

OSNOVNA ŠOLA ŽELEZNIKI

# Avto na vodik in gorivne celice

---

## Raziskovalna naloga

Področje: naravoslovno - tehniško

Avtorji:

Matija Rihtaršič, Vid Šolar, Gašper Potočnik, Jakob Bernik, Luka Galjot, 9. razred

Mentorica:

Monika Čemažar, prof. matematike in tehnike

Železniki, april 2012

## KAZALO

|  |    |
|--|----|
| POVZETEK .....                                   | 2  |
| ZAHVALA.....                                     | 3  |
| 1. UVOD .....                                    | 4  |
| 2. TEORETIČNI DEL.....                           | 5  |
| 2.1 ZGODOVINA VODIKA .....                       | 5  |
| 2.2 VODIK V NARAVI.....                          | 6  |
| 2.3 PRIDELAVA VODIKA .....                       | 6  |
| 2.4 ZAKAJ VODIK ? – NAMEN IN UPORABA.....        | 7  |
| 2.5 UPORABA IN DELOVANJE GORIVNE CELICE.....     | 8  |
| 2.6 KJE NAJDEMO GORIVNE CELICE .....             | 10 |
| 3. EKSPERIMENTALNI DEL .....                     | 13 |
| 3.1 MODEL GORIVNE CELICE ECO EXHIBITION.....     | 13 |
| 3.2 MODEL AVTOMOBILA NA VODIK H – RACER 2.0..... | 14 |
| 4. ZAKLJUČEK.....                                | 21 |
| VIRI IN LITERATURA .....                         | 22 |

## **POVZETEK**

V današnjem času prebivalstvo največ uporablja energijo, ki izvira iz fosilnih goriv kot so nafta, premog in zemeljski plin. Problem teh goriv je, da nastajajo počasneje kot jih izkoriščamo. Zato gospodarstvo teži k uporabi obnovljivih virov energije. V raziskovalni nalogi smo opisali in raziskali zelo zanimivo pretvarjanje energije v gorivnih celicah. Ker je vodik glavno gorivo gorivnih celic, smo najprej pregledali zgodovino odkritja in pridelavo vodika. Opisali smo delovanje in uporabo gorivnih celic. Prvi del raziskave smo opravili na gorivni celici PEM. Drugi del raziskave pa smo opravili na modelu avtomobila na vodik H-racer 2.0. Opravili smo različne meritve in ugotovili, kakšna bi bila potrebna površina sončnih celic za pridelavo vodika za avto v domači uporabi.

## **KLJUČNE BESEDE:**

vodik, gorivna celica, PEM, elektroliza, H-racer 2.0

## **ZAHVALA**

Za pomoč pri nakupu modelov in izvedbi raziskovalne naloge ter za koristne napotke in strokovne nasvete se zahvaljujemo podjetju Domel.

## 1. UVOD

V današnjem času prebivalstvo največ uporablja energijo, ki izvira iz fosilnih goriv kot so nafta, premog in zemeljski plin. Le ta so nastala pred milijoni let z odlaganjem in odmiranjem rastlin in živali. Fosilna goriva nastajajo tudi danes, vendar veliko počasneje, kot jih izkoriščamo. Prav zaradi počasnega nastajanja novih fosilnih goriv in velikega onesnaževanja okolja z njimi svetovno gospodarstvo teži k razvoju in uporabi obnovljivih virov energije.<sup>[1]</sup>

Glavni cilj vseh prizadevanj je zmanjšati odvisnost od fosilnih goriv in zmanjšati negativne vplive na okolje. Na tem področju je veliko raziskav o pretvarjanju energije sončnega sevanja, energije vetra, energije valov, plime in oseke, energije bioplina, geotermalne energije.

Med njimi je zelo zanimivo pretvarjanje energije v gorivnih celicah. Gorivna celica proizvaja električno energijo s pomočjo kemične reakcije med vodikom in kisikom. Ker gorivna celica proizvaja električno energijo direktno, brez izgorevanja vodika, je čista in hkrati izjemno učinkovita. Največji problem tega vira je skladiščenje in transportiranje vodika, saj ima le ta majhno gostoto.

Namen te raziskovalne naloge je bilo spoznati delovanje in uporabo gorivne celice. Gorivne celice v današnjem času že uporabljajo v vesoljskih plovilih, v prihodnosti pa proučujejo uporabo gorivnih celic v avtomobilski industriji. Zato nas je zanimalo, kako deluje avto na vodik. Vzpostavili smo sodelovanje s podjetjem Domel, ki se ukvarja z razvojem delov za gorivne celice. Pomagali so nam pri nakupu modela avtomobila na vodik, na katerem smo izvedli nekaj poskusov. Zanimalo nas je, kako avto deluje pri različnih vremenskih vplivih. Na osnovi rezultatov našega modelčka smo si zastavili vprašanje, če imamo pogoje, da postavimo tak avto prave velikosti v naše domove. Raziskali smo, koliko energije nam dajo sončne celice za pretvorbo vode v vodik in vodika v gorivnih celicah v električno energijo. Preverili smo učinkovitost te pretvorbe in preračunali vrednost na velikost pravega avtomobila.

## 2. TEORETIČNI DEL

### 2.1 ZGODOVINA VODIKA

Vodik (latinsko hydrogenium) je kemični element v periodnem sistemu elementov z znakom H in atomskim številom 1. Pri standardnih pogojih je enovalentni nekovinski močno vnetljiv plin brez barve in brez vonja. Vodik je najlažji kemični element. Je najbolj razširjeni kemični element v Vesolju, vsebuje ga voda, vse organske spojine ter živi organizmi.<sup>[2]</sup>

Odkril ga je Henry Cavendish.



Slika 1: Henry Cavendish <sup>[3]</sup>

Cavendishu pripisujejo odkritje vodika, saj je prvi raziskoval njegove lastnosti, ni pa bil prvi, ki ga je sploh opazil. Pred njim sta ga zaznala že Robert Boyle in Joseph Priestly. Henry je vodik poimenoval "vnetljivi zrak", sicer pa je bil po takratni teoriji o zgradbi materije prepričan, da je odkril flogiston.

Cavendish je študije vodika začel z ugotovitvijo, da pride do gorenja samo, če je zraven tudi "običajen zrak". Zelo natančno je izmeril gostoto vodika in delež kisika v zraku. Lotil se je tudi študija ogljikovega dioksida, ki ga je poimenoval "nespremenljiv zrak". Raziskoval je njegovo topnost v vodi in mejni delež v zraku, ko plamen sveče ne more več goreti. Zelo natančno je izmeril, za koliko je njegova gostota večja od gostote zraka.

Raziskoval je tudi, kaj se zgodi, če zmeša zgolj vodik in kisik. Ugotovil je, da iz obeh plinov nastane voda, ki nima ne okusa ne usedlin. Prišel je do zaključka, da nastane

voda kot kombinacija dveh volumskih delov vodika in enega kisika, vendar iz tega ni sklepal, da voda v resnici ni osnovni element, ampak sestavljena iz dveh molekul vodika in ene kisika, kar s formulo zapišemo kot H<sub>2</sub>O. Razmišljal je namreč še povsem v okvirih teorije flogistona, na kateri je temeljila takratna kemija. Vodik je bil zanj voda, nasičena s flogistonom, kisik pa voda, iz katere je bil flogiston odstranjen. Prav zato naj bi se ob mešanju vodika in kisika zmes spremenila v vodo. Čeprav je bila teorija napačna, pa so bile njegove meritve zelo natančne in veljajo seveda neodvisno od teorije, s katero jih je poskušal pojasniti.<sup>[3]</sup>

### 2.2 VODIK V NARAVI

Vodik je skoraj v celoti vezan v spojinah, med katerimi je najbolj znana voda (H<sub>2</sub>O). Je v mineralih, pogosto kot kristalna voda in v spojinah z ogljikom v fosilnih gorivih. V atmosferi se nahaja le v sledovih, prevladuje pa v stratosferi (100 km visoko). Večina vodika je v medzvezdnih oblakih in tudi zvezde so večinoma sestavljene iz vodika.

### 2.3 PRIDELAVA VODIKA

Ker se elementarni vodik ne nahaja v naravi, ga moramo pridobivati iz drugih spojin. Najpogostejši vir so ogljikovodiki, te pa v največji meri najdemo prav v fosilnih gorivih (premog, zemeljski plin, nafta ipd.).

Najpogostejši viri vodika so:

- ZEMELJSKI PLIN – Zemeljski plin mešajo s paro pri visokih temperaturah (okoli 1000 °C) in pritiskih v sodelovanju z nikljevim katalizatorjem. S tem dobijo veliko vodika, vendar se pri reakciji sproščata ogljikov monoksid in ogljikov dioksid. Slednji je toplogredni plin. Vodik v večjih količinah pridelujejo iz metana.
- ELEKTROLIZA – Pri elektrolizi vodo razcepimo na vodik in kisik. Ko skozi kapljevine teče električni tok, se snovi izločijo na elektrodah. Prednost je v tem, da so količine vode na zemlji praktično neomejene, vendar proces porablja električno energijo, ki pa jo spet pridobimo iz fosilnih goriv.<sup>[4,5]</sup>

### 2.4 ZAKAJ VODIK ? – NAMEN IN UPORABA

Vodik je potencialni vir energije za prihodnost. Zamenjal naj bi tradicionalna goriva, bazirana na ogljikovodikih, katerih zaloge naj bi pošle ali pa bo postalo njihovo izkoriščanje predrago.

V zemeljski skorji je vodik tretji najbolj razširjen element, saj ga najdemo v vodi in v vseh organskih spojinah. Njegova največja prednost pred ostalimi gorivi pa je najvišja energijska gostota. Enaka teža vodika vsebuje trikratno energijsko vrednost, ki jo ima bencin. Pri samem gorenju se tako sprošča ogromno energije, kot ostanek procesa pa je voda, ki je tako čista, da bi jo lahko uporabljali kot pitno vodo. Tudi v tem je velika prednost uporabe energije iz vodika, saj ne nastajajo toplogredni plini, ki pripomorejo k segrevanju našega planeta.

Vodik se uporablja tudi pri sintezi amonijaka, kot alternativno gorivo, nekoč so ga uporabljali kot polnilni plin balonov, zadnje čase pa tudi kot vir energije v gorivnih celicah.

Največja pomanjkljivost je njegovo pridobivanje in skladiščenje, zaradi tega je trenutno usmerjenost raziskovalcev, da bi našli način za najbolj optimalno pridobivanje in skladiščenje. S posebno ugodnimi pogoji lahko že sedaj s pomočjo elektrolize vode pridobivajo vodik, ki je tudi ekonomsko zanimiv kot gorivo za prevozna sredstva. Nova generacija pogonskih vodikovih celic bo še dodatno povečala prodor na trg, ki ga trenutno skoraj popolno nadzoruje kemična in rafinerijska industrija.<sup>[6]</sup>

Vodik se uporablja:

- v živalski industriji – za hidrogeniranje tekočih olj (sojinega, ribjega, bombažna semena, koruze,...) , pri čemer se pretvorijo v poltrdne snovi (maslo, margarina).
- v kemijski industriji – za proizvodnjo metanola in amonijaka, za hidrogenacijo olj za mila, za izolacijo, plastiko, mazila in druge posebne kemikalije.
- v proizvodnji in obdelavi kovin – pri delu pri visokih temperaturah se uporablja za varovalno atmosfero (proizvodnja nerjavečega jekla). Pomešan z argonom se uporablja za varjenje nerjavečega jekla ter za podporo pri plazemskem varjenju ali rezanju.



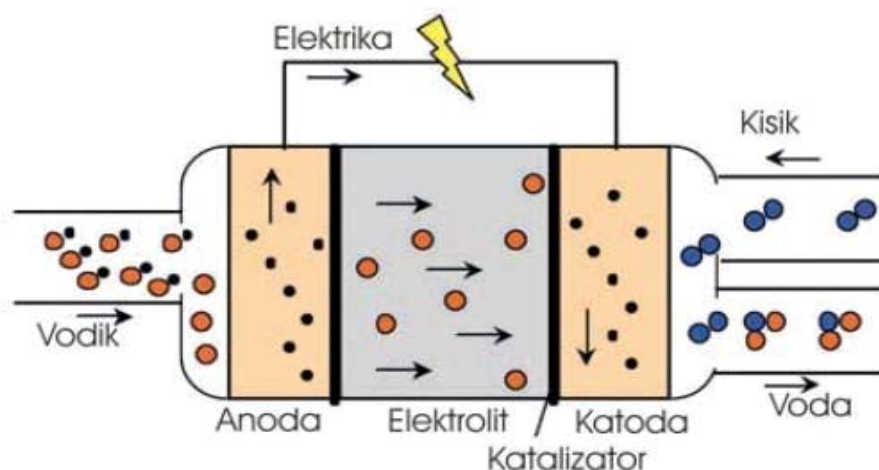
- v proizvodnji energije – kot medij za odvajanje toplote pri hlajenju turbinskih generatorjev z velikimi hitrostmi, v hladilnem sistemu ga uporabljajo za reakcijo s kisikom za preprečitev interkristalnega napetostnega korozijskega pokanja.
- v farmacevtski industriji – za proizvodnjo sorbitola (ta se uporablja v kozmetiki, lepilih, vitaminih A in C).
- v elektronski industriji pri proizvodnji vezij – za oblikovanje posebej nadzorovane atmosfere.
- v naftni industriji – za pretvorbo težke surove nafte v lažjo, za izboljšanje učinkovitosti naftnih proizvodov z odstranjevanjem organskega žvepla iz surove nafte.<sup>[7]</sup>

## 2.5 UPORABA IN DELOVANJE GORIVNE CELICE

### 2.5.1 Kako deluje idealna celica

Kemično–električna reakcija znotraj celice je obrnjena elektroliza vode (izgorevanja). Pri običajni elektrolizi s pomočjo električne energije na elektrodah pridobivamo kisik in vodik. Kot vam je znano iz osnovnošolske kemije, je vsaka kemijska reakcija obrnljiva. Tako tudi ta. Iz kisika in vodika lahko pridobimo vodo. Mogoča sta dva načina, hiter in počasen: hitri tako, da vsa zadeva eksplodira, počasni pa s katalizatorji. Seveda je zanimivejša slednja, s katero pridobimo proste elektrone – električni tok. Z drugimi besedami to pomeni, da je konstrukcijsko gorivna celica zelo podobna baterijam: dve elektrodi in med njima prevodna snov – elektrolit. A vseeno z veliko razliko. Baterije za pridobivanje elektrike porabljajo kovino (nikelj, cink, svinec), ki je v njih, gorivne celice pa vsaj potencialno veliko cenejša vodik in kisik.

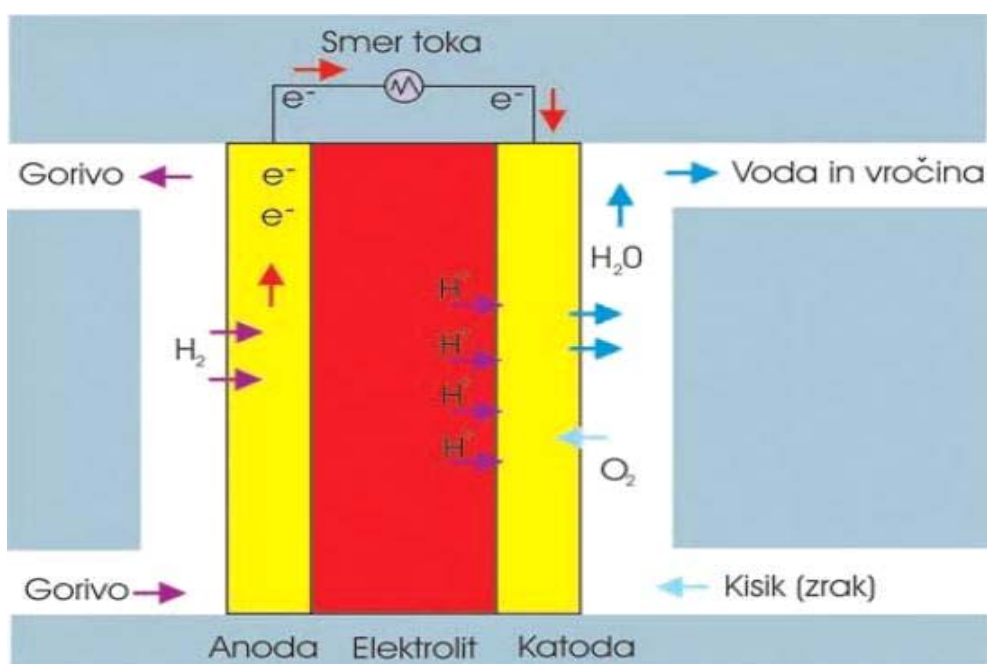
Vsaka gorivna celica, ki jo poznamo danes, deluje na osnovni ravni po opisanem teoretičnem postopku. Na obeh elektrodah je katalizator, ki nadzoruje potek kemične reakcije. Na anodo dovajajo vodik (gorivo), kjer se ta razcepi na vodikove ione (protoni) in proste elektrone. Pri eni molekuli vodika ( $H_2$ ) dobimo dva prosta elektrona. Elektroni »tečejo« prek električnega kroga na katodo (elektrika), na kateri se vodikovi ioni, elektroni in kisik (oksidant) združijo v vodo, pri čemer se sprošča tudi toplota. Hitro, učinkovito in predvsem čisto.



Slika 2: Shema gorivne celice<sup>[11]</sup>

Gorivne celice se med seboj razlikujejo po uporabljenem elektrolitu. Ta določa, kateri katalizator potrebujemo, kar seveda vpliva na ceno celice, temperaturni razpon (temperatura, pri kateri je elektrolit primerno prevoden) in katero gorivo uporablja (vodik ali druga z vodikom bogata snov). V razvojnih laboratorijih razvijajo več tipov celic, v nadaljevanju pa si bomo ogledali PEM gorivno celico, ki smo jo tudi sami preiskusili.<sup>[11]</sup>

## 2.5.2 PEM gorivna celica



Slika3: shema PEM gorivne celice <sup>[11]</sup>

Tip PEM (Polymer Electrolyte Membrane) celice omogoča razmeroma visoko energetska gostoto, hkrati pa je lahko majhna in lahka. V njenem primeru naloge elektrolita prevzame membrana iz trdega polimera (plastika), ki prepušča protone (jedro vodika). Elektrode so iz poroznega ogljika, prevlečene s plastjo platine. Kot gorivo celica uporablja čisti vodik, ki ga dobi neposredno iz skladiščne posode ali ji ga dobavlja dodatna naprava, ki vodik pridobiva iz energetsko bogatejšega in za skladiščenje manj problematičnega goriva. Kisik pa celica dobi neposredno iz zraka.<sup>[11]</sup>

ZA: Prednost te celice je v nizki temperaturi delovanja (80 stopinj C), kar pomeni krajši čas prehoda iz stanja nedelovanja v stanje delovanja, torej čas, ki je potreben, da se celica ogreje na delovno temperaturo. Ker je temperatura nizka, ni negativnega vpliva na druge elemente celice, kar se običajno kaže v daljši življenjski dobi teh celic.<sup>[11]</sup>

PROTI: Celica zahteva katalizatorje iz dragih plemenitih kovin (največkrat platina), ki atomom vodika odvzemajo elektrone. Platina je draga, kar vpliva na ceno celice in je hkrati občutljiva na ogljikov monoksid (CO). Če ima celica napravo za pridobivanje vodika iz druge snovi (na primer alkohol), mora biti ta proces izredno čist, da ogljikov monoksid ne razjeda plasti platine na elektrodah. Tudi slednje vpliva na ceno celice, zato zadnje časa preizkušajo druge, manj občutljive drage kovine (zmes platine in rutenija).<sup>[11]</sup>

## 2.6 KJE NAJDEMO GORIVNE CELICE

Gorivne celice najdemo:

- V prenosnih računalnikih

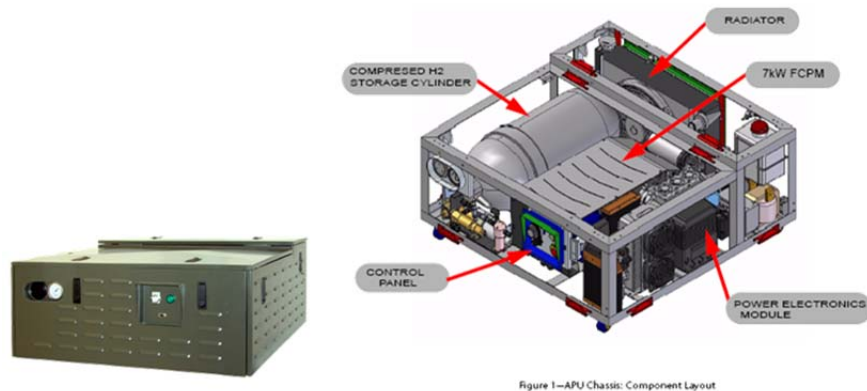
Ameriškemu podjetju IBM je med prvimi uspelo razviti prenosni računalnik z napajanjem na gorivne celice. Prenosniku so na hrbtno stran dodali rezervoar za vodik. Kjer pa se klasično nahaja baterija, pa so pri tem prenosniku namestili gorivne celice. Poln rezervoar goriva zagotavlja štiri ure delovanja.<sup>[8]</sup>

- V agregatih

## Avto na vodik in gorivne celice

---

Slovenska vojska je leta 2008 dobila vojaško vozilo z agregatom na gorivne celice. V agregat so raziskovalci inštituta Jožef Stefan vgradili gorivne celice moči 7 kW.<sup>[9]</sup>



Slika 4: Vojaška izvedba agregata z gorivnimi celicami

- Za uporabo drugih vojaških namenov  
Za vojaške namene je najbolj perspektivna uporaba gorivnih celic za pogon podmornic, pomožne generatorje za napajanje tihih izvidniških enot in energetske oskrbo spremljevalnih enot, na primer poljske bolnišnice. Za pogon vozil je ta tehnologija le malo pomembna, saj je energetska gostota vodika zelo nizka.<sup>[9]</sup>
- V Avtobusih  
Od enega do drugega polnjenja lahko opravi do 200 km. Je tih in čist način prevoza. Zanesljiv, mobilni in prilagodljiv sistem. Brez škodljivih emisij, s katerim bi lahko škodoval okolju. Gorivo(vodik), katero lahko pridobiva vsaka država sama. Velik energetski izkoristek. Vse to so lastnosti, ki krasijo te avtobuse.<sup>[10]</sup>



Slika 5: Avtobus na vodik

- V osebnih vozilih

Za njih veljajo enake lastnosti kot za avtobuse.

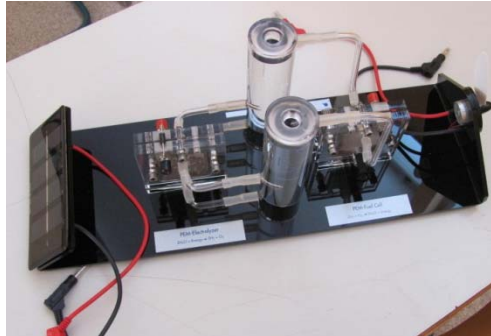


Slika 6: Avto na vodik

### 3. EKSPERIMENTALNI DEL

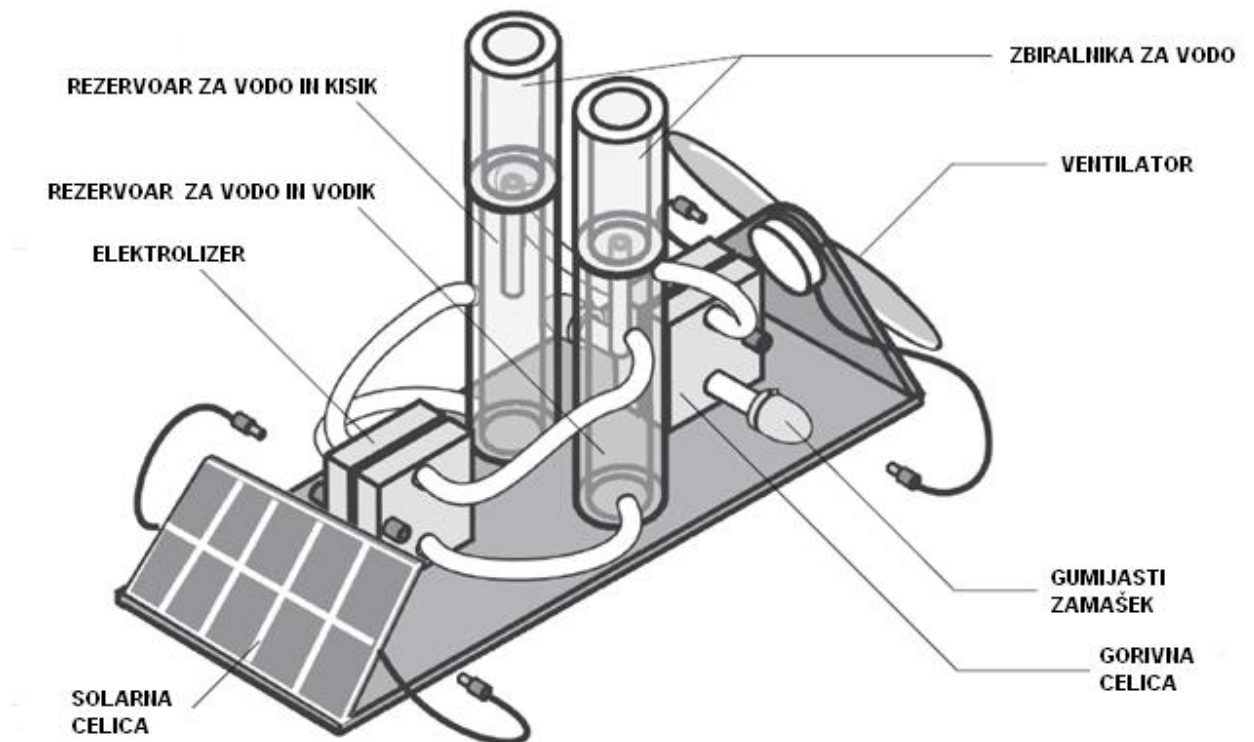
#### 3.1 MODEL GORIVNE CELICE ECO EXHIBITION

Pri delu smo uporabljali model gorivnih celic PEM.



Slika 7: Model PEM gorivne celice

Eksperimentalni model gorivne celice vsebuje solarno celico, PEM elektrolizer, rezervoarja za vodik in kisik, PEM gorivno celico in ventilator.



Slika 8: Shema PEM gorivne celice

## Avto na vodik in gorivne celice

---

S solarno celico pridobivamo električno energijo, ki jo porabimo za razcep vode na kisik in vodik. Oba plina ki pri tem nastajata, se nato zbirata v ločenih rezervoarjih. V gorivni celici nato plina reagirata in drug z drugim tvorita vodo. Pri tem se tvori električna energija.

### **EKSPERIMENT:**

Najprej smo z destilirano vodo napolnili rezervoarja za vodo in plin. Solarno celico smo osvetlili s H-tecovo svetilko. V elektrolizerju se voda razcepi na kisik in vodik. Plina se zbirata v rezervoarjih v volumskem razmerju  $H_2 : O_2 = 2 : 1$ . S cevko smo povezali katodo gorivne celice in rezervoar kisika ter anodo gorivne celice in rezervoar vodika. Ko smo povezali gorivno celico s porabnikom, je nastala kemična reakcija. Dva plina, kisik in vodik, reagirata v gorivni celici in spet dobimo vodo. V tem procesu smo ustvarili elektriko, katera pa poganja električni porabnik, v našem primeru ventilator.

S tem modelom smo praktično demonstrirali pretvorbo vode v vodik s pomočjo sončne energije, hranjenje vodika in proizvodnjo elektrike iz vodika v gorivni celici.

### **3.2 MODEL AVTOMOBILA NA VODIK H – RACER 2.0**

Pri delu smo uporabljali model avtomobila na vodik H-racer 2.0.



Slika 9: Model avtomobila na vodik H-racer 2.0

Eksperimentalni model avtomobila vsebuje model avtomobila z gorivno celico, rezervoar z elektrolizerjem, sončne celice in daljinski upravljevec.

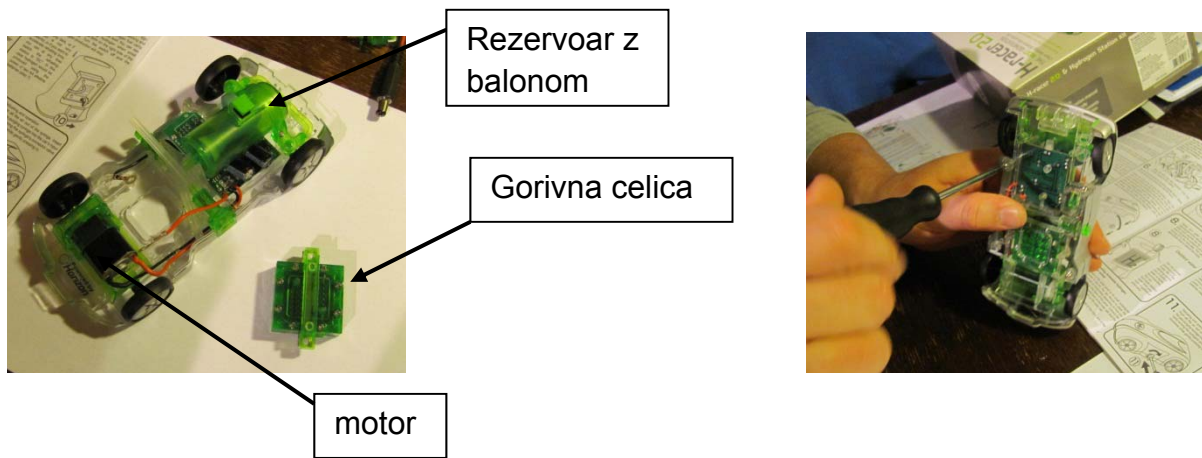
Najprej smo v avtomobil vstavili gorivno celico (slika 10) in jo s tremi cevkami povezali na ventil za prezračevanje, na ventil za polnjenje in z rezervoarjem v



## Avto na vodik in gorivne celice

---

avtomobilu (slika11). Gorivno celico smo preko pozitivnega in negativnega vodnika povezali z motorjem.



Slika 10: Vstavljanje gorivne celice



Slika 11: Vstavljanje cevk

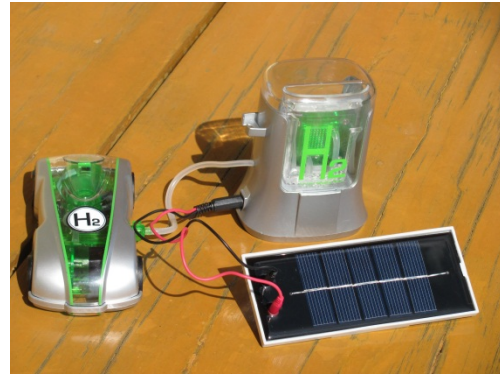
### **EKSPERIMENT 1:** Zanima nas, koliko energije nam oddajo sončne celice za proizvodnjo vodika v elektrolizerju

Vodik smo proizvajali iz destilirane vode v elektrolizerju s pomočjo elektrike. Imeli smo dva vira elektrike: sončne celice in baterijo v rezervoarju.



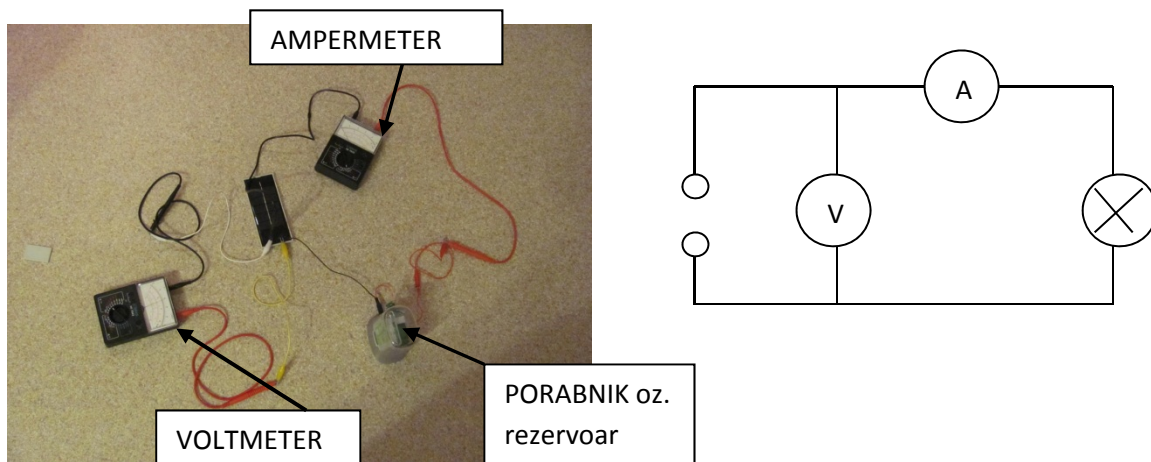


Slika 12: Napajanje avtomobila na baterijo



Slika 13: Napajanje avtomobila s sončnimi celicami

Najprej smo izračunali, koliko energije oddajo sončne celice. Zato smo najprej izmerili napetost in tok sončnih celic.



Slika 14: Shema merjenja toka in napetosti na sončnih celicah

V nadaljevanju je prikazan izračun potrebne električne energije za eno polnitev rezervoarja vodika na avtomobilu.

$U_{sc}$  - napetost sončne celice

$I_{pol}$  - tok polnjenja

$P_{pol}$  - moč polnjenja

$t$  - čas polnjenja rezervoarja v avtomobilu

$W_{pol}$  - energija polnjenja

## Avto na vodik in gorivne celice

---

Energijo smo preračunali po sledečih enačbah:

$$P_{\text{pol}} = U_{\text{sc}} \cdot I_{\text{pol}}$$

$$W_{\text{pol}} = P_{\text{pol}} \cdot t$$

|  | Sončno – pravokotno na sončno celico | Sončno – poševno na sončno celico | Oblačno – sonce je prekrito | Polnjenje z baterijo |
|--|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|----------------------|
| $U_{\text{sc}}$ - napetost sončne celice | 2 V                                  | 1,75 V                            | 1,75 V                      |                      |
| $I_{\text{pol}}$ - tok polnjenja         | 0,25 A                               | 0,2 A                             | 0,01 A                      |                      |
| $t$ – čas polnjenja                      | 8,5 min                              | 12 min                            | /                           | 2,1 min              |
| $P_{\text{pol}}$ - moč polnjenja         | 0,5 W                                | 0,35 W                            | 0,0175 W                    |                      |
| $W_{\text{pol}}$ – energija polnjenja    | 0,07 Wh                              | 0,07 Wh                           | /                           | 0,07 Wh              |

Tabela 1: Prikaz meritev polnjenja

Po izračunih smo ugotovili:

- Da je zelo pomembno, kako sončni žarki padajo na sončno celico. Od tega je odvisen tudi čas polnjenja rezervoarja v avtomobilu. Z eno polnitvijo je avto prevozil 17,5 metra v 50 sekundah.
- Električna napetost je večinoma konstantna ne glede na padec sončnih žarkov. Ravno obratno se dogaja z električnim tokom, saj ta sorazmerno narašča z osvetlitvijo sončne celice.
- Sončne celice nam dajo za eno polnjenje avtomobila 0,07 Wh energije.

**EKSPERIMENT 2:** Zanima nas, koliko energije potrebujemo za proizvodnja električne energije iz vodika v rezervoarju

Najprej smo izmerili tok in napetost motorja v avtomobilu. Tok motorja in energija gorivne celice z eno polnitvijo je izmerjen pri neobremenjenem avtomobilu – prazen tek.

## Avto na vodik in gorivne celice

---

$U_{\text{mot}} = 0,7 \text{ V}$  – napetost na motorju

$I_{\text{mot}} = 0,15 \text{ A}$  – tok motorja

$t = 5 \text{ min}$  – čas obratovanja motorja

Nato smo izračunali moč motorja in energijo motorja po sledečih enačbah:

Moč motorja:  $P_{\text{mot}} = U_{\text{mot}} \cdot I_{\text{mot}} = 0,7 \text{ V} \cdot 0,15 \text{ A} = 0,105 \text{ W}$

Energija na motorju:  $W_{\text{mot}} = P_{\text{mot}} \cdot t = 0,105 \text{ W} \cdot 5 \text{ min} = 0,00875 \text{ Wh}$

Izračun učinkovitosti:

Primerjali smo pridobljeno energijo sončnih celic, ki smo jo porabili za proizvodnjo vodika ter energijo, ki jo je porabil avto na gorivni celici.

Za eno polnitev smo porabili približno 0,07 Wh električne energije sončnih celic, pri čemer smo porabili 0,00875 Wh. Torej lahko ugotovimo, da smo za pretvorbo električne energije v vodik in spet nazaj v električno energijo porabili razliko 0,06125 Wh.

Izkoristek pretvorbe je:

$$\eta = \frac{\text{koristna energija}}{\text{dana energija}} = \frac{0,00875 \text{ Wh}}{0,07 \text{ Wh}} = 12,5\%$$

Po izračunih smo ugotovili:

- Izmerjen izkoristek je relativno slab, saj za pretvorbo porabimo več kot 87% dane energije sonca.
- Rezultat je slab, ker uporabljamo učne modele, ki le ponazarjajo delovanje in niso enako učinkoviti kot v pravi velikosti.

**EKSPERIMENT 3:** Zanima nas, kako veliko sončno elektrarno bi potrebovali za domače napajanje vozila na gorivne celice.

## Avto na vodik in gorivne celice

---

### 1. predpostavka:

Najprej smo predpostavili, da imamo vse elemente enako učinkovite, le povečane do mere uporabnosti. Za avtomobil smo vzeli naslednje podatke in izračunali energijo avtomobila:

$P_{\text{avto}} = 50 \text{ kW}$  – moč motorja v avtomobilu

$t = 2 \text{ h}$  – čas vožnje z eno polnitvijo

Električna energija, ki jo naš avto potrebuje za dnevno vožnjo:

$$W_{\text{avto}} = P_{\text{avto}} \cdot t = 50 \text{ kW} \cdot 2 \text{ h} = 100 \text{ kWh}$$

To pomeni, da pri povprečni hitrosti 50 km/h z našim avtom lahko prevozimo 100 km razdaljo, kar povečini ustreza vsakodnevnim potrebam.

### 2. predpostavka:

Predpostavili smo, da imamo vsak dan na voljo 5 ur sonca, ki ga uporabimo za proizvodnjo vodika. Zanima nas površina sončnih celic?

V eksperimentu 2 smo ugotovili, da je izkoristek pretvorbe 12,5 %. To pomeni, da za 100 kWh električne energije na avtomobilu potrebujemo 800 kWh električne energije iz sončnih celic za pretvorbo v vodik.

Izračunali smo potrebno električno moč sončnih celic, ki jo potrebujejo gorivne celice za napajanje našega avtomobila:

$W_{\text{el}}$  – električna energija pravih sončnih celic

$P_{\text{sc}}$  – električna moč pravih sončnih celic

$$P_{\text{sc}} = \frac{W_{\text{el}}}{t} = \frac{800 \text{ kWh}}{5 \text{ h}} = 160 \text{ kW}$$

## Avto na vodik in gorivne celice

---

Izračunali smo koeficient razmerja med močjo pravih celic in modela celic.

$$k = \frac{P_{sc}}{P_{pol}} = \frac{160000 \text{ W}}{0,5 \text{ W}} = 320000$$

To pomeni, da potrebujemo 320.000 krat večje gorivne celice, če je naš model napajal elektrolizer z močjo 0,5 W.

Nato smo izmerili naš model sončnih celic, ki meri 50 cm<sup>2</sup>. Ugotovili smo, da bi za napajanje našega pravega avtomobila pri nespremenjenih pogojih in izkoristkih potrebovali:

$$320000 \cdot 0,0050 \text{ m}^2 = 1600 \text{ m}^2$$

Po izračunih smo ugotovili:

Če bi lahko povečali naš model avtomobila z gorivnimi celicami, bi potrebovali sončne celice s površino 1600m<sup>2</sup>. Tako bi proizvedli dovolj vodika, da bi naslednji dan lahko opravili 100 km razdaljo. Predvidevamo, da so pravi sestavni deli boljši od naših modelov, zato bi bila potrebna površina verjetno manjša.

### 4. ZAKLJUČEK

Zakaj se o gorivnih celicah več govori v zadnjem času, čeprav jih poznamo že več kot 100 let? Prvi vzrok je verjetno ta, da so stroški pridobivanja goriv iz nafte bistveno nižji, kot pridobivanje vodika. Ker pa vemo, da so zaloge nafte omejene in njena cena narašča ob vse večjih energetske potrebah, smo zopet začeli govoriti in razvijati gorivne celice.

Tehnologija gorivnih celic ima vedno večji pomen kot alternativa za pridobivanje električne energije. Predvsem se predvideva uporaba gorivnih celic v avtomobilski industriji za pogon avtomobilov in tudi drugih prevoznih sredstev.

Kljub temu, da so še veliki problemi glede pridobivanja vodika, skladiščenja in transportiranja, imamo na drugi strani zelo malo škodljivih vplivov na okolje.

Zaradi vseh teh vzrokov smo se tudi mi odločili, da v raziskovalni nalogi spoznamo uporabo in delovanje gorivne celice ter avtomobila na vodik.

Z modelom PEM gorivne celice smo uspešno demonstrirali pretvorbo vode v vodik s pomočjo sončne energije. V nadaljevanju naše raziskovalne naloge smo na modelu avtomobila na vodik uspešno demonstrirali uporabo vodika.

Po vseh opravljenih meritvah in izračunih, smo ugotovili, da bi potrebovali 1600 m<sup>2</sup> površine za postavitev sončnih celic, če bi želeli imeti isti model avtomobila prave velikosti doma.

Naš model sončne celice velikosti 50 cm<sup>2</sup> nam dajo 0,5 W moči. To meritev smo primerjali s teoretično meritvijo, kjer sončne celice pri polni svetlobi v velikosti 100 cm<sup>2</sup> proizvedejo 1,5 W moči. Torej lahko sklepamo, da so pravi sestavni deli boljši in dajo boljši izkoristek, kar pomeni, da bi potrebovali manjšo površino.

### VIRI IN LITERATURA

1. URL - <http://obnovljivivirienergije.net/>, 5.4.2012
2. URL - <http://www-f9.ijs.si/~zivko/test2.doc>, 5.4.2012
3. URL - <http://www.kvarkadabra.net/article.php/Moz-ki-je-stehtal-Zemljo>, 28.2.2012
4. Avsec, J. – Gorivne celice, seminarska naloga, Šolski center Velenje, 2011
5. Pajenk, S., Podjavoršek, R. – Gorivne celice, raziskovalna naloga, Šolski center Velenje, 2011
6. URL - [http://www.lindeplin.si/international/web/lg/si/like35lgsi.nsf/docbyalias/hydrogen\\_why](http://www.lindeplin.si/international/web/lg/si/like35lgsi.nsf/docbyalias/hydrogen_why), 22.2.2012
7. URL - <http://www.istrabenzplini.si/sl/index.cp2>, 14.1.2012
8. URL - <http://www.racunalniske-novice.com/novice/prenosni-racunalnik-z-gorivnimi-celicami-je-nared.html>, 14.1.2012
9. URL - [http://dsc.ijs.si/files/novice/SV\\_09\\_2.pdf](http://dsc.ijs.si/files/novice/SV_09_2.pdf), 14.1.2012
10. URL - [http://www.hydrogenics.com/fuel/urban\\_transit\\_buses](http://www.hydrogenics.com/fuel/urban_transit_buses), 14.1.2012
11. [http://www.mojmikro.si/geekfest/pogled\\_naprej/gorivne\\_celice](http://www.mojmikro.si/geekfest/pogled_naprej/gorivne_celice), 22. 1. 2012