

# Studii și cercetări privind îmbunătățirea unor parametri de confort în sisteme de transport

Teză de doctorat – Rezumat

pentru obținerea titlului științific de doctor la

Universitatea Politehnica Timișoara

în domeniul de doctorat INGINERIE MECANICA

autor ing. Doru CONSTANTIN

conducător științific Prof.univ.dr.ing. Mihai NAGI

luna noiembrie anul 2018

În condițiile în care schimbările climaterice afectează din ce în ce mai mult viața oamenilor, confortul și aprecierea acestuia în autovehicule trebuie analizat într-un nou context, în care se impune luarea în considerare a reducerii poluării atmosferice și a poluării aerului din interiorul unui vehicul, concomitent cu reducerea consumului energetic necesar asigurării acestui confort.

Tematica tezei se circumscrie problematicii calității aerului din interiorul unui vehicul și a ventilației acestuia, studiată din perspectiva confortului-disconfortului, a percepției siguranței în conducerea unui autovehicul și a eficienței energetice.

În acest sens teza își propune să aducă **contribuții la problematica confortului și a calității aerului din vehicule**, în condițiile în care **reducerea consumului energetic** corespunzător asigurării confortului este o provocare pentru constructorii de autovehicule și o necesitate resimțită cu precădere de posesorii de vehicule electrice.

Cercetarea realizată are la bază un demers exploratoriu în privința analizei calității aerului pe baza CO<sub>2</sub> și a confortului perceput în vehicule, propunându-și să contribuie atât la îmbogățirea cunoștințelor în domeniul siguranței rutiere, cât și la identificarea unei soluții de reducere a consumului energetic într-un vehicul, în condițiile asigurării parametrilor de confort și de calitate a aerului.

Teza este structurată în concordanță cu **obiectivele cercetării:**

Obiectiv1: Realizarea unei sinteze teoretice privind problematica confortului/disconfortului într-un autovehicul din perspectiva ventilației și a calității aerului, evidențiind efectele pe care le poate avea creșterea concentrației de CO<sub>2</sub> asupra conducerii unui vehicul;

Obiectiv2: Identificarea elementelor generatoare de confort/disconfort într-un autovehicul și realizarea unei ierarhii a acestora;

Obiectiv3: Evaluarea calității aerului și determinarea cantității de CO<sub>2</sub> care se acumulează în habitacul unui autovehicul staționar, cu unul sau mai mulți ocupanți, evidențiind timpul în care se produce deteriorarea calității aerului de așa manieră încât poate pune în pericol conducerea în siguranță a unui autovehicul.

Obiectiv4: Determinarea aportului de aer proaspăt necesar menținerii unei calități a aerului conforme normelor în vigoare, pentru unul sau mai mulți ocupanți ai vehiculului.

Obiectiv5: Identificarea unei modalități de management al consumului energetic dintr-un vehicul prin dozarea aportului de aer din exterior atât cât să asigure un aer considerat acceptabil privind conducerea unui autovehicul.

**Prima parte a tezei** oferă fundamentul teoretic și conceptual necesar realizării cercetărilor aplicative din partea a doua a tezei. Detaliat conținutul tezei se prezintă sub forma a doua părți și șapte capitole.

Cadrul teoretic al cercetării prezentat în prima parte, abordează în trei capitole aspecte ce țin de interdisciplinaritatea tematicii studiate: confortul și calitatea aerului în autovehicule.

**Capitolul 1 „Confortul”** cuprinde definiții și aprecieri generale privind confortul /disconfortul, dimensiuni și semnificații, tipologii având la baza dimensiuni ale confortului, precum și abordări multidisciplinare ale acestuia din perspectiva arhitecturii, științelor ingineresti și științelor socio-umane. O atenție deosebită este acordată cercetărilor privind confortul în vehiculele de transport: în tren, în avion și în autoturisme. În cadrul confortului în autoturisme este prezentată și o sinteză a stadiului actual al cercetărilor din spațiul universitar românesc.

În **capitolul 2** denumit *Confortul ambianțelor fizice* se prezintă în ansamblu fenomenele fizice care influențează percepția și respectiv confortul vizual, acustic și aerolic al operatorilor umani în diverse medii profesionale. Confortul ambianței luminoase este influențat atât de cantitatea, distribuția și calitatea luminii, cât și de capacitățile vizuale ale operatorului uman. Optimizarea confortului vizual și a siguranței șoferului reprezintă unul din obiectivele constructorilor de automobile de astăzi. Aceeași importanță este acordată și studiului sunetelor (zgomotelor) în vehicule pentru a asigura pe de o parte un confort acustic, dar mai ales pentru a crește condițiile de siguranță pentru șofer. Sunt exemplificate niveluri ale ambianței sonore rezultante din diverse activități precum și câteva dispoziții reglementare privind zgomotul ambiental. Confortul aerolic și cel termic, precum și menținerea unui nivel al calității aerului corect pentru ansamblul vehiculului sunt alte aspecte analizate în scopul satisfacerii nevoilor ocupanților unui vehicul.

**Capitolul 3, „Confortul și calitatea aerului”**, prezintă rezultate recente ale unor cercetări realizate în spațiul universitar românesc și internațional, privind calitatea aerului în spații închise, punând în evidență efectele pe care poate să le aibă CO<sub>2</sub>-ul atât asupra sănătății și asupra performanțelor cognitive, cât și asupra percepției generale a stării de confort.

**Partea a doua a tezei, Studii și determinări experimentale** cuprinde trei capitole cu cercetări experimentale, un capitol cu concluziile generale și contribuțiile autorului la domeniul studiat, precum și sugestii privind îmbunătățirea și continuarea cercetărilor, referințele bibliografice și anexele tezei.

Partea doua a tezei a avut la bază multiple experimente făcute de autor, privind determinări experimentale ale CO<sub>2</sub>-ului și ale debitelor minime de aer necesare asigurării unui aer de calitate într-un vehicul cu 1-4 persoane. Alegerea dispozitivelor de măsurare, diferitele protocoale experimentale, metodele de prelucrare a datelor statistice și rezultatele asociate cu fiecare experiment sunt detaliate în capitolele 4, 5 și 6.

Studiul realizat în **capitolul 4** al acestei teze, a avut drept scop identificarea factorilor considerați generatori în producerea confortului/disconfortului în autovehicule, investigație realizată în cadrul unui eșantion reprezentativ de studenți ai unei universități tehnice. Bazat pe percepția tinerilor șoferi/pasageri, studiul a pus în evidență importanța pe care o ocupă calitatea aerului și climatizarea vehiculului atât în ierarhia elementelor generatoare de confort cât și a celor de disconfort.

În **capitolul 5** am continuat cercetările cu un studiu privind calitatea aerului în 3 vehicule (Dacia Logan, Hyundai i30 și Renault ZOE), în două situații (cu recircularea și fără recircularea aerului), cu 1- 4 persoane în mașină. Pentru aprecierea calității aerului s-au realizat în condițiile mai sus precizate, determinări în timp ale nivelului de CO<sub>2</sub> de la 350ppm până la 5000 ppm, limita a expunerii profesionale la CO<sub>2</sub> pe o perioadă de 8 ore. Determinările de CO<sub>2</sub> au fost corelate, într-un experiment cu măsurări repetate, cu o evaluare a calității aerului realizată de către 60 de subiecți participanți la experiment. Suplimentar a fost realizată o măsurătoare diferită, de dioxid de carbon, la 10000 ppm, într-o cabină Dacia Logan cu scopul de a se identifica limita de timp în care, într-un vehicul cu 5 persoane, CO<sub>2</sub>-ul poate ajunge la acea concentrație la care este pusă în pericol sănătatea ocupanților, ca urmare a apariției primelor semne de acidoză respiratorie (creșterea CO<sub>2</sub>-ului în sânge).

În **capitolul 6**, autorul a urmărit identificarea volumului minim de aer proaspăt necesar a fi introdus în habitacul unui autoturism, care să asigure menținerea a 3 niveluri de CO<sub>2</sub> (5000 ppm; 2500 ppm; 1000 ppm). În acest scop am realizat măsurători ale aportului de aer proaspăt într-un autoturism Dacia Logan model 2010, în 12 situații experimentale (1-4 persoane; 3 niveluri de CO<sub>2</sub>). Premergător acestui studiu au fost făcute 16 determinări ale debitului de aer ale sistemului de ventilație al aceluiași autoturism Dacia Logan în funcție de numărul aeratoarelor deschise (A1-A4) și de treptele de viteză ale sistemului de ventilație (t1-t4).

Rezultatele obținute în urma acestor două studii și determinări experimentale au fost puse în comparație pentru a identifica diferența dintre aerul furnizat de sistemul de ventilație al Daciei Logan și aerul considerat a fi necesar unei conduceri în siguranța într-un autovehicul, în funcție de numărul persoanelor ocupante ale vehiculului respectiv.

La sfârșitul acestui capitol propunem o soluție de management al consumului energetic dintr-un vehicul, prin dozarea aportului de aer din exterior, în funcție de numărul persoanelor din vehicul și implicit de concentrația CO<sub>2</sub>-ului din aerul respirat, atât cât sa se asigure un aer de calitate în vehicul, aer care sa nu afecteze siguranța persoanelor participante la traficul rutier.

Ultimul capitol al tezei, **capitolul 7**, prezintă concluziile generale ale tezei, contribuțiile personale ale autorului, precum și propuneri de continuare a cercetărilor în domeniul confortului și calității aerului în vehicule.

În continuare sunt prezentate rezultatele obținute în urma studiilor teoretice și experimentale, raportate la obiectivele tezei pentru a pune în evidență gradul de îndeplinire al acestora.

În prima parte a tezei am avut ca obiectiv **studiul bibliografic al confortului și calității aerului în spațiile interioare**, abordând și sintetizând, într-o manieră multidisciplinară, cercetări actuale privind confortul în mijloace de transport: în tren, în avion și în autoturisme. Realizarea acestui prim obiectiv s-a concretizat în structurarea unui conținut teoretic a cărui actualitate este reflectată atât de tematica abordată, confortul și calitatea aerului, cât și de teoriile și referințele bibliografice folosite.

Prezentarea teoretică s-a făcut pe parcursul a trei capitole, încercând să surprindă din perspectiva interdisciplinarității, contribuția fiecărui aspect prezentat la înțelegerea și întregirea

cercetărilor realizate. Cele 150 de titluri bibliografice pun în evidența gradul de aprofundare al subiectului cercetat și actualitatea bibliografiei consultate.

În ceea ce privește obiectivul nr 2 referitor la **analiza și identificarea elementelor de confort și disconfort într-un vehicul**, rezultatele obținute ne-au condus la constituirea a doua liste (ierarhii) cu elemente generatoare de confort și disconfort, liste care pot fi utile constructorilor de automobile. De asemenea, o parte din rezultatele obținute susțin existența unei singure dimensiuni bipolare confort-disconfort, în care prezența unui element generator de confort conduce la scăderea disconfortului legat de absența aceluși element iar o altă parte din rezultate vin să susțină teoria existenței a două dimensiuni distincte, confortul și disconfortul.

Rezultatele analizei corespondenței multiple au pus în evidență că elementele generatoare de disconfort, care diferențiază șoferii de pasageri, sunt reunite într-o singură dimensiune (dimensiune 1), considerată de autor ca fiind o dimensiune psihologică, responsabilă pentru disconfortul dat de un vehicul perceput ca nesigur și de funcționarea defectuoasă a unor elemente implicate în conducere. Aceste rezultate sugerează importanța sentimentului de siguranță în aprecierea confortului în vehicule, confortul putând fi definit ca o stare subiectivă de plăcere și relaxare, dată într-o anumită măsură de încrederea în buna funcționare a vehiculului și în conducerea în siguranță a vehiculului. În acest context propunem o redefinire a conceptului de confort în autovehicule, prin introducerea în sfera semnificațiilor atribuite confortului a unei noi dimensiuni care ține de siguranța în circulație.

Toate aceste rezultate obținute, ne permit să apreciem îndeplinirea cu succes a celui de-al doilea obiectiv al tezei.

Autovehiculele electrice constituie o provocare pentru constructorii de automobile care caută pe de o parte soluții tehnice pentru creșterea autonomiei energetice a acestora, iar pe de altă parte încearcă să asigure parametrii de confort și calitate a aerului în habitacul. Din dorința de a economisi energia, pentru a crește numărul de kilometri parcurși, conducătorii vehiculelor electrice au tendința de a recurge la recircularea aerului mult mai des comparativ cu utilizatorii vehiculelor clasice, dotate cu motoare termice. Opțiunea lor este pe deplin motivată de diminuarea consumului de energie, utilizată pentru răcirea aerului (în perioada de vară) sau pentru încălzirea aerului iarna. Dar, dacă aerul din interiorul unui autovehicul nu este suficient ventilat cu aer proaspăt, prezența oamenilor în vehicule (respirația acestora) duce la degradarea calității aerului de o așa manieră încât să afecteze concentrarea și reacțiile necesare conducerii vehiculului în siguranță.

**Identificarea nivelurilor atinse de concentrațiile de CO<sub>2</sub> ca urmare a respirației ocupanților unui vehicul, în situația folosirii prelungite a recirculării aerului**, a constituit unul din obiectivele majore ale acestei teze (figura 1). În acest sens au fost identificate și evidențiate condiții în care calitatea aerului poate atinge valori considerate de specialiști a pune în pericol capacitatea de concentrare, precum și abilitățile cognitive generale ale conducătorilor auto. Evaluarea calității aerului din perspectiva acumulării de CO<sub>2</sub> a fost realizată în 3 vehicule experimentale staționare (Dacia Logan, Hyundai i3 și Renault ZE), în 2 situații (cu recircularea și fără recircularea aerului) și cu 1- 4 persoane în mașină.

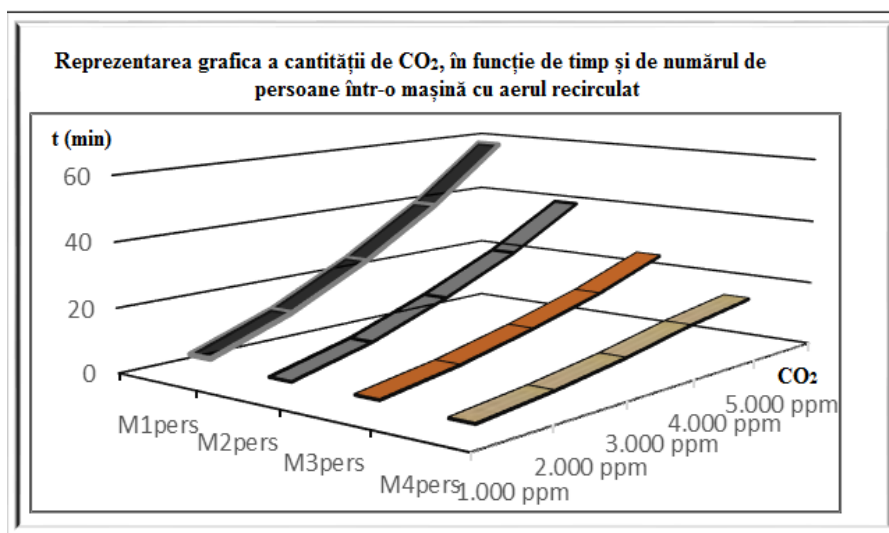


Figura 1: Variația CO<sub>2</sub>-ului (în ppm), (aer recirculat)

Suplimentar a fost realizată o măsurătoare diferită de CO<sub>2</sub> la 10000 ppm, cu 5 persoane într-o cabină Dacia Logan staționară (figura 2). Măsurătorile realizate arată că, în aproximativ 12 minute, nivelul de CO<sub>2</sub> a atins limita de expunere ocupațională (5000 ppm). În aproximativ 28 minute, cantitatea de CO<sub>2</sub> a atins 10000 ppm, nivelul la care apar primele semne de acidoză respiratorie (DFG, 2002).

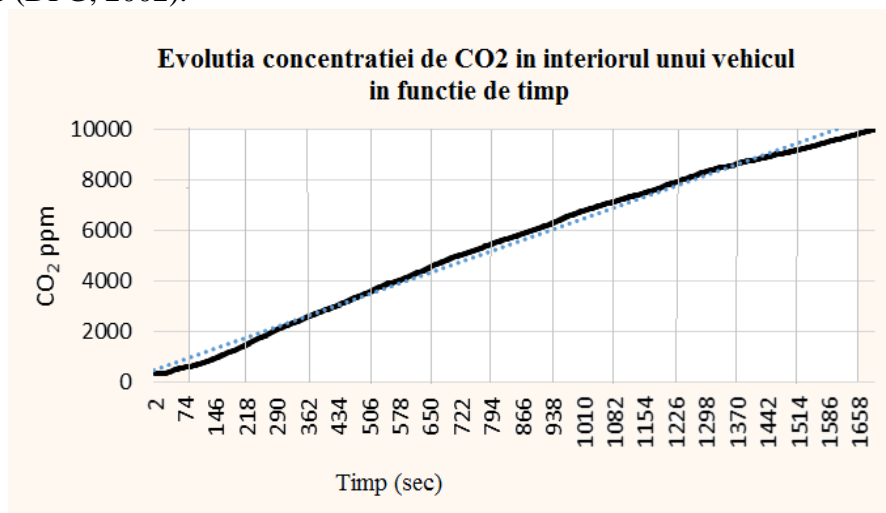


Figura 2: Concentrației de CO<sub>2</sub> în vehicul cu 5 persoane

Măsurătorile realizate arată că, în aproximativ 12 minute, nivelul de CO<sub>2</sub> a atins limita de expunere ocupațională (5000 ppm). În aproximativ 28 minute, cantitatea de CO<sub>2</sub> a atins 10000 ppm, nivelul la care apar primele semne de acidoză respiratorie (DFG, 2002). Experimentele realizate au avut ca obiectiv, concomitent cu măsurarea concentrațiilor de CO<sub>2</sub>, și percepția calității aerului cu diferite concentrații de CO<sub>2</sub>.

Rezultatele confirmă că majoritatea participanților la studiu a evaluat aerul viciat din autovehicul ca având o calitate bună, când în realitate, aerul avea o calitate scăzută în conformitate cu Normele europene NF EN 13779. Această situație în care aerul viciat este perceput ca fiind un aer bun trebuie să atragă atenția celor responsabili de siguranța traficului, deoarece aerul viciat cu CO<sub>2</sub> este considerat de mulți cercetători a fi un aer, care poate afecta abilitățile cognitive și reacțiile psihomotorii ale conducătorilor auto (Satish et al., 2012).

Prima parte a capitoului al 6-lea a fost dedicată experimentelor preliminare în care au fost făcute **măsurători ale debitelor de aer ventilate într-un vehicul Dacia Logan**. Au fost

realizate astfel 16 determinări ale debitelor de aer, în funcție de numărul aeratoarelor deschise A<sub>1</sub>-A<sub>4</sub> și de treptele de viteză ale sistemului de ventilație t<sub>1</sub>-t<sub>4</sub> (4 aeratoare frontale x 4 trepte de viteză). Rezultatele obținute au pus în evidență debite de aer cuprinse între 30 m<sup>3</sup>/h (un aerator deschis) și 70 m<sup>3</sup>/h (toate 4 aeratoarele frontale deschise) pe treapta 1 de ventilație, între 43 m<sup>3</sup>/h -105 m<sup>3</sup>/h (treapta a-2-a), 76 m<sup>3</sup>/h -165 m<sup>3</sup>/h (treapta a-3-a), și 101 m<sup>3</sup>/h -210 m<sup>3</sup>/h (treapta a-4-a).

Un al doilea tip de măsurători preliminare a avut drept obiectiv **măsurarea concentrației de CO<sub>2</sub> într-un autovehicul Dacia Logan cu 1-4 persoane în funcție de treptele sistemului de ventilație** (figura 3).

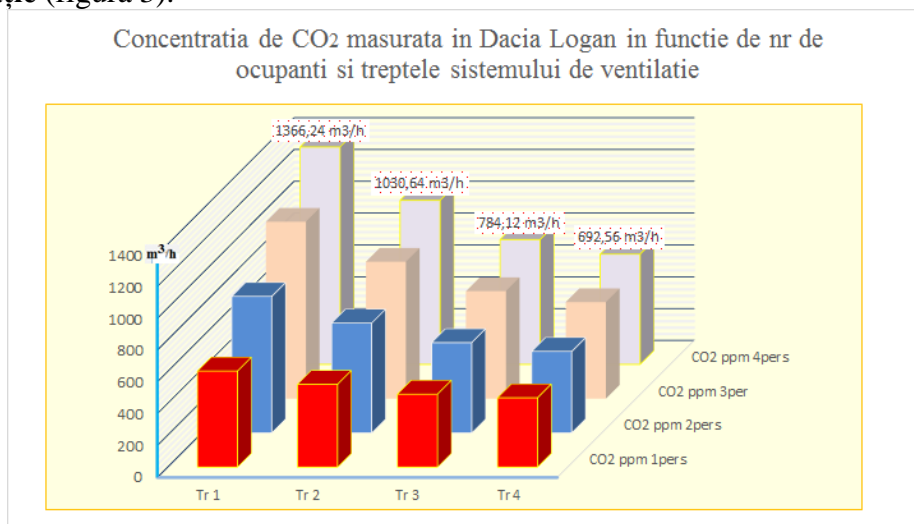


Figura 3: Variația concentrației de CO<sub>2</sub> funcție de treptele sistemului de ventilație și nr de pasageri

Măsurătorile realizate au pus în evidență un aer curat, cu o calitate foarte ridicată și respectiv cu **concentrații scăzute de CO<sub>2</sub>**. De exemplu, pe treapta a 4-a de ventilație aerul din autovehicul are aproape aceeași concentrație în CO<sub>2</sub> ca și aerul exterior : 435 ppm cu 1 persoană în vehicul și 692 ppm cu 4 persoane în vehicul.

Faza preliminară a continuat cu o veritabilă fază exploratorie de **determinare a debitelor minime de aer necesar a se introduce în habitacul, pentru a menține concentrațiile de CO<sub>2</sub> ale aerului analizat, la 5000ppm, 2500 ppm și 1000ppm CO<sub>2</sub>**, limite acceptate sau recomandate pentru spațiile interioare în diverse contexte (muncă/studiu/locuit) (figura 4).

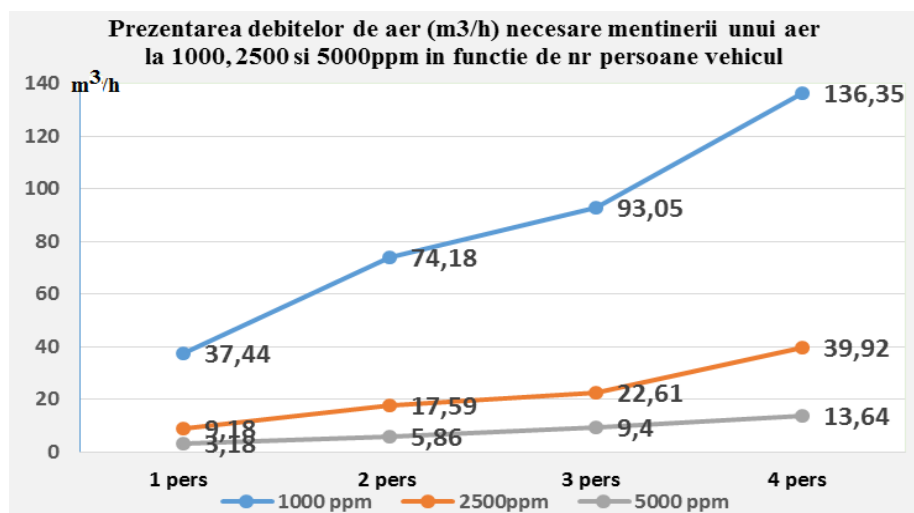


Figura 4: Debitul de aer (m<sup>3</sup>/h) introdus în vehicul în funcție de nr persoane și de concentrația de CO<sub>2</sub>

Comparațiile realizate între determinările experimentale ale debitelor de aer din fazele

anterior descrise, au stat la baza realizării unei **propuneri de management al consumului energetic dintr-un vehicul, prin dozarea aportului de aer din exterior**, în funcție de numărul persoanelor din vehicul și implicit de concentrația CO<sub>2</sub>-ului din aerul respirat. Tot în acest context, al câștigurilor energetice referitoare la aerul ventilat, este propusă și utilizarea unui schimbător de căldură aer-aer.

În figura 5 prezentăm comparativ debitul de aer furnizat de Dacia Logan (pe treptele 1-4 de ventilație) și debitul de aer proaspăt necesar a menține un aer de calitate (2500 ppm CO<sub>2</sub>) pentru 4 persoane ocupante a unui vehicul.

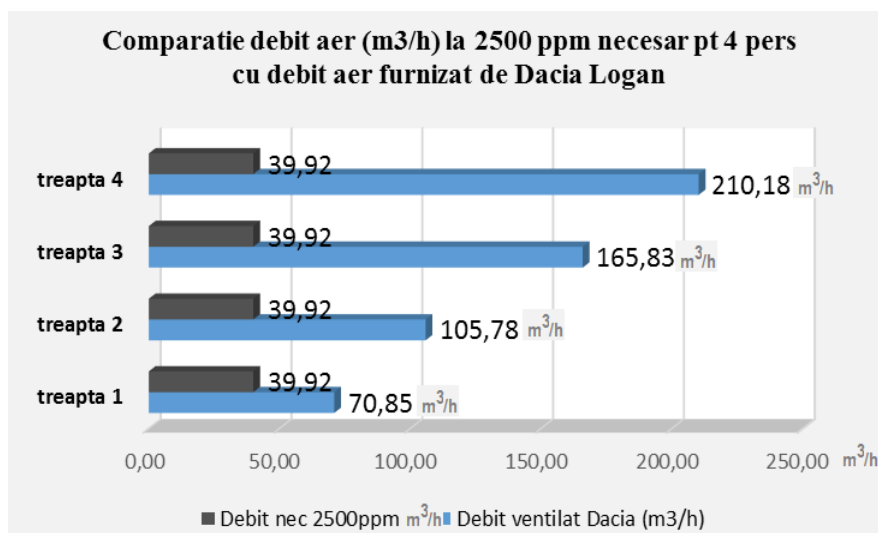


Figura 5: Prezentarea grafică a diferențelor dintre debitele necesare menținerii unui aer cu 2500 ppm CO<sub>2</sub>

Nivelul de CO<sub>2</sub> în atmosfera pământului crește rapid. Climatologii și alți oameni de știință au avertizat de mai mult de o jumătate de secol că acumularea de CO<sub>2</sub> și de alte gaze cu efect de seră din atmosferă conduc la încălzirea globală precum și la alte modificări climaterice semnificative, ecologice și societale. În 1900 atmosfera ambientală avea sub 300 ppm, acum concentrația ambiantă medie de CO<sub>2</sub> este de aproximativ 350-400 ppm și nivelul prognozat, până la sfârșitul secolului 21 este în jurul valorii de 800-1000. Această creștere poate avea implicații asupra întregii societăți și în special în locurile de muncă care necesită asumarea unor responsabilități, cum ar fi conducătorii auto, controlorii de trafic aerian sau medicii chirurghi (Bierwirth, 2016). Scăderea emisiilor de CO<sub>2</sub> este importanta din punct de vedere al siguranței transportului. Conștientizarea acestor probleme ar putea permite schimbări în practicarea acelor activități care depind de menținerea unor concentrații scăzute de CO<sub>2</sub>.

### Contribuții personale ale autorului tezei:

Teza de doctorat „Studii și cercetări privind îmbunătățirea unor parametri de confort în sisteme de transport” este o teza interdisciplinară având la baza un demers exploratoriu privind confortul și calitatea aerului în vehicule. Rezultatele tezei aduc contribuții originale atât în plan teoretic cât și în plan experimental, propunând soluții de creșterea confortului în vehicule, odată cu diminuarea consumului energetic.

Cercetările realizate au condus la publicarea a 4 articole, unul într-o revista ISI (Clarivate Analytics) cu factor de impact FI=1,789 (în 2016), două în volume ISI Proceedings și unul într-o revista BDI. Impactul acestor publicații poate fi pus în evidență prin cele 17 citări acumulate până în prezent, atât în reviste cu factor de impact, cât și în reviste BDI sau în teze de doctorat de la alte universități tehnice europene.

Rezultatele cercetărilor pun în evidență următoarele contribuții personale:

- **O amplă sinteză teoretică a rezultatelor cercetărilor recente**, referitoare la confortul și calitatea aerului în autovehicule, evidențiind efectele pe care le poate avea CO<sub>2</sub>-ul asupra sănătății, asupra productivității/perforanțelor cognitive, precum și asupra percepției confortului. Prin studiile prezentate, teza aduce o contribuție directă în semnalarea implicațiilor pe care le poate avea creșterea CO<sub>2</sub>-ului, în accidentele rutiere.

- **Redefinirea conceptului de confort în autovehicule** prin introducerea în sfera semnificațiilor sale a unei noi dimensiuni care ține de siguranța în circulație a ocupanților unui vehicul. Confortul poate fi definit luând în considerare starea subiectivă de plăcere și relaxare, dată de o conducere în siguranță, ca urmare a încrederii pe care o avem în vehicul. Articolul (Constantin & all, 2014) în care apare această contribuție teoretică originală a fost citat de 4 ori, în reviste cu factor de impact (FI=2,019; FI=2,871) și în volumul unei conferințe internaționale.

- **Identificarea elementelor generatoare de confort/disconfort** din perspectiva tinerilor utilizatori de vehicule, și în consecință identificarea posibilelor direcții de intervenție, pe de o parte, în ceea ce privește eliminarea disconfortului și, pe de altă parte în ceea ce privește creșterea confortului. Articolul în care au fost publicate rezultatele acestei cercetări (Constantin & all, 2014), este un articol indexat ISI Proceedings, și are 12 citări în publicații internaționale.

- **Determinarea experimentală a creșterii nivelului de CO<sub>2</sub>** ca urmare a respirației ocupanților unui vehicul, fără aport de aer din exterior, (cu și fără recircularea aerului) și identificarea timpului în care aceste niveluri de CO<sub>2</sub> pot pune în pericol conducerea în siguranță a unui vehicul. Rezultatele acestei cercetări au fost publicate în articolul „Perception of Cabin Air Quality among Drivers and Passengers” cu factor de impact FI=1,789 (Constantin et all., 2016). Printre autorii celor patru citări primite, menționăm profesorul Bierwirth, profesor emerit al Australian National University, precum și o cercetare realizată pentru Guvernul Australiei de către New South Wales Government Agency (Roads and Maritime Services) în vederea stabilirii unor reglementări privind utilizarea recirculării aerului în autovehicule în contextul proiectării unor ample lucrări de infrastructură rutieră inclusiv tuneluri.

- **Determinarea experimentală a volumului de aer proaspăt** necesar a fi introdus în habitacul unui autoturism, pentru a asigura trei niveluri ale calității aerului, și anume: 5000 ppm- limita expunerii profesionale la CO<sub>2</sub> pe parcursul a 8 ore de lucru; 2500 ppm – limita la care au fost identificate primele modificări ale atenției și capacității decizionale (Satish et al., 2012); 1000 ppm- recomandare CO<sub>2</sub>-ului pentru rezidențe, școli, birouri).

- **Conceperea, proiectarea și realizarea practică a unei instalații originale de reglare- control a aerului** proaspăt introdus în habitacul unui vehicul.

- **Identificarea diferențelor dintre debitul de aer furnizat de sistemul de ventilație al Daciei Logan și debitul necesar asigurării unui aer de calitate**, care nu afectează capacitățile cognitive ale ocupanților unui vehicul.

- **Concepția unei soluții de management al consumului energetic dintr-un vehicul**, prin dozarea aportului de aer din exterior, în funcție de numărul persoanelor din vehicul și implicit de concentrație CO<sub>2</sub>-ului din aerul respirat.



Aceste ultime contribuții se referă la rezultate ale cercetărilor realizate care, în prezent, sunt în curs de publicare.

### **Bibliografie semnificativă:**

1. Bică, M., Stoican, M.. (2006). OBD-un pas în plus către menținerea unei atmosfere curate. Revista *TERMOTEHNICA*, nr.1-2 anul X/2006, ISSN 1222-4057, pag. 89-94
2. Bierwirth, P. N. (2017). Carbon dioxide toxicity and climate change: a serious unapprehended risk for human health. *ResearchGate DOI, 10*. Available online: <http://grapevine.com.au/~pbierwirth/co2toxicity.pdf> (accessed on 2 July 2017).
3. **Constantin, D.** (2015). Aspects regarding the conception of an air quality control system of the vehicles with the recovery of the energy from the ventilation air. *Recent Advances in Environmental and Earth Sciences and Economics*, 373-376
4. **Constantin, D.**, Mazilescu, C.-A., Nagi, M., Draghici, A., & Mihartescu, A.-A. Perception of Cabin Air Quality among Drivers and Passengers. *Sustainability*. 2016, 8, 852.
5. **Constantin, D.**, Nagi, M., & Mazilescu, C.A. (2014). Elements of discomfort in vehicles. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 143, 1120-1125
6. **Constantin, D.**, Nagi, M., Mihartescu, AA & Mazilescu, C.A. (2016). Comfort assessment in a vehicle. *Annals of the University of Oradea, Fascicle of Management and technological engineering*, 3, 5-8.
7. DFG (1999). Deutsche Forschungsgemeinschaft [DFG]. Arsen und anorganische Arsenverbindungen. In *Gesundheitsschadliche Arbeitsstoffe: Toxicologisch-Arbeitsmedizinische Begründungen von MAK-Werten*, 35, Lieferung; Greim, H., Ed.; Wiley-VCH:Weinheim, Germany, 1999; pp. 1–50. (In German)
8. Hartwich, F., Beggiato, M., & Krems, J. F. (2018). Driving Comfort, Enjoyment, and Acceptance of Automated Driving-Effects of Drivers' Age and Driving Style Familiarity. *Ergonomics*, 1-55. WOS:000371056000143 (FI=2,019 in 2017)
9. Iorga, D., Vrabie, I., Hinkel, W., Mihon, L., & Irimescu, A. (2008). Experimental results concerning pollution decreasing for a high power direct injection diesel engine. *Science and Management of Automobile and Tractors, SMAT 2008, Craiova, 23-25 octombrie 2008*.
10. Iorga, D., Vrabie, I., Hinkel, W., Mihon, L., & Irimescu, A. (2008). Experimental results concerning pollution decreasing for a high power direct injection diesel engine. *Science and Management of Automobile and Tractors, SMAT 2008, Craiova, 23-25 octombrie 2008*.
11. Nagi, M. & Lelea, D. (1997). Experimental investigation on heat exchangers for automobiles, vol. 23, Mo.1.Kraguyevac, Yugoslavia, pg 45-47.
12. Satish, U., Mendell, M.J., Shekhar, K., Hotchi, T., Sullivan, D., Streufert, S., & Fisk, W.B. (2012). Is CO2 an Indoor Pollutant? Direct Effects of Low-to-Moderate CO2 Concentrations on Human Decision-Making Performance. *Environmental Health Perspectives*, 120:1671.
13. Stankovic, A., Alexander, D., Oman, C. M., & Schneiderman, J. (2016). A Review of Cognitive and Behavioral Effects of Increased Carbon Dioxide Exposure in Humans. *NASA Technical Paper*. Available online: <http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20160003872.pdf> (accessed on 24 June 2016).
14. Wargocki, P. & Wyon, D. (2007), The Effects of Outdoor Air Supply Rate and Supply Air Filter Condition in Classrooms on the Performance of Schoolwork by Children, *HVAC&R Research*, 13(2), 165-191.