

## PROTOTÍPUS ELEKTROMOS TANULMÁNYAUTÓ FEJLESZTÉSE A SHELL ECO-MARATHON® VERSENYRE

## PROTOTYPE BATTERY ELECTRIC CAR DEVELOPMENT FOR SHELL ECO-MARATHON® COMPETITION

Gábora András<sup>1</sup>, Szíki Gusztáv Áron<sup>2</sup>, Szántó Attila<sup>3</sup>, Varga Tamás Antal<sup>4</sup>, Magyarai Attila<sup>5</sup>, Balázs Dávid<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Gépészmérnöki Tanszék, 4028, Magyarország, Debrecen, Ótemető utca, 2-4; Telefon: +36-52-415-155/77776, [andrasgabora@eng.unideb.hu](mailto:andrasgabora@eng.unideb.hu)

<sup>2</sup>Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Műszaki Alaptárgyi Tanszék, 4028, Magyarország, Debrecen, Ótemető utca, 2-4, [szikig@eng.unideb.hu](mailto:szikig@eng.unideb.hu)

<sup>3</sup>Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Gépészmérnöki Tanszék, 4028, Magyarország, Debrecen, Ótemető utca, 2-4, [szanto930922@freemail.hu](mailto:szanto930922@freemail.hu)

<sup>4</sup>Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Gépészmérnöki Tanszék, 4028, Magyarország, Debrecen, Ótemető utca, 2-4, [varga.tamas@eng.unideb.hu](mailto:varga.tamas@eng.unideb.hu)

<sup>5</sup>Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Gépészmérnöki Tanszék, 4028, Magyarország, Debrecen, Ótemető utca, 2-4, [magyarai8@citromail.hu](mailto:magyarai8@citromail.hu)

<sup>6</sup>Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Villamosmérnöki és Mechatronikai Tanszék, 4028, Magyarország, Debrecen, Ótemető utca, 2-4, [bal.david.94@gmail.com](mailto:bal.david.94@gmail.com)

### Abstract

Shell Eco-marathon is a unique competition that challenges students around the world to design and build the most energy-efficient car. With three annual events in Asia, America and Europe, student teams take to the track to see who goes further with the least amount of fuel. This unique competition brings together around 200 teams and 3,000 students from across Europe to battle for ultra energy efficiency on the road. In 2016, Shell Eco-marathon Europe took place in London, UK at the Queen Elizabeth Olympic Park from June 30 to July 3rd. This paper summarizes a few of the technical expectations of the competition and also the achieved results.

**Keywords:** *electric vehicle, energy-efficient, Shell Eco-marathon*

### Összefoglalás

A Shell Eco-marathon egy egyedi verseny, amely kihívás a diákoknak világszerte, hogy megtervezzenek és megépítsenek egy minél energiahatékonyabb autót. Három eseményt rendeznek évente: egyet Ázsiában, egyet Amerikában és egyet Európában, amelyeken hallgatói csapatok versenypályán mértenek meg. Cél minél messzebb eljutni minél kevesebb üzemanyaggal. Az európai versenyen kb. 200 csapat és 3000 hallgató vesz részt, hogy megküzdjön az energiahatékonyágért. 2016-ban a fenti versenyt Londonban az Erzsébet Királynő Olimpiai Parkban zajlott június 30 és július 3 között. A cikk összefoglalja a verseny fontosabb műszaki követelményeit és az elért eredményeket.

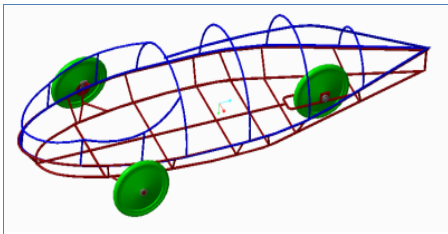
**Kulcsszavak:** *elektromos jármű, energia-hatékony, Shell Eco-marathon*

## 1. Bevezetés

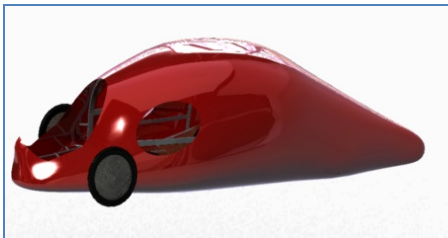
Egyetemünk 2008 óta vesz részt különböző hazai és nemzetközi alternatív meghajtású járművek számára rendezett diákversenyeken. Ilyenek például a Pneumobil és Elektromobil verseny, Széchenyi Futam, AltRace, MVM Energia futam. Az elmúlt évek során nagyon sok jármű épült [1]. Legutóbbi kihívásunk a 2016-os a Shell Eco-marathon volt. Ezen a versenyen a cél, adott pályán, adott ideig, egy adott minimális átlagsebességgel vagy a fölött haladva, minél kevesebb energia fogyasztása.

## 2. Tervezés

A verseny szabályzatában pontosan meghatározták a jármű műszaki és biztonsági követelményeit. Csapatunk a prototípus kategóriában, elektromos meghajtású járművel indult. Terveinket Creo tervezőrendszerben végeztük. Ezt azért választottuk, mert itt több program van egy alkalmazásban sűrítve és egyszerű a kezelőfelülete. A Creo képes 3D-s modellt alkotni, végelem számításokat végezni, NC kódot generálni, stb. [2].



1. ábra. Vázterv



2. ábra. Burkolatterv

A jármű meghajtásához alkalmazott villanymotort a Maxon Motor nevű gyártótól rendeltük meg. A konkrét típus kiválasztásánál az alábbi két szempontot vettünk figyelembe, illeszkedve a Shell Eco Marathon verseny elvárásaihoz:

- a motor alkalmazásával a jármű végsebességének meg kell haladnia a versenyen elvárt minimum 25 km/h átlagsebességet;
- a kiválasztott motor teljesítménye, az előző feltételt teljesítő motorok közül, a lehető legkisebb legyen.

A gyártó katalógusában minden egyes motor esetében rendelkezésre állt a névleges feszültség, áramerősség, nyomaték és fordulatszám értéke, azonban jelleggörbe (nyomaték-fordulatszám karakterisztika) csak néhány motor esetében volt elérhető. Ebből adódóan számításaink során a névleges értékekből indultunk ki. Versenystratégiánk megválasztásánál alapvetően két lehetőség közül választhatunk:

- rögzítünk egy állandó sebességet, amely némileg meghaladja az elvárt 25 km/h átlagsebességet, és ezzel haladunk végig a versenypályán
- felgyorsulni jóval az elvárt átlagsebesség fölé, majd leállítani a hajtást és tovább gurulni szabadon, majd ismét felgyorsulni.

A számítások során az első stratégiában gondolkodtunk és arra a kérdésre kerestük a választ, hogy milyen áttételt kell alkalmaznunk a motor és a kerekek között ahhoz, hogy a jármű a végsebességét a motor névleges fordulatszáma és nyomatéka mellett érje el, továbbá, hogy mekkora lesz a fenti végsebesség értéke. Mivel rendelkezésünkre állt egy 1:4,3 áttételű bolygómu, így a kérdés végül a láncáttétel értéke volt. A járműre ható erők közül a kerekek kerületén fellépő vonóerőt, továbbá a gördülési és légellenállási erőt vettük figyelembe a számításnál [3]. A jármű akkor éri el maximális sebességét, amikor a rá ható menetirányú

erők összege zérussá válik, azaz amikor teljesül az alábbi egyenlőség:

$$F_{\text{vonó}} - F_{\text{görd}} - F_{\text{lég}} = 0 \quad (1)$$

A fenti erőket és a sebességet az alábbi összefüggésekkel számoltuk:

$$F_{\text{vonó}} = \frac{M_{\text{nom}} \cdot \eta_l \cdot \eta_b \cdot i_l \cdot i_b}{R} \quad (2)$$

$$F_{\text{görd}} = \mu_g \cdot m \cdot g \quad (3)$$

$$F_{\text{lég}} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot A \cdot \rho \cdot v^2 \quad (4)$$

$$v = \frac{n_{\text{nom}} \cdot 2 \cdot \pi}{60 \cdot i_l \cdot i_b} \cdot R \quad (5)$$

Az előbbi összefüggésekben  $M_{\text{nom}}$  és  $n_{\text{nom}}$  a motor névleges nyomatéka és fordulatszámja,  $\eta_l$ ,  $\eta_b$ ,  $i_l$ , és  $i_b$ , a lánchajtás és a bolygómű hatásfoka és áttétele,  $m$  és  $R$  a jármű tömege és meghajtott kerekének sugara,  $\mu_g$  a gördülési ellenállási tényező,  $A$  és  $C$  a jármű homlokl felülete és alak tényezője,  $\rho$  a levegő sűrűsége. A bemenő paraméterek, valamint a számított mennyiségek értékeit, az **1. táblázat** foglalja össze. A táblázatban a különböző típusú motorokat teljesítményük szerint növekvő sorrendben tüntettük fel.

1. táblázat. Műszaki paraméterek és számított dinamikai jellemzők értékei

Típus	$U_{\text{mot}}(\text{V})$	$I_{\text{nom}}(\text{A})$	$M_{\text{nom}}(\text{Nm})$	$n_{\text{nom}}(\text{1/min})$	$\eta_b$	$\eta_l$	$i_l$	$i_b$	$R(\text{m})$	$\mu_g$
RE 40/218014	48	0,6	0,19	781	0,91	0,9	1,54	4,3	0,205	0,00438
RE 40/218009	48	2,23	0,18	4930	0,91	0,9	3,36	4,3	0,205	0,00438
RE 40/148877	48	3,17	0,187	7000	0,91	0,9	4,01	4,3	0,205	0,00438
RE 50/370356	48	4,85	0,42	4620	0,91	0,9	2,25	4,3	0,205	0,00438
RE 50/370355	36	7,07	0,418	5420	0,91	0,9	2,48	4,3	0,205	0,00438
RE 65/353295	24	10	0,501	3810	0,91	0,9	1,87	4,3	0,205	0,00438
RE 65/353297	48	6,8	0,8	3420	0,91	0,9	1,45	4,3	0,205	0,00438
$m(\text{kg})$	$g(\text{m/s}^2)$	$c$	$A(\text{m}^2)$	$\rho(\text{kg/m}^3)$	$F_{\text{vonó}}$	$F_{\text{görd}}$	$F_{\text{lég}}$	$F_{\text{vonó}} - F_{\text{görd}} - F_{\text{lég}}$	$v_{\text{max}}(\text{m/s})$	$v_{\text{max}}(\text{km/h})$
100	9,81	0,27	0,7	1,2	5,026583	4,29678	0,726949	0,002853846	2,531893	9,11481488
100	9,81	0,27	0,7	1,2	10,38987	4,29678	6,08497	0,008124302	7,3252539	26,370914
100	9,81	0,27	0,7	1,2	12,88204	4,29678	8,612921	-0,027666052	8,7150264	31,374095
100	9,81	0,27	0,7	1,2	16,23418	4,29678	11,91687	0,02053228	10,251195	36,9043021
100	9,81	0,27	0,7	1,2	17,80846	4,29678	13,50014	0,011541613	10,910952	39,2794272
100	9,81	0,27	0,7	1,2	16,09451	4,29678	11,73302	0,064710962	10,171814	36,6185302
100	9,81	0,27	0,7	1,2	19,92767	4,29678	15,72387	-0,09297793	11,775332	42,3911935

Látható, hogy az RE40/148877 típusú motorhoz tartozó végsebesség már „megnyugtatóan” nagyobb, mint az elvárt átlagsebesség, így számunkra ez a megfelelő választás. Az is látható a táblázatban, hogy ahhoz, hogy a névleges értékek mellett érjük el a végsebességet 1:4 lánccátételt kell alkalmaznunk.

### 3. Építés, kivitelezés

A jármű megépítésénél figyelembe kellett venni az előírt műszaki és biztonsági követelményeket. A járműnek egy darab akkumulátor egysége lehet. Csak Lítium alapú akkumulátor használható BMS (Battery Management System) védelmi és

felügyeleti rendszerrel. A meghajtáshoz egy vagy két darab motor használható, de csak saját építésű vezérlővel. A jármű 3 vagy 4 kerekű lehet, csak első kereken történő kormányzással, két körös fékrendszerrel, külön az első és hátsó kerékre. A járműnek 8 m-es köríven belül kell kanyarodnia. A vázszerkezetében a vezető feje fölött bukócsőnek kell lenni, amelynek minden irányból 700N nagyságú terhelést kell elbírnia. A vezető fülkét a motortól tüzszálló fallal kell elválasztani. A járművet alulról, oldalról, felülről zárt burkolat kell hogy határolja, előre és oldalkilátással. A vezetőt legalább 5 pontos biztonsági övvel kell rögzíteni a vázhoz, amely még borulás esetén is biztonságos. A járműnek jobb és baloldali

tükrökkel, illetve egy legalább 85 dB hangerejű dudával kell rendelkeznie. Az is előírás, hogy a vezetőnek 10s időn belül el kell tudni hagynia a járművet.

#### 4. Eredmények

A jármű elkészítésében több mint húszan vettek részt, köztük hallgatók és oktatók különböző szakokról és tanszékekről [4]. Megterveztük, megépítettük a járművet és részt vettünk a versenyen. Sikerült egy 12 fős csapatnak kiutazni Londonba. A verseny első három napján nagyon szigorú műszaki ellenőrzésen kell megfelelni. A következő három nap alatt négy lehetőség van pályán is bizonyítani. Miután a jármű megfelelt az ellenőrzéseken, sikeres mért kört is futott a pályán 101.8 km/kWh energiafogyasztással.



3. ábra. A londoni csapat



4. ábra. Verseny közben

#### 5. Összegzés

Cikkünk bemutatta a Debreceni Egyetem Műszaki Karán nemrég kifejlesztett alternatív hajtású járművet, továbbá első részvételünket és eredményeinket az egyedülálló Shell Eco-marathon Europe versenyen. A cél minél messzebb eljutni minél kevesebb üzemanyaggal. Ezen a versenyen kb. 200 csapat 3000 hallgatója vesz részt, hogy megküzdjön az energiahatékonyságért. Az elektromos hajtású prototípus kategóriában induló kb. 60 csapatból az előkelő 30. helyen végeztünk.

#### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Gábora, A.; Magyarai, A.; Zilahi, K. L.; Lovadi, Gy. D.; Varga, T. E.; Sipos, K. B.: *Elektromos járművek tervezése és építése. Múlt és jövő*, A XXI. Fialat Műszakiak Tudományos Ülészak Előadásai, EME kiadó, Március 17, Kolozsvár, 2016.
- [2] Magyarai, A.: *Versenyautók tervezése és modellezése*. Tudományos Diákköri Konferencia., December 3, Debrecen, 2015.
- [3] Sziki, G. Á.; Juhász, Gy.; Kondor, N. R.; Juhász, B.: *Computer Program for the Calculation of the Performance of Pneumobiles*. Proceedings of the 2nd International Scientific Conference on Advances in Mechanical Engineering Proceedings (ISCAME 2014), Október 9-10, Debrecen, 2014.
- [4] Gábora, A.; Magyarai, A.; Varga, T. E.; Balázs, D.; Lemperger, L.; Igaz, T.; Diósi, I.; Veszelszki, K. J.; Simon, A.; Jakabóczy, G.; Németh, A. B.; Kovács, V. I.; Lovadi, Gy. D.; Zilahi, K. L.; Sipos, K. B.: *Prototype battery electric car development for Shell Eco-marathon competition*. Proceedings of the 4th International Scientific Conference on Advances in Mechanical Engineering Proceedings (ISCAME 2016), Október 13-14, Debrecen, 2016.