

ALTERNATÍV DÍZEL ÜZEMANYAG FOSSZILIS ÜZEM- ANYAGHOZ VALÓ KEVERÉSÉNEK HATÁSA A FOGYASZTÁSI ÉS EMISSZIÓS ÉRTÉKEKRE

Mátrai Zsolt

*doktorandusz, Miskolci Egyetem, Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet,
Áramlás- és Hőtechnikai Gépek Intézeti Tanszék*

Cím: 3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: arammzs@uni-miskolc.hu

Összefoglalás

A dízelmotorok széleskörű elterjedésével, azok gazdaságos üzemeltetése egyre fontosabb szemponttá válik a káros anyag kibocsátás mérséklése mellett. Tanulmányunkban alternatív dízel üzemanyag-keverék motorra gyakorolt hatásait vizsgáljuk, különös tekintettel a fogyasztási és emissziós értékekre. Az alternatív üzemanyag-keverék alapjául fosszilis üzemanyagok és növényi eredetű olajok szolgálnak. A továbbiakban ezek vizsgálatáról és hatásaik elemzéséről fogunk beszámolni.

Kulcsszavak: *dízelmotor, alternatív üzemanyag, emisszió*

Abstract

The aim of this contribution is to define the effects of a new alternative diesel fuel mixture. Comparative measurements were carried out, by using normal diesel fuel, and alternative mixture. Vegetable oil and normal diesel were used to fabricate the new oil mixture. In this study the measurements and the analysis of the results will be presented. To compare the effect of the two fuel, diagrams were used.

Keywords: *diesel engine, alternative fuel, emission*

1. Bevezetés

A közlekedésünkhöz használt erőforrások döntően belsőégésű motorok, melyek lehetnek benzin, esetleg LPG, CNG és dízel üzeműek. Ezek többnyire fosszilis energiaforrásokat használnak, melyekről köztudott, hogy azon túl, hogy felhasználásuk környezetkárosító, a folyamatosan kifogyó készletek miatt hosszú távú felhasználásuk nem biztosított. Ezért az ezen üzemanyagokat kiváltó alternatív energiaforrásokra egyre nagyobb hangsúlyt kell fektetnünk. Dolgozatunkban dízel üzemanyagot helyettesítő alternatív üzemanyag-keverék felhasználásának vizsgálatát és eredményeit mutatjuk be.

Vizsgálatunkhoz egy olyan egyhengeres dízelmotort alkalmaztunk, melynek üzemeltetésével kapcsolatosan átfogó vizsgálatokat tudunk végrehajtani. Kísérletünk során olyan egyedi alternatív üzemanyag-keveréket állítottunk elő, amelynek alapjául kereskedelmi forgalomban kapható normál dízel üzemanyag szolgált, melyhez meghatározott térfogat-százalékban átészterezés nélkül napraforgó olajat adagoltunk. Az így készített üzemanyaggal való működtetés során vizsgáltuk a dízelmotor üzemi jellemzőit, és összehasonlítottuk a normál dízel üzemanyaggal mérhető értékekkel.

Összehasonlító vizsgálataink során a legfontosabb szempont az volt, hogy olyan mérési körülményeket teremtsünk, melyek megismételhetők. Így biztosított az, hogy a különböző üzemanyagokkal való működtetés során mért és számított üzemi jellemzők összehasonlíthatók legyenek. Továbbá a mérés menetét úgy dolgoztuk ki, hogy az a mindennapi motorhasználatot a leginkább szimulálja. Így alakítottuk ki a mérési pontokat oly módon, hogy egy meghatározott fordulatszámnál minimális terhelő nyomatékról indulva fokozatosan növeltük a motor terhelését, melynek ennek hatására megváltoztak az üzemi paraméterei.

2. A mérési rendszer

A dolgozatban bemutatott vizsgálatot, mint már említettük egy egyhengeres dízelmotoron végeztük el. Ennek a berendezésnek a kipufogó rendszeréhez csatlakoztatott füstgáz elemző készülék segítségével kaptunk információkat a kipufogó gáz összetételéről. Ezen eszközökről és a vizsgált üzemanyagokról a továbbiakban számolunk be.

2.1.1. A méréshez használt eszközök

A dolgozatban ismertetett vizsgálatokat egy oktatási célra gyártott Gunt gyártmányú berendezésen végeztük el. Ez a gép-együttes egy egyhengeres Hatz 1B20-6 típusú dízelmotorból és a hozzá csatlakoztatható fékgépből áll.

A motor főbb műszaki adatai a következők:

- lökettérfogat $V_l=232 \text{ cm}^3$;
- sűrítési viszony 21:1;
- maximális fordulatszám $n=3200 \text{ 1/min}$;
- maximális teljesítmény $1,5 \text{ kW}$;
- hajtókarhossz $l=104 \text{ mm}$.

A motor ékszíjhajtással kapcsolódik az öt fékező egyenáramú generátorhoz, mellyel a terhelést $0,5 \text{ Nm}$ és 5 Nm között lehet állítani.

A berendezéssel a következő jellemzőket lehet mérni:

- fordulatszám $[1/min]$;
- nyomaték $[Nm]$;
- a beszívott levegő mennyisége $[l/min]$;
- az üzemanyag nyomása a motorba lépéskor $[mbar]$;
- üzemanyag-fogyasztás $[kg/h]$.

Ahhoz, hogy a motorban lezajló folyamatokról átfogóbb képet kapjunk, a kipufogó gáz összetételét is vizsgálnunk kellett. Így a megváltozott üzemanyag emissziós értékekre gyakorolt hatását is dokumentálhattuk.

Az említett motoron a korábbiakban már végeztünk vizsgálatokat. Elsőként különböző üzemanyagok motorra gyakorolt hatását vizsgáltuk [1,2]. Ezen mérések során azonban kiderült, hogy a motor meglévő üzemanyagrendszere pontos fogyasztásmérésre alkalmatlan. További vizsgálatok elvégzéséhez tehát ennek átalakítása elengedhetetlen volt. A problémát a résolaj-visszavezetés helytelen csatlakoztatása, valamint a rendszer légtelenítési nehézségei adták. [3]

A füstgázelemző készülék egy Testo 330-2 típusú mérőberendezés volt. A készülék szondáját közvetlenül a kipufogóra csatlakoztatott csőbe helyeztük el úgy, hogy fals levegőt ne tudjon szívni. A mérések során, minden megváltoztatott terhelő nyomaték esetében dokumentált motorjellemzőkkel egy időben rögzítettük a kipufogógáz vizsgált értékeit is, melyek a következők voltak:

- légszelesleg tényező λ [-];
- CO₂ [%];
- O₂ [%];
- CO [ppm];
- NO [ppm];
- NO_x [ppm];

A használt szonda mérési tulajdonságait az általunk vizsgált gázokra a következő táblázat mutatja:

1. táblázat. Gázelemző szonda tulajdonságai

Mért érték	Mérési tartomány	Pontosság	Felbontás	Időtartam
CO ₂	0...10 Vol.%	±0,2 Vol.%	0,1 Vol.%	< 20s
CO	0...4000 ppm	±20 ppm	1 ppm	< 60s
NO	0...300 ppm	±2 ppm	1 ppm	< 30s

2.1.2. Az vizsgált üzemanyagok

Tanulmányunkban két különböző üzemanyag kísérleti dízelmotorra gyakorolt hatását mutatjuk be. Az egyik, kereskedelmi forgalomban is kapható normál dízel üzemanyag (MSZ EN 590:2009 szabványú), mely az előírásoknak megfelelően már alaphoz tartalmaz 4,8 térfogatszázalék bio komponens zsírsav metil-észtert.

Az általunk vizsgált alternatív üzemanyag-keverék ezzel ellentétben átészterezéssel nem kezelt növényi eredetű olajjal készült, amelyet a fentebb említett kereskedelmi forgalomban kapható normál dízel üzemanyaghoz kevertünk. E. Sadeghinezhad et al., Yusuf Ali et al. valamint Ayhan Demirbas et al. publikációjukban [4,5,6] az általunk előállított üzemanyaggal ellentétben, mindhárman átészterezési eljárást alkalmaztak. Kutatásunk során tehát arról szeretnénk volna információt gyűjteni, hogy milyen hatással van a dízelmotorra egy átészterezés nélküli, háztartásokban is használt növényi olaj hozzáadásával készült alternatív üzemanyag-keverék.

Az így kialakított üzemanyag 2/3-ad térfogatszázaléka normál dízel, 1/3-ada pedig napraforgó növényi olaj volt. A további számításainkhoz szükséges volt a vizsgált üzemanyagok sűrűségét is meghatározni. Ezeket az adatokat a következő táblázat tartalmazza:

2. táblázat. Az üzemanyagok sűrűsége

Üzemanyag	Sűrűség [kg/l]
Normál dízel	0,826
Alternatív üzemanyag-keverék	0,855

3. Mérések leírása

A vizsgálataink során a mérési körülmények kialakításához a legfontosabb szempont az volt, hogy az elvégzett elemzések eredményei összehasonlíthatók legyenek. Ehhez olyan mérési módszert kellett kidolgozni, amely többször ismételhető. Tehát a vizsgálatok során az egyetlen változtatott paraméter az üzemanyag összetétele volt. További fontos szempont volt, hogy a dízelmotort ne egy meghatározott üzemiállapotban vizsgáljuk, hanem a hétköznapi használatot leginkább lekövetve, változó paraméterek mellett működtessük azt.

A méréseket a dízelmotor meghatározott fordulatszáma mellett minimális terhelő nyomatékról indítottuk. Mivel a maximális fordulatszám 3200 1/min , így a méréseket 2500 1/min fordulatszámról indítottuk. Túl alacsony fordulatszám mellett a fogyasztási értékek olyan kicsik, hogy a mérési rendszer esetleges hibája a mért értékekhez képest már nem elhanyagolható mértékű. A meglévő berendezés fogyasztásmérésre eredetileg nem volt alkalmas, azonban annak az üzemanyag-ellátó rendszerét átalakítva fogyasztási értékek pontos elemzése is lehetségessé vált.

Vizsgálatainkat tehát mindkét üzemanyag használata mellett úgy végeztük, hogy az üzemi paraméterek azonosak legyenek. Ez azt jelenti, hogy a motort 2500 1/min fordulatszámmal üzemeltetve, minimális nyomatékkal terheljük. Ez $0,6 \text{ Nm}$ -t jelentett. Továbbá a mérési pontokat úgy alakítottuk ki, hogy $0,5 \text{ Nm}$ -enként emeltük a terhelő nyomatékot, gondosan ügyelve arra, hogy a terhelés változtatása után a mérendő paraméterek beálljanak állandó értékre. Hasonló mérési módszert figyelhetünk meg Y.D. Wang et al. publikációjában is. [7]

4. Az alternatív üzemanyag-keverék hatásai

A mérések során kapott eredményeket diagramok segítségével szemléltetjük, bemutatva a megváltozott üzemiállapot hatására megváltozott jellemzőket a normál dízellel és az alternatív üzemanyaggal való működtetés mellett. A megjelenített diagramokban közös a vízszintes tengely, mely minden esetben a terhelő nyomatékot mutatja. Vizsgálataink során ugyanis ezen a paraméteren változtattunk, így ennek függvényében változtak a motor további üzemi jellemzői.

A mért eredmények diagramokon való megjelenítése mellett számszerűen is meghatároztunk egy, a működtetett üzemi tartományra jellemző értéket. Erre az integrál középérték számítás módszerét alkalmaztuk. Ez azt jelenti, hogy a mért pontokra fektetett görbe egyenletét integráltuk, majd a kapott területet elosztva a mérési tartománnyal megkaptuk a vizsgált üzemi paraméter középértékét. A diagramok jobb oldalán található táblázat tartalmazza ezeket a számított értékeket külön a két üzemanyagra vonatkozóan. Ugyanitt láthatók az eltérések is százalékosan.

Példaként a normál üzemanyag használata közben mért fogyasztás integrál középértékét a következő képen kaptuk:

Az üzemeltetési tartományon mért pontokra fektetett görbe egyenlete a következő:

$$\ddot{U}.fogy. = 0,0014M^2 + 0,0362M + 0,2247, \quad (1)$$

ahol $\ddot{U}.fogy.$ [kg/h] az üzemanyag fogyasztás, M [Nm] pedig a terhelő nyomaték. Ezt az (1) kifejezést integráltuk a minimális és a maximális terhelő nyomaték intervallumán:

$$\int_{0,6543}^{5,0586} 0,0014M^2 + 0,0362M + 0,2247 dM = 1,509, \quad (2)$$

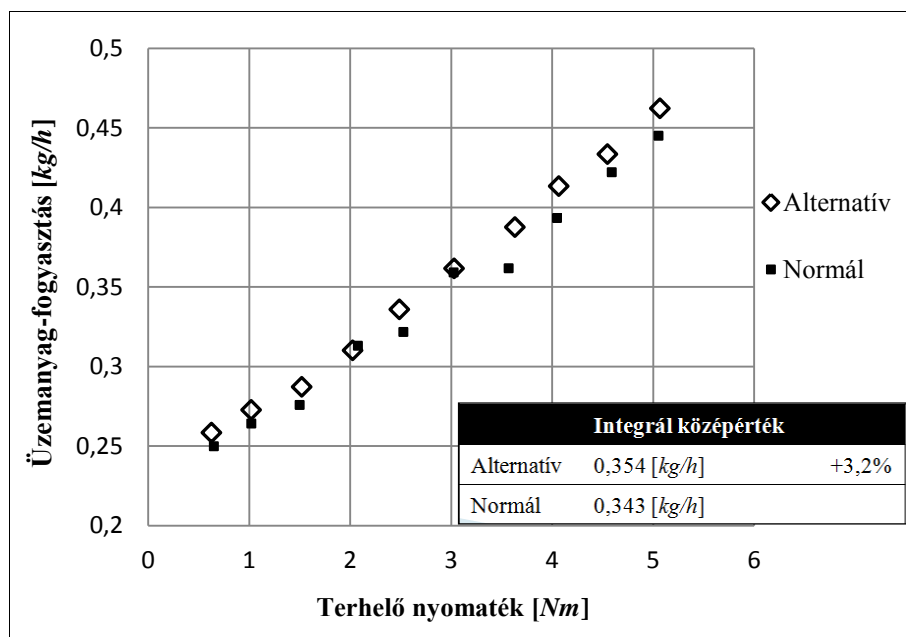
Az így kapott értéket elosztva a maximális és a minimális terhelő nyomaték különbségével kapjuk az üzemanyag fogyasztás integrál középértékét:

$$1,509/4,404 = 0,343[\text{kg}/\text{h}]. \quad (3)$$

Elsőként az üzemanyag-fogyasztási adatokat értékeltük ki, melyek a 1. ábrán láthatók. A diagramon egyértelműen megfigyelhető, hogy az alternatív üzemanyag használata mellett az üzemeltetési tartományon átlagosan óránként 3,2%-al több tömegnyi üzemanyag fogyott, ugyanolyan működési körülmények között. A többletfogyasztásnak több oka is lehet. Az alternatív üzemanyag-keverék energiatartalma kisebb lehet a normál dízel üzemanyag energiatartalmától. A másik ok az égés minőségének változása lehet. Az általunk előállított üzemanyag-keverék átészterezés nélkül felhasznált növényi olajat tartalmaz, aminek hatására annak viszkozitása megnőtt. Ennek következtében a porlasztás, így az égés minősége romlott.

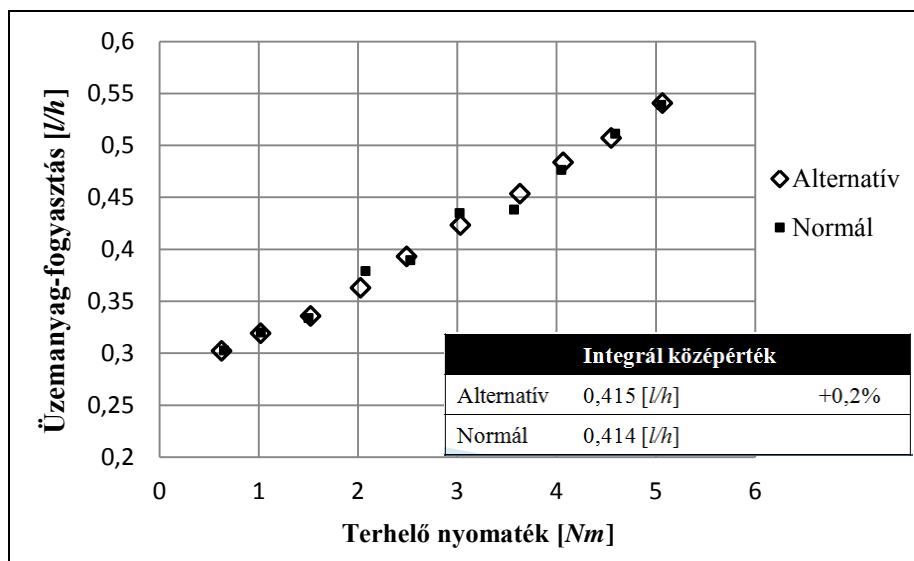
Ez a többletfogyasztás azonban eltörpül annak tudatában, hogy a vizsgált üzemanyag térfogatának harmad részét nem fosszilis energiaforrás teszi ki. Továbbá kísérleteink során még nem használt napraforgó olajat alkalmaztunk, gazdaságossági szempontból további előnyt jelentene, ha használtan kerülhetne feldolgozásra. A későbbiekben ilyen irányba is fogunk vizsgálatokat végezni.

Azt is fontos azonban megemlíteni, hogy az üzemanyag árát nem a megvásárolt tömegnek megfelelően számlázzák. Mivel a normál dízel és az alternatív üzemanyag-keveréknek a sűrűsége nem egyezett, ezért szükséges volt kiszámolni a fogyasztást a térfogatra vonatkoztatva.



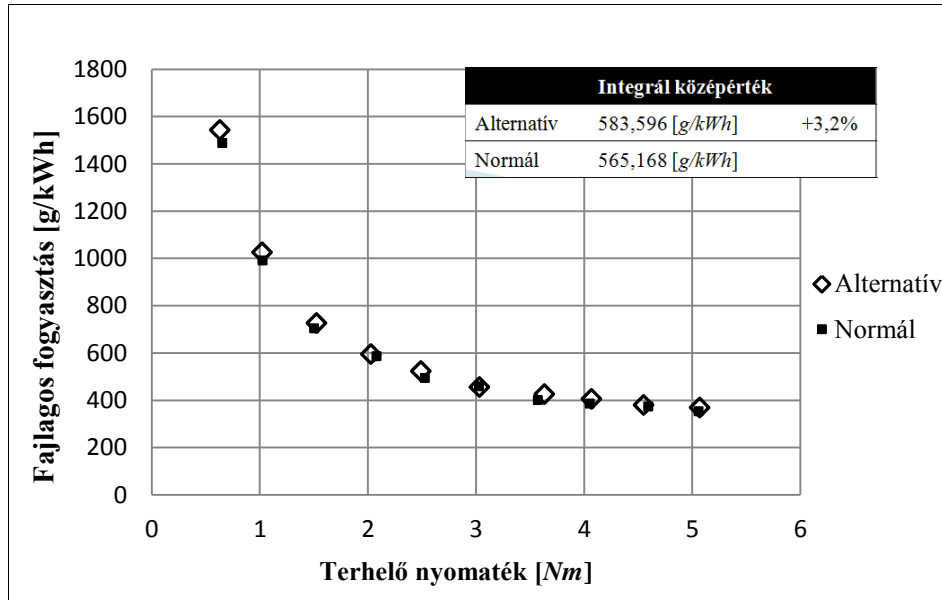
1. ábra. Üzemanyag fogyasztás [kg/h]

A következő ábrán (2. ábra) a fogyasztási értékeket láthatjuk az üzemanyag térfogatára számítva terhelés függvényében. Látható, hogy ugyan az alternatív üzemanyaggal való üzemeltetés mellett 3,2%-al több kilogramm fogyott óránként a normál üzemanyaghoz viszonyítva, térfogatra átszámítva szinte pontosan ugyanazon fogyasztási értékeket kapjuk. Mivel az alternatív üzemanyag sűrűsége nagyobb, így térfogatban megadva az értékeken már nem tapasztalhatunk érdemi különbséget.



2. ábra. Üzemanyag-fogyasztás [l/h]

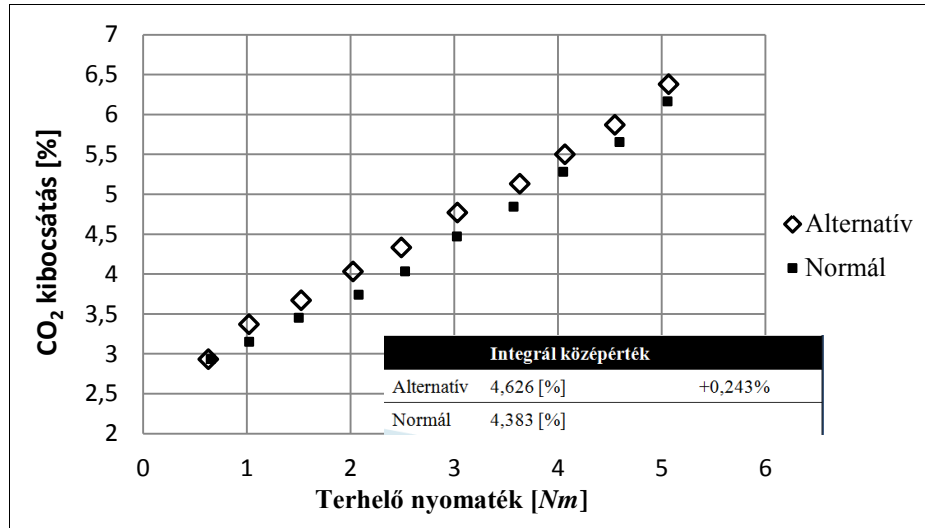
Annak érdekében, hogy biztosak lehessünk abban, hogy az üzemeltetési körülmények (kiinduló fordulatszám, terhelési értékek) megegyeztek a mérések során, a mért eredményekből ki kell számítani a fajlagos fogyasztási értékeket.



3. ábra: Fajlagos fogyasztás [g/kWh]

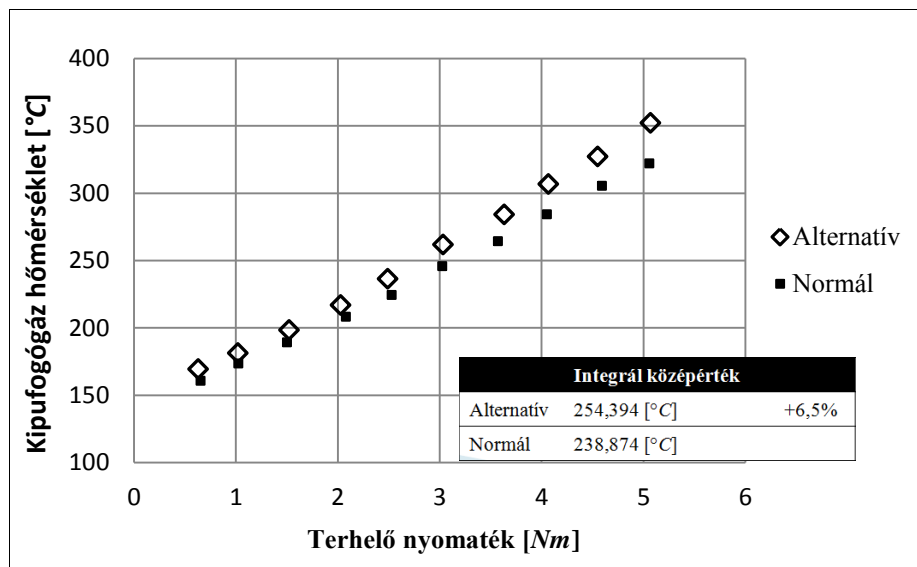
A 3. ábra mutatja, hogy egy kWh energia előállításához hány gramm üzemanyagot használt fel a dízelmotor. Tömegre vonatkoztatva itt is az alternatív üzemanyagból kellett többet adagolni pontosan 3,2%-al, mint ahogy az 1. ábrán is láthattuk. Így biztosak lehetünk abban, hogy a mérési körülmények megegyeztek, tehát az eredmények összehasonlíthatók.

A következő diagramon a vizsgált emissziós értékek közül az üvegházhatáshoz nagymértékben hozzájáruló gázt, a CO₂-t vizsgáljuk. A 4. ábrán azt figyelhetjük meg, hogy a gáz kibocsátása az alternatív üzemanyag-keverék alkalmazásával kis mértékben, +0,243%-al megnövekszik. Ez csekély mennyiség annak tudatában, hogy az üzemanyag napraforgó olajat tartalmaz. A füstgáz megnövekedett CO₂ tartalma arra utal, hogy az égés során az alternatív üzemanyaggal való működtetés során több szén égett el. Sajnos a Testo 330-2 füstgázelemző készülék maradék szénhidrogéneket nem képes mérni a kipufogó gázban, így ez irányú elemzéseket nem végeztünk.



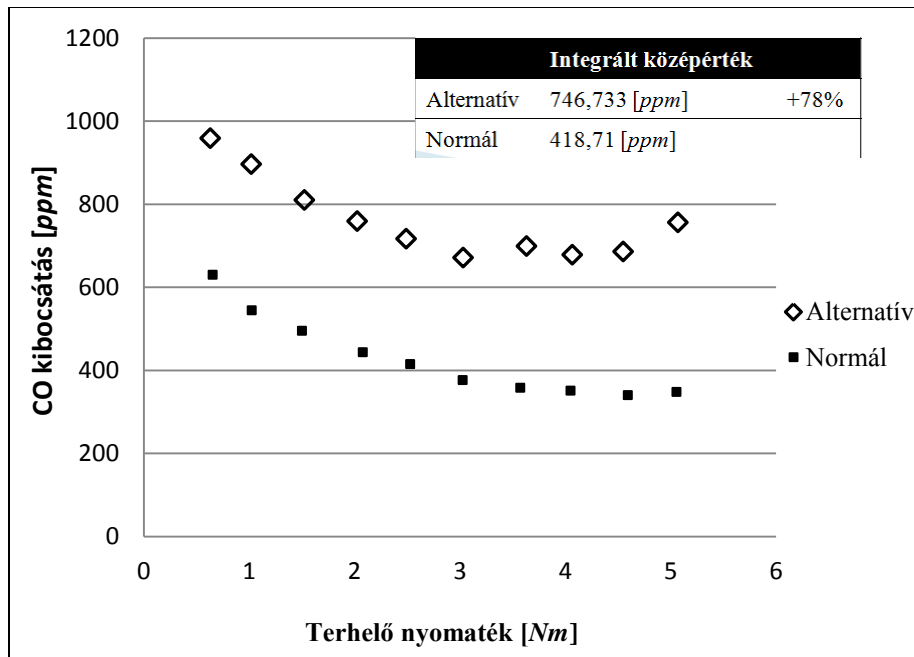
4. ábra. CO₂ kibocsátás

Ezt követően az égés hőmérsékletét vizsgáltuk a kipufogó csőbe telepített hőmérsékletérzékelő segítségével. Az 5. ábrán jól látható, hogy az üzemanyag-keverék adagolása során nagyobb hőmérsékletű a kipufogó gáz a vizsgálati tartományon 6,5%-al. Ebből ugyancsak arra lehet következtetni, hogy az alternatív üzemanyagunk energiataralma magasabb a normál üzemanyagétól. Ennek bebizonyítására a későbbiekben kaloriméter segítségével tervezünk vizsgálatokat elvégezni az érintett hajtóanyagokon.



5. ábra. Kipufogógáz hőmérséklet [°C]

A magasabb égési hőmérsékletek következtében a motorban kevesebb lerakódás képződhet. Ennek következtében a motor tisztábban maradhat, így ilyen szempontból a motor működésére az alternatív üzemanyag-keverék pozitív hatással van.



6. ábra. CO kibocsátás

Végül megvizsgáltuk, hogy a kipufogó gázban milyen mennyiségben van jelen az igen mérgező és veszélyes CO gáz. Méréseink során bebizonyosodott, hogy az előállított üzemanyag-keverék hatására a CO kibocsátás jelentős mértékben megnőtt. Mivel a környezetvédelmi előírások folyamatosan szigorodnak, e magas CO kibocsátást redukálni kell

A mérések során azonban a fogyasztási és emissziós értékek vizsgálata mellett a motor élettartamára gyakorolt hatásokat is célszerű figyelni. A kísérletünk során a motort rövidtávon károsító negatív hatást nem tapasztaltunk. A továbbiakban átfogóbb mérésekkel az alternatív üzemanyag-keverékek a motor élettartamára hosszan tartó működtetés során gyakorolt hatásait vizsgálhatjuk.

5. Összefoglalás

Tanulmányunkban kísérleti egyhengeres dízelmotorral végeztünk olyan üzemanyag-vizsgálatot, mely során fosszilis és alternatív energiahordozókat használtunk fel. Kísérleteinkhez két különböző üzemanyagot használtunk, melyek közül az egyik normál, kereskedelmi forgalomban is kapható dízel, a másik pedig növényi olaj felhasználásával készült alternatív hajtóanyag. Méréseink során gondosan ügyeltünk arra, hogy a két üzemanyaggal

elvégzett vizsgálatok összehasonlíthatóak legyenek. Ezt úgy értük el, hogy olyan mérési metódust dolgoztunk ki, mely megismételhető. A motor üzemeltetése során az üzemanyag fogyasztást és a keletkezett kipufogó gáz összetevőit is vizsgáltuk, különös tekintettel annak CO₂ és CO tartalmára. Tanulmányunkból egyértelműen kiderül, hogy az általunk előállított alternatív üzemanyag-keverék alkalmas dízelmotor gazdaságos üzemeltetésére. A CO₂ kibocsátás csekély mértékben, a CO kibocsátás viszont jelentősen megnövekedett. Mindebből következően világossá vált, hogy további vizsgálatok szükségesek annak eldöntésére, hogy az adott keverék inkább pozitív hatást fejt ki a motor-környezet együttesre, vagy éppen ellenkezőleg.

6. Köszönetnyilvánítás

A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú *Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program* című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

A kutató munka a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területén működő Innovációs Gépészeti Tervezés és Technológiák Kiválósági Központ keretében teljesül.

7. Irodalom

- [1] Mátrai, Zs., Tollár, S.: *Különböző diesel üzemanyagok a motor üzemi jellemzőire gyakorolt hatásának vizsgálata*, GÉP LXIII.: (9) (2012), pp. 57-60. (ISSN: 0016-8572)
- [2] Mátrai, Zs.: *Effect of consumption-reducing additives on a single-cylinder diesel engine*. Proc. Tavaszi Szél Konferencia 2013, Sopron, pp. 201-207 (ISBN 978-963-89560-2-6)
- [3] Mátrai, Zs.: *Kísérleti egyhengeres dízelmotor üzem-anyagrendszerének átalakítása a fogyasztási értékek pontosabb mérésére*, Multidiszciplináris tudományok, 3. kötet. 2013
- [4] E. Sadeghinezhad, S.N. Kazi, A. Badarudin, C.S. Oon, M.N.M. Zubir, Mohammad Mehrali: *A comprehensive review of bio-diesel as alternative fuel for compression ignition engines*, Renewable and Sustainable Energy Reviews 28, 2013, pp. 410 – 424
- [5] Yusuf Ali, M. A. Hanna: *Alternative diesel fuels from vegetable oils*, 1994
- [6] Ayhan Demirbas: *Biodiesel fuels from vegetable oils via catalytic and non-catalytic supercritical alcohol transesterifications and other methods: a survey*, Energy Conversion and Management, 2003
- [7] Y.D. Wang, T. Al-Shemmeri, P. Eames, J. McMullan, N. Hewitt, Y. Huang, S. Rezvani: *An experimental investigation of the performance and gaseous exhaust emissions of a diesel engine using blends of a vegetable oil*, Applied Thermal Engineering 26, 2006.