

Nagy Valéria¹ – Farkas Ferenc²

NÖVÉNYOLAJ ALAPÚ HAJTÓANYAGOK HATÁSA A MOTOROLAJ FŐBB PARAMÉTEREIRE³

Kutatómunkánk során azt vizsgáltuk, hogy a növényolaj alapú hajtóanyagok milyen hatással vannak a motorolajra. Motorolaj minősítő vizsgálataink során három hajtóanyaggal (RME, adalékolt repceolaj, gázolaj) végeztünk 50 órás tartósüzemi próbát, majd a ciklusok végén a hajtóanyag motorolajra gyakorolt hatásait elemeztük a motorolaj minták (S40, RME, TESSOL, GAZO) alapján. Az elemzés során a motorolajok fontosabb kenéstechnikai jellemzői (viszkózitás, viszkózitási index, TAN, TBN, lobbánáspont, üledéktartalom stb.) alapján következtetéseket vontunk le a motorolajok minőségváltozását illetően.

EFFECT OF THE VEGETABLE OIL FUELS ON THE OF MAIN PARAMETERS OF ENGINE OIL

During our research work we examined what is the influence of vegetable oil fuels on the engine oil. We made 50 working-hour tests with three types of fuel (RME, rape oil with additive and diesel oil) and then we evaluated engine oil samples (S40, RME, TESSOL, GAZO) at the end of the cycles. During the analysis we determined conclusions on the main lubrication characteristics of engine oil (viscosity, viscosity index, total acid number, total basic number, flash-point, deposit content etc.) and we defined changes in quality of engine oil.

BEVEZETÉS

A klímaváltozás, valamint a fosszilis energiahordozók tartós és folyamatos áremelkedésének szinergikus hatására, továbbá az energiaellátás biztonságának növelése és a modern élet részét képező korszerű közlekedés megteremtése érdekében egyre inkább előtérbe került az alternatív motorhajtóanyagok terjedése. Ezt elősegítendő az Európai Unió több irányelvet is elfogadott, illetve számos kutatócsoport vizsgálja a különböző növényolajok és növényolaj származékok hajtóanyagként való alkalmazásának lehetőségeit, korlátait, nehézségeit és gazdasági előnyeit egyaránt.

Megállapítást nyert, hogy az alternatív hajtóanyagok tulajdonságai hasonlóak az ásványi eredetű hajtóanyagokéhoz, ezért hasznosíthatók hagyományos belső égésű motorokban azok jelentősebb szerkezeti átalakítása nélkül is, továbbá újratermelhetők. Dizel motoroknál elsősorban a nyers növényi olajok, az észterezett növényi olajok és az adalékolt növényi olajok alkalmazása kínálkozik. [4][5][8] Rövid tanulmányunkban a növényolaj alapú hajtóanyagok motorolajra gyakorolt hatását kívánjuk bemutatni a motorolaj minták minőségváltozásának meghatározásán keresztül.

¹ PhD, főiskolai docens, Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Kar, valinagy78@mk.u-szeged.hu

² PhD, egyetemi docens, Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Kar, farkasf@mk.u-szeged.hu

³ Lektorálta: Dr. Gulyás László főiskolai tanár, Szolnoki Főiskola, gulyasl@szolf.hu

ANYAG ÉS MÓDSZER

Kutatómunkánk során D-240 típusú dízel motoron Junkers-féle vízörvényfék segítségével végeztünk tartósüzemi vizsgálatokat. Azt vizsgáltuk, hogy azonos motorparaméterek mellett a különböző motorhajtóanyagok milyen hatással vannak a motorolajra, illetőleg vannak-e szignifikáns eltérések a motorolajok között kenéstechnikai szempontból.

Az 50 üzemórás tartós terheléssel történt vizsgálatokhoz motorhajtóanyagként kereskedelmi forgalomból származó gázolajat, repceolaj-metilésztert, valamint hidegen préselt adalékolt repceolajat alkalmaztunk. A felhasznált motorolaj típusa MOL Standard S40 egyfokozatú volt mindhárom esetben. Célkitűzésünk megvalósítása érdekében a vizsgálatok szerves részét képezte a motorolajok minősítése.

A finomított és nyálkásított adalékoltatlan repceolaj felhasználható ugyan motorhajtóanyagként, de a motorban lerakódást okoz. [1][3][5] Ennek okán a magas forráspontú (320-350 °C) repceolajat alacsonyabb forráspontú adalékanyaggal keverjük. Ilyen például a Németországban kifejlesztett TESSOL adalék. Ez az adalék 200 °C forráspontú könnyű gázolaj frakció, amelyet a hidegen sajtolt és szűrt magas forráspontú repceolajhoz meghatározott arányban kevertünk. Az adalékolás szükségességének magyarázata, hogy a repceolaj nagy moltömegét különböző hígító anyagokkal csökkenteni kell, és így pótolni a repceolajnál a hiányzó könnyű gázolaj frakciót, ami az égés indításához szükséges.

A repceolaj-metilészter repceolajból metanollal történő átészterezéssel állítható elő. Alkalmazásánál negatívumként a kenőolaj hígulása tapasztalható. [6]

Az 50 üzemórás vizsgálatok végén vett motorolaj mintákat a komáromi Metric Kft. akkreditált vizsgáló laboratóriumában, illetve a MOL NyRt. Wearcheck laboratóriumában minősítettük.

Az alábbiakban felsorolt fontosabb kenéstechnikai paraméterek a teljesség és részletesség igénye nélkül jellemzik a motorolajokat, az általunk végzett kísérletekben ezeket értékeltük és elemeztük.

A *kinematikai viszkozitás* a kenőolaj folyósságára jellemző szám [mm^2/s] mértékegységgel. Az optimális kenés alapfeltétele az olaj megfelelő viszkozitása. Használat közben azonban a kenőolajok viszkozitása változik. A túl alacsony viszkozitás elégtelen kenésállapot kialakulásához, megnövekedett kopáshoz vezethet, míg a túl magas viszkozitás teljesítményvesztéssel, a motor túlmelegedését okozhatja. [7][9]

A viszkozitás-hőmérséklet jellemzésére vezették be a *viszkozitási index* fogalmát. Ugyanis a viszkozitás a hőmérséklet függvényében erősen változik. A VI-re megadott nagyobb szám azt jelzi, hogy a viszkozitás a hőmérséklet hatására kisebb mértékben változik, kisebb értékű VI nagyobb változást jelent. [7]

A *TBN* (Total Base Number) arról ad felvilágosítást, hogy a motor savsemlegesítő képessége mennyi tartalékkal rendelkezik. A szén, a nitrogén és a kén oxidjai a vízgőzzel érintkezve savakat képeznek, amelyek a motorolaj gyors elhasználódását idézik elő. A savakat tehát feltétlenül közbövíteni kell. A motorolajok ennek érdekében bázikus tartalékkal rendelkeznek. [9]

A *TAN* (Total Acid Number) megmutatja, hogy mennyi savas komponens van jelen az olaj-

ban, az olaj elhasználódására utaló jellemző. A friss olajokat kis értékű jellemzi. Normál üzemeltetési körülmények között az olaj savasodását az előbbieken már említett oxidáció okozza (az olaj a levegőben lévő oxigénnel reagál). Az oxidált olaj savakat képez, melyek igen korrozív hatásúak és elősegítik az olaj polimerizálódását.

A fentiek alapján egy olajat akkor tekintünk általánosan elfogadottan elhasználtként, ha a friss olaj TBN értéke 40%-ra csökkent vagy a TBN és a TAN értéke megegyezik. [9]

Nyílt téri *lobbanáspontot* szokásos mérni a magasabb lobbanáspontú termékekre. A lobbanáspont tehát az a hőmérséklet, amelyre az éghető anyag szabványos mintáját előírt körülmények között melegítve, abból annyi gőz keletkezik, hogy gyújtóláng közelítésére lángra lobban, de nem ég folyamatosan. Kenéstechnikai értékelésre közvetetten alkalmazható. A kinematikai viszkozitással együtt vizsgálva ad értékelhető eredményt kenéstechnikai szempontból.

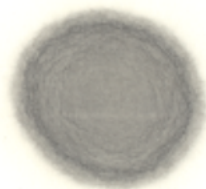
Az *oldhatatlan üledék* (kocsz, korom, fémek) a kocszolási maradék helyettesítője (az adalékok nem zavarják). A fáradt olajok kocszolási maradéka tehát egyrészt tartalmazza a szénhidrogének bomlásából származó kocszot, másrészt az adalék hamuját, illetve a kopadékokat is.

Motorolajok esetében a diszpergencia vizsgálat elvégzése is szükséges, melynek legegyszerűbb módja a szűrőpapíros foltvizsgálat, az olaj felcsöppentése speciális papírra. A folt szétterjed, és a folt megjelenési formája jelzi, hogy mennyi iszapképző anyag van szuszpendálva az olajmintában, illetve mennyi iszapképző anyagot nem tud az olaj szuszpendálni. [2][9] A foltteszt elvégzésének jelentősége abban rejlik, hogy akkor is megmondja, hogy az olaj hasznos élete végére ért, ha a motorhajtóanyag hígulás elfedi az oxidáció és a szennyeződés viszkozitásnövelő hatását.

Az olajfolt részei (belülről kifelé haladva):

- lerakódási zóna (az üzemidő növekedésével egyre sötétebb lesz),
- diszperziós zóna (a minta diszpergens erejére jellemző, minél szélesebb ez a zóna annál rosszabb a minta diszpergens képessége),
- olajzóna (az oxidáció folyamatát jelzi).

Az 1. ábrán látható foltteszt a gázolajjal üzemelő motor karterolajából származó minta felcsöppentésével készült.



1. ábra Szűrőpapíros foltvizsgálat eredménye

A motorolajok üzemi kezelése és ápolása az adott helyen és működési körülmények között bekövetkező változások jellegéből és sebességéből határozhatók meg. Ha egyetlen egy jellemzőnek is a változása olyan mértékű, amely már gépműködési zavarokat idéz elő, vagy valamilyen káros folyamatot indít el, esetleg az elviselhető leéptülési folyamatok elviselhetetlen sebességű szintre emeli, akkor be kell avatkozni és előjel helyesen az eredeti állapotot helyre kell állítani. [11]

MOTOROLAJ MINŐSÍTŐ VIZSGÁLATOK

Célkitűzésünk létjogosultságát indokolja, hogy a motorolaj – mint folyadék halmazállapotú gépelem – funkciója a motor működésének szempontjából ugyanolyan fontos, mint a motor bármely más szerkezeti eleme. Használatának célja, hogy a bonyolult tribológiai rendszernek is tekinthető motorban csökkentse a súrlódást, ezáltal minimalizálja a felületek kopását, oldja a felületekre rakódott szennyeződések, közömbösítse a működés során keletkezett savas jellegű termékeket, legyen termikusan stabil, továbbá a súrlódó rendszerből vezesse el a keletkező hő meghatározott részét, vagyis tegyen eleget a megvalósítandó kenéstechnikai és egyéb (pl. környezetvédelmi) feladatoknak is. E sokféle feladatnak állandó változások közepette kell eleget tennie, ezért jelentősége meghatározó: a motorok legbonyolultabb, legtöbb figyelmet és szakértelmet igénylő „gépelem”-e. [9]

Az olajelemzés három szakaszból áll:

- mintavétel: mintavétel előtt a motort minimum 15 percig kell működtetni, hogy az olajtöltet homogén legyen. Mintavétel a mintatartó edénybe, amelyen fel kell tüntetni a kent berendezés adatait, valamint a vizsgált olaj típusát és egyéb (az üzemeltetés szempontjából lényeges) adatokat. Rutin vizsgálatokhoz elegendő 30 ml minta, különlegesebb vizsgálatokhoz azonban ennél többre lehet szükség;
- mintaelemzés: a laboratóriumok által elvégezhető, több mint 30 jellemzőre kiterjedő vizsgálat alapján az olaj összetevői, tulajdonságai teljes részletességgel megismerhetők;
- jelentéstétel: laboratóriumi jelentés, amely a vizsgálati eredmények minőségi elemzését is tartalmazza a felhasználó számára közérthető formában.

Az elemzett karterolaj minták elnevezése (motorhajtóanyagtól függően):

- GAZO (gázolajjal üzemelt motor esetében);
- RME (repceolaj-metilészterrel üzemelt motor esetében);
- TESSOL (a hajtóanyag repceolaj TESSOL adalékolással).

A friss motorolaj elnevezése:

- S40 (MOL Standard S40 (SAE 40 API CC))

Az 1. táblázatban a MOL Standard S40 egyfokozatú olaj azon fontosabb jellemzőit gyűjtöttük össze, amelyekre szükség lesz a kenéstechnikai elemzés elvégzéséhez.

sűrűség 15 °C-on [g/cm ³]	0,901
viszkozitás 40 °C-on [mm ² /s], max.	177
viszkozitás 100 °C-on [mm ² /s]	9,3–15,4
viszkozitási index, min.	86
lobbanáspont [°C], min.	210
TBN [mgKOH/g], min.	3,5

1. táblázat S40 jellemzői (katalógusértékek)

A friss motorolaj megvizsgálására azért volt szükség, hogy a következő kérdésre választ kapjunk: a katalógusértékekhez viszonyítottan a mérési eredmények mutatnak-e eltérést? A feltett kérdésre a válasz: a tiszta olaj állapota jó. Így a későbbiekben a mért eredményekre és a katalógusértékekre egyaránt hivatkozva végezzük az elemzéseket, melynek az a lényege, hogy az

alkalmazott motorhajtóanyag milyen hatással van a karterolajra. Viszonyítási alapnak az eredeti motorolajat (MOL Standard S40) tekintettük minden esetben.

A könnyebb kezelhetőség érdekében a 2. táblázatban összesítettük azokat a mérési adatokat, amelyek kenéstechnikai szempontból meghatározóak.

megnevezés	mértékegység	S40	TESSOL (Metric)	TESSOL (Wear-check)	RME (Metric)	RME (Wear-check)	GAZO (Metric)	GAZO (Wear-check)
Kinematikai viszkozitás 40 °C-on	mm ² /s	84,75	155,7	155	101	100	92,78	93
Kinematikai viszkozitás 100 °C-on	mm ² /s	10,57	14,63	14,6	11,09	11	10,64	11
Viszkozitási index		110	92	92	94		97	
Összes savszám (TAN)	mgKOH/g	3	3,63	n.a.	3,76	n.a.	3,28	n.a.
Teljes bázisszám (TBN)	mgKOH/g	7,1	6,43	n.a.	6,03	n.a.	6,19	n.a.
Lobbanáspont	°C	210	n.a.	226	n.a.	221	n.a.	204
Pentánban oldhatatlan üledéktartalom	%	-	0,09	0,1	0,1	0,1	0,19	0,2

2. táblázat Mérési eredmények összefoglalása

Az eredmények értékelése előtt szükséges megemlíteni, hogy a Metric Kft. olajlaboratóriumában végzett vizsgálatok úgynevezett analitikai vizsgálatok. Ez azt jelenti, hogy bizonyos tőrésen belül lehet meghatározni egy-egy jellemzőt. Míg a Wearcheck-vizsgálat minden előnye a trendelemzésnél tűnik ki, bizonyos időközönként vett mintákból tulajdonképpen a változás meghatározása a feladata.

Az adatok (vizsgált jellemzők) értékelése során összefüggéseket kerestünk a jelenségek között, vagyis hogy az egyik mért jellemző (jelenség) hogyan változik a másik függvényében. Tehát a motorolaj minták minőségváltozásának meghatározása volt a kitűzött célunk.

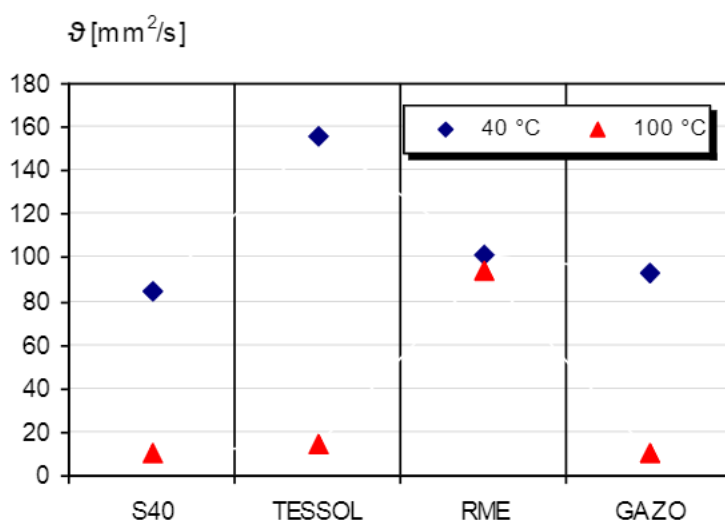
A használt olajokról általánosságban elmondható, hogy a motorolajokra kis fajlagos megterhelést rovó dízel motorral végzett rövid idejű fékpadi mérések a mintákat nem nagyon használták el, általános állapotuk kifejezetten jó, ez különbségeik kimutatását kissé megnehezíti.

Az 50 üzemórás vizsgálatok végén vett karterolajminták vizsgálati eredményéből az alábbiakban ismertetett következtetések vonhatók le. Az értékelést az eredeti MOL Standard S40 motorolajhoz viszonyítva, a három különböző motorhajtóanyagra vonatkoztatva végeztük.

A viszonylag rövid vizsgálati idő alatt a három különböző motorhajtóanyaggal végzett vizsgálat hatását a karterolajra csak jellegszerűen lehetett meghatározni. Itt megjegyzendő azonban, hogy már 20 üzemóra eltelte után is megbízható olajvizsgálati eredményeket kapunk az olaj

és a kent berendezés állapotára vonatkozóan.

A 2. ábrán nyomon követhetők a kinematikai viszkozitás értékek. A vizsgálatokból megállapítható, hogy a motorolaj 40 °C-on mért viszkozitását a TESSOL adalékolású repceolaj motorhajtóanyag növelte. Ugyanez a tendencia állapítható meg a 100 °C-on mért kinematikai viszkozitás esetében is, amikor a viszkozitás 38%-kal növekedett. Ennek oka a TESSOL adalék lehet. A TESSOL minta durva viszkozitásnövekedése abban az esetben nem veszélyes, ha maga az adalék sűrű. Abban az esetben azonban, ha hatására viszkozitásnövelő folyamatok (polimerizáció, gyantásodás) indultak be, nagyon veszélyes. Káros következménye lehet a lassú átolajozás indításkor, lerakódások, gyűrűbeszorulás, furateltömődés, motorolaj fogyasztás megnövekedése. Megállapítható azonban, hogy ez a jelentős viszkozitásnövekedés motorműködési zavarokat nem idézett elő.

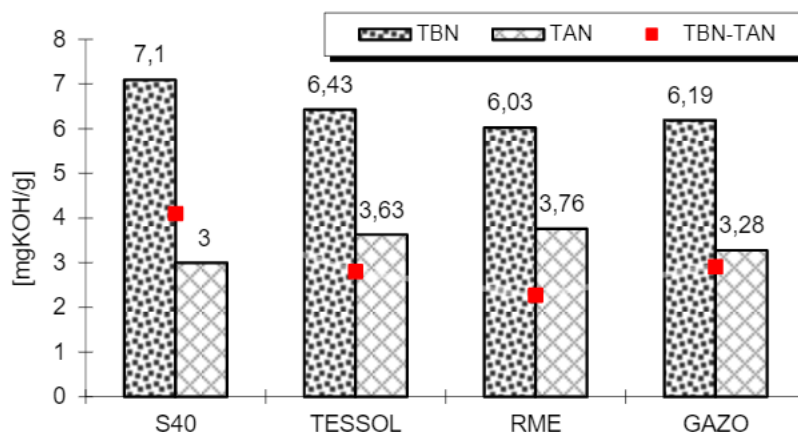


2. ábra Kinematikai viszkozitás

Az RME és a GAZO esetében sem 40 °C-on, sem 100 °C-on lényeges viszkozitás-változás nem következett be. A kismértékű növekedés a dízelmotoroknál mindig meglévő részecsképződésből adódik, ugyanis igen nagy számban (10^{21} db/m³ jelentős része) kipufogón keresztül távozik. Egy kisebb hányada pedig a dugattyú és hengerpersely közötti olajtranszfer hatására a karterolajba jut.

A 3. ábra érzékelteti a TBN–TAN értékeket, vagyis a tartalékokat az egyes minták esetében. Az összesavszám (TAN) a Metric Kft. mérőlaboratóriumában mért eredmények alapján a várható mértékben növekedett mindhárom motorolaj-vizsgálatnál. A teljes bázisszám (TBN) az elvárhatónak megfelelően enyhén csökkent mindhárom esetben, amit a Metric mérési eredmények pontosan igazolnak.

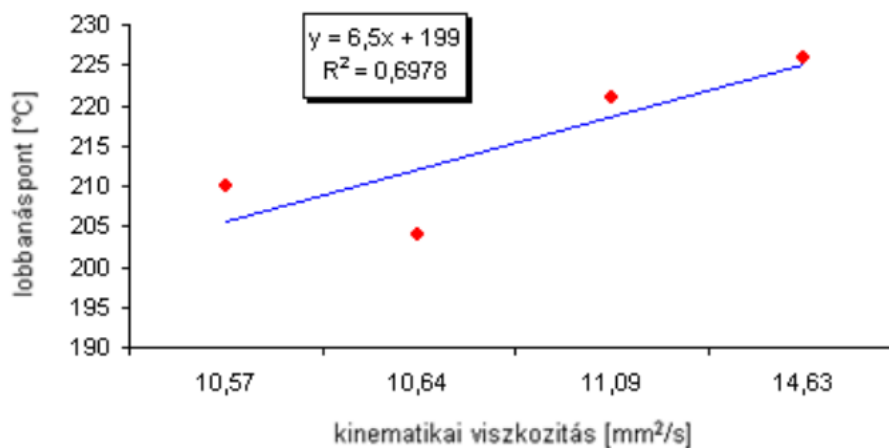
A TBN és TAN értékkel szemben elvárás, hogy a felhasználás közben csökkenő TBN és a növekvő TAN különbsége (TBN–TAN) pozitív maradjon. A friss mintánál ez 4,1 mgKOH/g, a TESSOL esetében 2,8 mgKOH/g, az RME esetében 2,27 mgKOH/g, míg a GAZO esetében 2,91 mgKOH/g. Tehát az RME nevű minta esetében a legkisebb a tartalék. A savas behatás itt volt a legerősebb. A 3. ábrán jól látható, hogy a tartalék a repceolaj-metilészterrel való üzemeltetés esetén a legkisebb.



3. ábra TAN és TBN értékek mgKOH/g-ban

A viszkozitási index, vagyis a hőmérséklet – viszkozitás összefüggése a GAZO minta esetében a legkedvezőbb.

A lobbanáspontok összevetéséből hasonló tendencia állapítható meg, mint a kinematikai viszkozitás esetében. Az eredeti értékhez képest a gázolaj-hajtóanyaggal végzett vizsgálat esetében azonban 3%-os csökkenést tapasztaltunk. A TESSOL esetében 8%-os növekedést, az RME esetében pedig 5%-os emelkedést mutatnak az eredmények. A kinematikai viszkozitás és a lobbanáspont közötti korreláció is egyértelműen mutatja, hogy a karterolaj hajtóanyaggal való hígulása nem következett be az RME elnevezésű minta esetében. A 4. ábrán érzékelhető a tendencia. (Itt megjegyzendő, hogy ugyanezt jelzi a gázkromatográffal vizsgált hajtóanyag hígulás, mely a vizsgálati jegyzőkönyvek szerint eredményt adta.) Érvényesült viszont az az elv, hogy nagyobb viszkozitású olajnak nagyobb a lobbanáspontja.



4. ábra A kinematikai viszkozitás és a lobbanáspont közötti összefüggés

A pentánban oldhatatlan üledéktartalom értékei tendenciózus jelleggel jók. A pentánban oldhatatlan üledéktartalmak összehasonlítása alapján egyértelműen kijelenthető, hogy az 50 üzemórás vizsgálatot követően a repceolaj-származékok motorolaj mintái a gázolajhoz képest lényegesen kedvezőbb értékeket képviselnek. Megfigyelhető az is, hogy a repceolaj-származékokkal mért értékek egymáshoz képest is mutatnak eltérést.

Miután a nagy kokszosodási maradék az olaj kifáradására utal, igen kedvezően értékelendők a

repceolaj derivátumainak eredményei és negatívan a gázolajos minta értéke.

A repceolaj-metilészterrel üzemelő motorok karterolajait RME-maradványok szennyezhetik. [10] Vizsgálataink során nem tapasztaltunk zavaró hatásként jelentkező hajtóanyaggal való hígulást.

KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A kenőanyagok (jelen esetben a motorolaj) költsége döntő jelentőségű a gépek üzemeltetése során. A motorolajokkal való takarékoság bizonytalan, hiszen nem csak az alkalmazott olajminőségtől függ, hogy mekkora az olaj élettartama, hanem számos más körülmény is befolyásolja, köztük az alkalmazott motorhajtóanyag is. Ezért vizsgálni kell milyen hatásuk van az üzemeltetési körülményeknek (jelen esetben a hajtóanyagoknak) az olajra.

Erre vonatkozóan motorolajminősítő vizsgálatokat végeztünk. Elvégeztük a három karterolaj minősítését és következtetéseket fogalmaztunk meg arra vonatkozóan, hogy az alkalmazott motorhajtóanyagok milyen hatással van a karterolajra, illetőleg vannak-e szignifikáns eltérések kenéstechnikai szempontból a karterolajok között. A vizsgált kenéstechnikai jellemzők értékelése során összefüggéseket kerestünk az egyes jellemzők között, vagyis hogy az egyik mért jellemző hogyan változik a másik függvényében, vagyis a motorolaj minták minőségváltozásának meghatározása volt az elsődleges cél.

Összegzésként elmondható, hogy:

- pentánoldhatatlan üledék tartalom az RME minta esetében nem mutatkozott, míg az ugyancsak repceolaj alapú hajtóanyaggal való üzemeltetés esetében (TESSOL minta) tapasztalható, amely valószínűleg az adaléknak köszönhető;
- a motorolaj elhasználódását, összetételét jelentősen befolyásolja az alkalmazott motorhajtóanyag minősége, összetétele, fajtája stb;
- a motorolaj analízis segít a döntéshozásban;
- egyszeri olajmintavétellel a gép és a kenőanyag pillanatnyi állapotára lehet következtetni a mérési eredményekből;
- a repceolaj-metilészterrel történő motorműködtetés a gázolajjal való üzemeltetéshez hasonló mérési eredményeket tapasztaltunk vizsgálataink során.

Hangsúlyozni kell azonban, hogy a viszonylag rövid (50 üzemórás) vizsgálat nem jogosít fel arra, hogy általános szakmai következtetéseket fogalmazzunk meg.

Viszont nem elhanyagolandó az a szempont sem, hogy már 20 üzemóra eltelte után is megbízható olajvizsgálati eredményeket kapunk az olaj állapotára vonatkozóan. [9]

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] CARRANCA, José N: Green power from diesel engines burning biological oils and recycled fat. RIO5 – World Climate & Energy Event, 15-17 Feb 2005, Rio de Janeiro (Brazil) p 283-296
- [2] CHEVRON Oronite: Classification and Specifications Automotive. Lubricants, Houston, Texas-USA: 2000.
- [3] C. GERGEL, W.: Diesel engine oil drain intervals. The Lubrizol Corporation, Wickliffe, Ohio, USA 1995.
- [4] EDER Barbara – SCHULZ Franz: A növényolaj mint hajtóanyag. CSER Kiadó, Budapest 2005.
- [5] HANCSÓK J.– LAKATOS I. – VALASEK I.: Üzemanyagok és felhasználásuk. Tribotechnik, Budapest 1998.
- [6] KACZ K. – NEMÉNYI M.: Megújuló energiaforrások. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest 1998.
- [7] KÁNTOR I.: Kenéstechnikai ABC. MOL Rt. Kenőanyag Üzletág, Komárom 1996.
- [8] LACZÓ F.: Biotüzemanyagok előállításának lehetőségei Magyarországon. Környezettudományi Központ, Budapest 2008.
- [9] MOL: Közlekedési kenőanyagok alkalmazástechnikája. MOL Rt. Kenőanyag Üzletág, Budapest 2000.
- [10] PORDÁN M: Biodízel a kutaknál; In: Autószerkezet 2001. év 11. sz., p. 716-717.
- [11] VALASEK I.: Tribológiai kézikönyv. Tribotechnik, Budapest 1996.