijevega traku napetost na gorivni celici bistveno ne spreminja.

## MERJENJE PH

Pri poskusu sem meril pH raztopine soli pred dodajanjem v gorivno celico in na koncu delovanja gorivne celice.

Rezultati:

- pH raztopine soli pred dodajanjem v gorivno celico je bil 7.
- pH raztopine soli po koncu delovanja gorivne celice je bil 8.

To smo dokazali z lističi za dokazovanje pH.

## 6. Razprava

H1: Napetost na gorivni celici je odvisna od velikosti površine magnezijeve elektrode.

Hipoteza drži. Iz preglednice je razvidno, da so napetosti pri enaki koncentraciji soli in različni površini magnezijevega traku, različne.

H2: Čim večja je površina magnezijevega traku, tem večja je napetost.

Delno drži. Drži pri koncentraciji soli 5% (grafa 4) in ne drži pri višji koncentraciji soli (graf 5 in 6).

H3: Napetost na gorivni celici je odvisna od koncentracije soli.

Hipoteza drži. Iz preglednice je razvidno, da so napetosti pri enaki površini magnezijevega traku in različni koncentraciji, različne.

H4: Čim večja je koncentracija soli, tem večja je napetost.

Hipoteza drži pri 5% koncentraciji (graf 1) soli in 10% koncentraciji soli (graf 2) in ne drži pri koncentraciji soli 15% (graf 3).

H5: Napetost na gorivni celici je pri enakih pogojih (površina elektrode in koncentracija soli) konstantna.

Ne drži. Napetost na gorivni celici se ves čas spreminja (slika 3).

H6: Največjo napetost bo na gorivni celici s trikratno površino magnezija in 15 % koncentracijo soli.

Ne drži. Največjo napetost na gorivni celici sem izmeril pri enojni površini magnezijevega traku in 15 % soli.

H7: Po koncu poskusa, nastane magnezijev hidroksid.

Drži. Ker se je pri delovanju gorivne celice pH raztopine soli zvišal, predvidevam, da je nastal magnezijev hidroksid.

## **7. Zaključek**

Najvišja izmerjena napetost na gorivni celice je bila 1.89 V, kar ni dovolj, da bi pognalo elektromotor avtomobilčka. Potreboval bi višjo napetost. Poskus bi lahko nadaljeval z večjo gorivno celico, z drugimi snovmi in da bi več gorivnih celic povezal v sistem in bi tako pridobil dovolj visoko napetost.



## 8. Viri in literatura

1. Gorivna celica, Wikipedija, prosta enciklopedija, [https://sl.wikipedia.org/wiki/Gorivna\\_celica](https://sl.wikipedia.org/wiki/Gorivna_celica), 28. 2. 2020
2. Zmazek B (urednik), Kemija 2, i-učbenik za kemijo v 2. letniku gimnazije, Ljubljana: Zavod RS za šolstvo, 2014, str. 142, <https://eucbeniki.sio.si/kemija2/index.html>, 2. 3. 2020
3. Mali TehnoVed, INOVATIVNI EKO POGON, navodila za uporabo, str.5
4. Pavlovič, L., Nekoč morda magnezijeve baterije za vozila, Delo, 5. november 2015, <https://www.delo.si/znanje/znanost/nekoc-morda-magnezijeve-baterije-za-vozila.html>, 28. 1. 2020
5. Prav tam str.7 [Mali TehnoVed, INOVATIVNI EKO POGON, navodila za uporabo](#)
6. Marošević T. (in drugi), Fizika + 9, Učbenik za fiziko v 9. razredu osnovne šole, Ljubljana: Rokus Klett, 2015, str. 108
7. Gabrič, A. in drugi, Kemija danes 2, Ljubljana: DZS, 2005, str. 20
8. Smrdu, A., Od atoma do molekule, učbenik za kemijo v 8. razredu osnovne šole, Ljubljana: Jutro, 2012, str. 83

### 8.1 Viri slik

Slika 1: Gorivna celica (arhiv fotografij Lenart Golob)

Slika 2: Avtomobil z gorivno celico (arhiv fotografij Lenart Golob)

Slika 3 Analogni merilnik (merilnik s kazalcem)-

[https://www.iskra.si/f/pics/84789/MI7033-K\\_m.png](https://www.iskra.si/f/pics/84789/MI7033-K_m.png), 3. 3. 2020

Slika 4 Senzor za računalniško merjenje napetosti, [https://www.vernier.com/product-category/?category=voltage-probes&page\\_num=1](https://www.vernier.com/product-category/?category=voltage-probes&page_num=1), 3. 3. 2020

Slika 5 Primer grafa meritev (arhiv grafov Lenart Golob)

Slika 6 Magnezijev trak uporabljen v poskusih (arhiv fotografij Lenart Golob)

Slika 7 Primer grafa meritev (arhiv grafov Lenart Golob)