

Rezumatul tezei de doctorat:

CONTRIBUȚII LA CONTROLUL ȘI DIRIJAREA ARDERII ÎN MOTOARELE CU INECȚIE DE BENZINĂ ȘI GPL ÎN VEDEREA REDUCERII EMISIILOR POLUANTE

Autor: ing. **STOICAN Marius**,
Conducător științific: Prof. univ. dr. ing. **BICĂ Marin**

Transporturile rutiere realizate cu autovehicule echipate cu motoare cu ardere internă, au o contribuție însemnată asupra poluării mediului înconjurător, afectând practic toate ecosistemele: aerul, apa, solul și cadrul natural, începând cu faza de extragere a minereurilor și materialelor de construcție, continuând cu construcția drumurilor și a autovehiculelor, apariția emisiilor poluante datorate funcționării motoarelor cu ardere internă, poluarea sonoră și terminând cu problema de depozitare a autovehiculelor și a componentelor acestora.

Efectele cele mai periculoase ale poluării produse de motoarele cu ardere internă se manifestă asupra atmosferei prin emisiile de gaze nocive. Toate aceste emisii poluante afectează sănătatea omului, studii epidemiologice arătând o frecvență mai înaltă a apariției cancerului pulmonar la categoriile profesionale expuse inhalării gazelor de evacuare, efecte cancerigene, contribuie la apariția efectului de seră, smogului fotochimic, ploilor acide.

Astfel limitarea emisiilor poluante produse de motoarele cu ardere internă este imperios necesară, fiind reglementată de legislație tot mai severă, făcând-se referire la etanșarea corectă îndeosebi a rezervorului, aspirarea gazelor de carter, intervenții asupra noxelor eșapate presupunând atât controlul la geneza noxelor, cât și prelucrarea ulterioară a acestora prin sisteme de convectoare catalitice.

Astfel, reducerea noxelor din gazele de evacuare ale motoarelor cu ardere internă trebuie să fie în permanentă atenție a constructorilor de autovehicule și a legislatorilor pentru a ne asigura că mediul în care viețuim este unul sănătos și să rămână curat și pentru generațiile următoare.

Lucrarea este structurată în șapte capitole prezentate în continuare.

În primul capitol **Introducere** se face o prezentare a principalilor poluanți produși în motoarele cu ardere internă și prezentarea modului de formare a acestora.

Capitolul al doilea **Asistarea motorului de către calculator în vederea reducerii noxelor** este destinat prezentării modului în care calculatorul gestionează toți parametrii motorului pentru a putea menține un consum de combustibil cât mai scăzut și de asemenea nivelul emisiilor poluante să fie în limitele impuse de regulamente. Se face prezentarea unui sistem de depoluare, controlul în "buclă închisă", funcționarea calculatorului și prezentarea principalelor sisteme de reducere a emisiilor poluante controlate de către calculator: sistemul EGR, sistemul emisiilor evaporative, sistemul de tratare al gazelor de ardere, distribuția variabilă, admisia variabilă, raport de comprimare variabil, arderea amestecurilor stratificate, dezactivarea cilindrilor, supraalimentarea, sistemul de diagnosticare la bord.

În capitolul trei **Metodologie, standuri de încercare** sunt prezentate sistemul de achiziție de date și echipamentele folosite la dezvoltarea lucrării de față, precum și standardele de încercare. Toate testele au fost efectuate la Centrul Tehnic al Daewoo Automobile Craiova în laboratorul de Încercări Motoare și laboratorul de Emisii. Echipamentele folosite au fost: frâna dinamometrică care este o mașină asincronă trifazată, convertorul IRIS trifazat pas cu pas, invertorul pas cu pas din celula de testare a motoarelor, analizoarele de gaze arse cu posibilitatea măsurării emisiilor de hidrocarburi, oxizi de azot, monoxid de carbon și dioxid de carbon și standul cu role Chassis Dynamometer ce simulează rezistențele la înaintare ale autovehiculului, instalațiile de gaz cu care au fost dotate autovehiculele testate; pentru Cielo s-a folosit o instalație de gaz Lovato, iar pentru Matiz și Nubira instalație secvențială BRC.

Capitolul patru **Metodica cercetării și prelucrarea datelor experimentale** prezintă etapele și obiectivele propuse în această teză.

Ca etape principale în dezvoltarea acestei lucrări enumerăm:

1. Efectuarea de teste de emisii cu autovehicule funcționând cu benzină, respectiv GPL pentru a scoate în evidență avantajele folosirii instalațiilor de alimentare cu GPL;
2. Efectuarea de teste de emisii cu autovehicule funcționând cu GPL cu diferite tipuri de instalații de GPL.
3. Teste emisii pe standul cu role cu parametrii de calibrare originali în cazul funcționării pe GPL.
4. Teste emisii pe standul cu role după calibrarea ECM-ului de gaz și alegerea soluției optime.
5. Efectuarea de teste pentru determinarea puterii la roată cu autovehicule funcționând cu benzină, respectiv GPL pentru a evidenția faptul că utilizarea GPL-ului ca și combustibil nu diminuează performanțele motorului;
6. Concluzii.

Pentru o mai bună evidențiere a efectelor pe care le are GPL-ul asupra emisiilor poluante și asupra consumului de combustibil, am efectuat măsurători pe un autovehicul Daewoo Matiz cu motor cu aprindere prin scânteie dotat cu o instalație de gaz secvențială, pe standul cu role și standul de măsurare a emisiilor.

Am efectuat două seturi de măsurători: primul cu motorul funcționând cu benzină și al doilea cu motorul funcționând cu GPL, testele efectuându-se pe câte un ciclu de încercare conform cu normele Euro IV, adică patru cicluri urbane cu viteza maximă de 50 km/h și un ciclu extraurban cu viteza maximă de 120 km/h, conform cu Regulamentul 83, Încercarea de tip I.

O întreagă serie de parametrii pot fi modificați pentru ca motorul să funcționeze cât mai aproape de cerințele conducătorului auto, astfel atunci când se dorește o accelerație accentuată, calculatorul de gaz poate să fie setat astfel încât durata de deschidere a injectoarelor în acel moment să fie mai mare, sau din contră, atunci când se decelerează, injectoarele pot fi dezactivate, în acest fel îmbunătățind foarte mult consumul de carburant și implicit nivelul emisiilor poluante va fi mai mic.

Am extras o serie de date în diferite momente ale ciclurilor pentru a efectua o analiză cât mai relevantă din punct de vedere al nivelului noxelor pentru cele două tipuri de carburanți și anume:

A) - după efectuarea celor patru cicluri urbane am extras valorile noxelor după fiecare ciclu pentru a evidenția nivelul ridicat al noxelor la funcționarea motorului la rece.

B) - în diferite regimuri de funcționare din ciclul urban (ralanti, accelerație, mers constant, decelerație și total);

C) - după cele patru cicluri urbane am extras valorile mediate pentru emisii în ciclul urban;

D) - după ciclul extraurban am măsurat emisiile pentru compararea lor pe ciclul extraurban;

E) - în diferite regimuri de funcționare din ciclul extraurban (ralanti, accelerație, mers constant, decelerație și total);

F) - după efectuarea întregului ciclu de încercare pentru a compara nivelul emisiilor per total.

Pentru a scoate în evidență avantajele utilizării GPL-ului la motoarele cu aprindere prin scânteie, am făcut o serie de teste de emisii conform cu încercarea de tip I pe mai multe tipuri de motoare Euro 3 funcționând atât cu benzină (Matiz, Cielo și Nubira), cât și pe GPL. Pe parcursul testelor, s-au urmărit emisiile de CO₂ în diferite regimuri de funcționare (pe ciclul urban și extraurban) pentru a evidenția nivelul acestor emisii.

Primele două autovehicule au motoare cu injecție de benzină multipunct cu sistem EGR, iar ultimul are în plus admisie cu geometrie variabilă și doi arbori cu came, respectiv, patru supape pe cilindru. De asemenea, primul și ultimul autovehicul, sunt echipate cu instalații de gaz secvențiale, iar cel de-al doilea, are instalație de gaz cu mixer pe calea de admisie a aerului înspre cilindrii.

Urmărind datele, se pot trage o serie de concluzii:

- pentru Matiz, în ciclurile urbane reducerea emisiei de CO₂ este de 15,6%, iar în ciclul extraurban de 9,4%;
- în cazul lui Cielo se înregistrează o scădere a emisiei de CO₂ de 3,9% pentru ciclurile urbane și de 5,4% pentru ciclul extraurban;
- pentru Nubira, reducerea de emisii de CO₂ este de 15,6% pentru ciclurile urbane și de 21,2% pentru ciclul extraurban;
- se observă că în cazul autovehiculelor echipate cu instalații secvențiale, reducerea de CO₂ este mai însemnată datorită dozării mult mai exacte a gazului.

Capitolul cinci **Cercetări experimentale** tratează modalitatea de calibrare a calculatorului de gaz pentru a obține un nivel al emisiilor cât mai scăzut. Acest proces este foarte complex și trebuie efectuat cu atenție sporită și urmând toți pașii cu strictețe. Altfel, motorul va funcționa neregulat, se va aprinde martorul de defect de la bord, sau motorul nu va funcționa.

Calibrarea începe cu un pas de Auto-calibrare și este procesul necesar pentru a obține hărțile necesare funcționării autovehiculului pe GPL. Asemenea hărți transformă semnalul injectoarelor de benzină în semnale corespunzătoare pentru injectoarele de gaz.

Auto-calibrarea constă în achiziția de informații în următoarele trei puncte de funcționare ale autovehiculului, în primul rând pe benzină și apoi pe gaz:

- turație de ralanti;
- turație de ralanti cu încărcare;
- accelerare în gol.

După calibrare se pot face o serie de calibrări ale hărții cu două cursoare: unul pentru ralanti și altul pentru regimul de accelerații. Aceste cursoare sunt similare cu șuruburile de reglaj de pe sistemele tradiționale.

Cu această mapă memorată, am efectuat un test de emisii pe standul cu rulouri cu autovehiculul Matiz funcționând pe GPL pentru a observa nivelul emisiilor poluante (figura 1). Testul a fost făcut pentru a evidenția vârfurile pentru a ști în ce situație se poate intervenii în calibrarea calculatorului de gaz pentru a obține un nivel al emisiilor cât mai scăzut. Intervențiile se pot face în mapa RPM / MAP, adică turație / sarcină, mapă memorată la auto-calibrare.

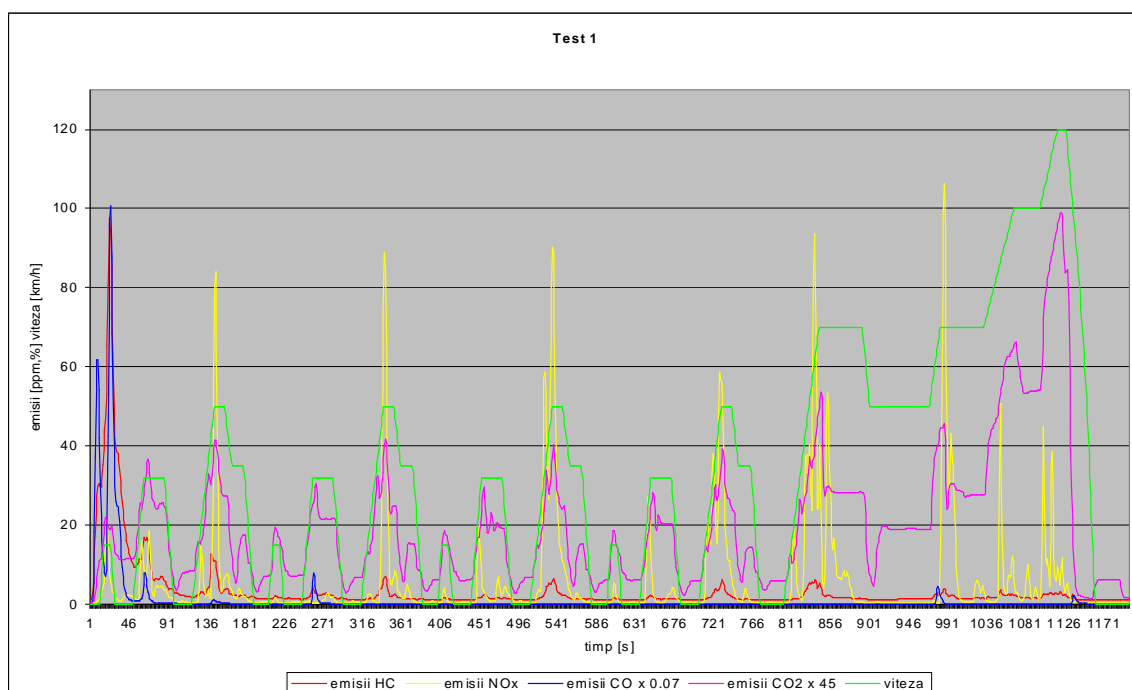


Figura 1. Emisiile poluante la testul inițial

Timpul de injecție benzină (semnalele de deschidere injectoare benzină de la ECM benzină sunt trecute prin calculatorul gaz) este amplificat cu un factor calibrat K (mapa de valori în funcție de turația și sarcina motorului), astfel rezultând timpul de injecție gaz.

Semnal senzor O_2 brut \longrightarrow prelucrare ECU (factor K) \longrightarrow Semnal senzor O_2

În capitolul șase **Rezultatele cercetărilor** se analizează graficul cu emisii rezultat, putem să intervenim prin modificarea factorului K în punctele unde emisiile au un nivel ridicat. De exemplu, acolo unde emisiile de oxizi de azot sunt ridicate, înseamnă că amestecul carburant este sărac și factorul K

trebuie să ia valori pozitive (ex. +2%), astfel calculatorul benzină primește de la senzorul lambda un semnal că amestecul este sărac și mărește timpul de injecție pentru a îmbogăți amestecul. Factorul K nu poate să varieze foarte mult pentru că după cum știm măsurile pentru a micșora emisiile poluante sunt antagoniste, micșorând nivelul emisiilor pentru un poluant, crește nivelul emisiilor pentru alt poluant.

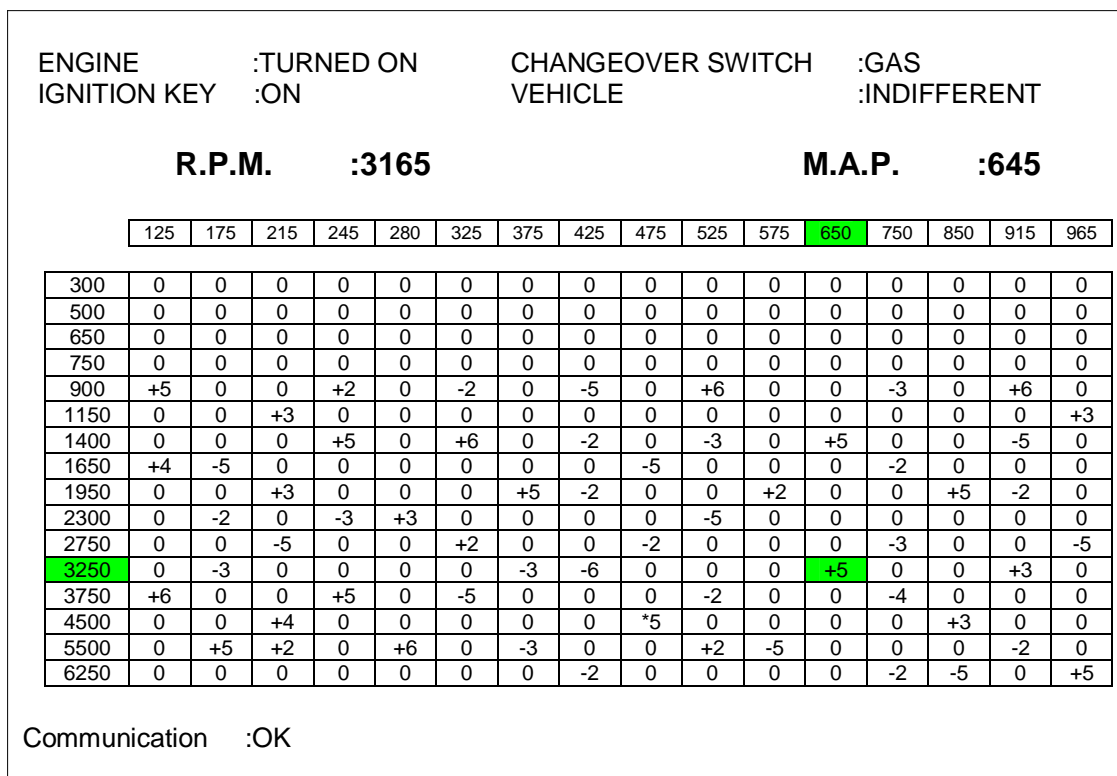


Figura 2. Mapa turație / sarcină

Factorul K a fost modificat și pentru alte intervale, acolo unde a fost observat un nivel ridicat al emisiilor în ideea de a nu se face un număr mare de teste pentru fiecare interval în parte. În acest sens am mai realizat un număr total de șapte teste de emisii pe standul cu role. În tabelul 1. am centralizat valorile emisiilor poluante pe toate cele șapte teste pentru a alege testul cu emisiile cele mai mici și pentru a reține setările efectuate la respectivul test.

Tabelul 1.

Emisii [g/km]	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7
HC	0.073	0.083	0.072	0.070	0.078	0.067	0.075
NO _x	0.187	0.056	0.039	0.021	0.051	0.047	0.047
CO	0.311	0.817	0.344	0.343	0.305	0.255	0.286
CO ₂	125.471	129.860	127.896	129.442	128.796	130.546	131.724

Este dificil să alegem autovehiculul cu nivelul cel mai mic al emisiilor poluante, dat fiind faptul că nu toate componentele gazelor de evacuare au un

nivel scăzut la același autovehicul. Aceasta tocmai prin natura formării acestor componente. Dacă încercăm să diminuăm o componentă, de exemplu oxizii de azot, vom avea o creștere a celorlalte componente: hidrocarburi, monoxid de carbon, dioxid de carbon, și la fel în cazul tuturor componentelor, deoarece măsurile de reducere a emisiilor sunt de cele mai multe ori antagoniste.

S-ar putea face o ierarhizare dacă am ști ca o anumită componentă din gazele de evacuare este mai puțin dăunătoare.

Care din aceste emisii sunt mai importante? Răspunsul este greu de găsit. Mai ales că este greu de spus care criteriu este mai important.

Dacă criteriul "sănătatea oamenilor" este considerat a fi criteriul dominant, atunci, din nou, nu se poate spune care dintre emisiile poluante este mai dăunătoare, datorită lipsei unei legături plauzibile din punct de vedere biologic dintre cauză și efect, lipsă care persistă, în ciuda numărului mare de studii efectuate. În ipoteza că acest criteriu este cel mai important, s-au făcut o serie de considerente de ierarhizare a poluanților funcție de efectul lor dăunător asupra oamenilor și asupra mediului înconjurător .

Dacă criteriul dominant este, de exemplu, depunerea de carbon de pe clădiri, atunci se poate spune cu motoarele cu emisii mai ridicate de carbon (CO, HC) sunt sursa cea mai mare de emisii de fum negru în orașe.

Dacă criteriul dominant ar fi diminuarea compușilor cu efect de seră, atunci motoarele cu emisii de dioxid de carbon mici vor fi agreate. Ținând cont de faptul că până în anul 2012 autoritățile încearcă să diminueze emisiile de dioxid de carbon de la autovehicule până la 120 g/km, atunci setările făcute pentru testul cu numărul unu sunt cele mai avantajoase.

Analizând tabelul cu emisiile pentru toate testele de încercare, am stabilit că în cazul testului cu numărul șase am realizat cea mai bună calibrare a calculatorului de gaz din punct de vedere al emisiilor poluante (figura 2).

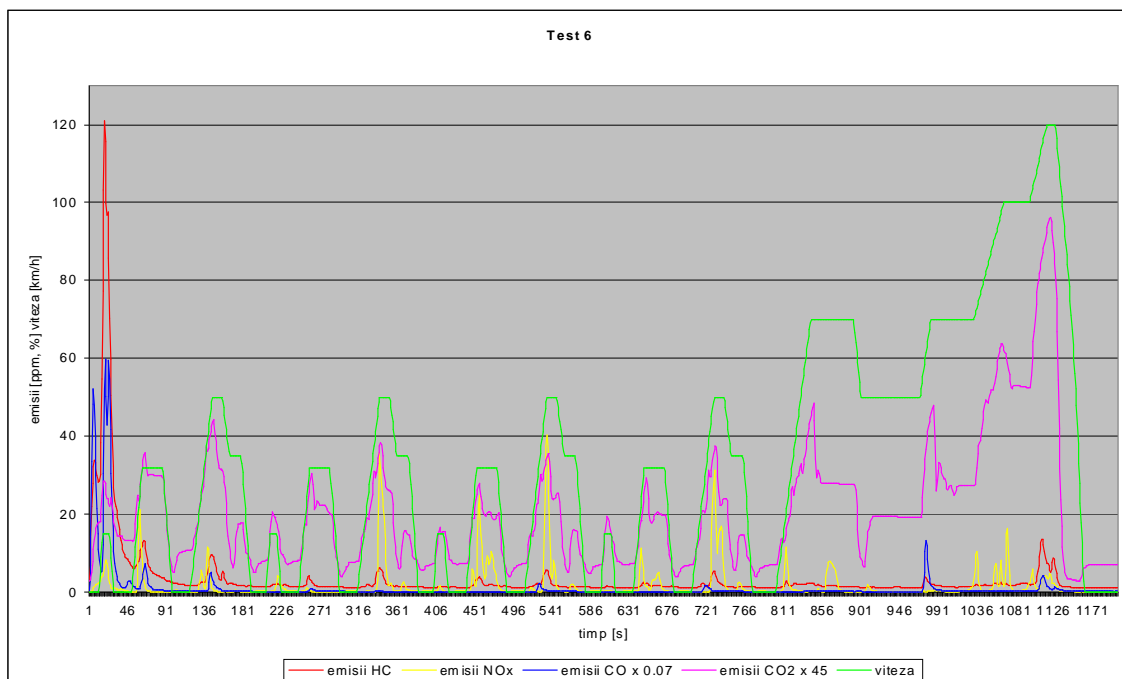


Figura 2. Emisiile poluante pentru al șase-lea test

Pentru a imagine cât mai complexă asupra avantajelor și dezavantajelor utilizării GPL-ului la motoarele cu injecție directă de benzină, am realizat o serie de teste pe standul cu rulouri, unde se poate măsura puterea la roată a autovehiculului.

Astfel am testat un autovehicul Matiz dotat cu un motor de 0,8l care a funcționat prima oară cu benzină și o doua oară cu GPL cu instalație de gaz secvențială, măsurându-se în ambele cazuri puterea la roată. Normativele (RNTR 6) cer ca diferența între cele două moduri de funcționare să nu depășească 10 %.

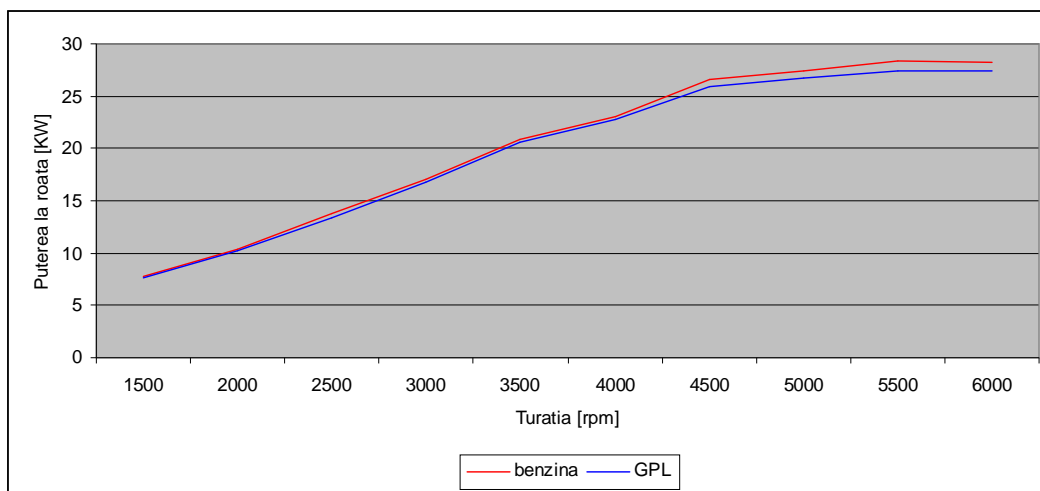


Figura 3. Puterea la roată pentru cele două moduri de funcționare

În figura 3 am reprezentat puterea la roată în funcție de turație pentru cele două moduri de funcționare. Diferența dintre puterea la roată în cazul funcționării cu benzină, respectiv GPL, se situează între 0,81 - 3,34 %, după cum se poate observa și în graficul de mai sus. Această diferență se încadrează în limitele impuse de RNTR 6 adică 10 %.

În capitolul șapte **Contribuții personale** am prezentat principalele contribuții personale și concluziile generale.