

CONTRIBUȚII LA OPTIMIZAREA MOTOARELOR DIESEL GRELE

- Teză de abilitare -

Conf.dr.ing. Veneția SANDU

Facultatea de Inginerie Mecanică

20-02-2016

- Absolventă a Facultății de Mecanică a Institutului Politehnic București, promoția 1984, secția Mașini Termice, specializarea Motoare termice
- Repartiție în cercetare la Institutul de Autovehicule Rutiere INAR Brașov (1984-2004)
 - Cercetător științific principal, gradul 1
 - Șef de laborator - Proiectarea și testarea motoarelor termice
- Doctorat - 1998 - Universitatea "Transilvania" Brașov,
„Tratarea chimică și acustică a gazelor de evacuare emise de motoarele diesel”,
coordonator Prof. dr. h.c. ing. Gheorghe Bobescu
- Angajare prin concurs la Universitatea Transilvania, Facultatea de Inginerie Mecanică,
Catedra de Termodinamică și Mecanica Fluidelor - 2004
 - Conferențiar din 2007
 - Referentă în 4 comisii de doctorat
- Perioada de cercetare prezentată: 1998-2016

Realizări științifice și profesionale și planuri de evoluție și dezvoltare a carierei

i. Realizări științifice și profesionale

Capitolul 1. Reducerea emisiilor chimice ale motoarelor diesel

- 1.1. Metode pasive de reducere a poluanților
- 1.2. Metode active de reducere a poluanților
- 1.3. Metode de reducere a poluanților bazate pe modificarea combustibililor
- 1.4. Cicluri de măsurare a emisiilor poluante
- 1.5. Indicatori de toxicitate

Capitolul 2. Reducerea emisiilor acustice ale motoarelor diesel

- 2.1. Caracteristicile zgomotului sistemului de evacuare
- 2.2. Principii de calcul al atenuatoarelor de zgomot
- 2.3. Soluții originale de atenuare a zgomotului

Capitolul 3. Creșterea eficienței proceselor din motoare

- 3.1. Reducerea pierderilor gazo-dinamice pe traseul de evacuare
- 3.2. Aplicarea răcirii intermediare a aerului din admisie (Intercooling)
- 3.3. Acordarea funcționării turbosuflantei cu motorul
- 3.4. Studiul și optimizarea bilanțului energetic
- 3.5. Optimizarea instalației de răcire
- 3.6. Determinarea pierderilor mecanice
- 3.7. Reducerea puterii de antrenare a echipamentelor auxiliare
- 3.8. Reducerea pierderilor prin frecare prin optimizarea regimurilor de ungere

Capitolul 4. Integrarea motorului diesel - studii de caz

- 4.1. Grupuri generatoare
- 4.2. Autovehicul multifuncțional pentru mediul rural
- 4.3. Proiecte tehnice complementare

ii. Planuri de evoluție și dezvoltare a carierei

1. Reducerea emisiilor chimice ale motoarelor diesel

1.1. Metode pasive de reducere a poluanților

- 1.1.1. Catalizatori de oxidare
- 1.1.2. Sistemul de reducere catalitică selectivă a NOX
- 1.1.3. Filtrele de particule
 - 1.1.3.1. Metoda de măsurare a particulelor
 - 1.1.3.2. Investigarea filtrului ceramic monolit
 - 1.1.3.3. Investigarea filtrului cu fibre ceramice

1.2. Metode active de reducere a poluanților

- 1.2.1. Recircularea gazelor arse
- 1.2.2. Modificarea legii de injecție
- 1.2.3. Modificarea avansului la injecție
- 1.2.4. Alte metode active

1.3. Metode de reducere a poluanților bazate pe modificarea combustibililor

- 1.3.1. Reducerea conținutului de sulf din combustibili
- 1.3.2. Aditivarea polifuncțională a combustibililor

1.4. Cicluri de măsurare a emisiilor poluante

- 1.4.1. Filtrarea regimurilor de funcționare
- 1.4.2. Metoda repartiției proporționale

1.5. Indicatori de toxicitate

- 1.5.1. Poluanți limitați prin norme
- 1.5.2. Coeficientul ponderat de toxicitate

1. 1. Metode pasive de reducere a poluanților

1.1.1. Catalizatori de oxidare

1.1.2. Sistemul de reducere catalitică selectivă a NO_x

1.1.3. Filtrele de particule

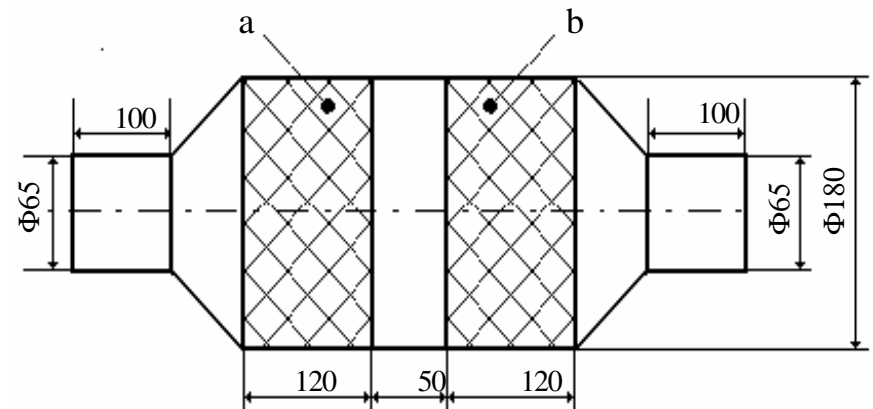
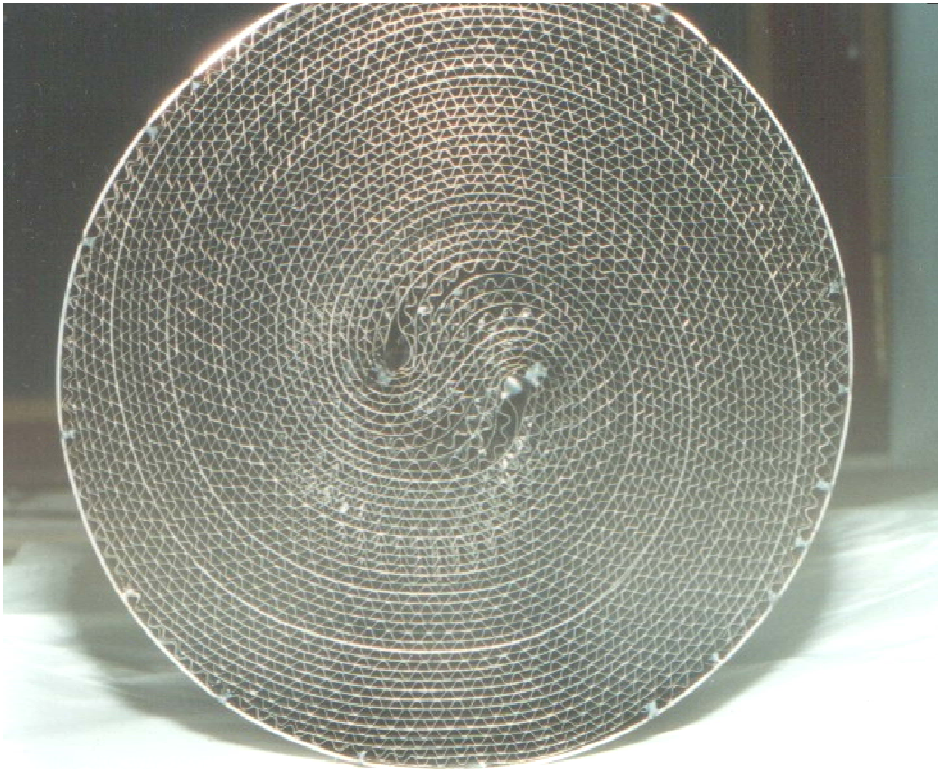
1.1.3.1. Metoda de măsurare a particulelor

1.1.3.2. Investigarea filtrului ceramic monolit (Corning)

1.1.3.3. Investigarea filtrului cu fibre ceramice (3M)

1.1.1. Catalizatori de oxidare

Integrarea catalizatorilor de oxidare sintetizați la Institutul Național de Cercetări pentru Rafinării și Petrochimie (INCERP - CERCETARE S.A. Ploiești) sub coordonarea ing. chimist Delia FLOREA în sistemul de evacuare al motoarelor.



Catalizatorii A, B și C conțin zeolit Cu-ZSM-5 cu un exces de ioni de cupru și γ -alumină impregnată cu soluția metalelor prețioase (platină și paladiu sau platină, paladiu și rodiu).

Catalizatorul D este un catalizator oxidic cu adaos de metale platinice care este recomandat în literatură pentru oxidarea fracțiunii organice solubile (SOF) din emisiile diesel.

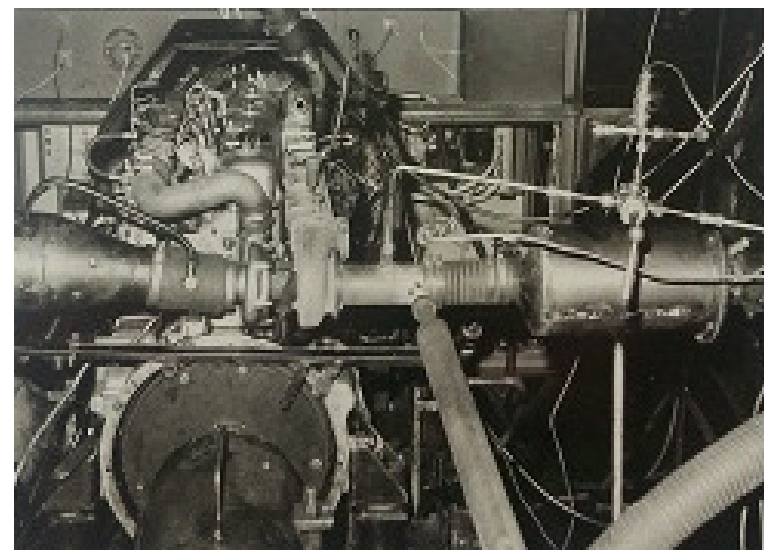
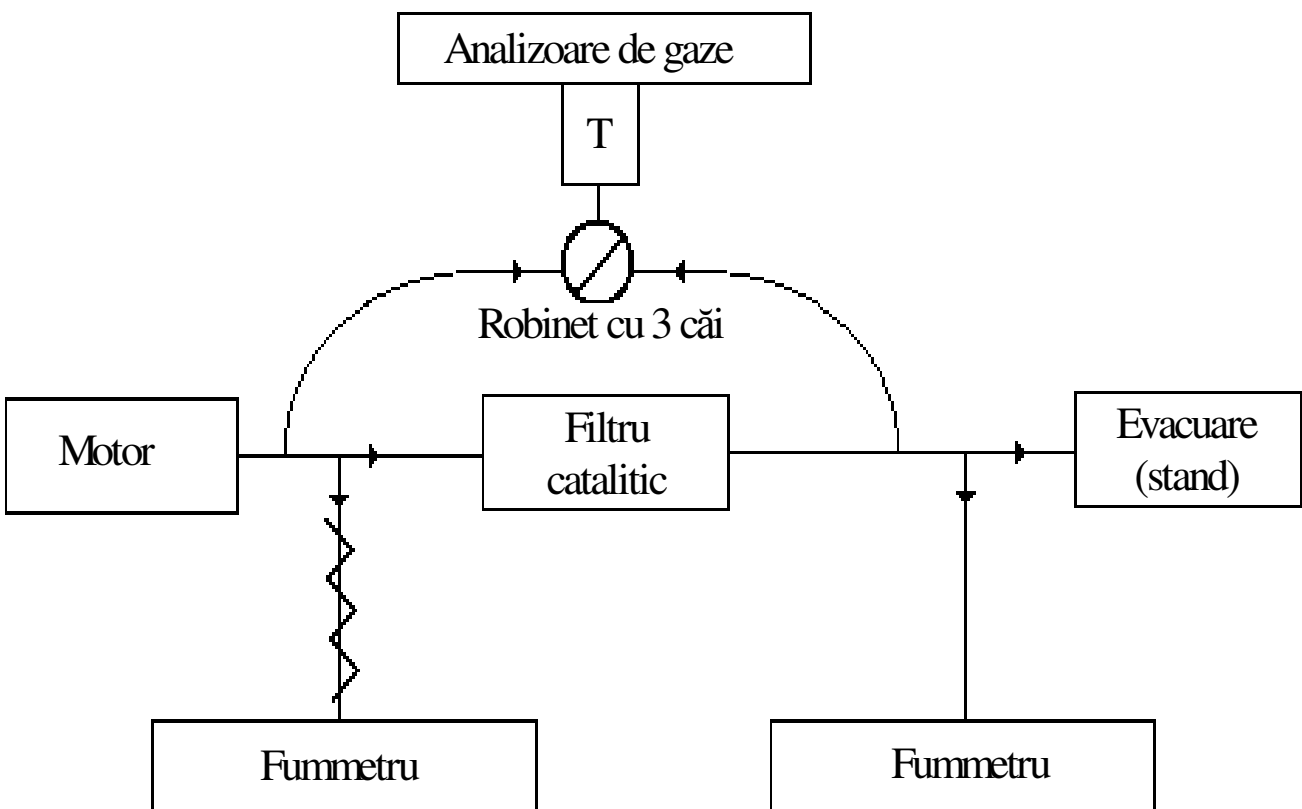
1.1.1. Catalizatori de oxidare

Catalizator	Element monolitic	Natura fazei active	Conținutul de metale platinice, g/l		
			Pt	Pd	Rh
A	a	Cu-ZSM-5	-	-	-
	b	Cu-ZSM-5+ Pt+Pd	0,275	0,275	-
B	a	Cu-ZSM-5	-	-	-
	b	Cu-ZSM-5+Pt+Pd+Rh	0,316	0,312	0,0738
C	a	Cu-ZSM-5+Pt+Pd+Rh	0,206	0,206	0,0376
	b	Cu-ZSM-5+Pt+Pd+Rh	0,316	0,312	0,0738
D	a	Oxizi+Pt+Pd	0,312	0,312	-
	b	Oxizi+Pt+Pd	0,352	0,352	-

1.1.1. Catalizatori de oxidare

Configurația sistemului de testare:

- analizor de gaze cu absorbție în infraroșu pentru CO (NDIR),
- detector de ionizare a flăcării pentru hidrocarburi nearse HC (HFID),
- analizor cu chemiluminiscentă pentru oxizii de azot (HCLA),
- două opacimetre tip Hartridge
- motor 392-L4-DT diesel cu 4 cilindri, cu injecție directă, turbo-supraalimentat, construit la SC ROMAN SA și utilizat pe autocamioane de mic tonaj

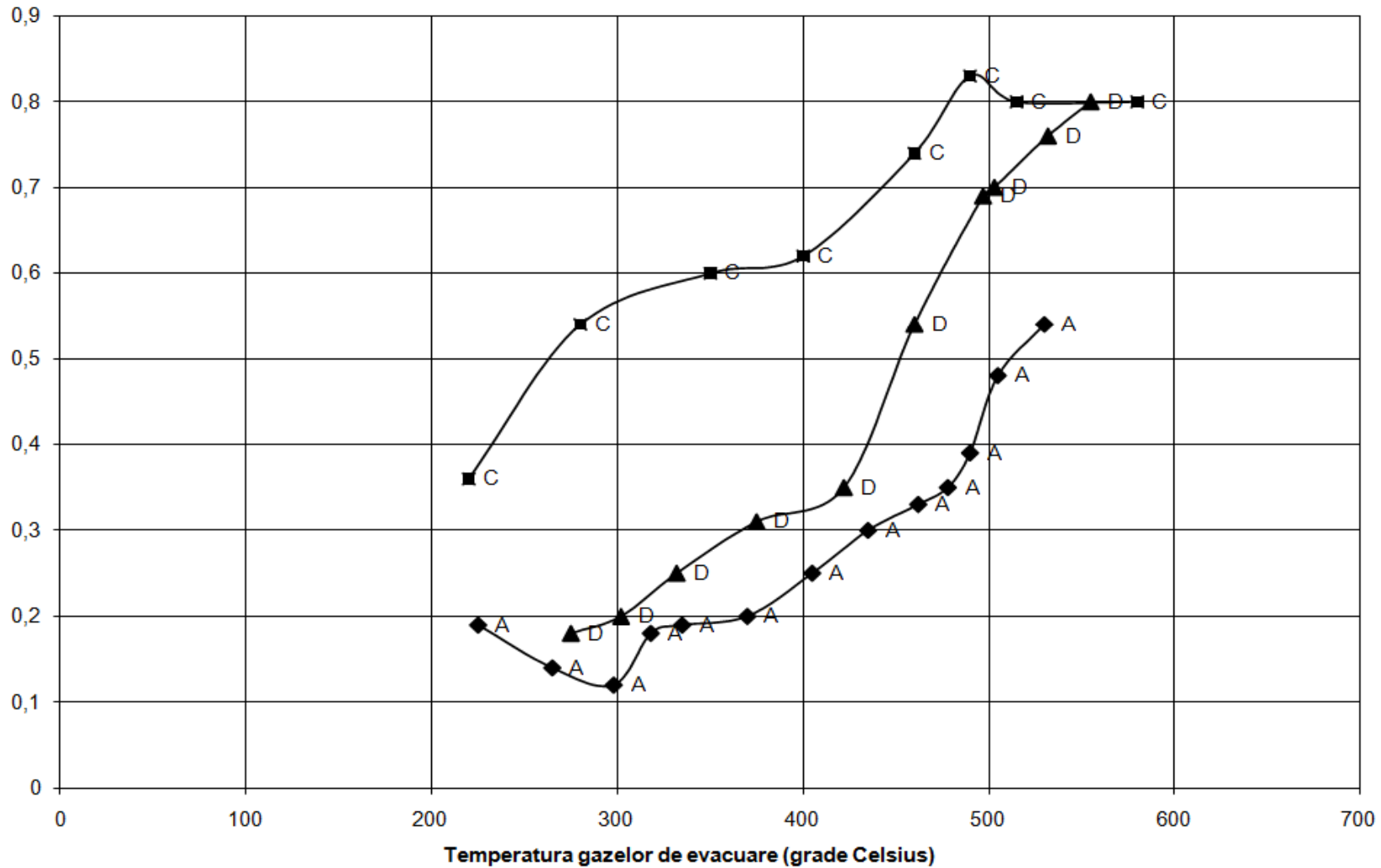


1.1.1. Catalizatori de oxidare



Reducerea CO funcție de temperatura gazelor arse
(catalizatori A, B, C) la turația nominală 2700 rpm

Eficiența reducerii CO



Rezultate

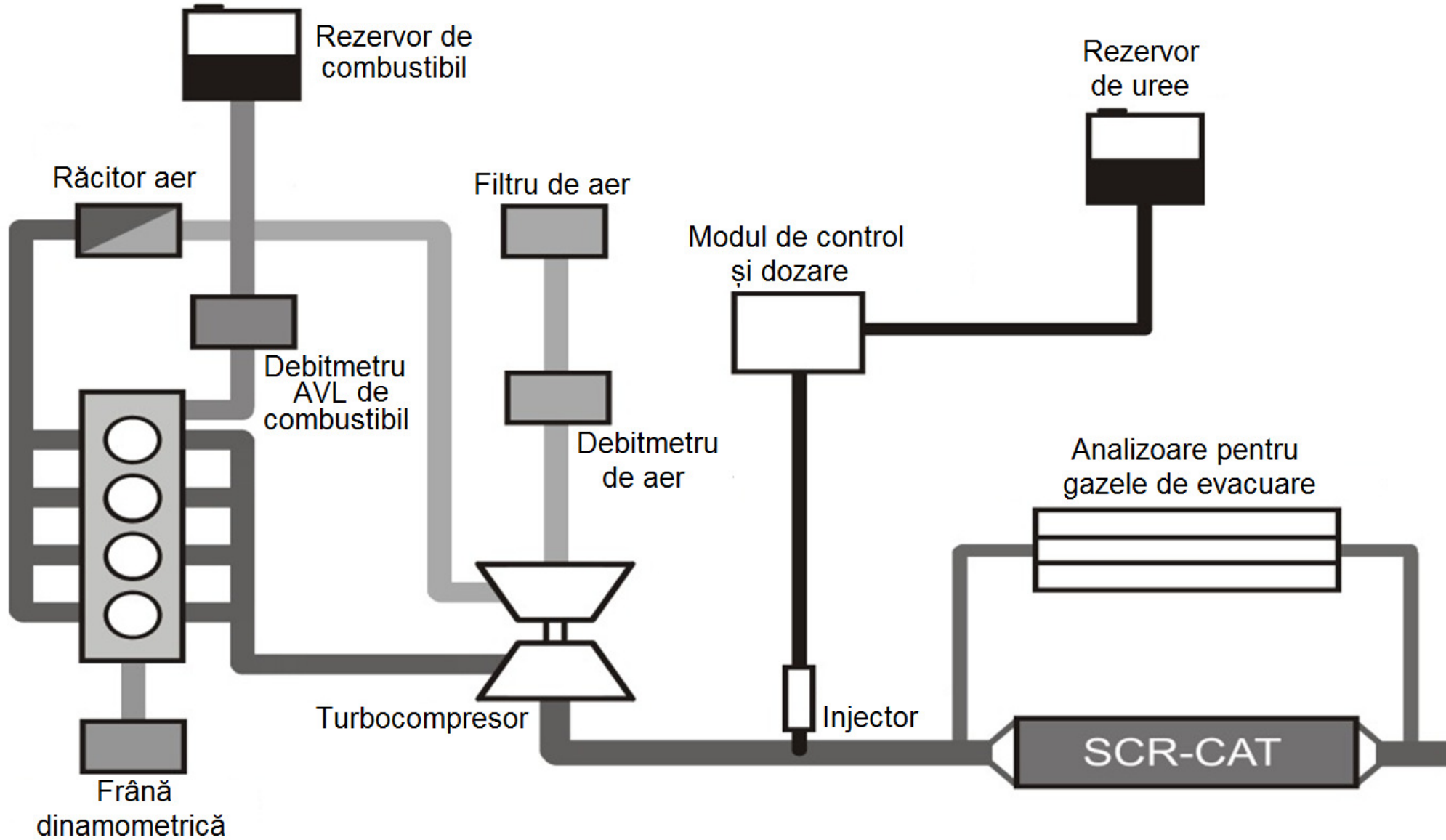
- Catalizatorii de oxidare zeolitici propuși sunt eficienți pentru scăderea CO, HC și a fracțiunii organice solubile a particulelor (SOF), la fel ca și cei platinici, cu avantajul economiei de metale rare (de la 1,3g/l la 0,8g/l), iar costul semnificativ mai redus.
- Constructiv, filtrul catalitic a fost proiectat a fi demontabil cu posibilitatea curățării chimice a depunerilor și redepunere; gazodinamic, scăderile de presiune pe filtru sunt acceptabile.
- Catalizatorul de tip C (Cu-ZSM-5+Pt+Pd+Rh) este cel mai eficient pentru reducerea monoxidului de carbon, cu valori maxime de 83% la temperaturi peste 450°C.
- Catalizatorul de tip A, Cu-ZSM-5 / Cu-ZSM-5+Pt+Pd, a dovedit cea mai eficientă reducere a particulelor, de maximum 80%, mai precis a fracțiunii organice solubile SOF, fără apariția sulfaților, în domeniul 250–400°C.
- Eficiențele de reducere a HC sunt de 49% pentru turația 2700 rot/min, dar au fost atinse valori de 63% la turații mai mici.
- Efectul depunerilor asupra NO_x a fost instabil, ceea ce implică folosirea unei alte metode de scădere.

1.1.2. Sistemul de reducere catalitică selectivă a NOx

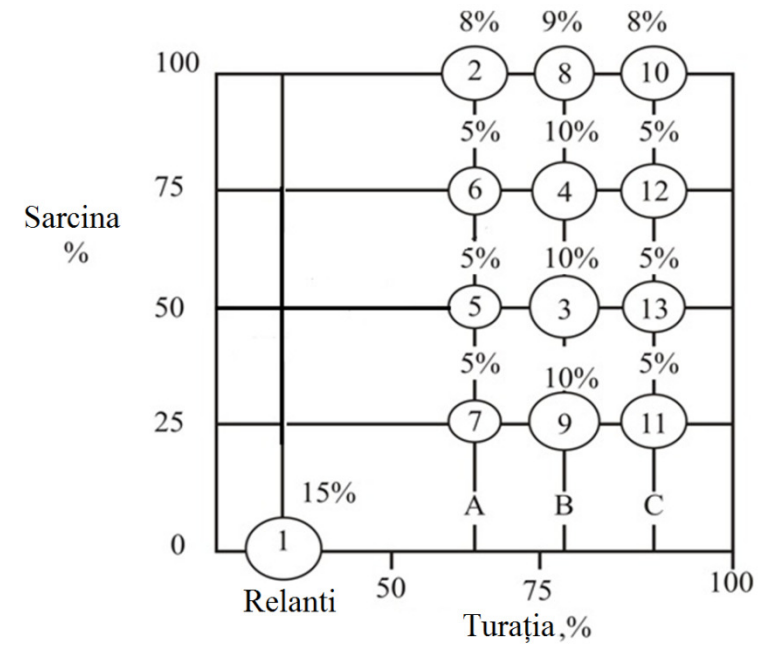
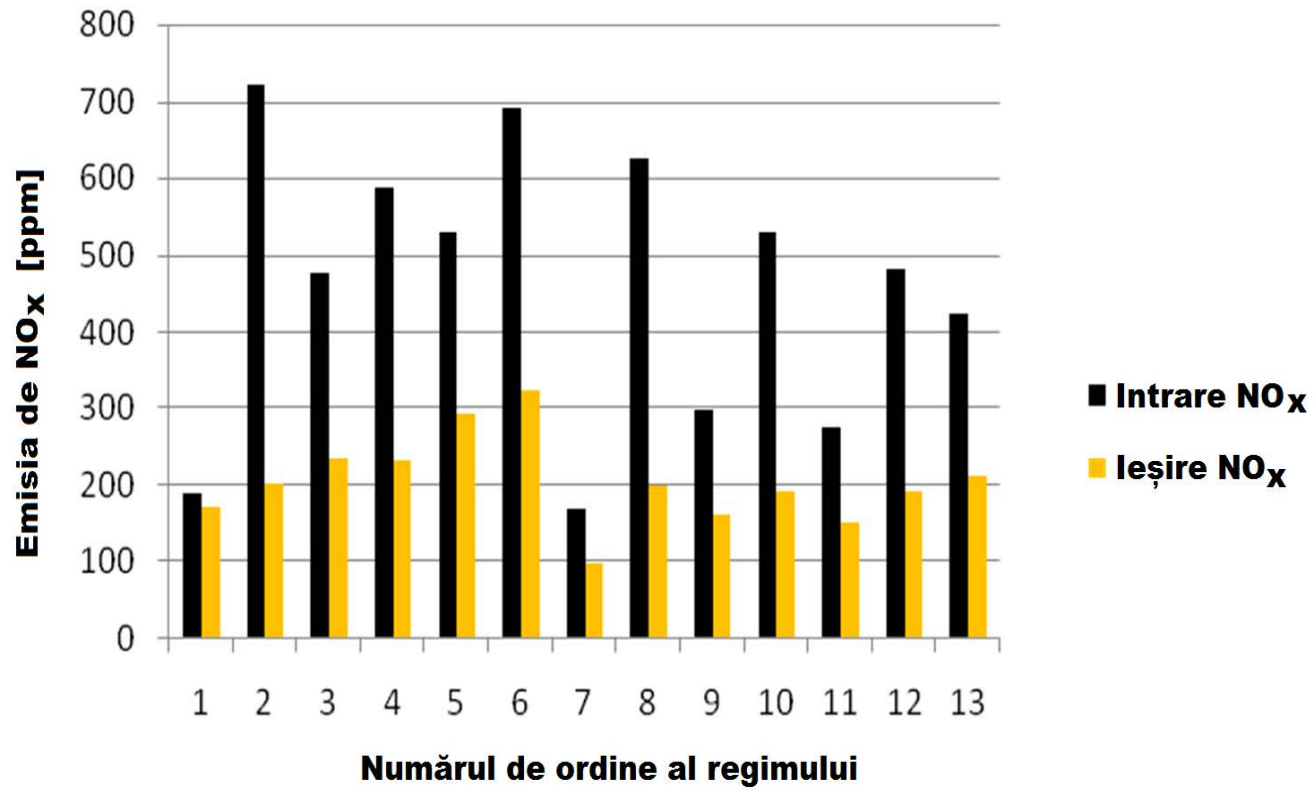
Reducerea catalitică selectivă (SCR) folosește injectarea unui agent reducător în gazele arse evacuate (soluție apoasă de uree) și apoi trecerea acestora printr-un catalizator de reducere care neutralizează NOx, la azot.

- Motor 392-L4-DTI
- Debit max. 420 m³/h
- Catalizator – suport 2 monoliți cilindrici (D = 160 mm, H = 120 mm)
- Suprafața depunerii 67,5 m²
- Depunere - fază activă de zeolit ZSM-5 (69%) și oxid de siliciu (31%), promotat cu ioni de cupru 3,63 % (m/m)
- Ciclul de testare european ESC (European Stationary Cycle) cu 13 trepte.

1.1.2. Sistemul de reducere catalitică selectivă a NOx



1.1.2. Sistemul de reducere catalitică selectivă a NO_x



1.1.2. Sistemul de reducere catalitică selectivă a NOx

Rezultate

1. Sistemul experimental SCR bazat pe Cu-ZSM-5 și injecție de uree a confirmat calitatea catalizatorului preparat ca și eficiența de scădere a NOx .
2. Conversia NOx la azot s-a dovedit foarte dependentă de temperatura gazelor arse din timpul ciclului de testare - temperatura ponderată a gazelor arse (WET) este un indicator de încredere al comportării sistemului SCR. Eficiența reducerii NOx variază între 40% pentru regimul urban și 65% pentru regimul de funcționare pe autostradă.
3. Rezultatul practic al cercetării este acela că prin montarea pe motorul 392-L4-DTI a sistemului SCR propus, scăderea NOx permite încadrarea emisiilor motorului în cerințele normei Euro IV.

1.2. Metode active de reducere a poluanților



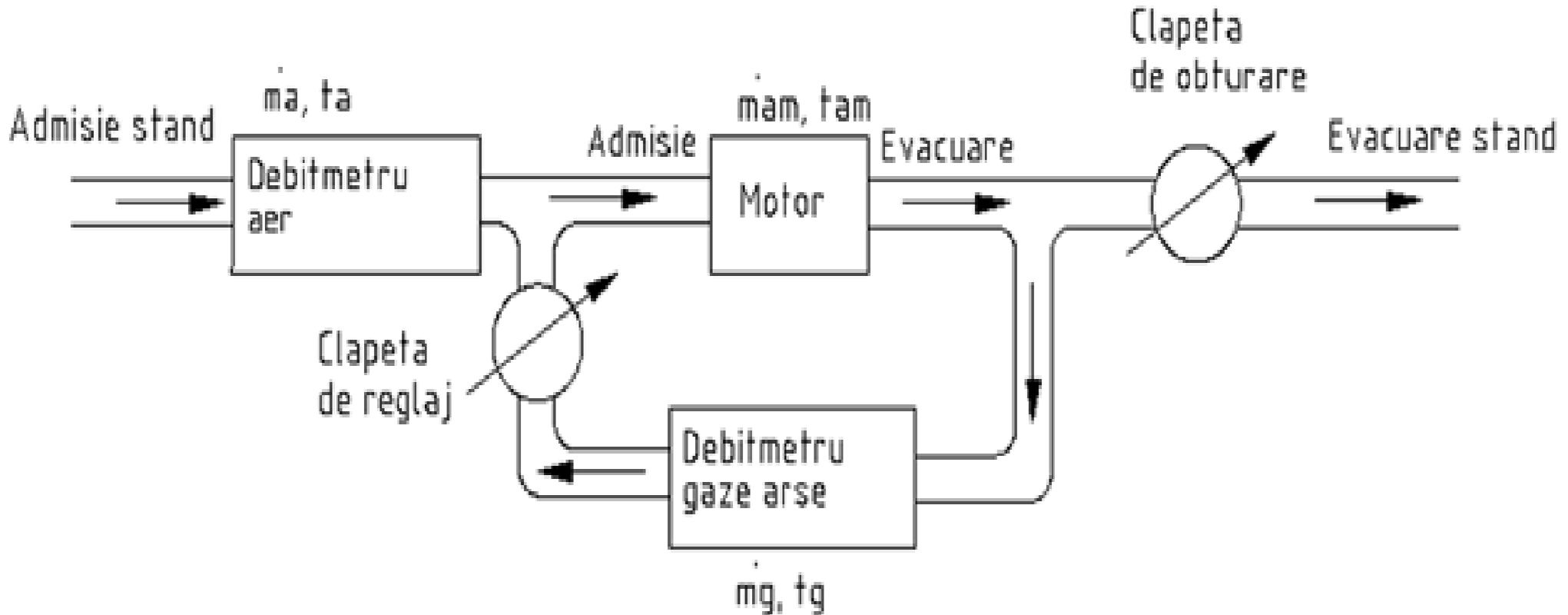
1.2.1. Recircularea gazelor arse

1.2.2. Modificarea legii de injecție

1.2.3. Modificarea avansului la injecție

1. 2.1. Recircularea gazelor arse

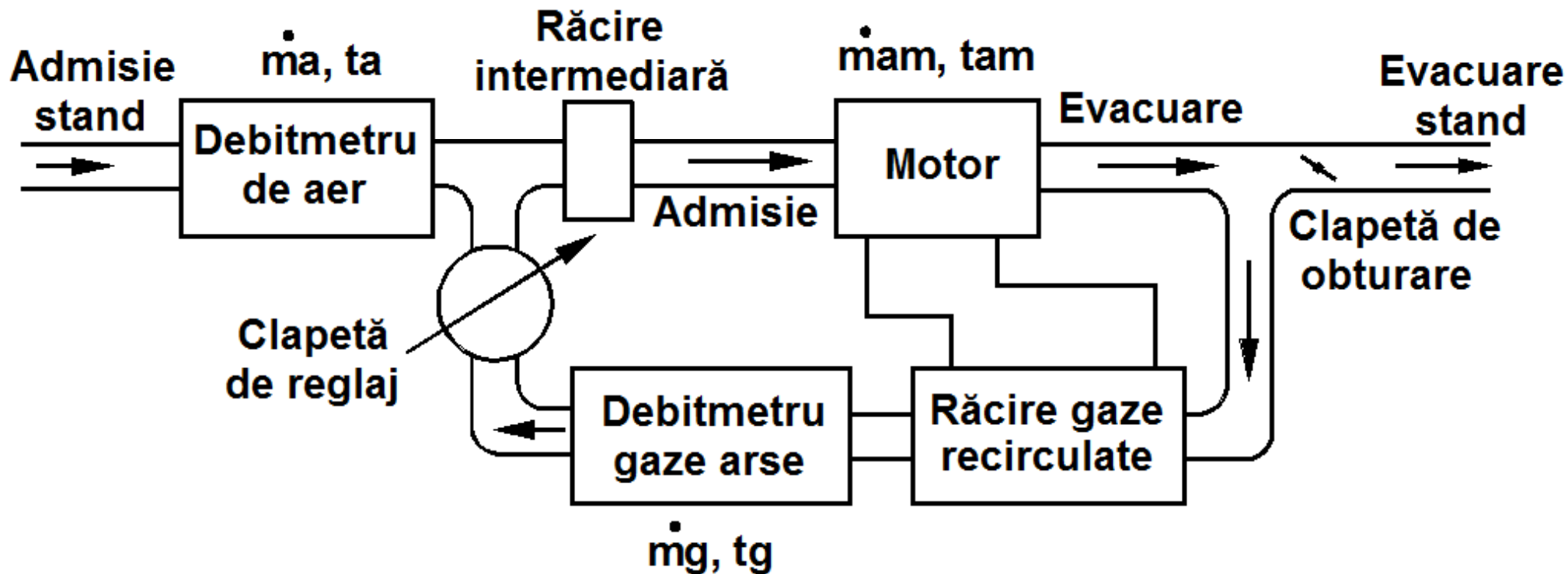
- Pentru motorul 392-DT s-a utilizat instalația prezentată mai jos, cu obturarea evacuării și cu o clapetă de reglaj pe calea de recirculare
- Pentru măsurarea gradului de recirculare a gazelor arse s-a utilizat o diafragmă calibrată pentru determinarea debitului, calculată conform standardului 7347/3 . Debitul masic s-a calculat considerând variația densității gazului cu temperatura.



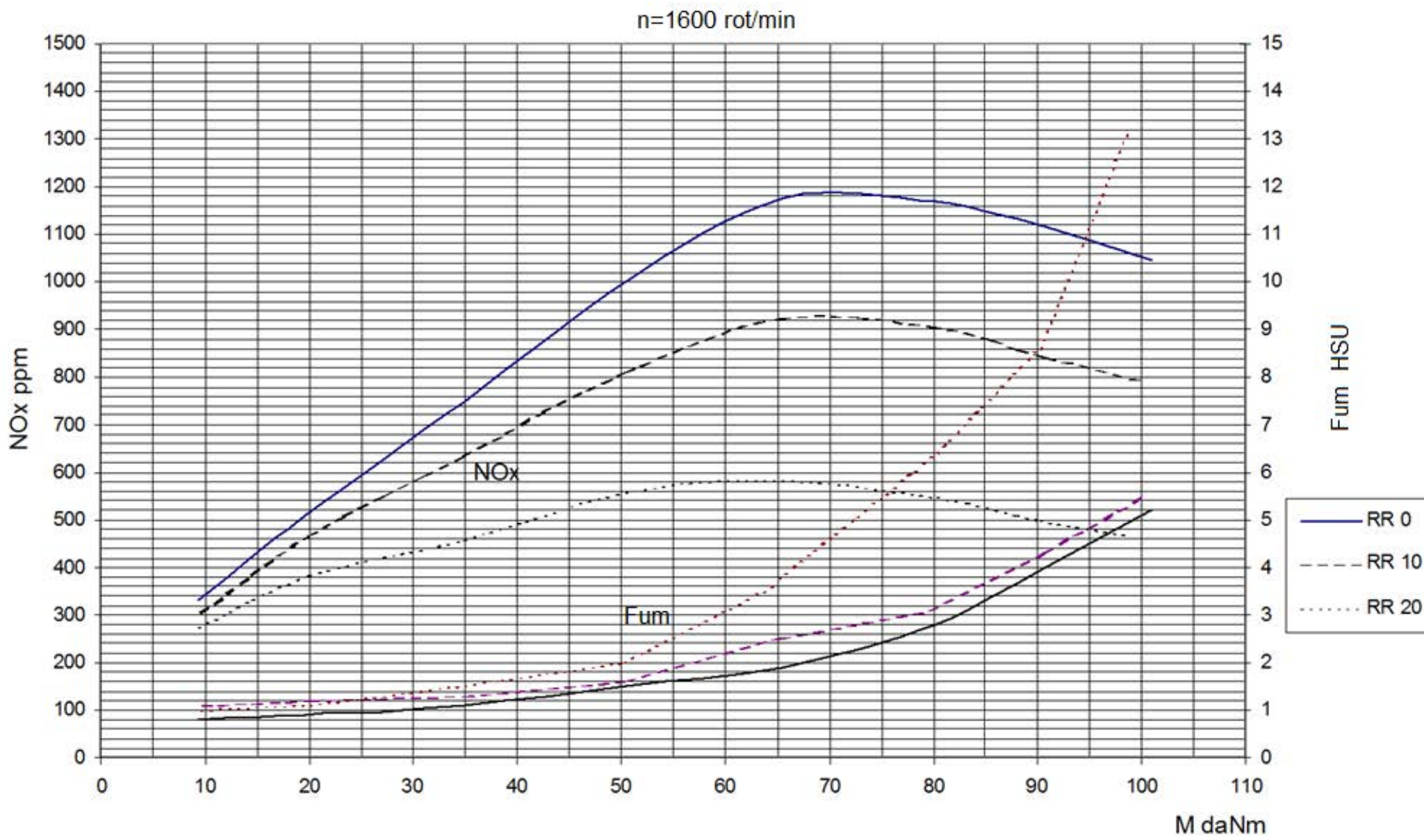
1. 2.1. Recircularea gazelor arse

Pentru motorul 1035-L6-DTI

- Cercetarea a fost similară cu cea anterioară cu observația că motorul a avut cilindree de 10,35 litri, fiind supraalimentat și având și răcire intermediară, iar instalația de recirculare a cuprins un răcitor al gazelor recirculate.

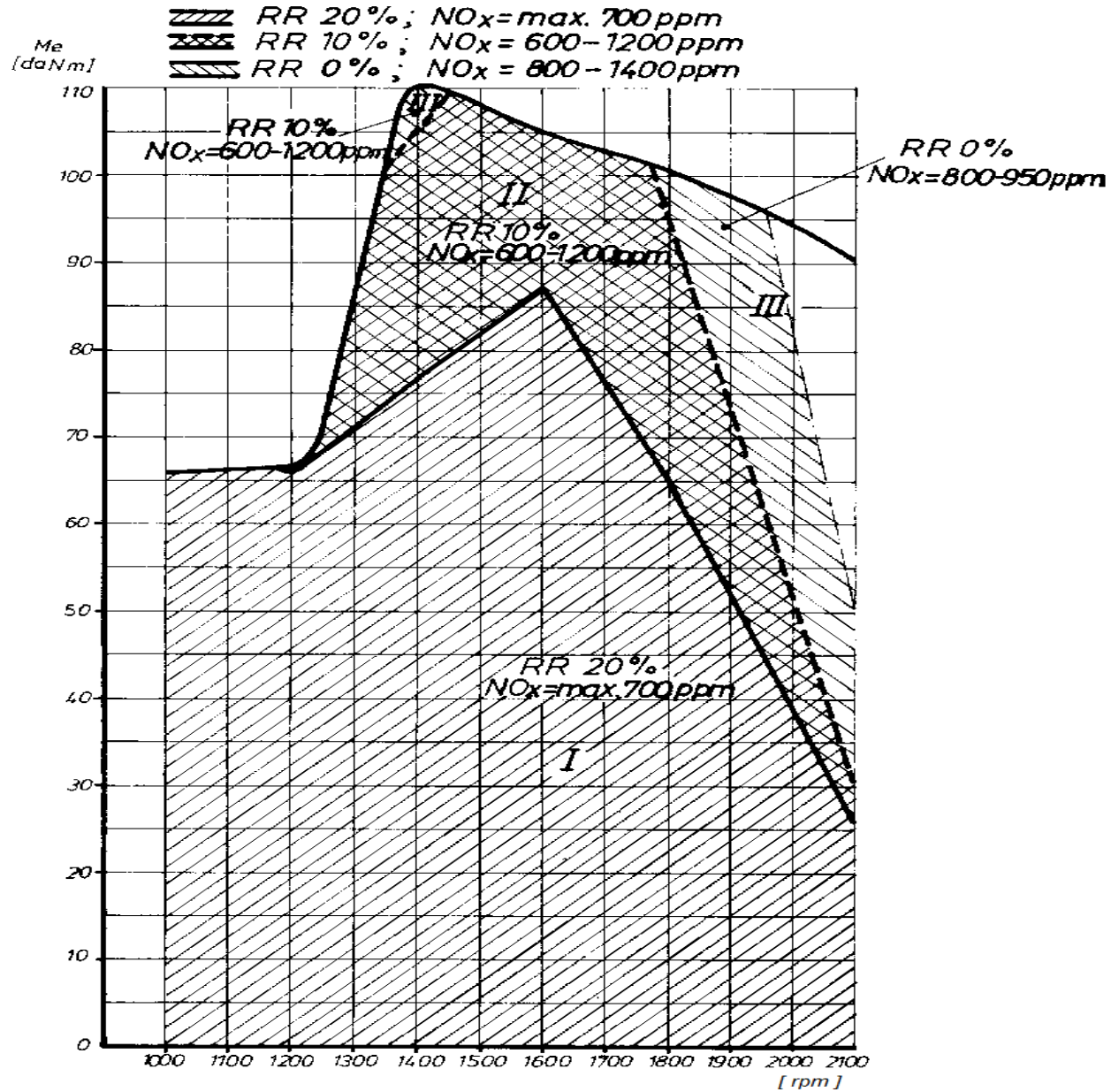


1. 2.1. Recircularea gazelor arse



Corelația NO_x și a fumului cu cuplul motor M

1. 2.1. Recircularea gazelor arse



Cartograma gradului de recirculare funcție de sarcină și turație

1. 2.1. Recircularea gazelor arse

Rezultate

1. Pentru motorul 392-L4DT, prin recircularea gazelor arse cu ajutorul instalației experimentale descrise s-a confirmat potențialul de reducere NO_x de până la 77% pentru un grad de recirculare de 30%. Recircularea gazelor arse duce la creșterea semnificativă a emisiei de particule și CO.

2. Pentru motorul 1035-L6-DTI, recircularea a 10% din gazele arse la turația de cuplu maxim (de la 1600 rpm) a condus la o scădere a NO_x de 40%, iar pentru recircularea a 20% scăderea a fost de 52%. A fost implementată o cartogramă de recirculare pentru optimizarea scăderii NO_x pe întreg domeniul sarcină-turație.

1.2.2. Modificarea legii de injecție

Injector modernizat pentru motorul 1035 L6 DTI

Cercetarea a fost finanțată de Ministerul Educației și Cercetării în cadrul programului RELANSIN prin proiectul Modernizarea injectoarelor de mărime P utilizate la motoarele de generație nouă, cu patru supape.

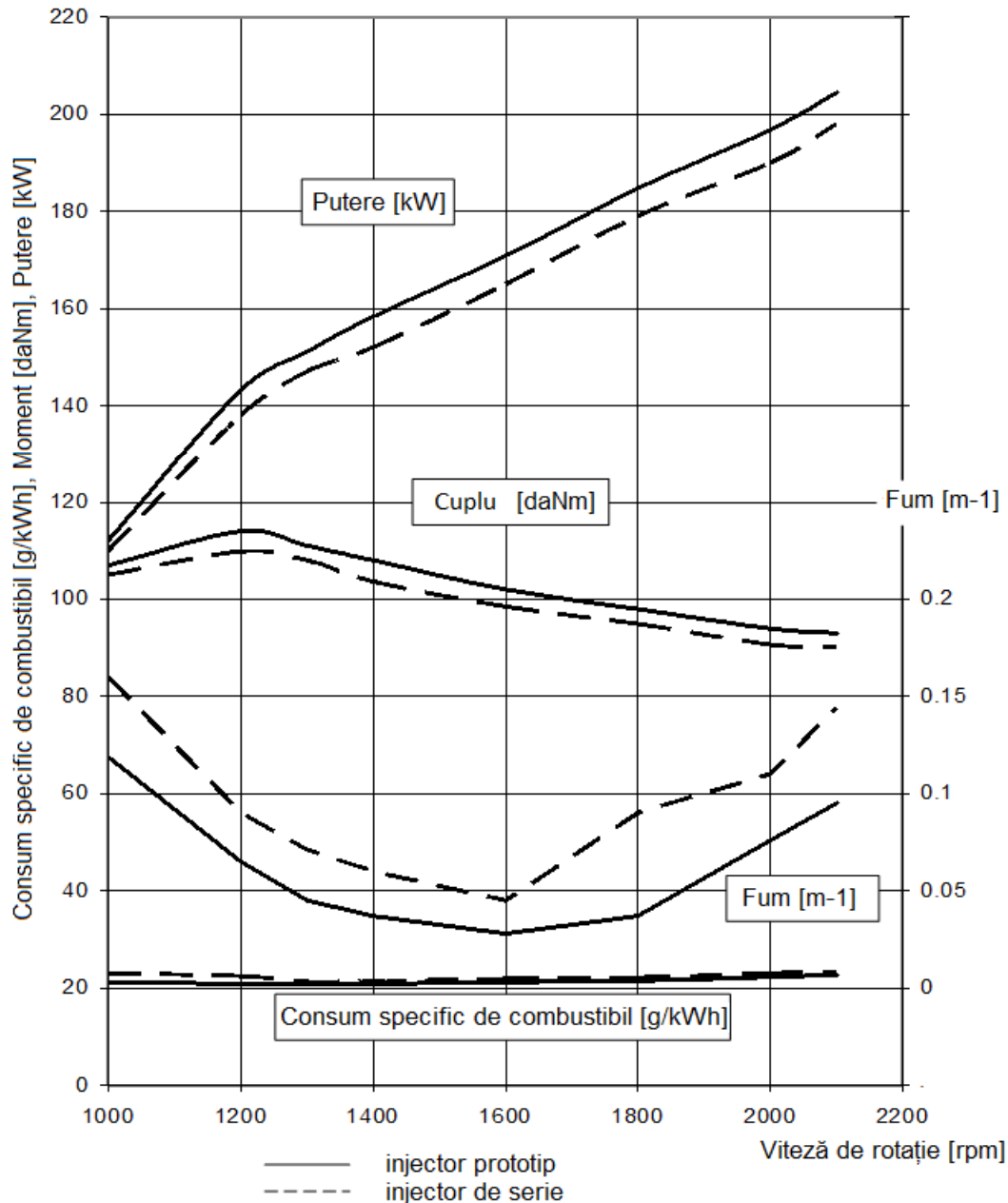


Procesul de injecție se face cu o pompă de injecție de tip P căreia i s-au adus o serie de modificări constructive:

- micșorarea volumului sacului pulverizatorului cu 45% în scopul reducerii emisiei de particule și HC;
- ghidarea suplimentară a acului pulverizatorului pentru a reduce deformarea sa și implicit dispersia dintre caracteristicile jeturilor de combustibil;
- aplicarea injecției pilot de combustibil prin modificări constructive ale corpului injectorului și pulverizatorului (utilizarea a două arcuri la injector, cu caracteristici elastice diferite); corpul pulverizatorului având alezajul $\text{Ø}4^{+0,012}$ pentru centrarea și ghidarea acului pulverizatorului a fost prelungit de la 12,5 mm la 25 mm

1.2.2. Modificarea legii de injecție

Caracteristica de turație la sarcină totală
cu cele două injectoare



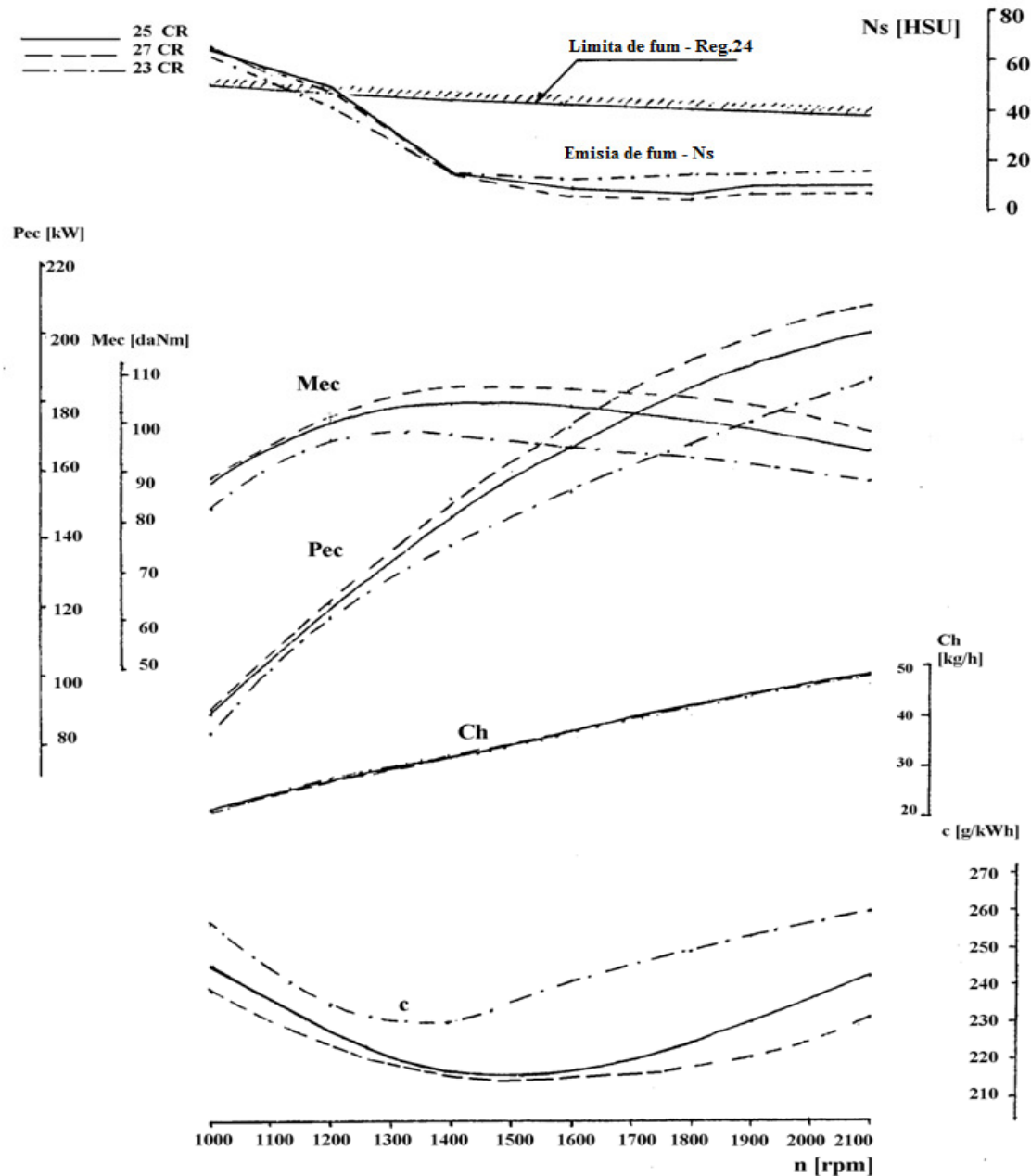
Rezultate

Față de injectorul inițial din producția de serie, noul injector a condus la:

- creșterea puterii și cuplului motor, pe tot domeniul de turații, de circa 3%
- scăderea consumului specific de combustibil cu 3%
- reducere medie a particulelor de 27%, calculată prin echivalență fum – particule
- reducerea zgomotului cu 1dB.

1.2.3. Modificarea avansului la injecție

Caracteristica de turație la sarcină totală pentru trei reglaje ale avansului la injecție



Avansul la injecție este o variabilă cu efecte contradictorii asupra NO_x pe de-o parte, și asupra fumului și HC, pe de altă parte. Pentru motorul D2156MTN8 creșterea avansului cu 2°RAC peste valoarea optimă duce la creșterea puterii, a cuplului motor, scăderea consumului de combustibil, scăderea fumului și HC.

Cercetarea a fost finanțată de Ministerul Educației și Cercetării prin contractul Cercetări privind nivelul emisiilor poluante la motoarele Diesel pentru autocamioane funcție de parametrii de exploatare, de combustibilii utilizați și de tipul de filtre de particule cu care se echipează autovehiculul.

1.3. Metode de reducere a poluanților bazate pe modificarea combustibililor

Reducere emisiei de particule (determinată prin măsurarea fumului) datorată scăderii conținutului de sulf pentru motorul 392-L4-DT în funcție de regimul de testare

Conținutul de sulf din motorină cauzează emisia de SO₂ și implicit a unui procent de particule variind între 12 și 30%

Cercetările efectuate pe două tipuri de motoare livrate de la rafinărie cu conținutul de sulf strict controlat la 0,28% și 0,08% au confirmat pe teste identice efectuate pe motoare reducerea emisiei de particule, reducere semnificativă care este variabilă cu ciclul de testare și indirect cu regimul de funcționare.

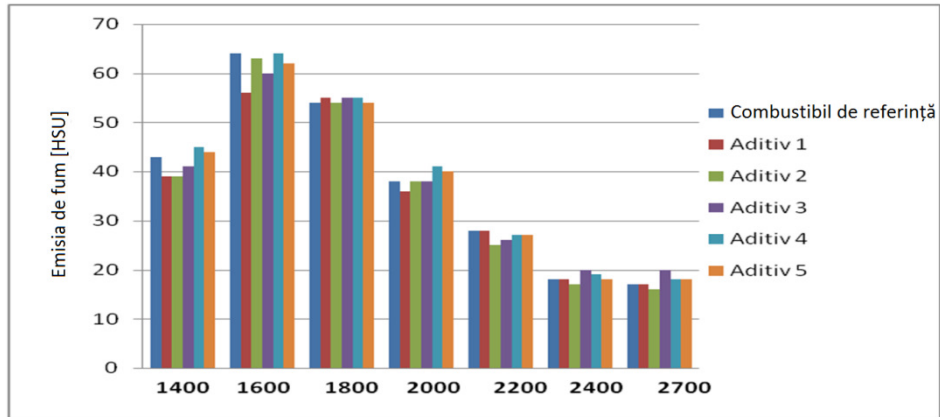
Finanțarea a fost făcută în baza contractelor cu Ministerul Educației și Cercetării

- rezultatele privind reducerea conținutului de sulf au fost publicate la Editura Tehnică, în monografia "Combaterea poluării mediului în transporturile rutiere"

Ciclul de testare al motorului	Regulamentul 49 CEE-ONU [28]	Ciclul în regim urban [11]	Ciclul în regim de autostradă [11]
Reducerea particulelor ec.(1.10) [%]	4%	37%	12%

1.3. Metode de reducere a poluanților bazate pe modificarea combustibililor

Emisiile de fum pe caracteristica de turație la sarcină totală



Efecte colaterale ale unor aditivi pentru motorină

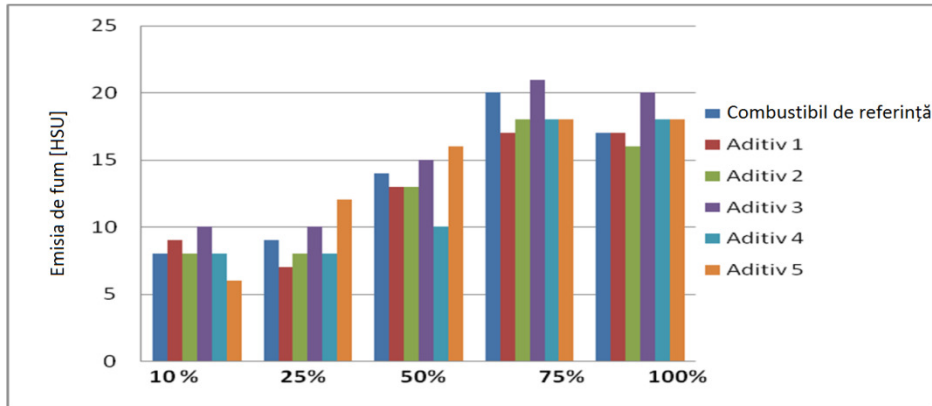
Pentru 5 aditivi dispersanți-detergenți, antidețonați, antifricțiune, stabilizatori termici și inhibitori de coroziune, au fost făcute testări pe motorul 392-L4-DT în concentrații variind între 0.05-0,25% pentru a se verifica efectul colateral asupra reducerii fumului.

Trei din cei cinci aditivi, și anume cei numiți A4, A1 și A2 au efectul de a reduce fumul, în concentrațiile studiate, în procent de 8-10% echivalent masic - particule.

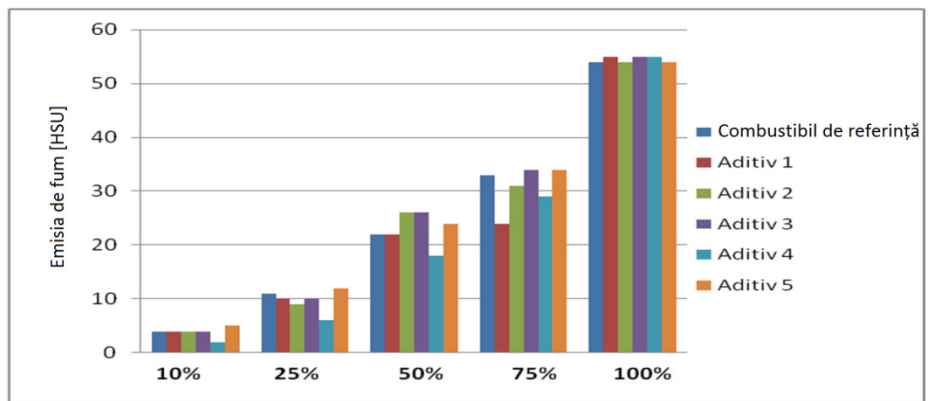
Finanțarea a fost făcută în baza contractelor cu Ministerul Educației și Cercetării

• rezultatele privind aditivii au fost publicate în articolul "Investigations of collateral effects of fuel additives on diesel engine smoke emissions", publicat în Buletinul Științific al Universității "Transilvania", seria Științe inginerești, vol.6 (55), nr.1, 2013, revistă indexată în baze de date internaționale (BDI).

Emisiile de fum la turația de 2700 rpm la diferite sarcini



Emisiile de fum la turația de 1800 rpm la diferite sarcini



Construirea unor cicluri reprezentative de măsurare a emisiilor poluante în condițiile specifice funcționării autovehiculelor pe drumurile din România

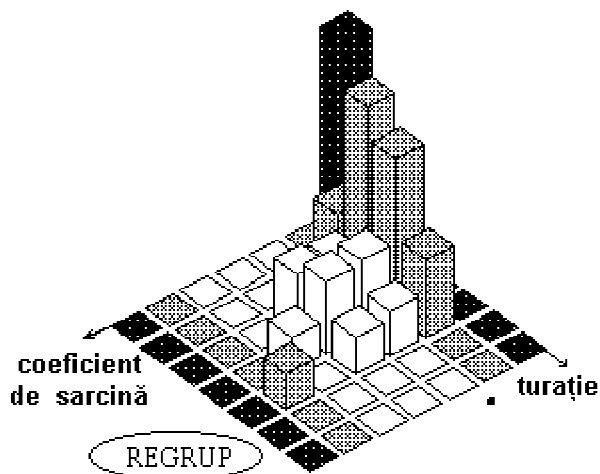
Metoda – măsurarea regimurilor de funcționare (sarcină, turație și timp) la parcurgerea unui traseu și generarea unor cicluri reprezentative pentru funcționarea unui vehicul:

- în parcurs urban
- pe autostradă
- pe drumuri montane
- pe drumuri modernizate.

Repartiția pe 7 intervale de sarcină și 6 intervale de turație pentru motorul Aro L27D (în colaborare cu dr.ing. C.Bejan).

1.4. Cicluri reprezentative de măsurare a emisiilor poluante

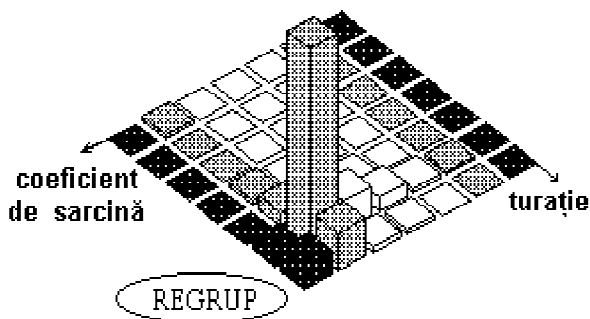
Metoda originală a repartiției proporționale – rezultatul procedurii iterative de regrupare a ponderilor:



Ciclul de încercare reprezentativ pentru parcursul urban

Coeficient de sarcină	Domeniu de turații rot/min	850 0,25n	1240 0,37n	1600 0,5n	1940 0,6n	2300 0,7n	2660 0,83n	3020 0,95n
0		20%						
1 / 6			5%	15%	15%	5%	5%	
2 / 6				5%	5%	5%		
3 / 6				5%	5%	5%		
4 / 6					5%			
5 / 6								

Ciclul de încercare reprezentativ pentru parcursul pe autostradă



Coeficient de sarcină	Domeniu de turații rot/min	850 0,25n	1240 0,37n	1600 0,5n	1940 0,6n	2300 0,7n	2660 0,83n	3020 0,95n
0		5%						
1 / 6								
2 / 6								
3 / 6							5%	
4 / 6							5%	
5 / 6						5%	55%	10%
6 / 6							5%	10%

- la fiecare iterație, ponderea minimă este redistribuită ponderilor învecinate, proporțional cu valoarea acestora

- Toxicitatea globală a emisiilor poluante din gazele de evacuare
- Indicator necesar care să ia în considerație toxicitatea diferită a celor patru poluanți limitați prin norme: CO, HC, NO_x și PT.
- Coeficient adimensional care caracterizează efectul global de toxicitate al emisiilor corespunzătoare funcționării unui motor dat și care poate fi utilizat la compararea nivelului emisiilor poluante produse de motoare diferite.
- Referința - toxicitatea monoxidului de carbon, CO, considerată egală cu unitatea:

$$1 \leq K'_{HC} \leq K'_{NO_x} \leq K'_{PT}$$

1.5. Indicatori de toxicitate

Valorile coeficienților specifici de toxicitate K' (raportați la toxicitatea CO)

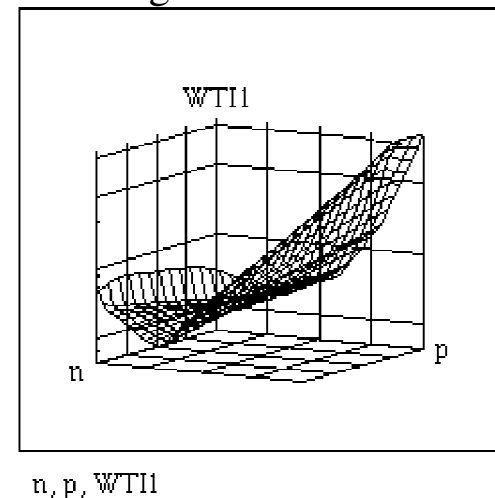
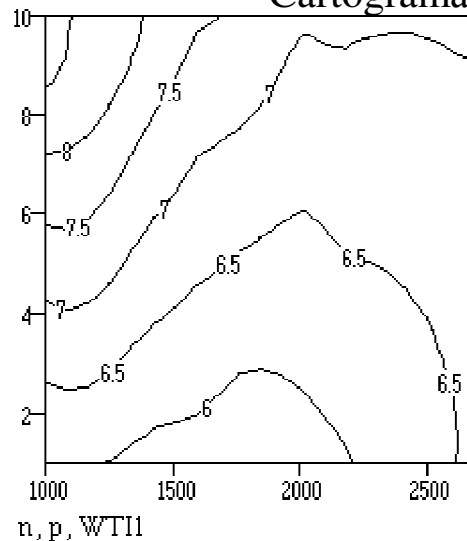
K'_{HC}	K'_{NOx}	K'_{PT}
8,29	8,5	34
2,072	77,82	106,7
2	35,29	60
1	20	40

Calculul și reprezentarea coeficienților ponderați de toxicitate – WTI (Weighted Toxicity Indices), $j=0..3$, variante K' în literatura de specialitate ;

$k=0..95$, cele 96 regimuri de încercare în care s-au măsurat masele celor 4 poluanți, CO, PT, Nox, HC

$$A := \begin{bmatrix} 34 \\ 106.7 \\ 60 \\ 40 \end{bmatrix} \quad B := \begin{bmatrix} 8.5 \\ 77.82 \\ 35.29 \\ 20 \end{bmatrix} \quad C := \begin{bmatrix} 8.29 \\ 2.072 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} \quad WTI_{i,k} := \frac{COM_k + A_j \cdot PTM_k + B_j \cdot NOxM_k + C_j \cdot HCM_k}{COM_k + PTM_k + NOxM_k + HCM_k}$$

Cartogramă de toxicitate globală:



2. Reducerea emisiilor acustice ale motoarelor diesel

2.1. Zgomotul sistemului de evacuare – caracteristici și condiționări

2.1.1. Influența colectorului de evacuare

2.1.2. Poziția atenuatorului în traseul de evacuare

2.1.3. Influența supraalimentării

2.2. Principii de calcul al atenuatoarelor de zgomot

2.2.1. Calculul acustic

2.2.2 Analiza filtrelor acustice

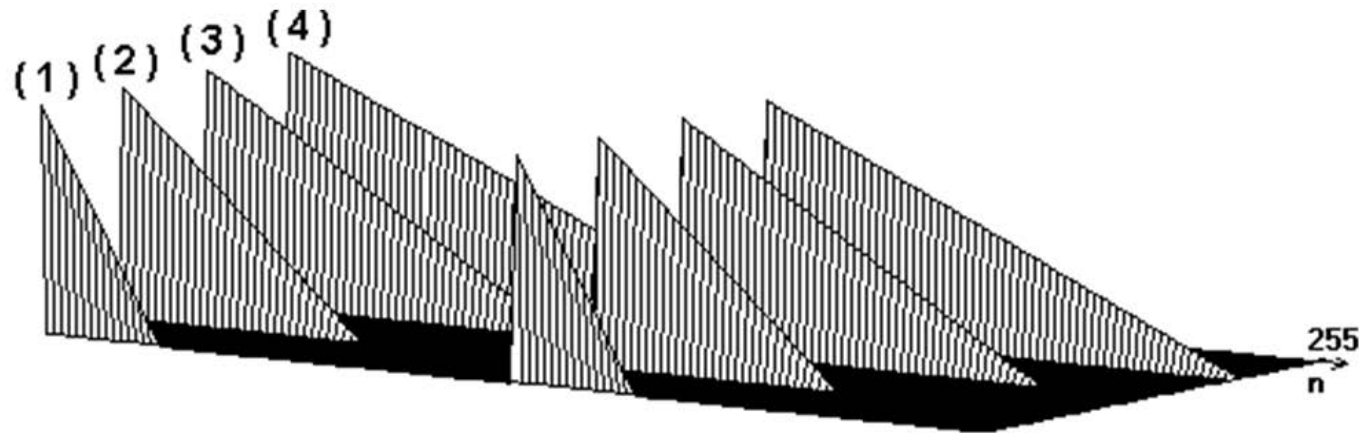
2.3. Soluții originale de atenuare a zgomotului – proiectare, construcție, testare

2.3.1. Reducerea zgomotului evacuării

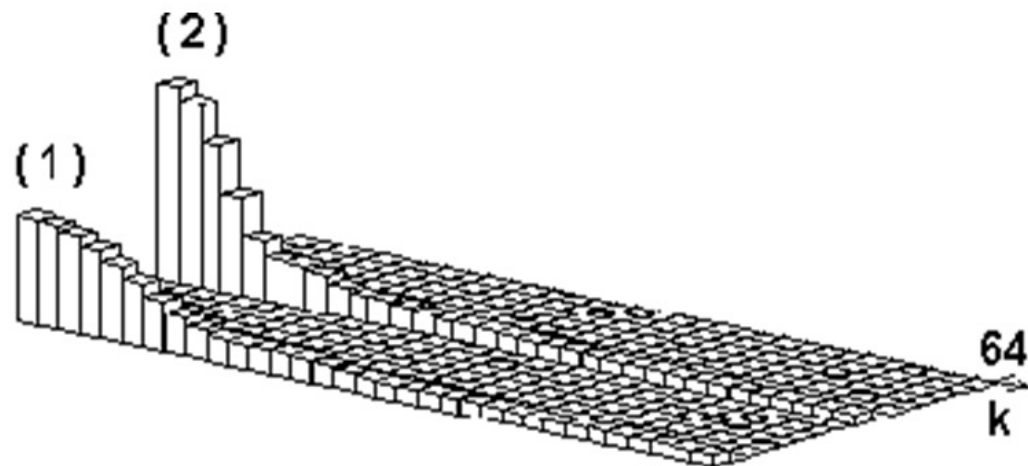
2.3.2. Reducerea zgomotului global al motorului

2.3.3. Reducerea zgomotului ambiental

2.1. Caracteristicile zgomotului sistemului de evacuare



Aspectul temporal (pe 2 perioade T) al presiunii de evacuare pentru 4 factori de umplere ($\tau = 0,25T \dots T$)



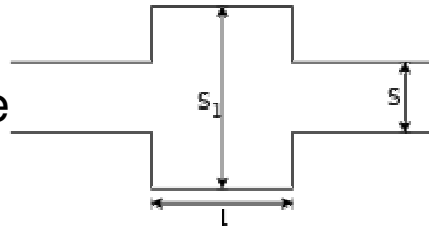
Spectrul presiunii de evacuare calculat cu transformata Fourier rapidă -
 pentru $\tau = 0,25T$ și $\tau = 0,5T$ (64 eșantioane spectrale, "armonici", pentru cele 128 eșantioane temporale / perioadă)

2.2. Principii de atenuare a zgomotului de evacuare

Atenuarea ΔL (acoustic Level [dB])

Atenuarea reactivă a zgomotului - interferențe ale undelor sonore

Camera de expansiune



$$\Delta L = 10 \lg \left[1 + \frac{(\sigma - 1/\sigma)^2 \cdot \sin^2 kl}{4} \right]$$

unde $\sigma = \frac{S_1}{S}$ $k = \frac{2\pi f}{c}$ c - viteza de propagare a sunetului în gaz

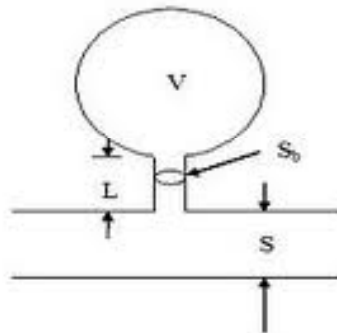
Rezonatorul Helmholtz

$$f_{rez} = \frac{c}{2\pi} \cdot \left(\frac{G}{V} \right)^{0.5}$$

unde V - volumul rezonatorului,

G - conductivitatea gâtului circular:

$$G = \frac{2S_0}{L + (\pi S_0)^{0.5}}$$



$$\Delta L = 10 \lg \left[1 + \frac{\beta^2 b^2}{\left(\frac{f}{f_{rez}} - \frac{f_{rez}}{f} \right)^2} \right]$$

unde numărul de atenuare $b = \left(\frac{G}{V} \right)^{0.5}$, factorul de curgere a gazului $\beta = 2,86 \frac{x(1-x)}{M}$
 [cu M - numărul Mach în conductă, x - scăderea relativă (la atmosferă) a presiunii în atenuator]

Atenuarea in medii absorbtive

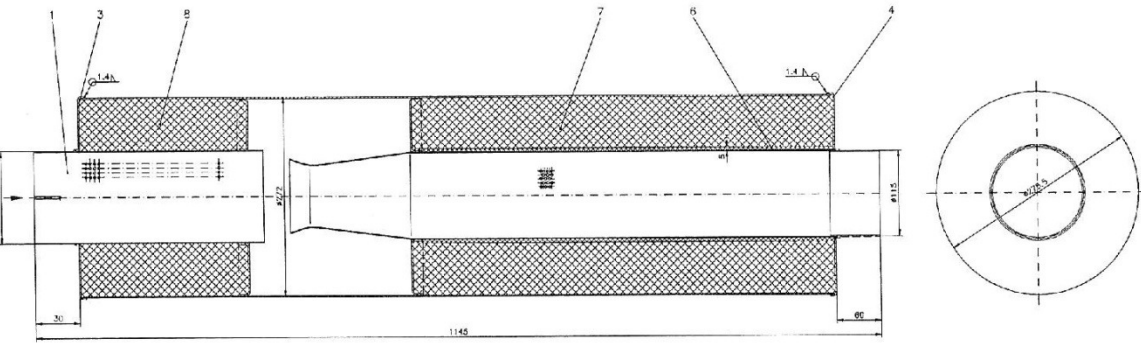
Materiale fonoabsorbante

$$\Delta L = 1,05 \cdot \frac{P \cdot l}{S} \cdot \alpha^{1.4}$$



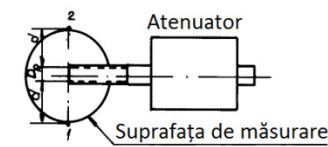
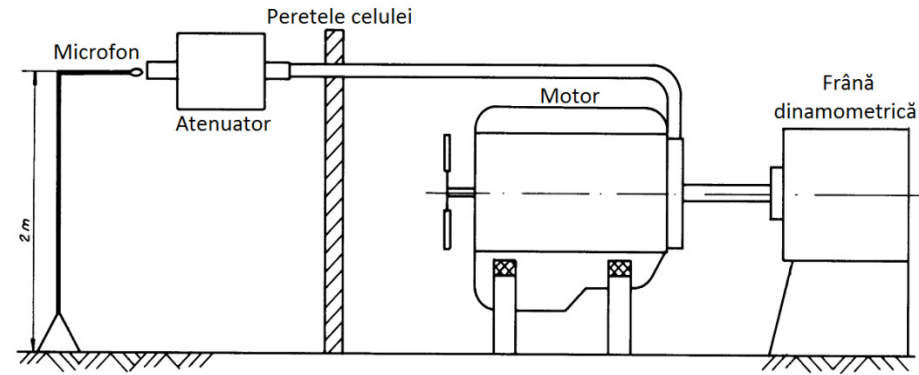
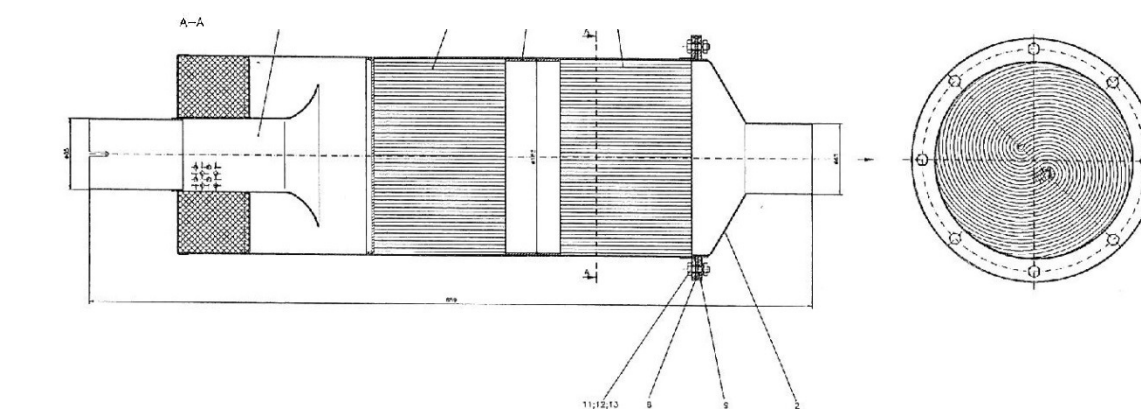
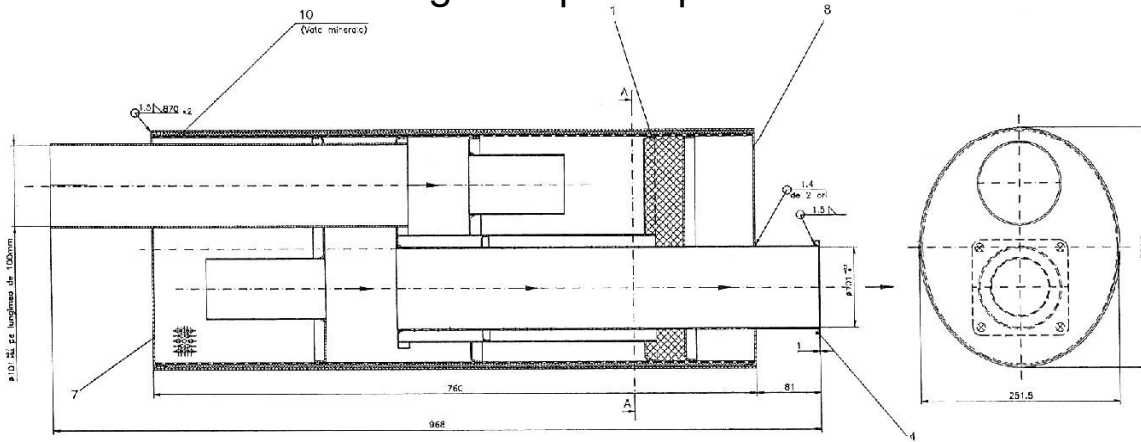
P - perimetrul tubului absorbant, l - lungimea tubului,
 S - aria secțiunii tubului, α - coeficientul de absorbție al materialului.

2.3.1. Reducerea zgomotului evacuării

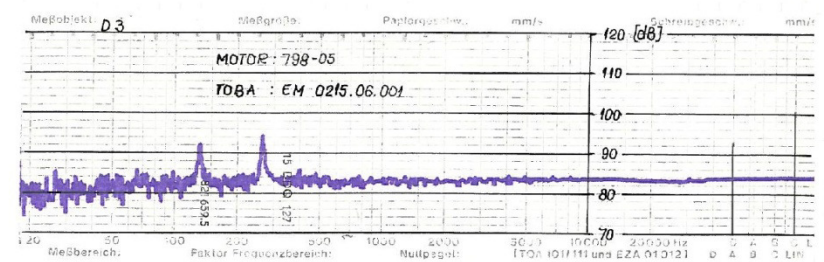
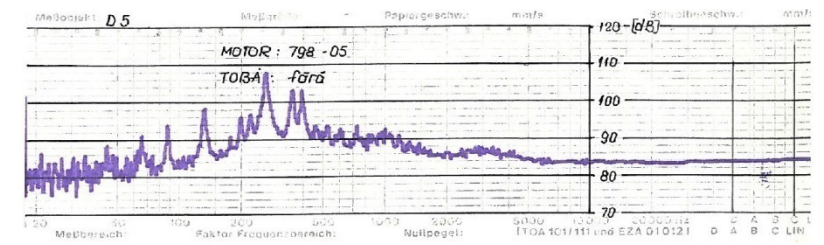


Atenuatorul de zgomot prototip EM.0213.06.001

Atenuatorul de zgomot prototip EM.0215.06.001



Configurația de măsurare a zgomotului de evacuare în camera anecoică Sonometru ROBOTRON 00024 (cf normei 651/1979 CEI)



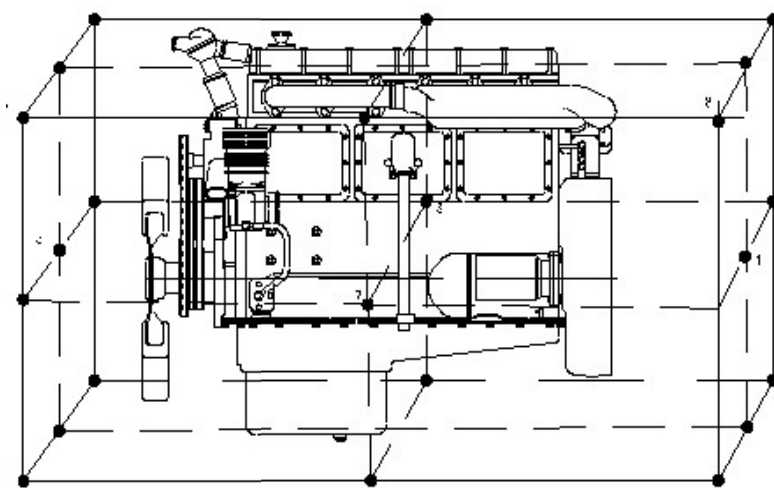
Spectrul de putere acustică cu și fără EM.0215.06.001

Atenuator de zgomot combinat cu catalizator - prototip EM.0214.06.001

2.3.1. Reducerea zgomotului evacuării

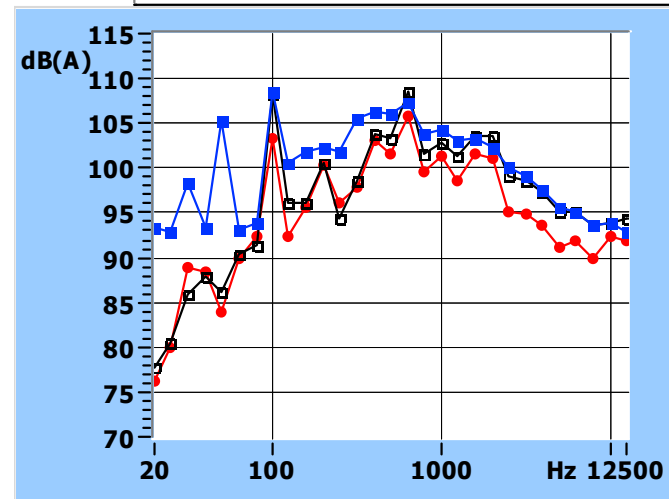
Tipul motorului	Tipul atenuatorului	Contrapresiune [mm H ₂ O]	Atenuarea acustică [dB]
392-L4-DT	89.15101.5001	98	16,5
	EM.0214.06.001	600	14,6
	EM.0215.06.001	350	20,0
798-05	89.15101.5001	200	18,5
	EM.0215.06.001	480	20,5
D2156MTN8	89.15101.5013	140	17,0
	EM.0213.06.001	120	17,0
1340V8DT	89.15101.5014	190	13,9
	EM.0213.06.001	180	17,4

2.3.2. Reducerea zgomotului global al motorului



Configurația punctelor de măsurare a zgomotului.
 Regimurile de încercare ale motorului conform Regulamentului nr.51 ECE-ONU amendamentul 02.
 Măsurători conform ISO 3744:1997, cu sonometru Brüel & Kjaer clasa 1 de precizie conform normei IEC 1672

Lw motor cu ventilator
 Lw motor fara ventilator
 Lw motor fara ventilator & MatFono



L_{WA} - nivelul (Level) de putere acustică, relativ la o curbă de ponderare în frecvență de tip A

Motor 1035L6-DTI: 40 % din suprafața motorului, capul chiulasei, baia de ulei și partea laterală a blocului cilindrilor au fost ecranate cu spumă poliuretanică fonoabsorbantă de 80 mm grosime

Cercetările au fost publicate în articolul or "Selection of Abatement Techniques Based on Engine Noise Analysis" din volumul celei de -a XI-a Conferințe a Congresului Internațional de Automobile "CONAT 2004", indexat în BDI FISITA

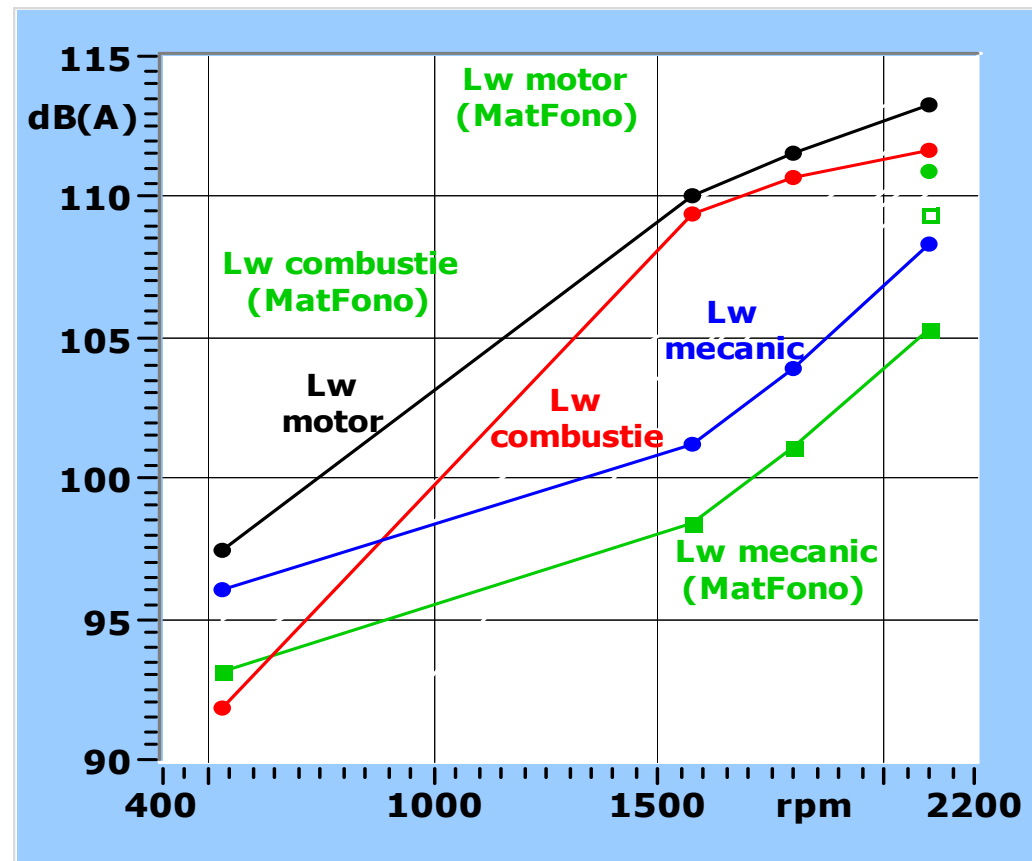
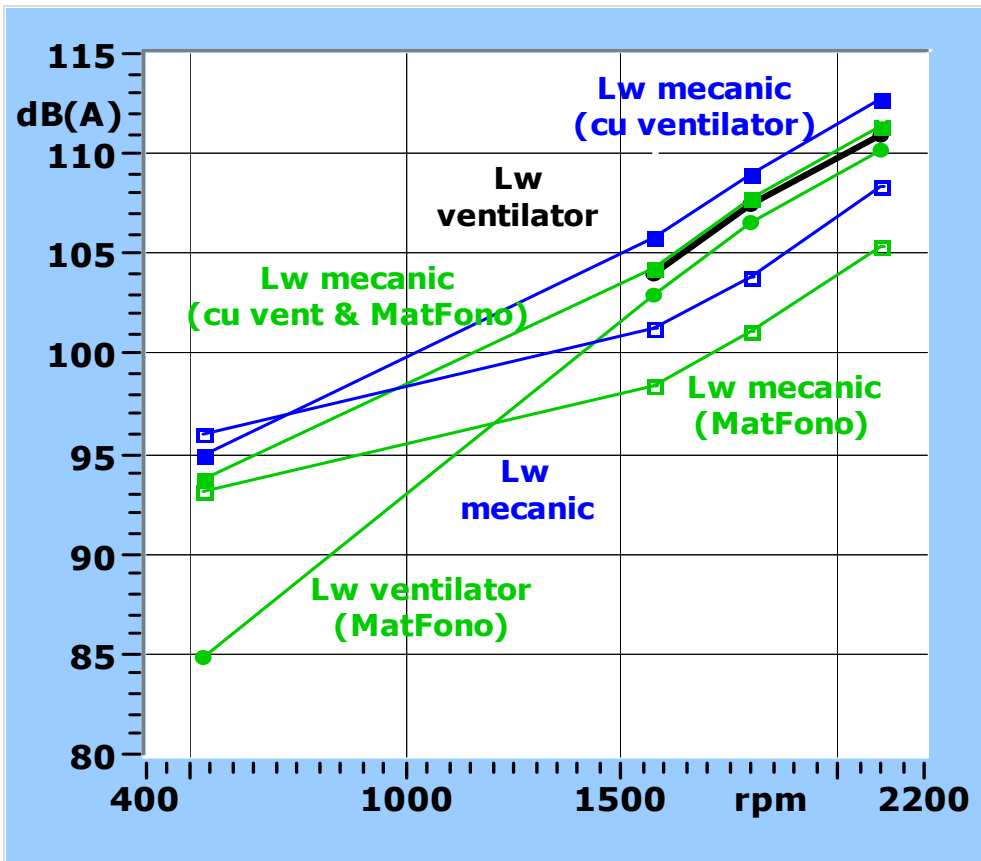
2.3.2. Reducerea zgomotului global al motorului

Obiective

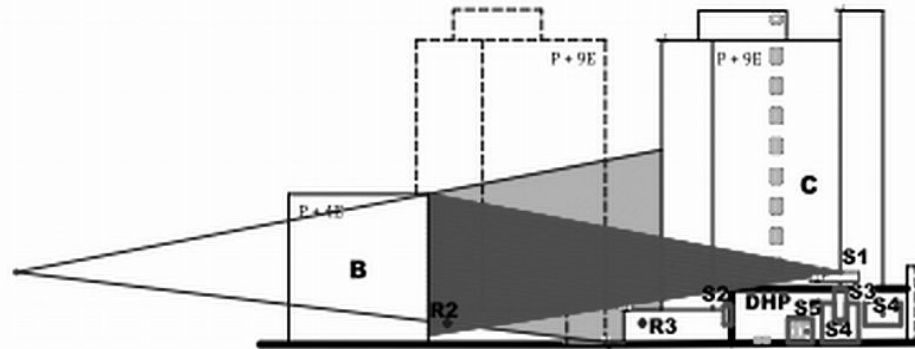
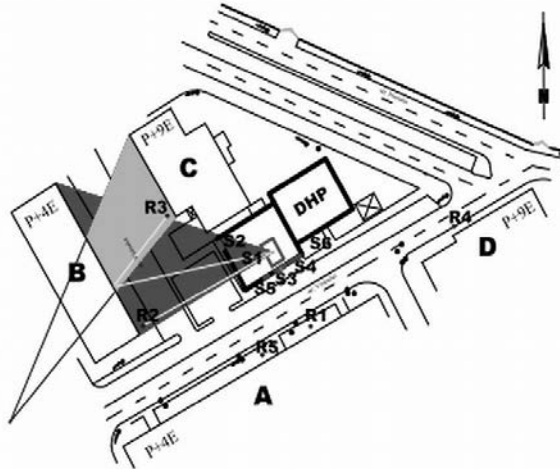
- Stabilirea caracteristicilor acustice ale motorului în diferite regimuri de funcționare, variind sarcina și turația
- Stabilirea distribuției zgomotului pe surse: zgomotul mecanic, cel al arderii și cel al ventilatorului.
- Evaluarea experimentală a influenței carcasării parțiale cu ecrane fonoabsorbante.

Concluzii

- S-a putut separa contribuția zgomotului mecanic și a zgomotului arderii în spectrul zgomotului total.
- Analiza spectrală indică contribuția de 10dB a ventilatorului în domeniul 100-800 Hz;
- Efectul materialului fonoabsorbant în domeniul 1000-12500 Hz este de circa 3 dB, valoare constantă cu turația.

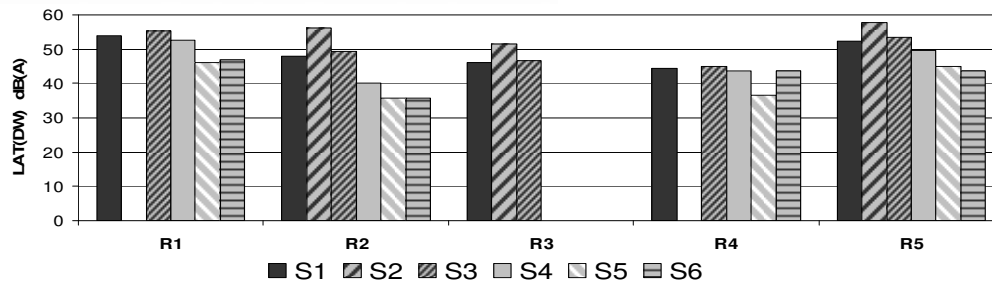


2.3.3. Reducerea zgomotului ambiental produs de motorul unui grup de co-generare



Analiza căilor de propagare: A – D – blocuri de locuințe, S – surse, R – receptori, sunetul direct (cu negru) și sunetul reflectat (cu gri)

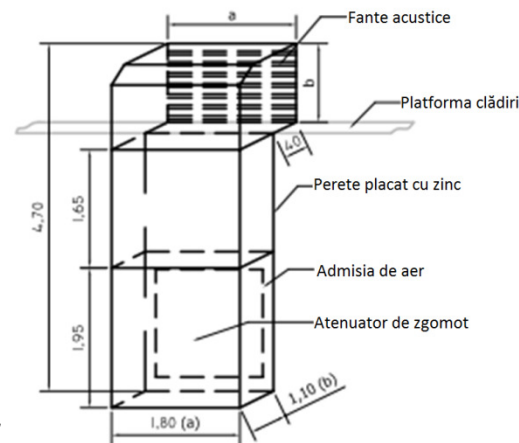
1) Presiunea acustică continuă echivalentă, în direcția vântului, $L_{AT}(DW)$, în dB(A) la sursa S1 înainte și după montarea ecranelor



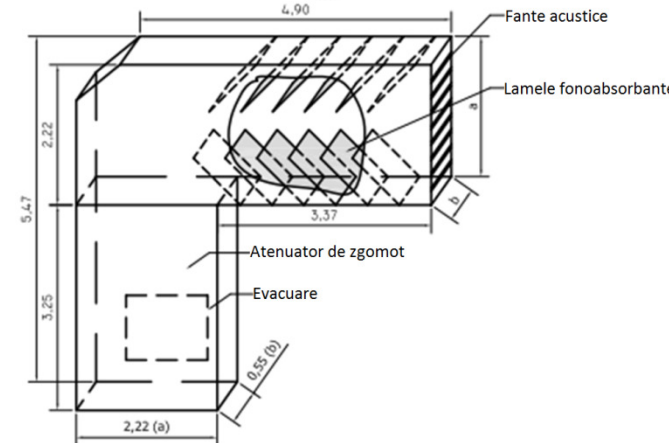
Niveluri de zgomot de la cele 6 surse măsurate în cele 4 puncte de recepție

	Nivel de zgomot înainte de ecranare	Nivel de zgomot după ecranare
R1	54.1	33.5
R2	48.3	32.8
R3	46.4	31.1
R4	44.5	29.4
R5	52.6	36.4

2) Montarea unor atenuatori de zgomot la intrarea instalației de admisie și de evacuare



Conducta de admisie



Conducta de evacuare

Cercetările au fost publicate în articolul "Evaluation and abatement of environmental noise - A case study for district heating plant placed in a residential area of Brasov – Romania", în Revista cotate ISI "Environmental Engineering and Management Journal" în volumul 14 din ianuarie 2015

3. Creșterea eficienței proceselor din motoare

- 3.1. Reducerea pierderilor gazo-dinamice pe traseul de evacuare
- 3.2. Aplicarea răcirii intermediare a aerului din admisie (Intercooling)
 - 3.2.1. Determinarea plusului de performanță față de varianta supra-alimentată
 - 3.2.2. Optimizarea construcției răcitorului de aer
- 3.3. Acordarea funcționării turbosuflantei cu motorul
- 3.4. Studiul și optimizarea bilanțului energetic
 - 3.4.1. Studiul transferului de căldură prin convecție-radiație
 - 3.4.2. Recuperarea de energie din gazele de evacuare prin efectul termoelectric
- 3.5. Optimizarea instalației de răcire
- 3.6. Determinarea pierderilor mecanice
- 3.7. Reducerea puterii de antrenare a echipamentelor auxiliare
 - 3.7.1. Determinarea puterii de antrenare a ventilatorului
 - 3.7.2. Cuplajul ventilatorului la turații variabile
- 3.8. Reducerea pierderilor prin frecare prin optimizarea regimurilor de ungere

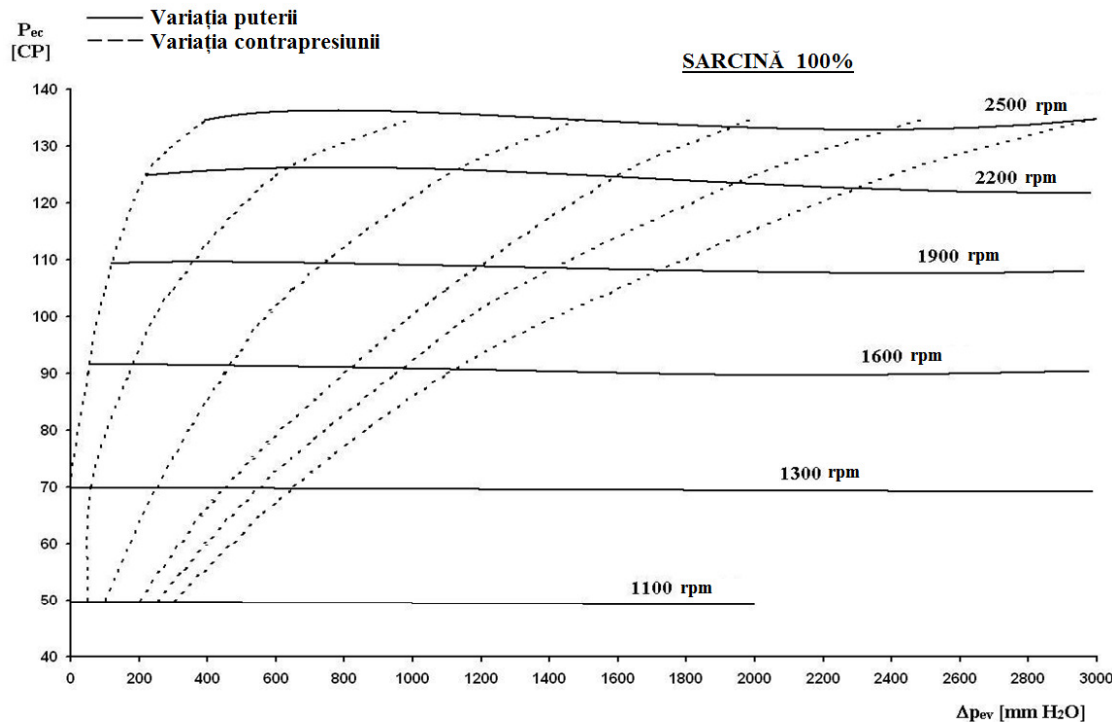
„Care este valoarea admisibilă a rezistențelor gazo-dinamice în sistemul de evacuare care nu reduce semnificativ puterea?”

Regulile producătorilor:

La motoarele cu aprindere prin comprimare din fabricația ROMAN, cu aspirație naturală utilizate pe autovehicule valoarea rezistenței gazo-dinamice admisibile este de 1000 mm H₂O, iar pentru cele supraalimentate este de 500 mm H₂O.

Modificarea rezistențelor s-a realizat în plaja 500-3000 mm coloană de apă în condițiile creșterii simulate a rezistențelor gazo-dinamice din sistemul de evacuare prin introducerea unei clapete reglabile de obturare în sistemul de evacuare a standului de încercare.

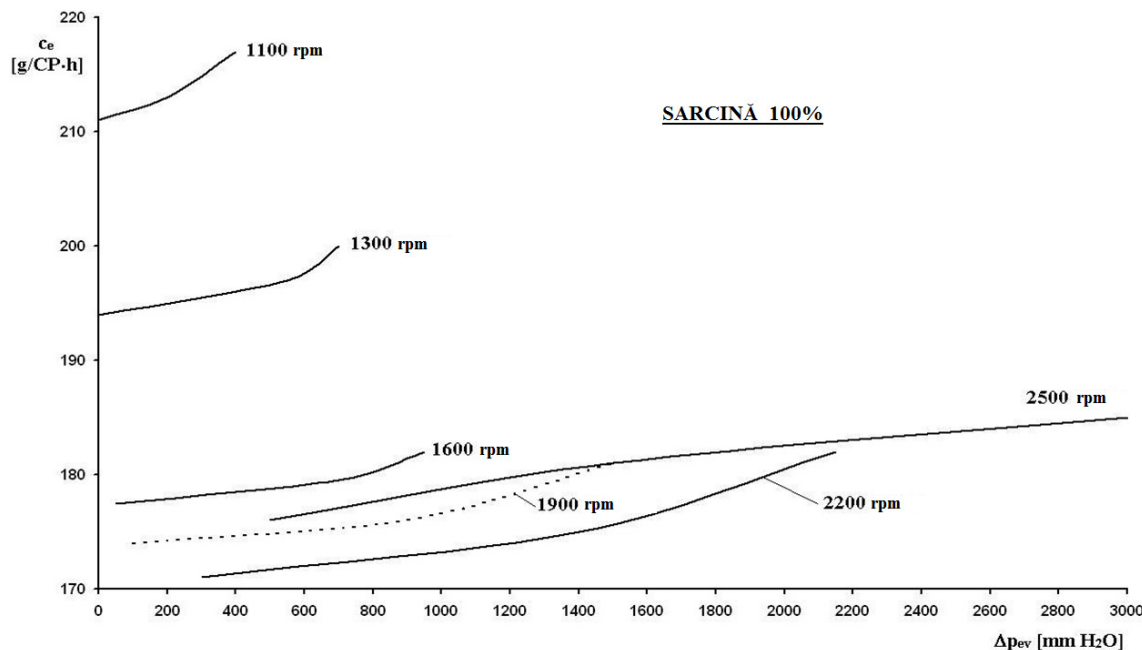
3. 1. Reducerea pierderilor gazo-dinamice în evacuare



Motorul 798-05

Pentru o rezistență gazo-dinamică la evacuare mai mare de 1000 mm H₂O, parametrii motoarelor se modifică astfel:

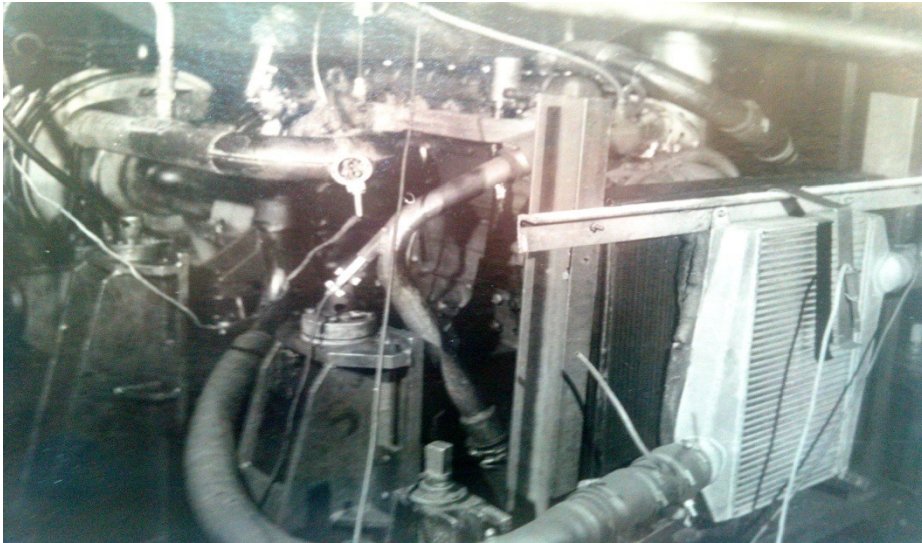
- Puterea motorului scade cu mai mult de 1% ajungând la 5,7% la 3000 mm H₂O;
- Consumul specific de combustibil crește cu mai mult de 1% ,ajungând la 7,6% pentru 3000 mm H₂O;
- Emisia de fum are o creștere semnificativă, de până la 8 unități Hartridge pe tot domeniul de turații.



3.2. Intercooling

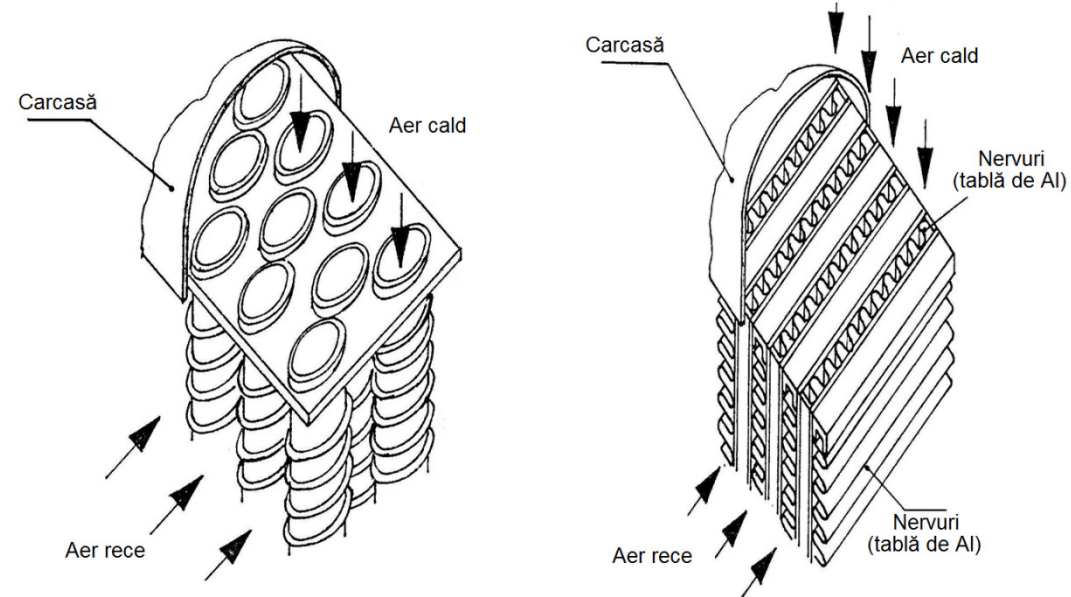
3.2.1. Determinarea plusului de performanță față de varianta supra-alimentată

Motorul cu răcire intermediară în timpul probelor



3.2.2. Optimizarea construcției răcitorului de aer

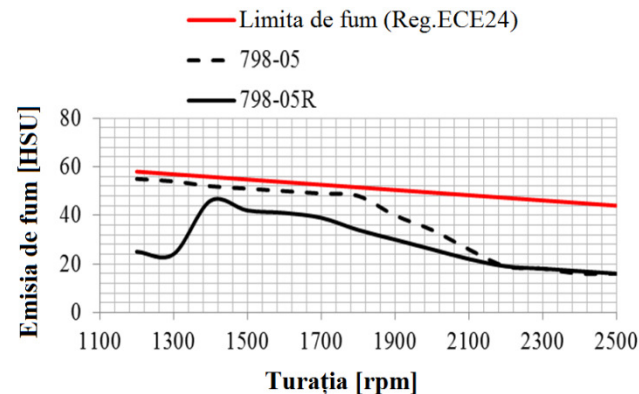
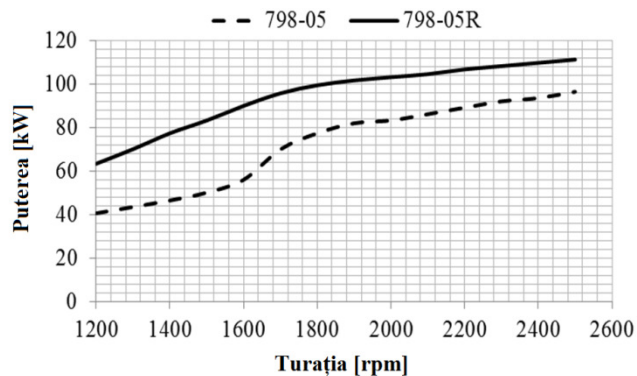
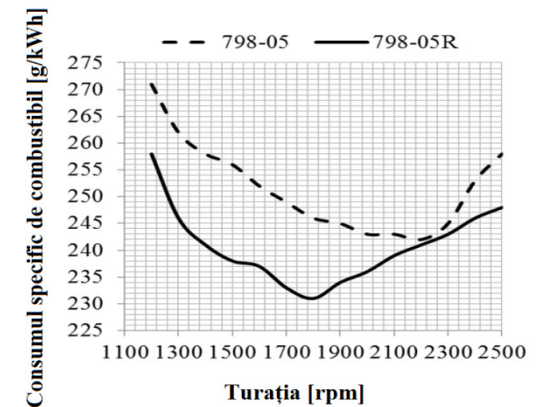
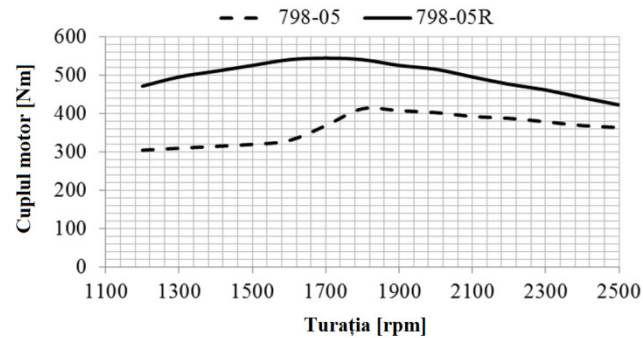
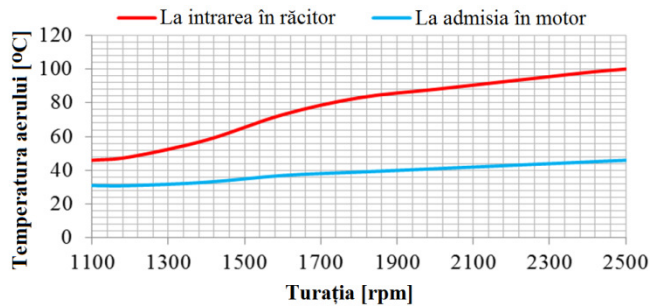
Răcitoarele de aer: stânga-oțel, dreapta-aluminiu



Finanțarea cercetării a fost asigurată de Ministerul Educației și Cercetării, iar rezultatele sunt cuprinse în articolul ”Optimisation of 798-05 Diesel Engine Performance Using Waste-Gated Turbocharger”, publicat în Review of the Air Force Academy, no.3 (27), 2014, revistă indexată BDI.

3.2. Intercooling -plus de performanță

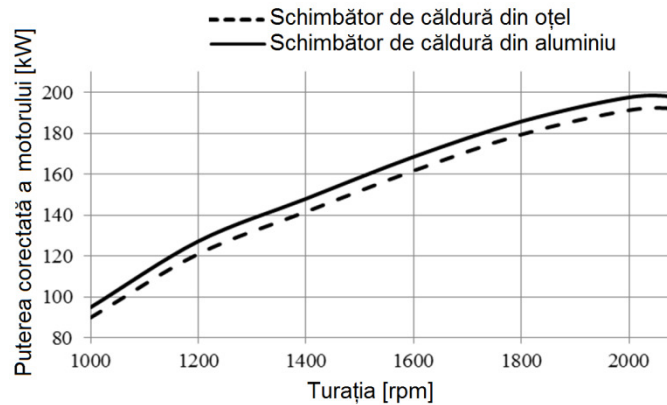
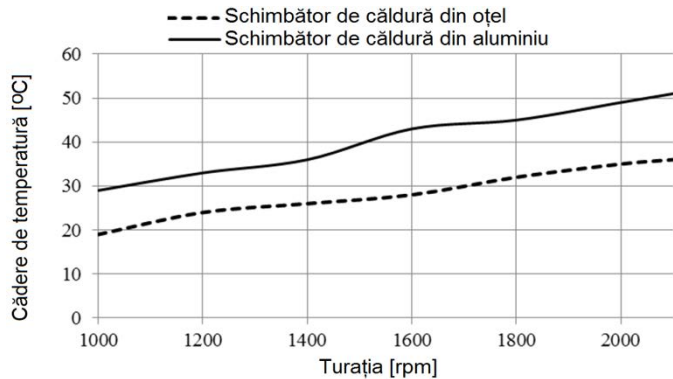
Motorului 798-05 i s-a aplicat răcirea intermediară, fiind transformat în motorul 798-05R:



Rezultate

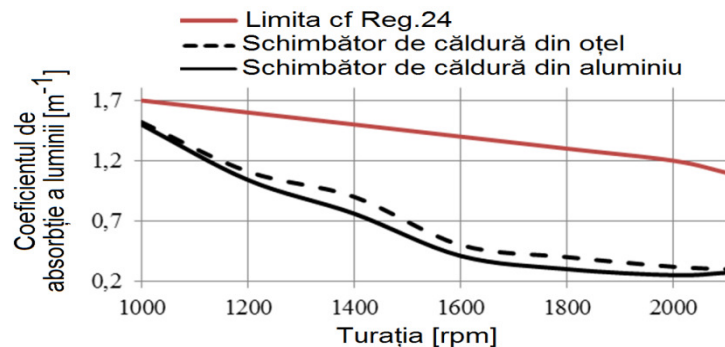
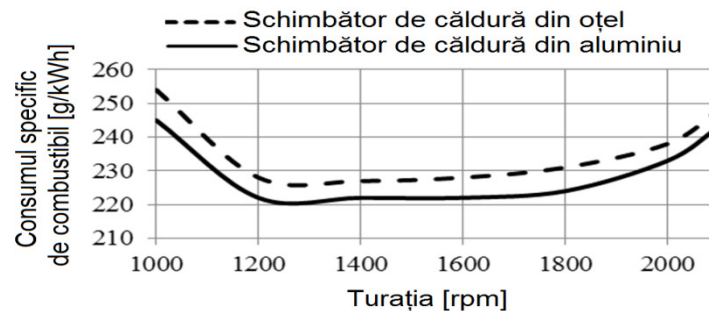
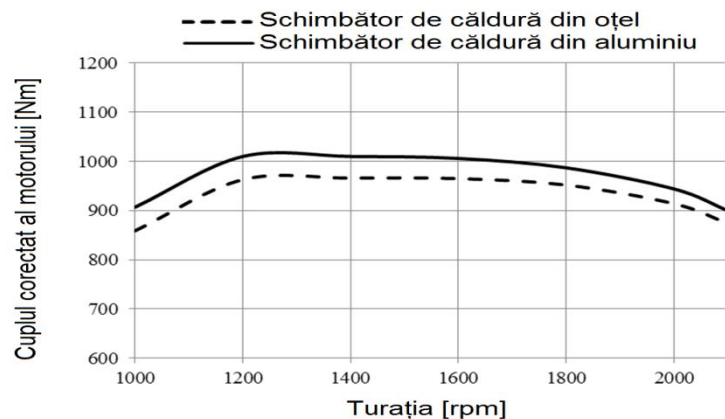
- creștere de putere de 15%, creștere de cuplu maxim de 30%
- scădere a consumului specific de combustibil de 5,7%
- emisii de particule scăzute cu circa 31% (fum).

3.2. Intercooling-optimizarea construcției răcitorului de aer



Soluția răcitorului din aluminiu asigură:

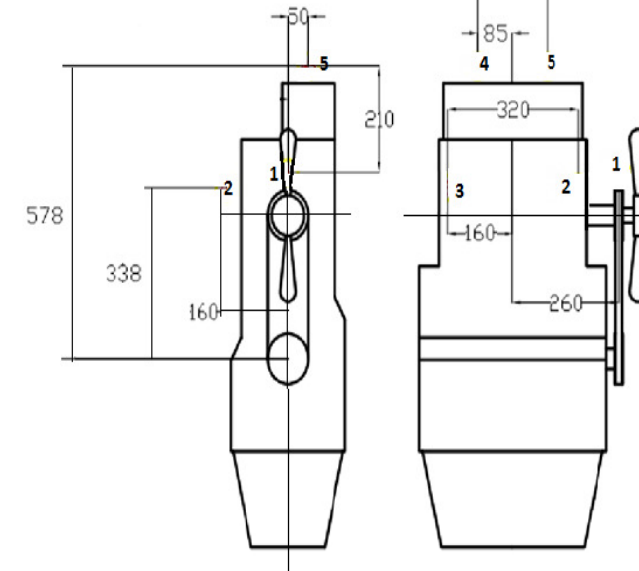
- Creștere de putere și cuplu cu 4,2%
- Scăderea consumului specific de combustibil cu 2,6 %
- Scăderea fumului prin coeficientul de absorbție a luminii cu $0,072\text{m}^{-1}$ (circa 12 % echivalent în emisia de particule).



3.4.1 Studiul transferului de căldură prin convecție –radiație

- Studiu efectuat în laboratorul de Termotehnica al Universității "Transilvania"
- Dezvoltat pentru lucrarea de laborator "Bilanțul termic al motorului cu ardere internă"
- Scopul: creșterea preciziei termenilor de bilanț, mai ales a debitului de căldură transferată prin convecție și radiație
- S-au utilizat termograme pentru aprecierea temperaturii suprafețelor motorului
- La 3 regimuri s-au măsurat vitezele tangențiale ale aerului pentru caracterizarea curgerii prin numărul Reynolds.

Pozițiile punctelor de măsură în jurul motorului



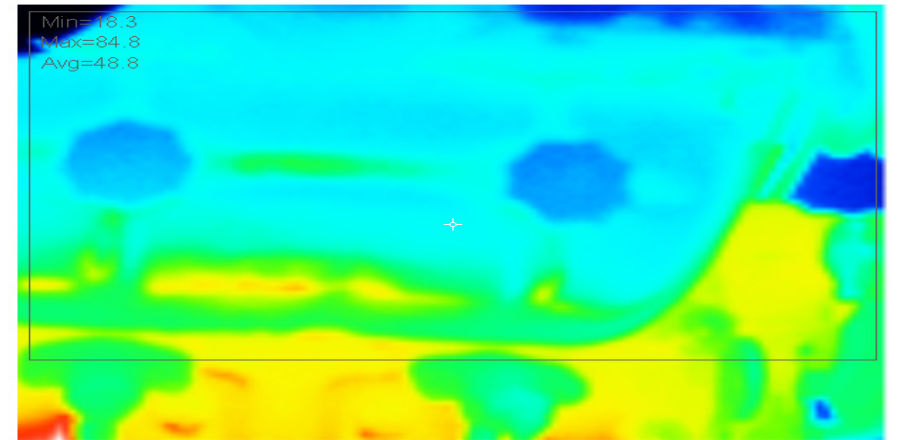
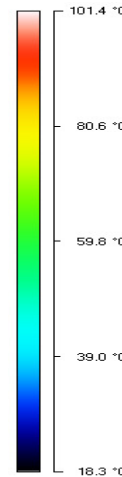
$$\dot{Q}_{conv-rad} = \dot{Q} - (\dot{Q}_e + \dot{Q}_c + \dot{Q}_{exh} + \dot{Q}_{in})$$

$$\alpha_{conv-rad} = \frac{\dot{Q}_{conv-rad}}{A \cdot (t_{ms} - t_a)} = \frac{\dot{Q}_{conv-rad}}{A \cdot \Delta t}$$

$$\overline{Nu}_L = 0.664 \cdot Re_L^{1/2} \cdot Pr^{1/3}$$

$$\alpha_{conv-rad} = A \cdot \Delta t + B \cdot w + C \cdot \Delta t \cdot w$$

$$\alpha_{conv-rad} = 0.21 \cdot \Delta t + 2.19 \cdot w - 0.0234 \cdot \Delta t \cdot w$$



Temperaturile medii ale suprafețelor motorului

Termograme cu camera Fluke Ti 20 "Thermal imager" / software Fluke InsideIR 3.1.1

Valabilitate limitată la regimurile de funcționare staționară a motorului în condițiile atingerii regimului termic prescris (temperatura lichidului de răcire 75-90 °C), situație ce corespunde condiției $\Delta t > 0$ (cu valori experimentale în intervalul 38-52 °C).

3.4. Studiul și optimizarea bilanțului energetic

3.4.2. Recuperarea de energie din gazele de evacuare prin efectul termoelectric

- Cea mai dorită formă de energie, cea electrică, se poate obține și prin generare termoelectrică (TEG) - regim Seebeck (simetric față de regimul Peltier).
- TEG - dispozitiv semiconductor în regim Seebeck, montat în exteriorul colectorului de evacuare
- Deși se colectează la ora actuală doar câteva procente din energia termică a gazelor de evacuare (utilizabilă local pentru senzori speciali etc) cercetările în domeniul "energy harvesting" au mari perspective

Termograme cu camera Fluke Ti 20

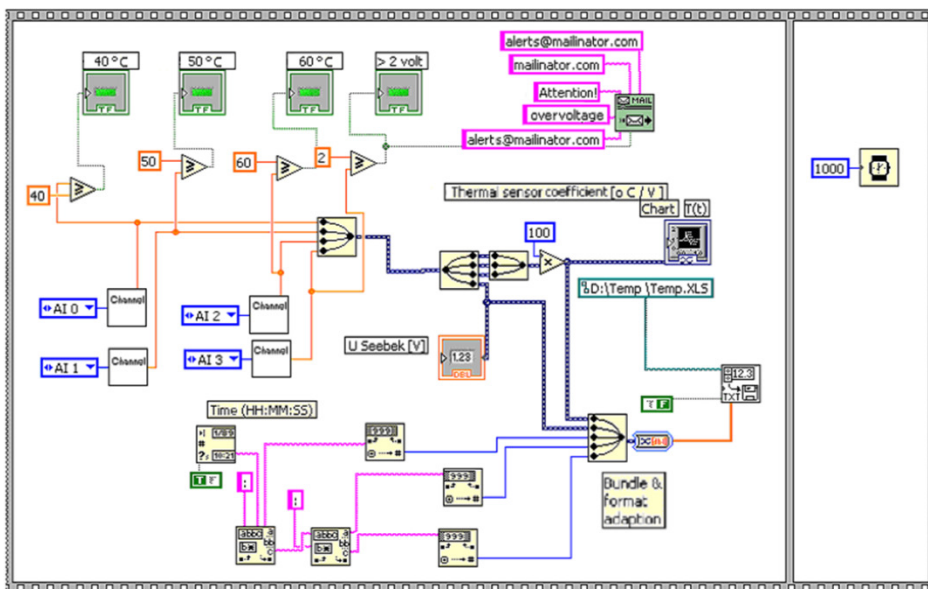
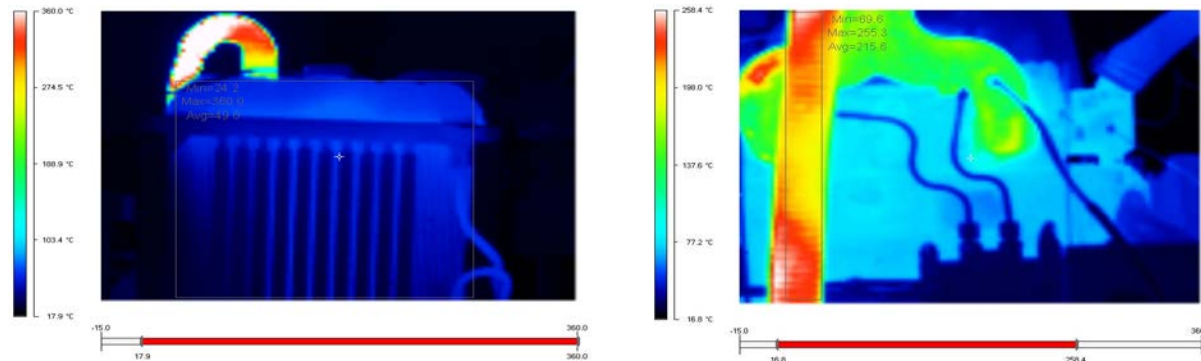
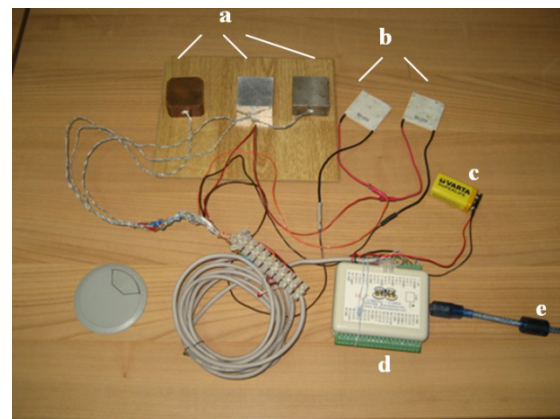
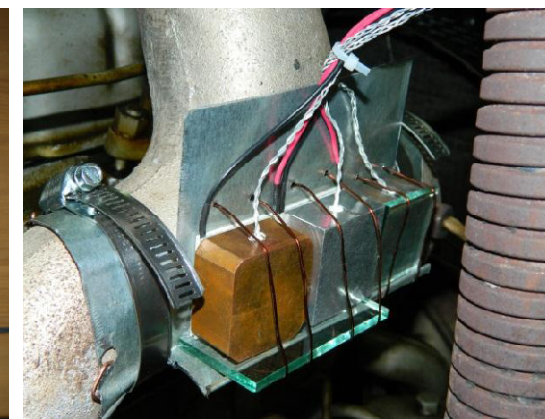


Diagrama Instrumentului Virtual National Instruments LabVIEW



Sistemul de achiziții de date și conexiunile de lucru:

- senzori de temperatură LM35DZ montați în centrul plăcilor de Cu, Al & Oțel / unul pentru proba Seebeck);
- elementele semiconductoare TEC1-12710;
- baterie alcalină de 9V;
- modulul electronic HYTEK iUSBDAQ - U120816;
- cablu USB de legătură între modulul iUSBDAQ și PC



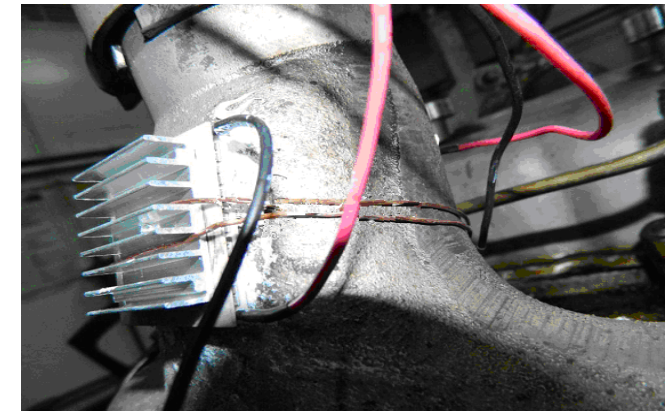
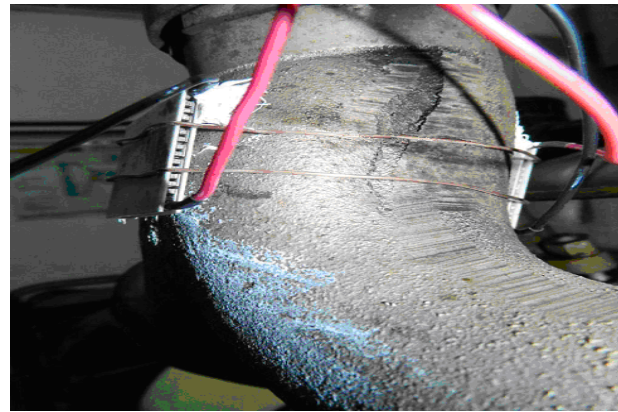
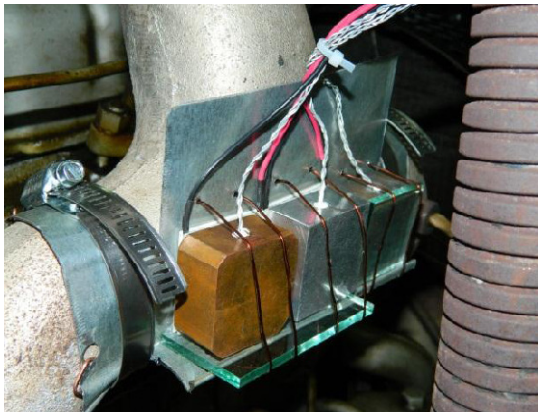
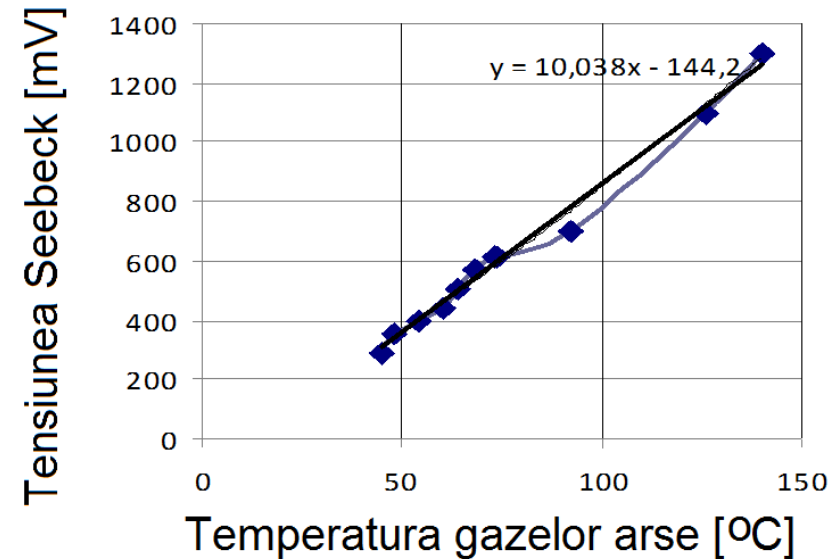
Montura TEG pe colectorul de evacuare

3.4.2. Recuperarea energiei prin efectul termoelectric

Prin aplicarea unor temperaturi diferite la sursa rece și cea caldă, se reglează reostatic sarcina TEG pentru a maximiza produsul Putere = Curent x Tensiune obținând un rezultat de ordinul a 100mW.

Dacă un singur TEG de acest tip încercat (TEC1-12710) generează puterea de 100 mW de pe 10 cm² atunci întregul colector de evacuare acoperit cu TEG flexibile, circa 60 de bucăți, ar produce 6W.

Investigațiile au confirmat potențialul recuperării de energie prin TEG, fiind pus la punct un sistem fiabil de studiu al conversiilor termoelectrice.

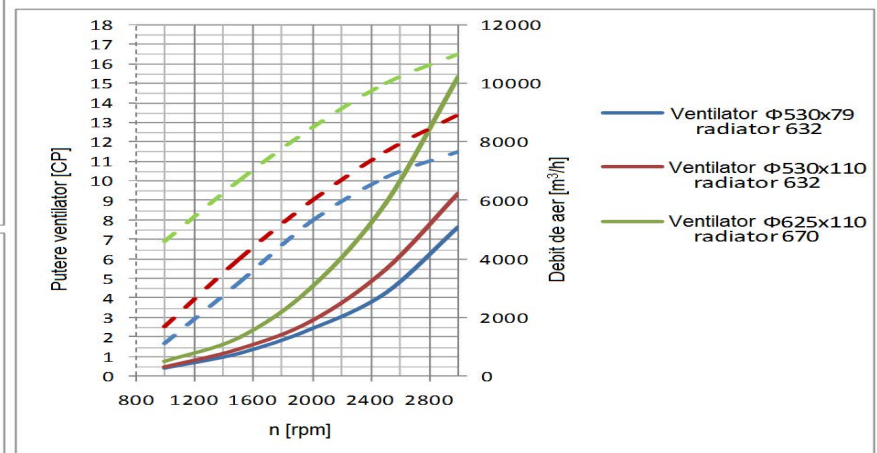
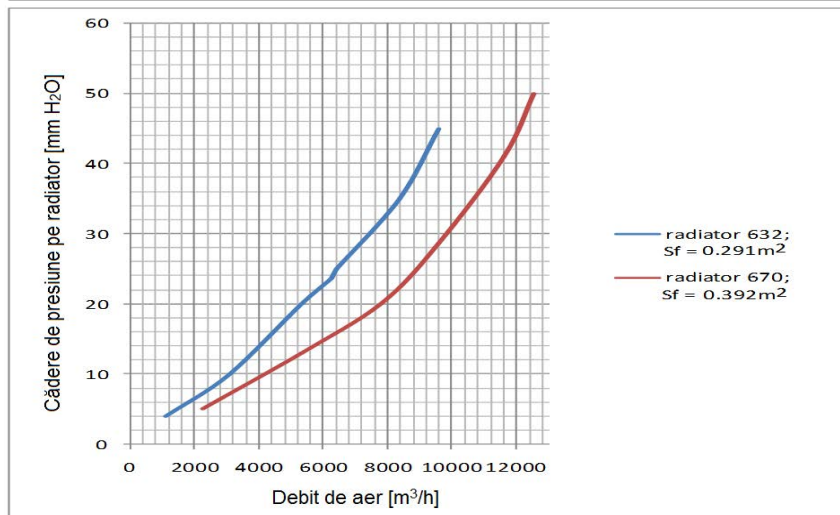
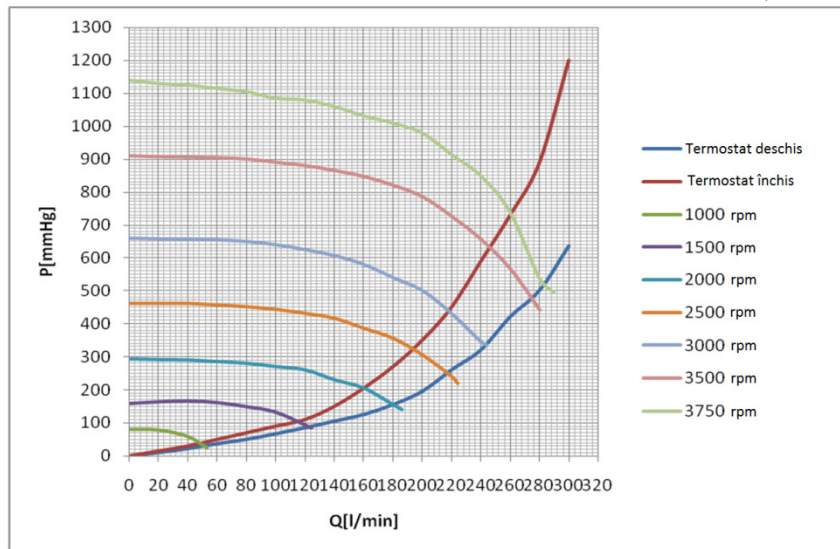
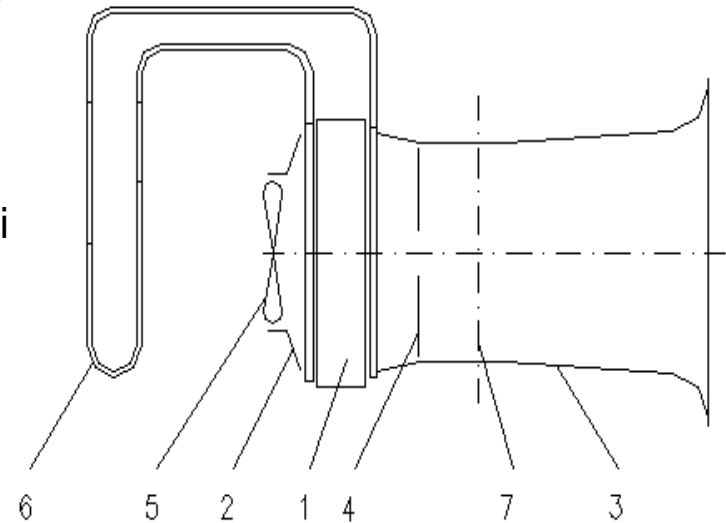


3.5. Optimizarea instalației de răcire



Cercetarea instalației de răcire a fost făcută pe motorul 797-05 determinându-se fluxurile de căldură disipate în lichidul de răcire și în aer, precum și căldura disipată pe întreg ansamblul motor – pompă de lichid – ventilator – radiator.

S-a stabilit o procedură numerică de selecție (acordare) între caracteristicile pompei centrifugale, ventilatorului și radiatorului



Caracteristicile ventilator-radiator

3.6. Determinarea pierderilor mecanice

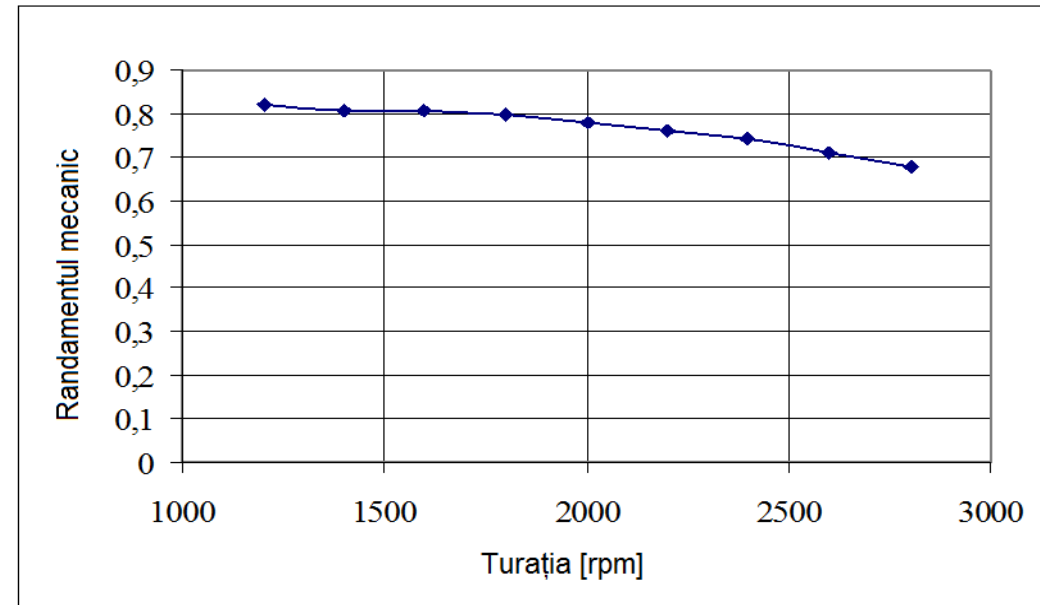
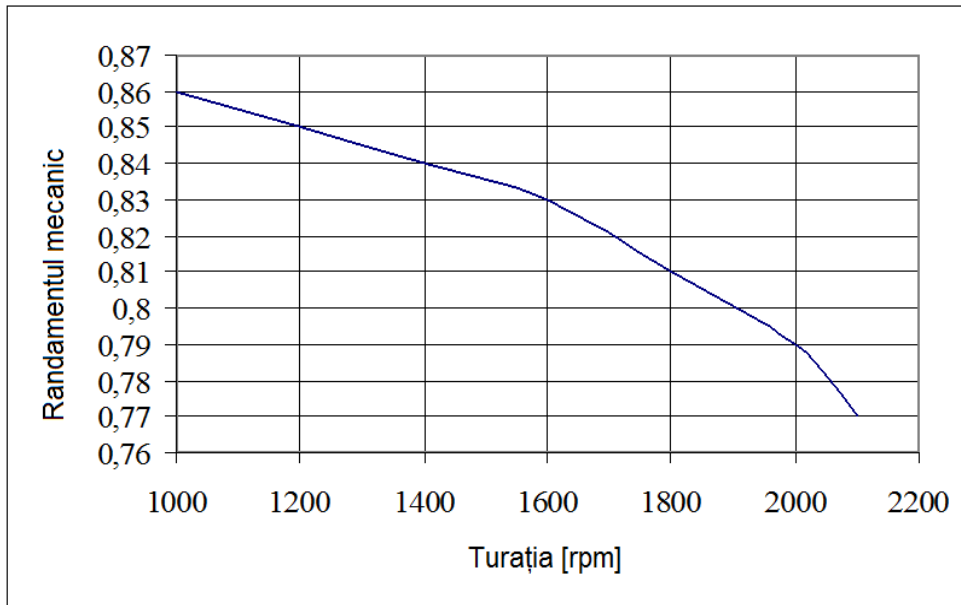
Determinarea experimentală a pierderilor mecanice la motoare s-a făcut prin antrenarea motorului nealimentat cu combustibil de un generator electric pe standul de testare, măsurându-se cuplul rezistent. Se calculează randamentul mecanic:

$$\eta_m = \frac{P_e}{P_e + P_m}$$

Pentru motoarele D2156MTN8 și respectiv 798-05 s-au determinat experimental randamentele mecanice și puterea pierderilor mecanice P_m

$$P_m = 13.975 \cdot 10^{-6} n^2$$

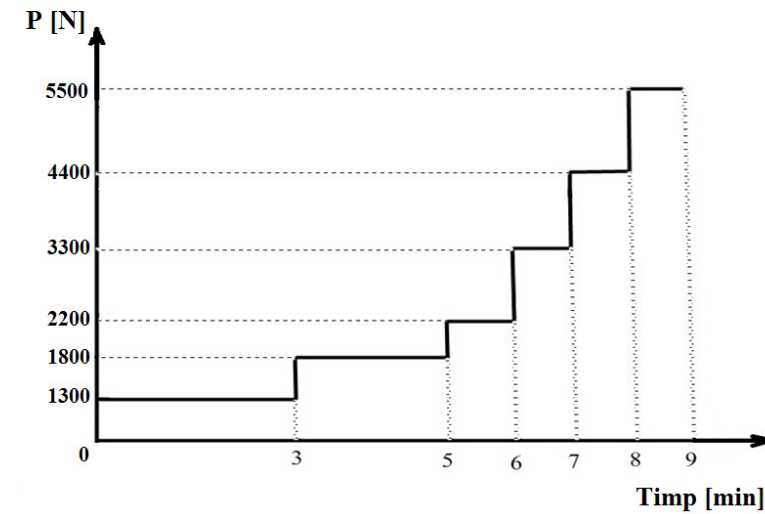
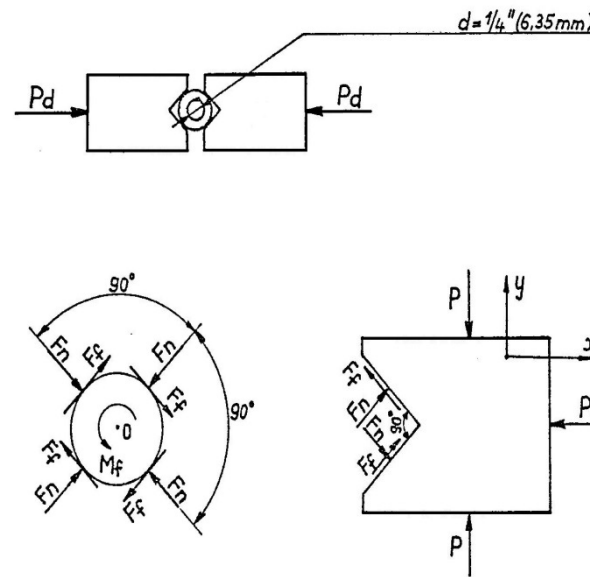
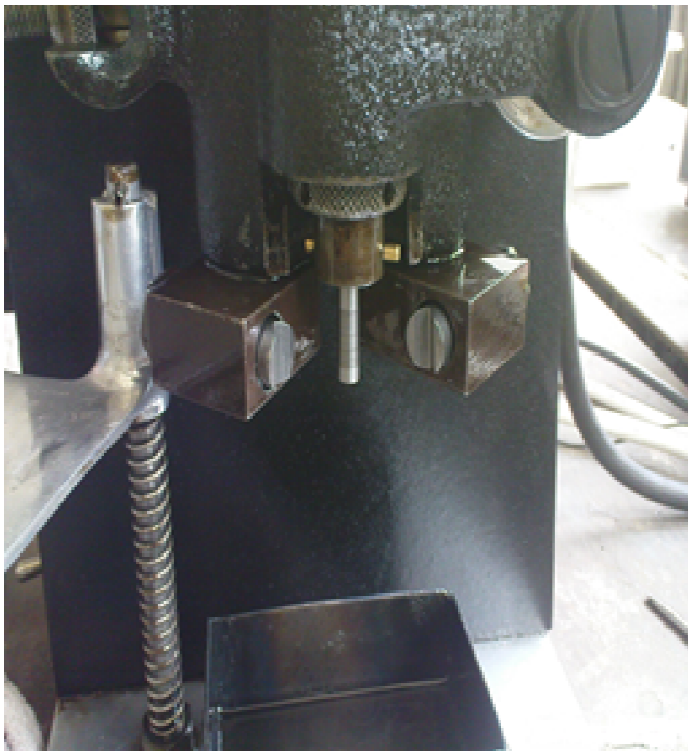
$$P_m = 5.75 \cdot 10^{-6} n^2$$



3.8. Reducerea pierderilor prin frecare prin optimizarea ungerii

Profilul tribologic al lubrifianților

- pentru uleiuri de motor, de transmisii mecanice, pentru doua tipuri de aditivi pentru uleiuri
- tribometrul Falex, viscozimetrul rotațional și areometre, în laboratoarele Universității "Transilvania"



3.8. Reducerea pierderilor prin frecare prin optimizarea ungerii

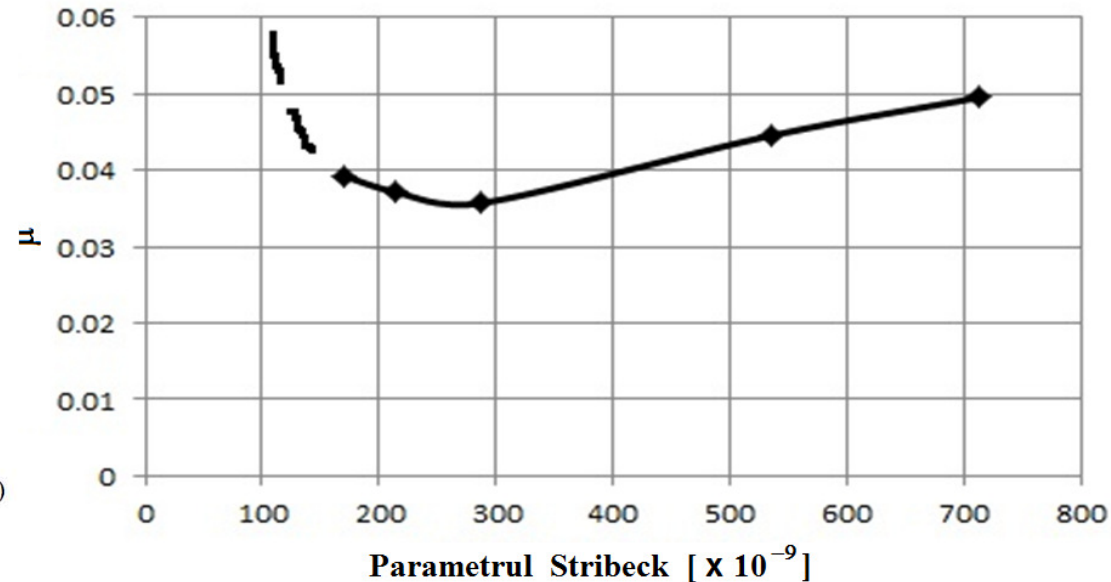
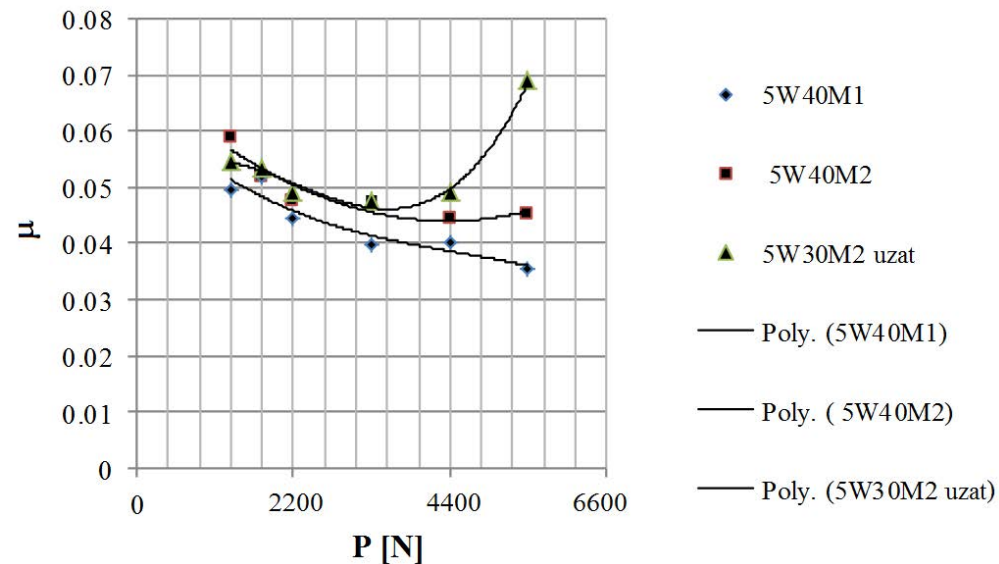
Pentru 3 uleiuri de motor s-a determinat coeficientul de frecare funcție de sarcină

Pentru un ulei de transmisie, 75W80M1, s-a determinat poziționarea regimului de ungere pe curba Stribeck

Regimurile de ungere depind de grosimea filmului de ulei, fiind definite patru regimuri pe curba Stribeck, regimuri care impun condiții diferite uleiurilor: ungerea hidrodinamică (HL); ungerea elasto-hidrodinamică (EHL); ungerea în strat limită (BL) și ungerea mixtă (ML).

$$S = \frac{\eta \cdot v}{P_d}$$

η – viscozitatea dinamică a uleiului, v – viteza relativă a axului între blocuri, P_d – sarcina aplicată raportată la lungimea liniilor de contact dintre ax și blocuri.



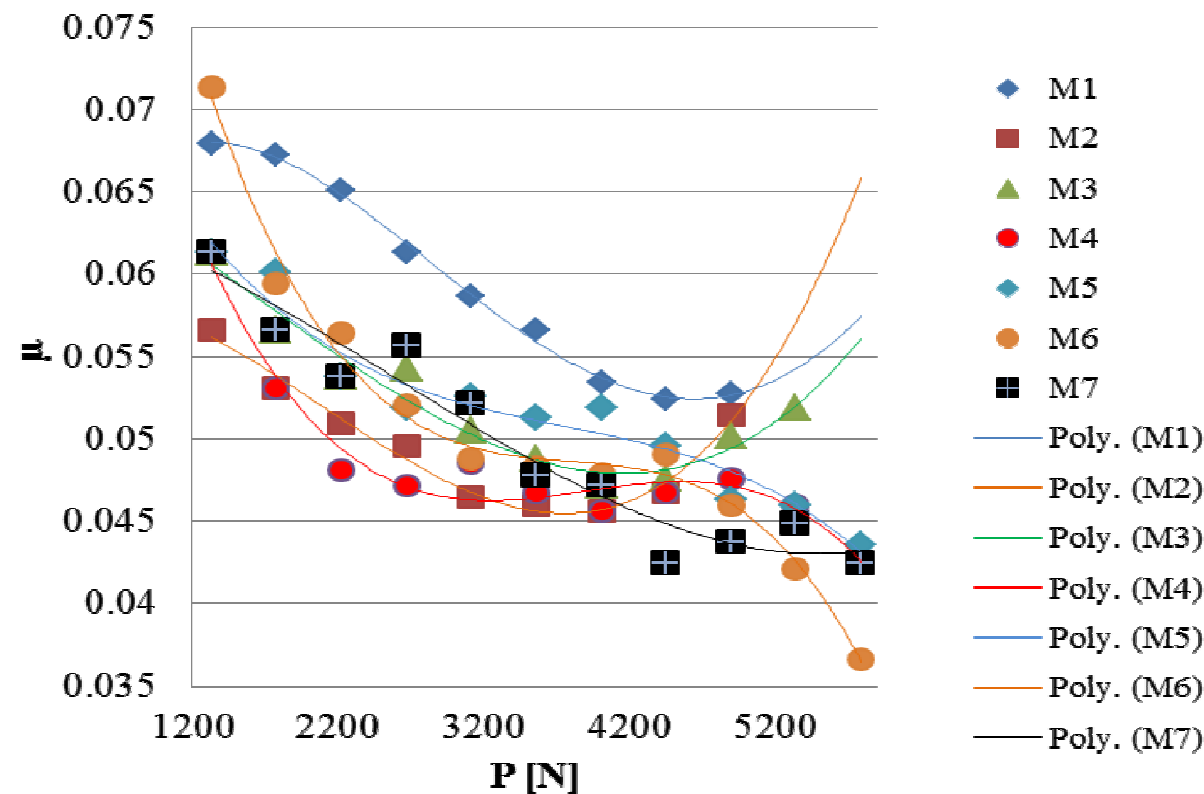
3.8. Reducerea pierderilor prin frecare prin optimizarea ungerii

Au fost testate șapte uleiuri comerciale de motor, ne-aditivate de viscozitate SAE, 10W40, notate pentru anonimizare M1...M7

O comportare bună au dovedit uleiurile M5 și M6 care au punctul de inflexiune poziționat la sarcini mari.

În ceea ce privește coeficientul de frecare, cu excepția uleiului M1 care are valori relativ mari pe tot intervalul, valorile acestuia variază într-un interval destul de larg, 0,043-0,062.

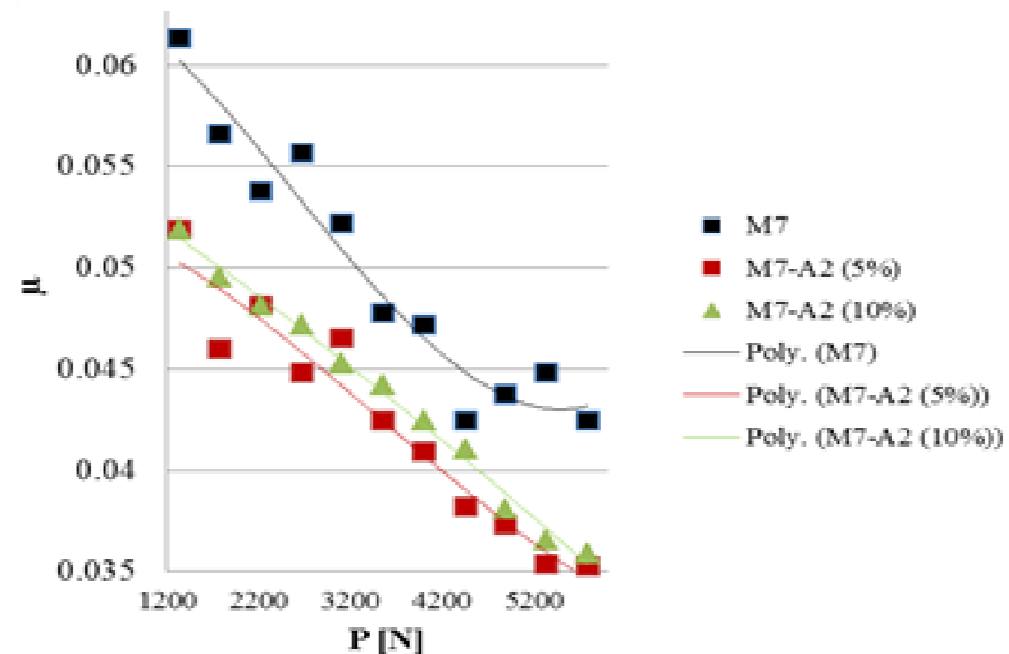
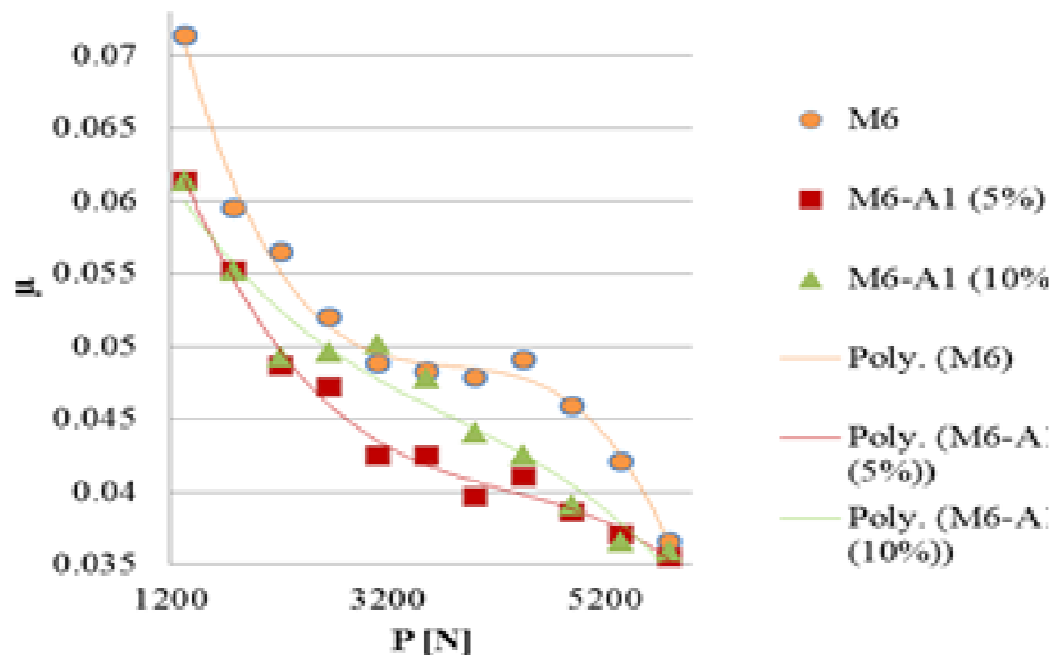
Tipul uleiului	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
Viscozitatea cinematică (40°C) [mm ² /s]	96,4	96,8	93,04	97	94	102,5	85
Densitatea [kg/m ³]	868	873,6	863	874	868	862	871



3.8. Reducerea pierderilor prin frecare prin optimizarea ungerii

S-au aditivat uleiurile anterioare cu doi aditivi:

- Aditivul A1 este detergent-dispersant dizolvând depunerile și lacurile, reziduurile fiind aduse în suspensie, concentrația recomandată fiind de 5% (v/v).
- Aditivul A2 reduce frecarea, acționând asupra suprafețelor, făcându-le mai alunecoase prin depunerea unui strat subțire cu molecule lungi, polare care se fixează pe suprafețele metalice.
- Pentru A1 s-a ales uleiul M6, fiind reprezentate mai jos comportarea neaditivată, cea aditivată cu 5% și cea cu 10% - se poate observa că aditivarea cu 10% este mai nefavorabilă decât cea cu 5%.
- Aditivul A2 reduce semnificativ coeficientul de frecare al tuturor celor șapte uleiuri, cu reducerea mai bună pentru concentrația de 5% decât pentru cea de 10 %



4.1. Grupuri generatoare

4.1.1. Adaptarea motorului diesel pentru funcționarea în grupuri electrogene

4.1.2. Turbosuflanta și răcirea intermediară

4.1.3. Standul de testare

4.2. Autovehicul multifuncțional pentru mediul rural

4.3. Proiecte tehnice complementare

4.3. 1. Studiul amortizării cuplului de torsiune la cuplajele elastice

4.3. 2. Testarea unui sistem suplimentar de frânare a vehiculului

4.3. 3. Determinarea experimentală a nivelului de zgomot al punții motoare pentru reducerea zgomotului exterior al autovehiculelor

4.3. 4. Reducerea poluării aerului prin separarea ceței de ulei din gazele de carter ale motoarelor diesel

4.3. 5. Comanda preîncălzirii catalizatorului motorului termic cu super-condensatoare

4.1. Grupuri generatoare

4.1.1. Adaptarea motorului diesel pentru funcționarea în grupuri electrogene

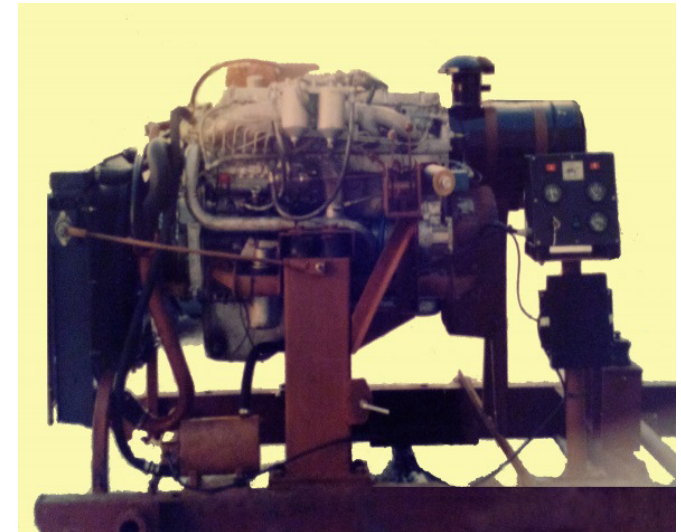
Condițiile speciale impuse asupra variației de turație:

- variația turației la sarcină constantă să fie max. 0,8% din turația nominală;
- variația permanentă a turației în procente de la turația nominală la turația de mers în gol și invers să fie max. 4,5% din turația nominală ;
- variația maximă instantanee de la turația nominală la turația maximă de mers în gol să fie de max.15% din turația nominală .
- timpul de revenire al turației să fie de max. 10s.

4.1.2. Turbosuflanta și răcirea intermediară

4.1.3. Standul de testare

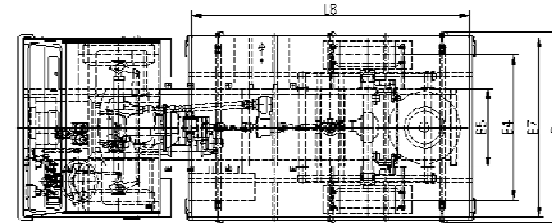
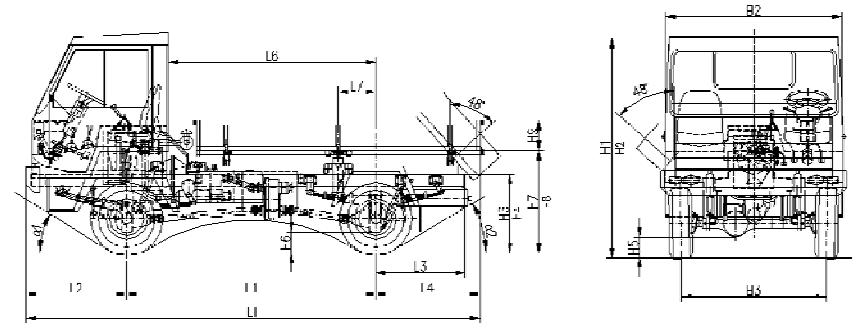
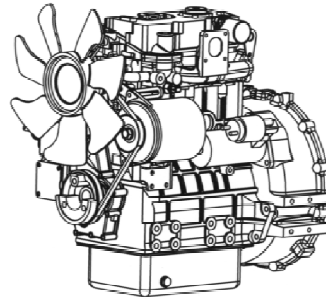
*Contract cu Uzina de Mașini Electrice București,
Articol publicat în Buletinul Științific al Universității
Transilvania, seria Științe inginerești, vol.7 (56),
nr.1, 2014 (indexat în BDI): "Adapting vehicle
diesel engine to power generation – conversion aspects"*



4.2. Autovehicul multifuncțional pentru mediul rural

4.2.1. Regimurile agricole, forestiere și comunale

4.2.2. Suspensia motorului, admisia aerului, răcirea, alimentarea cu combustibil, evacuarea



Parteneriat INAR Brasov – S.C.Subansamble Auto Sf. Gheorghe, în cadrul programului AGRAL – Articolul "Multipurpose Vehicle for Agriculture, Forestry and Rural Works" – Automotive and Environment" International Congress, 2005, indexat de în BDI FISITA



Motoare diesel - grupurile de forță ale autovehiculelor românești:

- 392-L4-DT a echipat autocamioanele DAC 7110F, DAC 7120;
- 797-05/798-05 a echipat autocamioanele ROMAN (R8135 F, R12135 DF, R8130) , autoutilitare, autoremorchere, mașini de săpat canale, autovehicule militare (DAC 12135, DAC 10.150 FAE).
- D2156MTN8 a propulsat autocamioane (R19256), autogunoiere (R18260), autocisterne (R24260), automacarale (R16230F), autospeciale de stins incendii (R19256), autovehicule militare (DAC 665).

Motoare diesel - alte utilizări:

- Grupuri generatoare terestre și navale
- Motopompe de stins incendii,
- Utilaje de construcții - mașini de săpat canale

Componente auto:

- Atenuatoare de zgomot
- Catalizatori de oxidare
- Prefiltru de aer de tip ciclon pentru autobasculante
- Răcitor de aer intercooling
- Carcase de volant tip SAE 3,4,5,6

Teza de doctorat: *Tratarea chimică și acustică a gazelor de evacuare emise de motoarele diesel*, coordonator Prof. dr. h.c. ing. Gheorghe Bobescu

Monografia *Combaterea poluării mediului în transporturile rutiere*, împreună cu prof. dr.ing.V.D.Negrea, Editura Tehnică, 2000

- lucrare citată în articole ISI și BDI, în teze de doctorat, fiind cuprinsă în bibliografia disciplinelor din câteva universități românești, fiind recunoscută și de Ministerul Educației și Cercetării care a inclus-o ca referință obligatorie pentru examenele de promovare a gradului didactic pentru profesorii din învățământul liceal din domeniul transporturilor.

Cartea *Automotive fuels* publicată la Editura MATRIXROM în colaborare cu prof. dr.ing. A.Chiru , în 2007;

- cuprinde caracteristici ale combustibililor utilizați în domeniul auto, specificul utilizării pentru principalele tipuri de motoare precizând tendințele actuale de reformulare și substituție cu combustibili alternativi;
- lucrarea conține o serie de exemple din activitatea de cercetare a autorilor (influența conținutului de sulf, aditivilor antifum și multifuncționali asupra emisiilor poluante, studiul curbei de distilare a amestecurilor alcool-benzină și esteri-motorină);
- cartea este citată în articole ISI și BDI și în teze de doctorat, fiind folosită ca suport de curs pentru disciplina Combustibili predată studenților, de la programul de studii în limba engleză *Automotive Engineering*.

117 articole publicate, din care 10 articole ISI și alte 24 articole cuprinse în baze de date internaționale (BDI).

Contracte de cercetare :

- 28 de contracte de cercetare finanțate de Ministerul Cercetării,
- 25 de contracte de cercetare finanțate de SC ROMAN,
- 6 contacte cu Registrul Auto Român,
- 2 contracte cu Uzina de Mașini Electrice București
- 1 contract cu Șantierul Naval Giurgiu, Întreprinderea Tractorul Brașov, Promex Brăila, Meconst Constanța, Omnitec Brașov, Regia de Gospodărire Bacău;
- 4 contracte de cercetare internaționale pentru studiul motoarelor VAMO, sub licență Perkins
- Colaborări cu Institutul de Cercetări în Transporturi INRETS Lyon, cu Agenția de Conservare a Energiei și Protecție a Mediului ADEME Paris, cu firma de cercetare a motoarelor AVL Graz
- Expert invitat în două acțiuni COST.

Granturi câștigate prin competiție:

- 6 granturi internaționale ca director sau responsabil partener, din care unul FP7
- 2 granturi de tip CALIST,
- 1 grant RELANSIN,
- 1 grant AGRAL, 1 grant MEC,
- 2 granturi CNCSIS tip Tineri cercetători,
- 2 granturi de cercetare - Asociația Balcanică de Protecție a Mediului (BENA).

- **La programe de studii de Licență, la disciplinele:**
Termotehnică și mașini termice,
Proiectarea echipamentelor termice,
Combustibili, lubrifianți și materiale speciale pentru autovehicule,
Fuels and lubricants,
Ceramics and plastics applied,
Încercarea și omologarea autovehiculelor,
Protecția mediului și economicitatea autovehiculelor;
- **La programe de studii de Master, la disciplinele:**
Dezvoltare durabilă,
Modelarea, dispersia și transportul poluanților în medii fluide,
Combustibilii viitorului,
Controlul arderii și poluării,
Proiectarea și planificarea rețelelor de transport urban,
Sisteme de propulsie alternative;
- **La programe postuniversitare și de formare continuă**
Monitorizarea calității aerului,
Bilanțuri energetice,
Combustibili alternativi.

- *Bilanțul termic al motorului cu ardere internă*
- *Determinarea coeficientului de exces de aer la motoarele cu aprindere prin comprimare*
- *Determinarea coeficientului global de transfer de căldură al radiatorului motorului cu aprindere prin comprimare,*
- *Puterea calorică a combustibililor lichizi,*
- *Determinarea curbei de distilare la combustibilii petrolieri (benzina, motorina, biodiesel, alcooli),*
- *Măsurarea emisiilor poluante vizibile la motoarele cu aprindere prin comprimare*
- *Măsurarea densității, viscozității și tensiunii superficiale a combustibililor și uleiurilor,*
- *Determinarea rezistenței la presiune a uleiurilor minerale,*
- *Studiul efectelor termoelectrice Peltier-Seebeck,*
- *Termoviziunea aplicată în studiul motoarelor.*

- 33 de lucrări de finalizare a studiilor coordonate
 - 19 lucrări de disertație (una din ele în cotutelă cu INRETS Lyon),
 - 14 proiecte de diplomă
- 2 proiecte de stagiu de practică pentru studenți din Universitatea Las Palmas (Spania) și Universitatea Belfort-Montbéliard (Franța)
- 7 articole științifice publicate împreună cu studenții îndrumați (1 ISI, 6 BDI).

- Optimizarea componentelor mecanice integrate în structura motoarelor (pompe, ventilatoare, răcitoare, turbosuflante);
- Recuperarea de energie din gazele de evacuare ale motoarelor sau turbinelor prin utilizarea generatoarelor termo-electrice;
- Recuperarea de energie din gazele de evacuare ale motoarelor sau turbinelor energetice prin co-generare;
- Filtrarea în medii bifazice, cu aplicații la pre-filtrele de aer tip multi-ciclon ale motoarelor care operează pe autovehicule de construcții;
- Studiul proprietăților amestecurilor bi-componente de combustibil (motorină-biodiesel), (benzină-etanol) și tri-componente (motorină-biodiesel-etanol);
- Studiul creșterii eficienței reducerii a emisiilor poluante ale motoarelor diesel prin pre-încălzirea electrică la pornire a catalizatorilor de oxidare cu super-condensatoare;
- Studiul de impact asupra mediului a transporturilor auto - indicatori corelați - potențial de încălzire globală, de epuizare a resurselor și de toxicitate;
- Analiza uleiurilor vegetale ca substituenți ai motorinelor - crearea unei biblioteci de proprietăți pentru cât mai multe tipuri de uleiuri;
- Studiul caracteristicilor tribologice ale lubrifianților și combustibililor.

Nr. crt..	Criterii de evaluare	Minim de îndeplinit (puncte)	Valori calculate
1	Criteriul CDI - Activitate de cercetare științifică, dezvoltare tehnologică și inovare	Minim 10 puncte, din care minim 6 puncte din criteriul CDI-ART (Articole științifice publicate în reviste de specialitate cotate ISI sau în reviste/volume indexate ISI sau BDI)	CDI – 31,008 (CDI-ART-10,988)
2	Criteriul DID - Activitate didactică și profesională	Minim 10 puncte, din care minim 6 puncte din DID-MSD (Manuale-suport curs, format tipărit sau format electronic)	DID – 15,88 (DID-MSD-10,88)
3	Criteriul RIA - Recunoașterea și impactul activității	Minim 10 puncte Contribuție principală (minim 60%) în calitate de director de grant/proiect	RIA – 320,76 (RIA-director-159,34)
TOTAL		30 puncte	367,648 puncte

Vă mulțumesc pentru atenție!