

Használt sütőolaj motorhajtóanyagként való alkalmazhatóságának lehetőségei

Nagy Valéria

okl. gépészmérnök, PhD, valinagy78@gmail.com

A helyi, helyközi és távolsági autóbuszokat egyaránt üzemeltető szegedi székhelyű Tisza Volán Zrt. (jelenleg DAKK Zrt.) nagy figyelmet fordít a környezetvédelemre és a fenntartható gazdálkodásra. Ennek megfelelően a Tisza Volán Zrt. megbízásából és finanszírozásával a Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Karán végzett kutatások alapvető célja az élelmiszer előállítás során keletkező, használt növényolajok (sütőolajok) motorhajtóanyagként történő hasznosítási lehetőségeinek vizsgálata dízelgázolaj motorhajtóanyagba történő bekeveréssel. A közlemény összefoglalja a sütőolajok motorhajtóanyagként való alkalmazásának lehetőségeit, korlátait, nehézségeit és röviden kitér a gazdasági előnyökre is.

*

Tisza Volán company in Szeged which runs local buses, inter-urban buses and coaches, takes great care to environmental protection and sustainable management. Accordingly, University of Szeged, Faculty of Engineering carries out research on behalf of Tisza Volán company. Fundamental objective of this research to analyze utilization possibilities of used vegetable oils (used frying oils derived from food production, food preparation) as fuels mixed into diesel oil. This paper summarized the application possibilities, limitations, difficulties of used frying oils as fuels, and briefly discusses the economic benefits.

Az Európai Unió fejlesztési célkitűzései egyik meghatározó eleme az energetika, különös tekintettel a közlekedési szektorra: a közlekedés energiaellátásában csökkenteni kell a kőolaj források használatát. Vagyis egyre inkább előtérbe kerül az alternatív megoldások lehetősége, úgymint a megújuló energiák hatékonyabb előállítása és hasznosítása. Az energiahatékonyság növelésével ugyanis együttesen kezelhetők mind az energiabiztonsági, mind pedig a környezetvédelmi és a gazdasági kihívások. Az elért eredmények közösségi hasznosulása érdekében európai energiaunió létrehozása is szerepel az energiapolitikai megközelítések között. E törekvéseket erősíti és szolgálja, hogy a Horizont 2020 keretprogram Társadalmi kihívások prioritásának tématerületei között is szerepel az intelligens, környezetkímélő és integrált közlekedés megteremtése. Az erőforrás-hatékony és korszerű tömegközlekedés megteremtését megalapozó technológiák kifejlesztését azonban jelentős kutatás-fejlesztési és innovációs tevékenységnek kell megelőznie, ilyen módon csökkenthető a közlekedés fosszilis üzemanyagoktól való függősége, továbbá elősegíthető a természeti erőforrások megóvása [Horizont 2020]. Itt megjegyzendő, hogy a K+F+I során fontos és egyeduralgkodó alapelv, hogy a nem „kiforrott” technológiák bevezetése azonban nem szolgálja a célkitűzések megvalósulását, hanem ellentétes hatásokat indukálhat.

Az alkalmazás szükségessége és az alkalmazhatóság feltételei

Az EU előírásokkal összhangban Magyarországon is kívánatos célkitűzés, hogy mind a benzin, mind a dízel üzemű gépjárművek hajtóanyaga növekvő arányban tartalmazzon biokomponenst

[42/2005. (III. 10.); 138/2009. (VI. 30.)]. Ez a bioüzemanyag-résarány jelenleg min. 4,8%, melyet a környezetvédelmi előírások szigorodása, a kőolaj világpiaci árának folyamatos ingadozása, a hosszú távú energiapolitikai célkitűzések és nem utolsósorban a különböző társadalmi, mezőgazdasági elvárások indukálnak [2010. évi CXVII. törvény]. Megelőzően az Európai Unió több irányelvet [HTTP1] is elfogadott, elősegítendő a bioüzemanyagok elterjedését. Ezek közül néhány fontosabb a megújuló üzemanyagok használatának előmozdításáról szóló irányelv [2003/30/EK], illetve az energiatermékekre vonatkozó követelmények és üvegházhatású gázok mennyiségének nyomon követését és mérséklését célzó mechanizmus bevezetését – különösen a tömegközlekedési szolgáltatásokban – célzó irányelv [2009/30/EK], továbbá a tiszta és energiahatékony közúti járművek használatának előmozdításáról szóló irányelv [2009/33/EK]. A CARS 21 munkacsoport 2012. évi jelentésében azonban megállapította, hogy uniós szinten hiányzik a harmonizált alternatívüzemanyag-infrastruktúra, ez pedig hátráltatja az alternatív üzemanyaggal hajtott járművek piaci bevezetését és késlelteti azok kedvező környezeti hatásainak érvényesülését [CARS 2020]. Így a munkacsoport ajánlásait is tartalmazó rendelet született az Európai Hálózatfinanszírozási Eszköz létrehozásáról [1316/2013/EU] és irányelv a szükséges infrastruktúra kiépítéséről/fejlesztéséről [2014/94/EU].

A dízelmotorok növényi olajokkal történő üzemeltetésére irányuló, intenzív kísérletek indultak meg a '70-es évek végétől az USA-ban és több európai országban és is (köztük Magyarországon), melyek során igazolódott, hogy a növényi olajok még a nehéz hajómotorok üzemeltetésére és kenőolajként is alkalmasak [Emőd et al. 1995; MAN 2004; Balog 2005; Carranca 2005; Losonczy et al. 2006; Demirbas et al. 2007; Enweremadu et al. 2009, 2010; Parekh et al. 2012; Naima et al. 2013]. A növényi olajokat dízelmotorok működtetésére csak tisztított, gyantamentes állapotban lehet használni. Ezt követően felvetődött a kérdés, hogy az élelmiszer előállításból hulladékként kikerülő növényi olajok hasznosíthatók-e energetikai célokra, hiszen napjainkban a növényi olajban való sütés mind nagyüzemi, mind háztartási szinten igen elterjedt.

A használt sütőolaj tartalmú ásványolajtermék üzemanyagkénti felhasználásával és az adófizetési kötelezettség keletkezésével kapcsolatosan a jövedéki adóról és a jövedéki termékek forgalmazásának különös szabályairól szóló többször módosított 2003. évi CXXVII. törvény [2003. évi CXXVII. törvény] előírásai tartalmaznak előírásokat. Az 50. § (2) bekezdése értelmében ugyanis ásványolajnak minősül e törvény alkalmazásában bármely olyan termék, amelyet üzemanyagként vagy üzemanyagok adalékaként, hígító anyagként állítanak elő vagy ilyenként kínálnak, értékesítenek vagy használnak fel, ásványolajnak minősül, melyre az 52. § (2) bekezdés f) pontja szerint az adómérték az üzemanyagkénti előállításnak, beszerzésnek, importálásnak, kínálásnak, értékesítésnek vagy felhasználásnak megfelelően a hozzá legközelebb álló ásványolajra meghatározott adómérték. E törvényi szabályozást is szem előtt tartva a kutatás során választ kerestünk a sütőolajok (használt növényi olajok) motorhajtóanyagként való alkalmazható-

ságának lehetőségeire, melynek kapcsán megvizsgáltuk néhány sűtőolaj fizikai-kémiai jellemzőit, ezt követően különböző bekeverési arányok mellett motorfékpad méréseket, illetve üzemi próbát végeztünk stabil dízelmotoron és városi autóbuszokon.

A használt sűtőolajok fizikai és kémiai vizsgálata

A magas hőmérsékleten zajló sűtési eljárások során összetett termolitikus és oxidatív folyamatok játszódnak le az olajokban, melynek köszönhetően az olaj fizikai és kémiai tulajdonságai a sűtés során megváltoznak: sötétebb lesz a színe, magasabb lesz a viszkozitása és hajlamosabb lesz habképzésre stb. A közelmúltban is számos kutatás [Demirbas et al. 1997; Gertz 2000; Aladedunye et al. 2009; Sanli et al. 2011] irányult arra, hogy ezeket a változásokat megfigyeljük és leírjuk: a polimerizáció eredményeként a viszkozitás növekszik, mely a megnövekedett molekulák nagyobb tömegének tudható be; a savszám, a sűrés és az elszappanosítási arány is megnövekszik, de a jódtartalom lecsökken; a peroxidszám a maximum értékig növekszik, majd csökkenni kezd.

Mivel a használt olajok nagy arányban tartalmaznak szabad zsírsavakat, ezért nem lehet azokat biodizellé alakítani, ha lúgos katalizátorokat használunk a folyamatokhoz. Ezek ugyanis szapant képeznek egymással. A megoldás az lehet, ha savas katalizátorokat használunk, melyek már képesek a szabad zsírsavakat észtereszíteni.

Először is tekintsük át a hidegen sajtolt, finomított napraforgó olaj, valamint a kereskedelmi forgalomban kapható dízelgázolaj szabvány és terméklet szerinti [MSZ EN 590; HTTP2] fontosabb fizikai, kémiai paramétereit, melyet az 1. táblázat tartalmaz. Megfigyelhető, hogy némely paraméter (viszkozitás, lobbanáspont) esetében nagyságrendi eltérések mutatkoznak, amelyek hatással vannak a motorhajtóanyagkénti alkalmazhatóság körülményeire.

1. táblázat. Fontosabb fizikai, kémiai paraméterek

Motorhajtóanyag	Sűréség [kg/liter]	Fűtőérték [MJ/kg]	Viszkozitás 40 °C-on [mm ² /s]	Cetánszám [-]	Lobbanáspont (nyílt téri) [°C]
dízelgázolaj	0,81-0,85	40,6-44,4	2-4,5	>51	>55
napraforgó olaj	0,93	37,1	32,9	38	293

A nyers, használt sűtőolaj mintákat egy közétkeztetéssel foglalkozó cégtől szereztük be, melyek 100%-ban növényi eredetű, finomított olajok. Háromféle sűtőolaj mintát vizsgáltunk, ezek főbb jellegzetességei:

„A” minta: napraforgó olaj (1 napig használták panírozott hústermékek sűtésére)

„B” minta: napraforgó olaj (1 napig használták panírozott hústermékek, zöldségfélék és burgonya sűtésére)

Az 1. ábrán láthatók a használt sűtőolajból vett minták (nyers, sűrés előtti és sűrés utáni használt olajminták).



1. ábra. „A”, „B” sűtőolajok (nyers állapotú, sűrés előtti és sűrés utáni használt olajminták)

A tiszta és használt sűtőolajok vizsgálatára a Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Kar laboratóriumaiban került sor a mérések elvégzésére vonatkozó szabványok alapján. A használt olajmintákat sűréssel előkezeltük. 500 ml olaj átsűrés ideje (amely alapvetően az összetétel és viszkozitás függvénye) az „A” olajminta esetében: 24 sec/500 ml, míg a „B” olajmintánál: 22 sec/500 ml.

A különböző összetételű minták (növényi eredetű hulladék olajok) speciális fizikai/kémiai tulajdonságainak vizsgálata során meghatároztuk az egyes minták főbb jellemzőit: sűréségét, dinamikai viszkozitását, kinematikai viszkozitását, savszámát, nedvességtartalmát, peroxidszámát és jódszínszám értékét. A vizsgálati eredményeket a dízelmotorok hajtóanyagaival szemben támasztott követelmények, minőségi elvárások ismeretében elemeztük. Ezek a fontosabb általános követelmények a kis illékonyág, könnyű szivattyúzhatóság, megfelelő viszkozitás, hőmérséklettel szemben nagy ellenállás, kémiai ellenálló képesség, könnyű gyulladás és jó égési tulajdonságok (cetánszám>50), jó folyási tulajdonságok kis hőmérsékleten, viszonylag állandó minőségben álljon rendelkezésre. A motorhajtóanyagokkal szemben napjainkban alapvető elvárás, hogy jó minőségű, nagy energiatartalmú és környezetkímélő keverőkomponenseket, valamint nagy hatékonyságú adalékokat tartalmazzon a megkívánt alkalmazástechnikai tulajdonságok biztosítására, továbbá a motor és a környezet védelme érdekében.

A sűrés előtti és utáni sűréségértékeket, a vibrációs viszkoziméterrel 20 °C-on mért dinamikai viszkozitást, valamint a minták peroxidszámait, nedvességtartalmát és a jódszínszám értékeket a 2. táblázat mutatja, míg a minták savszám értékeit a 3. táblázat tartalmazza.

2. táblázat. A vizsgált minták fizikai/kémiai jellemzői

Minta neve	Nedvesség-tartalom	Din. viszsk. [Pas]	Sűréség [kg/m ³]	Kin. viszsk. [mm ² /s]	Peroxid-szám	Jódszín-szám [mg/100 cm ³]
„A” kontroll	0,0120	0,05473	919,6	59,515	13,53	3
„A” használt	0,0250	0,07835	924,6	84,744	48,26	16
„A” használt sűrés	-	0,08976	925,3	97,006	45,31	-
„B” kontroll	0,0020	0,05947	919,6	64,669	26,84	3
„B” használt	0,0120	0,06876	922,3	74,553	45,85	40
„B” használt sűrés	-	0,07723	922,4	83,727	25,83	-

3. táblázat. A minták savszám értékei (kontroll, használt)

	Savszám értékek [mg KOH/g]			
	„A” kontroll	„A” használt	„B” kontroll	„B” használt
Sűrés előtt friss minta	0,1097	0,6205	0,1511	0,424
Sűrés előtt, 3 hónapos minta	-	0,6804	-	0,4494
Sűrés után	-	0,7472	-	0,4654

A vizsgálati eredmények értékelése során a normál dízel hajtóanyag tulajdonságait vettük alapul. Ilyen módon az eredmények elemzése során arra a következtetésre jutottunk, hogy a vizsgált sűrés sűtőolajoknak jelentős negatív tulajdonságai – amelyek a normál dízel hajtóanyagba történő bekeveréssel történő motorhajtóanyagként való alkalmazást nem tennék lehetővé – nincsenek a dízel gázolaj

hoz viszonyítottan. Az egyes használt, szűrt hulladékolaj minták esetében meghatározott fizikai/kémiai tulajdonságok vonatkozásában egymáshoz viszonyítottan nem mutatkoztak nagyságrendi eltérések, szignifikáns különbségek, ez tulajdonképpen azt igazolja, hogy a használt, szűrt sűtőolajok fizikai/kémiai tulajdonságai fajtától és felhasználástól függetlennek tekinthetők. Azonban mivel a szűrt sűtőolaj jellemzői különböznek a normál dízel hajtóanyagétól, úgy az égési jellemzői is eltérnek, emiatt a nem speciálisan növényi olaj üzemre kifejlesztett, hagyományos dízelmotorokat tekintve hasznosításuk korlátozott. Az egyik legfontosabb paraméter a növényi eredetű olajok magasabb viszkozitása. A viszkozitás növekedés nem veszélyes, ha maga a sűtőolaj sűrű és hatására viszkozitást növelő folyamatok (polimerizáció, gyantásodás) nem indulnak be. Továbbá a növényi eredetű olajok nagy móltömegét a normál dízel hajtóanyag csökkenti, amely fontos az égés indításához, illetve a motorban a lerakódások elkerülése végett. Itt megjegyzendő, hogy minden hasznosítani kívánt szűrt sűtőolajról egy komplett analízist kell készíteni, illetve elemezni kell az alapvető tüzeléstechnikai jellemzőit.

A használt sűtőolajok bekeverésével előállított motorhajtóanyag(ok) jellemzői

A kutatási célkitűzésnek megfelelően a szűrt sűtőolajok belsőégésű motor hajtóanyagaként való hasznosítása a normál dízel hajtóanyagba bekeveréssel történik, ezért szükség volt a különböző arányú bekeveréssel előállított motorhajtóanyagok jellemzőinek meghatározására is (4. táblázat). A bekeverést az „A”, illetve „B” sűtőolaj 1/2 rész – 1/2 résznyi bekeverésével végeztük. A kísérleti bekeverési arányok a következők voltak a szűrt sűtőolaj és normál dízel hajtóanyag vonatkozásában, úgymint 0:100; 1:99; 2:98; 5:95; 10:90; 20:80; 100:0

4. táblázat. A kísérleti minták dinamikai viszkozitása, sűrűsége, kinematikai viszkozitása (20 °C-on)

Keverési arány [%]	Dinamikai viszkozitás [Pas]	Sűrűség [kg/m ³]	Kinematikai viszkozitás [mm ² /s]
0	0,000627	835,3	3,663
1	0,000752	837,7	3,736
2	0,000752	836	3,816
5	0,000752	839,4	4,217
10	0,001003	843,6	4,943
20	0,001128	851,4	6,225
100	0,012185	921,9	69,855

A használt olaj bekeverésével a viszkozitás exponenciálisan növekszik, a görbére nagyon szoros korrelációval illeszthető függvény. Mivel 10% használt olajtartalom értékig a viszkozitás az előírt 5 mm²/s érték alatt marad, ebből arra lehet következtetni, hogy legfeljebb 10% arányban a normál dízel hajtóanyagba bekevert szűrt, tisztított használt sűtőolaj alkalmazható a dízel üzemű gépjárművekben motorhajtóanyagként.

Megállapítható továbbá, hogy a vizsgált hajtóanyag keverékeknek jelentős negatív tulajdonságaik nincsenek a normál dízel hajtóanyaghoz viszonyítva, ezért problémamentesen alkalmazhatók a normál dízel hajtóanyaghoz keverve a hagyományos dízel motorokban. A későbbiekben ismertetett motorféktermi és a stabil üzemi vizsgálatok igazolták a feltevéseket.

A motorfékpad mérési eredményei

Mivel a hőerőgépek üzemvitelében a konstrukciós kialakításon túlmenően kiemelt szerepe van a felhasznált motorhajtóanyagok összetételének és minőségének is, ennek okán motorfékpad kísérleteket végeztünk vízűtéses örvényáramú rendszerű fékpadon. A kísérletek célja annak vizsgálata volt, hogy az 5%-ban, illetve 10%-ban sűtőolajat tartalmazó normál dízel hajtóanyag milyen hatással van a dízelmotorok üzemére a normál dízel hajtóanyaggal történő üzemhez viszonyítva.

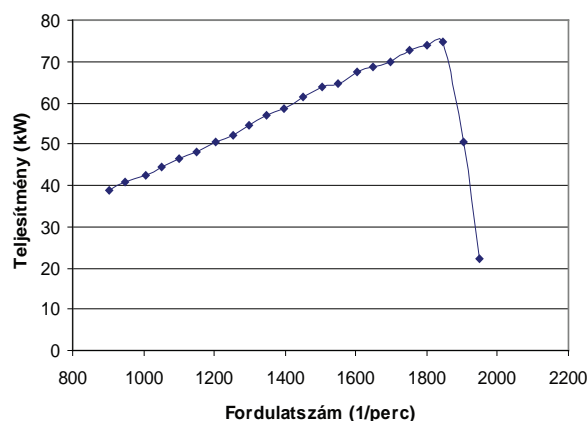
A fékpad vizsgálatok az ECE R49 szerint történtek, a fordulatszám függvényében meghatároztuk a motor paramétereit. Az elvégzett motorfékpad mérésekről jegyzőkönyvek készültek, melyek adatállományának feldolgozását, értékelését elvégeztük. A vizsgálati eredmények alapján felvettük a motor jelleggörbéit, melyeket a 2-10. ábrák szemléltetnek. Az egyes ábrákon alkalmazott jelölések a sűtőolaj arányára utalnak (K=0%; 5=5%; 10=10%)

Az alkalmazott hulladék olajok motorikus hatásának vizsgálati eredményei, illetve a motor viselkedése az e fejezetben bemutatott ábrák alapján nyomon követhetők. A mérési eredmények gyakorlatilag a teljes lehetséges üzemi tartományt felölelik. Minden mérési pontnál rögzítésre kerültek a motor paramétereit. A kísérletek tulajdonképpen arra a kérdésre keresték a választ, hogyan és milyen feltételek mellett égethető el az 5%-ban, illetve 10%-ban hulladék olajat tartalmazó normál dízel hajtóanyagok hagyományos dízelmotorban.

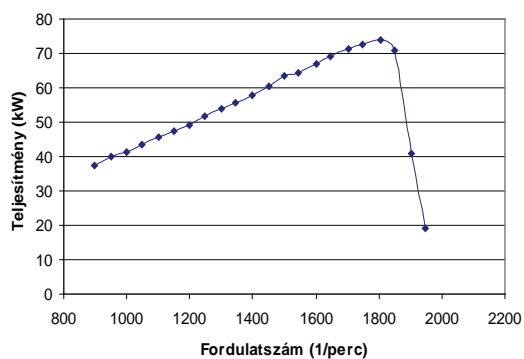
A vizsgált jellemzők: a kipufogógáz hőmérséklet, az abszolút és fajlagos fogyasztás adatok, a teljesítmény, valamint a nyomaték értékek vagy kismértékben jobbák vagy azonosak voltak a kontroll mintákhoz képest. A fordulatszám függvényében mért kipufogógáz hőmérsékletek alapján megállapítható továbbá, hogy a bekevert szűrt hulladékolajok nem befolyásolják a motor hőmérsékleti viszonyait.

A kipufogógáz hőmérséklete mindhárom esetben 250-650 °C tartományban volt (itt megjegyzendő, hogy a mérések kezdetekor adódtak alacsonyabb értékek). A normál üzemi fordulatszám tartományban (1000-1800 1/min) a hőmérsékleti tartomány szűkült, a jellemző hőmérsékletek 600-650 °C.

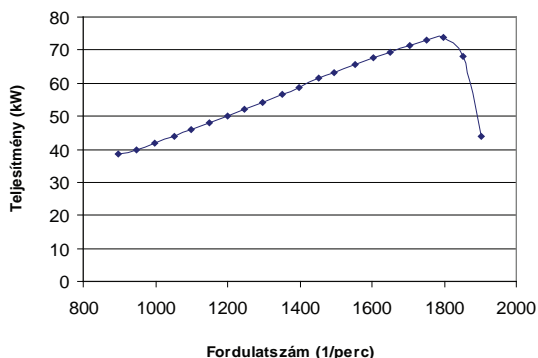
A 2-4. ábrák az effektív teljesítmény görbéket mutatják az 5%, illetve 10% hulladék olaj tartalmú normál dízel hajtóanyaggal működtetett motor 850-2000 1/perc fordulatszám tartományban közel azonos effektív teljesítmény értékeket képes leadni, mint csupán normál dízel hajtóanyaggal történő működtetés esetén. Mindegyik hajtóanyag és mindhárom mérésorozat esetében 1850 1/perc fordulatszám értéknél mérhető az effektív teljesítmény maximális értéke (~75 kW).



2. ábra. Teljesítmény - fordulatszám összefüggés (K)

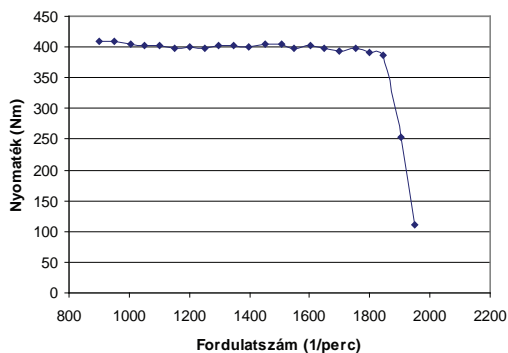


3. ábra. Teljesítmény - fordulatszám összefüggés (5%)

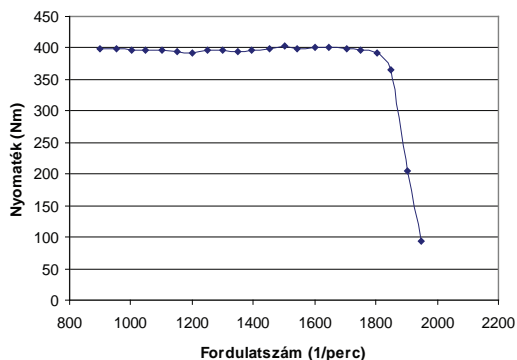


4. ábra. Teljesítmény - fordulatszám összefüggés (100%)

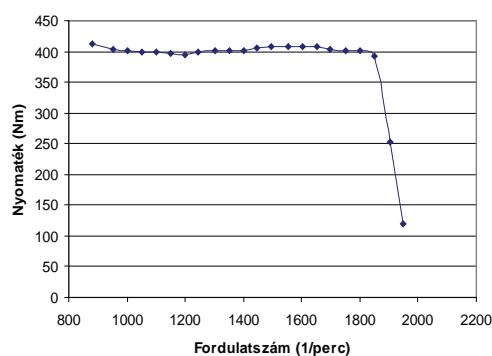
Az 5-7. ábrákon látható nyomaték görbék azonos lefutásúak a teljes fordulatszám tartományban függetlenül az alkalmazott hajtóanyag fajtájától. A nyomaték adatok értékelése során arra következtetésre jutottunk, hogy a használt sűtőzsiradék kismértékben növeli a motor nyomatékát, de a változás nem szignifikáns. Ez azonban azt is jelenti egyúttal, hogy a motordinamika nem romlik.



5. ábra. Nyomaték - fordulatszám összefüggés (K)

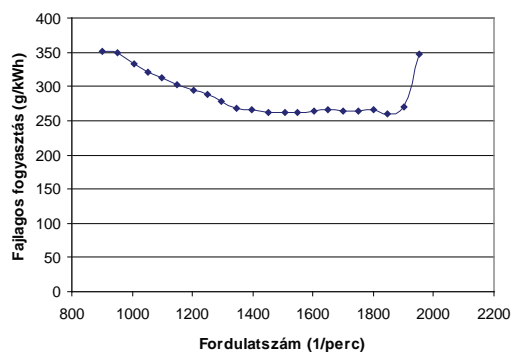


6. ábra. Nyomaték - fordulatszám összefüggés (5%)

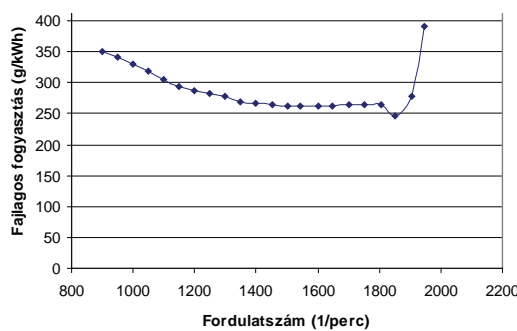


7. ábra. Nyomaték - fordulatszám összefüggés (10%)

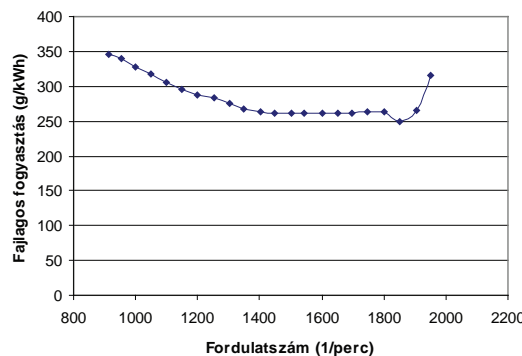
A fajlagos hajtóanyag fogyasztás tekintetében megfigyelhető, hogy 1400-1800 1/perc fordulatszám tartományban közel állandó (260 g/kWh) mind-egyik motorhajtóanyag esetében a fajlagos fogyasztás (8-10. ábrák). A bekeverés hatására nem nőtt sem az abszolút, sem a fajlagos fogyasztás mértéke, mint arra előzetesen számítani lehetett. Ebből adódóan a gazdaságossági számításoknál a normál dízel hajtóanyag fogyasztási normáival végezhető kalkulációk.



8. ábra. Fajlagos fogyasztás - fordulatszám összefüggés (K)



9. ábra. Fajlagos fogyasztás - fordulatszám összefüggés (5%)



10. ábra. Fajlagos fogyasztás - fordulatszám összefüggés (10%)

A kiértékelt motorfékpadi vizsgálatok mérési eredményei alapján az alkalmazott hulladék olajok bekeverésével stabil hajtóanyag összeállítás biztosítható. A maximum 10%-ban hulladék olajokat tartalmazó normál dízel hajtóanyagok belsőégésű motorokban történő hasznosítása – a magasabb viszkozitási érték ellenére – nem ütközik nehézségekbe, nem okoz motorműködési rendellenességeket.

Az előzőek alapján elmondható, hogy a maximum 10% arányban bekevert használt sűtőolaj nem változtatja meg jelentős mértékben sem a motor üzemanyag fogyasztását, sem a motor dinamikai jellemzőit, vagyis jó eséllyel lehet azokat üzemi körülmények között kipróbálni.

Stabil dízelmotoros kísérletek

A keverék motorhajtó anyagok fizikai és kémiai jellemzőinek ismeretében, valamint a motorféktermi vizsgálatok eredményei alapján kiválaszthatók a motor működése szempontjából is megfelelő minőségű hajtóanyagok, amelyekkel üzemi körülmények között hajtóanyag próbák végezhetők.

A motorféktermi vizsgálatok után üzemi próbát végeztünk stabil dízelmotoron, ugyanis ezt követően kerülhet csak sor tartós üzemi alkalmazásra.

A vizsgálatok helyszíne a Szegedi Tudományegyetem, ahol rendelkezésre áll a kísérleti dízelmotoros eszközrendszer, melynek főbb elemei:

- hagyományos VW 1.9 D dízelmotor (4 hengeres, hengerűrtartalom 1896 cm³, max. teljesítmény 47 kW, kompresszió viszony 22:1, örvénykamrás, indirekt befecskendezésű)
- vezérlőszekrény
- indikáló rendszer
- adatgyűjtő rendszer
- csatlakoztatható emissziómérő rendszer

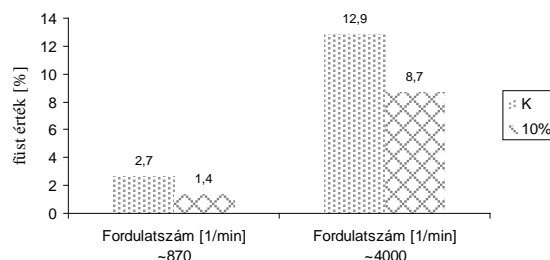
A keverék hajtóanyagok motoros hasznosítása szempontjából legfontosabb paraméter a stabil minőség. Kísérleteinket 10% hulladék olaj bekeverés mellett végeztük, célunk annak feltérképezése volt, hogy az alkalmazott motorhajtóanyag milyen hatással van a károsanyag kibocsátásra, különös tekintettel a füstölésre.

Ugyanis a különféle összetételű motorhajtóanyagok belsőégésű motorokban (járműmotorokban) való alkalmazhatóságát meghatározó tényezők között szerepel a környezetvédelem, nevezetesen hogy a kipufogógáz károsanyag-tartalmának szintje igazodjon a korszerű tömegközlekedés technológiáinak elvárásához.

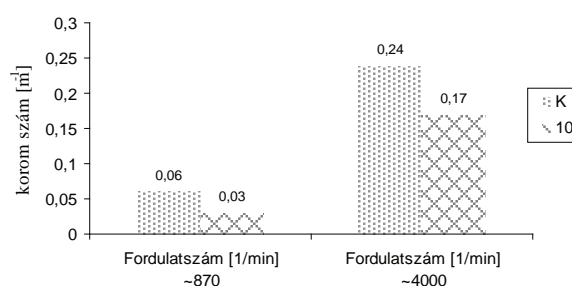
A méréseket normál dízel gázolaj vizsgálatával kezdtük, majd ezt követte a 10%-ban hulladék olajat tartalmazó motorhajtóanyag üzem, amikor is az üzemanyag ellátó rendszer még tartalmazhatott normál dízel gázolajat, a harmadik és negyedik mérés már csak a 10%-ban hulladék olajat tartalmazó motorhajtóanyag üzemmel valósult meg, míg az utolsó mérést ismét normál dízel hajtóanyaggal végeztük, amikor is az üzemanyag ellátó rendszer még tartalmazhatott keverék hajtóanyagot.

A vizsgálatok során motorindítási zavar nem fordult elő, a motor járása a vizsgálat teljes időtartama alatt egyenletes volt. A 10%-ban történő bekeverés nem módosította a normál dízel hajtóanyag motorikus tulajdonságait, míg a füstölés értékét és a koromszámot kedvezően befolyásolja. Az eredmények környezetvédelmi értékelhetősége és a megbízható következtetések levonása szempontjából a füst érték és a koromszám értékek közül kiválasztottuk az első kísérlet (a tisztán normál dízel hajtóanyag üzem), illetve a negyedik kísérlet (10%-ban hulladék olajat tartalmazó normál dízel hajtóanyag) eredményeit. A 11. ábrán megfigyelhető, hogy a keverék

hajtóanyaggal történő üzemeltetéssel hideg állapotban közel 50%-os csökkenés, meleg állapotban is 30%-os csökkenés érhető el a füst értéket tekintve a normál dízel hajtóanyag üzemhez viszonyítva. Hasonló tendencia figyelhető meg a 12. ábrán a koromszám értékelése során is, ahol a csökkenés 870 1/perc fordulatszám esetén 50%-os, 4000 1/perc fordulatszám esetén pedig 30%-os.



11. ábra. Füst érték eltérő hajtóanyag üzem esetén



12. ábra. Koromszám eltérő hajtóanyag üzem esetén

A 10%-ban hulladék olajat tartalmazó motorhajtóanyaggal működtetett dízelmotor üzemének vizsgálatával az is igazolható, hogy a környezetvédelmi kritériumoknak is megfelelő alternatív motorhajtóanyag állítható elő a használt, szűrt sűtőolajok hasznosításával.

Üzemi próba városi autóbuszon, különös tekintettel a környezetvédelmi szempontokra

A Tisza Volán Zrt. – menetrend szerinti közösségi személyszállítás tevékenységéhez – közel 400 darab városi, helyközi és távolsági autóbuszt üzemeltet. A járművek által elfogyasztott, jelentős mennyiségű tüzelőanyag beszerzése a társaság számára igen fontos gazdasági és környezeti tényező is. Éppen ezért a társaság kiemelt fontosságú feladatként kezeli az autóbuszok által elfogyasztott tüzelőanyag mennyiség csökkentését.

A Szegedi Tudományegyetem és a Tisza Volán Zrt. „Begyűjtött és kezelt étkezési használt zsiradék motor hajtóanyagként való alkalmazhatóságának kísérleti igazolása és hatásvizsgálata” tárgyban [Szakmai jelentés 2011] kutatás-fejlesztési szerződést kötött. A hatásvizsgálat részeként azt teszteltük, hogy a használt sűtőolaj és a kereskedelmi forgalomban kapható szabványos paraméterekkel rendelkező dízel gázolaj adott arányú keverékének felhasználása hogyan befolyásolja egy autóbuszban lévő belsőégésű motor működését üzemi körülmények között.

Az üzemi próba elvégzéséhez egy városi, csuklós autóbuszra esett a választás, melynek főbb műszaki adatai:

- Gyártmány/típus: IKARUS 280.40A
- Üzembe helyezés: 1998.01.14.
- Motor: RÁBA D10UTSLL190
 - dízel, turbótöltött, levegő-levegő visszahűtéses
 - Euro-2 környezetvédelmi minősítésű
 - soros, 6 hengeres

- 10350 cm³ hengerűrtartalmú
- maximális teljesítmény: 190 kW (1900 1/perc fordulaton)
- maximális nyomaték 1130 Nm (930-1300 1/perc fordulaton)

Az üzemi próba elvégzésére a Tisza Volán Zrt. Járműjavító és Ipari Divízió Diagnosztika Műhelyében került sor, melyhez 20 liter mennyiségű szűrt használt sűtőolajat használtunk fel. A használt sűtőolajat az üzemi próbára kijelölt autóbusz tüzelőanyag tartályába töltöttük a normál tankolást megelőzően. A használt sűtőolaj betöltését követően a busz tüzelőanyag tartályát normál dízel motorhajtóanyaggal teletöltöttük, a normál dízel motorhajtóanyag és a használt sűtőolaj keveredése így a tartályban valósult meg. Az autóbusz tüzelőanyag tartályának névleges űrtartalma 250 liter, így a bekevert hajtóanyag 20 liter használt sűtőolajat és 230 liter normál dízel hajtóanyagot tartalmazott, a bekeverési arány ilyen módon 8%-os volt.

A használt sűtőolaj és normál dízel hajtóanyag keverékének motorikus hatását a teljesítmény, a tüzelőanyag fogyasztás és a fűstölés üzemi mérésével vizsgáltuk.

Ennek megfelelően a mért jellemzők: keréken mért vonóerő és dózis teljes terhelésen, direkt fokozatban; dózis részterhelésen (9 munkaponton), direkt fokozatban; szabadgyorsításos fűstölés. A mért értékek alapján számítással meghatározott jellemzők a motorteljesítmény és az átlagfogyasztás.

A méréshez használt berendezések:

- HFP-100 görgős gépjárművizsgáló próbapad CDS-MW számítógépes mérőrendszerrel
- BOSCH BEA 85 fűstgázelemző
- AVL DICOM 4000 fűstölésmérő

A normál dízel motorhajtóanyag és használt sűtőolaj keverékkel történő mérés során közel azonos motorteljesítményt, kedvezőbb fogyasztást és lényegesen kedvezőbb fűstölés értéket mértünk, melyeket az 5-7. táblázatban nyomon követhetők. A teljesítményadatokat az 5. táblázat tartalmazza adott keréksebesség, illetve motorfordulatszám esetén.

5. táblázat. A kísérleti minták dinamikai viszkozitása, sűrűsége, kinematikai viszkozitása (20 °C-on)

	50 km/h (~1350 min ⁻¹)		60 km/h (~1620 min ⁻¹)	
	vonóerő [kN]	motor-teljesítmény [kW]	vonóerő [kN]	motor-teljesítmény [kW]
I. mérés*	8,43	149,11	7,90	170,87
II. mérés**	8,46	149,50	7,95	171,68
változás [%]	+0,36	+0,26	+0,63	+0,47

Megjegyzés: *100% normál dízel hajtóanyag; **92% gázolaj és 8% használt sűtőolaj keveréke

A tüzelőanyag fogyasztás értékeket a 6. táblázat tartalmazza adott keréksebesség, illetve motorfordulatszám esetén.

6. táblázat. Tüzelőanyag-fogyasztás mérés részterhelésen

	fogyasztás [km/liter] 50 km/h (~1350 min ⁻¹)			fogyasztás [km/liter] 60 km/h (~1620 min ⁻¹)			kombinált fogyasztás [l/100km]
	1. rt.	2. rt.	3. rt.	1. rt.	2. rt.	3. rt.	
I. mérés*	1,82	2,43	4,18	1,73	2,40	3,34	31,76
II. mérés*	2,03	2,62	3,99	1,55	2,49	3,33	29,21
változás [%]	+11,54	+7,82	-4,55	-10,40	3,75	-0,30	-8,03

Megjegyzés: *100% normál dízel hajtóanyag; **92% gázolaj és 8% használt sűtőolaj keveréke; rt.=részterhelés

Az alkalmazott hajtóanyagok fűstölésre gyakorolt hatását követhetjük nyomon a 7. táblázatban.

7. táblázat. Fűstölésmérés

	fordulatszám [min ⁻¹]	fűst [%]	K [m ⁻¹]
I. mérés*	2110	29,5	0,81
II. mérés*	2050	23,2	0,61
változás [%]		-21,36	-24,69

Megjegyzés: *100% normál dízel hajtóanyag; **92% gázolaj és 8% használt sűtőolaj keveréke

A bekevert szűrt sűtőolaj közötti forgalomban való felhasználása az autóbusz indíthatóságát, menetdinamikai tulajdonságait észrevehetően nem befolyásolja. A busz szabad szemmel látható fűstölése mérsékeltebb, valamint üzem közben a busz körül határozottan érezhető a sűtőolaj égése (palacsintasűtéshez hasonló illat).

Gazdasági kitekintés

A gazdaságossági számítások elvégzésének kiinduló adata a felhasznált dízel hajtóanyag mennyisége. A Tisza Volán Zrt. autóbuszparkjának éves futásteljesítménye kb. 30 millió km, amely teljesítéséhez legkevesebb 1 millió liter dízel hajtóanyag szükséges. A különböző mértékű (1-10%) használt olaj bekeverésekor a dízel üzemanyag mennyiségének csökkenése miatti megtakarítás jelentős lehet.

Az üzemi próba során alkalmazott 8% bekeverési arányt figyelembe véve a teljes flottára vonatkozóan a cég éves üzemanyag megtakarítása jelentős lehet. Egy ilyen mértékű megtakarítás alapos indoka lehet egy vállalati szintű begyűjtési és feldolgozási rendszer kidolgozásának.

Összefoglalás

Az alternatív hajtóanyagok alkalmazhatósági vizsgálatai, mint pl. a használt sűtőolaj újrahasonosítása, új utakat nyithat a közlekedés és a környezetvédelem számára egyaránt, amely egyben kihívások elé is állítja a mérnöktársadalmat, hiszen az utóbbi években egyre inkább előtérbe került a természet, a gazdaság és a társadalom közötti kapcsolatrendszer összefüggéseinek és kölcsönhatásainak vizsgálata. Az alternatív hajtóanyagok alkalmazása a környezetre gyakorolt hatások tekintetében, valamint a társadalmi-gazdasági aspektusok szempontjából is előnyösebb képet mutat a fosszilis energiahordozók hasznosításánál. Azonban csak akkor versenyképes a hagyományos energiahordozókkal, ha komplex előnyeivel vesszük figyelembe. Ugyanakkor az alkalmazás versenyképességét elősegíti, hogy a megfelelő bekeverés nem igényel motorkonstruktív változtatásokat, ezáltal új alternatívát kínálnak a közlekedés területén. Az alkalmazás előnyei pedig éppen a kedvező környezeti hatásban és az energiatartalom mérséklésében rejlenek. Az elvégzett stabil motoros kísérletek eredményei is igazolják, hogy a szűrt hulladékolajok biztonságosan elégethetők hagyományos dízelmotorokban normál dízel hajtóanyaghoz keverve.

A további kutatások tárgya lehet az alkalmazni kívánt használt sűtőolajok speciális tüzeléstechnikai tulajdonságainak meghatározása, a közötti közlekedésben részt vevő autóbuszok üzemének és menetdinamikájának tanulmányozása és vizsgálata menet közben eltérő időjárási viszonyok és eltérő üzemeltetési körülmények között, továbbá a keverék motorhajtóanyagok motorolajra gyakorolt hatásának vizsgálata.

Felhasznált és ajánlott irodalmak jegyzéke

- Horizont 2020 – Az EU kutatási és innovációs keretprogramja
- 42/2005. (III.10.) korm. rendelet a bio-üzemanyagok és megújuló üzemanyagok közlekedési célú felhasználásának egyes szabályairól szóló
- 138/2009. (VI. 30.) korm. rendelet a bioüzemanyagok közlekedési célú felhasználásának előmozdítására vonatkozó egyes rendelkezések végrehajtásának szabályairól
2010. évi CXVII. törvény a megújuló energia közlekedési célú felhasználásának előmozdításáról és a közlekedésben használt energia üvegházhatású gázkibocsátásának csökkentéséről
- HTTP1: http://ec.europa.eu/legislation/index_hu.htm (rendeletek, irányelvek, határozatok)
- 2003/30/EK irányelv – a közlekedési ágazatban a bioüzemanyagok, illetve más megújuló üzemanyagok használatának előmozdításáról
- 2009/30/EK irányelv – a benzinre, a dízelolajra és a gázolajra vonatkozó követelmények, illetőleg az üvegházhatású kibocsátott gázok mennyiségének nyomon követését és mérséklését célzó mechanizmus bevezetése tekintetében
- 2009/33/EK irányelv – a tiszta és energiahatékony közúti járművek használatának előmozdításáról
- CARS 2020 – Cselekvési terv a versenyképes és fenntartható európai gépjárműiparért
- 1316/2013/EU rendelet – az Európai Hálózatfinanszírozási Eszköz létrehozásáról
- 2014/94/EU irányelv – az alternatív üzemanyagok infrastruktúrájának kiépítéséről
- Emőd I. – Finichiu L.: Növényi olaj – környezetvédő motorhajtóanyag a közlekedésben és a mezőgazdaságban. OMIKK Környezetvédelmi Füzetek 1995., pp. 1-28
- MAN B & W Diesel: Green Power from diesel engines burning biological oils and recycled fat. Germany, 2004 p 16
- Balog K.: Dízel és napraforgóolaj keverékének felhasználása tüzelésre. In: Energiaellátás, energiatakarékosság világszerte. BME OMIKK, 2005. 44. k. 7. sz., pp. 53-58
- Carranca, José N.: Green power from diesel engines burning biological oils and recycled fat. RIO5 – World Climate & Energy Event, 15-17 February 2005, Rio de Janeiro (Brazil) p 283-296
- Losonczi, B – Hermanucz, P. – Laza, T. – Bereczky, Á. – Kecskés, R. – Meggyes, A.: Investigation of combustion process of pure and refuse vegetable oil in Diesel engine. Gépészet 2006.
- Demirbas, A. – Demirbas, I.: Importance of rural bioenergy for developing countries. Energy Conversion Management 48:2386-2398, 2007
- Enweremadu, CC. – Mbarawa, MM.: Technical aspects of biodiesel production and analysis from used cooking oil. Renewable Sustainable Energy Review 13:2205-2224, 2009
- Enweremadu, CC. – Rutto, HL.: Combustion, emission and engine performance characteristics of used cooking oil biodiesel. In: Renewable Sustainable Energy Review 14:2863-2873, 2010
- Parekh, P R. – Goswami, J.: Emission and performance of diesel engine using waste cooking oil biodiesel blends. In: Journal of Engineering Research and Studies, Vol. III, Issue I, pp. 34-39, 2012
- Naima, K. – Liaqid, A.: Waste oils as alternative fuel for diesel engine. In: Journal of Petroleum Technology and Alternative Fuels Vol. 4(3), pp. 30-43, 2013
2003. évi CXXVII. törvény a jövedéki adóról és a jövedéki termékek forgalmazásának különös szabályairól
- Demirbas, A. – Güllü, D. – Caglar, A. – Akdeniz, F.: Fuel properties of oils. Energy Sources, vol. 19., pp. 765, Black Sea University, Turkey, 1997
- Gertz, C.: Chemical and physical parameters as quality indicators of used frying fats. In: Euro Lipid Science Technology 102, 2000, pp. 566-572
- Aladedunye, FA. – Przybylski, R.: Protecting Oil During Frying: A Comparative Study. In: European Journal Lipid Sci Tech 111, 2009, pp. 893-901
- Sanli, H. – Canakci, M. – Alptekin, E.: Characterization of Waste Frying Oils Obtained from Different Facilities. World Renewable Energy Congress, Linköping (Sweden), 2011
- MSZ EN 590
- HTTP2: http://mol.hu/images/pdf/Vallalatiugyfeleknek/Uzemanyagok/Dizel_termeklap2011.pdf
- Szakmai jelentés a „Begyűjtött és kezelt étkezési használt zsiradék motorhajtóanyagként való alkalmazhatóságának kísérleti igazolása és hatásvizsgálata” c. megbízás témakörében (a kutatásban részt vettek az SZTE Mérnöki Kar részéről: Bakos Tiborné, Beszedes Sándor, Bíró István, Csersics Dóra, Farkas Ferenc, Gallai Dénes, Gönczi Judit, Gyimes Ernő, Kertai Zoltán, Kertész Szabolcs, Nagy Valéria, Szabó P. Balázs; a Tisza Volán Zrt. részéről: Rókus István vezette kutatócsoport), Szeged 2011.

Az Ipari Energiagazdálkodási Szakosztály újraindítása

Az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület Ipari Energiagazdálkodási Szakosztálya valamikor az Egyesület aktív szervezeti egysége volt. Az elmúlt években azonban passzivitása miatt megszűntetésre került.

A közelmúltban elfogadott Energiahatékonysági törvény és a hozzá tartozó feladatok arra ösztönöznek, hogy újraindítsuk a Szakosztály tevékenységét. Rendszeres fórumok szervezésével nyissunk lehetőséget az érdeklődőknek a feladatokhoz kapcsolódó részletek megismerésére, a megvalósítás során szerzett tapasztalatok cseréjére.

A Szakosztály indító rendezvényét 2015. június 30-án 14 h kezdettel tervezzük. A rendezvényen a szervezéshez kapcsolódó feladatok megbeszélése mellett tájékoztatást adunk az Energiahatékonysági törvényről és az ISO 50001 Energiairányítási Rendszerről.

A rendezvény nyilvános, de regisztrációhoz kötött. Kérjük a Szakosztály iránt érdeklődőket, hogy elérhetőségüket postafordultával adják meg a titkarsag@ete-net.hu címen. A levélbe azt írják, hogy „Kérek meghívást az ETE Ipari Energiagazdálkodási Szakosztály újraindító rendezvényére”.