

Gumialapú pirolízis tüzelőanyag injektorokra gyakorolt hatásának komplex értékelése

Complex evaluation of the effect of tire-based pyrolyzed fuel on injectors

KONDOR István Péter

Neumann János Egyetem GAMF Kar Járműtechnológia Tanszék, H-6000 Kecskemét Izsáki út 10. Magyarország,
kondor.peter@gamf.uni-neumann.hu

Abstract

In addition to the many positive properties of motorization, transport also has many negative effects in our daily lives. These include the significant amount of tire waste generated annually by the transport industry, which needs to be recycled in some way to protect our environment. Pyrolysis of waste tires is an increasingly common method of recycling. The properties of the fuel obtained in this way are different from those of commercially available fuels. In this work, a comprehensive complex study of the effects of tire-based pyrolyzed oil on injection injectors is presented.

Keywords: rubber-based pyrolysis oil, injection, simulation, injector

Összefoglalás

A közlekedés mindennapi része életünknek a motorizáció számos pozitív tulajdonsága mellett nagyon sok negatív hatás is keletkezik. Ezek közé sorolható a közlekedésipar által évente termelt jelentős mértékű gumihulladék, amelyet környezetünk védelme érdekében valamilyen módon újra kell hasznosítani. A hulladékgumi pirolízise egyre szélesebb körben elterjedt módszer az újrahasznosításra. Az ilyen módon nyert tüzelőanyag tulajdonságai eltérnek a kereskedelmi forgalomban kapható tüzelőanyagokétól. Ebben a munkában a gumialapú pirolízis olaj befecskendező injektorokra gyakorolt hatásainak átfogó komplex vizsgálata kerül bemutatásra.

Kulcsszavak: gumialapú pirolízis olaj, befecskendezés, szimuláció, injektor

1. BEVEZETÉS

A XXI század első felének egyik fontos kérdése, hogy a motorizáció növekvő energiaigényét hogyan tudjuk környezetbarát, fenntartható módon megoldani. Erre jó lehetőséget kínálnak az alternatív hajtóanyagok [1], közöttük az újrahasznosított termékek. A gumialapú pirolízis tüzelőanyag dízelmotor befecskendező injektoraira gyakorolt hatásának átfogó komplex vizsgálatához szükség van a saját szimulációkon és méréseken kívül más ezzel a témakörrel foglalkozó publikációk eredményeinek az értékelésére is. A szimulációkkal elvégzett kísérletek eredményeit csoportba sorolom, és paramétercsoportokat képezek. Az eredmények felhasználásával a célom, hogy új szemléletet vagy módszert adjak a gumialapú pirolízis olaj injektorokra gyakorolt hatásainak értékelésére. A publikációban bemutatom a paraméterek értelmezését, azok csoportba rendelését és ezek segítségével a vizsgált gumialapú pirolízis tüzelőanyag befecskendező injektorok üzemére gyakorolt hatásának holisztikus értékelését [2][10][11].

2. A VIZSGÁLT TÜZELŐANYAGOK BEMUTATÁSA

Az összehasonlító vizsgálatoknál alkalmazott referencia tüzelőanyag a töltőállomásokon beszerezhető gázolaj, amelynek a legfontosabb paraméterei az 1. táblázatban láthatóak [3]. A gumialapú pirolízis olaj vagy angol nevén TPO (Tire Pyrolysis Oil) egy új típusú hulladékalapú tüzelőanyag, amelyet hulladék gépjármű gumiabroncsokból pirolízis útján nyernek. A gumiabroncsból nyert pirolízis olaj magas bruttó fűtőértékkel rendelkezik (41-44 MJ/kg) ezért megfelelő keverési arányban jól felhasználható lehet belsőégésű motorokban [4]. A hulladékgumit aprítás után 300-500 Celsius fokon pirolizálják amely eljárás során 34% olaj és 56%

melléktermék keletkezik amely gázt is tartalmaz, így a pirolizátor fűtésére hasznosítható [5]. Az összehasonlíthatóság miatt a két tüzelőanyag tulajdonságai egymás mellett kerültek felsorolásra. Jól látható, hogy a legtöbb érték közelít egymáshoz. Látható, hogy a pirolízis olaj víztartalma magasabb a gázolajéhoz képest, illetve aromás tartalma is magasabb, ezek a tényezők növelik az emissziós értékeket. A másik két nagy eltérés, hogy a pirolízis olaj magas kén-tartalommal rendelkezik, ez szintén az emissziós értékeket rontja a gázolajhoz képest. A Cetán-index alacsonyabb a pirolízis olaj esetén, amely alacsonyabb szén-hidrogén jelenlétet jelent. Felhasználásból eredő problémákat okozhatna a hidegszűrhetőség dermedéspontja, hiszen az 20° C körül alakul, de itt nagy valószínűséggel az adalékolás hiánya a probléma okozója [11] [12].

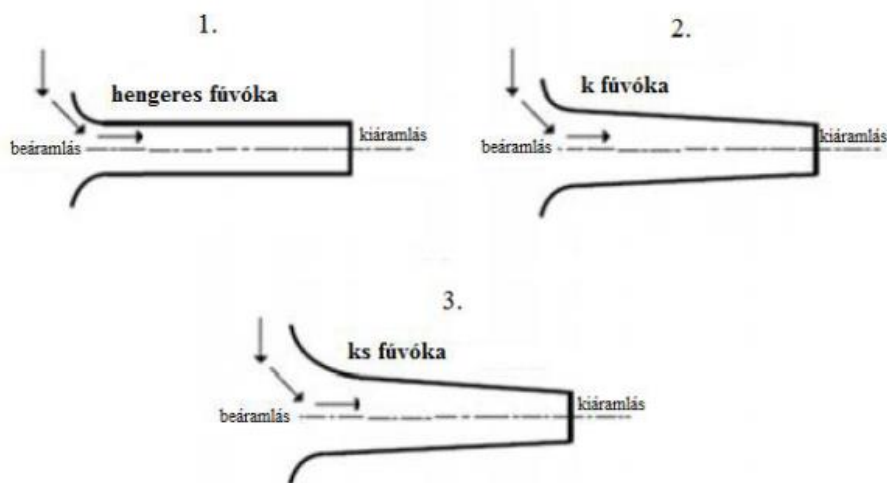
Tüzelőanyag tulajdonságok [3]

1. táblázat

Tüzelőanyag	Gázolaj	Pirolízis olaj
Sűrűség [kg/m ³]	830	920
Víztartalom [mg/kg]	30	118
Sztöchiometrikus arány	14,7	13,8
Sztöchiometrikus keverékek energia tartalma [MJ/kg]	2,74	2,89
Aromás tartalom [% m/m]	26	39,3
Kinematikus viszkozitás [mm ² /s]	2,54	3,22
Dinamikus viszkozitás [Ns/m ²]	0,00214	0,00296
C-tartalom [% m/m]	87	84
H-tartalom [% m/m]	13	10
N-tartalom [% m/m]	–	0,6
S-tartalom [% m/m]	0,001	0,96
O-tartalom [% m/m]	–	2
Cetán-index	53,2	28,6
Hidegszűrhetőség [°C]	0	20

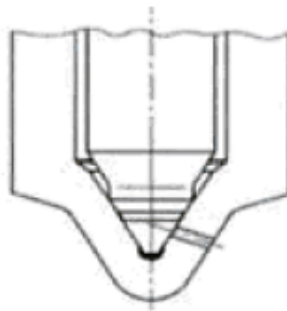
3. A VIZSGÁLT INJEKTOR TÍPUSOK BEMUTATÁSA

A szimulációk során, közös nyomócsöves dieselmotorokban napjainkban széles körben alkalmazott solenoid tekercses Common rail befecskendező injektorok kerültek megvizsgálásra. A fűvóka geometriák kialakítása közvetlenül hatással van a hengeren belüli keveredésre. Többfajta típus terjedt el. A vizsgálat során a szakirodalomban található típusok kerülnek megvizsgálásra [6] [7]. A különböző típusok az 1. ábrán láthatóak.



1. ábra Common rail befecskendező injektorok típusai

A vizsgálathoz VCO fűvókatér kialakítással rendelkező injektor (2. ábra) került kiválasztásra [8]. A VCO fűvókatér előnye, hogy a fűvókatú alatt lévő zsákfuratban maradó tüzelőanyag nem kerül be az égéstérbe, az égésben nem vesz részt. Abban az esetben, ha bejutna a zsákfuratban maradó tüzelőanyag, az tovább növelné a szén-hidrogén emissziót. Az emissziós értékek megszorításával már ezek a fűvókák használatosak manapság.



1. ábra VCO fűvókatér

A szimulációk során a hengeres a ks és egy a gyártástechnológia jelenlegi fejlettsége miatt még egy elméleti kialakítás. A konfúzoros ks-fűvókához hasonlóan először egy konfúzoros kialakítást követ, majd a fűvóka egy adott hosszánál diffúzorosra vált. Ezt a fűvókátípus a szakirodalom ksd-fűvókának említi, azaz konfúzoros-diffúzorosnak. Ötvözi a hengeres- és ks-fűvóka előnyeit. A hengeres kialakításhoz hasonlóan jó keveredést biztosít, ugyan kavitáció létre jön, de sokkal kisebb mértékben, mint a hengeres-fűvókánál, a szakirodalom vizsgálatai szerint egy jól működő kialakítás, az elméleti alapot a szimulációk során is beváltotta. A jövőben mindenképpen el fog terjedni a ksd fűvóka kialakítás, az előzőekben említett pozitív tulajdonságai révén. A fűvóka kúposága k faktossal határozható meg, amely az alábbi összefüggéssel számítható:

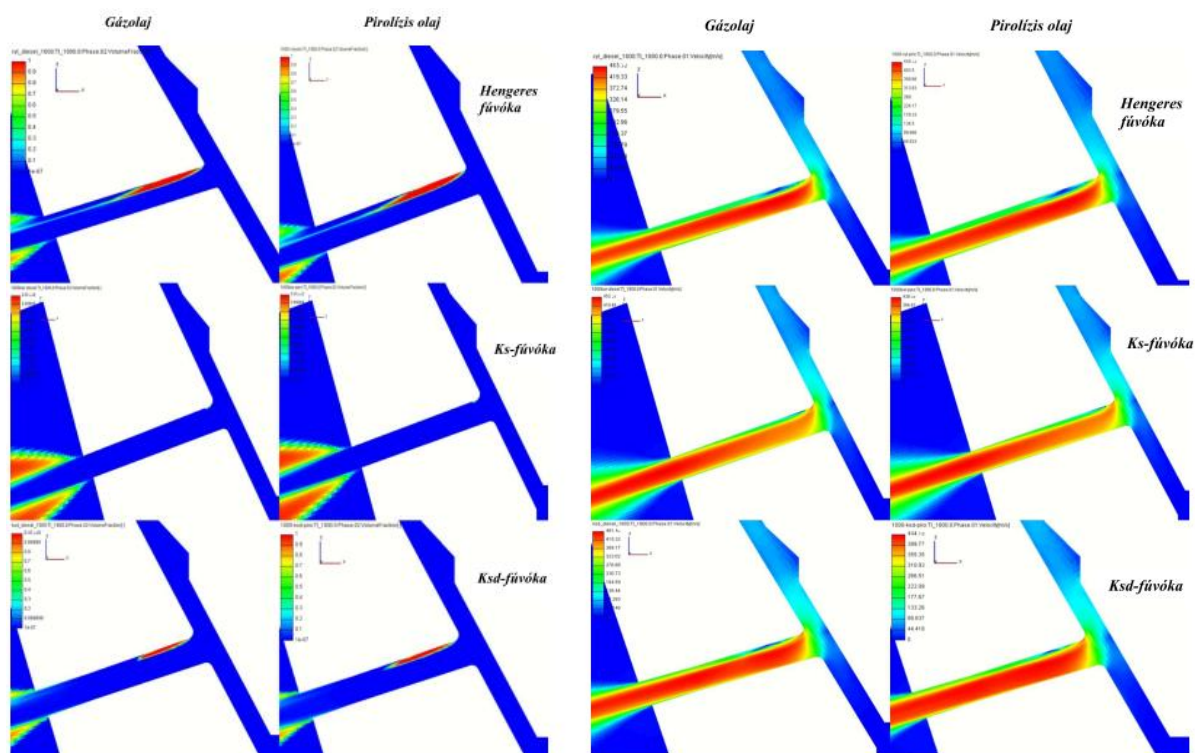
$$k = \frac{D_i - D_o}{10} \text{ [}\mu\text{m]}. \quad (1)$$

A képletbe a bemeneti átmérőt és a kimeneti átmérőt kell behelyettesíteni, ez adja meg a fűvóka k -faktorát [7]. Hengeres fűvóka esetén a k -faktor minden esetben 0. A ks- és ksd-fűvókák esetén ez már egy nullánál nagyobb érték [9].

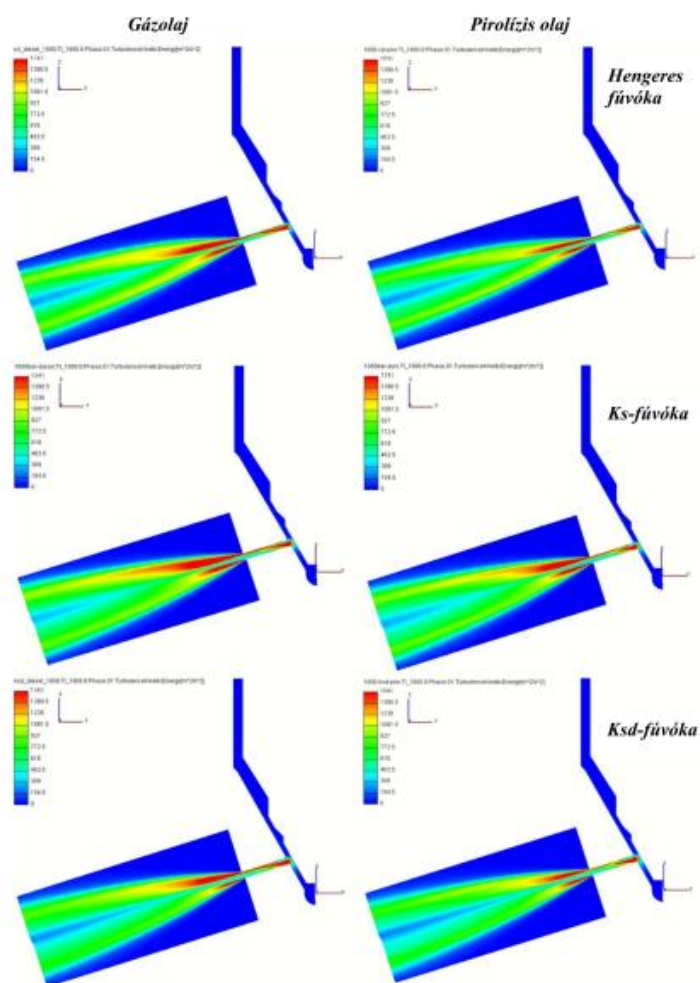
4. SZIMULÁCIÓS EREDMÉNYEK

A szimulációk AVL-Fire szoftverben kerültek futtatásra úgy, hogy a vizsgálatok során gázolaj, gumialapú pirolízis olaj és pirolízis olaj gázolaj keverékek (10 tf% TPO – 90 tf% diesel, 20 tf% TPO – 80 tf% gázolaj) kerültek bevizsgálásra. A tesztek 350 bar (alapjáratnyi nyomásérték) és 1000 bar (közepes motorterhelési nyomásérték) nyomásokon lettek elvégezve. A publikációba az 1000 bar nyomásértékű eredményekkel lett elvégezve az értékelés. A keverés mértékét a gázolaj bio-tartalmának százalékos értékeiből kiindulva lett kialakítva [9]. A jelenlegi helyzetben Magyarországon az előírások szerint a B7 és B10 jelű gázolajok vannak kereskedelmi forgalomban a közúti gépjárművek számára. A B7 jelű gázolaj legfeljebb 7 tf% bio-tartalommal rendelkezhet, míg a B10 jelű legfeljebb 10 tf% bio-tartalommal rendelkezhet. Ezek alapján egy 90 tf% gázolaj és 10 tf% pirolízis olaj tartalmú keverékű tüzelőanyag kialakítása került sorra, illetve egy 20 tf% tartalmú pirolízis olajos koncentrátum is. A tüzelőanyag gőzfázis és a folyadékfázis sebesség alakulását az 5. és a 6. ábra szemlélteti [7][9]. Érdekes eredményt mutat a kinetikus energia alakulása a hengeres fűvóka sugárképében. A sugár asszimmetrikus, de a pirolízis olajos koncentrátumok esetében magasabb TKE alakul ki a sugár alsó felében, mint a tiszta pirolízis olajnál [9]. A magasabb érték pedig jelzi, hogy a sugárban nagyobb nyíróerők jönnek létre a tüzelőanyag és levegő keveredésénél, a cseppbomlás jó értéket diktál, amely az égés és az emisszió szempontjából feltétlenül fontos [8]. A nagyobb gázolaj térfogatszázalék alapján nem meglepő az eredmények alakulása, elsősorban a 10 tf% pirolízis olaj keverék mutat magasabb energiaszintet [9]. A kinetikus energia alakulását a 4. ábra szemlélteti.

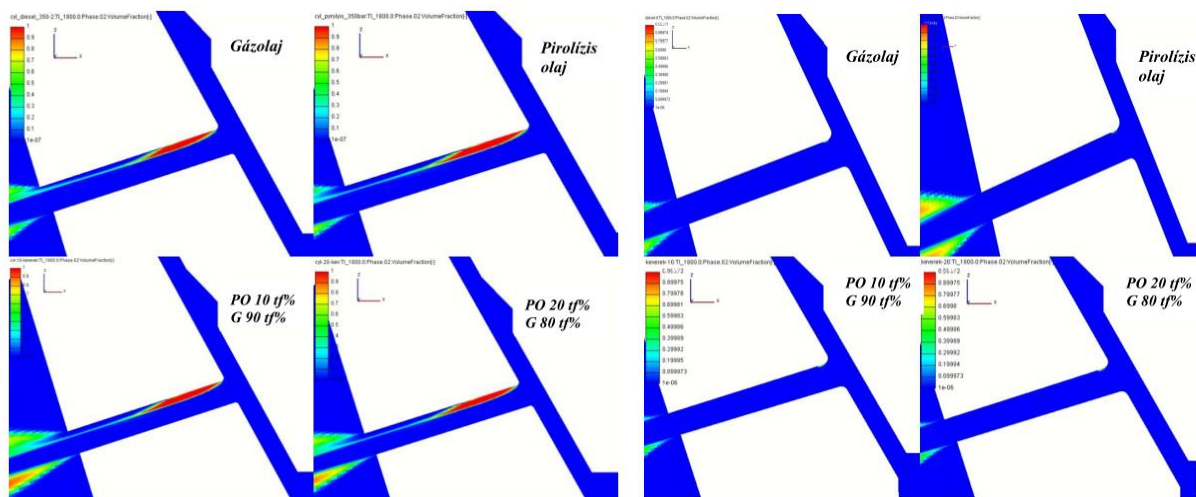
A tüzelőanyag gőzfázis és a folyadékfázis sebesség alakulását a 3. ábra szemlélteti [7][9]. Érdekes eredményt mutat a kinetikus energia alakulása a hengeres fűvóka sugárképében (4. ábra). A sugár asszimmetrikus, de a pirolízis olajos koncentrátumok esetében magasabb TKE alakul ki a sugár alsó felében, mint a tiszta pirolízis olajnál [9]. A magasabb érték pedig jelzi, hogy a sugárban nagyobb nyíróerők jönnek létre a tüzelőanyag és levegő keveredésénél, a cseppbomlás jó értéket diktál, amely az égés és az emisszió szempontjából feltétlenül fontos [8]. A nagyobb gázolaj térfogatszázalék alapján nem meglepő az eredmények alakulása, elsősorban a 10 tf% pirolízis olaj keverék mutat magasabb energiaszintet [8]. A kinetikus energia alakulását a 9. és a 10. ábra szemlélteti.



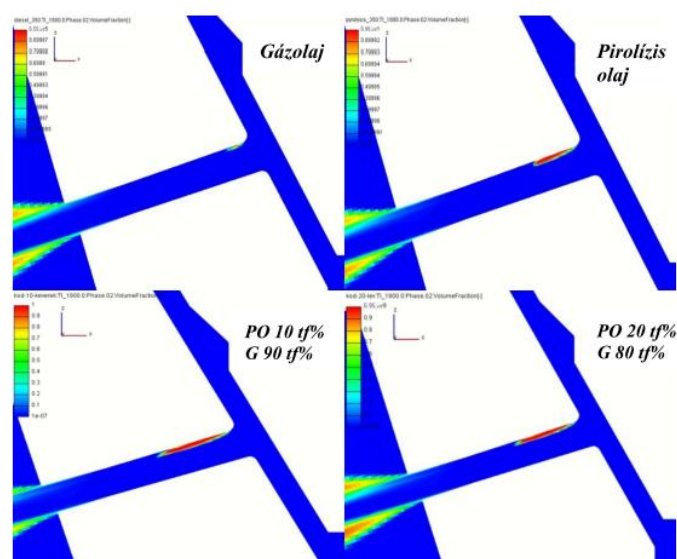
2. ábra 1000 bar Rail nyomás gőzfázis és folyadékfázis sebességek gázolaj és pirolízis olaj esetén



3. ábra Turbulens kinetikus energia alakulása

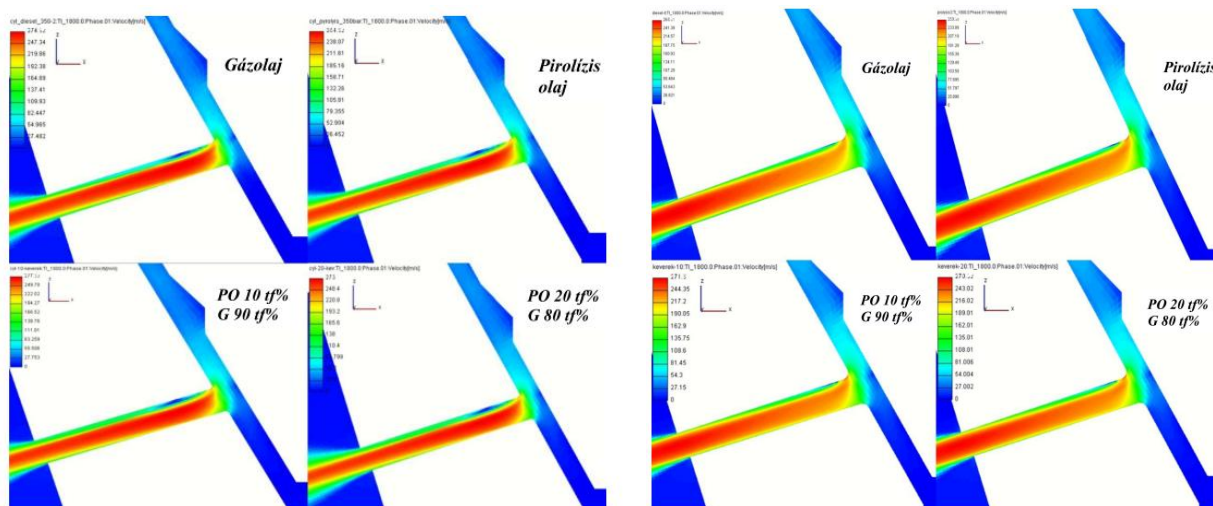


5. ábra TPO-Diesel gőzfázis sebességek alakulása hengeres és ks fűvókátípus esetén

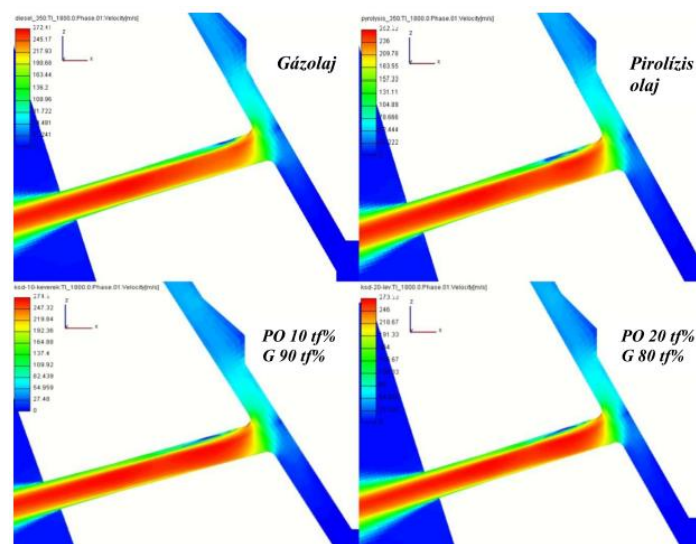


6. ábra TPO – gázolaj gőzfázis sebességek alakulása ksd fűvóka esetén

A folyadékfázis sebesség diagramjai a 7. és a 8. ábrán találhatóak, itt is igazolódni látszik, hogy a hengeres fűvóka sem 10 tf%-os, sem 20 tf%-os keverékkel nem alkalmas a megfelelő működésre. Az eróziós hatást növeli a nagysebességű folyadék ütközése a furat alsó felében.

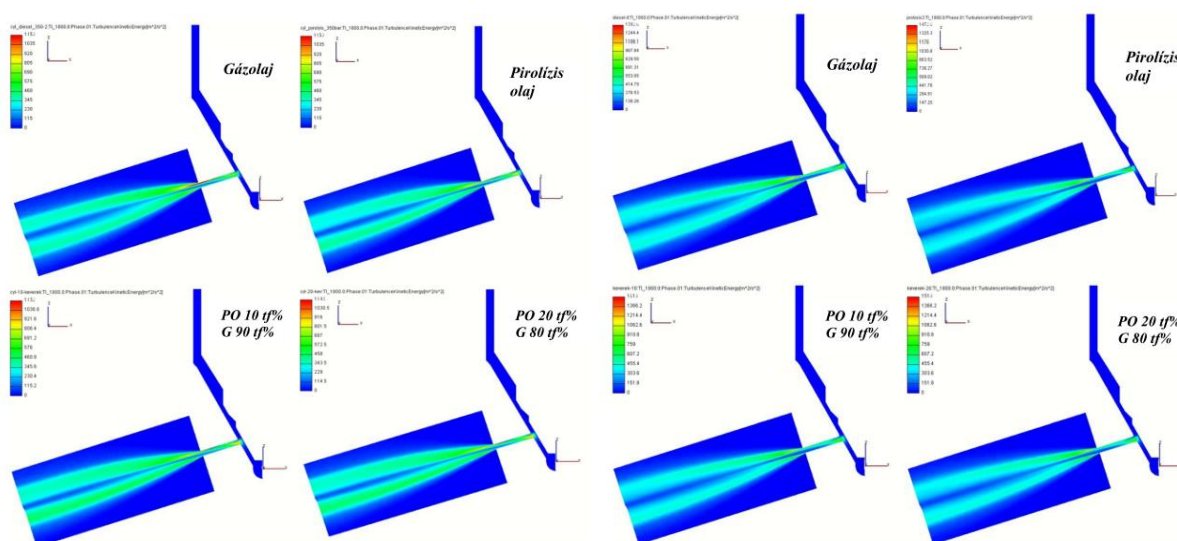


7. ábra Folyadékfázis sebességek alakulása TPO-gázolaj keverék esetén hengeres és ks fűvókátípus esetén

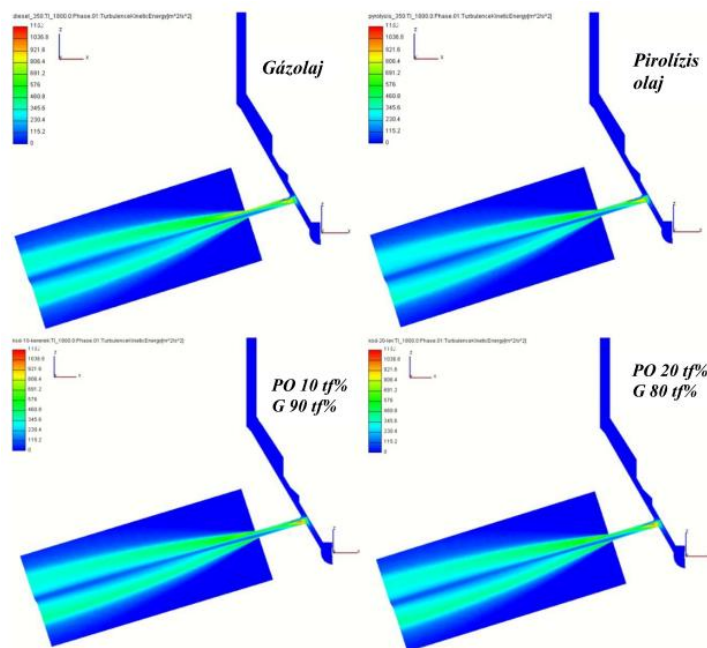


8. ábra Folyadékfázis sebesség alakulása TPO-gázolaj keverék ksd fúvóka esetén

A keveredést jól biztosítja a hengeres fúvóka, de a magas kavitáció és eróziós hatás miatt nem túl tartós konstrukciónak bizonyul [13]. A ks-fúvókánál az előbbi probléma nem jelentkezik, a sebesség némileg elferdül az alsó tartományba, de ez még elfogadhatónak bizonyosul. A probléma a már többször említett nagy sebességű kiáramlásban rejlik, a konfúzoros kialakításnak megfelelően [14]. A ksd-fúvókánál is folytatódik a tendencia, a pirólízis olaj jelenléte határozza meg a sebességszámokat, a sebesség egyre lentebb tolódik, amely a furat számára eróziós hatást kell, de nem olyan mértékben, mint a hengeresnél. Az égés szempontjából most is, mint ahogy az előző vizsgálatoknál, a ksd-fúvóka a legmegfelelőbb típus [15]. A kinetikus energia alakulását mutatja a 9. és a 10. ábra. A hengeres fúvóka sugárképében a sugár asszimmetrikus, de a pirólízis olajos koncentrátumok esetében magasabb TKE alakul ki a sugár alsó felében, mint a tiszta pirólízis olajnál. A magasabb érték pedig jelzi, hogy a sugárban nagyobb nyíróerők jönnek létre a tüzelőanyag és levegő keveredésénél, a cseppbomlás jó értéket diktál, amely az égés és az emisszió szempontjából feltétlenül fontos [16]. A nagyobb gázolaj térfogatszázalék alapján nem meglepő az eredmények alakulása, elsősorban a 10 tf% pirólízis olaj keverék mutat magasabb energiaszintet. A ks-fúvókánál az előbbi eset megfordult, a hagyományos gázolajjal alakul ki magasabb értékű kinetikus energia a sugárképben, a szimmetria mind a négy esetben azonosan alakul. A ksd-fúvóka esetében a hengereshez hasonlóan, a pirólízis olajos koncentrátumok alacsonyabb energiát vonnak maguk után a gázolajhoz képest, de a sugárkép ezeknél asszimmetrikusabbá is válnak, a nagyobb kavitáció hatása miatt a furatból. Összességében elmondható, hogy a 10 tf% és a 20 tf% pirólízis olaj tartalmú gázolaj eredményei közel azonosnak mondhatóak ezen szimulációk alapján. A kavitációs értékek a hengeres és a ksd-fúvókánál is romlottak valamivel, a ks-fúvóka stagnált ezesetben. A sebességek hasonlóan alakultak a hagyományos gázolajhoz képest. A kinetikus energia a hengeres és ksd-fúvókánál a keverékek hatására közel azonosan alakult, míg a ks-fúvókánál inkább csökkenő tendenciát mutatott.



9. ábra A teljes kinetikus energia (TKE) alakulása hengeres és ks fúvókátípus esetén



10. ábra TKE alakulása ksd fúvókatípus esetén

5. MŰSZAKI PARAMÉTERCSOPORTOK BEMUTATÁSA

1. műszaki paramétercsoport: tüzelőanyag elégetése előtti, az égés lefolyására, annak hatásosságára előre információt adó műszaki paraméterek csoportja.

2. műszaki paramétercsoport: a tüzelőanyag befecskendezésre annak hatásosságára információt adó paraméter a fúvóka kialakítása – hengeres fúvóka kialakítás

3. műszaki paramétercsoport: a tüzelőanyag befecskendezésre annak hatásosságára információt adó paraméter a fúvóka kialakítása – ks fúvóka kialakítás

4. műszaki paramétercsoport: a tüzelőanyag befecskendezésre annak hatásosságára információt adó paraméter a fúvóka kialakítása – ksd fúvóka kialakítás

Az 4 paramétercsoport értékelése a következő:

1. A tüzelőanyag felhasználása (elégetése) előtti műszaki paraméterek csoportjába a tüzelőanyag égés szempontjából releváns legfontosabb fizikai-kémiai tulajdonságai tartoznak. Ebbe a paramétercsoportba tartoznak a sűrűség, kinematikai viszkozitás, fűtőérték, cetánszám [2].
2. A tüzelőanyag felhasználása (elégetése) előtti műszaki paraméterek csoportjába tartozik a tüzelőanyag befecskendező rendszerre gyakorolt hatása. Ide tartozik a gőzfázis és folyadékfázis sebességek alakulása és a kinetikus energia alakulása hengeres fúvóka esetén.
3. A tüzelőanyag felhasználása (elégetése) előtti műszaki paraméterek csoportjába tartozik a tüzelőanyag befecskendező rendszerre gyakorolt hatása. Ide tartozik a gőzfázis és folyadékfázis sebességek alakulása és a kinetikus energia alakulása ks fúvóka esetén.
4. A tüzelőanyag felhasználása (elégetése) előtti műszaki paraméterek csoportjába tartozik a tüzelőanyag befecskendező rendszerre gyakorolt hatása. Ide tartozik a gőzfázis és folyadékfázis sebességek alakulása és a kinetikus energia alakulása ksd fúvóka esetén.

A publikációban, az eddigiekben bemutatott a felhasználás (elégetés) szempontjából releváns paraméterek változása a vizsgált hulladékgyűm pirolízis olaj használata esetén a hagyományos gázolajhoz képest paraméter-csoportokba rendezve a következőképpen alakul:

1. csoport (Égés előtti, égés lefolyására előre információt adó paraméterek csoportja)
 - 1.1 paraméter – a tüzelőanyag sűrűsége – a vizsgált hulladékgyűm tüzelőanyag esetén nagyobb, amely arra enged következtetni, hogy az elégetésének jósága kedvezőtlenebb lesz.
 - 1.2 paraméter – a tüzelőanyag kinematikai viszkozitása – a vizsgált hulladékgyűm tüzelőanyag esetén nagyobb, amely arra utal, hogy elégetésének jósága kedvezőtlenebb lesz.

1.3 paraméter – a tüzelőanyag fűtőértéke – a vizsgált hulladékalapú tüzelőanyag nem tér el jelentős mértékben a gázolajához képest, amely utal, hogy elégetésének jósága változatlan lesz.

1.4 paraméter – a tüzelőanyag cetánszáma – a vizsgált hulladékalapú tüzelőanyag cetánszáma alacsonyabb, amely arra enged következtetni, hogy elégetésének jósága kedvezőtlenebb lesz.

Az 1. paramétercsoport értékelése:

A paramétercsoportba tartozó paraméterek száma 4

A paramétercsoport eredője: 3 kedvezőtlen, 1 semleges

A paramétercsoport irányainak száma: 3 (kedvezőtlen, semleges, kedvező)

2. csoport (Égés előtti – a tüzelőanyag befecskendező rendszerre gyakorolt hatására információt adó paraméterek csoportja) hengeres fűvőka esetén

2.1 paraméter – a tüzelőanyag gőzfázis sebességének alakulása – a vizsgált hulladékalapú tüzelőanyag esetén a kavitáció növekszik, amely arra utal, hogy a befecskendezési sugárképre gyakorolt hatása kedvezőtlenebb lesz.

2.2 paraméter – a tüzelőanyag folyadékfázis sebességének alakulása – a vizsgált hulladékalapú tüzelőanyag esetén nincs számottevő változás, ami arra utal, hogy a tüzelőanyag elégetésének jóságára nincs befolyással.

2.3 paraméter – a tüzelőanyag teljes kinetikus energiájának alakulása – a vizsgált hulladékalapú tüzelőanyag esetén kisebb amely arra utal, hogy az tüzelőanyag elégetésének jósága kedvezőtlenebb lesz

A 2. paramétercsoport értékelése:

A paramétercsoportba tartozó paraméterek száma 3

A paramétercsoport eredője: 2 kedvezőtlen, 1 semleges

A paramétercsoport irányainak száma: 3 (kedvezőtlen, semleges, kedvező)

3. csoport (Égés előtti – a tüzelőanyag befecskendező rendszerre gyakorolt hatására információt adó paraméterek csoportja) ks fűvőka esetén

3.1. paraméter – a tüzelőanyag gőzfázis sebességének alakulása – a vizsgált hulladékalapú tüzelőanyag esetén semleges, amely arra utal, hogy az elégetésének jóságára nincs hatása.

3.2 paraméter – a tüzelőanyag folyadékfázis sebességének alakulása – a vizsgált hulladékalapú tüzelőanyag esetén nincs számottevő változás, amely arra utal, hogy elégetésének jóságát nem befolyásolja.

3.3 paraméter – a tüzelőanyag teljes kinetikus energiájának alakulása – a vizsgált hulladékalapú tüzelőanyag esetén kedvezőtlenebb, amely arra utal, hogy elégetésének jósága kedvezőtlenebb lesz.

A 3. paramétercsoport értékelése:

A paramétercsoportba tartozó paraméterek száma 3

A paramétercsoport eredője: 1 kedvezőtlen, 2 semleges

A paramétercsoport irányainak száma: 3 (kedvezőtlen, semleges, kedvező)

4. csoport (Égés előtti – a tüzelőanyag befecskendező rendszerre gyakorolt hatására információt adó paraméterek csoportja) ksd fűvőka esetén:

4.1. paraméter – a tüzelőanyag gőzfázis sebességének alakulása – a vizsgált hulladékalapú tüzelőanyag esetén magasabb, amely arra utal, hogy az elégetésének jósága kedvezőtlenebb lesz

4.2. paraméter – a tüzelőanyag folyadékfázis sebességének alakulása – a vizsgált hulladékalapú tüzelőanyag esetén nincs számottevő változás, amely arra utal, hogy elégetésének jóságát nem befolyásolja.

4.3. paraméter – a tüzelőanyag teljes kinetikus energiájának alakulása – a vizsgált hulladékalapú tüzelőanyag esetén kedvezőtlenebb, amely arra utal, hogy elégetésének jósága kedvezőtlenebb lesz.

A 4. paramétercsoport értékelése:

A paraméter csoportba tartozó paraméterek száma: 3

A paraméter csoport eredője: 2 kedvezőtlen 1 semleges

A paraméter irányainak száma: 2 (kedvezőtlen, semleges, kedvező)

A fenti komplex értékelése a 2-es táblázatban van összefoglalva.

A komplex értékelés összefoglalása

2. táblázat

Paramétercsoport		Paraméter	Eredmény
<u>1. paramétercsoport:</u> A tüzelőanyag égés szempontjából releváns fizikai – kémiai tulajdonságai		sűrűség	kedvezőtlen
		kinematikai viszkozitás	kedvezőtlen
		fűtőérték	semleges
		cetánszám	kedvezőtlen
<u>2. paramétercsoport:</u> A tüzelőanyag befecskendező rendszerre gyakorolt hatására információt adó paraméterek csoportja hengeres fűvóka esetén		gőzfázis	kedvezőtlen
		sebességfázis	semleges
		TKE	kedvezőtlen
<u>3. paramétercsoport:</u> A tüzelőanyag befecskendező rendszerre gyakorolt hatására információt adó paraméterek csoportja ks fűvóka esetén		gőzfázis sebesség	semleges
		folyadékfázis sebesség	semleges
		TKE	kedvezőtlen
<u>4. paramétercsoport:</u> A tüzelőanyag befecskendező rendszerre gyakorolt hatására információt adó paraméterek csoportja ks fűvóka esetén		gőzfázis sebesség	kedvezőtlen
		folyadékfázis sebesség	semleges
		TKE	kedvezőtlen
Vizsgált paraméter csoportok száma: 4		Vizsgált paraméterek száma: 13	Eredmény: kedvezőtlen: 8 semleges: 5 kedvező: 0

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A vizsgálatokkal világosabb kép alakult ki, hogy hogyan viselkedik a pirolízis olaj korszerű Common Rail injektorokban, azoknak különféle fűvókatípusaiban. Ebben a komplex vizsgálati módszerben a különböző típusú fűvókában történő folyamatok, és azoknak a folyadéksugárra gyakorolt hatása került bemutatásra, amelyből következtetni lehet az égés lefolyásának minőségére. Összességében elmondható, hogy tisztán pirolízis olajat nem célszerű használni ezekben a típusú injektorokban törekedni kell egy optimális keverési arány létrehozására ahhoz, hogy az injektorok élettartama és az égés során keletkező emissziós értékek megfelelő értéken tarthatóak legyenek.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Zöldy, M.: Potential future renewable fuel challenges for internal combustion engine. Járművek és Mobil Gépek, vol. II.évf., no. No.IV., pp. 397–403, 2009.
- [2] Szabados Gy: Egyes megújuló tüzelőanyagok dízelmotorban történő alkalmazásának értékelő elemzése. Phd értekezés 2019.

- [3] Baškovič U, Z; Seljak T; Katrašnik T: Feasibility analysis of 100% tire pyrolysis oil in a common rail Diesel engine. 2017 <https://www.researchgate.net/publication/313333181>
- [4] Wongkhorsub C, Chindaprasert N: A Comparison of the Use of Pyrolysis Oils in Diesel Engine Energy and Power Engineering, 2013, 5, 350-355 doi:10.4236/epe.2013.54B068 Published Online July 2013 (<http://www.scirp.org/journal/epe>)
- [5] Zöldy M: Bioethanol-biodiesel-diesel oil blends effect on cetane number and viscosity, In: Bartz, W J 6th International Colloquium : Fuels 2007 Esslingen, Németország : Technische Akademie Esslingen, (2007) p. 235
- [6] Vass S, Németh H: Diesel porlasztó fűvókák geometriai kialakításának hatása az áramlásra. Összehasonlítás numerikus szimulációk segítségével. Gép 68. évfolyam 2. szám 22-33 oldal, 2017.
- [7] Macian V, Bermúdez V, Payri R, Gimeno J: New technique for determination of internal geometry of a Diesel nozzle with the use of silicone methodology. Experimental Techniques, Volume 27, Issue 2, 39–43, March 2003.
- [8] Reif K: Diesel-Speichereinspritzsystem Common Rail. 2004.
- [9] Vass, S, Zöldy, M: Detailed Model of a Common Rail Injector, Acta Universitatis Sapientiae Electrical And Mechanical Engineering : 11 (2019) <https://10.2478/auseme-2019-0002>
- [10] Torok A, Torok A, Heintz F: Usage of production functions in the comparative analysis of transport related fuel consumption. Transport and Telecommunication Journal, 15(4), 292-298, 2014. doi: <https://doi.org/10.2478/ttj-2014-0025>.
- [11] Verma P: Diesel engine performance and emissions with fuels derived from waste tyres. 2018. https://www.researchgate.net/publication/322961642_Diesel_engine_performance_and_emissions_with_fuels_derived_from_waste_tyres
- [12] Barabás I, Torodut I A: Biodiesel-quality, Standards and Properties 2011.
- [13] Arndt C M, Steinberg A M, Böhnke J, Hadel R, Meier W: „High Speed Imaging of Flame Structure and Dynamic Processes in Swirl Stabilized Prevaporized Liquid Fuel Flames” 2018.
- [14] AVL FIRE Application Example: Injection Nozzle: Diesel Injector. Edition 02/2013, 2013.
- [15] Mahapatra S, S: Experimentation and Evaluation of Tyre Pyrolysis Oil, National Institute of Technology, Rourkela 2013.
- [16] Chatterjee, A: Determination of optimum blend of diesel and tyre pyrolysis oil in 4-stroke C.I. engine based on emission parameters. International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology, Vol (10) Issue (3), pp.040-043 <http://dx.doi.org/10.21172/1.103.07> e-ISSN:2278-621X.