

Fogyasztásmérések fejlesztése teszt pályás mérésekhez

Development vehicle test procedure for proving ground measurements

ZSOMBÓK Imre

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépjárműtechnológia Tanszék
Magyarország, 1111 Budapest, Stoczek utca 6.

www.gjt.bme.hu

imre.zsombok@auto.bme.hu

Abstract

In recent years, autonomous vehicles which can be driven without human action have become widespread and demand in the market of autonomous vehicles is getting higher. This demand attracts the attention of automotive manufacturers and increases their investments in this field. Although the primary purpose of autonomous vehicles is to reduce human-caused accidents and to maximize safety in traffic, energy consumption is also an important topic of discussion in this context. Changes in the demands of costumers and governments are being caused to the production of more powerful batteries, more environmentally friendly fuels and the production of autonomous vehicles. These changes in the demands of consumers also lead to big changes in the planning of the manufacturing companies. When fuel/energy consumption is considered, hybrid vehicles could be taken into as an alternative solution of reducing fuel consumption and carbon emission. The aim of this study is investigating rural road effect on fuel consumption.

Keywords: consumption reduction, efficiency, autonomous transport

Kivonat

A járművek hajtásláncá egyre összetettebb az elmúlt évek fejlesztéseinek hatására. Az utóbbi években a bizonyos szintig autonóm járművek, amelyek emberi fellépés nélkül vezethetők, elterjedtek, és azok piacán is egyre növekszik a kereslet. Ez a kereslet felkeltette a gépjárműgyártók figyelmét és folyamatosan növeli beruházásaikat ezen a területen. Noha az autonóm járművek elsődleges célja az ember okozta balesetek csökkentése és a közlekedés biztonságának maximalizálása, az energia felhasználása szintén fontos beszéd téma. A vásárlók és a kormányok igényeinek változása a nagyobb kapacitású akkumulátorok, a környezetbarátabb üzemanyagok és az autonóm járművek, azaz a fejlődő technológia az oka. A fogyasztói igények változása a gyártó vállalatok jövőtervezésében is nagy változásokhoz vezet. Az üzemanyag / energiafogyasztás figyelembevételkor a hibrid járműveket, mint egy kedvező alternatív megoldásként lehet figyelembe venni az üzemanyag-fogyasztás és a szén-dioxid-kibocsátás csökkentése érdekében. A tanulmány célja a vidéki utak üzemanyag-fogyasztásra gyakorolt hatásainak vizsgálata.

Kulcsszavak: fogyasztáscsökkentés, hatékonyság, autonóm közlekedés

1. BEVEZETÉS

Manapság az energiahatékonysági és energiatakarékosági kérdések népszerűvé váltak az olajkészletek csökkenése és a környezetvédelmi szempontok előretörése miatt [1]. A közúti közlekedés mellett mind a tengeri közlekedés energia ellátása és környezetszennyezése, mind a légi közlekedés energetikai és kibocsátási kérdései is egyre nagyobb hangsúlyt kapnak [2]. A kibocsátási előírások, a jogi követelményeknek való megfelelés [3] a hatékonyabb járművek gyártásának szükségessége, mint a globális verseny szükségessége, arra készíti a járműgyártókat, hogy új megoldásokat hozzanak létre a hagyományos rendszerekben és az alternatív technológiákban. Az önvezető járművek terjedésekor kellő figyelmet kell fordítani azok energia menedzsmentjére, az üzemanyag fogyasztásra és az energiahordozó pótlásának megfelelő megtervezésére. Kutatásunk arra irányul, hogy miként lehet mérni és modellezni az egyes járműfogyasztásra ható tényezőket, hogy majd azokat a jármű energiamedzsmentjének döntéseibe integrálhassuk.

2. HAJTÁSLÁNC HATÁSA A FOGYASZTÁSRA

Az elektromos és hibrid járművek alkalmazása a közúti közlekedésben az energiaforrások felhasználásának hatékonyabb szükségességéből adódott, amelyet elősegített a környezettudatosság erősödése, a városi légszennyezés csökkentésének igénye [4] és az üvegházhatást okozó gázok globális kialakulásának megakadályozása [5] valamint a fosszilis tüzelőanyagok kimerülésének közeledő időpontja [6].

A hibrid járművek szerepe jelentősebbé vált, mivel energiahatékonyabb járművek szerepe fontosabbá vált mint a hagyományos meghajtással rendelkező járművéké. A járművön különféle módon gazdaságosan tárolt elektromos energiának köszönhetően az elektromos hajtásrendszer a kipufogógáz-kibocsátás és az üzemanyag-fogyasztás költség/km szempontjából kiemelkedő előnyökkel bír a hagyományos járművekhez képest [7]. Az elektromos motorok hatásfoka magasabb, mint a belső égésű motorokban, mivel az elektromos motorokban az elektromos energia közvetlenül hasznos munkává alakítható. A hibrid járművek hajtáslánca egyszerre rendelkezik elektromos és a belsőégésű motor előnyeivel. A hibrideknél általában csak az elektromos motor indul és mozdítja meg a járművet így a legnagyobb fogyasztású üzem fázist kiváltja [8].

A plug-in hibrid járművek (PHEV) a hagyományos hibrid járművek külső áramforrásból újratölthető verziói. A PHEV-k általában nagyobb akkumulátorkapacitással bírnak, ami hosszabb, egy töltéssel megtehető utakra biztosít lehetőséget. Az elektromos motort akkor kell használni jellemzően, ha a jármű intenzíven gyorsul. A PHEV esetében az akkumulátor kapacitása, az elektromos motor mérete a jármű tervezési paraméterei, amelyek befolyásolják a fosszilis üzemanyag és az áramfogyasztást. A vezetési stílus az üzemanyag-fogyasztás további jelentős befolyásoló tényezője, amely lehet az utazás hossza vagy az utazás során eltelt idő. E két tényező mellett a töltési tulajdonságok harmadik tényezőként is besorolható. A töltési teljesítmény, időtartam és elhelyezkedés befolyásolhatja a PHEV-k üzemanyagmix-fogyasztását.

A tölthető hibrid járművek tüzelőanyag-fogyasztásra gyakorolt hatásának megállapítása érdekében egy tanulmányt [9] készítettek. A vizsgálat kulcsfontosságú lépése az adatgyűjtés. A 7860 jármű vett részt a tesztben, kezdve a hagyományos járművektől, az elektromos járműveken át egészen a hibrid elektromos járművekig. Minden nap beszámoltak az utazási információkról, például az utazás hosszáról, a helyről és az időről. A 7860 járművek mindegyike Matlab szimulációval volt modellezve, a járművek paramétereit PHEV-ekkel lehetett helyettesíteni. A tanulmány eredménye alapvetően azt mutatta, hogy a hagyományos és a hibrid elektromos járművek fogyasztása között körülbelül 45% -os különbség mutatkozik.

A PHEV töltése sok országban továbbra is problémát jelent a töltőállomások hiánya miatt. A töltés időtartama nagyon sok időt vesz igénybe, és nem könnyű megtalálni az ingyenes töltőállomásokat sem. A tanulmány [9] eredményei azt mutatják, hogy a járművek átlagos otthoni tartózkodási ideje 10 óra, míg átlagosan 6 óra a munkahely környékén. Ha az akkumulátor mérete megnő, a töltési idő szükséglet is nő, de egyidejűleg az üzemanyag-fogyasztás csökken. A tanulmány egy másik eredménye bebizonyította, hogy ha figyelembe vesszük az átlagos akkumulátor méretet (8kWh), az otthoni és munkahelyi töltés 14% -val csökkenti a benzinfogyasztást. Ha a töltési helyet tetszőleges helyre tesszük, azaz, a járművet otthonról és munkahelyről, vagy nyilvános helyeken, például étterem, iskola, szupermarket parkolóhelyén is lehet tölteni, az üzemanyag-csökkentés akár 25% -kal nő.

Az akkumulátor kapacitása nem befolyásolja az üzemanyag-fogyasztást, ha a járművet csak otthon töltik. Amint az a 3. ábrából látható, az otthoni töltés csak kevesebb, mint 5% -kal csökken, ha az akkumulátor mérete 1,44 kW-ról 7,2 kW-ra növekszik. A hosszú, otthoni, körülbelül 10 órás tartózkodási idő miatt az üzemanyag felhasználás hatékonysága kissé változik. Ha a töltési helyet az otthonival és munkahelyivel kombinálják, az üzemanyag-fogyasztás csökkentése nagyobb mértékű, mint a kizárólag az otthoni töltésnél. Azt is kimutatták, hogy a töltési teljesítmény növelése közvetlenül arányos az üzemanyag-fogyasztás csökkentésével.

Egy másik valódi teszt-alapú kutatáson alapuló cikk [10], mely a hibrid és benzin járművek közötti városon belüli üzemanyag fogyasztás különbséget vizsgálta. A Toyota Yaris Hybrid, Prius Hybrid és Yaris 1.5 benzinjárműveket öt különböző városi úton használták. Az egyes járművek fizikai specifikációi hasonlóak egymáshoz, mint például a tömeg, a motorok kompressziós aránya, kibocsátási besorolás, gumibroncsok stb. A tesztet különböző forgalmi helyzetekben végezték el.

Nyilvánvaló, hogy a hibrid járművek esetében nagymértékű üzemanyag-megtakarítást mértek alacsony sebességnél (10 km / h – 20 km / h). Másrészt, az a hagyományos benzinmotor, amely az Atkinson ciklus elvén működik, körülbelül 13 l / 100 km-t fogyaszt alacsonyabb sebesség. A Yaris és a Prius, a két hibrid jármű esetében kimutatható volt, hogy a jobb fékerő-visszanyerő rendszer alacsonyabb sebességnél akár 2L / 100 km-re képes csökkenteni az üzemanyag-fogyasztást.

A hibrid hajtóművek további előnye a városi területeken az, hogy alacsonyabb sebességnél, ZEV (Zero Emission Vehicle) üzemmódban tudnak menni, ami szintén csökkenti az atmoszférában az üvegházhatást

okozó gázok kibocsátását. Amikor a vezető fékez, a jármű villamos motorja generátor üzemmódra vált. Ezután a kerekek a fékezés következtében a kinetikus energiát a generátorba továbbítják. Ezen művelet során a generátor a kinetikus energia egy részét elektromos energiává alakítja és az akkumulátorban tárolja.

A teszt eredményeként a hibrid járművek jelentősen csökkenthetik az üzemanyag-fogyasztást a városokban, különösen az alacsony sebességű forgalomban. Különösen az alacsonyabb és közepes sebességnél akár 50% -ot lehet megtakarítani. Nagyobb sebességnél (több mint 90 km / h) mind a Yaris 1,5 L benzin, mind a hibrid Yaris üzemanyag-fogyasztása azonos. Sőt, ha összehasonlítjuk a két hibrid járművet, a Prius Hybrid és a Yaris Hybrid járműveket, akkor a Prius összességében 17%-kal kevesebb üzemanyagot fogyaszt, mivel a Prius jobb fékerő-visszanyerő funkcióval rendelkezik.

3. FOGYASZTÁSI PARAMÉTEREK

Számos tényező befolyásolja az autók üzemanyag-fogyasztását. Ezek a tényezők magukban foglalják a különféle belső vagy külső paramétereket, mint például az éghajlati viszonyok, útviszonyok [13] és a légkondicionálás, a jármű gyártásának éve, a gumiabroncsok állapota, sebességváltó típusa, a jármű tömege stb. Az autó alkatrészei, például a motorblokk, a légszűrők, a gyújtógyertya idővel elhasználódhat, és ez a degradáció az autó üzemanyag-fogyasztásának növekedéséhez vezethet [11]. Ezek hatása a fogyasztásra fontos az autonóm járművekre váró kihívásoknál [14], különösen az útvonaltervezésénél [15] és tesztelésénél [16].

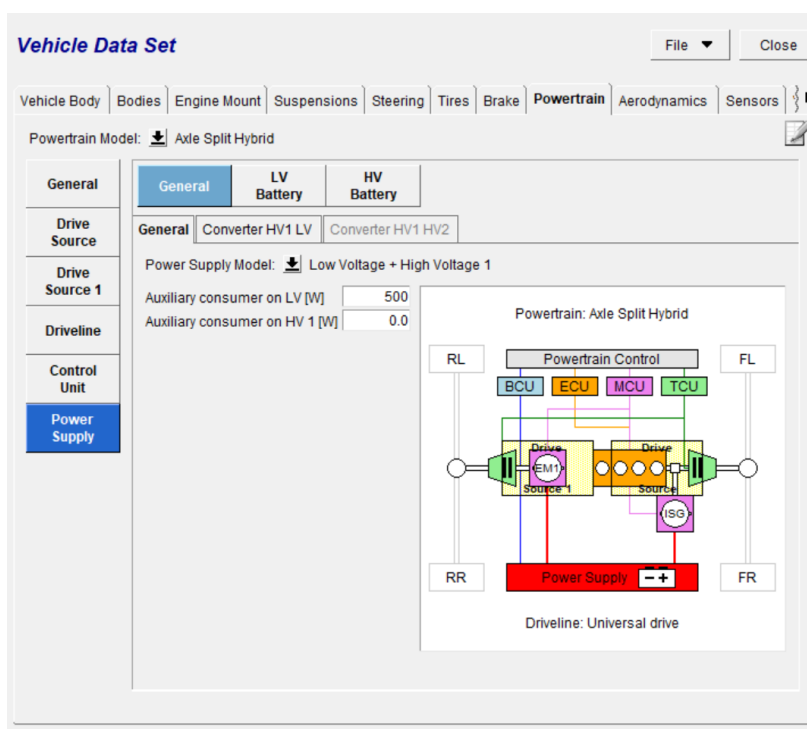
A klimatikus viszonyok közvetlenül és közvetetten befolyásolják az üzemanyag-fogyasztást. Hideg és meleg időben a légkondicionálást a sofőr használja. A légkondicionáló természetesen befolyásolja az üzemanyag-fogyasztást, ez a hatás a jármű sebességének, a külső hőmérsékletnek, a jármű típusának és a motor teljesítményének függvényében változik. Például nyáron, meleg időben, állandó sebességgel hajtott járművel, és amikor a légkondicionáló bekapcsol, a motor terhelése növekszik. Nagyobb sebességű körutazás esetén azonban a légkondicionáló bekapcsolása kisebb fogyasztásnövekedést eredményezhet, mintha az ablakokat húznák le [12]. Lehúzott ablakoknál az aerodinamikai egyensúly megváltozik, és a jármű több üzemanyagot fogyaszt. De ha alacsony sebességgel halad az autó, akkor olcsóbb lesz ablakokat kinyitni a légkondicionálók használata helyett, különösen a forgalmas városi forgalomban, ahol gyakori megállás.

A jármű légkondicionáló rendszerének olyan alkatrészei vannak, mint a kompresszor, kondenzátor, fűvó, párologtató és még sok más. A légkondicionáló működési elve a légkondicionáló hűtőközeg sűrítésével kezdődik, és amikor összenyomódik, az azt jelenti, hogy a rendszerben magas hőmérsékletű gáz van. Ezután a sűrített és nyomás alatt álló levegőt a kondenzátorba továbbítják a gáz hűtésére. A folyékony hűtőközeg is áthalad a párologtatón, és térfogata nagyobb lesz, és ismét gázfázisúvá válik. Az utolsó lépés a lehűtött gáz fűjása a jármű belsejébe. Ez a folyamat növeli az üzemanyag-fogyasztást. Mivel a kompresszor a forgattyútengelyről veszi energiáját, ami azt jelenti, hogy a motorteljesítményt használja a jármű hűtéséhez.

Ebben a szimulációban a különböző légkondicionáló szakaszokat/szinteket megkíséreljük megvizsgálni, hogy a fogyasztó milyen hatást gyakorol az üzemanyag-fogyasztásra. A fogyasztói adatokat 3000W-ra állították, amelyet maximálisnak feltételeznek, és az üzemanyag-fogyasztás elemzését megfigyelték (1. ábra).

A jármű energetikai adatiból egyértelműen meghatározható, hogy milyen fogyasztók üzemelnek a fedélzeten. Külön követhető az alacsony feszültségű és a nagyfeszültségű akkumulátor állapota, amelynek paraméterei beállíthatók vagy megváltoztathatók a szimulációban.

Az 1. táblázatban összegeztük korábbi munkánkban a fogyasztásra ható legfontosabb tényezőket. Ezek közül, a nagy hatásúakra fókuszálva, választottunk egyet, amely a teszteljárás fejlesztésének az alapját jelenti. A megvalósíthatóság és visszamérhetőség alapján a választásunk a vezetői stílusra esett, amelyet a váltó fokozat megválasztásával reprezentálunk.



1. ábra Fogyasztói adatok az IPG CarMaker alkalmazásban

Az autó fogyasztására ható külső tényezők csoportosításának mintája [11]

1. táblázat

	alacsony		közepes		magas	
környezeti hatások	vizes útburkolat	0,7%	nedves útburkolat	1,7%	szél	6,6%
jármű állapottól függő hatások	első vagy hátsókerék meghajtás	0,6%	újrafutóztott kerék	1,8%	négykerék meghajtás	3,3%
	guminyomás alacsony	0,2%			kerék összetartás	5,9%
vezetőtől függő hatások			fékezések gyakorisága	1,4%	egyenletes vezetési stílus	5,0%
			gyorshajtás	2,6%	klíma	3,0%
útvonal és autópálya hatásai	anyag	0,5%	felület	1,2%	könnyű vagy nehéz útvonal	6,6%
					városi környezet	33,0%

4. MÓDSZEREK ÉS ESZKÖZÖK

4.1 Tesztjármű

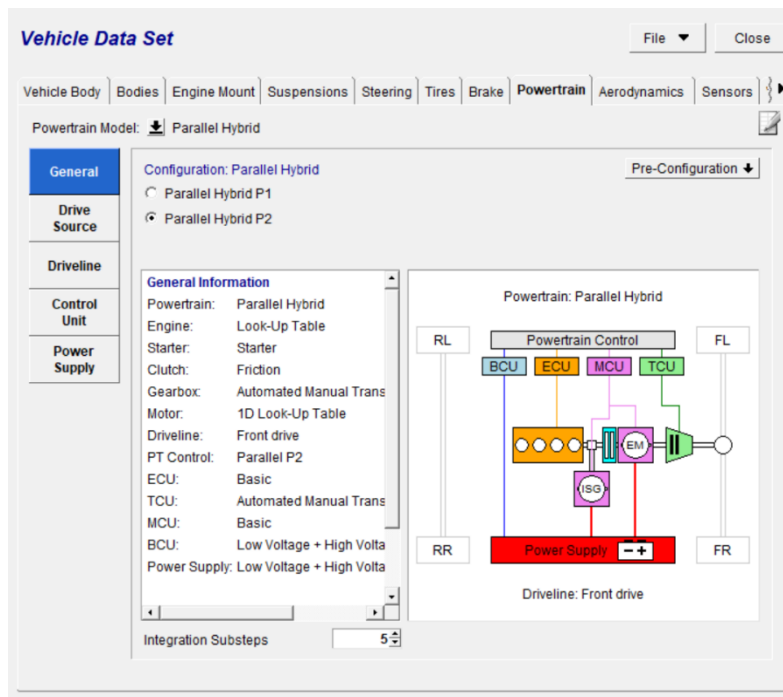
A Honda CR-Z 1.5 Hybrid 1497 CC-es benzinmotorjával és elektromos motorjával rendszerszinten éri el a 124 lóerőt és 174 Nm nyomatékot. Ezt az energiát 6 sebességes kézi sebességváltóval továbbítják az első kerekekhez. A jármű bruttó súlya 1155 kg, össztömege körülbelül 1520 kg. A jármű 6 sebességes kézi sebességváltóval rendelkezik. Az üzemanyag-fogyasztást az Euro 5 szabványok határozzák meg. A gyári értékek alapján a jármű városi tüzelőanyag-fogyasztása 6,1 l / 100 km, átlagosan 5 l / 100 km.

A 2. táblázat adatai alapján a Honda CRZ külső karosszériáját az IPG CarMaker modellezi. A jármű részletes paraméterei integrálhatók a járműmodellekbe. Az általános hajtáslánc-paraméter-beállításokat a 2. ábra mutatja. Ez a modell magában foglalja a Párhuzamos Hibrid P2 rendszert, amelyet automatikus kézi sebességváltó hajt, elülső hajtóművel.

Tesztjármű adatai

2. táblázat

Honda CR-Z Hybrid	Mérték
Saját tömeg	1377 kg
csomagter	262 l
Teljesítmény	124 hp, 84 kW
Üzemanyag tartály	40 l
hossz	4080 mm
szélesség	1740 mm
magasság	1395 mm



2. ábra A Honda párhuzamos hibrid hajtómű általános áttekintése

4.2 Tesztleírás

A méréseket a ZalaZONE tesztpálya nagy sebességű kezelhetőségi tesztpályáján végeztük egy Honda CRZ típusú tesztautóval. Az adatokat a jármű CAN-bus segítségével rögzítettük. A mérések során az egyes mérésorozatokhoz tartozó mérésszámot a következők alapján állapítottuk meg. Ismeretlen eloszlású alapsokaság esetén a Csebisev egyenletek alapján a mintanagyság a következőképpen számítható:

$$P\left(\bar{x} - k \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{x} + k \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right) \geq 1 - \alpha. \quad (1)$$

Egyszerű véletlen kiválasztás esetén a (1) formula a következőkre egyszerűsödik:

$$P(\bar{x} - \Delta < M(x) < \bar{x} + \Delta) = 1 - \alpha. \quad (2)$$

A (2) egyenletet átrendezve kapjuk a kívánt pontosság eléréséhez szükséges mintaszámot:

$$n = \frac{t^2 \cdot s_k^2}{\Delta^2}, \quad (3)$$

ahol:

- n – a szükséges mintanagyság
- t – valószínűségi paraméter
- s_k – korrigált empirikus szórás
- Δ – pontossági tartomány

A (3) képlet alapján az elvégzett mérések száma vizsgálható a megfelelő szórás tartomány szempontjából. Ennek értékeléséhez a szakirodalom alapján állapítottam meg, hogy mekkora szórás tartományok elfogadhatóak az egyes vizsgált paramétereknél az egyes mérési pontokban egy hajtóanyaggal. Az eredményeket mutatja be a 3. táblázat.

Elvégzendő és elvégzett mérések száma mérési pontonként

3. táblázat

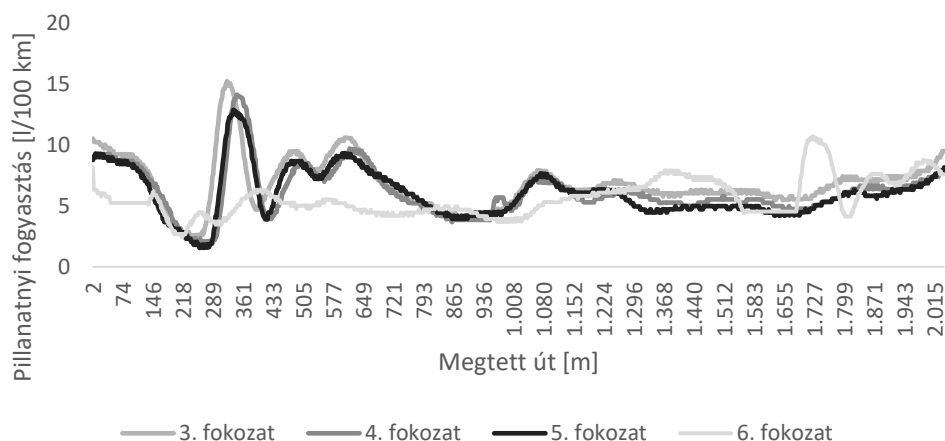
		Stap.	Sszám.	t	d	n [db]
fogyasztás	l/100 km	0,05	0,002	1,96	0,05	3

A 3. táblázatban a (3) képlet alapján látszik, hogy az „Sszám” az elvégzett mérésszámból számított szórásérték minden esetben kisebb a szakirodalomban feltüntetett szórásértékeknél, „Stap”-nál, ami a mérés statisztikai robusztusságát jellemzi. Ez alapján a mérések eredményét statisztikailag elfogadhatónak találtuk.

5. EREDMÉNYEK

A munkánk során két változó vizsgálatára készítettünk szimulációt és végeztünk el tesztek. Első esetben a váltó fokozat hatását mértük ki a fogyasztásra. Ehhez tempomattal beállított sebességgel haladtunk a teszt pályán a Nagysebességű Kezelhetőségi pályán. Minden állapotban 3-3 kört tettünk meg. A bemelegítés után a járművel 70 km/h sebességgel 3. sebességi fokozatban kezdtük el a méréseket, majd ezt követte a 4., az 5. és a 6. sebességfokozat. A teszt célja annak bemutatása volt, hogy a vezetői stílus, esetünkben a helyes fokozatmegválasztás az üzemanyag fogyasztásra ható eszköz, amellyel a jármű újratöltésének modellezésénél számolnunk kell, illetve önvezető autók esetében hatékony beavatkozó eszköz.

A 3. ábra mutatja be azonos útvonalon, azonos sebességi fokozatban, de eltérő váltófokozatban mért körök eredményeit. Az egyes mérési sebességekhez tartozó átlagos profilok hasonló lefutást mutatnak. Az eredmények szórása. A 2. táblázat mutatja meg a sebességi fokozatokhoz és körökhöz tartozó átlagos fogyasztási értéket. Összességében megállapítható, hogy a helyes sebességi fokozat, azaz vezetői stílus akár 20%-val is képes befolyásolni a fogyasztást.



3. ábra Fogyasztás profil alakulása váltófokozat függvényében

Váltófokozat hatása a fogyasztásra állandó járműsebességnél

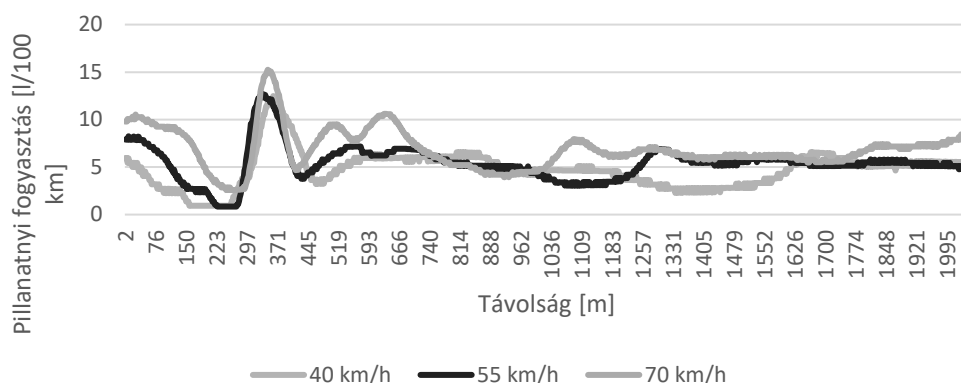
3. táblázat

fokozat	átlag fogyasztás [l/100km]	csökkenés [%]
3.	6,33	0
4.	5,54	12,6%
5.	5,24	17,2%
6.	5,13	19,0%

A 4. ábra az ugyanabban a sebességi fokozatban, de eltérő sebesség melletti fogyasztást mutatja be. Ez a teszt ugyancsak a jármű vezetői stílus, az optimális sebesség kiválasztásának hatását mutatja meg a fogyasztásra. A pálya jellegzetességéből adódó fogyasztási görbe mindkét ábrán nyomon követhető. A fogyasztásingadozás oka elsősorban a pálya magasságkülönbségeiben másodsorban kanyargós vonalvezetésében keresendő.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Az járművek fogyasztása több paraméter által befolyásolt. Ezek közül az egyik, amelyre szinte folyamatosan hatással lehet a jármű vezetője, legyen ez önvezető vagy sofőr által vezetett, a megfelelő sebességfokozat és váltófokozat kiválasztása. Kutatásunk célja annak a megállapítása volt, hogy ezek a szempontok mekkora hatással vannak a jármű fogyasztására, s így áttételesen a fogyasztás előre becslése és az újratöltés kialakítására.



4. ábra Fogyasztás azonos fokozatban, eltérő sebességben

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők megköszönik Osman Yolbulhan és Tóth Bálint elévülhetetlen közreműködését a mérések és a szimuláció lebonyolításában.

A tanulmány alapjául szolgáló kutatást a Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program támogatta, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Mesterséges Intelligencia (BME FIKP-MI/FM) tématerületi programja keretében.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Palevičius V, Podvieszko A, Sivilevičius H, Prentkovskis O. (2018). Decision-Aiding Evaluation of Public Infrastructure for Electric Vehicles in Cities and Resorts of Lithuania. Sustainability. vol 10. pp 904. <https://doi.org/10.3390/su10040904>
- [2] Čokorilo, O. (2008). Risk management implementation in aircraft accident cost analysis. In The 12th Annual World Conference, Air Transport Research Society (ATRS) World Conference, July 6–10, 2008, Athens, Greece.
- [3] Zöldy M. (2018) Investigation of autonomus vehicles fit into traditional type approval process, Proceedings of ICCTE 2018 Beograd, pp 517-521. ISBN 978-86-916153-3-8
- [4] Török Ár., Török Ád.: Macroeconomic analysis of road vehicles related environmental pollution in Hungary, Published Online: 2014-06-27 DOI: <https://doi.org/10.2478/s13531-013-0147-0> (2014)
- [5] Szabó M, Szalmáné Csete M, Pálvölgyi T. (2018) Resilient Regions From Sustainable Development Perspective, European Journal Of Sustainable Development 7: 1 pp. 395-411., 17 p.
- [6] Lakatos, I (2013) Diagnostic measurement for the effective performance of motor vehicles, ACTA POLYTECHNICA HUNGARICA 10: 3 pp. 239-249., 11 p.
- [7] Skrucany T, Figlus T, Čupera J, Abramović B, Csiszar Cs. (2019). Influence of Vehicle Aerodynamical Devices on Fuel Consumption Evaluated Using Telematics Tools. 8th International Scientific Conference, CMDTUR 2018. 04-05 October 2018. At: Žilina, Slovakia
- [8] Antonya C., Butnariu S., Beles H.: Parameter Estimation from Motion Tracking Data. In: Duffy V. (eds) Digital Human Modeling. Applications in Health, Safety, Ergonomics and Risk Management: Ergonomics and Health. DHM 2015. Lecture Notes in Computer Science, vol 9185. Springer, Cham https://doi.org/10.1007/978-3-319-21070-4_12 (2015)
- [9] Zhang L., Brown T., Samuelsen G S (2011) Fuel reduction and electricity consumption impact of different charging scenarios for plug-in hybrid electric vehicles. California: Elsevier, 2011, Vol. 15
- [10] Orecchini, F and Santiangeli, A and Zuccari, F and Orteni, F and Genovese, A and Spazzafumo, G and Nardone, L. Rome: Energy consumption of a last generation full hybrid vehicle compared with a conventional vehicle in real drive conditions.: Elsevier, 2018, Vol. 148.
- [11] Zöldy M., Zsombók I (2018) Modelling fuel consumption and refuelling of autonomous vehicles Horizons of Railway Transport 2018 37, MATEC Web of Conferences 235, 000 <https://doi.org/10.1051/mateconf/2018235000>
- [12] Široký J, Schroder S, Gašparík J (2017) Comparison of operational and economic aspects of direct road transport and continental combined transport. Communications - Scientific Letters of the University of Zilina. 19. 109-115
- [13] Geiger A., Holló A., Thernesz A., Durgo R., Czibor S., Bartha L, Gergó P. Chemically Stabilized Rubber Bitumen, Proceedings of EEC, Istanbul, Turkey, Volume: ISBN/EAN 978-90-802884-0-9, 1-8. (2012).
- [14] Barabás I., Todoruț A., Cordoș N., Molea A.: Current challenges in autonomous driving, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 252 doi:10.1088/1757-899X/252/1/012096 (2017)

- [15] Derenda T, Zanne M, Zöldy M, Török Á (2018): Automatization in road transport: a review, *Production Engineering Archives* 20: 20 pp. 3-7., 4 p. <https://doi.org/10.30657/pea.2018.20.01>
- [16] Szalay, Z., Tettamanti, T., Esztergár-Kiss, D., Varga, I. and Bartolini, C. Development of a Test Track for Driverless Cars: Vehicle Design, Track Configuration, and Liability Considerations, *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 46(1), pp. 29-35. doi: <https://doi.org/10.3311/PPtr.10753> (2018)