

## A COMPARISON BETWEEN DIESEL AND FUEL OBTAINED FROM RECYCLED WASTE PLASTICS USED FOR FUELED DIESEL ENGINES

### COMPARAREA MOTORINEI CU COMBUSTIBILI OBȚINUȚI DIN MASE PLASTICE RECICLATE UTILIZABILI LA ALIMENTAREA MOTOARELOR DIESEL

Assist. Ph.D. Eng. Popescu G.L.<sup>1)</sup>, Prof. Ph.D. Eng. Filip N.<sup>1)</sup>, Prof. Ph.D. Eng. Popescu V.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Technical University of Cluj Napoca, Faculty of Mechanical Engineering / Romania

<sup>2)</sup> Technical University of Cluj Napoca, Faculty of Materials and Environmental Engineering / Romania

Tel: 0743174196; E-mail: george.popescu@chem.utcluj.ro; georgepopescu60@gmail.com

**Abstract:** The paper presents the possibility of obtaining some fuels resulted from plastic materials waste recycling, the determination of some physicochemical properties of these fuels and a comparison of the obtained results with those specific to commercial diesel fuels. This concept of recycling is a priority in countries with an important technological breakthrough and having at the same time major concerns related to environment protection. If processing is rigorously controlled by the pyrolysis of plastic polymeric materials [1, 2, 3, 4, 9, 10, 11, 12], following the thermal degradation reaction one can obtain at the final:

- a gaseous blend which contains saturated and unsaturated hydrocarbons;
- a liquid that contains a mixture of saturated and unsaturated hydrocarbons;
- a solid residue that contains mainly carbon;
- the liquid phase having properties close to the diesel fuel, that can be used as fuel for Diesel engines.

**Keywords:** plastic materials, fuels, properties, viscosity, calorific power, diesel engine.

#### INTRODUCTION

Low density polyethylene (LDPE) waste is heated at temperatures of about 500°C in a pyrolysis installation [1, 2, 3, 4]. According to specialty literature, thermal degradation of polyethylene takes place in two stages, namely after the first one viscous products are obtained (C<sub>5</sub> C<sub>43</sub>, ~87% weight percent), while following the second one liquid hydrocarbons are formed (~74% weight percent) [1, 2, 9, 10, 12].

Figure 1 presents the experiments diagram followed in order to obtain the fuel from LDPE, data acquisition regarding those processes and both the analysis of experimental data and of the resulted products, including their characterization [5, 6, 7, 8].

A superior recovery of plastic materials wastes, such as the production of fuels resembling diesel fuel has an important role in natural resources conservation [11].

#### MATERIAL AND METHOD

##### *The experimental stand and the description of laboratory equipment used for fuel obtaining*

A pyrolysis installation has been performed on a laboratory stand using a heating mantle Raypa X-250 with thermosetting stage system, with a maximum temperature heating stage of 450°C (fig. 2).

In order to determine with the best accuracy the conversion yield of solid LDPE in liquid phase, the parts used for installation have been weighted previously with a KERN EMB 200-3 weighting scale with a resolution of 1 mg and an analytical balance Precisa XT-220A with resolution of 0.1 mg. The temperature control during pyrolysis process has been made using a digital thermometer HI-95350 with a resolution of 0.1°C.

For cooling and controlling temperature from

**Rezumat:** Lucrarea prezintă posibilitatea obținerii unor combustibili rezultați din reciclarea deșeurilor de mase plastice, determinarea unor proprietăți fizico-chimice ale acestora și compararea rezultatelor obținute cu cele specifice motorinei comerciale. Acest concept de reciclare este o prioritate în unele țări cu un avans tehnologic important și care au în același timp preocupări majore legate de protecția mediului. Dacă procesarea prin metoda pirolizei a materialelor plastice polimerice este atent controlată [1, 2, 3, 4, 9, 10, 11, 12], în urma reacțiilor de degradare termică se obține în final:

- un amestec gazos care conține hidrocarburi saturate și nesaturate;
- un lichid care conține un amestec de hidrocarburi saturate, nesaturate și aromatice;
- un reziduu solid care conține în principal carbon;
- faza lichidă având proprietăți apropiate motorinelor, ea putând fi utilizată ca și combustibil la alimentarea motoarelor Diesel.

**Cuvinte cheie:** mase plastice, combustibili, proprietăți, viscozitate, putere calorifică, motor diesel.

#### INTRODUCERE

Deșeurile de polietilenă de joasă densitate (LDPE) sunt încălzite la temperaturi de cca. 500°C într-o instalație de piroliză [1, 2, 3, 4]. Conform literaturii de specialitate, degradarea termică a polietilenei are loc în două etape, după prima etapă se obțin produși viscoși (C<sub>5</sub> C<sub>43</sub>, ~87% procente de masă), iar după a doua rezultă hidrocarburi lichide (~74% procente de masă) [1, 2, 9, 10, 12].

În figura 1 este prezentată diagrama experimentelor desfășurate pentru obținerea combustibilului din LDPE, achiziționarea datelor legate de aceste procese și analiza atât a datelor experimentale cât și a produșilor rezultați, incluzând aici și caracterizarea acestora [5, 6, 7, 8].

O valorificare superioară a deșeurilor de mase plastice, cum ar fi producerea de combustibili asemănători motorinelor, are un rol important în conservarea resurselor naturale [11].

#### MATERIAL ȘI METODĂ

##### *Standul experimental și descrierea echipamentelor de laborator utilizate la obținerea combustibilului*

Pe un stand de laborator s-a realizat o instalație de piroliză încălzită electric cu ajutorul unui cuib de încălzire Raypa X-250 cu termostatare în trepte, cu o temperatură maximă de încălzire de 450°C (fig. 2).

În vederea determinării cât mai corecte a randamentului de conversie din LDPE solidă în fază lichidă, componentele utilizate la alcătuirea instalației au fost cântărite în prealabil cu ajutorul unui cântar KERN EMB 200-3 cu rezoluția de 1 mg și o balanță analitică Precisa XT-220A având o rezoluție de 0,1 mg. Controlul temperaturii în procesul de piroliză s-a făcut utilizând un termometru digital HI-95350 cu o rezoluție de 0,1°C.

Pentru răcirea și controlul temperaturii din zona de

condensation area, a recirculation thermostatic bath model DC-1006 with the temperature range between  $-10^{\circ}\text{C}$ .... $95^{\circ}\text{C}$  and a resolution of  $0.05^{\circ}\text{C}$ , will be used. As cooling agent it was used antifreeze with the recommended concentration for  $-20^{\circ}\text{C}$ .

condensare s-a utilizat o baie de apă termostată cu recirculare model DC-1006 cu domeniul de păstrare al temperaturii între  $-10^{\circ}\text{C}$ .... $95^{\circ}\text{C}$  și cu o rezoluție de  $0,05^{\circ}\text{C}$ . Ca agent de răcire s-a folosit lichid antigel cu concentrația recomandată pentru  $-20^{\circ}\text{C}$ .

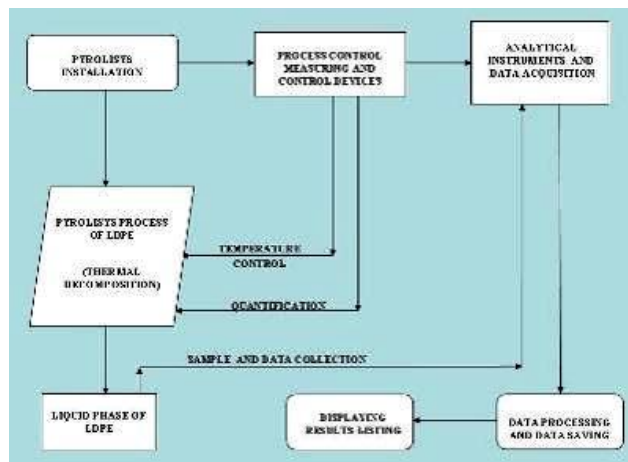


Fig. 1 - Pyrolysis process diagram, its control, data acquisition and data processing

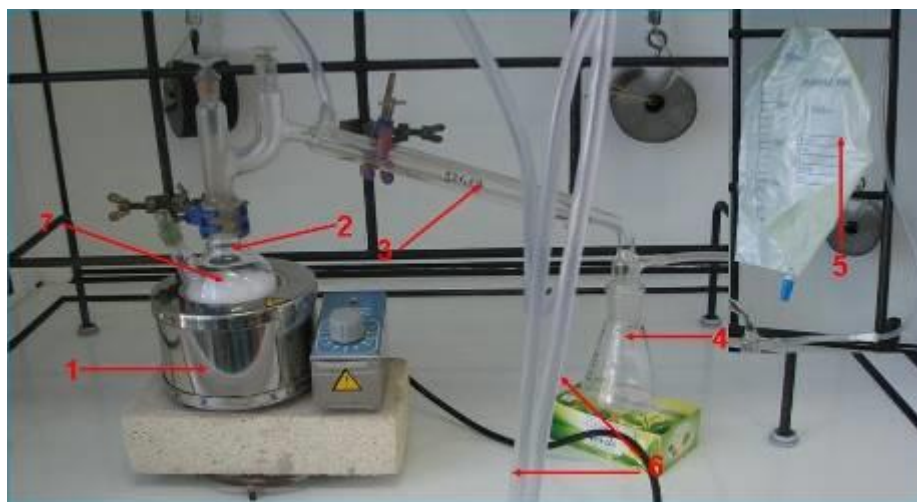


Fig. 2 - The electrically heated pyrolysis installation used [6]

1. Heating mantle; 2. Pyrolysis Flask; 3. Condenser; 4. Erlenmeyer flask;
5. Pyrolysis gas recovery bag; 6. Hose coolant; 7. Polyethylene waste

In the first stage the conversion yield of solid LDPE into liquid phase, residues and gases was calculated. The following are the initial values of the masses obtained by weighing the pyrolysis installation components and LDPE granules on which the yield was determined after conversion to the different phases of pyrolysis products [6].

- condenser initial weight  $G_{ic} = 221.8 \text{ g}$
- Erlenmeyer glass initial weight  $G_{ie} = 122.6 \text{ g}$
- pyrolysis flask initial weight  $G_{if} = 122.8 \text{ g}$
- LDPE granules weight  $G_{LDPE} = 100.015 \text{ g}$

The weighting made at the final stage of pyrolysis process conducted to the following values:

- condenser final weight  $G_{fc} = 222.3 \text{ g}$
- Erlenmeyer glass final weight  $G_{fe} = 211.9 \text{ g}$
- pyrolysis flask final weight  $G_{ff} = 127.4 \text{ g}$

Making the difference between the final weights and the initial ones and knowing at the same time the weight of LDPE subjected to pyrolysis we will obtain the final conversion yield in liquid phase, by relation (1),

În prima fază s-a calculat randamentul de conversie din fază solidă a granulelor de LDPE în fază lichidă, reziduuri solide și gaz. În continuare sunt prezentate valorile inițiale ale maselor obținute prin cântărirea componentelor instalației de piroliză și a granulelor de LDPE pe baza cărora s-a determinat ulterior randamentul de conversie pentru diferitele faze ale produsilor de piroliză [6].

- masa inițială refrigerent  $G_{ir} = 221,8 \text{ g}$
- masa inițială pahar Erlenmeyer  $G_{ie} = 122,6 \text{ g}$
- masa inițială balon piroliză  $G_{ib} = 122,8 \text{ g}$
- masa granule LDPE  $G_{LDPE} = 100,015 \text{ g}$

Cântărirea făcută la finalul procesului de piroliză ne dă următoarele valori:

- masa finală refrigerent  $G_{fr} = 222,3 \text{ g}$
- masa finală pahar Erlenmeyer  $G_{fe} = 211,9 \text{ g}$
- masa finală balon de piroliză  $G_{fb} = 127,4 \text{ g}$

Făcând diferențele dintre masele finale și cele inițiale, cunoscând totodată masa de LDPE supusă procesului de piroliză vom obține în final randamentul de conversie în fază lichidă, cu relația (1),

Where:

Unde:

$$G_{fr} - G_{ir} = 0.5 \text{ g}$$

$$G_{fe} - G_{ie} = 89.3 \text{ g}$$

$$\eta_{liquid} = \left[ \frac{[(G_{fc} - G_{ic}) + (G_{fe} - G_{ie})]}{G_{LDPE}} \right] * 100 \text{ [%]} \quad (1)$$

it results the yield of conversion in liquid phase:

$$\eta_{liquid} = 89.787 \text{ [%]}$$

Applying the mass conservation law, based on the data presented previously taking into account the solid weight the conversion yield in solid residue and gaseous phase has been also determined.

For solid residue we use relation (2):

Where:

$$G_{ff} - G_{if} = 4,6 \text{ g}$$

$$\eta_{res} = \frac{G_{ff} - G_{if}}{G_{LDPE}} * 100 \text{ [%]} \quad (2)$$

$$\eta_{res} = 4,599 \text{ [%]}$$

The quantity of gas was determined by relation (3), making the difference between the quantity of LDPE introduced into the pyrolysis installation and the sum of the liquid and solid residue resulted from the process.

de unde rezultă randamentul de conversie în fază lichidă:

$$\eta_{lichid} = 89,787 \text{ [%]}$$

Aplicând legea conservării masei, însumând la cele enumerate anterior și masa reziduurilor solide am determinat randamentul de conversie în reziduu solid și în fază gazoasă.

Pentru reziduu solid folosim relația (2):

Unde:

Cantitatea de gaz se determină cu relația (3), făcând diferența dintre cantitatea de LDPE introdusă în instalația de piroliză și suma cantităților de lichid și reziduu solid rezultate în proces.

$$\eta_{gas} = \left[ \frac{[(G_{fc} - G_{ic}) + (G_{fe} - G_{ie}) + (G_{ff} - G_{if})]}{G_{LDPE}} \right] * 100 \text{ [%]} \quad (3)$$

$$\eta_{gas} = 5.614 \text{ [%]}$$

Based on the measurements and the calculus performed it resulted a superior conversion yield in liquid phase of LDPE, comparing to the one found in the literature [5, 6], the most probable cause being the low temperature maintained into the condensation installation.

## RESULTS

### *The determination of the density and the calculation of the relative density of the obtained fuel*

The volume V occupied by the liquid phase measured with a measuring cylinder at ambient temperature  $t_a = 27.6^\circ\text{C}$  was of 114 ml, and in this case the density of liquid phase has been calculated with relation (4):

Pe baza măsurătorilor făcute și a calculelor efectuate a rezultat un randament superior la conversia în fază lichidă a LDPE, față de cel găsit în literatura de specialitate [5, 6], cauza cea mai probabilă fiind menținerea zonei de condensare a instalației la temperaturi mai coborâte.

## REZULTATE

### *Determinarea densității și calculul densității relative a combustibilului obținut*

Volumul V ocupat de faza lichidă măsurat cu cilindrul gradat la temperatura ambientală  $t_a = 27,6^\circ\text{C}$  a fost de 114 ml, în acest caz densitatea fazei lichide a fost calculată cu relația (4):

$$\rho = \frac{[(G_{fc} - G_{ic}) + (G_{fe} - G_{ie})]}{V} \text{ [kg/m}^3\text{]} \quad (4)$$

$$\rho = 783.33 \text{ [kg/mc]} \text{ or else } \rho_4^t = 0.78333 \text{ [kg/l]}$$

Because the temperature at which the determination has been made is higher than  $20^\circ\text{C}$  it has been calculated the relative density of liquid phase obtained from LDPE by pyrolysis with relation (5).

Deoarece temperatura la care s-a făcut determinarea pentru calculul densității este mai mare de  $20^\circ\text{C}$  s-a calculat densitatea relativă a fazei lichide obținute din LDPE prin piroliză cu relația (5).

$$\rho_4^{15} = \rho_4^t + c(t - 15) \quad (5)$$

Where:

$\rho_4^t$  - represents the relative density at the temperature of the measurement;

t - is the working temperature;

c - is the correction coefficient

$$\rho_4^{15} = 0,7933$$

Comparing the density obtained in this way with the

în care:

$\rho_4^t$  - reprezintă densitatea relativă la temperatura la care s-a efectuat determinarea;

t - este temperatura de lucru;

c - este coeficientul de corecție a temperaturii

$$\rho_4^{15} = 0,7933$$

Comparând densitatea obținută prin metoda de calcul

density presented in table 1, we were able to estimate that the density of liquid phase obtained from LDPE by pyrolysis is situated between the density of gasoline and diesel fuels.

arătată anterior, cu densitățile prezentate în tabelul 1 am putut estima că densitatea fazei lichide obținute din LDPE prin piroliză se încadrează între densitatea benzinelor și a motorinelor.

Table 1

The relative density values of some fuels.

Fuel	The relative density [kg/l]
Gasoline	0.682 – 0.767
Diesel	0.820 – 0.910

**Experimental determination of density and viscosity**

For experimental determination of the density and viscosity we used the SVM viscometer, an apparatus that measures the dynamic and kinematic viscosity of fuels and oils respectively, and the results are provided as tables.

The determinations were made in the same conditions for diesel fuel as for the liquid pyrolysis product from LDPE, namely atmosphere pressure of  $P_a = 9.74 \cdot 10^4$  [Pa] and environment temperature of  $t_{ma} = 27,6^\circ\text{C}$ .

The results obtained following the measurements for dynamic and kinematic viscosity for diesel fuel and the fuels from LDPE are presented in figure 3 and 4. The variation of the density of the studied fuels depending on temperature, including the density calculated for  $15^\circ\text{C}$  for the obtained fuel by LDPE pyrolysis is presented in figure 5.

**Determinarea experimentală a densității și viscozității**

Pentru determinarea experimentală a densității și viscozității s-a folosit viscosimetrul SVM 3000, aparatul măsoară viscozitatea dinamică și densitatea combustibililor, respectiv a uleiurilor, iar rezultatele le redă tabelar.

Determinările s-au efectuat în aceleași condiții pentru motorină și faza lichidă a produsului obținut prin piroliză din LDPE, adică presiunea atmosferică de  $P_a = 9,74 \cdot 10^4$  [Pa] și temperatura mediului ambiant  $t_{ma} = 27,6^\circ\text{C}$ .

Rezultatele obținute în urma măsurătorilor pentru viscozitățile dinamice și cinematice ale motorinei și combustibilului din LDPE sunt prezentate în figurile 3 și 4. Variația densității combustibililor studiați în funcție de temperatură, inclusiv a densității calculate la  $15^\circ\text{C}$  pentru combustibilul obținut prin piroliză din LDPE, este redată în figura 5.

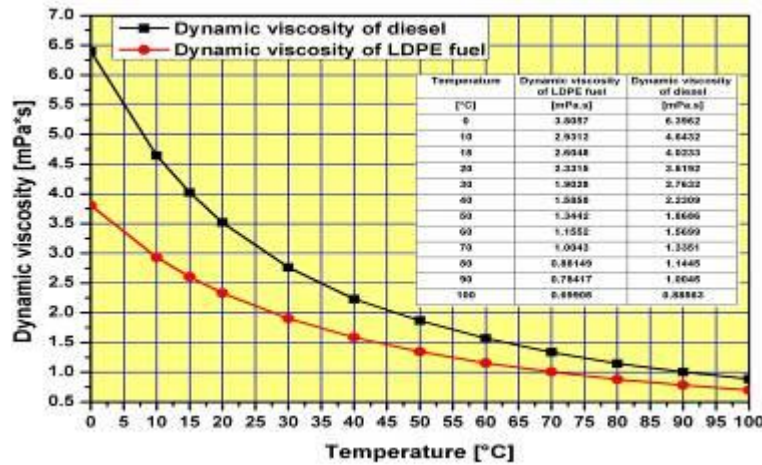


Fig. 3 - Variation of dynamic viscosity of fuels analyzed by temperature [6].

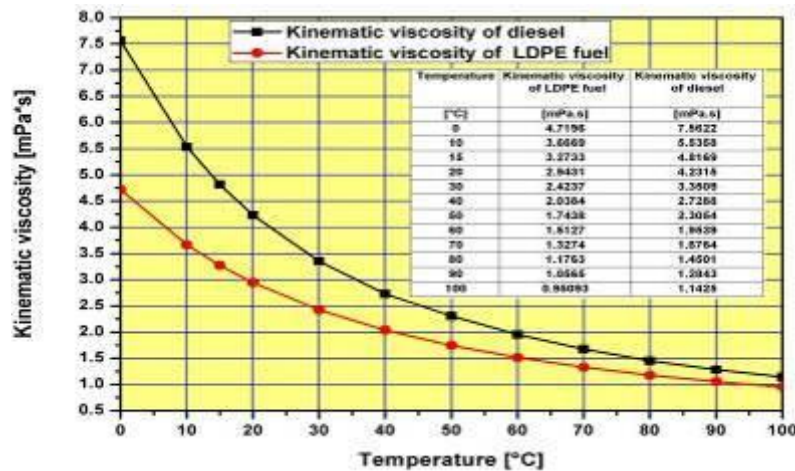


Fig. 4 - Variation of kinematic viscosity of fuels analyzed by temperature [6].

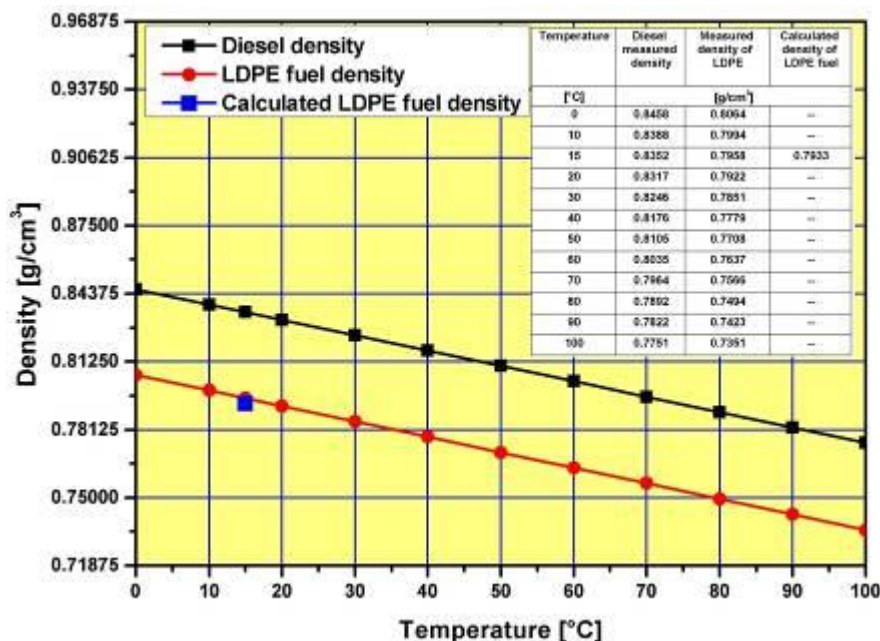


Fig. 5 - Fuel density variation analyzed by temperature [6]

**Experimental determination of the flash point (Penski-Martens)**

For the determination of this parameter it was used Automated Pensky Martens Closed Cup Flash Point Analyzer HFP 339. The determination was made according to ISO 2719A norms. If during the measurements the atmospheric pressure differs from 101.3 kPa (760 mmHg), it is necessary a correction of the determined values with the relation (6):

$$T_{inf} = T_{inf\ mas} + 0,25 \cdot (101,3 - p_{atm}) \tag{6}$$

where:

$T_{inf\ mas}$  is the measured inflammability temperature, in Celsius degrees.

$p_{atm}$  is the atmospheric pressure, expressed in kPa.

After the recalculation of the flash point in this way, the resulted values will be rounded by 0.5 °C.

Table 2 presents the data resulted following the measurements and data correction.

**Determinarea experimentală a temperaturii de inflamabilitate (Pensky-Martens)**

Pentru determinarea acestei mărimi s-a utilizat analizorul cu creuzet închis HFP 339, aparatul funcționând după metoda Persky-Martens. Determinarea s-a făcut conform normelor ISO 2719A. Dacă pe durata efectuării determinărilor presiunea atmosferică este diferită de 101,3 kPa (760 mmHg), este necesară corectarea valorii determinate cu relația (6):

unde:

$T_{inf\ mas}$  este temperatura de inflamabilitate măsurată, în grade Celsius;

$p_{atm}$  este presiunea atmosferică exprimată în kPa.

După recalculara în acest mod a temperaturii de inflamabilitate, valorile rezultate se vor rotunji cu o precizie de 0,5 °C.

În tabelul 2 sunt prezentate datele rezultate în urma măsurătorilor și datele corectate.

Table 2

The values obtained for flashpoint

Tested fuel	Flash point measured [°C]	Atmospheric pressure [kPa]	Flash point corrected [°C]
Diesel fuel	55	97,3	56,5
LDPE fuel	44	97,3	45,5

**Experimental determination of cetane number**

Experimental determination was made with the help of the stand for the evaluation of cetane number WAUKESHA CFR-F5, according to norms ASTM D613 and ISO 5165, namely the standards for the determination of cetane number of fuels for Diesel engines. Cetane number (CN) determined for the fuel obtained by LDPE pyrolysis is:

$$CN=66$$

The diesel engines function well with diesel fuel with CN varying in the range 40 and 55. A higher cetane number means a faster self-ignition that allows the realization of engines with higher speed rate or, which at the same speed rate, offer longer time for burning

**Determinarea experimentală a cifrei cetanice**

Determinarea experimentală s-a făcut cu ajutorul standului pentru evaluarea cifrei cetanice WAUKESHA CFR-F5, în conformitate cu normele ASTM D613 și ISO 5165, acestea fiind standardele de determinare a cifrei cetanice din combustibilii pentru motoarele Diesel. Cifra cetanică (CC) determinată a combustibilului obținut prin piroliza din LDPE este:

$$CC=66$$

Motoarele diesel funcționează bine cu motorină cu CC cuprinsă între 40 și 55. O cifră cetanică mai mare înseamnă o autoaprindere mai rapidă, ceea ce permite sau realizarea unor motoare cu turații mai mari, sau, la aceeași turație, oferă mai mult timp pentru completarea

completion, resulting smaller noxious emissions.

#### Experimental determination of sulphur content

For the determination of sulphur content from the fuel resulted following the pyrolysis process of LDPE it was used the UV-fluorescence (UVF) Antek 9000 Analyzer.

The used method is based on pyrochemiluminescence. In this case, the apparatus measures the content of sulphur in very small quantities in gasoline, diesel fuel, light oils and other light hydrocarbons, including GPL, according to ASTM D-5453, ASTM D-4629 și SR EN ISO 20846-04. The sulphur quantity determined in the analyzed product was:

$$S = 2 \text{ [mg/kg] sau } 2 \text{ [ppm]}$$

#### Experimental determination of Cold Filter Plugging Point

For this determination it was used the apparatus FPP 5Gs, which provides results according to the testing methods EN 116, 309 IP și ASTM D 6371. The value obtained for cold filter plugging point:

$$CFPP_{LDPE} = +4 \text{ [}^{\circ}\text{C]}$$

#### Experimental determination of calorific power

For the determination of calorific power of the analyzed fuel it was used the calorimeter with mantle maintained at constant temperature, model PARR CALORIMETER 6200. Following the measurements for the determination of calorific power for the fuel obtained from LDPE the resulted value was obtained:

$$Q_{s LDPE} = 45735,35 \text{ [kJ/kg]}$$

For diesel fuel, the usual value of calorific power is:

$$Q_{s M} = 44800 \text{ [kJ/kg]}$$

Table 3 presents the results for the determinations undertaken for the fuel resulted by the pyrolysis of LDPE comparing to some quality specifications of diesel fuel.

arderii, rezultând emisii de noxe mai mici.

#### Determinarea experimentală a conținutului de sulf

Pentru determinarea conținutului de sulf din combustibilul rezultat în urma procesului de piroliză din LDPE s-a folosit analizorul de sulf prin fluorescența UV ANTEK 9000.

Metoda folosită fiind piro-chemiluminescență, aparatul măsoară conținutul de sulf în concentrații foarte mici în: benzină, motorină, uleiuri ușoare și alte hidrocarburi ușoare, inclusiv în GPL, în concordanță cu ASTM D-5453, ASTM D-4629 și SR EN ISO 20846-04. Cantitatea de sulf determinată în produsul analizat a fost:

$$S = 2 \text{ [mg/kg] sau } 2 \text{ [ppm]}$$

#### Determinarea experimentală a temperaturii limită de filtrabilitate

Pentru această determinare s-a folosit aparatul FPP 5Gs, care livrează rezultatele în conformitate cu metodele de testare EN 116, 309 IP și ASTM D 6371. Temperatura limită de filtrabilitate obținută pentru combustibilul LDPE a fost:

$$TLF_{LDPE} = +4 \text{ [}^{\circ}\text{C]}$$

#### Determinarea experimentală a puterii calorifice

La determinarea puterii calorifice a combustibilului analizat s-a folosit calorimetrul cu mantaua menținută la temperatură constantă PARR CALORIMETER 6200. În urma măsurătorilor efectuate pentru determinarea puterii calorifice a combustibilului obținut din LDPE a rezultat valoarea:

$$Q_{s LDPE} = 45735,35 \text{ [kJ/kg]}$$

Pentru motorină valoarea uzuală a puterii calorifice este:

$$Q_{s M} = 44800 \text{ [kJ/kg]}$$

În tabelul 3 sunt prezentate rezultatele determinărilor efectuate pentru combustibilul rezultat prin piroliza LDPE comparativ cu unele specificații de calitate ale motorinei.

Table 3

The specifications of diesel fuel compared with those of the LDPE fuel analyzed [6].

Properties	UM	Value			
		Diesel fuel		LDPE fuel	
Density @ 15°C	kg/m <sup>3</sup>	820 ÷ 845		793,3	
Cetane number, min.	-	51,0		66	
Cetanic index, min.	-	46,0		-	
Cold Filter Plugging Point	°C	Classes (summer)	Classes (winter)	Classes (summer)	Classes (winter)
		A B C +5 0 -5	D E -10 -15	A B C +4-----	D E
Flash point (Pensky-Martens), min.	°C	> 55		> 44	
Sulphur content, max.	mg/kg	10		2	
Viscosity @ 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	2.00 ÷ 4.50		2,0384	
Copper strip corrosion (3 h @ 50 °C)	class	1		(1)	

#### CONCLUSIONS

The most used method for obtaining liquid fuels from plastic materials waste, and from LDPE is pyrolysis in the absence of oxygen using or not the catalysts.

Following the experiments there were obtained liquid fuels with properties close to the fuels used in internal combustion engines.

The obtained yield of conversion in liquid phase obtained by the reduction and the control of the temperature from the condensation area is superior comparing to the data from scientific literature.

The calculated and corrected density to the relative

#### CONCLUZII

Metoda cea mai utilizată pentru obținerea combustibililor lichizi din deșeurile de mase plastice, implicit și din LDPE, este piroliza în absența oxigenului cu utilizarea sau nu a catalizatorilor.

În urma experimentelor s-au obținut combustibili lichizi cu proprietăți apropiate de ale combustibililor utilizați în motoarele cu ardere internă.

Randamentul de conversie în fază lichidă obținut prin reducerea și controlul temperaturii din zona de condensare este superior datelor întâlnite în literatura de specialitate.

density of fuel is fitted between the specific density of gasoline and diesel fuel.

The calorific power of the new fuel is higher than the one of diesel fuel by 935.35 kJ/kg, due to the presence in the fuels from LDPE of light hydrocarbons specific to gasoline with higher energetic power and to hydrocarbon with carbon number between  $C_{24}$  -  $C_{35}$  which increase the concentration of carbon that enters the combustion process.

The determinations and measurements undertaken have put into evidence the fact that this fuel obtained in the laboratory can be used in Diesel engines.

The production of the fuels from plastic material waste saves the stocks of fossil fuels and reduces the emissions of carbon in the case of the utilization of those materials to the obtaining of alternative fuels.

#### ACKNOWLEDGEMENT

This paper was supported by the Post-Doctoral Programme POSDRU/159/1.5/S/137516, project co-funded from European Social Fund through the Human Resources Sectoral Operational Program 2007-2013.

#### REFERENCES

- [1]. Achilias D.S., Antonakou E., Roupakias C., Megalokononimos P., Lappas A. (2008) - *Recycling Techniques of Polyolefins From Plastic Wastes*, Global NEST Journal, vol. 10, no. 1, ISSN 1790-7632, pg. 114-122;
- [2]. Aguado J., Serrano D. P., San Miguel G. (2007) - *Analysis of Products Generated from the Thermal and Catalytic Degradation of Pure and Waste Polyolefins using Py-GC/MS*, J Polym Environ, 15, p. 107;
- [3]. Gobin K, Manos G (2004) - *Polymer degradation to fuels over microporous catalysts as a novel tertiary plastic recycling method*, Polymer Degradation and Stability, 83 (2), pg. 267;
- [4]. Mikulec J., Vrbova M. (2008) - *Catalytic and thermal cracking of selected polyolefins*, Clean Technologies Environ Policy, 10, 2008, pg. 121;
- [5]. Popescu G.L., Filip N., Popescu V. (2011) - *Research on the implementation of alternative fuels obtained from polymeric materials for agricultural tractors*, Actual tasks on agricultural engineering, Vol.39, p. 39;
- [6]. Popescu G.L. (2012) - *Studies and research on the fuels obtaining from waste plastics and polluting emissions determination when is used to fuelled the compression ignition engines*, PhD dissertation, Technical University of Cluj-Napoca, Romania;
- [7]. Popescu V., Vasile C., Brebu M., Popescu G.L., Moldovan M., Prejmerean C., Stănuț L., Trișcă-Rusu C., Cojocaru I. (2009) - *The characterization of recycled PMMA*, Journal of Alloys and Compounds 483, pg. 432;
- [8]. Popescu V., Popescu G.L., Cojocaru I. (2009) - *Waste treatment in mechanical biological treatment (MBT) units*, Science USAMV papers - Horticulture Series-Iasi, Vol.52/2009, pg. 1163;
- [9]. Scheirs J., Kaminsky W. (2006) - *Feedstock Recycling and Pyrolysis of Waste Plastics: Converting Waste Plastics into Diesel and Other Fuels*, Ed. "John Wiley & Sons Ltd.", ISBN-13:978-0-470-02152-1, West Sussex, Great Britain;
- [10]. Saito K. (1992) - *Kogaku to Kagyo*, Osaka, Vol. 66, pg. 438;
- [11]. Șuteu D. (2007) - *Management, Treating and Valorisation of Wastes*, Publishing Politehniun, Iași;
- [12]. Takuma K, Uemichi Y, Ayame A (2000) - *Product*

Densitatea calculată și corectată la densitatea relativă a combustibilului obținut se încadrează între densitățile specifice benzinei și motorinei.

Puterea calorifică a noului combustibil este mai mare decât cea a motorinelor cu 935,35 kJ/kg, cauzele cele mai probabile fiind prezența în compoziția combustibilului din LDPE a hidrocarburilor ușoare specifice benzinelor cu valoare energetică mai mare și a hidrocarburilor cu număr de carbon cuprins între  $C_{24}$  -  $C_{35}$  care măresc concentrația carbonului intrat în procesul arderii.

Determinările și măsurătorile făcute evidențiază faptul că acest combustibil obținut în laborator poate fi utilizat în motoarele Diesel.

Producția combustibililor din deșeuri de mase plastice conservă stocurile de combustibili fosili și reduce emisiile de carbon în cazul utilizării acestora la obținerea de combustibili alternativi.

#### MULȚUMIRI

Această lucrare a beneficiat de suport financiar prin programul Post-Doctoral POSDRU/159/1.5/S/137516, proiect cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane.

#### BIBLIOGRAFIE

- [1]. Achilias D.S., Antonakou E., Roupakias C., Megalokononimos P., Lappas A. (2008) - *Tehnici de reciclare a poliolefinelor din reziduurile de mase plastice*, Global NEST Journal, vol. 10, nr. 1, ISSN 1790-7632, pag. 114-122;
- [2]. Aguado J., Serrano D. P., San Miguel G. (2007) - *Analiza Produselor Generate din Degradarea Termala si Catalitica a Poliolefinelor Pure si din Reziduuri folosind Py-GC/MS*, J Polym Environ, 15, pag. 107;
- [3]. Gobin K., Manos G. (2004) - *Degradarea polimerilor pentru combustibilii lichizi prin catalizatori microporosi ca o noua metoda de reciclare terciara ay plasticelor*, Polymer Degradation and Stability, 83 (2), pag. 267;
- [4]. Mikulec J., Vrbova M. (2008) - *Cracarea catalitica si termica a poliolefinelor selectate*, Clean Technologies Environ Policy, 10, 2008, pag. 121;
- [5]. Popescu G.L., Filip N., Popescu V. (2011) - *Cercetarea privind implementarea combustibililor alternativi obtinuti din materiale polimerice pentru tractoarele agricole*, Actual tasks on agricultural engineering, Vol.39, pag. 39;
- [6]. Popescu G.L. (2012) - *Studii și cercetări privind obținerea de combustibili din deșeuri de mase plastice și determinarea emisiilor poluante la utilizarea în alimentarea motoarelor cu aprindere prin comprimare*, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, România;
- [7]. Popescu V., Vasile C., Brebu M., Popescu G.L., Moldovan M., Prejmerean C., Stănuț L., Trișcă-Rusu C., Cojocaru I. (2009) - *Caracterizarea PMMA reciclat*, Journal of Alloys and Compounds 483, pag. 432;
- [8]. Popescu V., Popescu G.L., Cojocaru I. (2009) - *Waste treatment in mechanical biological treatment (MBT) units*, Science USAMV papers - Horticulture Series-Iasi, Vol.52, p. 1163;
- [9]. Scheirs J., Kaminsky W. (2006) - *Reciclarea materiei prime si piloriza reziduurilor plastice in diesel si alti combustibili*, Ed. "John Wiley & Sons Ltd.", ISBN-13:978-0-470-02152-1, West Sussex, Great Britain;
- [10]. Saito K. (1992) - *Kogaku to Kagyo*, Osaka, Vol. 66, p.438;
- [11]. Șuteu D. (2007) - *Managementul, Tratarea și Valorificarea Deșeurilor*, Ed. Politehniun, Iași;
- [12]. Takuma K., Uemichi Y., Ayame A. (2000) -

*distribution from catalytic degradation of polyethylene over H-gallosilicate*, Applied Catalysis A: General, 192, (2), pg. 273;

[13]. \*\*\* (2005), *Feedstock recycling of plastics, Third International Symposium on Feedstock Recycling of Plastics & Other Innovative Plastics Recycling Techniques*, Karlsruhe, Germany, September 25-29;

[14]. \*\*\* (2006) - *Feedstock Recycling and Pyrolysis of Waste Plastics: Converting Waste Plastics into Diesel and Other Fuels*, Publishing John Wiley & Sons Ltd, West Sussex;

[15].\*\*\*(2009) <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/exUriServ.do?uri=CELEX:32009L0028:EN:NOT;> Directive 2009/28/ EC of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources;

[16]. \*\*\* <http://www.lukoil.ro/pdf/EuroLuk.pdf>;

[17]. \*\*\* <http://www.lukoil.ro/pdf/EuroLDiesel.pdf>.

*Distribuirea produselor provenite dindegradarea catalitica a polietilenei peste H-gallosilicate*, Applied Catalysis A: General, 192, (2), pag. 273;

[13]. \*\*\* (2005), *Reciclarea materiei prime din mase plastice, Al 3-lea simpozion international al reciclarii materiilor prime din plastice & alte tehnici inovative de reciclare a maselor plastice*, Karlsruhe, Germany, Sept.25-29;

[14]. \*\*\* (2006) – *Reciclarea materiei prime si piroliza reziduurilor plastice : Convertrea reziduurilor plastice in Diesel si alti combustibili lichizi*, Ed. John Wiley & Sons Ltd, West Sussex;

[15].\*\*\* (2009) - <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32009L0028:EN:NOT;>- Directive 2009/28/ EC of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources;

[16] \*\*\* <http://www.lukoil.ro/pdf/EuroLuk.pdf>;

[17] \*\*\* <http://www.lukoil.ro/pdf/EuroLDiesel.pdf>.