



A XVII-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin Pavel – fondatorul hidroenergeticii românești”
SEBEȘ, 2017

CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVITOARE LA NIVELUL DE COLMATARE AL FILTRULUI DE PARTICULE DIESEL (DPF) DUPĂ 45000 KM ÎN CAZUL MOTORULUI K9K892 E5 1.5dCI

Vasile ODENIE, Doru-Laurean BĂLDEAN, Adela-Ioana BORZAN,
Dan MOLDOVANU

EXPERIMENTAL RESEARCHES CONCERNING THE CLOGGING LEVEL OF DIESEL PARTICLE FILTER (DPF) AFTER 45000 KM IN CASE OF K9K892 E5 1.5DCI ENGINE

This experimental research paper is pointing out the main ideas of a practical test concerning clogging degree of the diesel particle filter from gas exhaust system, in operation mode, with engine scanner and data processing devices connected to on board diagnosis module. Knowledge concerning the after-treatment processes of exhausted emissions from an internal combustion engine is extremely valuable in configuring a strategy for harmonious and sustainable living on the planet Earth. The main concept of present paper aims to the process of monitoring and measurement of parameters defining the clogging degree of a specific diesel particle filter from k9k892 euro 5 compression ignited engine with displacement capacity of 1.5 liters. The experimental determinations are developed in real time and after a medium operation interval – specifically which is 45000 km on the roads.

Keywords: automotive, diesel, emissions, filter, particles
Cuvinte cheie: autovehicule, diesel, emisii, filtru, particule

1. Introducere

În lucrarea se sintetizează o serie de idei privitoare la importanța

cunoașterii aspectelor legate de poluarea mediului și de soluțiile tehnice legate de post-tratarea emisiilor cu ajutorul filtrului de particule (DPF).

Pentru a înțelege mai precis necesitatea existenței preocupărilor de mediu 0 chiar și în ingineria autovehiculelor se prezintă grafic starea unor aspecte relative la acest subiect în figurile 1 și 2.

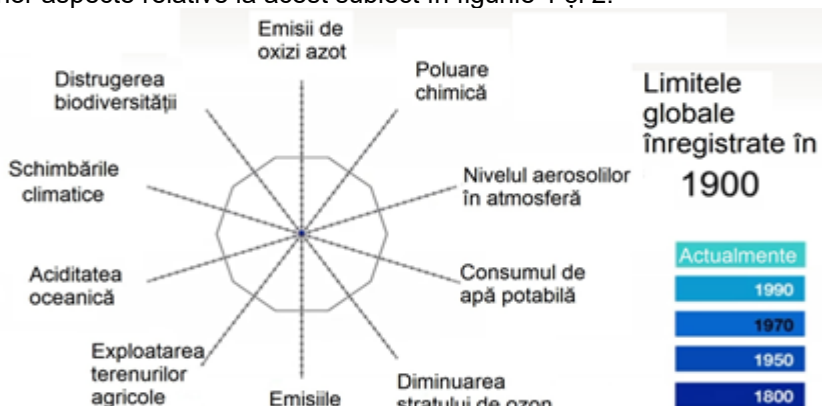


Fig. 1 Starea aspectelor privitoare la mediul înconjurător la nivelul începutului secolului XX 0

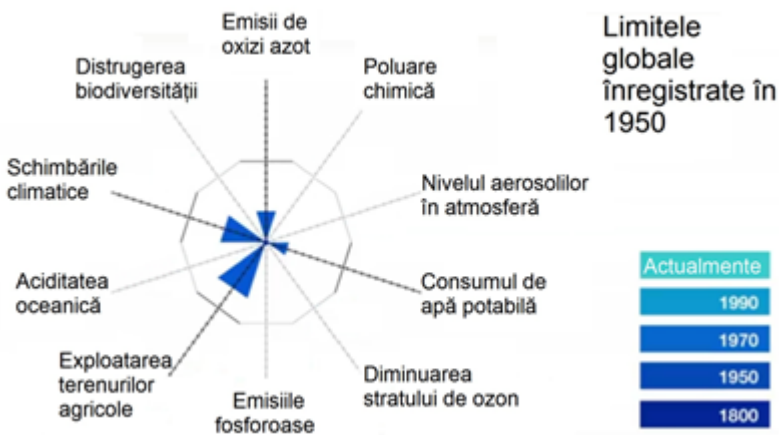


Fig. 2 Limitele globale orientative în ceea ce privește starea mediului la mijlocul secolului trecut 0

În ceea ce privește starea recentă (la începutul secolului în care ne aflăm) se pot observa o serie de depășiri îngrijorătoare ale limitelor (figura 3) care în substratul lor material constituie amenințarea existenței.

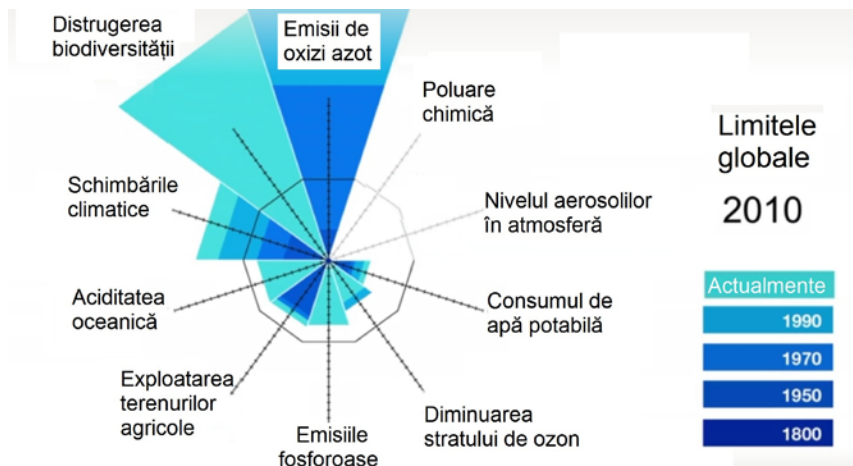


Fig. 3 Starea recentă a factorilor de mediu cu impact direct și decisiv asupra vieții 0

Emisiile poluante pe care le realizează motoarele diesel sunt mult mai mari în comparație cu motorul pe benzină. În funcție de procesul de ardere și regimul de funcționare al motorului, emisiile conțin în mare parte particule de carbon precum și aerosoli sau sulfizi. Particulele sunt emisii poluante cu impact nociv asupra mediului (miros urât, vizibilitate scăzută, depuneri) și a sănătății omului (efect cancerigen). Începând cu normele de poluare Euro 1 până la Euro 6 emisiile de particule au fost reduse de 28 de ori. Producătorii, pentru a putea omologa și comercializa automobilele cu motoare diesel, au dezvoltat sisteme de reducere a poluării pre și post-ardere. Emisia de particule se datorează arderii incomplete a combustibilului. Acest fenomen se poate diminua prin optimizarea procesului de injecție și ardere (pre-ardere) sau tratarea gazelor de evacuare (post-ardere). În aceasta categorie de tratare a gazelor de evacuare intră și filtrul de particule. Rolul filtrului de particule este de a separa particulele solide de gazele de eşapament. Filtrul de particule este montat pe sistemul de evacuare a gazelor de eşapament și pentru a funcționa corespunzător mai are nevoie de o serie de senzori și de un catalizator sau precatalizator de oxidare. Utilizarea unui filtru de particule a devenit oarecum standard odată cu norma Euro 4 care a înjumătățit masa de particule emise în raport cu norma Euro 3. Din acest motiv majoritatea motoarelor diesel Euro 4, 5 și 6 sunt echipate și cu filtre de particule. Pentru că utilizatorii de autovehicule cu motorizari diesel se confrunta foarte des cu probleme tehnice din cauza dpf-urilor, în special din cauza calității slabe a

motorinei și a deplasărilor preponderant în mediul urban, se prezintă în lucrare câteva aspecte legate de funcționarea filtrelor de particule și recomandările specifice privind ce este corect să facă și ce să nu facă posesorul/utilizatorul atunci când motorul se aprinde în bord iar autovehiculul intră în regim de avarie. Nu rare sunt cazurile când datorită folosirii unui ulei necorespunzător sau datorită blocării clapetei EGR, filtrul de particule ajunge la colmatare critică, deși autovehiculul acumulează probabil doar 70000 km. Un aspect important este ca atunci când DPF-ul este colmatat și nu mai poate fi regenerat (se consideră că durata medie de viață a dpf-ului poate ajunge la 150000 km) să nu se spargă intenționat partea interioară de ceramică a acestuia. În caz contrar, aceasta va determina automat stocarea unui cod de eroare motor și intrarea autovehiculului în regim de avarie, senzorii de presiune funcționând în parametri necorespunzători. Întotdeauna când apare o problema la filtrul de particule (motor aprins, mers neregulat, lipsă putere motor, consum foarte mare) trebuie făcută mai întâi o diagnoză motor pentru verificarea codurilor de eroare existente și determinarea cauzelor care au dus la colmatarea filtrului (limita km-uzură, senzor presiune defect, EGR blocat, probleme turbo, injecție defectuoasă etc). Este posibil ca monolitul filtrant să fie în stare corespunzătoare dar nu este gestionat corespunzător de ECU datorită altor factori tehnici negativi 0.

Cercetarea experimentală pune în evidență tocmai aspectele semnificative ale procesului de scanare electronică a motorului.

2. Metodologia studiului

Metodologia cercetării experimentale constă în etape specifice, după cum urmează:

- alegerea autovehiculului cu simptome specifice în sistemul de post-tratare a gazelor evacuate;
- analiza sistemului de evacuare a gazelor cu elemente complexe de post-tratare a compoziției și structurii fizico-chimice a acestora;
- înregistrarea datelor specifice referitoare la procesul și procedura de regenerare a filtrului de particule;
- analiza mărimilor înregistrate;
- verificarea funcționalității DPF;
- evaluarea procesului de regenerare;
- evidențierea oportunităților de continuare a cercetărilor.

3. Sinteza rezultatelor experimentale

Pe durata cercetării experimentale s-au monitorizat tensiunea senzorului de presiune diferențială a sistemului de post-tratare a gazelor de eșapament de la motorul diesel 1.5 dCi (k9k892), temperatura în aval față de filtrul de particule, cantitatea de funingine, presiunea diferențială s.a. cu scopul înregistrării și stocării datelor în vederea evidențierii procesului de regenerare.

Datele prelevate din timpul inițierii procedurii sunt în figura 4.

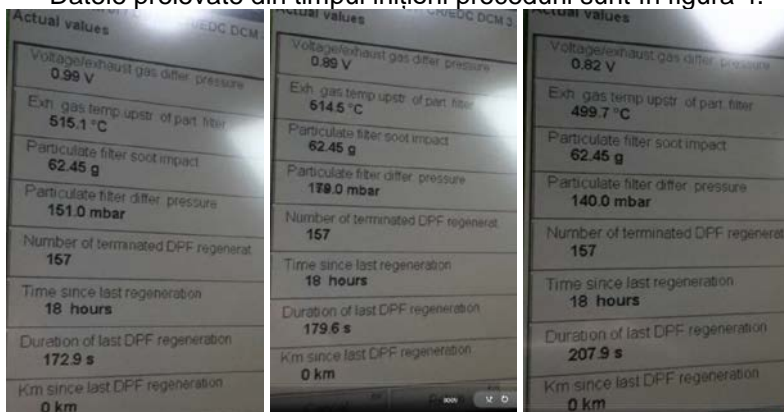


Fig. 4 Valori efective prelevate în primele trei minute de (non) regenerare

În figura 5 se prezintă capturi de ecran în faza încălzirii DPF.

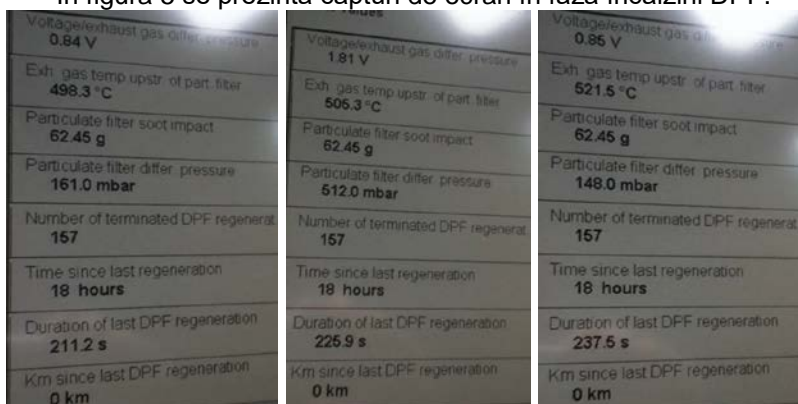


Fig. 5 Valori reale ale unor parametri înregistrați din modulul de control diesel (DCM) pe durata aplicării procedurii de regenerare, fără diminuarea cantității de (62,45 g) cenușă din filtrul de particule

Figurile 6÷8 prezintă valorile în timpul procesului de regenerare.

Voltage/Exhaust gas diff. pressure 0.87 V	Voltage/Exhaust gas diff. pressure 0.83 V	Voltage/Exhaust gas diff. pressure 1.04 V
Exh. gas temp upstr. of part. filter 520.8 °C	Exh. gas temp upstr. of part. filter 519.3 °C	Exh. gas temp upstr. of part. filter 519.3 °C
Particulate filter soot impact 62.42 g	Particulate filter soot impact 62.40 g	Particulate filter soot impact 62.38 g
Particulate filter differ. pressure 144.0 mbar	Particulate filter differ. pressure 154.0 mbar	Particulate filter differ. pressure 207.0 mbar
Number of terminated DPF regenerat 157	Number of terminated DPF regenerat 157	Number of terminated DPF regenerat 157
Time since last regeneration 18 hours	Time since last regeneration 18 hours	Time since last regeneration 18 hours
Duration of last DPF regeneration 243.0 s	Duration of last DPF regeneration 246.1 s	Duration of last DPF regeneration 249.7 s
Km since last DPF regeneration 0 km	Km since last DPF regeneration 0 km	Km since last DPF regeneration 0 km

Fig. 6 Valori reale privitoare la mărimile corelate cu regenerarea DPF

Voltage/Exhaust gas diff. pressure 0.83 V	Voltage/Exhaust gas diff. pressure 0.80 V	Voltage/Exhaust gas diff. pressure 1.62 V
Exh. gas temp upstr. of part. filter 519.3 °C	Exh. gas temp upstr. of part. filter 518.6 °C	Exh. gas temp upstr. of part. filter 520.8 °C
Particulate filter soot impact 62.38 g	Particulate filter soot impact 62.35 g	Particulate filter soot impact 62.23 g
Particulate filter differ. pressure 153.0 mbar	Particulate filter differ. pressure 130.0 mbar	Particulate filter differ. pressure 431.0 mbar
Number of terminated DPF regenerat 157	Number of terminated DPF regenerat 157	Number of terminated DPF regenerat 157
Time since last regeneration 18 hours	Time since last regeneration 18 hours	Time since last regeneration 18 hours
Duration of last DPF regeneration 252.8 s	Duration of last DPF regeneration 256.0 s	Duration of last DPF regeneration 269.9 s
Km since last DPF regeneration 0 km	Km since last DPF regeneration 0 km	Km since last DPF regeneration 0 km

Fig. 7 Valori privitoare la nivelul masic de particule din DPF în 269,9 s

Voltage/Exhaust gas diff. pressure 1.67 V	Voltage/Exhaust gas diff. pressure 1.68 V	Voltage/Exhaust gas diff. pressure 1.48 V
Exh. gas temp upstr. of part. filter 520.8 °C	Exh. gas temp upstr. of part. filter 524.3 °C	Exh. gas temp upstr. of part. filter 528.5 °C
Particulate filter soot impact 62.23 g	Particulate filter soot impact 62.18 g	Particulate filter soot impact 62.11 g
Particulate filter differ. pressure 431.0 mbar	Particulate filter differ. pressure 433.0 mbar	Particulate filter differ. pressure 414.0 mbar
Number of terminated DPF regenerat 157	Number of terminated DPF regenerat 157	Number of terminated DPF regenerat 157
Time since last regeneration 18 hours	Time since last regeneration 18 hours	Time since last regeneration 18 hours
Duration of last DPF regeneration 271.8 s	Duration of last DPF regeneration 275.6 s	Duration of last DPF regeneration 280.5 s
Km since last DPF regeneration 0 km	Km since last DPF regeneration 0 km	Km since last DPF regeneration 0 km

Fig. 8 Valori reale privitoare la nivelul masic de particule din DPF în 280 s

În figurile 9÷11 se prezintă înregistrările din timpul regenerării.

Voltage/exhaust gas differ. pressure 0.96 V	Voltage/exhaust gas differ. pressure 1.09 V	Voltage/exhaust gas differ. pressure 1.70 V
Exh. gas temp upstr. of part. filter 534.8 °C	Exh. gas temp upstr. of part. filter 525.0 °C	Exh. gas temp upstr. of part. filter 522.1 °C
Particulate filter soot impact 62.04 g	Particulate filter soot impact 61.68 g	Particulate filter soot impact 61.44 g
Particulate filter differ. pressure 168.0 mbar	Particulate filter differ. pressure 135.0 mbar	Particulate filter differ. pressure 444.0 mbar
Number of terminated DPF regenerat 157	Number of terminated DPF regenerat 157	Number of terminated DPF regenerat 157
Time since last regeneration 18 hours	Time since last regeneration 18 hours	Time since last regeneration 18 hours
Duration of last DPF regeneration 284.3 s	Duration of last DPF regeneration 304.9 s	Duration of last DPF regeneration 310.7 s
Km since last DPF regeneration 0 km	Km since last DPF regeneration 0 km	Km since last DPF regeneration 0 km

Fig. 9 Valori privitoare la scăderea nivelului masic de particule între 284÷310 s

Voltage/exhaust gas differ. pressure 1.62 V	Voltage/exhaust gas differ. pressure 1.42 V	Voltage/exhaust gas differ. pressure 1.62 V
Exh. gas temp upstr. of part. filter 529.1 °C	Exh. gas temp upstr. of part. filter 562.9 °C	Exh. gas temp upstr. of part. filter 591.9 °C
Particulate filter soot impact 61.29 g	Particulate filter soot impact 61.20 g	Particulate filter soot impact 61.10 g
Particulate filter differ. pressure 417.0 mbar	Particulate filter differ. pressure 339.0 mbar	Particulate filter differ. pressure 394.0 mbar
Number of terminated DPF regenerat 157	Number of terminated DPF regenerat 157	Number of terminated DPF regenerat 157
Time since last regeneration 18 hours	Time since last regeneration 18 hours	Time since last regeneration 18 hours
Duration of last DPF regeneration 316.2 s	Duration of last DPF regeneration 327.2 s	Duration of last DPF regeneration 357.0 s
Km since last DPF regeneration 0 km	Km since last DPF regeneration 0 km	Km since last DPF regeneration 0 km

Fig. 10 Valori privitoare la scăderea nivelului de particule între 316÷357 s

Actual values Voltage/exhaust gas differ. pressure 1.51 V	Actual values Voltage/exhaust gas differ. pressure 1.32 V	Actual values Voltage/exhaust gas differ. pressure 0.67 V
Exh. gas temp upstr. of part. filter 607.1 °C	Exh. gas temp upstr. of part. filter 620.4 °C	Exh. gas temp upstr. of part. filter 617.6 °C
Particulate filter soot impact 61.10 g	Particulate filter soot impact 56.05 g	Particulate filter soot impact 57.05 g
Particulate filter differ. pressure 382.0 mbar	Particulate filter differ. pressure 339.0 mbar	Particulate filter differ. pressure 71.0 mbar
Number of terminated DPF regenerat 157	Number of terminated DPF regenerat 157	Number of terminated DPF regenerat 157
Time since last regeneration 18 hours	Time since last regeneration 18 hours	Time since last regeneration 18 hours
Duration of last DPF regeneration 360.6 s	Duration of last DPF regeneration 373.8 s	Duration of last DPF regeneration 377.9 s

Fig. 11 Valori privitoare la scăderea nivelului de particule între 360÷380 s

În figurile 12÷14 se prezintă alte înregistrări în timpul regenerării.

Engine control	Actual values	SP-DCM
Voltage/exhaust gas differ. pressure	0.60 V	0.69 V
Exh. gas temp upstr. of part filter	605.2 °C	604.3 °C
Particulate filter soot impact	54.03 g	53.03 g
Particulate filter differ. pressure	60.0 mbar	61.0 mbar
Number of terminated DPF regenerat.	157	157
Time since last regeneration	18 hours	18 hours
Duration of last DPF regeneration	387.1 s	389.1 s
Km since last DPF regeneration	0 km	0 km

Fig. 12 Valori privitoare la scăderea nivelului de particule între 387÷389 s

Voltage/exhaust gas differ. pressure	0.61 V	0.66 V	0.69 V
Exh. gas temp upstr. of part filter	602.3 °C	601.4 °C	602.3 °C
Particulate filter soot impact	52.00 g	52.00 g	49.98 g
Particulate filter differ. pressure	53.0 mbar	54.0 mbar	52.0 mbar
Number of terminated DPF regenerat.	157	157	157
Time since last regeneration	18 hours	18 hours	18 hours
Duration of last DPF regeneration	391.3 s	392.7 s	398.7 s
Km since last DPF regeneration	0 km	0 km	0 km

Fig. 13 Valori privitoare la scăderea nivelului de particule între 391÷398 s

Voltage/exhaust gas differ. pressure	0.60 V	0.59 V	0.69 V
Exh. gas temp upstr. of part filter	598.6 °C	597.6 °C	597.6 °C
Particulate filter soot impact	48.98 g	46.98 g	45.98 g
Particulate filter differ. pressure	51.0 mbar	47.0 mbar	46.0 mbar
Number of terminated DPF regenerat.	157	157	157
Time since last regeneration	18 hours	18 hours	18 hours
Duration of last DPF regeneration	400.7 s	402.4 s	406.3 s
Km since last DPF regeneration	0 km	0 km	0 km

Fig. 14 Valori privitoare la scăderea nivelului de particule între 400÷406 s

Acknowledgement: Determinările experimentale au fost realizate în perioada derulării contractului de cercetare (C.I. 11/1.2/2015) și cu scopul de a susține baza practică a tezei de doctorat întocmite de dl. Ing. Crișan Lupa Lucian.

4. Concluzii

Studiul sistemului de post-tratare a emisiilor motorului diesel 1.5 dCi și încercările experimentale efectuate cu testerul de motor din Laboratorul de Diagnosticare al Universității Tehnice din Cluj-Napoca, respectiv interpretările realizate pe baza cercetării experimentale au permis elaborarea concluziilor, după cum urmează:

- cercetarea experimentală s-a efectuat pe Dacia Logan LS în condiții reale, înregistrând variațiile mărimilor specifice;

- cercetarea de specialitate (dacă este permisă această sintagmă) în cazul de față se rezumă la instrumentarea echipamentelor interconectate pentru determinarea unor mărimi privitoare la operativitatea sistemului de post-tratare a gazelor evacuate în condițiile procedurii de regenerare și la prelevarea (respectiv centralizarea și evaluarea) valorilor efective din timpul procesului;

- pe baza corelărilor care se pot face între cantitatea de funingine din filtrul de particule și presiunea diferențială pe de o parte, respectiv între mărimile deja menționate și tensiunea măsurată pe senzorul de presiune diferențială a gazelor evacuate înainte și după filtrul de particule pe de altă parte se pot reprezenta variațiile cartografice ale valorilor și apoi interpretările semiologice corespunzătoare;

- variația valorii duratei ultimei regenerări în timpul măsurătorilor efective lasă să se înțeleagă faptul că procesul de determinare are loc chiar pe durata unei proceduri de regenerare, deși în rubrica precedentă se indică o perioadă de 18 ore de la ultima regenerare, ceea ce ne permite să observăm ca sistemul de post-tratare a gazelor evacuate de la ultima regenerare inițiată (terminată sau neterminată, aspect asupra căruia nu se indică nimic cert) motorul a intrat din nou în procedura de regenerare;

- analiza și reprezentarea cartografică a valorilor experimentale în funcție de evoluția procesului operativ sau în funcție de alt parametru funcțional (turație, sarcină, accelerator, viteză de deplasare etc.), permite o serie de interpretări specifice pe marginea fenomenologiei sistemului de depoluare;

- după declanșarea regenerării efective (inițierea procesului de decolmatare a filtrului de particule prin arderea depunerilor carbonice

din interiorul acestuia, evidențiată prin reducerea masei sau gramajului conținutului de cenușă – “particle filter soot impact”), la circa 520 °C înainte (în aval) de filtrul de particule pe traseul de evacuare a gazelor se diminuează atât presiune diferențială cât și nivelul de colmatare, iar odată inițiat acest proces decolmatarea se accelerează;

- în primele 240 de secunde de la începerea testelor masa de funingine din filtru nu se reduce deloc sau aproape deloc, după care (ușor și treptat) începe să dispară cu o rată de 0,005±0,01 g/s;

- în următoarele 2÷3 minute de regenerare cantitatea de funingine/cenușă sau depuneri carbonice din interiorul filtrului de particule scade cu o rată de ≈1 g/s;

- temperaturile maxime înregistrate au fost de circa 620 °C în timpul regenerării;

- presiunea diferențială determinată cu ajutorul senzorilor din proximitatea filtrului de particule scade treptat odată cu decolmatarea echipamentului de post-tratare a emisiilor de eșapament;

- nivelul maxim de cenușă din filtrul de particule influențează atât emisiile carbonice cât și comportamentul dinamic al motorului, precum și consumul efectiv de combustibil, puterea și momentul dezvoltate în funcționare;

- rezultatele testelor practice derulate pe durata regenerării filtrului de particule impun continuarea cercetărilor experimentale privitoare la sistemele de post-tratare.

BIBLIOGRAFIE

[1] Burnete, N., ș.a., *Motoare Diesel și biocombustibili pentru transportul urban*, ISBN 978-973-713-217-8, Editura Mediamira, Cluj-Napoca, 2008.

[2] Ricard, Matthieu, TED: *How to let altruism be your guide*, <http://www.matthieuristicard.org/en/medias/ted-how-to-let-altruism-be-your-guide>, 18.01.2017.

[3] * * * *Filtre de particule*, <http://www.pilotauto.ro/tuning-magazin/filtre-de-particule/>, 17.01.2017.

[4] * * * *Filtrul de particule la diesel*, <http://blog.autovit.ro/2013/11/util-sau-nu-filtru-de-particule-la-diesel/comment-page-3/>, 16.01.2017.

[5] * * * *Nettoyage du Filtre à Particules*: FAP, <https://www.carbon-cleaning.com/decaminer/nettoyage-du-filtre-a-particules-fap>, 16.01.2017.

Sergiu-Vasile ODENIE, Doru-Laurean BĂLDEAN, Adela-Ioana BORZAN,
Dan MOLDOVANU

Departamentul de Autovehicule Rutiere și Transporturi, Facultatea de Mecanică
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

e-mail : dorubaldean@yahoo.com; doru.baldean@auto.utcluj.ro; 0752083337