

Kerekes Ferenc Attila, Nyári Péter, Szabó József Zoltán

## GÖRDÜLÉSI ELLENÁLLÁS ÖSSZEHASONLÍTÁSÁRA SZOLGÁLÓ TESZTBEREDEZÉS FEJLESZTÉSE

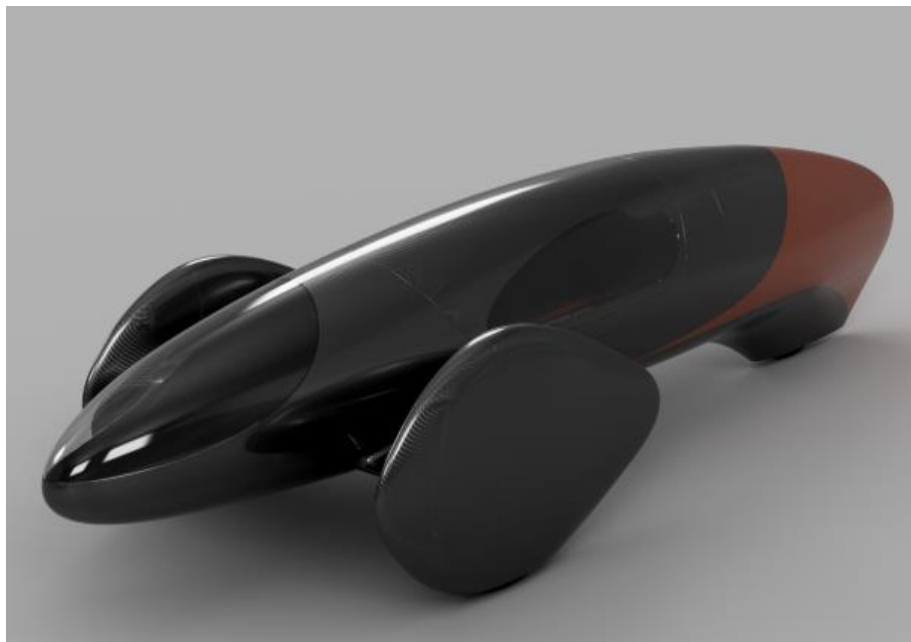
*Az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar OEKO Shell Eco-Marathon csapata már 8. éve vesz részt a nemzetközi üzemanyag takarékosági versenyen benzines prototípus kategóriában. A versenyautó tervezése során fő szempontok a környezetbarát technológiák alkalmazása, az elérni kívánt eredményt befolyásoló energiaveszteségeket okozó hatások csökkentése és az ergonomikus elvek alapján történő belső tér kialakítása a motor- és pilótatérben egyaránt. Jelen cikkünkben a versenyautó tüzelőanyag-fogyasztását befolyásoló gördülési ellenállással foglalkozunk. Megvizsgáljuk, hogy a gumibroncsfajták és kerékkialakítások milyen módon változtatják a gördülési ellenállásból származó veszteségeket, ezt követően e hatások mérésére, valamint összehasonlítására szolgáló vizsgálóberendezés koncepcióját mutatjuk be.*

**Kulcsszavak:** Shell Eco-Marathon, OEKO, Óbudai Egyetem, prototípus, gördülési ellenállás, futómű, gumibroncs, vizsgálóberendezés

### 1. BEVEZETÉS

A nemzetközi Shell Eco-Marathon üzemanyag takarékos versenyen induló csapatok fő célja, egy olyan jármű fejlesztése és megépítése, majd azzal való versenyzés, amely a lehető legnagyobb távolságot képes megtenni a minél kevesebb üzemanyag felhasználásával. A versenyre középiskolák, valamint felsőfokú intézmény diák csapatai nevezhetnek és mérhetik össze tudásukat, járművüket. A versenyt már négy kontinensen, Európában, Amerikában, Ázsiában és Afrikában is megrendezik. A versenyen lehetőség van többféle kategóriában nevezni, mind energiaforrás, mind pedig jármű kialakítás tekintetében. A jármű kialakítását tekintve lehet városi vagy prototípus kategóriájú. Az energiaforrást nézve lehetséges fosszilis energia (benzin, gázolaj, gáz) vagy elektromos energia (akkumulátor, üzemanyagcella). A verseny során a csapatoknak 4 alkalom áll a rendelkezésre, hogy az 1,7 km hosszúságú pályán megtegyenek 10 kört mindössze 39 perc alatt, ami átlagosan 26 km/h sebességet jelent. Az eredményeket km/liter mértékben adják meg, melyet az alapján számolnak ki, hogy a jármű a 10 kör megtétele alatt mennyi üzemanyagot fogyasztott, majd ezt az értéket arányosítják 1 liter 95-ös oktánszámú benzin energia tartalmához. Az induló csapatok a projekt révén megtanulnak csapatban dolgozni és nem csupán a műszaki területtel, hanem a projekt-menedzsmenttel, a költségvetéssel, illetve a kommunikációval is foglalkozniuk kell [1].

Annak érdekében, hogy a lehető legnagyobb távot tegyék meg, e járműveknek minél kisebb súlyllyal, áramvonalas karosszériával és optimalizált hajtáslánccal kell rendelkezniük. Az induló járművek 90%-a könnyű kompozit karosszériával rendelkezik, amely legnagyobb hányadban karbon- vagy üvegszövet erősítésű műgyanta kötésű. A kompozit technológia használatával a **tömeg** csökkentést hatásosan lehetett elérni a járműveknél, ezzel is növelve az elérhető hatótávot. Tervezés során másik fontos terület azon veszteségek csökkentése, melyekre a jármű tervező csoportnak lehetősége van, Ilyenek lehetnek a gördülési- és a légellenállásból származó veszteségek.



1. ábra OEKO csapat 2017 évi versenyjármű koncepciója (saját szerkesztésű ábra)

Az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Shell Eco-Marathon OEKO nevű csapatának eddigi legjobb eredménye az 565,5 km/l, melyet benzines prototípus kategóriában értünk el. A járművünk első kerék kormányzású és összesen három kerekű. A meghajtásról egy benzines Honda GX35, 35 cm<sup>3</sup>-es átalakított fűkasza motor gondoskodik, amely centrifugál kuplungon keresztül, lánchajtással adja át a nyomatékát a hátsó kerékre. A motort elektronikus vezérlőegységgel tudjuk vezérelni a beszerelt beavatkozók és jeladók segítségével. Az 1. ábrán a karosszéria karbon kompozit monocoque<sup>1</sup> kialakítása látszik [2].

Az első évtől kezdve kutatjuk azokat a jövőbe mutató technológiákat, amely hozzájárulhat a kitűzött 1000 km/liter eredmény eléréséhez. 2014-es évtől kezdődően nem csupán a kis fogyasztással szeretnénk környezetbarát lenni, hanem a jármű teljes életciklusára nézve. Ezt az elvet szem előtt tartva, célunk, hogy a tervezés első lépésétől kezdve, a kivitelezésen át, a tesztelésig és a jármű megsemmisítésig ne használjunk a szükségesnél több energiát, valamint a jármű életciklusa végén a lehető legkevesebb nem újrahasznosítható hulladék keletkezzen. Ezen felül a gördülési- és légellenállásból származó veszteségeket is szeretnénk a lehető legnagyobb mértékben csökkenteni [2].

A cikk célja a prototípus járművünk gördülési ellenállásának csökkentéséhez vezető legjobb megoldások feltérképezése és csökkentési lehetőségeinek feltárása. Továbbá a gördülési ellenállás csökkentésére szolgáló megoldások hatásainak összehasonlítására szolgáló tesztberendezés koncepciójának bemutatása.

A tanulmány az alábbi fejezetekből áll: A 2. fejezet az előző évek tapasztalatait és a fejlesztési irány kitűzését mutatja be. A 3. fejezet a járművünk esetén fellépő gördülési ellenállás fajtáit veszi sorba. A 4. fejezet a testberendezés koncepcióját szemlélteti. Az 5. fejezetben a cikk összefoglalására kerül sor.

---

<sup>1</sup> Monocoque: Francia eredetű szó, jelentése: egy héj. Ez a fajta vázszerkezet rendkívül jól viseli a rá ható terheléseket, nagy merevség, kis tömeg jellemzi.

## 2. JÁRMŰVEL SZEMBEN TÁMASZTOTT KÖVETELMÉNYEK ÉS A LEGFŐBB VESZTESÉGEK

Az útajainkon közlekedő járművek esetén sokféle veszteség lép fel, amelyekkel a tervezőknek számolni kell a tervezési folyamatban. Abban az esetben, ha a veszteségek csökkentésére nem fordítunk kellő figyelmet a jármű hatásfoka alacsony mértékű lesz. A kis hatásfokú jármű több szempontból is hátrányos, hiszen a jármű tulajdonosoknak fontos szempont az alacsony fogyasztás, a magas teljesítmény, valamint az alacsony károsanyag-kibocsátás. Ezeket csak úgy érhetjük el, ha a jármű tervezése során számításba vesszük azokat a veszteségeket, amelyekre a tervezési folyamatban hatást tudunk gyakorolni. Az OEKO csapat versenyjárműve esetén sincs ez különben, mi is törekszünk már a tervezés kezdetén arra, hogy a fellépő veszteségeket és kívánalmakat körültekintően gyűjtsük össze.

Legfőbb kívánalmak a versenyjárművel szemben:

- ➔ alacsony jármű tömeg
  - kompozit karosszéria;
- ➔ a versenypályához optimalizált motor és hajtáslánc
  - pálya feltérképezése, annak megfelelő mechanikai kialakítás és vezérlés;
- ➔ stabilitás és irányíthatóság
  - állítható futómű geometria;
- ➔ járműre ható veszteséget okozó hatások minimalizálása
  - gördülési- és légellenállásból származó veszteségek csökkentés;

Amikor nincs lehetőség a veszteséget okozó hatást csökkenteni vagy kiiktatni, akkor azzal csak kalkulálni tudunk. Azoknál az okoknál, ahol a tervezői munkától függhet az elért eredmény, ott a lehetőségeinkhez mérten igyekszünk a legjobb megoldást kidolgozni. A lehetőségeink függenek a költségektől, az időtervtől és a csapatot alkotó személyek tudásától, valamint képességeitől.

A felsorolt veszteséget okozó hatások közül a versenyautó tüzelőanyag-fogyasztását befolyásoló gördülési ellenállással foglalkozunk a továbbiakban. Megvizsgáljuk, hogy a gumiabroncsfajták és a kerékkialakítások milyen módon változtatják a gördülési ellenállásból származó veszteségeket.

Az 1. táblázatban láthatóak a legfőbb hatások és veszteségek, amelyek növelik az tüzelőanyag-fogyasztást, így csökkentik a versenyjármű hatótávolságát, ezzel rontva a versenyeredményünket.

Veszteség oka	Van rá kihatásunk?	Megoldás	Példa
Jármű nagy össztömege	igen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kis össztömegű karosszéria</li> <li>• könnyített tartószerkezet</li> <li>• könnyített hajtáslánc</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• karbon kompozit karosszéria</li> <li>• kompozit tartószerkezet</li> <li>• alumínium motorblokk és karbon kompozit lánckerék</li> </ul>
Pilóta tömege	igen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• könnyű pilóta</li> <li>• tömegkontroll</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• női pilóta</li> </ul>
Pilóta vezetési stílusa	igen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• folyamatos képzés és edzés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• elméleti és gyakorlati oktatás</li> <li>• gyakorlás a teszt pályán</li> </ul>

Gördülési ellenállás	igen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• alacsony gördülési ellenállású gumiabroncs</li> <li>• merev felni</li> <li>• alacsony gördülési ellenállású csapágyazás a teljes járműre nézve</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• verseny gumiabroncs</li> <li>• karbon kompozit kerekek</li> <li>• kerámia csapágyak</li> </ul>
Légellenállás	igen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• áramvonalas karosszéria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ideális cseppforma megközelítése</li> <li>• kerekek burkolása</li> <li>• kiálló részek csökkentés</li> </ul>
Tehetlenség	igen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kis össztömegű jármű</li> <li>• könnyű pilóta</li> <li>• forgó alkatrészek tömegének csökkentése</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• lásd: 1. és 2. sor</li> <li>• karbon kompozit hátsó lánckerekek</li> <li>• optimalizált forgattyús mechanizmus</li> </ul>
Emelkedő értéke	nem	-	-
Útburkolat minősége	nem	-	-
Futómű geometria	igen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• feltételek szerint optimalizált futómű</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 kerékdőlés</li> <li>• 1,5 kerékösszetartás</li> </ul>

1. táblázat Tüzelőanyag-fogyasztást növelő legfőbb hatások és veszteségek (saját szerkesztésű táblázat)

### 3. GÖRDÜLÉSI ELLENÁLLÁS

A járművünk gördülési ellenállásának legnagyobb hányadát a forgó mozgást végző kerekek gördüléséből származó ellenerő alkotja, amely több hatásból adódik össze. Ezek a gumiabroncs és a keréktárcsa rugalmas torzulása, a csapágyak gördülési ellenállása, valamint a futómű beállítási paramétereit által okozott ellenállás. A jármű tüzelőanyag-fogyasztásának átlagosan 20%-a gördülési ellenállás legyőzésére fordítódik.

Gumiabroncs gördülési ellenállásából származó  $F_{görd.}$  erő meghatározása az alábbi összefüggést használjuk.

$$F_{görd.} = f_{görd.} \cdot m \cdot g \quad (1)$$

ahol:

$f_{görd.}$  – a gördülési együttható [-]

$m$  – jármű össztömege pilótával együtt [kg]

$g$  – gravitációs gyorsulás

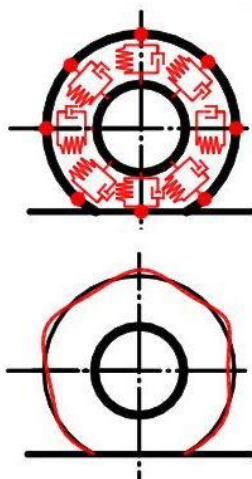
A gumiabroncs  $f_{görd.}$  gördülési együtthatója függ többek közt a talaj minőségétől, a mozgás sebességtől, az alkalmazott nyomástól. A gördülési együttható a gördülési ellenállásból származó  $F_{görd.}$  erő és a kerékre ható normál  $F_N$  erő hányadosa. Különböző típusú és kivitelű gumiabroncs  $f_{görd.}$  gördülési együtthatójának alakulása látható a 2. táblázatban.

Gumiabroncs típus	$f_{görd.}$ (aszfaltra származtatva)
Személygépjármű abroncs	0,013
Hagyományos, kereskedelmi forgalomban kapható kerékpárbroncs	0,006
Speciális Michelin 44-406 diagonál kialakítású kerékpárbroncs	0.0024
Speciális Michelin 45-75R16 radiál kialakítású kerékpárbroncs	0,00081

2. táblázat Gördülési együttható beállított, egységes paraméterek mellett [3]

### 3.1 Gumiabroncs

Gumiabroncs által keltett veszteséget több hatás is okozza. A futófelület a gumiabroncs forgás közben deformálódik miközben kapcsolatba lép az útburkolattal, ezáltal az alakváltozás közben a gumi felmelegszik, amely a belső-, illetve a talaj és a gumi közti súrlódásból tevődik össze. Ez az energia hő formájában távozik, ez teszi ki a gumiabroncs gördülési ellenállásának 90%-át [4].



2. ábra A gumiabroncs deformációja [6]

Minél nagyobb a gumiabroncs gördülési ellenállása, annál nagyobb erőre van szükség a gépkocsi haladásához. Ha a motornak többet kell dolgoznia csupán a gumiabroncs gördülési ellenállásának legyőzése érdekében, több üzemanyagot fogyaszt. Gondoljunk úgy a gördülési ellenállásra, mintha a gépkocsinak állandóan egy 1%-os emelkedőn kellene felmennie. A gördülési ellenállás nem szüntethető meg teljesen, de a lehető legnagyobb mértékű csökkenése azt jelenti, hogy kevesebb tüzelőanyagra lesz szükség [4].

Gördülés közben a kerék, illetve a talaj is deformálódik, hiszen a kerék és a talaj sem rugalmatlan, így a befektetett munka nem térül meg teljesen, a forgás mindig teljesítmény veszteséggel, azaz hő keletkezésével jár. A 3. táblázat a gumiabroncs különböző talajra viszonyított gördülési együttható alakulását tartalmazza.

A gumiabroncs deformációjának mértéke a gumiabroncsot a talajhoz nyomó erőttől, valamint az út és a gumiabroncs jellemzőitől függ, amelyeket a gördülési együtthatóval veszünk figyelembe.

A gumiabroncs jellemzői:

- a maximális nyomás;
- a gumiabroncs profilja;

- anyagösszetétel;
- mintázat;
- oldalfal és futófelület szövetszerkezete;
- futófelület és oldalfal méret;
- keménység;
- tömlős vagy tömlő nélküli.

Úttípus	Gördülési együttható
Aszfaltbeton	0,01-0,02
Kockakő	0,023-0,030
Száraz kötött talaj	0,025-0,035
Nedves kötött talaj	0,050-0,15
Homok	0,10-0,3

3. táblázat A gumiabroncs különböző talajra viszonyított gördülési együtthatója [4]

A radiális gumiabroncs kialakítás alacsonyabb gördülési ellenállási együtthatót eredményez a diagonál abroncsnál. Radial kialakításnál a kordszalak 90°-ban metszik a korona vonalat és a futófelület szélességében öv helyezkedik el 15–20°-os korona szöggel, így kevesebb betéttel ugyanolyan igénybevételt képesek elviselni a gumiabroncs, mint a diagonál esetén. A kevesebb betét hatására a gumiabroncs tömege csökken, amely nekünk jelentős szereppel bír, hiszen a kerék tehetetlensége ezáltal ugyancsak csökken. A kevesebb betét nem csak a tömegre, hanem a belső súrlódás csökkenésre is jótékony hatással van.

A gumiabroncs összetételében manapság a kén a vulkanizálás legfőbb kelléke. A vulkanizálás során alakul át a plasztikus képlékeny kaucsuk elasztikus, vagyis rugalmas gumivá. Az abroncskeverék mintegy harmadát a korom alkotja; a koromtól lesz fekete a gumi. A szintetikus gumi keveréknek köszönhetően csökken a gumi gördülési ellenállása [5].

Számunkra előnyös a gumiabroncs tömlő nélküli használata, mert azzal csökkenteni tudjuk a kerék tömegét, illetve a tömlő és a külső gumiabroncs közti súrlódás megszűnik, ezzel megszüntetve a befektetett energia egy részének a hővé alakulását. Ami hátrányt jelent abban az esetben, ha nincs belső tömlő, hogy a levegő és ezzel a nyomás veszteség esélye megnövekszik. A tömlő nélküli gumiabroncs használatához különleges és egyben drágább felni kialakítás szükséges.

Az oldalfal és a futófelület keménysége nagyban befolyásolja gördülési ellenállás csökkenését, ezáltal növelve a hatótávolsága. A keményen oldalfalak és futófelületnek köszönhetően a gumi torzulása csekélyebb, így a hő termelődés is kisebb. A hátránya, hogy az útburkolat egyenetlenségeit kevésbé tudja csillapítani, ezzel megnövekszik a járműre ható csillapítatlan erőhatás, amely káros rezgéseket kelthet a járműben, ami tönkremenetelhez vezethet és egyben a pilótának is rontja a komfortérzetét.

A magasabb nyomáson használható gumiabroncs jótékony hatást fejt ki gördülési ellenállás csökkentése, mert ugyanazt az eredményt valósítja meg, mint amit a keményebb oldalfal és futófelület esetén tapasztalunk. A nagy nyomás veszélyeket is hordoz magával, mert a nagyobb nyomáshoz erősebb és precízen kialakított felni szükséges, amely növeli a költségeket, legyen az hagyományos kialakítású vagy karbon kompozit felni. Ha a felni nem képes elviselni a nagy nyomást könnyen balesethez vezethet, menet közben szétnyílnak a felni, ezzel veszélyeztetve más csapat járműveinek és a mi pilótánk biztonságát.

### 3.2 Kerékcsapágyazás

A kerék gördülési ellenállásának része a kerékcsapágyak gördüléséből származó ellenállás  $F_{csá.}$ . Ez az érték alacsony, a teljes gördülési ellenállás kevesebb, mint 1%-át adja, az átlagos ellenállás értéke körülbelül 0,0015.

$$F_{csá.} = \mu \cdot m \cdot g \cdot \frac{d}{D} \quad (2)$$

ahol:

- $\mu$  - a csapágy súrlódási együttható [-]
- $d$  - csapágy gyűrű átmérő [m]
- $D$  - kerékátmérő [m]
- $m$  - jármű össztömege pilótával együtt [kg]
- $g$  - gravitációs gyorsulás

Természetesen ez az érték függ csapágy típusától, de a különbség csekély mértékű. Számos csapágygyártó termékeit vizsgáltuk meg, amelyből le tudjuk vonni azt a következtetést, miszerint a mi esetünkben, ahol a csapágyak messze nem érik el az élettartamuk 10%-át sem, jelentősen nem számít, hogy a csapágy energiatakarékos-e vagy sem. Az SKF specifikációjából is kiderül, hogy a várható energia-megtakarítás energiatakarékos csapágyak esetén csak jóval magasabb fordulatszám tartományban és a teljes életciklust követően mérhető, amely 5 % körüli megtakarítás jelentene. Ami már észrevehetően befolyásolja a kerék gördülését, az a csapágyak tömítésére szolgáló záró gyűrű súrlódása, a kenés milyensége és a szerelés pontossága.

### 3.3 Felni

A felni fajtája és kialakítása is hatást gyakorol a gördülési ellenállás értékére. A felni sem tekinthető teljesen rugalmatlannak, forgás során a felnit rugalmas deformáció éri, és úgy, mint a gumiabroncsnál, itt sem adódik vissza teljesen az energia, egy része hővé alakul, de a felni esetében ez nem számottevő.

Számos csapat használt karbon kompozit technológiával kialakított felnit, amely lehet egyedi gyártású vagy kereskedelmi forgalomban kapható. Azok a csapatok, akik karbon kompozit felni használatát választják, az esetek 90%-ban egyedi gyártás mellett döntenek. Ez a mi esetünkben sincs másképp, mert a felnival szemben támasztott elvárásoknak, csak az egyedi gyártású felni képes teljes mértékben megfelelni.

Felnivel szemben támasztott követelmények:

- megfelelő szilárdság;
- kis tömeg → ezáltal a forgó tehetetlenség csökken;
- magas nyomás elviselése (5 bar);
- tömítettség;
- könnyű szerelhetőség.

A karbon kompozit felni használat esetén, a kialakítás előtt komoly tervezési munka szükséges, hogy valóban jobb eredményt érjünk el a hagyományos kialakítású küllőzött alumínium abronccsal rendelkező felninél.



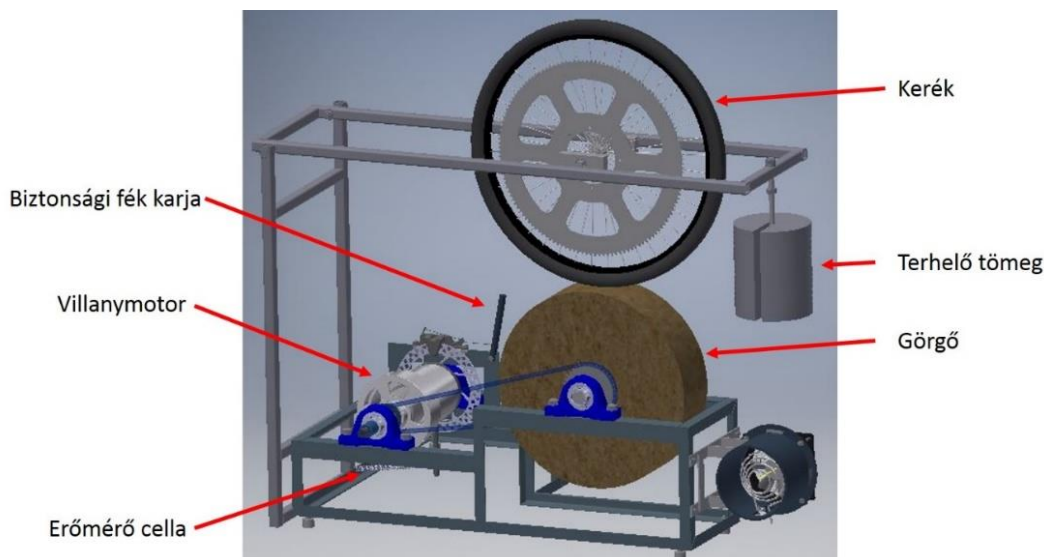
3. ábra Karbon kompozit felni (saját felvétel)

#### 4. GÖRDÜLÉSI ELLENÁLLÁS MÉRÉSÉRE SZOLGÁLÓ TESZTBERENDEZÉS KONCEPCIÓJA

Az évek során a gördülési ellenállás csökkentésére sokféle megoldást dolgoztunk ki és a versenyek alkalmával is többi csapat által alkalmazott megoldásokat gyűjtöttünk össze. Vannak csapatok, akik a gumiabroncs nagyobb fokú terpesztésében, vagy nagyon drága, de kis gördülési ellenállású csapágyban, vagy a könnyű felniben, vagy a gumiabroncs típusában és annak nyomásértékében látják a hatótáv növelésének legnagyobb mértékét. Ha minden egyes hatótáv növelésére szolgáló megoldást szeretnénk megvalósítani, akkor hatalmas költségekkel számolhatunk. Mi abban hiszünk, hogy azokra a fejlesztési területek célszerű fókuszálni, amelyek nagyobb mértékben járulnak hozzá az elérni kívánt eredményhez. Annak érdekében, hogy a különböző megoldásokat rangsorolhassuk, szükségesnek éreztük egy tesztberendezés koncepciójának kidolgozását.

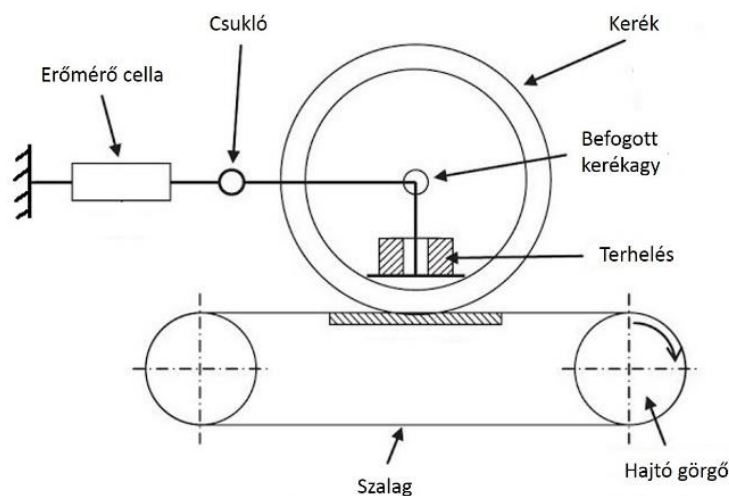
Kétféle koncepciót határoztunk meg, amellyel számunkra kellő pontossággal tudjuk mérni és összehasonlítani a különböző megoldások hatótávra gyakorolt mértékét. Az első fázisban a meglévő görgős fékpadunkat fejlesztjük tovább úgy, hogy alkalmas legyen a feladatra (4.ábra).





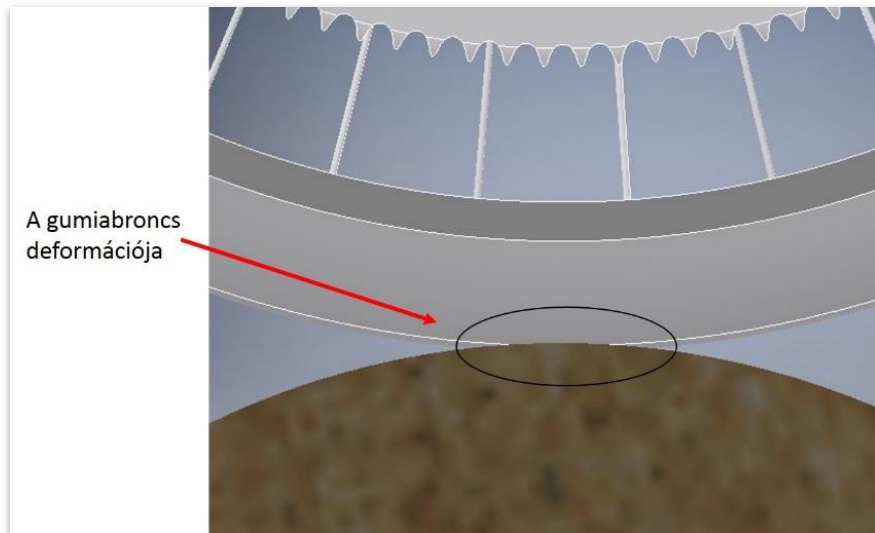
4. ábra Görgős kivitelű tesztberendezés (saját szerkesztésű ábra)

A második fázisban egy olyan futószalagos tesztberendezést hozunk létre, amely a valósághoz közelebbi értékeket képes szolgáltatni. Az első fázisban megvalósuló berendezés kisebb munkával jár, és kevesebb időt és költséget emészt fel. A második fázisban létrehozandó berendezés felépítéséből adódóan több munkával, idővel és magasabb költséggel párosul.



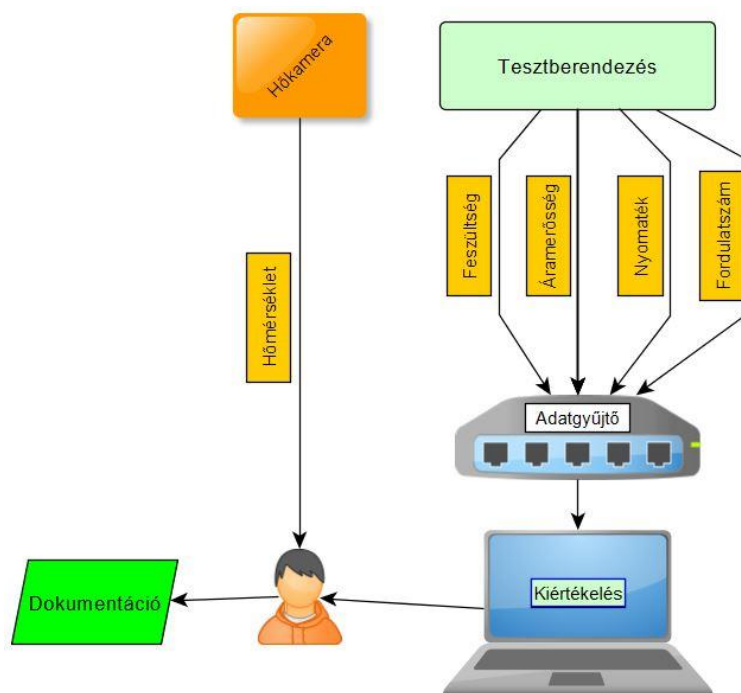
5. ábra Futószalagos kivitelű tesztberendezés (saját szerkesztésű ábra)

Futószalagos kialakítású berendezéssel a valósághoz jobban közelítő értéket mérhetünk, mert ennél a kialakításnál a gumibroncs a valóságnak megfelelően deformálódik. Görgős kivitelnél a 7. ábrán a gumibroncs deformációja figyelhető meg, amely nagyobb mértékű, mert a görgő átmérője nem közelíti meg a kerék háromszorosát, ahogy azt az ilyen felépítésű berendezéseknél alkalmazzák. Annak ellenére, hogy a görgős mérés eredményei kevésbé közelíti meg valóságot, különböző gumibroncsok, felni kialakítások, valamint csapágyak gördülési ellenállás értékek összehasonlíthatóak. Az összehasonlítás alapján dönteni tudunk, hogy melyik megoldás hordozza magában a legjobb eredmény eléréséhez vezető hatást.



6. ábra A gumiabroncs deformációja a görgős tesztpadon (saját szerkesztésű ábra)

A két tesztberendezés ugyanazon elv alapján működik, tehát egy villanymotor segítségével forgásba hozzuk a hajtó görgőt, amely közvetlenül (görgős kialakítás) vagy közvetetten (futószalagos kialakítás) forgatja a járműkereket. Adatgyűjtő segítségével összegyűjtjük a tesztberendezésen elhelyezett jeladók jeleit, majd ezt követően egy kiértékelő rendszerrel meghatározzuk a mérési eredményeket, melyet ledokumentálunk. Működés közben hőkamera segítségével hőképet készítünk, hogy megállapítsuk a gördülési ellenállásból származó hőmennyiséget (7. ábra).



7. ábra Mérési blokkvázlata (saját szerkesztésű ábra)

Tesztberendezésre felhelyezett jeladók:

- fordulatszám jeladók (kerék és görgő);
- áram és feszültség mérő szenzor;
- erőmérő cella;

## 5. ÖSSZEFOGLALÓ

Igyekeztünk láthatóvá és érezhetővé tenni, hogy számos hatás okozhat tüzelőanyag-fogyasztás növekedést. Az tüzelőanyag-fogyasztás csökkentése nem csupán anyagi, hanem környezetvédelmi okokból is jelentős. Azoknál a járműveknél, melyek csak kis távolságú utakat tesznek meg kevésbé érezhető, de egy olyan járművek esetén, amelyeknek évente több mint 5000 kilométeres a futásteljesítményük, ott már erőteljesen érezhető a fentebb felsorolt megoldások jótékony hatása. A projekt során végzett munka nem csak azt a célt szolgálja, hogy a fejlesztés során a jármű a versenyen minél jobb eredményt érjen el hanem, hogy a fejlesztésben dolgozó hallgatók már most olyan tudásra és tapasztalatra tegyenek szert, amelyet a későbbi munkájukban hatékonyan tudnak hasznosítani, ezáltal segítve a környezettudatos tervezési elvek bennünk való kialakulását.

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Nyári Péter, Kerekes Ferenc Attila, Szabó József Zoltán: Additív gyártástechnológiák alkalmazása a környezettudatos prototípus gyártásban, IFFK 2016. augusztus 29-31, pp. 3-4.
- [2] Kerekes Ferenc Attila, Nyári Péter, Szabó József Zoltán: Ökológiai lábnyomunk csökkentése a járműgyártásban környezettudatos technológiák alkalmazásával, IFFK 2016. augusztus 29-31, pp. 1-5.
- [3] J. J. Santin, Christopher H. Onder, J. Bernard, D. Isler, P. Kobler, F. Kolb, N. Weidmann, L. Guzzella: The World's Most Fuel Efficient Vehicle: Design and Development of Pac Car II. vdf Hochschulverlag AG, an der ETH Zurich, 2007.
- [4] [www.michelin.hu](http://www.michelin.hu), (online) url: <http://www.michelin.hu/autogumi/hasznos-informaciok/alapveto-tudnivalok-az-abroncsrol/gordulesi-ellenallas2> (2017.02.01.)
- [5] Szabó József Zoltán: Szerviztechnika és üzemfenntartás. tansegédlet. (online) url: [http://siva.bgk.uni-obuda.hu/jegyzetek/Szerviztechnika/ELOADASOK\\_2013\\_PDF/SZTU\\_9EA\\_2013\\_Gumi.pdf](http://siva.bgk.uni-obuda.hu/jegyzetek/Szerviztechnika/ELOADASOK_2013_PDF/SZTU_9EA_2013_Gumi.pdf) (2017.02.01.)

**ROLLING RESISTANCE COMPARISON TEST EQUIPMENT**

The Óbuda University Bánki Donát Faculty of Mechanical Engineering and Safety Engineering OEKO Shell Eco-Marathon team take participant for 8 year of international competition fuel economy in prototype category. The main aspects of race car design of the application, causing the reduction of energy losses affecting the results desired effects and design interiors based on ergonomic principles of environmentally technologies in both engine and driver place. It will take this rolling resistance affect fuel consumption racing deal. We will examine that type of tire and wheel types alter the way in which losses of rolling resistance, then presented the concept of testing equipment to measure and compare these effects.

**Keywords:** Shell Eco-Marathon, OEKO, Óbuda University, prototyping, rolling resistance, chassis, tires, test equipment

Nyári Péter BSc hallgató, OEKO csapatvezető Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonság- technikai Mérnöki kar Mechatronikai és Járműtechnikai Intézet nyari.peter@bgk.uni-obuda.hu orcid.org/0000-0002-8437-7117	Nyári Péter BSc student, OEKO team leader Óbuda University, Donát Bánki Faculty of Mechani- cal and Safety Engineering Mechatronics and Vehicle Technical Institute nyari.peter@bgk.uni-obuda.hu orcid.org/0000-0002-8437-7117
Kerekes Ferenc Attila intézeti mérnök Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonság- technikai Mérnöki kar Mechatronikai és Járműtechnikai Intézet kerekes.attila@bgk.uni-obuda.hu orcid.org/0000-0002-5103-1742	Kerekes Ferenc Attila institute engineer Óbuda University, Donát Bánki Faculty of Mechani- cal and Safety Engineering Mechatronics and Vehicle Technical Institute kerekes.attila@bgk.uni-obuda.hu orcid.org/0000-0002-5103-1742
Dr. Szabó József Zoltán (PhD) intézetigazgató helyettes, egyetemi docens Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonság- technikai Mérnöki kar Mechatronikai és Járműtechnikai Intézet szabo.jozsef@bgk.uni-obuda.hu orcid.org/0000-0002-9129-9049	Dr. Szabó József Zoltán (PhD) Deputy Director of Institute, associate professor Óbuda University, Donát Bánki Faculty of Mechani- cal and Safety Engineering Mechatronics and Vehicle Technical Institute szabo.jozsef@bgk.uni-obuda.hu orcid.org/0000-0002-9129-9049



[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2017\\_2/2017-2-06-0384\\_Kerekes\\_F\\_A-Nyari\\_P\\_Szabo\\_J\\_Z.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2017_2/2017-2-06-0384_Kerekes_F_A-Nyari_P_Szabo_J_Z.pdf)