



TEZA DE DOCTORAT

STUDII ȘI CERCETĂRI PRIVIND ÎMBUNĂTĂȚIREA UNOR PARAMETRI DE CONFORT ÎN SISTEME DE TRANSPORT

Autor : ing. Doru CONSTANTIN

TD
MECAN
678.124

Conducător științific: prof.dr.ing. Mihai NAGI

Timișoara

BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA POLITEHNICA
TIMIȘOARA

"În științele experimentale, măsurarea fenomenelor este un punct fundamental, deoarece prin determinarea cantitativă a unui efect relativ la o anumită cauză se poate stabili legea fenomenelor"

Claude Bernard (1865)

Această lucrare de cercetare a fost realizată în cadrul Universității Politehnica Timișoara, Departamentul M.M.U.T., cu sprijinul și contribuția directă sau indirectă a mai multor persoane cărora doresc să le mulțumesc.

În primul rând îmi exprim recunoștința față de domnul prof.univ.dr. ing. Mihai NAGI pentru că a acceptat să coordoneze această teză, pentru răbdarea sa infinită și pentru sprijinul acordat atât în plan uman cât și în cel științific.

Mulțumesc, de asemenea, domnului prof.univ.dr.ing. Dorin LELEA, pentru disponibilitatea și sfaturile oferite în cele mai dificile momente ale acestei teze, și pentru onoarea pe care mi-o face de a fi Președinte al Comisiei de doctorat.

Doresc să mulțumesc domnului conf.univ.dr.ing. Ioan LAZA, Director al Departamentului M.M.U.T., pentru primirea călduroasă în cadrul departamentului, și pentru că a acceptat să facă parte din Comisia de evaluare a acestei teze de doctorat.

Multe mulțumiri domnului prof.dr.ing. Marin BICĂ de la Universitatea din Craiova, și domnului prof.univ.dr.ing. Srbislav GENIC de la Universitatea din Belgrad, Serbia, pentru că au acceptat să participe la Comisia de evaluare a acestei teze de doctorat.

De asemenea doresc să mulțumesc domnului prof.dr.ing. Dănilă IORGA și domnului conf.dr.ing. Liviu MIHON pentru îndrumarea oferită pe tot parcursul acestei teze.

Multe mulțumiri domnului Profesor emerit dr.ing. Ioan NICOARĂ de la Universitatea Politehnica Timișoara, fără de care această teză nu ar fi existat, domnului prof dr.ing. Florin BREABĂN de la Universitatea Artois Franța, care a sugerat perspectiva unei teme de cercetare în domeniul confortului în vehicule, precum și domnilor profesori, Mohamed KETATA și Pascal DHERBECOURT de la Universitatea Rouen Franța și domnului profesor David BOUQUAIN de la Universitatea de Tehnologie Belfort-Montbéliard, pentru sprijinul oferit în realizarea cercetărilor și pentru aparatele și vehiculele experimentale puse la dispoziție în perioada stagiilor de doctorat realizate în Franța.

Nu în ultimul rând, doresc să-i mulțumesc soției mele care m-a făcut să înțeleg adevăratul sens al metodologiei și abordării științifice și fără de care nu aș fi găsit puterea de a finaliza aceasta teză, precum și copiilor mei, Radu-Paul și George, cărora doresc să le transmit dragostea pentru știință și cercetare.

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.

Teza de față își propune să ofere o imagine a stadiului actual al cercetărilor privind percepția confortului și a calității aerului într-un autovehicul, din perspectiva acumulării dioxidului de carbon biologic, produs de ocupanții unui vehicul, în situația folosirii prelungite a recirculării aerului. De asemenea, s-a avut în vedere și propunerea unei strategii de recirculare a aerului din autovehicul care să asigure un nivel al calității acceptat în mediile ocupaționale (Gestis, 2013), printr-un management adecvat al volumului de aer și al consumului energetic necesar asigurării confortului în habitaclul unui autovehicul.

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. De asemenea, s-a investigat modul în care percepția calității aerului se schimbă odată cu modificarea concentrației de CO₂.

Rezultatele măsurării concentrațiilor de CO₂ în habitaclul unor autovehicule, aflate în staționare, cu modul de recirculare a aerului activat, arată că în aproximativ 12 minute, cu 5 ocupanți, nivelul dioxidului de carbon a atins limita de expunere ocupațională (5000 ppm), iar în aproximativ 28 minute, cantitatea de CO₂ a atins 10000 ppm, nivelul la care apar primele semne de acidoză respiratorie (DFG, 2002). Măsurarea concentrațiilor de CO₂ în autovehicule cu 1-4 ocupanți, și a debitului de aer ventilat a condus la identificarea aportului de aer proaspăt necesar menținerii unui aer de calitate în habitaclul vehiculului, precum și câștigul de energie în situația folosirii ventilației controlate a aerului, ceea ce în cazul vehiculelor electrice poate crește semnificativ distanța de deplasare. Au fost analizate și riscurile potențiale ale acumulării dioxidului de carbon în habitaclul unui vehicul în cazul atingerii unor concentrații care pot pune în pericol atât conducerea unui autovehicul, cât și sănătatea ocupanților vehiculului.

Rezultatele obținute în studiile și experimentele realizate se pot utiliza pentru ameliorarea calității aerului în autovehicule.

Abstract

Given that climate change is increasingly affecting people's lives, the comfort and appreciation of vehicle comfort must be seen in a new context where consideration should be given to reducing air and air pollution within the vehicle, reducing the energy consumption needed to ensure this comfort.

This thesis aims to provide an overview of the current state of research into the perception of comfort and air quality in a vehicle from the perspective of the accumulation of biological carbon dioxide produced by occupants of a vehicle in the event of prolonged use of air recirculation. It was also envisaged to propose an air recirculation strategy in the vehicle to ensure the maintenance of an acceptable air quality through adequate air volume and energy consumption management to ensure comfort in the passenger compartment.

There have been identified and highlighted conditions in which air quality can reach values considered by specialists to jeopardize the ability to concentrate as well as general cognitive skills of drivers. It has also been investigated how the perception of air quality changes with the change in CO₂ concentration.

The results of the measurement of carbon dioxide concentrations in the passenger compartment of stationary vehicles with the activated air recirculation mode show that in about 12 minutes with 5 occupants the carbon dioxide level reached the occupational exposure limit (5000 ppm) and in about 28 minutes, the amount of carbon dioxide reached the level at which the first signs of respiratory acidosis (10000 ppm) occurred. Measuring carbon dioxide concentrations in 1-4 occupant vehicles and ventilated airflow has led to the identification of fresh air intake needed to maintain good air quality in the passenger compartment as well as energy gain when using controlled air ventilation, which in case of electric vehicles can significantly increase the travel distance. The potential risks of carbon dioxide accumulation in the interior of a vehicle have been discussed to reach concentrations that could jeopardize both the driving of a vehicle and the health of the occupants of the vehicle.

The results obtained in the studies and experiments performed may have implications for the legal recommendations on the improvement of air quality in motor vehicles.

Cuprins

| | |
|---|------------------------------|
| Index de tabele și de figuri..... | 11 |
| Index de simboluri..... | 14 |
| Introducere | Error! Bookmark not defined. |
| Partea I: STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR PRIVIND CONFORTUL ȘI CALITATEA AERULUI | 19 |
| Capitol 1 : CONFORTUL | 21 |
| 1. Aprecieri generale privind confortul | 21 |
| 1.1 Multidimensionalitatea confortului..... | 21 |
| 1.2 Tipologii ale confortului..... | 23 |
| 1.3 Multidisciplinaritatea confortului..... | 24 |
| 1.4 Confortul în vehicule de transport..... | 25 |
| 1.4.1 Confortul în tren..... | 25 |
| 1.4.2 Confortul în avion | 26 |
| 1.4.3 Confortul în autoturisme | 27 |
| Capitol 2 : CONFORTUL AMBIANȚELOR FIZICE | 29 |
| 2.1 Confortul ambianței luminoase..... | 29 |
| 2.1.1 Clasificarea factorilor care influențează confortul vizual..... | 30 |
| 2.1.2 Confortul vizual în vehicule | 31 |
| 2.2 Confortul ambianței sonore..... | 31 |
| 2.2.1 Niveluri ale ambianței sonore rezultante din diverse activități..... | 33 |
| 2.2.3 Confortul auditiv în vehicule | 34 |
| 2.3 Confortul aeraulic (vântul)..... | 34 |
| 2.4 Confortul termic | 36 |
| 2.4.1. Temperatura și confortul | 36 |
| 2.4.2 Schimbările termice dintre corpul uman și mediul său | 37 |
| 2.4.3 Parametrii care influențează confortul termic..... | 40 |
| 2.4.4. Confortul termic în vehicule | 44 |
| 2.4.5. Abordări ale confortului termic | 45 |
| Capitol 3: CONFORTUL ȘI CALITATEA AERULUI ÎN SPAȚII ÎNCHISE..... | 51 |
| Cercetări actuale privind calitatea aerului în spații închise..... | 51 |
| 3.1 Efectele CO₂ asupra sănătății..... | 54 |
| 3.2. Efectele CO₂ asupra performanțelor cognitive și asupra productivității..... | 55 |
| 3.3. Efectele CO₂ asupra percepției confortului | 57 |
| Partea a-II-a : STUDII SI DETERMINĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND CONFORTUL ȘI CALITATEA AERULUI ÎN VEHICULE | 61 |
| Capitolul 4 : CERCETĂRI PRIVIND CONFORTUL ȘI DISCONFORTUL în AUTOVEHICULE..... | 63 |
| 4.1. Introducere..... | 63 |
| 4.2. Metoda | 63 |
| 4.2.1. Participanți..... | 63 |
| 4.2.2 Procedura de lucru | 64 |
| 4.2.3 Mod de analiza a răspunsurilor..... | 64 |
| 4.3. Rezultate obținute..... | 64 |
| 4.3.1 Analiza elementelor generatoare de disconfort..... | 64 |
| 4.3.2. Analiza descriptiva a elementelor generatoare de confort..... | 69 |

| | |
|---|------------|
| 4.3.3 Analiza confortului /disconfortului | 70 |
| 4.4.Concluzii..... | 71 |
| Capitol 5 : CERCETĂRI PRIVIND CALITATEA AERULUI ÎN AUTOVEHICULE | 73 |
| 5.1.Introducere..... | 73 |
| 5.2. Materiale și metodă utilizata | 74 |
| 5.2.1. Participanții la studiu | 74 |
| 5.2.2. Instrumente de lucru | 75 |
| 5.2.3. Proiectarea și desfășurarea studiului..... | 75 |
| 5.3. Rezultate obtinute..... | 76 |
| 5.3.1. Măsurarea și analiza CO ₂ -ului în funcție de numărul persoanelor | 76 |
| 5.3.2. Analiza percepției calității aerului | 81 |
| 5.4. Concluzii..... | 84 |
| Capitol 6 : STUDII ȘI CERCETĂRI PRIVIND VENTILAȚIA ȘI CALITATEA AERULUI ÎN AUTOVEHICULE..... | 89 |
| 6.1.Introducere..... | 89 |
| 6.2. Metodă de lucru | 90 |
| 6.2.1. Participanții la studiu | 90 |
| 6.2.2. Instrumente de lucru utilizate | 90 |
| 6.3. Proiectarea și desfășurarea studiului..... | 94 |
| 6.3. Rezultate obținute..... | 96 |
| 6.3.1. Determinarea aportului minim de aer necesar asigurării unui aer cu 5000 ppm, 2500ppm și 1000ppm de CO ₂ în habitacul..... | 96 |
| 6.3.2 Măsurarea debitului de aer asigurat de sistemul de ventilație al unui autovehicul Dacia Logan în funcție de numărul de aeratoare deschise și de treptele de viteza ale sistemului de ventilație | 98 |
| 6.3.3 Măsurarea concentrației de CO ₂ într-un autovehicul Dacia Logan | 100 |
| 6.3.4 Compararea debitului necesar de aer de calitate și debitul furnizat de sistemul de ventilație..... | 101 |
| 6.4. Concluzii..... | 105 |
| 6.5 Propunere privind gestionarea consumului de energie într-un autovehicul | 106 |
| 6.5.1. Ameliorarea pierderilor de energie prin creșterea etanșeității și a izolării habitaculului..... | 106 |
| 6.5.2. Limitarea consumului de energie necesar improspatarii aerului din vehicul.. | 108 |
| 6.5.3 Respectarea normelor de confort privind viteza aerului in spatii inchise... .. | 112 |
| Capitol 7: CONCLUZII SI CONTRIBUȚII PERSONALE | 116 |
| 7.1 Concluzii finale | 116 |
| 7.2 Contribuții personale: | 120 |
| Referinte bibliografice | 125 |
| ANEXE..... | 138 |
| Anexa 1 : Vehicule experimentale - Renault Zoe si Dacia Logan | 139 |
| Anexa 2 : Aparat de masurare a CO ₂ – TROTEC BZ 30 si soft de utilizare | 140 |
| Anexa 3 : Masuratori ale CO ₂ in Dacia Logan..... | 142 |
| Anexa 4 : Masuratori ale CO ₂ in Hyundai..... | 144 |
| Anexa 5 : Măsuratori ale CO ₂ in Renault ZOE..... | 145 |
| Anexa 6 :Prezentare comparativă a CO ₂ functie de timp in 3 vehicule | 146 |
| Anexa 7 :Viteza si debit aer in Dacia Logan | 149 |

Index de tabele

| | |
|--|-----|
| Tabel 2.1: Durata maximă de expunere la sunete de intensitate ridicată (80-100dB) | 32 |
| Tabel 2.2: Niveluri ale ambianței sonore rezultante din diverse activități | 33 |
| Tabel 2.3: Temperaturi recomandate în diferite localuri..... | 40 |
| Tabel 2.4: Valori ale ratei metabolice în funcție de activitate (Croitoru, 2011) | 43 |
| Tabel 2.5: Relația dintre temperatura standard efectivă și senzația termică (Parsons, 2003) | 49 |
| Tabel 3.1 : Valori reglementate sau recomandate pentru rezidențe, școli și birouri (Anses, 2013)..... | 52 |
| Tabel 3.2: Valori numerice ale dioxidului de carbon cele două niveluri reglementate ale calității aerului în Hong Kong..... | 53 |
| Tabel 3.3: Posibile efecte și recomandări ale expunerii la CO ₂ în situații de repaus și de muncă grea (Williams, 2010)..... | 53 |
| Tabel 4.1: Lista elementelor generatoare de disconfort..... | 65 |
| Tabel 4.2: Ierarhia principalelor elemente generatoare de disconfort..... | 65 |
| Tabel 4.3: Lista elementelor de disconfort asociate dimensiunii 1..... | 66 |
| Tabel 4.4: Lista elementelor de disconfort asociate dimensiunii 2..... | 67 |
| Tabel 4.5: Diferențe semnificative între șoferi și pasageri privind percepția disconfortului | 68 |
| Tabel 4.6: Principalele elemente generatoare de disconfort, diferențiate în funcție de sex..... | 68 |
| Tabel 4.7: Lista elementelor generatoare de confort | 69 |
| Tabel 4.8: Ierarhia principalilor factori generatori de confort | 69 |
| Tabel 4.9: Diferențe între bărbați și femei privind percepția confortului..... | 70 |
| Tabel 5.1: Media și deviația standard a timpului în care aerul din cabina atinge anumite valori ale emisiilor de CO ₂ (vehicul în staționare fără recircularea aerului) | 76 |
| Tabel 5.2: Timpul (în minute și secunde) necesar pentru ca valorile dioxidului de carbon să urce până la 10000 ppm () necesar pentru 5 persoane pentru ca valorile dioxidului de carbon să urce până la 10000 ppm ... | 77 |
| Tabel 5.3: Valori minime, maxime și medii ale CO ₂ , temperatura și umiditatea aerului în perioada în care nivelul de CO ₂ a crescut de la 350 la 10.000 ppm. | 79 |
| Tabel 5.4: Timpul în care aerul respirat de ocupanții unui vehicul poate atinge anumite valori ale dioxidului de carbon (vehicul în staționare cu recircularea aerului)..... | 79 |
| Tabel 5.5: Rezultatele testului statistic Mann-Whitney..... | 82 |
| Tabel 6.1: Viteza și debitul necesar menținerii aerului din habitacul la 5000 ppm în funcție de numărul ocupanților vehiculului | 96 |
| Tabelul 6.2: Viteza și debitul necesar menținerii aerului din habitacul la 2500 ppm în funcție de numărul ocupanților vehiculului | 97 |
| Tabelul 6.3: Viteza și debitul aerului necesar menținerii aerului din habitacul la 1000 ppm în funcție de numărul ocupanților vehiculului | 97 |
| Tabelul 6.4: Viteza și debitul aerului măsurat în Dacia Logan, treapta 1 ventilator cu 1,2,3 sau 4 aeratoare frontale deschise | 99 |
| Tabelul 6.5: Nivel măsurat de CO ₂ în Dacia Logan în funcție de nr de ocupanți ai vehiculului și treptele sistemului de ventilație | 100 |
| Tabelul 6.6: Comparatie debit necesar pentru aer cu 5000ppm CO ₂ și debit furnizat de Dacia Logan | 101 |
| Tabelul 6.7: Debit necesar pentru aer cu 2500ppm CO ₂ și debit furnizat..... | 102 |
| Tabelul 6.8: Debit necesar pentru aer cu 1000ppm CO ₂ și debitul furnizat..... | 103 |
| Tabelul 6.9: Debitul de aer necesar menținerii unor concentrații de 0.1%, 0.25% și respectiv 0.5% CO ₂ cu 1 ocupant..... | 104 |
| Tabelul 6.10: Determinările experimentale ale debitelor de aer în funcție de numărul de persoane din vehicul și nivelul de CO ₂ | 110 |

| | |
|---|-----|
| Tabelul 6.11: Recomandari ale vitezei aerului in spatii profesionale raportate la temperatura mediului | 113 |
| Tabel A1: Variatia in timp a CO ₂ într-un vehicul stationar Dacia Logan cu 1-4 persoane, fara recircularea aerului | 142 |
| Tabel A2: Variatia in timp (sec) a CO ₂ într-un vehicul stationar Hyundai i30 cu 1-4 persoane, fara recircularea aerului..... | 144 |
| Tabelul A3: Variatia in timp (sec) a CO ₂ într-un vehicul stationar Hyundai i30 cu 1-4 persoane, cu recircularea aerului..... | 144 |
| Tabelul A4: Variația în timp (sec) a CO ₂ într-un vehicul staționar Renault ZOE cu 1-4 persoane, fără recircularea aerului..... | 145 |
| Tabelul A5 : Variația în timp (sec) a CO ₂ într-un vehicul staționar Renault ZOE cu 1-4 persoane, cu recircularea aerului..... | 145 |
| Tabelul A6: Prezentarea comparativa a timpului in care concentratia CO ₂ -ului creste de la 1000ppm la 5000ppm in 3 vehicule stationare, fara recirculare..... | 146 |
| Tabelul A7: Media si abaterea standard a timpului in care CO ₂ creste pana la 5000ppm, in Dacia Logan stationata, fara recirculare, pentru 1- 4 persoane | 146 |
| Tabelul A8: Prezentarea comparativa a timpului (in sec) in care CO ₂ -ul creste de la 1000ppm la 5000ppm in 3 vehicule stationare, cu recirculare | 147 |
| Tabelul A9: Media si abaterea standard a timpului in care CO ₂ creste pana la 5000ppm, in cele trei vehicule experimentale, cu recirculare, pentru 1- 4 persoane | 147 |
| Tabelul A10: Prezentarea comparativa a timpului (in min) in care CO ₂ -ul creste de la 1000ppm la 5000ppm in 3 vehicule stationare, min recirculare | 148 |
| Tabelul A11: Prezentarea comparativa a timpului (in min) in care CO ₂ -ul creste de la 1000ppm la 5000ppm in 3 vehicule stationare, cu recirculare | 148 |
| Tabelul A12: Viteza si debitul aerului masurat in Dacia Logan, treapta 2 ventilator cu 1,2,3 sau 4 aeratoare deschise | 149 |
| Tabelul A13- Viteza si debitul aerului masurat in Dacia Logan, treapta 3 ventilator cu 1,2,3 sau 4 aeratoare deschise | 149 |
| Tabelul A14- Viteza si debitul aerului masurat in Dacia Logan, treapta 4 ventilator cu 1,2,3 sau 4 aeratoare deschise | 149 |

Index de figuri

| | |
|--|----|
| Figura 1.1 : Schema de circulație a aerului în interiorul unei cabine de avion, cu doua culoare (Rydock, 2008) . | 26 |
| Figura 2.1: Curba audiometrica a urechii umane (www.iurc.montp.inserm.fr) | 32 |
| Figura 2.2: Debit de aer necesar pentru evacuarea diversilor poluanți produși de o persoana așezată având o activitate de birou, atunci când aerul exterior este pur, are 0 ^o C și 100% umiditate relativa (Roulet, 2008) | 35 |
| Figura 2.3: Curbe ale confortului in functie de temperaturile exterioare și interioare și de debitul aerului..... | 36 |
| Figura 2.4: Efectele unei temperaturi nefavorabile în habitaclu (Bachir si Boutaleb, 2013) | 37 |
| Figura 2.5: Plaja de confort temperatura - umiditate | 42 |
| Figura 2.6: Valori în clo ale diferitelor ținute vestimentare (Mazari, 2012)..... | 43 |
| Figura 2.7: Factori care influențează confortul termic în autovehicule | 45 |
| Figura 2.8: Temperatura ambienta optimala în funcție de activitate și de îmbrăcăminte (normele ISO 7730) ... | 47 |
| Figura 2.9: Reprezentarea grafică a relației dintre PPD și PMV | 48 |
| Figura 4.1: Reprezentarea grafica a celor două dimensiuni ale disconfortului și elementele constitutive | 67 |
| Figura 5.1: Evoluția concentrației de CO ₂ în interiorul unui vehicul cu 5 persoane, în funcție de timp | 78 |
| Figura 5.2: Variația cantității de CO ₂ (în ppm), în funcție de t timp (media t/pers) și de numărul de persoane într-o mașină cu aerul recirculat | 80 |

| | |
|--|-----|
| Figura 5.3: Variația concentrației de CO ₂ (350-5000 ppm; 2 persoane) în funcție de timp | 80 |
| Figura 5.4: Reprezentarea evaluărilor generale ale calității aerului 5000 ppm pe două grupuri de participanți (Tf) | 84 |
| Figura 6.1: Instrument de măsurare a calității aerului (CO ₂) Trotec BZ30 | 91 |
| Figura 6.2 : Anemometru TA300 cu sondă dreaptă | 91 |
| Figura 6.3: Instalația pentru reglarea debitului de aer introdus în vehicul..... | 92 |
| Figura 6.4 : Unitate de reglare-control a aportului de aer proaspăt, vedere laterala | 93 |
| Figura 6.5 : Schema fluxului de aer proaspăt introdus pentru menținerea unei anumite concentrații de CO ₂ ... | 94 |
| Figura 6.6: Unitate de reglare-control a aportului de aer proaspăt, vedere de ansamblu | 95 |
| Figura 6.7: Prezentarea debitelor de aer (m ³ /h) necesare menținerii unui aer la 1000, 2500 și 5000ppm în funcție de nr persoane din vehicul | 98 |
| Figura 6.8: Prezentarea debitelor de aer (m ³ /h) furnizate de sistemul de ventilație Dacia Logan în funcție de treptele tr 1-4 ale ventilatorului ,tr = treapta ventilator | 100 |
| Figura 6.9: Variația concentrației de CO ₂ funcție de nr de ocupanți și treptele sistemului de ventilație | 101 |
| Figura 6.10: Prezentarea grafică a diferențelor dintre debitul necesar menținerii unui aer cu 2500 ppm și debitul furnizat de sistemul de ventilație Dacia Logan..... | 103 |
| Figura 6.11: Debitul necesar de aer (1000 ppm CO ₂) vs debitul furnizat de Dacia Logan..... | 104 |
| Figura 6.12: Debitul furnizat de vehiculul experimental și debitul necesar menținerii unei concentrații date de CO ₂ în aerul habitaculului..... | 105 |
| Figura 6.13: Identificarea locurilor neetanșe și/sau cu izolație deficitară | 107 |
| Figura 6.14: Izolarea cu folie de aluminiu multistratificată a Daciei Logan..... | 108 |
| Figura 6.13- Schema a unui sistem de încălzire, ventilație și /sau climatizare a unui vehicul în care a fost integrat un schimbător de căldură aer-aer | 111 |
| Figura 6.14: Viteza curenților de aer la 20 cm de aerator pe treapta minimă a ventilatorului în Renault ZOE.. | 114 |
| Figura 6.15: Viteza curenților de aer la 90 cm de aerator pe treapta maximă a ventilatorului în Renault ZOE . | 115 |
| Figura A1: Vehicul electric Renault Zoe folosit în testările experimentale privind determinarea calității aerului și CO ₂ | 139 |
| Figura A2: Vehicul electric Renault Zoe folosit în testările experimentale privind determinările experimentale ale debitelor de aer și ale CO ₂ -ului..... | 139 |
| Figura A3 : Trotec BZ 30 - aparat de măsurare a concentrației de CO ₂ folosit în determinările experimentale | 140 |
| Figura A4: Soft Multiple Datalogger pentru vizualizarea și analiza determinărilor experimentale de CO ₂ , temperatura și umiditate | 140 |
| Figura A5: Exemplu de fișier excel cu date furnizat de Soft Multiple Datalogger pe baza determinărilor experimentale de CO ₂ | 141 |
| Figura A6: Reprezentarea grafică a creșterii concentrației de CO ₂ (pană la 0.5%) într-o Dacie Logan cu 1 persoană..... | 142 |
| Figura A7: Reprezentarea grafică a creșterii concentrației de CO ₂ (pană la 0.5%) într-o Dacie Logan cu 2 persoane..... | 143 |
| Figura A8: Reprezentarea grafică a creșterii concentrației de CO ₂ (pană la 0.5%) într-o Dacie Logan cu 3 persoane..... | 143 |

Index de simboluri

| | |
|---------------------------|---|
| clo | Indice de izolare termică a hainelor (1 clo = 0,155 °C · m ² /W) |
| °C | grade Celsius |
| m ² | metru pătrat |
| W | watt |
| RM | rata metabolică |
| W/m ² | putere/unitatea de suprafață (corporală) |
| V [m ³ /s] | debit volumic |
| MET | Metabolic Equivalent of Task |
| v | viteza aerului |
| CO ₂ | dioxid de carbon |
| ppm | părți pe milion (număr de molecule de gaz, luate în considerare la un milion de molecule de aer) |
| PMV | Predicted Mean Vote – indicele votului mediu previzibil |
| PPD | Predicted Percentage of Dissatisfied – procent persoane nesatisfăcute |
| SET | temperatura efectivă standard (° C) |
| χ^2 | Hi pătrat (un test statistic non-parametric cu ajutorul căruia se identifică dependența/independența a două variabile aleatoare) |
| p | prag de semnificație statistică |
| M | medie aritmetică |
| t _i | momentul evaluării pre-test (inițială) |
| t _f | momentul evaluării post-test (finală) |
| t [s] | timp |
| U Test | testul statistic Mann-Whitney |
| C _c | concentrația CO ₂ în cabina vehiculului (ppm) |
| C _o | concentrația de CO ₂ în aer liber (ppm) |
| C _{t0} | concentrația CO ₂ în vehicul la t = 0, presupusă a fi egală cu concentrația în aer liber, dacă nu se specifică altceva |
| Q _i | debitul volumetric de aer în vehicul (m ³ /s) |
| Q _o | debitul volumetric al aerului din vehicul (m ³ /s) |
| Q _{io} (sau AER) | rata de schimb a aerului în vehicul, bazată pe Q _i și Q _o |
| C _{exh} | concentrația de CO ₂ în aerul expirat (ppm) |
| Q _{exh} | debitul volumetric al aerului expirat (m ³ /s) |
| AER | rata de schimb a aerului pentru cabina vehiculului, fie măsurată (de preferat), fie modelată (1/s) |
| VC | volumul cabinei (m ³) |

Cadrul general al cercetării

Preocuparea pentru menținerea unui aer interior confortabil și sănătos nu mai este apanajul constructorilor de imobile ci începe să fie obiect de interes și pentru constructorii de vehicule. Aerul respirat în habitacul unui vehicul poate afecta vigilența și capacitatea de decizie a conducătorilor de autovehicule și uneori poate pune în pericol sănătatea copiilor, a bătrânilor sau a persoanelor suferinde.

Menținerea unui aer proaspăt și curat este strâns legată de consumul de combustibil al vehiculului, de costurile antrenate de acest consum și în cazul vehiculelor electrice de distanța pe care aceasta o poate parcurge ca urmare a disponibilității energetice a vehiculului.

Prezentarea conținutului tezei

Tematica tezei se circumscrie problematicii ventilației și a calității aerului interior, 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.

Cercetarea realizată are la bază un demers exploratoriu în privința analizei calității aerului pe baza CO₂ 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:

O1: 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 CO₂ asupra conducerii unui vehicul;

O2: Identificarea elementelor generatoare de confort/disconfort într-un autovehicul și realizarea unei ierarhii a acestora;

O3: Evaluarea calității aerului și determinarea cantității de CO₂ 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.

O4: Determinarea aportului de aer proaspăt necesar menținerii unei calități a aerului conforme normelor în vigoare, pentru unul sau mai mulți ocupanți ai vehiculului.

O5: Identificarea unei modalități de management al consumului energetic dintr-un vehicul prin dozarea aportului de aer din exterior atât cât sa 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.

În prima parte a tezei se prezintă cadrul teoretic al cercetării, abordând 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 și disconfortul, dimensiuni și semnificații, tipologii având la baza dimensiuni ale confortului, precum și abordări multidisciplinare ale acestuia din perspectiva arhitecturii, științelor inginerești 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 din mai multe continente, privind calitatea aerului în spații închise, punând în

evidență efectele pe care poate să le aibă CO₂-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 CO₂-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 CO₂ de la 350ppm până la 5000 ppm, limita de expunere profesională la CO₂ pe o perioadă de 8 ore. Determinările de CO₂ 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, CO₂-ul poate ajunge la acea concentrație la care este pusă în pericol sănătatea ocupanților, ca urmare a apariției primelor semne de acidoză respiratorie (creșterea CO₂-ului în sânge).

În **capitolul 6**, autorul a urmărit identificarea volumului minim de aer proaspăt necesar să fie introdus în habitacul unui autoturism, care să asigure menținerea a 3 niveluri de CO₂ (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 CO₂). Premergător acestui studiu am făcut 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 siguranță 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 CO₂-ului din aerul respirat, atât cât să se asigure un aer de calitate în vehicul, aer care să 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.

**Partea I : STADIUL ACTUAL AL
CERCETĂRILOR PRIVIND
CONFORTUL ȘI CALITATEA
AERULUI**

1. Aprecieri generale privind confortul

Confortul este o noțiune complexă dificil de definit, fiind utilizată în multe discipline uneori cu sensuri foarte diferite. Dicționarul Larousse (1985) prezintă mai multe definiții ale termenului, astfel că prin confort se înțeleg « facilitățile, dotările care produc bunăstarea materială », « bunăstarea, facilitățile aduse de o haină, de o piesă de mobilier, de un vehicul etc. » sau « liniștea psihologică, intelectuală, morală obținut prin eliminarea oricărei îngrijorări ». Dicționarul explicativ al limbii române (DEX, 2009) definește confortul drept « totalitatea condițiilor materiale care asigură o existență civilizată, plăcută, comodă și igienică ».

1.1 Multidimensionalitatea confortului

Termenul de confort este multidimensional și polisemantic, aflat într-o continuă redefinire : inițial prin confort s-a înțeles « încurajare, susținere, ajutor » sau mai bine zis « ceea ce dă curaj », « ceea ce te face puternic » (provenit din latinescul *confortare*), pentru ca ulterior, în secolul al XIX-lea, să preia înțelesul de "bunăstare materială" (din englezescul *comfort*) (<http://matechnologie.com>).

Deși noțiunea de confort este într-o continuă redefinire datorită variabilității sale în timp (luxul de altădată a devenit confortul de astăzi) și în spațiu (localizarea geografică), confortul este definit în general plecând de la disconfort sau mai exact de la pragul de disconfort. Dar complementaritatea celor două noțiuni, confort și disconfort, este delicată. Cele două noțiuni, sunt strâns legate una de cealaltă, și uneori confortul poate avea ca sursă absența disconfortului sau a unor situații deranjante. Există totuși foarte multe situații în care confortul este dat de prezenta unor elemente materiale aducătoare de satisfacție, relaxare, plăcere. fără ca absența acestor elemente să fie generatoare de disconfort. Unii autori, dat fiind faptul că odată cu creșterea disconfortului, scade senzația de confort, consideră cele două noțiuni

confortul și disconfortul, ca fiind polii unei aceleiași dimensiuni bipolare, și anume dimensiunea confort/disconfort (Zhang, Helander & Drury, 1996).

În funcție de registrele senzoriale implicate în aprecierea confortului au fost identificați mai mulți parametri ai confortului (temperatura, umiditatea, mișcările aerului ambiant), care au condus în timp la definirea unor noțiuni distincte de confort, și anume: confortul termic, vizual (luminos), acustic, higroscopic, calitățile aerului și mirosurilor, confortul tactil, vibratoriu, și cel dat de mișcarea aerului ambiant etc.

Evaluarea percepției confortului/disconfortului, deși se bazează pe parametrii mai sus menționați, nu este o sumă a acestora, ci presupune o integrare a informațiilor provenite de la toate registrele senzoriale, care interacționează între ele și la care se mai adaugă și alte aspecte psihologice precum așteptările individului în funcție de o anumită situație concretă sau starea subiectivă a persoanei din acel moment (Griffin, 1996 ; Vastfjall, 2004).

Cercetările privind evaluarea confortului s-au axat atât pe studiul unei singure modalități senzoriale (ca de exemplu influența temperaturii (Alahmer, Abdelhamid & Omar, 2012) sau influența mirosului asupra confortului/disconfortului (Cercelaru, Ionel, & Balogh, 2016), cât și pe interacțiunea dintre două sau mai multe registre senzoriale, ca de exemplu interacțiunea dintre umiditate și temperatură (Sookchaiya, Monyakul, & Thepa, 2010; Alahmer, Omar, Mayyas & Dongri, 2011) sau interacțiunea dintre vibrații, sunete și vedere în aprecierea confortului (Amari, 2009).

Majoritatea autorilor studiază confortul luând în analiză parametri fizici și aspectele fiziologice (Fanger, 1970). Dar o influență importantă în aprecierea confortului o prezintă și factorii psihologici. De exemplu într-o încăpere colorată în roșu, senzația de căldură percepută de un grup de persoane este mai puternică decât căldura percepută de aceleași persoane într-o încăpere colorată în albastru (Rohles & Wells, 1977).

Dimensiunile confortului pot avea ca aspecte definitorii atât mărimi fizice ale ambianței, cât și aspecte comportamentale sau psihologice.

- La nivel fizic sau fiziologic a fost identificat și definit confortul vizual, termic, acustic sau respirator, și au fost stabilite valori sau intervale de mărimi fizice caracteristice fiecăruia în parte, în diferite contexte (de exemplu valorile confortului termic sunt diferite în diferite anotimpuri). Pentru fiecare din simțurile noastre au fost definite anumite zone/intervale de confort. Intervalul de confort este diferit de la persoană la

persoană, dar diferă și în funcție de context sau de durata expunerii la un anumit mediu (public, privat, de muncă etc) ;

- La nivel comportamental confortul este dat de capacitatea unei persoane de a acționa și de a controla un mediu astfel încât să limiteze aspectele dezagreabile prin ajustări comportamentale, confort adaptativ (Dear et Brager, 1998). Cu alte cuvinte adaptarea comportamentală se referă la orice modificări conștiente sau inconștiente ale comportamentului ca urmare a unei situații resimțite. De exemplu, consumul unor băuturi calde sau reci, deschiderea sau închiderea unei ferestre, declanșarea sau oprirea căldurii, etc. Din aceeași perspectivă se vorbește și despre un confort funcțional, care intră în sfera de studiu a ergonomiei și este orientat mai mult către eficientizarea sarcinilor de muncă sau a sarcinilor menajere și mai puțin către satisfacția personală.
- La nivel psihologic, confortul depinde de generarea unor emoții sau a unor plăceri, dar și de posibilitatea luării unor decizii sau de conștientizarea capacității de a controla mediul înconjurător și de a anticipa consecințele propriilor acțiuni asupra mediului. De exemplu, conștiința deținerii controlului unei anumite surse de disconfort antrenează anumite mecanisme psihologice care ne ajută să fim mai toleranți la disconfort comparativ cu situația în care nu conștientizăm deținerea controlului asupra sursei de disconfort.

1.2 Tipologii ale confortului

Există autori care iau în considerare patru mari dimensiuni, pe baza cărora s-au definit patru tipuri de confort (Dumur, 2004):

1. *material* – definit prin capacitatea acestuia de a satisface nevoile materiale, fizice, primare. De exemplu, confortul dat de utilizarea unei mașini de spălat sau de folosirea unui calorifer pe timp de iarnă;
2. *estetic* – definit prin capacitatea acestuia de a satisface nevoile estetice ale oamenilor, nevoi foarte diferite de la o persoană la alta, a cărei caracteristică principală o constituie dependența sa de percepțiile subiective. De exemplu, confortul dat de amenajarea casei după anumite principii estetice sau după anumite gusturi personale ;
3. *social* – care corespunde echilibrului între nevoia de a fi cu ceilalți și nevoia de intimitate ;
4. *de conformitate* – definit de autori ca fiind confortul care marchează apartenența la un grup social dat .

Confortul și disconfortul au fost adesea studiate din perspectiva ergonomiei. Plecând de la scalele de evaluare dezvoltate de către Shackel în 1969 (GCR - General Comfort Rating) și de către Corlett și Bishop în 1976 (BPD – Body Part Discomfort Scale), Berthelot și Bastien (2009) au stabilit existența a 11 tipuri de confort :

- *dimensional* : ia în considerare în concepția noilor produse dimensiunile utilizatorilor (talie și greutatea), ca răspuns la nevoile și așteptările acestora ;
- *de utilizare* : se bazează pe analiza utilizării obiectelor în vederea identificării disfuncțiilor și a beneficiilor utilizării unui obiect, cu scopul stabilirii unor reguli predictive în crearea a noi obiecte ;
- *de contact* : poate fi măsurat cu ajutorul captorilor de presiune și se referă la cuantificarea confortului perceput fizic între un obiect și utilizator (suplețe, fermitate, duritate) ;
- *postural* : ia în considerare caracteristicile antropometrice și biomecanice în stabilirea unghiurilor și formelor obiectelor în scopul unei utilizări confortabile a acestor obiecte ;
- *de interacțiune* : are la bază evaluarea dimensiunilor de utilizabilitate și accesibilitate ;
- *de eco-concepție* : are la bază recomandări privind alegerea materialului (suplețe, fermitate, duritate etc) și a procesului de concepției ;
- *dat de materialele alese* : se referă la confortul dat de cunoașterea respectării anumitor parametrii non-alergici în vederea asigurării sănătății utilizatorilor;
- *senzorial* : tactil, vizual, olfactiv, auditiv și gustativ ;
- *dinamic* : evaluarea confortului vibratoriu, mai ales în domeniul transportului;
- *higrotermic* : controlul temperaturii și al umidității obiectului utilizat ;
- *Confortul ambianțelor fizice* : zgomot, lumină, temperatură, umiditate relativă, ventilația spațiului.

1.3 Multidisciplinaritatea confortului

Studierea confortului presupune o abordare multidisciplinară, din perspectiva a cel puțin trei domenii științifice, și anume: arhitectura, științele ingineresti și științele socio-umane (Chelkoff, 2004).

Problematika confortului nu este doar o problemă de ordin tehnic și arhitectural, ci este și o problema de mediu, dar și una socială deoarece într-o perspectivă a dezvoltării durabile randamentul energetic nu mai este primordial ci este necesară o reumanizare a tehnologiei

prin dialogul concertat al specialiștilor care pun în centrul preocupărilor lor confortul ocupanților vehiculelor.

Abordarea disciplinară a confortului s-a dovedit a fi ineficace, motiv pentru care în studiul confortului s-a trecut de la o abordare statică, disciplinară, la una dinamică, luându-se în considerare dinamica relațiilor interdisciplinare.

Indiferent de domeniul, disciplina sau ramura științifică pe care se situează cercetările, produsele trebuie să fie funcționale și confortabile. De aceea designerii trebuie să includă în procesul de concepție a produselor cât mai multe din cerințele utilizatorilor și să găsească modalitățile cele mai bune de a le utiliza.

1.4 Confortul în vehicule de transport

Confortul reprezintă din ce în ce mai mult o exigență a constructorilor de vehicule, care trebuie să aibă în vedere atât aspecte ale fenomenelor fizice care intervin în spațiul ocupanților vehiculului, cât și percepții și reprezentări ale acestor persoane.

Confortul în vehiculele de transport ocupă un loc important în cercetările actuale orientându-se către confortul în tren, în avion, în autocare și în autovehicule.

1.4.1 Confortul în tren

Studiul comportamentului pasagerilor în tren se bazează în special pe analiza înregistrărilor video ale pozițiilor pasagerilor în timpul călătoriilor în tren, identificându-se o succesiune a mișcărilor pasagerilor în care se caută o stabilizare a mișcărilor și o diminuare a activităților musculare. Putem cita în acest sens studiul lui Branton (1967) și Branton & Grayson (1969) care a luat în analiza 45000 de pasageri. Favre și Flores (1983) au propus un indicator de confort global având la baza trei tipuri de factori:

- fizici, care cuprind ambianța, spațiul etc;
- sociali, care cuprind așteptările clienților legate de organizarea modului de transport
- individuali, care cuprind motivația alegerii unei destinații, experiența călătoriilor asociată cu cea prezentă.

O altă încercare de a elabora un indice global de confort a fost realizată de INRETS (Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité) (Delepaut, 2007). Ei au propus un indice bazat pe interacțiunea a șase factori parțiali de confort și anume: locurile de stat, calitatea deplasării trenului, elementele ambianței fizice (încălzire, ventilație și

iluminare), zgomotul, grupurile sanitare, amenajările care facilitează deplasarea călătorilor în tren.

1.4.2 Confortul în avion

Cercetările legate de confortul în avion se îndreaptă în mod special către studiul confortului în cabină, confort determinat nu doar de lățimea și distanța dintre scaune, dar și de temperatura și curenții de aer condiționat, precum și de mediul sonor în care se găsesc pasagerii.

Berthelot și Bastien (2009) iau în evidența următoarele criterii în evaluarea confortului:

- statice : spațiul și timpul (imobilitate, inactivitate) ;
- dinamice (accelerare, vibrații, etc.) ;
- ambianța fizică (temperatura, umiditate, luminozitate, zgomote, oxigen) ;
- aspecte legate de design (formă, materie, culoare etc.)

Hadibroto (1992) consideră că percepția confortului este diferită în funcție de sexul pasagerilor. Pasagerii de sex feminin consideră importante în zborurile scurte: factorii dinamici, calitatea scaunului, zgomotele, vibrațiile, temperatura și schimbările de presiune ale aerului din cabina avionului. Ierarhia confortului la bărbați este reprezentată de confortul termic, cel al scaunului, confortul acustic, factorii dinamici și disponibilitatea spațiului.

Evaluarea confortului poate să schimbe ordinea în ierarhiile prezentate în funcție de nevoile și respectiv activitățile care se realizează pe parcursul zborului : lectura, odihna, somn, masa, lucru la calculator, etc.

În figura 1.1 s-a reprezentat modul în care circula aerul în interiorul unei cabine de avion cu două culoare (Rydock, 2008).

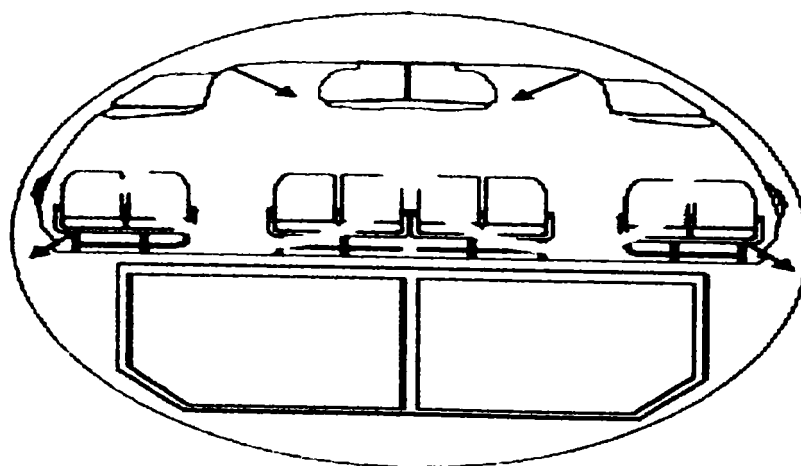


Figura 1.1 : Schema de circulație a aerului în interiorul unei cabine de avion, cu două culoare (Rydock, 2008)

1.4.3 Confortul în autoturisme

Confortul în vehicule a fost și este o preocupare a tuturor constructorilor de autovehicule indiferent de timpul și de locul acestora. Aspectele care țin de confort trebuie corelate cu cele de siguranța circulației de o așa manieră încât ambele problematici să fie satisfăcute. În aceeași măsură trebuie luate în considerare și aspectele legate de reducerea consumului de energie.

De exemplu mărirea suprafeței geamurilor din mașină sporește vizibilitatea dar vara amplifică efectul de seră care se formează în interiorul mașinii și poate crește riscul în caz de accidente. Etanșeitarea perfectă a habitaculurilor moderne reduce pierderile de căldură și zgomotele provenite de la mașină și din mediul exterior acesteia, dar împiedică reînnoirea naturală a aerului din vehicul. Randamentele îmbunătățite ale noilor motoare diminuează energia pierdută, energie utilă de altfel pe timp de iarnă la încălzirea habitaculului.

Evaluarea confortului în autoturisme necesită atât cunoștințe de fizică (privind schimburile de căldură dintre corpul uman și mediul ambiant) cât și un minimum de cunoștințe de fiziologie umană. O abordare științifică a confortului termic presupune atât studiul echilibrului termic al corpului uman cât și studiul parametrilor sensibili ai confortului termic: temperatura (mediului ambiant, a pereților, a suprafeței corpului), umiditatea mediului, diferențele de temperatură (în spațiu și în timp), mișcările aerului.

Temperatura în habitacul vehiculului este un factor important în producerea de accidente rutiere (Daanen, Vliert & Huang, 2003). Zlatoper a investigat influența a 10 factori în accidentele de circulație din Statele Unite și a observat că temperatura s-a clasat pe a treia poziție (Zlatoper, 1991).

Un sistem mai bun de control al climei într-un automobil îmbunătățește confortul termic ceea ce duce la o creștere a prudenței conducătorului auto și îmbunătățește performanțele și siguranța în trafic în diferite condiții. Cercetările arată ca sistemul de aer condiționat este unul dintre cele mai importante echipamente de confort în automobile (Ed Team, 2001). Îmbunătățirea performanței sistemului de aer condiționat al unui automobil necesită o analiză atentă a componentelor sistemului. Un sistem optim ar trebui să mențină un confort termic în timpul variațiilor sarcinilor termice minimizând în același timp consumul de energie.

Dimensionarea instalațiilor de climatizare în vehiculele de transport se realizează în funcție de nevoile termice ale pasagerilor/calatorilor, cu scopul de a menține în habitatul vehiculului temperatura dorită de pasageri.

În perioada caldă trebuie să se țină cont și de compensarea diferenței de temperatură dintre temperatura interiorului vehiculului și temperatura aerului nou introdus în vehicul, de pierderile de căldură datorate pereților, geamurilor, și din conductele de distribuție.

În perioada rece trebuie să se compenseze diferența de temperatură și umiditate dintre aerul din interiorul vehiculului și aerul nou introdus în vehicul, pierderile calorice datorate pereților, conductelor de distribuție, influența razelor solare prin pereți și geamuri, dar și aporturilor (căldură și umiditate) interne datorate pasagerilor, iluminatului și ventilației (Cléon, Pujol, Balacey, Leblon, Robin, Rougier, 1999).

Analiza confortului în vehicule constituie un subiect de interes și pentru cercetătorii din România, care abordează tematici variate, precum:

- analiza confortului termic în vehicule (Neacsu, Ivanescu & Tabacu, 2010; Ivanescu, Neacsu, & Tabacu, 2010; Grecea, Musat & Moscovici, 2013; Stancila, Ene, Ivanescu, Tabacu, & Neacsu, 2013; Neacsu & Ivanescu, 2016; Neacsu, Tabacu, Ivanescu, & Vieru, 2017);

- analiza confortului aerului în autovehicule (Caunii & Sachelarie, 2014; Caunii & Sachelarie, 2016);

- analiza confortului vibratoriu în vehiculele feroviare (Dumitriu, 2012; Dumitriu, 2013);

- analiza confortului fizic în autovehicule (Sisman, 2015; Aramă, Mitroi, Aramă & Aramă, 2016).

- calitatea aerului, autoturismele și transportul urban (Ionel, Marin, Ritivoi, & Lelea, 2001; Stepan, Ionel, Stefanescu, & Dungan, 2012; Ivascu, Tuica, & Negrus, 2002; Varga, 2013; Ivan, Falup, Mircea, Ionel, & Vasilescu, 2015; Mihon & Mihon, 2008; Stoican, Bica & Cernaianu, 2008; Iorga, Vrabie, Hinkel, Mihon & Irimescu, 2008; Mihon & Ostoia, 2008; Stoican & Bică, 2007; Bică & Stoican, 2006);

- managementul traficului (Kifor, Oprean & Banciu, 2009; Stepan, Ionel, Dungan, & Balogh, 2012; Boitor, Antov, Iliescu, Antso & Măe 2013; Varga & Iclodean, 2015; Cadar, Boitor & Petrelli (2017).

Capitol 2 : CONFORTUL AMBIANȚELOR FIZICE

Aprecierea ambianței fizice se face în funcție de ansamblul fenomenelor fizice care participă la percepția sensibilă a mediului construit și la confortul utilizatorului: lumina, căldură, vânt, sunete etc.

Evaluarea confortului ambianțelor fizice are la bază evaluarea ambianței luminoase, a celei sonore, precum și microclimatul (temperatură, umiditate relativă, ventilația spațiului). Indicatorii ambianței fizice sunt evaluați pornind de la luarea în considerare a următoarelor aspecte (Tabachiu, 2003): productivitate (eficiența în munca), procesele fiziologice (măsurătorile fiziologice), și procesele psihosociologice (plictiseala, rutina).

2.1 Confortul ambianței luminoase

Pentru a lucra în condiții de siguranță, cu ușurință și cu eficiență, o persoană trebuie să primească și să prelucreze informațiile vizuale din zona în care lucrează. Executarea unei sarcini de lucru și percepția mediului în care se realizează acea sarcină se fac sub controlul vederii. Disconfortul vizual, jena, oboseala și chiar orbirea cauzată de o lumina prea puternică pot fi surse ale unor accidente de munca. O ambianță luminoasă neadecvată poate fi o sursă de oboseală și disconfort vizual la locul de muncă, cu consecințe asupra siguranței, sănătății și eficienței muncii.

Confortul vizual este influențat de tipul sarcinii de lucru, de configurația locului de muncă, dar și de diferențele individuale (factori fiziologici, psihologici) etc. În contextul iluminării, obiectivul ergonomiei vizuale este de a adapta mediul luminos la capacitățile vizuale ale operatorului uman. Pentru că nu există o soluție universală a problemelor generate de confortul vizual trebuie studiat fiecare aspect care poate avea o influență pozitivă sau negativă asupra acestuia.

Confortul vizual este o impresie subiectivă legată de cantitatea, distribuția și calitatea luminii.

Nivelul de iluminare și contrastul dintre detaliu și fond sunt condiții necesare dar nu și suficiente pentru confortul vizual, care depinde de calitatea iluminării, de distribuția luminii pe toate suprafețele prezente în câmpul vizual al operatorului, precum și de capacitățile vizuale ale acestuia.

2.1.1 Clasificarea factorilor care influențează confortul vizual

Factorii care influențează eficacitatea și confortul vizual (INRS, 2002) pot fi clasificați în : parametri fizici, caracteristici proprii mediului de lucru, caracteristici ale sarcinii de realizat, factori fiziologici și psihologici.

Parametrii fizici cei mai reprezentativi pentru confortul vizual sunt: nivelul de iluminare, luminanța, strălucirea/orbirea

-Nivelul de iluminare al zonei de lucru și al zonelor de deplasare sau de mișcare în timpul realizării sarcinilor de lucru: Este necesar un nivel minim de iluminare pentru a vedea corect și fără oboseală obiectele, și pentru a efectua corect și fără oboseală o sarcina de lucru.

- Distribuția și uniformitatea iluminării este necesară pentru a evita adaptarea neconținută și obositoare a ochilor și pentru a asigura un nivel suficient de iluminare indiferent de locul unde este localizată stația de lucru. Ca regulă generală, se recomandă să se lumineze cât mai mult zona centrală a câmpului vizual și să se scadă treptat spre periferie.

- Absența orbirii: atunci când luminanța unei părți din câmpul vizual este mai mare decât luminanța medie la care sistemul vizual este adaptat, excesul de lumină poate provoca a efectul de orbire. Este un factor de risc pentru securitate.

- Culorile: percepția acestora poate varia în funcție de tipul iluminării. Când luminanța este foarte scăzută, percepția culorilor scade într-atât încât acestea vor fi percepute în nuanțe de gri.

Caracteristicile proprii mediului de lucru. Volumetria unei încăperi și proprietățile pereților influențează calitatea distribuției fluxului luminos. Fluxul luminos la nivelul unei sarcini rezultă din suprapunerea luminii naturale (provenită dintr-o deschidere a unui perete exterior vertical și / sau orizontal) și din lumina artificială.

Factorii fiziologici cu influență asupra confortului vizual iau în calcul capacitățile vizuale ale operatorului: executarea unei sarcini depinde în principal de capacitatea ochiului de a localiza obiectul în câmpul vizual, de a distinge diferențele de luminanță dintre obiect și fundal și de a percepe detaliile fine ale obiectelor. Acuitatea vizuală, vederea culorilor și a reliefului, precum și câmpul vizual diferă atât de la un individ la altul cât și la aceeași

persoană. în funcție de vârsta, starea de sănătate, nivelul de vigilență și / sau oboseală și ritmul biologic al acestora.

Factorii psihologici

Nevoia de lumină este resimțită diferit de diferite persoane. Persoanele din țările scandinave compensează lipsa de lumină prin utilizarea unor culori vii la pereții caselor.

2.1.2 Confortul vizual în vehicule

Elementele naturale nu ajută întotdeauna la conducerea unui vehicul. Lumina soarelui poate fi orbitoare, ploaia se scurge pe parbriz și blochează vizibilitatea. La fel și bruma, zăpada sau gheata. Cu cât vizibilitatea scade, cu atât conducerea autovehiculului este mai puțin sigură, mai ales atunci când vremea se schimbă brusc.

Vizibilitatea unui șofer poate fi perturbată nu numai de vreme și de precipitațiile atmosferice, ci și de strălucirea farurilor vehiculelor care vin din sens opus, dar și de sursele luminoase din interiorul vehiculelor, precum LED-urile, oglinzile, ecranele, etc.

Iluminarea auto are două funcții esențiale:

- iluminarea drumului atunci când se conduce noaptea;
- semnalizarea altor utilizatori ai drumului (poziția, direcția de mișcare, intenția, frânarea).

Concepția iluminării în autovehicule a devenit primordială pentru industria automobilelor. Cercetătorii și designerii colaborează din ce în ce mai mult pentru identificarea și introducerea în circulație a noi materiale cu diferite proprietăți optice ale suprafeței, diferite culori sau a noi surse de iluminat, inovante, care să crească claritatea și vizibilitatea în vehicule, să satisfacă aspectele de design ale cumpărătorilor și să consume cât mai puțină energie.

Unul din obiectivele constructorilor de automobile de astăzi este optimizarea confortului vizual și a siguranței șoferului.

2.2 Confortul ambianței sonore

În literatura științifică, studiul sunetelor din mediul înconjurător a permis aprecierea acestora cantitativă și calitativă, dar și dintr-un punct de vedere descriptiv și hedonic (Minard, 2013).

Urechea umană poate percepe frecvențe între 20 Hz și 20000 Hz. Dar confortul auditiv este condiționat de sensibilitatea urechii umane, care este variabilă în funcție de frecvența sunetelor.

În figura 2.1 s-a prezentat curba audiometrică a unei urechi sănătoase, și anume variația intensității în funcție de frecvență. Pentru fiecare frecvență pragul de percepție este diferit: frecvențele cele mai bine percepute se situează între 1 și 5 KHz. Între 0 și 130 dB se regăsește cea mai mare gamă a dinamicii intensității senzațiilor auditive.

Curba superioară reprezintă limita intensității perceptibile și respectiv pragul durerii. Peste această curbă apare durerea și distrugerea celulelor din urechea internă. Zona conversațională prezintă gama sunetelor folosite în comunicare.

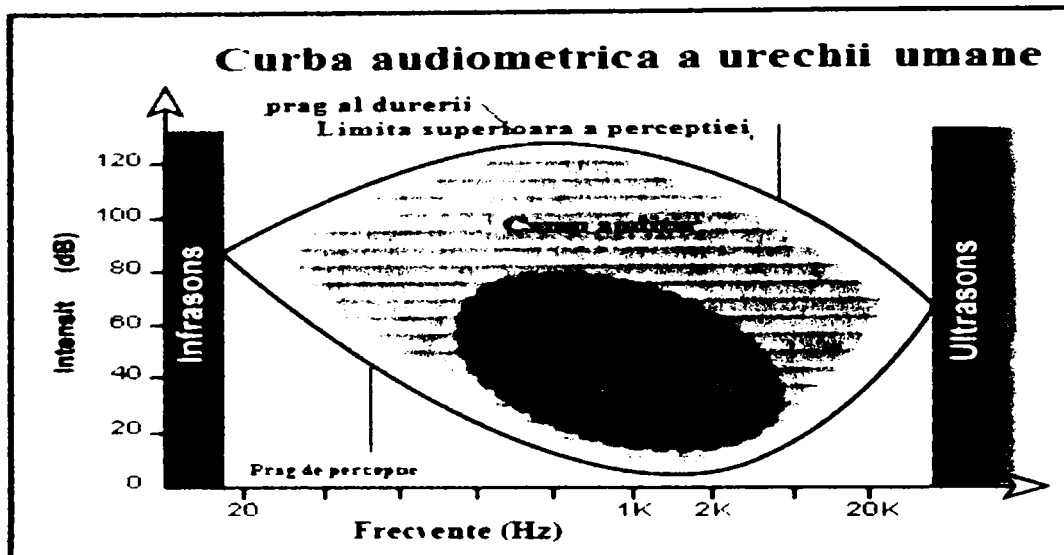


Figura 2.1: Curba audiometrică a urechii umane (www.iurc.montp.inserm.fr)

În funcție de timpul de expunere, un sunet chiar și de intensitate slabă poate deveni periculos. Sunetele mai mari de 85 dB pot avea efecte negative asupra auzului. În tabelul 2.1 este prezentată durata maximă de expunere la sunete de intensitate ridicată (www.iurc.montp.inserm.fr).

Tabel 2.1: Durata maximă de expunere la sunete de intensitate ridicată (80-100dB)

| Durata maxima de expunere in functie de intensitatea sunetelor | |
|---|----------------------------------|
| Nivel sonor in dB | Durata maxima de expunere |
| 80 | 8 h |
| 83 | 4 h |
| 86 | 2 h |
| 89 | 1 h |
| 92 | 30 min |
| 95 | 15 min |
| 98 | 7,5 min |

2.2.1 Niveluri ale ambianței sonore rezultante din diverse activități

Activitățile omenești sunt însoțite adeseori de producerea unor sunete și zgomote mai mult sau mai puțin deranjante. În tabelul 2.2 sunt prezentate câteva valori ale nivelului sonor măsurat în dB, în diferite zone de activități situate în aer liber sau în interiorul unor clădiri, pe timpul zilei, seara și noaptea (sursa: www.energieplus-lesite.be; Facultatea de Arhitectură, Inginerie Arhitecturală, Urbanism (LOCI) - Universitatea Catolică din Louvain (Belgia).

Tabel 2.2: Niveluri ale ambianței sonore rezultante din diverse activități

| Valori indicative ale nivelului sonor măsurat în aer liber [dB (A)] (zonă de activitate în aer liber) | | ziua | seara | noaptea |
|---|---|-------------|--------------|----------------|
| 1. | Zonele rurale și zonele de agrement, cu excepția zonelor enumerate la punctele 2, 3 și 8. | 40 | 35 | 30 |
| 2. | Zonele rezidențiale, zonele rurale și zonele de agrement situate la 500 m de o zonă industrială care nu este menționată la punctul 3 sau o zonă de utilități publice sau publice. | 50 | 45 | 45 |
| 3. | Zonele rezidențiale, zonele rurale, zonele de agrement situate la mai puțin de 500 m de o zonă de artizanat, o zonă a IMM-urilor, o zonă de servicii sau o zonă de exploatare în perioada activitate. | 50 | 45 | 40 |
| 4. | Zone rezidențiale, cu excepția celor enumerate la pct. 2 și 3. | 45 | 40 | 35 |
| 5. | Zone industriale, zone de servicii, utilități publice și zone de operare în timpul perioadei de activitate. | 60 | 55 | 55 |
| 6. | Zone de agrement, cu excepția celor menționate la punctul 2, și zone de agrement. | 50 | 45 | 40 |
| 7. | Alte zone, cu excepția zonelor tampon, a zonelor militare și a zonelor la care se aplică valorile orientative stabilite prin decret special. | 45 | 40 | 35 |
| 8. | Zonele tampon. | 55 | 50 | 50 |
| Valori indicative ale nivelului de zgomot măsurat în interior [dB (A)] (zonă de activitate interioară) | | ziua | seara | noaptea |
| 1. | Zonele rurale și zonele de agrement. | 30 | 25 | 25 |
| 2. | Zone industriale, zone de servicii, zone publice sau de utilitate publică și zone de operare în perioada de activitate. | 33 | 28 | 28 |
| 3. | Zonele rezidențiale și alte zone, cu excepția celor menționate la punctele 1 și 2. | 33 | 28 | 28 |

(sursa: www.energieplus-lesite.be; Facultatea de Arhitectură, Inginerie Arhitecturală, Urbanism (LOCI) - Universitatea Catolică din Louvain (Belgia)

2.2.3 Confortul auditiv în vehicule

Traficul rutier este inclus printre sursele liniare de zgomot ambiental, ca urmare a numeroase surse sonore care acționează aproape simultan: zgomote datorate autovehiculelor, zgomote datorate interacțiunii dintre autovehicule și șosele, zgomote datorate curenților de aer generați la deplasarea autovehiculelor.

În vehicule, zgomotul de eșapament este cea mai mare sursa de zgomote, dar nu singura. Funcționarea organelor de transmisie, caroseria, șasiul sau sistemul de rulare sunt alte exemple de surse de zgomot într-un autovehicul. Sistemele de tratare a aerului, atât de necesare pentru a îmbunătăți confortul termic al ocupanților acestora, sunt însoțite de o deteriorare a confortului acustic.

De asemenea componentele vehiculelor, care funcționează cu aer comprimat (robinete pneumatice de control, cilindrii pneumatici etc.), emit zgomot la niveluri ridicate atunci când aerul este eliberat în atmosferă.

Studiile meta-analitice privind analiza sunetelor în vehicule au condus la identificarea a trei mari categorii de analiză (Minard, 2013):

- categoria Motorului (**Motor**), care cuprinde atât analiza sunetelor din habitacul vehiculelor, cât și cele referitoare la unitățile de climatizare;
- categoria Pseudo-instrumentală (**Instrument-like**), constituită din studii realizate asupra sunetelor claxonului;
- categoria Impact (**Impact**), cuprinzând un corpus de articole privind sunetele produse de trântirea portierelor vehiculelor.

Cu timpul, studierea sunetelor în vehicule a evoluat de la identificarea surselor de zgomot și reducerea acestora, la spațializarea sunetelor în habitacul, o tehnologie virtuală care ia în considerare inteligibilitatea mesajelor, calitatea sonoră a informațiilor vocale și localizarea sunetelor în spațiul habitaculului pentru a crește condițiile de siguranță pentru șofer.

2.3 Confortul aeraulic (vântul)

Aerisirea încăperilor are ca scop atât asigurarea unui mediu interior confortabil (Roulet, 2008) cât mai ales menținerea în buna sănătate a persoanelor din încăpere. Nu este vorba doar despre asigurarea aportului de oxigen necesar vieții, ci și despre eliminarea diversilor poluanți

care pot face atmosfera urat mirositoare și toxică. În absența aerisirii, diminuarea oxigenului este printre ultimele lucruri care deranjează.

Ocupanții unei încăperi vor fi jenați de mirosurile din încăperea, de vaporii de apă, de căldură etc. (figura 2.2):

- Mirosurile dintr-o încăperea deranjează foarte mult și oamenii au o mare sensibilitate la aceste mirosuri (Cercelaru, Ionel, & Balogh, 2016);
- Vaporii de apă cresc umiditatea relativă ceea ce duce la creșterea riscului de apariție a mușgaiului;
- Gazul carbonic în concentrație crescută face ocupanții letargici;
- Praful, aerosolii și gazele toxice;
- Căldura în exces provenind din activitățile umane

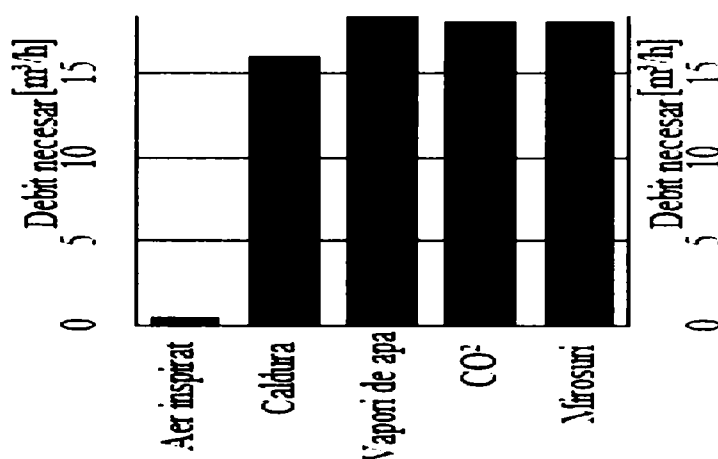


Figura 2.2: Debit de aer necesar pentru evacuarea diversilor poluanți produși de o persoană așezată având o activitate de birou, atunci când aerul exterior este pur, are 0°C și 100% umiditate relativă (Roulet, 2008)

Aprecierea calității ambianței în funcție de mișcarea curenților de aer poate fi realizată din două perspective:

- confortul dinamic (interacțiunea cu mișcările, stabilitatea utilizatorilor)
- confortul termic (contribuția schimburilor convective la echilibrul termic al corpului).

Aceste două noțiuni sunt în continuare ponderate de starea subiectivă a individului.

2.4 Confortul termic

Confortul termic este adesea definit ca și satisfacția exprimată față de ambianța termică. (ISO 7730, 1994). Omul fiind o ființă homeotermă își asigură continuu echilibrul termic prin intermediul unui sistem de termoreglare care îi permite reglarea schimburilor de căldură cu mediul, atât prin reacții conștiente (adaptări comportamentale) cât și prin reacții inconștiente precum mișcarea, tremorul, frisoanele sau vasoconstricția în caz de scădere a temperaturii și prin transpirație, vasodilatație și respirație accelerată în caz de creșteri ale temperaturii.

În afara factorilor fizici și fiziologici care influențează senzațiile termice, există și factori sociopsihologici care influențează confortul termic. Confortul are o componentă subiectivă, variind de la om la om în funcție de vârstă, sex, îmbrăcăminte și anotimp.

În mod tradițional confortul este caracterizat prin :

- Parametrii de mediu/ambianță: temperatura aerului; viteza aerului; temperatura medie radiată de elementele interioare înconjurătoare; umiditatea aerului;
- Parametrii individuali: nivelul de activitate; nivelul de izolare termică a îmbrăcăminteii.

2.4.1. Temperatura și confortul

Considerând confortul ca un echilibru dintre corp și ambianță, starea de bine necesită în permanență găsirea unui echilibru între temperatura corporală (36.7°C) și temperatura mediului. Confortul este considerat ca o componentă a securității active. Rezultatele studiilor realizate de Organizația Mondială a Sănătății arată că în situații de stres scade capacitatea de concentrare și reacția la stimuli.

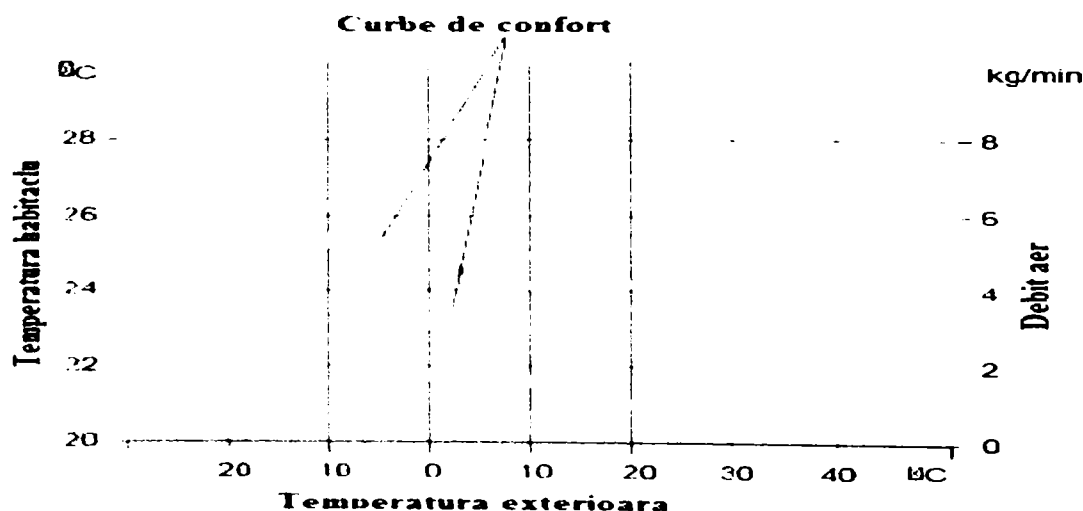


Figura 2.3: Curbe ale confortului în funcție de temperaturile exterioare și interioare și de debitul aerului

În figura 2.3 sunt reprezentate curbe ale confortului, și anume: de temperatura din habitacul și de debit de aer introdus din exterior și de temperatura acestuia (sursa: www.energieplus-lesite.be).

Căldura poate fi un factor de stres dacă valorile temperaturii se situează în afara zonei de confort (zona A), mai exact în intervalul 19-24⁰ C, temperatura cea mai potrivită pentru conducătorul vehiculului fiind de 20-22⁰ C (figura 2.4).

Sub influența razelor solare temperatura în habitacul poate crește rapid atingând valori care pot deveni periculoase pentru ocupanții unui vehicul. O creștere cu 15⁰ C față de temperatura exterioară provoacă o accelerare a frecvenței cardiace, o intensificare a transpirației și o oxigenare insuficientă a creierului. Aceasta este zona B a stresului climatic.

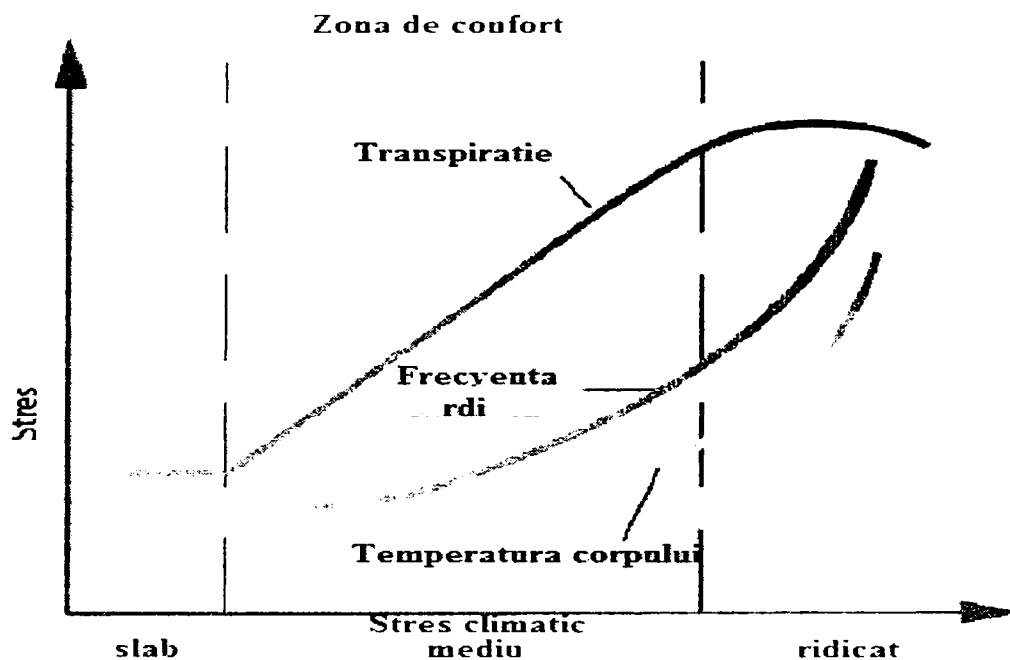


Figura 2.4: Efectele unei temperaturi nefavorabile în habitacul (Bachir și Boutaleb, 2013)

O creștere a temperaturii cu 25-30⁰ C poate conduce la afecțiunea denumită „stres climatic ridicat” provocând o diminuare a percepției senzoriale și a capacității combinatorii cu aproximativ 20% (figura 2.5).

2.4.2 Schimburile termice dintre corpul uman și mediul său

Între corpul uman și mediul înconjurător există 5 modalități de a se transmite căldura: prin respirație, prin transpirație, prin conducție, prin convecție și prin radiație.

2.4.2.1 Evaporarea apei prin respirație și transpirație/perspirație

Apa se evaporă prin intermediul aparatului respirator și prin piele. Evaporarea prin respirație antrenează o pierdere de căldură minimă. Cu toate acestea aparatele de dezumidificat sau cele de climatizare fac ca oamenii să utilizeze un aer relativ sec, acest lucru crescând evaporarea prin respirație.

Evaporarea sudorii de la suprafața pielii se produce prin două mecanisme: secreția glandelor sudoripare (transpirația), și difuziunea trans-epidermică (perspirația). Transpirația este un proces reglator care se declanșează de îndată ce corpul nu se mai găsește în echilibru termic. Perspirația este un fenomen de evaporare difuză continuă.

2.4.2.2 Conducția termică

Conducția termică este „procesul de transfer de caldura dintr-o zona cu temperatura mai ridicata catre o zona cu temperatura mai coborata in interiorul unui corp termodinamic (solid, lichid sau gazos) sau între medii diferite în contact fizic direct, între care există o diferență de temperatură” (Nagi et al., 2006, p.203). De exemplu, schimburile termice dintre piele și îmbrăcămintea strânsă pe corp, dintre piele și încălțăminte sau dintre piele și instrumentele de lucru. În general aceste schimburi sunt neglijabile, dar pot influența senzația de confort termic.

Ecuția de baza pentru transmiterea căldurii prin conducție în corpurile solide este data de relația lui Fourier:

$$Q = -\lambda \cdot A \frac{dt}{dx} \cdot \tau = -\lambda \cdot A \cdot \text{grad}.t \cdot \tau ,$$

unde:

Q [J] – energia termică transmisă;

A [m²] – secțiunea prin care se transmite căldura;

τ [s] – timpul în care se transmite căldura;

λ [W / mk] – conductivitatea termică a materialului la care are loc schimbul de căldură.

2.4.2.3 Convecția termică

Convecția este „modul de transfer de caldura predominant între o suprafața solida si un fluid in miscare, între care exista contact direct. Convecția termică este un proces complex de transfer de energie, masa și impuls care nu depinde direct de diferența de temperatură dar

energia se transfera in sensul scaderii temperaturii de la corpul cald la corpul rece”(Nagi et al., 2006, p.204)

Ecuatia fundamentala a convecției termice este data de relația lui Newton:

$$\dot{Q}_c = \alpha_c A (t_p - t_f)$$

unde:

α [W / m²K] – este coeficientul de convecție;

A[m²] - aria suprafeței de transfer termic;

t_p,t_f[°C] - temperatura suprafeței peretelui, respectiv a fluidului.

Transferul de căldură dintre corp și aerul înconjurător și depinde de temperatura aerului, a corpului în cazul unei convecții naturale, dar și de mișcările aerului din jurul corpului în cazul unei convecții forțate sau mixte. Dacă aerul este mai rece decât corpul, atunci corpul se va răci în timp ce aerul de la suprafața de contact se va încălzi și se va ridica deasupra capului înainte de a se disipa în mediu (Nicol, 1993). Când aerul este mai cald, convecția are loc prin reîncălzirea corpului.

2.4.2.4 Radiația termică

Radiația termică „reprezintă modul de transmitere a energiei termice prin unde electromagnetice. Transferul de energie termică nu se produce din aproape în aproape (ca la conducție și convecție), ci se produce la orice temperatură, la orice distanță”(Nagi et al., 2006).

Radiația termică presupune un schimb de căldură de la distanța între corp și mediul înconjurător prin intermediul undelor electromagnetice. În funcție de banda de emisie se întâlnesc două tipuri de radiații: radiațiile solare și infraroșii. La temperatura ambiantă toate suprafețele emit în principal radiații infraroșii (Vinet, 2000). Corpul uman emite în permanență o căldură radiativă existând un flux radiativ între corpul uman și pereții din jurul acestuia. Disconfortul perceput în apropierea unui perete rece are la bază mecanismul radiației.

2.4.3 Parametrii care influențează confortul termic

Senzația de confort termic depinde de:

- Parametrii ambianței exterioare: temperatura aerului, temperatura medie radiantă, viteza aerului și umiditatea relativă a aerului
- Parametrii legați de individ: activitatea fizică și îmbrăcămintea
- Parametrii legați de câștigurile termice interne, câștiguri generate de surse interne altele decât sistemele de încălzire, precum gradul de ocupare al incintei, culoarea, ambianța etc.

2.4.3.1 Parametrii ambianței exterioare:

Temperatura aerului ambiant

Temperatura este unul dintre parametrii care influențează senzația de confort termic.

Temperatura aerului sau temperatura ambiantă intervine în evaluarea bilanțului termic al individului la nivelul schimburilor convective, conductive și respiratorii.

Reglementările privind protecția muncii impun temperaturi ale aerului în funcție de munca realizată, pentru o umiditate relativă cuprinsă între 40 și 70%. Valorile minime admise pentru temperatura aerului prezentate în tabelul 2.3 sunt calculate pentru o temperatură medie a suprafeței pereților inferioară cu 2 grade temperaturii aerului.

Tabel 2.3: Temperaturi recomandate în diferite localuri

| Localuri | Temp. aer (°C) |
|---|----------------|
| Localuri unde oameni îmbrăcați normal sunt în repaus sau realizează o activitate fizică foarte lejeră <i>De ex : birouri, săli de curs, săli de așteptare, restaurante, săli de reuniuni sau conferințe.</i> | 21 |
| Localuri unde oameni îmbrăcați sumar sau dezbrăcați sunt în repaus sau realizează o activitate fizică foarte lejeră <i>De ex : săli de examene sau de îngrijire medicală, vestiare</i> | 23 - 25 |
| Localuri unde oameni îmbrăcați normal realizează o activitate fizică lejeră <i>De ex : ateliere, laboratoare, bucătării.</i> | 17 |
| Localuri unde oameni îmbrăcați sumar realizează o activitate fizică intensă <i>De ex : săli de gimnastică. săli de sport.</i> | 17 |
| Localuri care servesc doar de trecere pentru oameni îmbrăcați normal <i>De ex : coridoare, vestiare, grupuri sanitare, ascensoare.</i> | 17 |

| | |
|---|---|
| Localuri ferite de îngheț <i>De ex : garaje, arhive.</i> | 5 |
|---|---|

(sursa: www.energieplus-lesite.be; Facultatea de Arhitectură, Inginerie Arhitecturală, Urbanism (LOCI) - Universitatea Catolică din Louvain (Belgia))

Temperatura pereților influențează senzația de confort termic în aceeași măsură ca și temperatura aerului. De aceea, într-o încăpere cu pereții reci, trebuie crescută temperatura aerului.

Normele europene NBN EN 13779 (2004) stabilesc o temperatură de funcționare sau o temperatură operativă în intervalul 19-24 °C cu o valoare prestabilită de 21°C.

Schimbările de căldură între individ și ambianță se realizează prin intermediul mai multor mecanisme: evaporare, transpirație, convecție, radiație, conducție și ingestie de alimente. Mai mult de 50 % din pierderile de căldură ale corpului se realizează prin convecție cu aerul ambiant, convecție și evaporare prin respirație sau la suprafața pielii. Schimbările prin radiație la suprafața pielii reprezintă 35 %, cele prin contact mai puțin de 1 %, iar cele necesare reîncălzirii alimentelor reci ingerate sunt de aproximativ 6 %.

Omogenitatea temperaturii aerului ambiant este de asemenea un criteriu de confort. Temperatura picioarelor este măsurată la 10 cm înălțime, iar cea a capului la 1,10 m sau 1,70 m în funcție de poziția persoanei, așezată sau în picioare. Diferența dintre aceste două temperaturi trebuie să rămână mai mică de 2 grade.

Umiditatea relativă a aerului

Umiditatea relativă a aerului este un parametru care influențează confortul termic între 30 și 70 % (Liebard și De Herde, 2005). O umiditate puternică dereglează termoreglarea organismului deoarece evaporarea de la nivelul pielii se face cu dificultate și atunci va crește transpirația care va genera o situație de disconfort. Disconfortul apare atunci când umiditatea relativă este mai mică de 30% și aerul devine prea sec și mai mare de 70%, situație în care aerul devine prea umed.

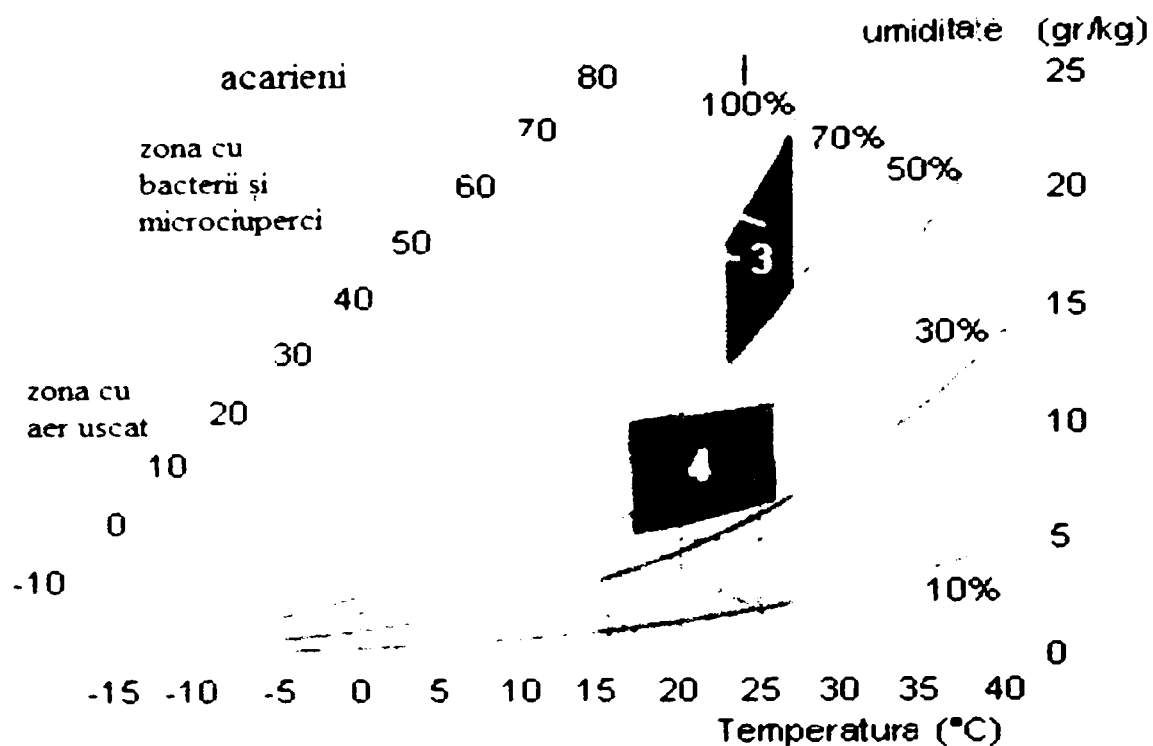


Figura 2.5: Plaja de confort temperatura - umiditate

(sursa: www.energieplus-lesite.be)

În figura 2.5 sunt prezentate 4 zone de confort din punctul de vedere al umidității și temperaturii. Zonele 1, 2 și 3 sunt zone de evitat: din cauza problemelor de uscăciune a aerului (zona 1), din cauza dezvoltării bacteriilor și microciupercilor (zona 2 și 3), și din cauza dezvoltării acarienilor (zona 3). Zona de confort este zona 4 (sursa: www.energieplus-lesite.be).

Viteza aerului

Viteza aerului este un parametru foarte important pentru crearea unei ambianțe confortabile.

Dacă viteza aerului este mai mare de 2 m/s , 7,2 km/ora, atunci ea influențează în sens negativ senzația de confort termic, jucând un rol important în schimburile termice realizate prin convecție și evaporare.

Viteza este reglementată de Normele europene NBN EN 13779 (2004) care propun o plajă de variație a vitezei aerului la anumite temperaturi ale aerului local.

2.4.3.2 Parametrii legați de individ

Hainele și schimbările de căldură

Hainele au rolul de a menține corpul în condiții termice, mai ales iarna, acestea permițând crearea unui microclimat vestimentar. Comportamentul termic al hainelor are la bază mecanisme complexe și dinamice: conducție, convecție, radiație, evaporare etc.

Pentru evaluarea proprietăților termice ale hainelor se ia în considerare un model simplu al comportamentului termic al hainelor, și anume se consideră că haina are un singur strat și schimburile de căldură se fac doar prin conducție între piele și suprafața hainei. Indicele care exprimă izolarea termică a hainelor are drept unitate de măsură 1 clo = 0,155 m².°C/W. Acest indice corespunde unei izolări termice necesare menținerii echilibrului termic al unei persoane sedentare într-o ambianță moderată în care condițiile sunt omogene și confortabile (Parsons, 2003). În figura 2.6 este prezentată corespondența dintre diferite ținute vestimentare și valorile în clo ale acestora.

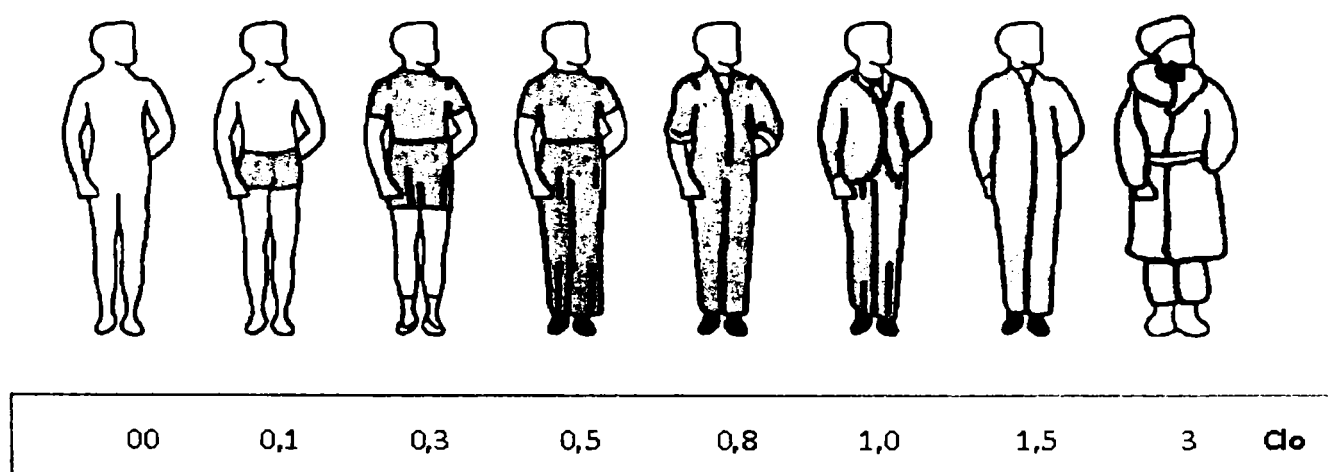


Figura 2.6: Valori în clo ale diferitelor ținute vestimentare (Mazari, 2012)

Activitatea fizică

Intensitatea activității este un alt parametru care influențează senzația termică a unei persoane prin căldura produsă de corpul uman în activitatea sa metabolică. În tabelul 2.4 prezentăm câteva valori ale ratei metabolice în funcție de tipul activității ușoară, medie sau grea (Croitoru, 2011).

Tabel 2.4: Valori ale ratei metabolice în funcție de activitate (Croitoru, 2011)

| Activitate | RM [W/m ²] |
|------------|------------------------|
| Sedentar | ~60 |

| | |
|-------------------|------|
| Activitate ușoară | ~80 |
| Activitate medie | ~100 |
| Activitate grea | >170 |

Chiar și în condiții meteorologice favorabile o activitate grea poate să genereze o stare de disconfort.

Parametrii legați de sursele termice interne

Prin surse termice interne se înțelege orice căldură generată în afară de sistemul de încălzire al incintei. De exemplu, aparatele electrice sau calculatoarele personale pot constitui adevărate surse de încălzire.

2.4.4. Confortul termic în vehicule

Confortul termic în vehicule presupune luarea în considerare și satisfacerea nevoilor termice pentru fiecare persoană participantă la călătorie (conducător sau pasager), indiferent de numărul pasagerilor, de tipul acestora, indiferent de spațiul geografic și de condițiile climatice exterioare.

Confortul termic presupune și menținerea unui nivel al calității aerului corect pentru ansamblul vehiculului. Integrarea unui sistem de climatizare în concepția unui vehicul presupune o abordare globală, bazată pe mai buna satisfacere a nevoilor pasagerilor/călătorilor și respectând în același timp constrângerile tehnice și economice ale constructorilor de vehicule.

Confortul termic face apel la competențe în domeniul mecanicii, termodinamicii, electronicii și informaticii. În dimensionarea instalațiilor de climatizare se pleacă de la datele medii fiziologice ale pasagerilor, și anume : emisia de căldură și emisia de gaz carbonic (CO₂) Emisia de căldură a corpului către mediu este cvasi-constantă începând cu 18⁰C. Ea se descompune în căldură sensibilă (convecție, radiație) și căldură latentă (evaporare prin piele și sistemul respirator) cu dispersii mari în funcție de confortul picioarelor, mâinilor sau capului.

Din punct de vedere termic ființa umana încearcă o senzație de bine atunci când se iau în considerare temperatura ambiantă, temperatura pereților, viteza aerului, presiunea aerului și umiditatea aerului. Printre parametrii care trebuie luați în considerare în studiul confortului

termic se numără și ținuta vestimentară, tipul de activitate a călătorilor, nivelul vibrațiilor și al zgomotelor și design-ul vehiculului (figura 2.7).

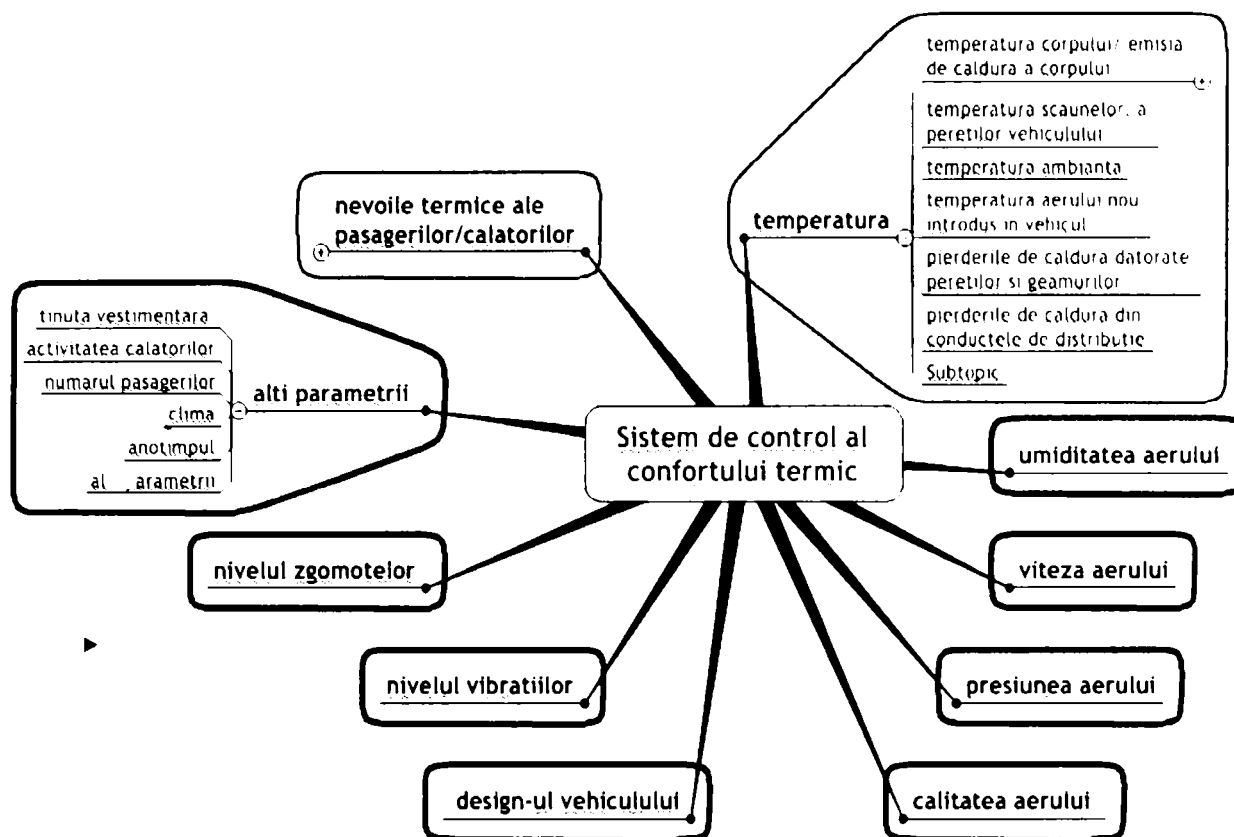


Figura 2.7: Factori care influențează confortul termic în autovehicule

2.4.5. Abordări ale confortului termic

Numeroase cercetări având drept scop identificarea condițiilor de confort și de acceptabilitate a ambianței termice au condus la elaborarea unor diferite modele de confort termic :

- Modele fizice, bazate pe răspunsurile fizice ale corpului uman la o ambianță termică ;
- Modele ale manechinelor termice, utilizate pentru identificarea caracteristicilor termice ale hainelor ;
- Modele empirice, au la bază experimente în urma cărora, printr-o regresie statistică, două sau mai multe variabile fizice și/sau fiziologice sunt reunite într-o singură variabilă ;
- Modele raționale, au la baza estimări ale schimburilor de căldură dintre corpul uman și ambianța termică, bilanțul termic și constrângerile fiziologice rezultate

În evaluarea confortului există două tendințe actuale : abordarea analitică (statică), care ia în considerare fenomenele fizice și fiziologice (Fanger, 1970) și abordarea adaptivă

(dinamică), care ia în considerare și factorul psihologic, comportamental obiectivat prin reacția de adaptare a individului la anumite condiții ale mediului.

2.4.5.1 Abordările analitice

Abordările analitice au ca obiectiv predicția senzațiilor termice ale ocupanților cu scopul de a identifica condițiile de confort termic. Se bazează pe un model liniar în care condițiile climatice declanșează răspunsuri fiziologice care modifică starea de confort sau disconfort a subiectului. Mai exact principiul acestei abordări constă în recepția pasivă a excitațiilor termice care vin din mediul exterior și care sunt resimțite la nivelul pielii sub forma unor fenomene de transfer de căldură (conducție, convecție, radiație) sau de masa (transpirație).

Aceste modele fiziologice ale sistemului de termoreglare se diferențiază între ele fie prin situațiile experimentale utilizate în analiza variabilelor, fie prin modelarea corpului uman în urma decupării acestuia în mai multe compartimente și aplicarea unor condiții heterogene acestor compartimente. Cele mai utilizate modele analitice ale confortului termic sunt modelul lui Fanger și cel al lui Gagge.

Modelul lui Fanger

În anii șaptezeci Fanger a elaborat o metoda de determinare a confortului termic având la baza diferența dintre căldura produsă și căldura disipată (bilanțul termic) adăugând două condiții suplimentare referitoare la menținerea debitului sudoral și a temperaturii cutanate în limitele de confort (ASHRAE, 2001).

Pe baza unor studii experimentale Fanger a determinat un indice de confort PMV (Predicted Mean Vote – indicele votului mediu previzibil) care exprimă senzația termică în funcție de diferența dintre fluxul de căldură cedat mediului de către corpul uman, raportat la fluxul de căldură corespunzător condițiilor de confort. Indicele PMV exprimă senzația termică medie resimțită de un grup mare de indivizi, exprimată cu ajutorul unei scale de evaluare de tip Likert, în 7 trepte (+3 Foarte cald; +2 Cald; +1 Puțin cald; 0 Neutru; -1 Frig; -2 Puțin frig; -3 Foarte frig).

Modelul PMV reunește patru variabile fizice (temperatura aerului, viteza aerului, temperatura medie radiantă și umiditatea relativă) și două variabile personale (izolația îmbrăcăminte și nivelul de activitate) care sunt utilizate pentru a prezice confortul termic.

Valoarea zero a PMV exprima o senzație optimală de confort termic. Un PMV negativ semnifica ca temperatura este mai joasă decât temperatura ideală, iar un PMV pozitiv înseamnă ca temperatura este mai ridicată. Zona de confort termic se întinde de la o senzație de răcoare lejeră (-1) până la senzația de căldură lejeră (+1), adică de la -1 la +1.

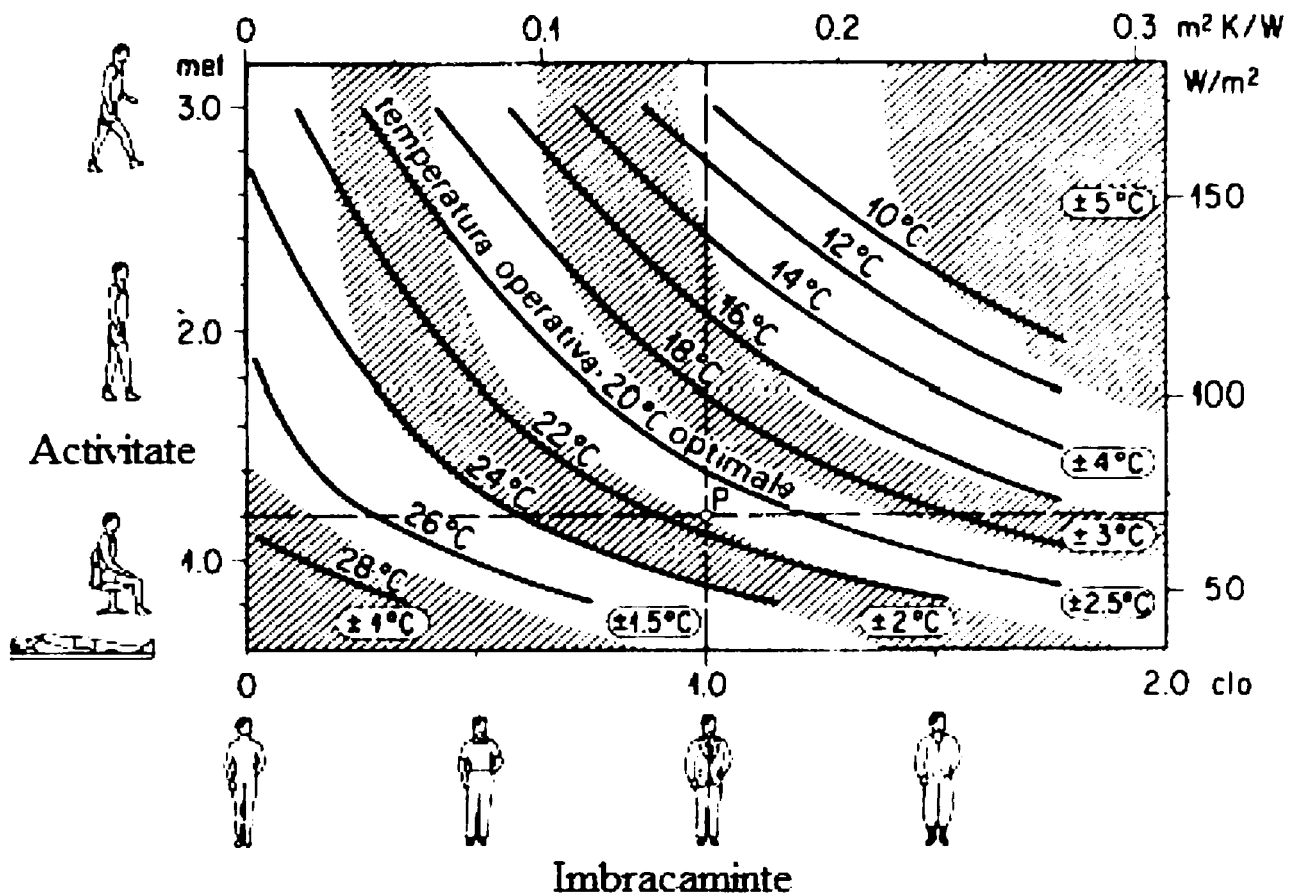


Figura 2.8: Temperatura ambientală optimă în funcție de activitate și de îmbrăcăminte (normele ISO 7730)

Normele ISO 7730 cuprind tabele cu valori ale indicelui PMV în funcție de metabolism M (W/m^2), izolația hainelor ($1 \text{ clo} = 0,155 \text{ }^\circ\text{C m}^2/\text{W}$) viteza aerului (m/s) și temperatura operativă ($^\circ\text{C}$) (figura 2.8).

Imagine simplificatoare bazată pe modelul confortului termic descris de Fanger în care temperatura ambientală optimă este exprimată în funcție de activitate și de îmbrăcăminte. Senzația termică fiind insuficientă pentru exprimarea confortului termic, Fanger a propus un indice nou PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied – procentul prevăzut de persoane nesatisfăcute). Acest indice permite previziunea procentului de persoane nesatisfăcute la o anumită senzație termică.

Indicii PMV și PPD sunt legați printr-o relație care exprimă faptul ca nici o condiție termică nu poate satisface în totalitate un grup de indivizi și, chiar în cea mai favorabilă situație există un procent de 5 % de nesatisfăcuți.

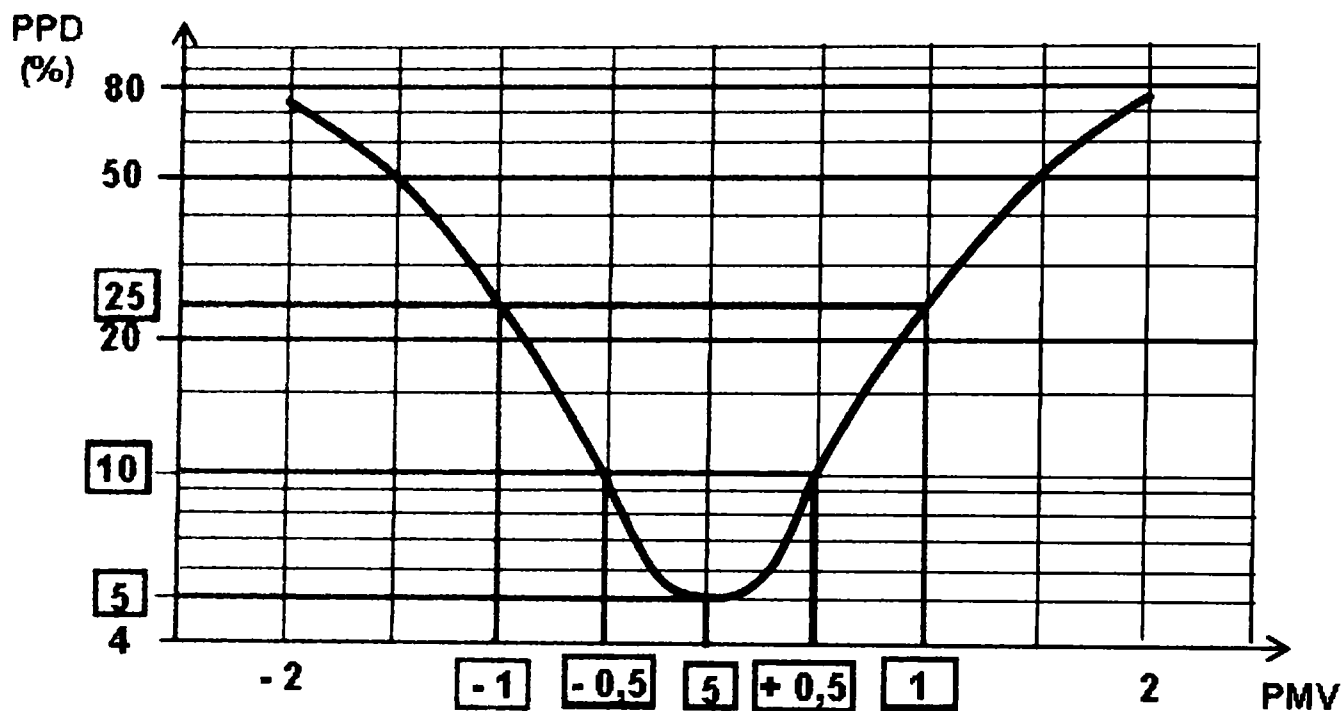


Figura 2.9: Reprezentarea grafică a relației dintre PPD și PMV

Din figura 2.9 se observă că la un PMV zero se atinge un confort termic optimal dar mai există încă un procent de 5 % persoane nemulțumite. În practică se merge pe satisfacerea unui procent de 90 % dintr-o populație, ceea ce înseamnă un PMV cuprins între -0.5 și +0.5. Un PMV între -1 și +1 înseamnă că doar 25 % din populație va fi mulțumită. Modelul lui Fanger ia în considerare un grup de persoane care nu își schimbă nici activitatea nici hainele.

Modelul lui Gagge

Gagge (1973) a construit un model simplificat bazându-se pe cel construit de Stolwijk și Hardy pentru NASA. Contrar modelului static al lui Fanger cel construit de Gagge est un model dinamic care permite previziunea variabilelor fiziologice în condiții nestaționare. Acesta modelează corpul uman prin doua compartimente concentrice, unul reprezentând centrul corpului și celălalt pielea. Schimburile dintre cele doua compartimente considerate izoterme sunt modelate sub forma unei conducții tisulare și a unei convecții sanguine.

Gagge a stabilit un nou indice SET (temperatura efectiva standard) care reprezintă temperatura echivalentă a unei incinte izoterme cu 50 % umiditate relativă în care un subiect

purând o îmbrăcăminte standard în ceea ce privește activitatea sa, ar schimba aceeași cantitate de căldură și ar avea același răspuns fiziologic ca în încăperea reală în care se află. Acest indice este aplicabil în condiții tranzitorii calde, moderate sau friguroase și are la bază șase parametri. Senzațiile termice pot fi deduse din valorile SET plecând de la un tabel care exprimă relația dintre temperatura standard efectivă și senzațiile termice (tabel 2.5) (Parsons, 2003).

Tabel 2.5: Relația dintre temperatura standard efectivă și senzația termică (Parsons, 2003)

| SET (° C) | Senzația | Starea fiziologică a unei persoane sedentare |
|-----------|--------------------------------------|--|
| > 37,5 | extrem de cald, foarte inconfortabil | Eșecul reglării |
| 34.5-37.5 | Foarte cald, inacceptabil | transpirație foarte profundă |
| 30.0-34.5 | cald, inconfortabil, inacceptabil | Transpirații |
| 25.6-30.0 | ușor fierbinte, ușor inacceptabil | ușoară transpirație, vasodilatație |
| 22.2-25.6 | Confortabil și acceptabil | Neutralitate |
| 17.5-22.2 | ușor rece, ușor inacceptabil | vasoconstricție |
| 14.5-17.5 | Rece și inacceptabil | răcire lentă a corpului |
| 10.0-14.5 | foarte rece, foarte inacceptabil | Frisoane |

2.4.5.2 Abordarea adaptativă

Dat fiind faptul că indicii stabiliți prin abordările analitice nu corespundeau întotdeauna confortului perceput de ocupanți, cercetătorii s-au îndreptat către alte abordări ale confortului. Mai precis în clădirile climatizate condițiile statice se apropiau mult de situațiile luate în calcul în abordările analitice, dar acest lucru nu se întâmpla și în cazul clădirilor neclimatizate. În acestea din urmă condițiile sunt dinamice și variază în funcție de climatul exterior, plaja de confort găsită fiind mult mai largă decât cea obținută cu indicii abordărilor analitice (Nicol și Humphreys, 2002). Aceste rezultate au fost explicate prin faptul că există și alți factori în afara celor fizici și fiziologici care influențează percepția confortului. Este vorba despre contextul în care se realizează studiile, ca de exemplu climatul, regiunea și tipul clădirii. Adaptarea se exprimă prin diferite ajustări care intervin în situații de disconfort, retroacțiuni comportamentale de tipul obișnuințelor, așteptărilor sau aclimatizărilor.

Abordarea adaptativă consideră ocupantul mașinii ca fiind reactiv în fața condițiilor pe care le consideră neconfortabile. Dear et Brager (1998) clasifică acțiunile de adaptare în trei categorii : comportamentale, fiziologice și psihologice.

Ajustările comportamentale realizate mai mult sau mai puțin conștient joaca un rol important în acceptabilitatea ambianței și menținerea confortului termic. În aceasta categorie pot intra reacțiile comportamentale care modifică producerea căldurii interne (consumarea unei băuturi calde sau reci, intensificarea nivelului de realizare a unei activități), modificarea schimburilor de căldura dintre corp și mediu (adăugarea și scoaterea unei piese de îmbrăcăminte), modificarea condițiilor ambianței termice (declanșarea unui ventilator, închiderea sau deschiderea unei ferestre) și schimbarea mediului termic (instalarea unei clime sau schimbarea camerei).

Adaptarea prin aclimatizare se manifestă ca o retroacțiune fiziologica și este mult mai evidentă în cazul disconfortului la căldură. O persoana aclimatizată la căldură prezinta o repartiție optimizată a transpirației în raport cu o persoana neaclimatizată (De Dear, Bragger & Cooper, 2003).

Adaptarea psihologică manifestată prin obișnuințe și așteptări este o retroacțiune care reunește aspecte cognitive și culturale ale adaptării. Această variabilă este de obicei omisă în studiile experimentale din camerele termice și explică diferențele dintre confortul prevăzut prin indici raționali și confortul real, perceput. Adaptarea prin obișnuință depinde de experiența și memoria afectivă a fiecărei persoane în legătura cu evenimentele trăite. Reacțiile unei persoane depind și de așteptările avute precum și de personalitatea acesteia (De Dear, Bragger & Cooper, 2003).

Mecanismele adaptative care intervin în percepția confortului termic permit unei persoane să se adapteze la mediu fie prin ajustarea condițiilor de mediu în funcție de preferințele lor, fie adaptându-se ei înșiși la mediu.

Capitol 3: CONFORTUL ȘI CALITATEA AERULUI ÎN SPAȚII ÎNCHISE

Cercetări actuale privind calitatea aerului în spații închise

Din punctul de vedere al dezvoltării durabile în domeniul auto, confortul nu mai este atributul ingineriei, arhitecturii sau al științelor socioumane. În acest context, o abordare care să ia în considerare atât aspectele de mediu care pot influența confortul ocupanților vehiculului cât și efectele pe care le generează vehiculele asupra mediului înconjurător și asupra vieții oamenilor devine foarte importantă. Politicile de transport durabil sunt strâns legate de contribuția potențială a acestui sector, pentru o diminuare a emisiilor de CO₂ (Natalini & Bravo, 2013; Nicola, Rosen, Bulucea & Brandusa, 2010; Pojani & Stead, 2015). Calitatea aerului și nivelul emisiilor de dioxid de carbon, atât în transportul urban, cât și în transportul aerian sunt unele dintre cele mai importante puncte de interes ale cercetătorilor (Jou & Chen, 2015).

Preocuparea constructorilor de automobile pentru calitatea aerului din interiorul și din exteriorul vehiculului trebuie să combine și să satisfacă aspectele problematice legate de confort, cele legate de siguranța traficului, fără a neglija aspectele privind reducerea consumului de energie. Studiile referitoare la poluarea urbană și impactul acesteia asupra sănătății publice sunt numeroase și au ca efect o monitorizare din ce în ce mai riguroasă a calității aerului în marile orașe.

Pe parcursul unei zile, o persoana își petrece cea mai mare parte a timpului (90%) în spații închise: acasă la domiciliul sau, în diverse spații de lucru, în mijloace de transport, la școală, în spații comerciale etc. În aceste condiții calitatea aerului respirat joacă un rol important în aprecierea stării de confort și poate avea efecte serioase asupra sănătății oamenilor.

O parte dintre poluanții din aer provin de la ființele umane și de la animale sau ca urmare a activităților oamenilor sau a echipamentelor folosite de aceștia. Dintre diversele categorii de poluanți putem aminti poluanții chimici, poluanții biologici, particulele fine și gazele radioactive.

Unul dintre poluanții atmosferici este și CO₂. Numit și gaz carbonic, dioxidul de carbon este un gaz incolor și inodor, emis în mod natural prin respirația ființelor vii, dar rezultă și din descompunerea materiilor organice, din incendiile forestiere sau erupțiile vulcanice. Orice ardere produce CO₂. Acesta se regăsește atât în aerul ambiant cât și în aerul interior din locuințe, birouri sau din sistemele de transport.

Concentrația CO₂-ului din aerul interior al spațiilor locuite variază de obicei între 350 și 2500 ppm, depinzând de numărul persoanelor prezente și de ventilația aerului. La nivel european și mondial există reglementări în ceea ce privește aerisirea spațiilor locuite fără a fi însă prezentate argumente științifice explicite privind stabilirea acestor praguri de CO₂ destinate locuințelor și clădirilor nerezidențiale (ANSES, 2013).

În Franța normele departamentale indică un nivel de 1000 ppm de CO₂ în condiții normale de ocupare a clădirilor nerezidențiale, cu o marjă de toleranță pentru localurile în care este interzis fumatul, unde sunt acceptate valori de până la 1300 ppm. În anul 2004 a fost reglementată și o valoare maximă de expunere profesională, pentru 8 ore, de 5000 ppm. Aceeași limită este stabilită și în alte 19 țări europene, existând stabilite și valori de expunere pe termen scurt între 10000 și 30000 ppm (Gestis, 2013).

În tabelul 3.1 sunt prezentate câteva valori reglementate sau recomandate pentru nivelul de CO₂ în locuințe, săli de clasă și săli de conferințe.

Tabel 3.1 : Valori reglementate sau recomandate pentru rezidențe, școli și birouri (Anses, 2013)

| | Valori ale CO ₂ -lui reglementate sau recomandate | | |
|--------------------|--|----------|--|
| | în rezidențe | în școli | în birouri |
| Belgia (2004) | 500 ppm | 500 ppm | 500 ppm |
| Olanda (1981,1986) | 1000 -1500 ppm | 1200 ppm | - |
| Finlanda (2003) | 1200 ppm | 1200 ppm | 1200 ppm |
| UK | - | 1500 ppm | - |
| US (ASHRAE) | 1000 ppm | 1000 ppm | 5000 ppm |
| US (OSHA) | 1000 ppm | 1000ppm | 5000 ppm (medie pentru 8h) 35.000 ppm (maxim15 min) |
| Hong Kong (EPD) | - | 1000 ppm | 1000 ppm |

ASHRAE - Societatea Americană de Inginerie în Încălzire, Refrigerare și aer Condiționat; OSHA –Organizația pentru Sănătate și Siguranță în Muncă; EPD - Departamentul de Protecție a Mediului

În ce privește reglementarea nivelului de CO₂ pentru vehiculele (tabelul 3.2) va prezentăm standardele Administrației pentru Protecția Mediului din Taiwan, care stabilește nivelul permis de 1000 ppm CO₂ timp de 8 ore, pentru autobuze, și un ghid privind calitatea aerului elaborat de Departamentul de Protecție a Mediului din Hong Kong (1 oră CO₂ - 2500 ppm pentru nivelul 1, pentru autobuze (Chiu & Chen & Chang, 2015).

Nivelul 1: reprezintă o bună calitate a aerului, la care nu a fost identificată nici o problemă de sănătate.

Nivelul 2: reprezintă calitatea aerului la care nu a fost identificată nici o problemă de sănătate.

Tabel 3.2: Valori numerice ale dioxidului de carbon cele două niveluri reglementate ale calității aerului în Hong Kong.

| Parametrii | Instrucțiuni privind calitatea aerului în vehicule | |
|-----------------|--|------------------------------------|
| | Nivel 1 | Nivel 2 |
| CO ₂ | 2500 ppm (4500 mg/m ³) | 3500 ppm (6300 mg/m ³) |

Luând în considerare recomandările și standardele ASHRAE și OSHA, Barroeta enumeră unele efecte asupra sănătății umane, pentru valori crescute ale CO₂ (Barroeta, 2013):

- 1000 - 2500 ppm: somnolență generală;
- 2500 - 5000 ppm: efecte dăunătoare sănătății;
- 5000 ppm: concentrația maximă permisă într-o perioadă de 8 ore de muncă;
- 30000 ppm: semne de intoxicație ușoară, greață, respirația și rata pulsului crescute;
- 50000 ppm: ca la 30000ppm, plus dureri de cap și deteriorarea vederii;
- 100000 ppm: stare de inconștiență și moarte la continuarea expunerii.

Williams (2010) prezintă câteva clarificări ale Institutului Național pentru Sănătate și Siguranța în muncă (NIOSH), privind posibilele efecte și recomandări ale expunerii la CO₂ în situații de repaus și de muncă grea. (tabelul 3.3) (Williams, 2010).

Tabel 3.3: Posibile efecte și recomandări ale expunerii la CO₂ în situații de repaus și de muncă grea (Williams, 2010)

| ppm CO ₂ | În repaus (65 W/m ²) | | Munci foarte grele (400 W/m ²) | |
|---------------------|--|------------------------------|---|------------------------------|
| | Efecte potențiale și / sau Limitări | Limite de expunere (în timp) | Efecte potențiale și / sau Limitări de expunere | Limite de expunere (în timp) |
| 15000 | Nu există restricții privind activitatea | Expunere nedefinită | Creșteri ale ventilației | necunoscute |

| | | | | |
|--------|---|----------------------|---|--------|
| 25000 | Creșteri ale ventilației | Expunere necunoscuta | Creșteri ale ventilației | 2 ore |
| 30000 | Creșteri ale ventilației Nu există restricții privind limita de expunere | 15 ore | Creșteri ale ventilației | 30 min |
| 50000 | Creșteri ale ventilației Nu există restricții în expunere | 8 ore | Creșteri ale ventilației Colaps / inconștiență | 5 min |
| 70000 | Creșteri ale ventilației limitări severe ale activității | <30 min | Colaps / inconștiență | n/a |
| 100000 | Creșterea ritmului cardiac Colaps / inconștiență | <2.0 min | Colaps / inconștiență | n/a |

Dioxidul de carbon (CO_2), a fost selectat ca un indicator indirect al calității aerului, deoarece concentrația acestuia într-un mediu interior indică eficiența sistemului de ventilație și caracterul adecvat al ventilației (HKEPD, 2015).

Expunerea la CO_2 prezintă numeroase răspunsuri fizice și fiziologice la nivelul întregului corp. CO_2 este un stimul puternic al vasodilatației cerebrale și al fluxului sanguin (Williams, 2010; Cooper, West, Jaffe, Goldberg, Kawamura & McHenry; 1970). Primele simptome includ o "nevoie de aer" ridicată sau dispnee, creșterea respirației și dureri de cap. O concentrație mai mare de CO_2 produce palpitații ale inimii, confuzie, dispnee severă, vărsături, dezorientare și hipertensiune (Williams, 2010; Beck, Ohtake & Shipherd, 1999).

CO_2 este de asemenea considerat un stimulent puternic al ventilației pulmonare (Cooper, West, Jaffe, Goldberg, Kawamura, McHenry, 1970) din cauza unui pH scăzut în sânge (ceea ce înseamnă un nivel ridicat de acid) și centrul respirator din creier stimulează mușchii respiratori care cresc ventilația (Bierwirth, 2016).

CO_2 poate modifica, de asemenea, pH-ul intracelular, având astfel efecte asupra metabolismului (Williams, 2010).

Studiile existente au încercat să stabilească o legătură între concentrația dioxidului de carbon și efectele acestuia atât asupra sănătății, cât și asupra performanțelor, precum și asupra percepției stării de confort. (Stankovic, Alexander, Oman & Schneiderman, 2016).

3.1 Efectele CO_2 asupra sănătății

Studiile orientate către identificarea efectelor dioxidului de carbon asupra sănătății au evidențiat simptome legate de sindromul clădirilor nesănătoase (sick building sindrom) (Erdmann & Apte, 2004), simptome respiratorii (Chao, 2003) legate de astm (Simoni & al.,

2010). și alte efecte precum infecțiile ORL și respiratorii, erupții cutanate (Tsai, 2012) sau simptome generale de tipul oboselii și durerilor de cap (Tiejien, 2012).

Au fost puse în evidență și efecte cardiovasculare. De exemplu, la o concentrație mai mare de 5% (50000ppm), au fost identificate creșteri ale presiunii arteriale și ale frecvenței cardiace (Guais & al., 2011) apariția unor extrasistole la efort (INRS, 2005) sau intensificări ale aportului de sânge în rinichi și creier pentru o expunere de 30 minute la o concentrație de 5% (50000ppm) CO₂ (DFG, 2002). Tot la doze mai mari de 5% CO₂ (50000ppm), au fost puse în evidență și efecte asupra sistemului nervos central cu simptome de cefalee, excitație fizică și amețeli (Marquardt & Schafer, 1994) și chiar tulburări vizuale (INRS, 2005) la concentrații mai mari de 10%. Începând de la 1% (10.000 ppm) o expunere de 30 minute poate antrena primele efecte de acidoză respiratorie (DFG, 2002), inhalarea unor concentrații mai mari de 5% (50000ppm) în timp de o oră conduce la inflamații pulmonare (Abolhassani & al, 2009), iar expunerea la niveluri mai mari de 20% poate provoca coma și/sau moartea (INRS, 2005).

3.2.Efectele CO₂ asupra performanțelor cognitive și asupra productivității

Referitor la efectele dioxidului de carbon asupra performanțelor cognitive și a productivității, studiile recente efectuate în birouri și școli arată că o creștere a ventilației peste recomandările normale indică o creștere a productivității activității cu 5-10% (Olesen, 2005). Rata recomandată privind alimentarea cu aer proaspăt pentru sălile de clasă în Marea Britanie este de 3 litri pe secundă per elev (l / s.e), cu capacitatea de a furniza 8 l / s.e (Coley & Beisteiner, 2002).

Există puține studii efectuate pe vehicule în ceea ce privește dioxidul de carbon (Chiu & Chen & Chang, 2015; Cornak, Horák, Chládek, & Ulman, 2012; Cornak & Braun, 2010), dar studiile de laborator și cele efectuate în școli sau în nave spațiale, evidențiază alterarea capacităților de atenție, de luare a deciziilor și a performanțelor academice sub influența dioxidului de carbon (Bierwirth, 2016; Allen, MacNaughton, Satish, Santanam, Vallarino & Spengler, 2015; Kajtar & al, 2003; Kajtar & al, 2006; Stankovic, A.; Alexander, D.; Oman, C.M.; Schneiderman, 2016; Cooper, West, Jaffe, Goldberg, Kawamura, McHenry, 1970).

Chiu, Chen & Chang au arătat într-un studiu recent (2015), că în autobuzele de mare capacitate care circulă cu sistemul de climatizare în modul de recirculare s-a identificat o lipsă severă de aport de aer proaspăt, ceea ce ar putea avea un impact negativ asupra siguranței transportului. Ei au descoperit că, în aceste autobuze, atât în zona șoferului cat și în zonele pasagerilor, concentrația de CO₂ a ajuns la mai mult de 3000 ppm, iar concentrațiile medii zilnice au valori între 2510,6 și 2646,9 ppm.

Studiul, condus de Allen și Spengler confirmă constatările lui Satish care a găsit o influență semnificativă statistic a CO₂-ului în ceea ce privește performanța de luare a deciziilor, atunci când nivelul de CO₂ crește de la 600 la 1000 și respectiv 2500 ppm (Allen, MacNaughton, Satish, Santanam, Vallarino & Spengler, 2015; Satish, Mendell, Shekhar, Hotchi, Sullivan, Streufert & Fisk, 2012). La 2500 ppm apar reduceri mari și semnificative statistic în șapte scale de performanță de luare a deciziilor (Satish, Mendell, Shekhar, Hotchi, Sullivan, Streufert & Fisk, 2012). De asemenea Allen și Spengler arată în studiul lor că scorurile cognitive au fost cu 61% mai mari în evaluările făcute într-o zi în clădirile verzi și cu 101% mai mari în evaluările făcute pe parcursul a două zile în clădirile verzi față de evaluările din ziua convențională ($p < 0.0001$) (Allen, MacNaughton, Satish, Santanam, Vallarino & Spengler, 2015; Satish, Mendell, Shekhar, Hotchi, Sullivan, Streufert & Fisk, 2012).

Kajtar, Herczeg & Láng (2003) au efectuat patru studii experimentale cu următoarele concentrații de CO₂: 600, 1500, 3000 și 4000 ppm. Rezultatele lor au arătat scăderea capacității de concentrare când nivelul de CO₂ din aer crește până la 3000 ppm.

Alte două studii experimentale efectuate de Kajtar, Herczeg, Lang, Hrustinszky & Banhidi (2006) a arătat că o concentrație de CO₂ de peste 3000 ppm face ca starea de bine și concentrarea subiecților să scadă.

Wargocki (2000) arată că performanța (la teste de adăuție și de corectare) crește semnificativ odată cu scăderea nivelului de CO₂. Același autor în 2007 pune în evidență legătura dintre rapiditatea rezolvării unor teste de către elevi și creșterea ventilației sălilor de clasă.

Twardella & al. (2012) pun în evidență atât corelații semnificative între creșterea ventilației și scăderea erorilor înregistrate, cat și corelații nesemnificative în legătură cu rapiditatea execuției sarcinilor și cu concentrarea atenției. Alte doua studii experimentale evidențiază corelații semnificative între creșterea dioxidului de carbon și scăderea performanței (% erorilor identificate) la un test de lectura (Kajtar, 2003) și la un test pe computer (Satish, 2012).

Există, de asemenea, câteva studii care consideră că nu există o influență a CO₂ asupra abilităților cognitive (Guais, Brand, Jacquot, Karrer, Dukan, Grevillot, Jo Molina, Bonte, Regnier & Schwartz, 2011). Un studiu recent al NASA care face o analiză a 76 de studii arată că este dificil să tragi o concluzie definitivă cu privire la impactul dioxidului de carbon asupra somnului, cogniției și performanței psihomotorii, dar este necesar să se înțeleagă și să se clarifice în special riscul efectelor adverse ale dioxidului de carbon mai ales în cazul misiunilor spațiale cu echipaj uman (Stankovic, Alexander, Oman & Schneiderman, 2016).

3.3.Efectele CO₂ asupra percepției confortului

Al treilea aspect luat în studiul efectelor dioxidului de carbon este relația acestuia cu percepția stării de confort, în special cu percepția calității aerului. Wargocki (2000) găsește ca acceptabilitatea calității aerului, prospețimea acestuia și percepția redusă a mirosurilor cresc semnificativ cu nivelul de ventilație (și respectiv cu scăderea nivelului de CO₂) dar aceste diferențe sunt percepute doar la intrarea în încăperea. În studiul din 2004 nici una din aceste variabile nu mai este raportată ca fiind semnificativă. Norback (2008, 2011, 2012), Smede (2011) și Wargocki (2007) obțin rezultate semnificative între diminuarea CO₂-ului și percepția calității aerului, mai precis în legătură cu prospețimea aerului, percepția unei temperaturi mai scăzute, creșterea percepției curenților de aer și scăderea percepției mirosurilor.

Cabina unei mașini este un mediu relativ bine închis, în care pasagerii pot petrece mai mult sau mai puțin timp, în funcție de traseu, condițiile de trafic și distanța pe care trebuie să se deplaseze. În cazul în care reîmprospătarea, (reînnoirea) aerului din interiorul unui autovehicul este oprită prin activarea opțiunii de recirculare, calitatea aerului din habitacul poate scădea rapid iar aerul devine nesănătos.

Totuși, recircularea aerului în cabină poate avea beneficii în ceea ce privește managementul energetic al mașinii ajutând la reducerea consumului de combustibil/km, și respectiv la creșterea autonomiei vehiculului, în special în cazul mașinilor electrice.

Pe de altă parte utilizarea poziției de recirculare a aerului permite o protecție împotriva diferiților poluanți și particule existente în cabina vehiculului sau ajută la reducerea particulelor din mașină (Grady, Jung, Kim & Park, 2013).

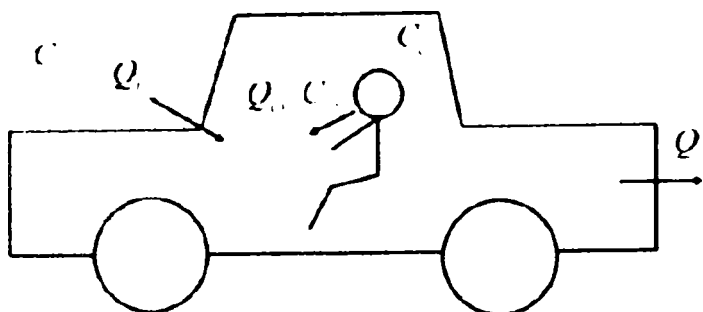
3.4 Modelarea CO₂ -ului în vehicule

Estimarea nivelului de CO₂ dintr-un vehicul este dificilă datorită faptului că situațiile, vehiculele și oamenii (volumul de CO₂ expirat) variază. Cel mai frecvent utilizat model pentru estimarea nivelurilor de CO₂ din interiorul vehiculelor este modelul lui Jung (Jung 2013), acesta fiind considerat a fi un model general aplicabil în majoritatea situațiilor.

În modelul lui Jung sursa primară de CO₂ dintr-un vehicul este reprezentată de oameni, și depinde de următoarele variabile:

- Numărul de ocupanți ai vehiculului;
- Concentrația de CO₂ în aerul expirat;

- Rata de respirație a ocupanților în timpul conducerii;
- Volumul cabinei.



$$C_C = \left(C_{t0} - \left(C_0 + n \times C_{\text{exh}} \times \frac{Q_{\text{exh}}}{Q_i} \right) \right) \times \exp\left(\frac{-Q_i}{V_c} \times t\right) + \left(C_0 + n \times C_{\text{exh}} \times \frac{Q_{\text{exh}}}{Q_i} \right)$$

Unde:

C_C = concentrația CO_2 în cabina vehiculului (ppm)

C_0 = concentrația de CO_2 în aer liber (ppm)

C_{t0} = concentrația CO_2 în vehicul la $t = 0$, presupusă a fi egală cu concentrația în aer liber, dacă nu se specifică altceva

Q_i = debitul volumetric al aerului care intra în vehicul (m^3/s)

Q_o = debitul volumetric al aerului care iese din vehicul (m^3/s)

Q_{i0} (sau AER) = rata de schimb a aerului în vehicul, bazată pe Q_i și Q_o .

C_{exh} = concentrația de CO_2 în aerul expirat (ppm)

Q_{exh} = debitul volumetric al aerului expirat (m^3/s)

n = numărul de ocupanți din vehicul

AER = rata de schimb a aerului pentru cabina vehiculului, fie măsurată (de preferat), fie modelată ($1/\text{s}$)

V_C = volumul cabinei (m^3)

t = timpul (perioadele)

Mișcarea aerului în și din cabină, adică AER, va fi diferită, și depinde de (Jung, 2013; Matton, 2015):

- concentrația aerului exterior;
- ☐ - fracțiunea de aer care este recirculată în vehicul, care este de obicei 100% pentru modul de recirculare sau 0% pentru utilizarea aerului proaspăt;
- ☐ - vârsta vehiculului, unde calitatea garniturilor din jurul caroseriei vehiculului se deteriorează, ceea ce conduce la scurgeri mai mari de aer;
- ☐ - viteza de ventilație: ventilația crescută conduce la scăderea concentrației de CO₂;
- ☐ - viteza vehiculului: cu cât viteza vehiculului este mai mare cu atât concentrațiile de CO₂ sunt mai mici, ca rezultat al diferențelor de presiune dintre interiorul cabinei și exteriorul vehiculului.

**Partea a-II-a : STUDII ȘI
DETERMINĂRI
EXPERIMENTALE PRIVIND
CONFORTUL ȘI CALITATEA
AERULUI ÎN VEHICULE**

Capitolul 4 : CERCETĂRI PRIVIND CONFORTUL ȘI DISCONFORTUL ÎN AUTOVEHICULE

4.1. Introducere

Confortul în autoturisme este un factor important pentru constructorii de automobile care încearcă să realizeze produse din ce în ce mai atrăgătoare și mai apreciate. Din acest motiv percepțiile clienților privind confortul și/sau disconfortul în mașină, devin surse importante de informații pentru producătorii de autovehicule.

Evaluarea percepției confortului/disconfortului se poate realiza unidimensional, mergând pe analiza influenței pe care o poate avea o singură modalitate senzorială asupra confortului (de exemplu influența zgomotului sau a temperaturii asupra confortului auditiv, termic etc) sau se realizează analize globale, bazate pe informații provenite atât de la organele de simț, cât și informații care caracterizează starea subiectivă a persoanei în momentul evaluării.

În această cercetare autorul și-a propus să studieze percepția tinerilor șoferi și/sau pasageri referitoare la elementele de confort și disconfort dintr-un autovehicul, precum și importanța pe care o ocupă confortul și calitatea aerului atât în ierarhia elementelor generatoare de confort cât și a celor de disconfort.

4.2. Metoda

4.2.1. Participanți

La studiu au participat două grupuri: un grup G1 de 48 de subiecți au investigat confortul în autovehicule și un alt grup G2 de 40 de subiecți au investigat disconfortul. Toți participanții la studiu, tineri șoferi și/sau pasageri, sunt studenți la o universitate tehnică din Timișoara, iar

investigațiile au fost făcute în perioada martie-mai 2013. Ei au fost investigați în legătură cu principalele elemente de confort sau disconfort, resimțite în timpul deplasării în diverse autovehicule.

Grupurile G1 și G2 de subiecți au următoarele caracteristici :

G1: Nr participanți = 48 ;

sex : M =37,57% și F = 62,5% sex;

pasageri=35% și șoferi = 65%.

G2: Nr participanți = 40;

sex : M= 25,00% și F= 75,00 %;

pasageri= 43,8 % și șoferi =56,2%

4.2.2 Procedura de lucru

Evaluarea elementelor de confort sau disconfort s-a făcut pe baza analizei descrierilor participanților la studiu. Acestora li s-a cerut să realizeze în scris, individual, o scurtă prezentare a elementelor considerate de ei generatoare de confort (grupul G1) sau disconfort (grupul G2) într-un autovehicul, precizând și calitatea lor de conducător de vehicul sau de pasager.

4.2.3 Mod de analiza a răspunsurilor

Răspunsurile au fost prelucrate printr-o analiză de conținut care a permis împărțirea elementelor generatoare de confort, pe de o parte, și a celor de disconfort, pe de altă parte, în categorii omogene și diferențiate.

Categoriile au fost făcute luând în considerare elementul/obiectul generator de confort sau disconfort (de exemplu scaunul) și nu funcționalitatea/caracteristica acestuia (scaun comod, rece, înalt, scurt etc). Astfel au fost introduse în aceeași categorie funcționalități diferite ale aceluiași element, dar s-a luat în calcul la frecvența de apariție a elementului, adică s-a punctat fiecare funcționalitate a acestuia.

4.3.Rezultate obținute

4.3.1 Analiza elementelor generatoare de disconfort

Din cele 40 de descrieri supuse analizei au fost stabilite 38 categorii reprezentând 38 elemente generatoare de disconfort. Luând în considerare numărul subiecților care au indicat ca sursa de disconfort un anumit element al vehiculului și calculând frecvența de apariție a

acelui element în cadrul subiecților investigați, am realizat o lista cu elementele de disconfort și procentele corespunzătoare apariției acelui element în cadrul grupului investigat. De exemplu din cele 40 de descrieri analizate, în 4 dintre ele s-a regăsit centura de siguranță ca element de disconfort, adică acest element are o pondere de 10 %.

În tabelul 4.1. sunt prezentate în ordine alfabetică elementele identificate ca generatoare de disconfort și ponderea (în %) în care aceste elemente se regăsesc în răspunsurile analizate.

Tabel 4.1: Lista elementelor generatoare de disconfort

| Elem.Disconfort | Procent % | Elem.Disconfort | Procent % | Elem.Disconfort | Procent % |
|-------------------|-----------|-----------------|-----------|------------------|-----------|
| aer | 6,7% | faruri | 3,3% | Radio Muzica | 26,7% |
| airbag | 10,0% | frâna | 6,7% | Roata Rezerva | 6,7% |
| becuri | 3,3% | geam | 20,0% | scaun | 63,3% |
| bancheta | 3,3% | informații | 3,3% | Sistem Siguranță | 3,3% |
| butoane | 3,3% | lumina | 6,7% | spațiu | 56,7% |
| căldura | 6,7% | Maneta Viteze | 6,7% | ștergător | 3,3% |
| Centura Siguranță | 10,0% | miros | 46,7% | tetiera | 10,0% |
| claxon | 3,3% | motor | 26,7% | Trusa Prim Aj | 3,3% |
| clima | 46,7% | oglinzi | 13,3% | Uși | 13,3% |
| cutie Viteze | 3,3% | parbriz | 6,7% | Vizibilitate | 20,0% |
| Dimens Mașină | 16,7% | pedale | 6,7% | Volan | 13,3% |
| Direcție | 3,3% | portbagaj | 13,3% | zgomote | 36,7% |
| EcoNorme | 3,3% | radiații | 3,3% | | |

Analiza descriptivă a datelor a condus la realizarea unei ierarhii a factorilor generatori de disconfort prezentați în tabelul 4.2. În aceasta lista sunt prezentate în ordine descrescătoare primele 10 elemente indicate de subiecții participanți a avea cea mai mare pondere în producerea disconfortului. Observăm ca scaunul ocupa locul 1 cu un procent de 11.72%, fiind urmat de spațiul din interiorul vehiculului 10,50%, și pe locul 3 aerul și climatizarea 8,65%.

Tabel 4.2: Ierarhia principalelor elemente generatoare de disconfort

| Elemente de disconfort | Procente % |
|------------------------|------------|
| Scaun | 11,72 |
| spațiu în mașină | 10,50 |
| climatizarea | 8,65 |
| aer | 8,65 |
| zgomote | 6,80 |
| motor | 4,95 |
| Radio | 4,95 |
| Geamuri | 3,70 |

| | |
|---------------|------|
| Vizibilitate | 3,70 |
| dimens mașină | 3,09 |
| | |
| Total | 100% |

În scopul de a identifica principalele tendințe ale rezultatelor noastre, datele obținute au fost prelucrate, de autorul tezei, prin metoda analizei corespondențelor multiple ACM (Benzécri, 1976) folosind programul de prelucrare statistica SPSS.16. ACM poate, comparativ cu analiza în componente principale, sintetiza ca "factori" cheie, relațiile existente între date calitative.

ACM procesează evenimentele și extrage principalii factori, luând în considerare în același timp, dacă se dorește, variabilele asumate și măsurătorile acestora.

După efectuarea analizei de corespondență s-au obținut două dimensiuni majore (factori), care indică relațiile dintre elementele de disconfort, grupate în aceeași dimensiune: dimensiunea 1 și dimensiunea 2. În tabelele 4.3 și 4.4 sunt prezentate elementele de disconfort asociate dimensiunii 1 și 2.

Tabel 4.3: Lista elementelor de disconfort asociate dimensiunii 1

| Dimensiune 1 |
|--------------|
| claxon |
| EcoNorme |
| faruri |
| frâna |
| Oglinzi |
| Parbriz |
| roataRezerva |
| ștergător |
| trusaPrimAj |

După cum se observa din tabelul 4.3, elementele de disconfort asociate dimensiunii nr 1 se referă la un disconfort generat de posibila funcționare defectuoasă a elementelor care țin de siguranța mașinii : faruri, frâna, claxon, ștergător, trusa de prim ajutor, roata de rezervă etc. Putem considera această dimensiune ca aparținând confortului psihologic, confort dat de încrederea și siguranța funcționării bune a autovehiculului.

Cea de-a doua dimensiune majoră, cu excepția a două elemente (airbag și motor) include aspecte care pot fi reunite în jurul confortului fizic : clima, radio/muzica, dimensiuni portbagaj, spațiu în mașină, poziția volanului.

Tabel 4.4: Lista elementelor de disconfort asociate dimensiunii 2

| Dimensiune 2 |
|--------------|
| Airbag |
| Bancheta |
| Clima |
| dimensMașina |
| Lumina |
| Motor |
| Portbagaj |
| radioMuzica |
| Scaun |
| Spațiu |
| Uși |
| Volan |

Cele doua dimensiuni și corespondentele acestora pot fi vizualizate cu ușurința în figura de mai jos (figura 4.1).

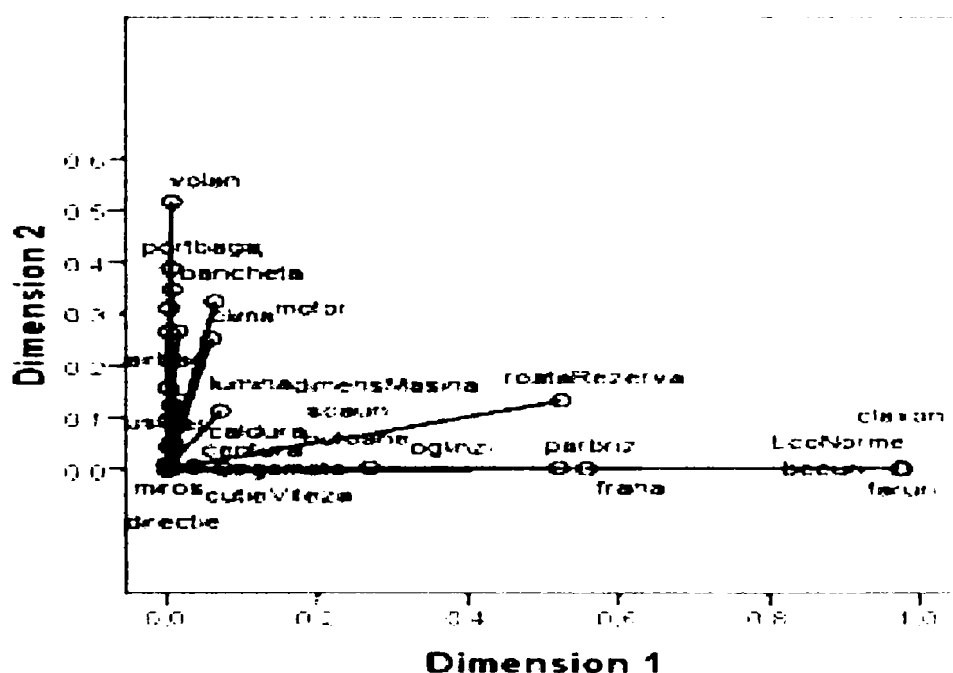


Figura 4.1: Reprezentarea grafica a celor două dimensiuni ale disconfortului și elementele constitutive

În ceea ce privește analiza diferențelor dintre șoferi-pasageri, privind percepția disconfortului, au fost identificate două diferențe semnificative, pentru dimensiunea mașinii și pentru vizibilitate. Disconfortul legat de cele două aspecte menționate este mult mai mare la șoferi comparativ cu pasagerii.

Identificarea diferențelor a fost realizată cu ajutorul testului statistic hi-pătrat. Hi-pătrat este un test statistic nonparametric cu ajutorul căruia se identifică dependența/independența a două variabile aleatoare.

Tabel 4.5: Diferențe semnificative între șoferi și pasageri privind percepția disconfortului

| Șofer-pasager | Hi pătrat |
|---------------|----------------------------|
| vizibilitate | $\chi^2 = 25,61; p < 0,05$ |
| dimensMașina | $\chi^2 = 4,38; p < 0,05$ |

Diferențele identificate dintre șoferi și pasageri pun în evidență faptul că șoferii acordă o importanță mai mare vizibilității rutiere și dimensiunilor mașinii decât pasagerii, în ceea ce privește generarea unei stări de disconfort.

Din rezultatele obținute se observă că pasagerii nu indică nici un disconfort în legătură cu elementele corespunzătoare dimensiunii nr.1, adică în legătură cu acele elemente care au o legătură directă cu experiența și siguranța în timpul condusului: direcție, transmisie, manetă de viteză, lumini, oglinzi, parbriz, pedale etc.

În ceea ce privește analiza diferențelor dintre femei și bărbați, am obținut o singură diferență semnificativă statistic, și anume: pentru bărbați disconfortul produs de anumite caracteristici ale portbagajului este mult mai mare comparativ cu disconfortul femeilor dat de portbagaj ($\chi = 6,35; p < 0,05$).

În tabelul 4.6 s-a prezentat ierarhia elementelor percepute a genera disconfort, pentru femei și pentru bărbați.

Tabel 4.6: Principalele elemente generatoare de disconfort, diferențiate în funcție de sex

| Elemente de disconfort (bărbați) | Procente | | Elemente disconfort (femei) | Procente |
|----------------------------------|----------|--|-----------------------------|----------|
| 1.Scaun | 12,69% | | 1.Volan | 12,50% |
| 2.AC | 9,51% | | 2.Spațiu interior | 10,81% |
| 3. Spațiu interior | 7,94% | | 3.Scaun | 9,90% |
| 4.Zgomot | 7,94% | | 4.Miros | 8,98% |
| 5. Miros | 6,35% | | 5.AC | 7,20% |
| ... | ... | | ... | ... |
| Total | 100% | | Total | 100% |

4.3.2. Analiza descriptivă a elementelor generatoare de confort

Analiza celor 48 de descrieri referitoare la elementele care generează confort într-o mașină a condus la stabilirea a 49 de elemente. Procentele pentru fiecare categorie sunt prezentate în tabelul 7.

Tabel 4.7: Lista elementelor generatoare de confort

| Elemente de confort | Procent | Elemente de confort | Procent |
|-----------------------------|---------|---------------------|---------|
| accesorii nevoi bazale | 18,75 % | radio muzica audio | 70,83 % |
| aer, miros | 22,92 % | Fiabila | 10,42 % |
| airbag | 6,25 % | siguranța | 16,67 % |
| frâna | 4,17 % | scaun, bancheta | 77,08 % |
| culoare | 8,33 % | silențiozitate | 25,00 % |
| închidere centralizată | 25,00 % | Mărime mașină | 18,75 % |
| curățenie, ordine în mașină | 10,42 % | suspensii | 16,67 % |
| clima, căldura | 68,75 % | Spațiu interior | 33,33 % |
| consum | 18,75 % | volan | 10,42 % |
| design mașină | 20,83 % | portbagaj | 22,92 % |
| combustibil | 10,42 % | tapiserie | 4,17 % |
| uși | 8,33 % | întreținere tehnică | 12,50 % |
| cutie de viteze | 10,42 % | Tracțiune | 6,25 % |
| Computer de bord | 29,17 % | Vizibilitate | 14,58 % |
| culoare interior mașină | 4,17 % | geamuri | 37,50 % |
| lumini, faruri, becuri | 10,42 % | parbriz | 16,67 % |
| fereastra | 12,50 % | ștergător | 16,67 % |
| Motor | 20,83 % | | |
| servodirecție | 35,42 % | | |

Raportat la ansamblul factorilor luați în studiu, procentajul elementelor generatoare de confort într-o mașină se prezintă în felul următor (tabel 4.8):

Tabel 4.8: Ierarhia principalilor factori generatori de confort

| Elemente | Procentaj |
|------------------------|------------|
| Scaun, banchetă | 9,95 % |
| radio muzică audio | 9,14 % |
| Climă, căldură | 8,87 % |
| fereastra | 4,84 % |
| servodirecție | 4,57 % |
| Spațiu interior | 4,30 % |
| computer bord | 3,76 % |
| închidere centralizată | 3,23 % |
| Silențiozitate ... | 3,23 % ... |
| Total | 100 % |

În descrierile studenților investigați, scaunele, muzica și clima sunt considerate a fi elementele a căror prezență este generatoare de cel mai mult confort. La polul opus în categoria elementelor cele mai puțin generatoare de disconfort se afla culoarea din interiorul vehiculului, tapiseria și frâna.

În ceea ce privește diferențele dintre femei și bărbați în aprecierea confortului am identificat următoarele diferențe semnificative la un prag de semnificație $p < 0,05$ (tabel 4.9).

În aprecierea confortului femeile acordă o importanță mai mare următoarelor elemente: calității aerului, climei, scaunelor și spațiului din interiorul mașinii. De asemenea, și mărimea vehiculului este generatoare de confort pentru femei, probabil pentru ca mașina fiind mica poate fi ușor parcată.

Tabel 4.9: Diferențe între bărbați și femei privind percepția confortului

| Diferențe F - M | Hi-patrat | Prag de semnificație |
|--------------------|------------------|----------------------|
| Aer, miros | $\chi^2 = 10$ | $p < 0,05$ |
| Clima, căldură | $\chi^2 = 6,82$ | $p < 0,05$ |
| Mărime mașină | $\chi^2 = 9$ | $p < 0,05$ |
| radio_muzica_audio | $\chi^2 = 11,76$ | $p < 0,05$ |
| siguranța | $\chi^2 = 8$ | $p < 0,05$ |
| Scaune, bancheta | $\chi^2 = 11,92$ | $p < 0,05$ |
| Spațiu interior | $\chi^2 = 6,25$ | $p < 0,05$ |
| volan | $\chi^2 = 5$ | $p < 0,05$ |

În ceea ce privește diferențele dintre șoferi și pasageri în aprecierea confortului a fost identificată o singură diferență semnificativă în ceea ce privește puterea motorului, șoferii fiind cei care includ motorul performant printre elementele generatoare de confort.

4.3.3 Analiza confortului /disconfortului

Raportându-ne la rezultatele referitoare la factorii generatori de disconfort, scaunele, spațiul din interiorul mașinii și clima sunt elementele cu potențialul cel mai mare de a produce confort dar și de a genera disconfort.

În situație oarecum asemănătoare cu exemplele mai sus prezentate se află și aprecierea radioului, a muzicii în autovehicul : acest element se afla pe locul 7 în generarea de disconfort (4.95%) și pe locul 2 în categoria elementelor generatoare de confort (9.14%).

Aerul din vehicul are un potențial crescut de a genera disconfort (8.65%) dar este

apreciat ca având un rol mai puțin important în generarea confortului (2.96%).

Zgomotele percepute în cabina autovehiculului sunt generatoare de disconfort (6.80%), dar silențiozitatea vehiculului nu este percepută neapărat ca generatoare de confort (3.23%).

4.4. Concluzii

Confortul și disconfortul sunt două noțiuni complementare, strâns legate una de cealaltă, confortul fiind uneori definit prin absența disconfortului. Scaunele, spațiul din interiorul mașinii și clima sunt elemente generatoare de confort dacă satisfac cerințele ocupanților mașinii sau pot fi elemente generatoare de disconfort în caz contrar.

Exista o polemică privind bipolaritatea dimensiunii confort – disconfort (Constantin & al., 2016). O parte din rezultatele obținute susțin existența unei dimensiuni bipolare confort-disconfort, iar o altă parte a rezultatelor evidențiază existența a două dimensiuni distincte, în sensul că prezența unui element poate fi aducătoare de disconfort, fără ca absența acestor elemente să fie generatoare de satisfacție, relaxare, plăcere (de exemplu zgomotele percepute în cabina autovehiculului).

Plecând de la ierarhia elementelor percepute ca fiind generatoare de disconfort în vehicule, s-a identificat că elementul cu cea mai mare probabilitate de a genera disconfort în mașină este scaunul urmat de spațiul din mașină, clima, mirosurile din mașină și zgomotele. Rezultatele noastre privind evaluarea disconfortului în vehicule converg cu rezultatele evaluării disconfortului în avioane. Potrivit lui Berthelot & Bastien (2009) pentru zborurile lungi, principalul factor de disconfort este scaunul incomod, în timp ce pentru zborurile mai scurte, temperatura (confortul termic) este principalul factor de disconfort pentru bărbați. Pentru femei, confortul termic este plasat în avioane abia pe locul 4 după scaune, zgomot și vibrații (Berthelot & Bastien, 2009). Similar cu rezultatele studiilor de confort termic în avioane, în studiul nostru, sistemul de aer condiționat joacă un rol important în percepția de disconfort în automobile, fiind clasat pe locul 3 în ierarhia acestor elemente. Diferențele între bărbați și femei în evaluarea confortului în mașină păstrează aceeași tendință ca și pentru avion. Pentru bărbați confortul termic este pe locul al doilea, în timp ce femeile îl plasează pe locul 5.

Diferențele între șoferi și pasageri arată că problemele de siguranță, cum ar fi sistemul de direcție, cutia de viteze, maneta de viteze, lumini, oglinzi, parbriz, pedale și așa mai

departe, nu sunt incluse de pasageri ca elemente generatoare de disconfort în vehicule de pasageri. Acest lucru poate fi explicat prin faptul că aceste elemente nu sunt utilizate de pasageri și deci nu sunt percepute ca generatoare de disconfort.

Aplicând metoda statistică "Analiza corespondenței multiple" am observat că elementele generatoare de disconfort, care diferențiază șoferii de pasageri, sunt reunite într-o singură dimensiune 1 (tabel 4.3). Această dimensiune este responsabilă pentru starea de disconfort dată de un vehicul perceput ca nesigur și de funcționarea defectuoasă a unor elemente implicate în experiența de conducere. În același timp, analiza corespondenței multiple releva, de asemenea, un factor major diferit, dimensiune 2 (tabel 4.4) de disconfort. Această dimensiune a disconfortului include aspecte legate mai mult cu un disconfort fizic și fiziologic, cum ar fi: clima, dimensiune portbagaj, spațiu în mașină, poziție volan, etc.

Aceste rezultate ne permit să propunem o redefinire a conceptului de confort în autovehicule prin introducerea unei noi dimensiuni care ține de siguranța în circulație a ocupanților unui vehicul. Astfel, confortul poate fi definit ca o stare subiectivă de plăcere și relaxare, dată într-o anumită măsură de încrederea în buna funcționare a vehiculului și în general de o conducere în siguranță (Constantin & al., 2014).

Similar cu studiul efectuat de autorul tezei, și alte cercetări privind evaluarea disconfortului, au fost efectuate pe eșantioane de tineri, (Giacomin & Quattrocchio, 1997 Dufour & Wang, 2005), și în consecință au limitări, din această perspectivă, în ceea ce privește aplicabilitatea rezultatelor. Studiile comparative între tineri și persoane în vârstă, în ceea ce privește percepția de disconfort, relevă diferențe semnificative în cazul automobilelor mini van, persoanele în vârstă, spre deosebire de cele tinere, considerând că accesul în aceste mașini este generator de disconfort. În ceea ce privește mașinile mici, mijlocii și utilitarele mici nu semnalează nici o diferență semnificativă între tineri și vârstnici în ceea ce privește percepția de disconfort în vehicule (Chateauroux, 2009).

Rezultatele acestui studiu dau o imagine despre ce înseamnă confortul și disconfortul pentru șoferii și pasagerii tineri, evidențiind importanța pe care îl are scaunul, factorul termic și calitatea aerului în evaluarea confortului și disconfortului într-un vehicul.

Capitol 5 : CERCETĂRI PRIVIND CALITATEA AERULUI ÎN AUTOVEHICULE

5.1.Introducere

Interesul pentru calitatea aerului din vehicule este orientat mai mult spre identificarea prezenței unor poluanți precum : SO₂, NO₂, NO, ozon, particule și mai ales monoxid de carbon. Cercetarea de față se orientează către studiul calității aerului în autovehicule din perspectiva prezenței dioxidului de carbon, și percepția confortului calității aerului în autovehicule în condițiile prezenței unor cantități diferite de CO₂ în aerul respirat.

Daca aburirea geamurilor jenează mai mult sau mai puțin activitatea șoferilor, creșterea concentrației de CO₂ peste anumite praguri poate avea efecte nefaste asupra sănătății ocupanților mașinii și poate genera situații de risc pentru conducătorii autovehiculelor.

Studiul realizat de autorul tezei a urmărit stabilirea intervalului de timp până la atingerea limitei medii de expunere profesională, atunci când se folosește sau nu recircularea aerului, în funcție de unul, doi, trei sau patru ocupanți ai autovehiculului.

S-a studiat calitatea aerului în mașini cu și fără a utiliza setarea de recirculare a aerului, deoarece setarea de recirculare a aerului poate duce rapid la creșteri semnificative ale emisiilor de CO₂.

Pentru studiu s-a luat în considerare ipoteza unei mașini staționare, situație aparent atipică, dar frecvent întâlnită în viață de zi cu zi, în situații cum ar fi :

- în blocajele de trafic întâlnite zilnic la orele de vârf;
- în restricțiile de trafic generate de lucrări rutiere sau în caz de accidente;

- la plecarea sau la întoarcerea din vacanțe;
- la puncte de trecere a frontierei;
- la restaurante și cinematografe drive-in caz în care clienții mănâncă și/sau sau privesc un spectacol fără a coborî din mașină.

Desigur sunt și alte situații când voluntar sau involuntar rămânem în mașină și de cele mai multe ori ventilația motorului e oprită, perioade de timp semnificative.

Cercetarea de față se refera la studiul aerului din vehicule din punctul de vedere al nivelului de CO₂ cât și percepția participanților asupra calității aerului în mașini, la niveluri diferite ale CO₂ în aerul respirat.

5.2. Materiale și metodă utilizata

Studiul realizat are la baza două obiective:

- Măsurarea timpului în relație cu calitatea aerului (CO₂) în cabina de pilotaj a șoferului până la atingerea valorile profesionale permise;

- Evaluarea disconfortului perceput de ocupanții unui vehicul în legătură cu calitatea aerului. pe o perioadă de timp în care dioxidul de carbon a crescut pana la limita permisă profesional (5000 ppm).

5.2.1. Participanții la studiu

Studiul referitor la măsurarea și percepția calității aerului a fost realizat februarie-iunie pe un eșantion de 60 de studenți, din Universitatea Politehnica Timișoara (Romania), precum si de la Universitate Tehnica Belfort-Montbeliard (Franța), 19 studenți în anul 3 și 41 de studenți în anul 4, tineri conducători auto și pasageri (34 băieți și 26 de fete) cu o vârstă medie de 22,9 ani.

Toți participanții au luat parte la evaluarea calității aerului în timpul măsurării emisiilor de CO₂ (prima evaluare). 20 din cei 60 de subiecți au participat la o a doua evaluare a aerului înainte și după măsurarea CO₂.

Participarea lor a fost voluntară, fără remunerație și toți participanții au semnat un consimțământ înainte de a participa la cercetare în care au fost informați cu privire la scopul studiului, procedura care urmează să fie urmată, precum și riscurile potențiale și beneficiile participării la acest studiu.

Percepția asupra calității aerului a fost măsurată pe o scală de tip Likert cu 7 niveluri (1- foarte slabă calitate a aerului; 7 foarte bună calitate a aerului).

5.2.2. Instrumente de lucru

Măsurătorile au fost efectuate în trei vehicule: Dacia Logan, Hyundai i3 și Renault ZE.

Măsurătorile de CO₂ au fost realizate cu un aparat Trotec BZ30 având următoarele date tehnice : senzori de CO₂ - NDIR (non-dispersive în infraroșu); Domeniu de măsurare a dioxidului de carbon: 0-9999 ppm CO₂; rezoluție (precizie) CO₂: 1 ppm (± 75 ppm sau $\pm 5\%$ din valoarea măsurată); Domeniu de măsurare: 2 secunde; memorie lecturi: 50000 valori măsurate. O calibrare la zero a fost aplicată înainte de fiecare utilizare.

5.2.3. Proiectarea și desfășurarea studiului

Evaluarea calității aerului a fost efectuată în următoarele condiții:

- cu 1, 2, 3 și 4 persoane în mașină;
- în trei vehicule: Dacia Logan, Hyundai i3 și Renault ZE;
- în două situații: cu recircularea și fără recircularea aerului.

Suplimentar a fost realizată o măsurătoare diferită de CO₂ la 10000 ppm, cu 5 persoane într-o cabină Dacia Logan.

Studiul s-a bazat pe un design experimental cu două grupuri, și măsurători repetate, una pre-test t_i și una post-test notată cu t_f .

Participanții la aceste măsurători și evaluări au primit un formular de evaluare și li s-a solicitat să evalueze calitatea aerului pe o scară de la 1 la 7 (1-foarte slab; 7-calitate foarte bună a aerului). Calitatea aerului a fost evaluată la intrarea în vehicul (faza inițială de pre-test t_i). Participanții au rămas în vehicul până când aerul a ajuns la 5000 ppm CO₂. În fază finală a fost efectuată o altă evaluare post-test (t_f), la 5000 ppm.

Jumătate dintre măsurătorile de CO₂ și din evaluările privind calitatea aerului au fost efectuate cu modul de recirculare pornit și jumătate cu modul de recirculare oprit. Mașinile au fost staționare în toate cazurile.

S-a continuat experimentul la un alt nivel al variabilei, în care 20 din cei 60 de participanți au evaluat calitatea aerului. Prima evaluare a fost făcută la intrarea în vehicul (faza inițială). După această evaluare inițială, au părăsit vehiculul și apoi re-intrat în vehicul după ce cantitatea de CO₂ a ajuns la 5000 ppm. În acest moment au evaluat calitatea aerului pentru a doua oară (t_f), (faza finală). 10 din cei 20 de participanți au evaluat calitatea aerului în mașini cu modul de recirculare activat și 10 în mașini, fără recirculare.

Toate mașinile au fost staționare, iar rezultatele trebuie interpretate numai în aceste condiții. S-a optat pentru o mașină staționară pentru a elimina influența vitezei vehiculului asupra concentrației de CO₂ în interiorul cabinei.

5.3. Rezultate obținute

5.3.1. Măsurarea și analiza CO₂-ului în funcție de numărul persoanelor din vehicul

Unul dintre obiectivele cercetării a fost de a identifica și evidenția condițiile în care calitatea aerului din habitacul unui autoturism Dacia Logan poate atinge valori critice considerate a fi periculoase de normele în vigoare în unele state europene în ceea ce privește calitatea aerului în spațiile închise cu destinație umană, personală sau profesională.

Mai exact obiectivele studiului urmăresc determinarea perioadei de timp în care aerul din habitacul atinge o concentrație în CO₂ caracterizată ca fiind limita expunerii profesionale la CO₂ pe o perioadă de maxim 8 ore (5000 ppm – 5000 părți per milion).

În două situații relevante creșterea CO₂-ului poate pune în pericol sănătatea pasagerilor. Este vorba despre o situație în care vehiculul este în staționare fără ca aerul să fie recirculat (cazul copiilor uitați în mașina) și o alta situație în care vehiculul are activată opțiunea de recirculare a aerului, în ambele situații neexistând nici o sursă de înprospătare a aerului.

În tabelul 5.1 s-a indicat media (M) și deviația standard (SD) pentru măsurătorile efectuate pentru toate cele trei tipuri de vehicule, cu unul, doi, trei și patru persoane în cabina. S-a observat că pentru o singură persoană, este nevoie de 24 de minute, în timp ce pentru patru persoane în 7 minute se atinge un nivel de 3000 ppm CO₂, adică concentrația la care pot apărea efecte negative semnificative asupra performanței cognitive (Satish, 2012), situație care poate duce la un risc în conducerea autovehiculului.

Tabel 5.1: Media și deviația standard a timpului în care aerul din cabina atinge anumite valori ale emisiilor de CO₂ (vehicul în staționare fără recircularea aerului)

| Vehicul în staționare fără recircularea aerului | | | | | | | | |
|---|-------------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|
| Nivel de CO ₂ (ppm) | Timp în minute/ 1 persoana | | Timp în minute/ 2 persoane | | Timp în minute/ 3 persoane | | Timp în minute/ 4 persoane | |
| | M _{1pers} | AS _{1pers} | M _{2pers} | AS _{2pers} | M _{3pers} | AS _{3pers} | M _{4pers} | AS _{4pers} |
| 1.000 | t1 = 4.17 | 0.44 | t1 = 3.22 | 0.58 | t1 = 2.44 | 0.58 | t1 = 1.5 | 0.17 |
| 2.000 | t2 = 12.64 | 2.44 | t2 = 8.92 | 0.5 | t2 = 5.67 | 0.5 | t2 = 4.05 | 0.35 |

| | | | | | | | | |
|-------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|
| 3.000 | t3= 24.41 | 3.50 | t3= 17.08 | 0.76 | t3= 10.33 | 0.76 | t3= 7.5 | 0.73 |
| 4.000 | t4= 38.78 | 3.91 | t4= 26.72 | 1.29 | t4= 15.11 | 1.29 | t4= 9.89 | 0.19 |
| 5.000 | t5= 56 | 5.29 | t5= 38.19 | 1.23 | t5= 20.89 | 1.23 | t5= 13.05 | 1.29 |

t= timp

În tabelul 5.2 s-a prezentat timpul în care aerul din cabina de pilotaj cu 5 persoane crește de la 350 la 10000 ppm, limita la care pot apărea primele semne de acidoză respiratorie. Măsurarea a fost făcută într-un vehicul staționar Dacia Logan. Timpul petrecut pentru a ajunge la 10000 ppm este de 28 de minute.

Tabel 5.2: Timpul (în minute și secunde) necesar pentru ca valorile dioxidului de carbon să urce până la 10000 ppm () necesar pentru 5 persoane pentru ca valorile dioxidului de carbon să urce până la 10000 ppm

| Nivel CO ₂ | Timp măsurare | Δt (min) între 2 niv de CO ₂ | Δt (sec) 2 niveluri CO ₂ | t (sec) cumulativ | t (min+sec) cumulativ |
|-----------------------|---------------|---|-------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| 350 ppm | 09:46:49 | 00.00 | 00 | 00 | 0m |
| 1000 ppm | 09:49:23 | 2m34s | 154 | 154 | 2m34s |
| 2000 ppm | 09:51:29 | 2m06s | 126 | 280 | 4m40s |
| 3000 ppm | 09:53:55 | 2m26s | 146 | 426 | 7m06s |
| 4000 ppm | 09:56:21 | 2m26s | 146 | 572 | 9m32s |
| 5000 ppm | 09:58:41 | 2m20s | 140 | 712 | 11m52s |
| 6000 ppm | 10:01:37 | 2m58s | 178 | 890 | 14m50s |
| 7000 ppm | 10:04:17 | 2m40s | 160 | 1050 | 17m30s |
| 8000 ppm | 10:07:25 | 3m08s | 188 | 1238 | 20m38s |
| 9000 ppm | 10:11:02 | 3m37s | 217 | 1455 | 24m15s |
| 10000 ppm | 10:14:52 | 3m50s | 230 | 1685 | 28m05s |

t= timp; Δt= perioada de timp m= minute; s = secunde

În figura 5.1 s-a trasat timpul în care dioxidul de carbon a crescut de 350ppm până la 10000 ppm (pentru cinci persoane într-un autovehicul Dacia Logan).

Evolutia concentratiei de CO₂ in interiorul unui vehicul in functie de timp

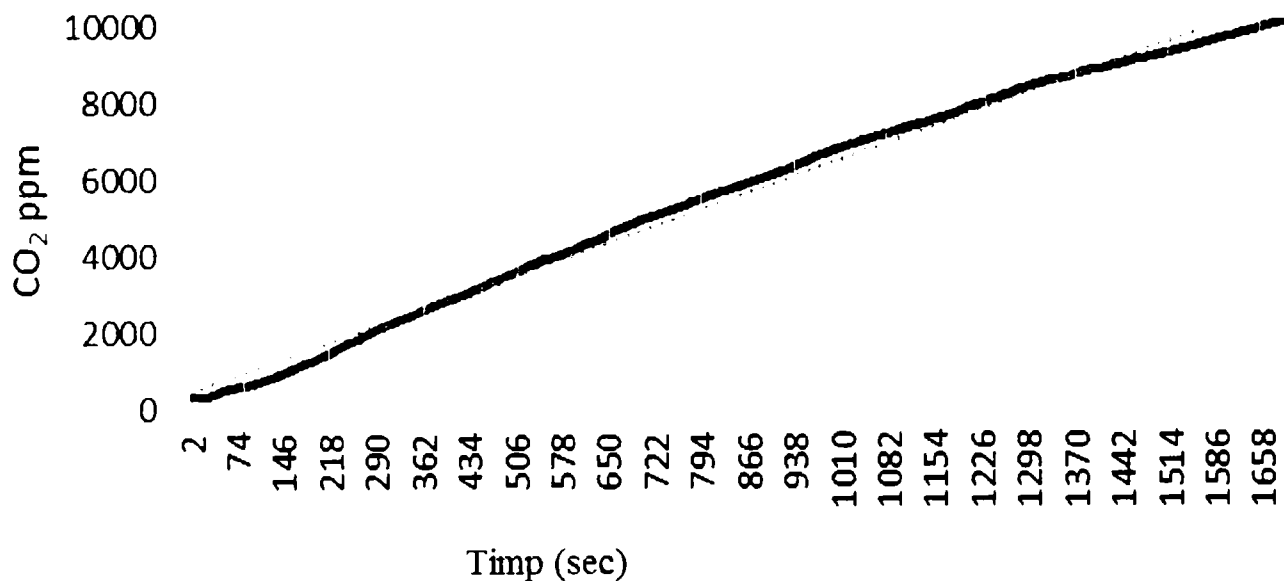


Figura 5.1: Evoluția concentrației de CO₂ în interiorul unui vehicul cu 5 persoane, în funcție de timp

Curba de CO₂ indică cantitatea de CO₂ și evoluția acesteia în timp, într-un vehicul staționar cu modul de aer recirculare activat, cu cinci pasageri. Măsurătorile arată că, în aproximativ 12 minute, nivelul de CO₂ a atins limita de expunere ocupațională (5000 ppm). În aproximativ 28 minute, cantitatea de CO₂ a atins nivelul la care apar primele semne de acidoză respiratorie (10000 ppm).

Figura de mai sus sugerează faptul că CO₂-ul (concentrația acestuia) nu s-a apropiat de o starea de echilibru, nici chiar la 10000 ppm. Acest lucru este periculos și ar necesita activarea unei modalități de alertare, de exemplu un sistem de alarmă care să se declanșeze la această concentrație.

În tabelul 5.3 sunt prezentate valorile (minime, maxime și medii) pentru trei caracteristici (temperatură, umiditate și CO₂) măsurate într-un vehicul staționar Dacia Logan cu 5 persoane în habitacul. Frecvența de eșantionare a fost de 2 secunde, obținându-se 1581 de măsurători.

Tabel 5.3: Valori minime, maxime și medii ale CO₂, temperatura și umiditatea aerului în perioada în care nivelul de CO₂ a crescut de la 350 la 10.000 ppm.

| | Maximum | Minimum | Media |
|-----------------|-----------|----------|------------|
| CO ₂ | 10000 ppm | 350 ppm | 5174.5 ppm |
| Temperatura | 29.20 °C | 24.20 °C | 26.8 °C |
| Umiditate | 45.50 | 30.30 | 37.9 |

S-a studiat calitatea aerului în situația în care acesta a fost recirculat. Există motive obiective, (economia de combustibil, creșterea distanței parcurse ș.a) pentru care se dorește recircularea aerului din interiorul habitaculului. Dar, creșterea nivelului de CO₂ poate pune în pericol atenția conducătorului auto și uneori chiar viața pasagerilor.

În tabelul 5.4 s-a prezentat timpul în care aerul respirat de ocupanții vehiculelor a atins anumite valori de CO₂, în cazul unui vehicul staționar cu aer recirculat. Recircularea a fost efectuată la un debit de 105,78 m³/h (vezi anexa 7), cu ventilație activată la nivelul 2 din 4. Debitul a fost măsurat cu ajutorul unui anemometru TA 300 Trotec cu o precizie de +/- 5% din unitatea de măsură + 1 și o rezoluție de 0.01.

Tabel 5.4: Timpul în care aerul respirat de ocupanții unui vehicul poate atinge anumite valori ale dioxidului de carbon (vehicul în staționare cu recircularea aerului)

| Vehicul în staționare cu recircularea aerului | | | | | | | | |
|--|----------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|
| Nivel de CO ₂ (ppm) | Timp în min/ 1 persoană | | Timp în min/ 2 pers | | Timp în min/ 3 pers | | Timp în min/ 4 pers | |
| | M _{1pers} | AS _{1pers} | M _{2pers} | AS _{2pers} | M _{3pers} | AS _{3pers} | M _{4pers} | AS _{4pers} |
| 1.000 | t1= 4.58 | 0.38 | t1= 2.75 | 0.50 | t1= 2.81 | 0.50 | t1= 1.83 | 0.17 |
| 2.000 | t2= 13.59 | 2.15 | t2= 8.86 | 0.33 | t2= 6.67 | 0.33 | t2= 4.39 | 0.54 |
| 3.000 | t3= 25.67 | 3.34 | t3= 17.53 | 1.25 | t3= 11.97 | 1.25 | t3= 7.83 | 1.04 |
| 4.000 | t4= 40.44 | 3.81 | t4= 27.69 | 2.96 | t4= 18.06 | 2.96 | t4= 12.19 | 3.81 |
| 5.000 | t5= 58.58 | 6.14 | t5= 40.53 | 4.73 | t5= 25.92 | 4.73 | t5= 15.53 | 2.61 |

t=timp; M=media aritmetica; As=abaterea standard

În varianta experimentală cu recircularea aerului, din cauza vitezei aerului se creează o depresiune în interiorul circuitului de ventilație și intra aer din exterior prin neetanșeitățile constructive ale vehiculelor. Aceasta situație are drept consecință creșteri ale timpului măsurat.

În figura 5.2 s-a reprezentat creșterea concentrației de CO₂ din cabina vehiculului de la 1000 ppm până la 5000 ppm, în funcție de timp și de numărul de persoane din mașină, aerul fiind recirculat. În cazul unei singure persoane, este nevoie de 58 minute pentru ca aerul să ajungă la 5000 ppm, în timp ce pentru 4 persoane, sunt necesare 15 minute pentru a ajunge la aceeași concentrație de CO₂.

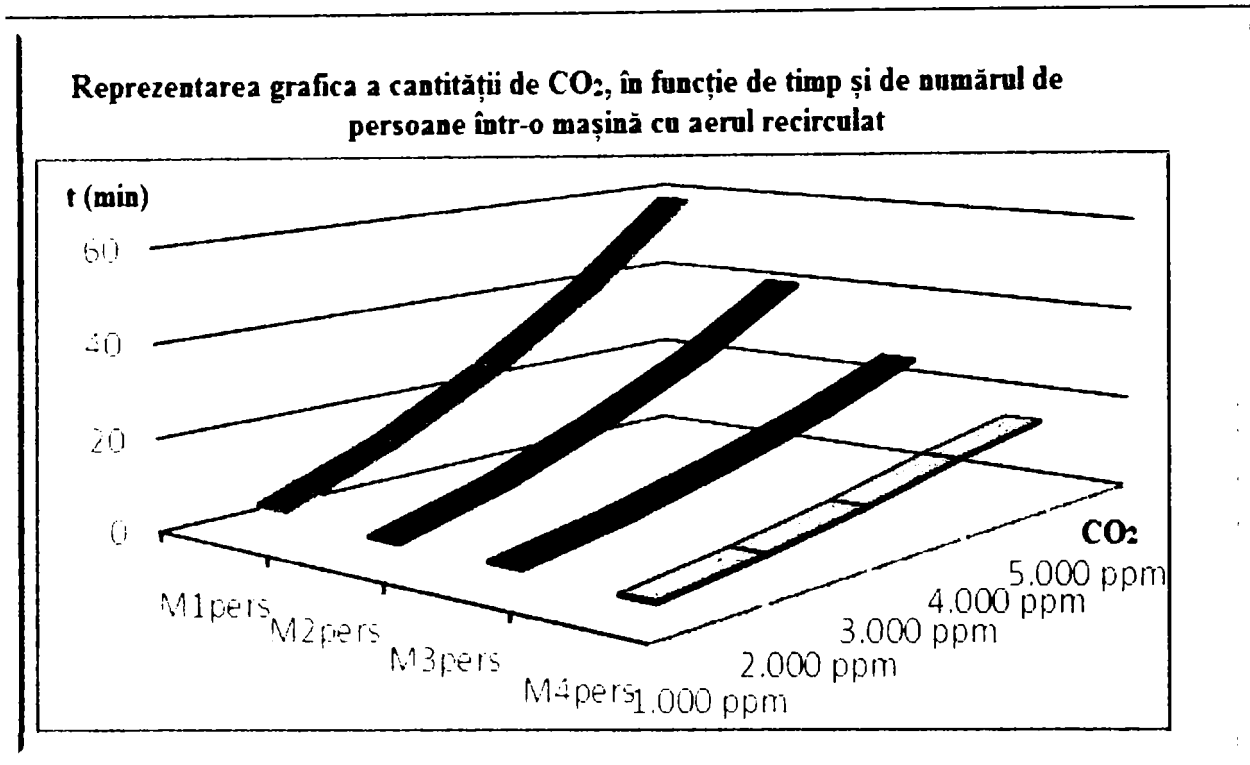


Figura 5.2: Variația cantității de CO₂ (în ppm), în funcție de t timp (media t/pers) și de numărul de persoane într-o mașină cu aerul recirculat

Pentru a vizualiza creșterea dioxidului de carbon de la 350 la 5000 ppm în funcție de timp, vă prezentăm în figura 5.3 graficul pentru două persoane în Dacia Logan,

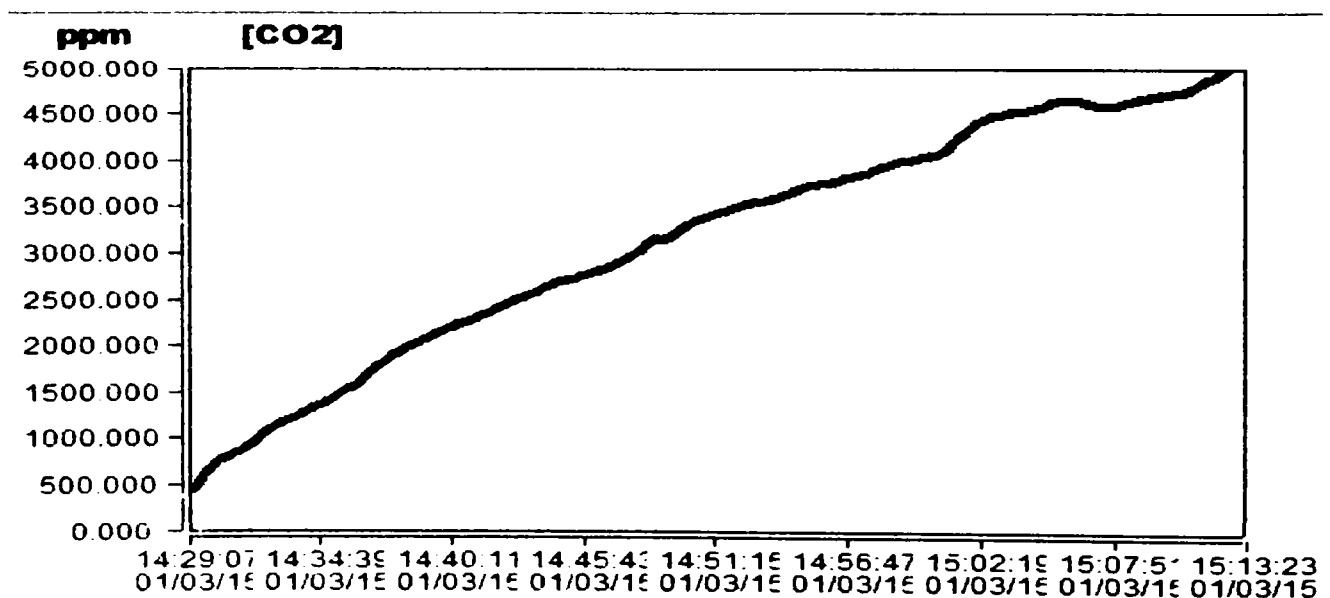


Figura 5.3: Variația concentrației de CO₂ (350-5000 ppm; 2 persoane) în funcție de timp

5.3.2. Analiza percepției calității aerului

Analiza calității aerului s-a bazat pe percepția participanților la studiu și a constat într-o evaluare globală a calității aerului, în două momente diferite: la începutul măsurătorilor de CO₂ - t_i, și la sfârșitul măsurătorilor - t_f la 5000 ppm.

Percepția calității aerului a fost evaluată pe o scală de tip Likert cu 7 niveluri (1- calitate foarte slabă a aerului; 7- calitate foarte bună a aerului).

Studiul efectuat privind calitatea aerului se bazează pe un design experimental cu două grupe și măsurători repetate, o măsurare pre-test t_i și o măsurare post-test t_f. Variabila independentă are două niveluri de variație (cu recirculare și fără recirculare), măsurată în faza inițială de pre-test de t_i și în faza finală post-test t_f. Deoarece datele obținute pe o scală Likert sunt date ordinale, am folosit teste de analiza nonparametrică.

5.3.2.1. Comparații între cele două grupuri de participanți (cu și fără aer recirculat)

Analiza comparativă realizată folosind testul Mann-Whitney (numit și U Test) (test statistic prin care se determină diferența rangurilor) arată că scorurile obținute în faza de pre-test t_i de către grupul de participanți care au rămas în mașină, cu aerul recirculat, nu diferă în mod semnificativ de scorurile obținute în faza de pre-testare t_i a evaluării efectuate de către grupul de participanți care au rămas în mașină fără ca aerul să fie recirculat (U = 450; N1 = 30; N2 = 30, p = 1; unde U- test Mann-Whitney; N1, N2 – numărul subiecților, p = prag de semnificație). Acest rezultat este evident, deoarece ambele grupuri au avut aceleași concentrații relativ scăzute ale CO₂-ului (350 ppm), astfel încât ar fi de așteptat să aibă valori similare.

Scorurile participanților la post-test au arătat o diferență între percepția participanților aflați în vehicule cu aer recirculat, comparativ cu percepția participanților din vehicule fără recirculare a aerului, așa cum rezultatele testului Mann-Whitney ne indică o diferență statistică semnificativă (U = 194, N1 = 30; N2 = 30; p = 0.001 unde U- test Mann-Whitney; N1, N2 – numărul subiecților, p = prag de semnificație).

Rezultatele ambelor comparații sunt prezentate în tabelul 5.5.

Tabel 5.5: Rezultatele testului statistic Mann-Whitney

| criterion | | N | Mean Rank | Sum of Ranks | Test Statistics ^a | | | |
|--------------------------|-------|----|-----------|--------------|------------------------------|------------|--------|------------------------|
| | | | | | Mann-Whitney U | Wilcoxon W | Z | Asymp. Sig. (2-tailed) |
| Ti inițial (pre-test) | R (-) | 30 | 30.50 | 915.00 | 450.000 | 915.000 | 0.000 | 1.000 |
| | R (+) | 30 | 30.50 | 915.00 | | | | |
| Tf final (post-test) | R (-) | 30 | 21.98 | 659.50 | 194.500 | 659.500 | -4.070 | .000 |
| | R (+) | 30 | 39.02 | 1170.5 | | | | |

R (+): cu recirculare ; R (-): fără recirculare

5.3.2.2. Comparații ale celor două grupuri între faza pre-test t_i și post-test t_f

Comparațiile dintre faza pre-test t_i și post-test t_f au fost efectuate separat pentru fiecare grup, dar, de asemenea, și pentru ambele grupuri.

Analiza comparativă, realizată folosind testul Wilcoxon ($N = 60$; $z = 6,73$; $p = .000$ unde z - scorurile standard; N – numărul subiecților, p = prag de semnificație), arată că există o diferență semnificativă în evaluarea calității aerului între faza t_i pre-test și faza t_f post-test, pentru toți participanții. Testul Wilcoxon este un test nonparametric utilizat pentru compararea a două eșantioane asociate, eșantioane pereche sau în cazul unor măsurători repetate pe același eșantion pentru a determina dacă mediile acestora diferă.

În cazul grupului cu aerul recirculat, rezultatele testului Wilcoxon arată că în faza de post-test t_f , aerul cu o concentrație de 5000 ppm, a fost considerat a avea o calitate mai slabă decât aerul din faza de pre-testare t_i , de 350 ppm CO_2 ($N = 30$, $z = 4,84$, $p = , 000$ unde z - scorurile standard; N – numărul subiecților, p = prag de semnificație).

O diferență semnificativă a fost constatată de asemenea, în cazul grupului fără recirculare a aerului, între percepțiile aerului cu 350 ppm și percepția calității aerului cu 5000 ppm ($N = 30$; $z = 4,76$; $p = . 000$), în această din urmă situație aerul fiind considerat de o calitate mai scăzută în comparație cu evaluarea inițială.

5.3.2.3. Comparații între cele trei grupuri de participanți în faza post-test t

S-a urmărit identificarea unor diferențe între cele două grupuri care au participat la măsurarea nivelului inițial de CO₂ și al treilea grup care a participat la evaluarea aerului la reintrarea în habitacul după ce aerul a ajuns la 5000 ppm.

Am aplicat testul Kruskal-Wallis, în scopul de a identifica diferența dintre percepția calității aerului în faza de post-test T_f între toate cele trei grupe menționate. Testul Kruskal-Wallis este un test non-parametric care se folosește pentru compararea a două sau mai multe eșantioane independente, de dimensiuni egale sau diferite. Rezultatele (hi-pătrat = 29,16; p = 0.001), indică faptul că există diferențe semnificative între aprecierile participanților cu privire la calitatea aerului în cabină.

Rezultatele obținute (bazate pe ierarhia mediilor pentru cele trei grupuri de participanți) arată că cea mai bună calitate a aerului a fost percepută de către cei care au rămas în mașinile cu aerul recirculat ($M_1 = 56,73$ unde M este media scorurilor acordate de subiecții rămași în vehicul), iar cea mai scăzută calitate a aerului a fost apreciată de către cei care ieșit și reintrat în autovehicul după creșterii cantității de CO₂ ($M_3 = 23,83$ M este media scorurilor acordate de aceștia).

5.3.2.4. Evaluarea generală a calității aerului

Cu toate că există diferențe semnificative în ceea ce privește percepția calității aerului la 350 ppm, și că, la 5.000 ppm, evaluarea globală a calității aerului este pozitivă atât pentru grupul de 60 de participanți (G60), care au rămas în mașină până când nivelul de CO₂ a crescut la 5.000 ppm, cât și pentru cei 20 de participanți (G20), care au părăsit mașina după evaluarea inițială și apoi re-intrat în mașină pentru evaluarea finală de la 5000 ppm. După cum se vede în figura 5.4, un procent de 81.67% dintre participanți G60 (40% + 41.67%) au evaluat aerul la 5.000 ppm, ca fiind de o calitate bună sau destul de bună, și doar 13.33% au considerat că aerul nu este nici bun, nici rău.

Deși diferențele privind percepția calității aerului diferă semnificativ între cele două grupuri menționate, grupul G20 nu considera calitatea aerului să fie scăzută. Mai exact, 30% dintre ei cred că calitatea aerului este slabă sau destul de slabă, în timp ce 35% consideră că aerul nu este nici bun, nici rău și 35% apreciază calitatea aerului ca fiind bună sau destul de bună.

Reprezentarea evaluării generale a calitatii aerului 5000 ppm

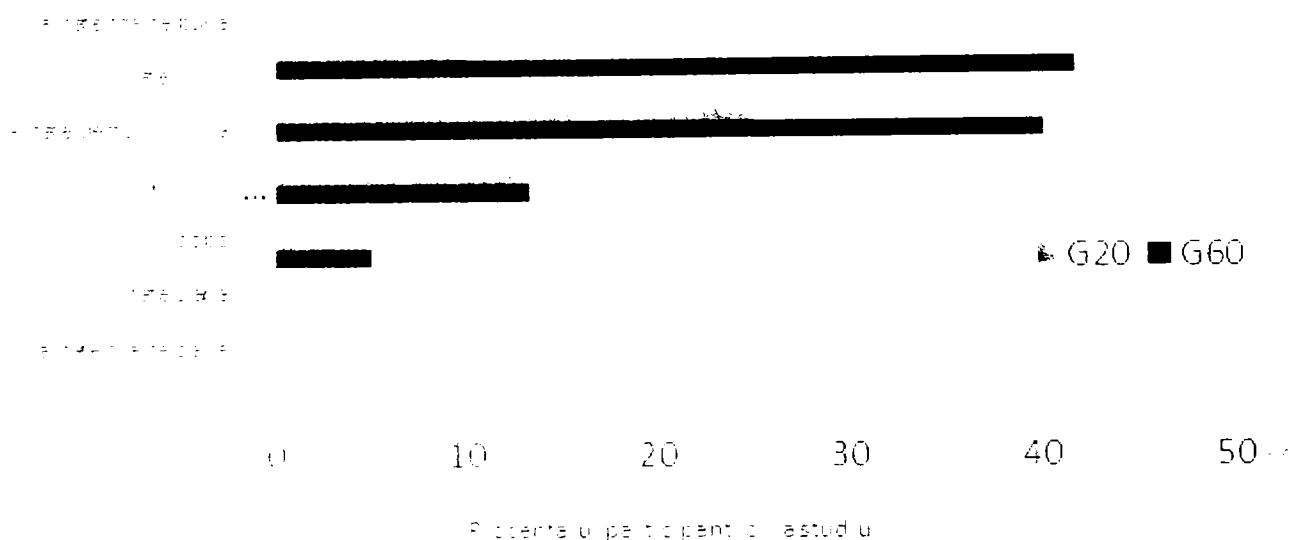


Figura 5.4: Reprezentarea evaluărilor generale ale calității aerului 5000 ppm pe două grupuri de participanți (Tf)

Ierarhizarea calității aerului interior, în conformitate cu Normele europene NF EN 13779, arată că o diferență mai mare de 1000 ppm CO₂ între aerul interior și aerul din exterior este considerată a fi o calitate scăzută a aerului [ANSES, 2013]. În ceea ce privește acest clasament, rezultatele noastre arată că majoritatea participanților la studiu a evaluat aerul viciat din autovehicul ca având o calitate bună, când în realitate, aerul avea o calitate scăzută conform normelor mai sus menționate.

Această situație în care aerul viciat este perceput ca fiind un aer bun trebuie să atragă atenția celor responsabili de siguranța traficului, mai ales în transportul public. Introducerea unor dispozitive de reglare și de control a calității aerului, poate fi extrem de utilă deoarece aerul viciat cu CO₂ este considerat de mulți cercetători a fi un aer, care poate afecta abilitățile cognitive și reacțiile psihomotorii ale conducătorilor auto.

5.4. Concluzii

Obiectivele acestui studiu au fost de a identifica și de a evidenția condițiile în care calitatea aerului din autovehicule poate atinge valori considerate de specialiști (Satish, 2012) a pune în pericol capacitatea de concentrare precum și abilitățile cognitive generale ale conducătorilor auto. De asemenea, studiul a investigat modul în care percepția calității aerului se modifică odată cu creșterea concentrației de CO₂.

Percepția participanților în ceea ce privește calitatea aerului respirat în autovehicule a variat considerabil. Între fazele t_i inițială și t_f finale ale evaluării, nivelul de CO_2 în aerul din interiorul vehiculului a crescut de la aproximativ 350 ppm la 5000 ppm. Această diferență de calitate a aerului a fost semnalată în evaluările realizate de participanți. Toți participanții la studiu au indicat o scădere a calității aerului odată cu trecerea timpului și creșterea concentrației de CO_2 .

Participanții care au rămas în autovehicul cu modul de recirculare activat, la 5000 ppm, au perceput calitatea aerului ca fiind mai bună în comparație cu cei care au rămas în mașină fără ca aerul să fie recirculat. Acest rezultat poate fi explicat datorită pornirii ventilației aerului (recirculare), ducând la o îmbunătățire a percepției calității aerului.

Participanții care au intrat și ieșit din autovehicul, au perceput calitatea aerului la reintrarea în vehicul (5000 ppm), ca fiind mult mai scăzută comparativ cu cei care au rămas în autovehicul, în timpul realizării măsurătorilor de CO_2 de la 350 la 5000 ppm. Acest rezultat arată că apare o acomodare cu aerul poluat și, ca urmare a acestui fapt, aerul este perceput ca fiind de o calitate mai bună decât este în realitate.

Cu toate că s-au identificat diferențe în aprecierea calității aerului, evaluarea globală a acestuia nu este negativă, evaluările celor trei grupuri de participanți indică faptul că, la 5000 ppm, aerul nu este perceput ca fiind de o calitate scăzută (Constantin, Mazilescu, Drăghici, Mihăescu, 2016).

Măsurătorile de CO_2 realizate pe un autovehicul staționar ne arată că timpul în care este atinsă limita de 5000 ppm (limita superioară a nivelului de CO_2 admisă în situații de lucru în majoritatea țărilor europene) variază între 13 min (pentru 4 persoane) și 56 de minute (pentru 1 persoană). Peste această limită CO_2 -ul poate avea efecte negative atât asupra conducătorului vehiculului cât și asupra pasagerilor. Cercetările pun în evidență deteriorări ale capacității de concentrare și ale capacității de luare de decizii începând de la valori de peste 1000 ppm (Fisk, Satish, Mendell, Hotchi & Sullivan, 2013).

Habitaclul unui autoturism este o incintă închisă relativ ermetic (Grady & all, 2013), în care ocupanții pot petrece mai mult sau mai puțin timp în funcție de traseul și distanța care este parcursă. O serie de studii au arătat că concentrația CO_2 -ului în habitaclul unui vehicul poate crește destul de rapid (Mathur, 2009a; Mathur, 2009b; Gladyszewska-Fiedoruk, 2011; Jung, 2013; Grady & al., 2013; Maddalena & al, 2015; Tartakovsky & al., 2013; Maytat Luangprasert & al, 2017). Dacă reînnoirea aerului este blocată prin alegerea opțiunii de

recirculare a aerului, calitatea aerului din habitacul poate să scadă cu rapiditate și aerul din habitacul să devină un aer nesănătos (Chiu, Cheng & Chang, 2015).

Recircularea aerului este recomandată în acele situații în care se dorește izolarea habitaculului de aerul din exterior care poate fi uneori un aer viciat de diferiți poluanți, ca de exemplu aerul din tuneluri sau de pe drumurile pline de praf.

În practica, însă, recircularea este folosită și în situațiile când se dorește încălzirea sau răcirea mai rapidă a aerului din habitacul pentru ca prin climatizor trece un aer din cel mai cald/ rece, în loc de a încălzi (răci) aerul din exterior. Recircularea mai este aleasă și ca soluție pentru economia de combustibil sau creșterea distanței parcurse, șoferii asumându-și (conștient sau nu) unele inconveniente precum aburirea geamurilor sau unele riscuri precum creșterea concentrației de CO₂ chiar dacă această opțiune poate pune în pericol atenția conducătorului auto și uneori chiar viața pasagerilor.

Dacă în cazul mașinilor cu motor termic activarea recirculării este voluntară, cele electrice sunt prevăzute cu activarea automată a modului de recirculare când nivelul bateriei scade sub un anumit prag (70% pentru Renault Zoe), pentru a asigura energia necesară sistemelor de siguranță.

Rezultatele acestui studiu sunt utile pentru orice conducător auto care și-a asumat un comportament ecologic și care vizează reducerea consumului de carburant și a emisiilor de CO₂ prin limitarea utilizării aerului condiționat. Mai multă recirculare înseamnă mai puțină energie consumată dar este important ca șoferii să fie conștienți de riscurile legate de o concentrație crescută de CO₂. Metoda de recirculare fracționată a aerului ar putea fi o modalitate simplă îmbunătățire a calității aerului, în scopul de a menține un nivel de CO₂, care nu afectează capacitatea cognitivă a conducătorului auto și a pasagerilor, și contribuie și la un câștig de energie.

În concluzie, CO₂ poate crește peste anumite limite în condiții de trafic zilnice, obișnuite sau pe timpul parcării pe o perioadă scurtă de timp (de la 15 minute la 1 oră). În cazul în care aerul din interiorul unui autovehicul nu este împrospătat suficient, prezența oamenilor duce la degradarea calității aerului de o așa manieră încât să afecteze concentrarea și reacțiile necesare conducerii vehiculului în siguranță. Această situație poate fi dăunătoare pentru sănătatea ocupanților vehiculului și poate genera unele riscuri la conducătorii de vehicule, fără ca aceștia să perceapă vreun disconfort care ar putea pune conducătorii auto și pasagerii în alertă.

Conducerea unui vehicul este o sarcină frecventă și extrem de complexă, care necesită implicarea cogniției în timpul fiecărei sarcini de rutină, dar, mai ales atunci când vine vorba de sarcini de decizie de nivel ridicat (Groeger, 2000). Conducerea unui vehicul implică de obicei trei tipuri de procese:

- operaționale necesare unei conduceri stabile;
- tactice care guvernează interacțiunea în siguranță cu mediul și cu alte vehicule;
- strategice de un nivel ridicat privind judecata și planificarea (Michon, 1985).

Chiar dacă, pentru moment, măsurarea doar a CO₂-ului nu este considerată un indicator al poluării chimice a aerului din interiorul incintelor, din punctul de vedere al siguranței rutiere, măsurarea CO₂ este foarte importantă pentru conducătorii auto. Creșterea concentrației de CO₂ afectează funcționarea corespunzătoare a capacităților cognitive (atenție, decizie, etc.) ale șoferilor, capacități care asigură conducerea în siguranță a unui vehicul. În consecință, considerăm că este util să existe un sistem de monitorizare a nivelului de CO₂ în sistemul de transport în comun, precum și în mașinile personale, mai ales pentru că aerul cu un conținut ridicat de CO₂ nu este perceput ca aer viciat.

Capitol 6 : STUDII ȘI CERCETĂRI PRIVIND VENTILAȚIA ȘI CALITATEA AERULUI ÎN AUTOVEHICULE

6.1.Introducere

Menținerea unui aer de calitate în interiorul încăperilor în care ne petrecem cea mai mare parte a timpului, (acasă, în mașină, la serviciu) este vitala pentru sănătate. Mirosurile, fumul, căldura, praful, bacteriile din aer, umiditatea aerului și dioxidul de carbon trebuie eliminate pentru a respira un aer sănătos, care să nu aibă efecte asupra stării noastre de bine, asupra capacităților cognitive, decizionale, atenționale, și mai ales asupra sănătății.

Eficiența energetică a unui vehicul este primordială în preocupările privind asigurarea confortului în vehicule, de aceea este necesar un dialog concertat al specialiștilor pentru a studia calitatea aerului, ambianța și interiorul autovehiculelor.

Ventilația este unul din factorii care asigură menținerea unui aer de calitate. Dar ventilația presupune pe de o parte un consum de energie, ca urmare a funcționării ventilatoarelor electrice, și pe de altă parte implică un consum de energie necesară încălzirii/răcirii aerului ventilat.

Una din soluțiile pentru a reduce pierderile generate de consumul de energie și implicit efectele negative ale producerii energiei asupra mediului înconjurător, este reducerea ventilației până la nivelul minim necesar asigurării calității dorite a aerului. Reducerea aportului de aer din exterior contribuie la minimizarea consumului de energie. În cazul mașinilor electrice încălzirea/răcirea aerului ventilat influențează semnificativ autonomia de

deplasare a acestora. De aici și importanța managementului consumului de energie într-un autovehicul din perspectiva optimizării aportului de aer din exterior.

În studiul efectuat s-a urmărit determinarea volumului minim de aer proaspăt necesar a fi introdus în habitacul unui autoturism, care să asigure menținerea a 3 niveluri de CO₂ (5000 ppm; 2500 ppm; 1000 ppm). Alegerea acestor niveluri experimentale a avut drept motivație luarea în considerare a unor concentrații de CO₂ ale căror efecte asupra sănătății sunt relevante pentru oamenii de știință și instituțiile răspunzătoare de analiza situațiilor de risc în mediul profesional și în spațiile rezidențiale, și anume:

- **5000 ppm**, considerat ca limită a expunerii ocupaționale pe parcursul unei zile de lucru de 8 ore de către ANSES- Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail (Franta), OSHA-Occupational Safety and Health Administration (SUA), SWA-Safe Work Australia, etc. (ANSES, 2013; ERS, 2017)
- **2500 ppm**, limita la care s-au identificat alterări semnificative ale funcției cognitive (Allen et al. 2016; Kajtar & Herczeg 2012; Satish et al. 2012)
- **1000 ppm**, valoarea recomandată și/sau reglementată pentru rezidențe, școli și birouri în USA, Hong Kong, Olanda etc. (ANSES, 2013)

În general, pentru realizarea studiilor este preferată metoda simulării numerice (Lelea, 2007) dar în cazul studiului efectuat, am avut posibilitatea realizării practice a determinărilor experimentale în autovehicule.

6.2. Metodă de lucru

6.2.1. Participanții la studiu

Situațiile experimentale au fost realizate în cadrul laboratoarelor Universității Politehnica din Timișoara, în perioada martie-iunie 2018, cu ajutorul a 4 persoane, și anume: 3 persoane de sex masculin, în vârstă de 32, 60 și 80 ani (având 76, 87 și respectiv 80 kg) și o persoană de sex feminin în vârstă de 49 ani (65 kg).

Toți participanții și-au dat acordul în legătură cu participarea la studiu și au confirmat că au fost informați în legătură cu scopul studiului, procedura realizată, riscurile potențiale și beneficiile participării.

6.2.2. Instrumente de lucru utilizate

Măsurătorile au fost efectuate într-un autoturism Dacia Logan, model 2010, proprietatea personală a autorului modificat și adaptat nevoilor experimentelor.

Dioxidul de carbon a fost măsurat cu un instrument Trotec BZ30 date logger (figura 6.1) de măsurare a calității aerului având următoarele caracteristici tehnice : senzori de CO₂ NDIR (non-dispersive în infraroșu); Domeniu de măsurare a dioxidului de carbon: 0-9999 ppm CO₂; rezoluție (precizie) CO₂: 1 ppm (± 75 ppm sau $\pm 5\%$ din valoarea măsurată); Frecvența de măsurare: între 2 și 1800 secunde; Memoria lecturii: 50 000 valori măsurate. O calibrare la zero a fost aplicată înainte de fiecare utilizare.

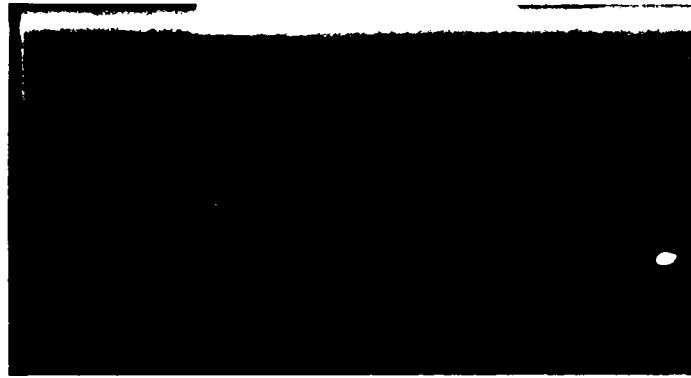


Figura 6.1: Instrument de măsurare a calității aerului (CO₂) Trotec BZ30

Pentru determinarea aportului de aer proaspăt, la măsurarea vitezei aerului, temperaturii și volumului curentului de aer s-a folosit un anemometru profesional cu fir cald, model TA300 cu sondă dreaptă (figura 6.2).

Caracteristicile tehnice ale acestui instrument de măsură sunt următoarele:

- Domeniul de măsurare: 0,1 - 25,0; Precizie: $\pm 5\%$; Valoare de măsurare + 1 ;
- Rezoluție: 0,01; Principiul de măsurare: fir cald; Domeniul de lucru, temperatură: 0 - 50 °C; Alimentare cu baterii tip 9 V IEC 6LR61; Display LC;
- Dimensiuni (L x l x H): 210 x 75 x 50 mm; Greutate: 280 g



Figura 6.2 : Anemometru TA300 cu sondă dreaptă

În timpul măsurătorilor realizate s-a constatat că parametrii aerului din interiorul vehiculului se modificau și în funcție de curenții de aer din jurul mașinii. Acest lucru s-a datorat neetanșeității din construcție a autovehiculului și pentru eliminarea variabilei necontrolabile, curenți de aer din exteriorul vehiculului, s-a efectuat o etanșizare a habitaculului.

Etanșizarea a vizat aeratoarele frontale, inferioare precum și filtrul de polen. De asemenea s-a renunțat și la utilizarea sistemului de recirculare clasic al mașinii deoarece intra și o cantitate necontrolată de aer din exterior. Am proiectat și realizat o unitate de reglare-control a aerului proaspăt introdus în habitacul vehiculului (figura 6.3 și figura 6.5). Circuitul pentru evacuarea aerului a fost adaptat cerințelor experimentului pentru a permite un control riguros al fluxului de aer spre exterior. Omogenizarea a fost realizată cu un ventilator montat în habitacul.

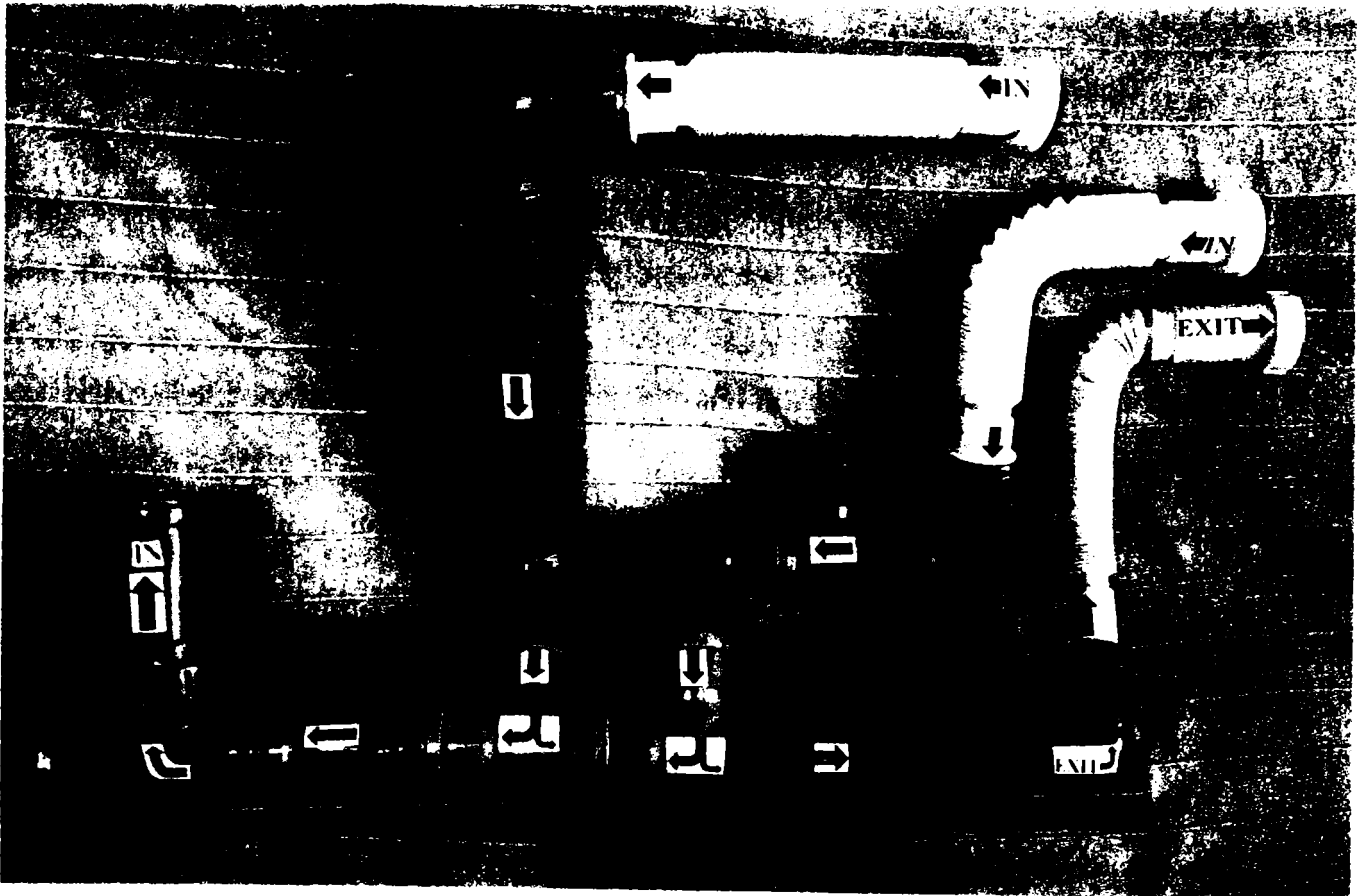


Figura 6.3: Instalația pentru reglarea debitului de aer introdus în vehicul

Reglarea debitului de aer introdus în vehicul a fost realizată electronic, prin modificarea turației ventilatorului și cu robinete pentru reglaj fin.

Geamul portierei dreapta-fata a fost înlocuit parțial cu un panou etanș prin care s-a făcut accesul conductelor de intrare și de evacuare a aerului (figura 6.4).



Figura 6.4 : Unitate de reglare-control a aportului de aer proaspăt, vedere laterala

Instalația permite pornirea, oprirea și reglarea fluxului de aer din interiorul autovehiculului. Volumul de aer a fost reglat pe de o parte printr-un regulator electronic al motorului ventilatorului și pe de altă parte cu doua robinete cu acționare mecanică.

În figura 6.5 prezentam schema instalației prin intermediul căreia am realizat reglarea fina a cantității de aer introdus având drept scop determinarea debitului necesar aducerii și menținerii timp de 5 – 7 minute a concentrației de CO₂ în aerul respirat de pasageri, la nivelul dorit.

Aerul proaspăt introdus (1) este filtrat (2) apoi ventilatorul (3) dirijează fluxul de aer spre un divizor de debit cu reglaj (4) și (5), pentru a putea realiza o reglare fina a fluxului de aer care intra efectiv în habitacul (4) și respectiv aerul în exces (5) care este dirijat (6) spre exterior. Reglarea fina a debitului de este realizata prin acționarea reglatoarelor de debit (4) și (5). Măsurarea debitului introdus se realizează în punctul (8) apoi aerul proaspăt este introdus în habitacul (9).

Cu ajutorul ventilatorului (10) se realizează amestecarea aerului încărcat cu CO₂ (mai greu) din interior, cu aerul proaspăt introdus care este mai ușor.

Aceasta omogenizare este realizata pentru a măsura în punctul (12) valoarea reala a concentrației de CO₂ din aerul respirat efectiv de ocupanții mașinii.

În continuare aerul încărcat de CO₂ (16) trece prin clapeta anti retur (14) și este eliminat în exterior prin evacuatorul de aer (15).

Prin reglarea fină a cantității de aer introdus s-a urmărit determinarea debitului necesar aducerii și menținerii timp de 5 – 7 minute a concentrației de CO₂ în aerul respirat de pasageri, la nivelul dorit.

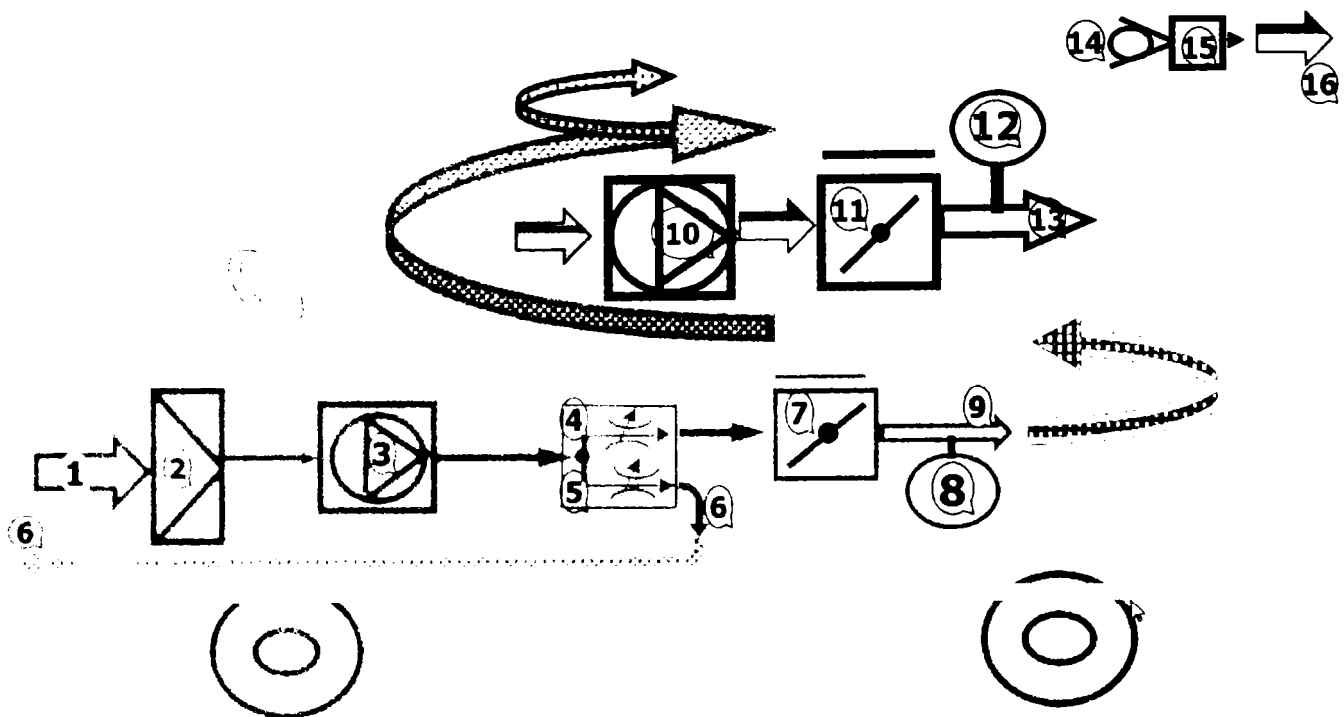


Figura 6.5 : Schema fluxului de aer proaspăt introdus pentru menținerea unei anumite concentrații de CO₂

1- intrarea aerului proaspăt din exterior; 2- filtru pentru praf și polen; 3- ventilator; 4- regulator de debit pentru aerul introdus în interior; 5- regulator de debit pentru excesul de aer; 6- evacuare exces de aer; 7- volet cu reglaj; 8- punct de măsurare a debitului de aer proaspăt introdus în habitacul; 9- aerator de introducere aer proaspăt; 10- ventilator pentru omogenizarea aerului proaspăt introdus; 11- volet cu reglaj; 12- punct de măsurare a concentrației de CO₂; 13- volet cu reglaj; 14- clapeta anti retur; 15- evacuator aer; 16- aer uzat evacuat

2.3. Proiectarea și desfășurarea studiului

Măsurătorile au fost realizate la Facultatea de Mecanică în cadrul departamentului MMUT din UPT. Experimentele au fost făcute într-un vehicul staționar, Dacia Logan, iar rezultatele obținute s-au interpretat în aceste condiții. Am optat pentru o mașină staționară pentru a elimina influența vitezei vehiculului și a curenților de aer din jurul vehiculului asupra concentrației de CO₂ în interiorul cabinei.

Măsurătorile au fost realizate într-un spațiu ferit de curenți și foarte bine aerat, respectând următoarele condiții:

- participanți: 1, 2, 3 și 4 persoane în mașină;
- un singur vehicul: Dacia Logan model 2010;

- cu recircularea aerului;
- 3 niveluri ale CO₂: 5000 ppm, 2500 ppm și 1000 ppm.

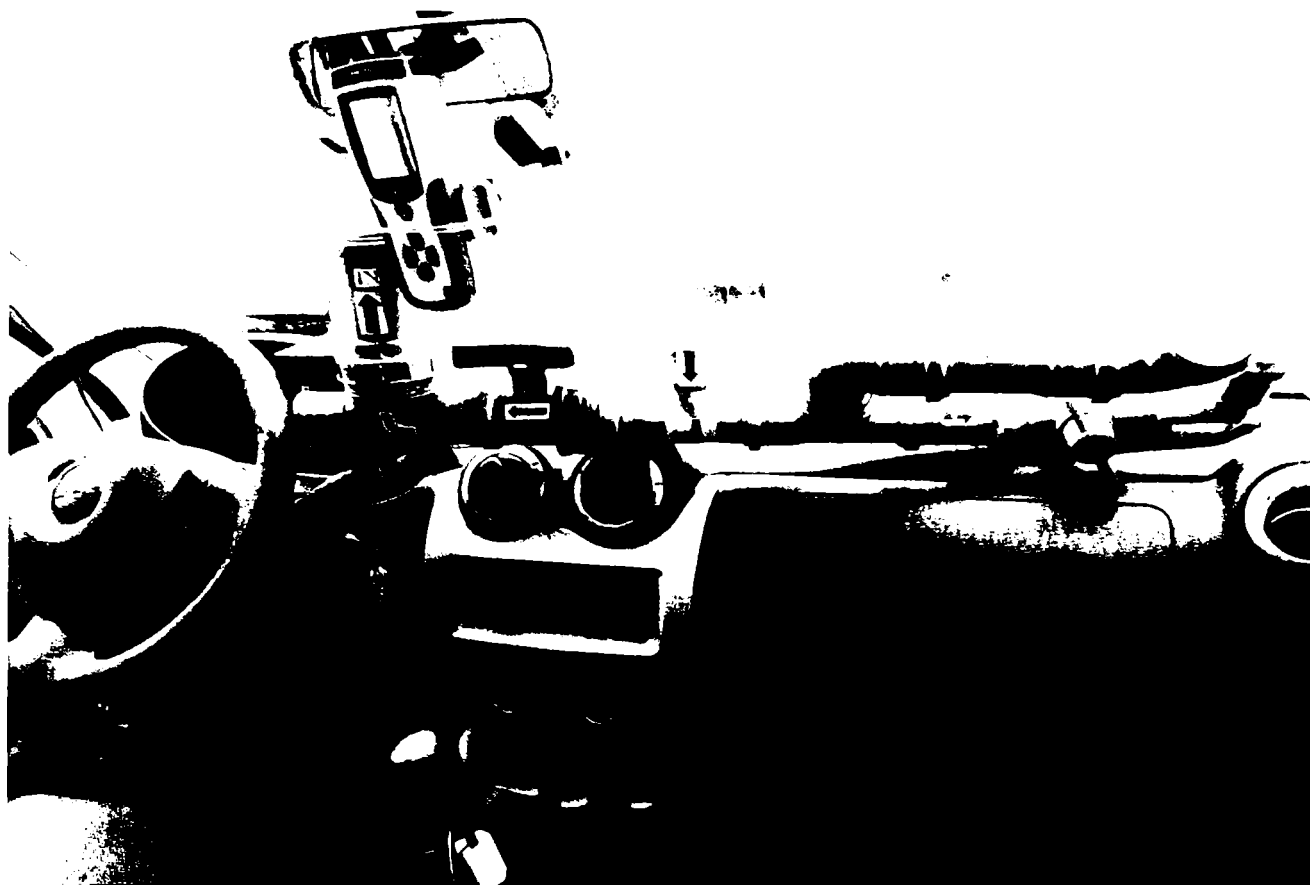


Figura 6.6: Unitate de reglare-control a aportului de aer proaspăt, vedere de ansamblu

S-a procedat la reglarea debitului de aer introdus în autovehicul astfel încât concentrația CO₂-ului din vehicul să fie menținută, într-o primă etapă la 5000 ppm.

Concentrația CO₂-ului în habitacul vehiculului a fost crescută până la 7000 ppm prin respirația ocupanților vehiculului, dar și cu ajutorul unei mici lămpi gaz butan cu arzător, după care s-a procedat la introducerea din exterior a unui debit controlat de aer proaspăt. Omogenizarea aerului din habitacul a fost făcută pe tot parcursul experimentelor cu un ventilator cu debit de 180 m³/h.

Aportul de aer proaspăt a început la concentrația de 7000 ppm și a continuat pe tot parcursul experimentelor. Măsurarea vitezei aerului introdus din exterior a început la 7000 ppm, iar debitul aerului a fost controlat manual. Prin reglarea manuală a debitului de aer s-a urmărit menținerea aerului din habitacul la o concentrație de 5000 ppm. Determinarea debitului necesar stabilizării la acest nivel a fost verificat prin menținerea echilibrului

concentrației de CO₂ pe o perioadă de aproximativ 10 minute. Apoi măsurătorile au continuat până la obținerea unui echilibrului CO₂-ului la 2500 ppm și apoi la 1000 ppm.

Măsurarea vitezei aerului s-a realizat pentru 1, 2, 3 și respectiv 4 persoane în vehicul. Pentru a crește validitatea datelor obținute fiecare situație experimentală a fost repetată de mai multe ori, și anume: cu 1 persoana s-au realizat 2 experimente; cu 2 persoane s-au realizat 5 experimente; cu 3 persoane s-au realizat 2 experimente ; cu 4 persoane s-au realizat 3 experimente.

În toate aceste situații s-a urmărit determinarea necesarului de aer proaspăt pentru a menține calitatea aerului la cele 3 niveluri ale CO₂-ului considerate standarde ale calității aerului în rezidențe, birouri și în medii de lucru profesionale.

6.3. Rezultate obținute

Din cele 12 experimente realizate, s-au prezentat experimentele având valori medii în cadrul măsurărilor realizate (cate un exemplu pentru fiecare situație experimentală cu 1, 2, 3 sau 4 persoane).

6.3.1. Determinarea aportului minim de aer necesar asigurării unui aer cu 5000 ppm, 2500ppm și 1000ppm de CO₂ în habitacul

Prima etapă în demersul determinării necesarului de aer proaspăt la diferite trepte de concentrație a fost creșterea concentrației în habitacul până la 7000 ppm cu ajutorul unui arzător pe baza de gaz butan. Începând de la această concentrație s-a început introducerea aerului proaspăt cu scopul de a se ajunge și menține concentrația aerului la o valoare de 0,5% (5000 ppm), valoare standardizată ca fiind limita de expunere într-un mediu de lucru pe parcursul a 8 ore (ANSES, 2013; ERS, 2017).

Rezultatele măsurătorilor realizate în scopul menținerii unui nivel al CO₂-ului la 5000 ppm, în condițiile și cu instalația descrisă anterior, sunt prezentate în tabelul 6.1.

Tabel 6.1: Viteza și debitul necesar menținerii aerului din habitacul la 5000 ppm în funcție de numărul ocupanților vehiculului

| 5000 ppm | Nr. Pers | v (m/s) | D (m ³ /h) | Aria |
|----------|------------------|---------|-----------------------|-----------|
| | 1 pers (M) | 0,45 | 3,18 | 0,0019625 |
| | 2 pers (M+M) | 0,83 | 5,86 | 0,0019625 |
| | 3 pers (M+F+M) | 1,33 | 9,40 | 0,0019625 |
| | 4 pers (M+M+F+M) | 1,93 | 13,64 | 0,0019625 |

v = viteza; D = debit; Pers = persoană; M = masculin; F= feminin

Experimentul realizat pentru menținerea aerului în habitacul la o concentrația a CO₂-ului de 0,25% (respectiv 2500 ppm) a avut drept scop identificarea vitezei de ventilație a aerului din vehicul, astfel încât să fie menținută o calitate a aerului în care să nu fie pusă în pericol capacitatea atențională și decizională a șoferului (Satish, 2012). Analiza rezultatelor prezentate în tabelul 6.2 pune în evidență faptul că, debitul aerului necesar menținerii concentrației de CO₂ la 0.25% (2500 ppm) este aproximativ 4 ori mai mare decât debitul în care se asigură 5000 ppm. Deci, în timp ce concentrația de CO₂ scade la jumătate, debitul de aer crește de aproximativ 4 ori.

Tabelul 6.2: Viteza și debitul necesar menținerii aerului din habitacul la 2500 ppm în funcție de numărul ocupanților vehiculului

| | Nr. Pers | v (m/s) | D (m ³ /h) |
|--|------------------|---------|-----------------------|
| | 1 pers (M) | 1,3 | 9,18 |
| | 2 pers (M+M) | 2,49 | 17,59 |
| | 3 pers (M+F+M) | 3,2 | 22,61 |
| | 4 pers (M+M+F+M) | 5,65 | 39,92 |

Nivel 2500 ppm, v = viteza; D = debit; Pers = persoană; M = masculin; F= feminin

În tabelul 6.3 sunt prezentate valorile măsurate ale vitezei și debitul de aer introdus în vehicul, necesar menținerii în habitacul a unui aer cu o concentrație de CO₂ de 0.1% (respectiv 1000 ppm), în situațiile în care în vehicul sunt 1, 2, 3 sau 4 persoane.

Pentru atingerea acestui standard (1000 ppm) este necesară introducerea unui volum de aer de peste 10-12 ori mai mare decât la 5000 ppm și în consecință un efort energetic considerabil mai mare.

Tabelul 6.3: Viteza și debitul aerului necesar menținerii aerului din habitacul la 1000 ppm în funcție de numărul ocupanților vehiculului

| 1000 ppm | Pers | v (m/s) | D (m ³ /h) |
|----------|-------------------|---------|-----------------------|
| | 1 pers (M) | 5,3 | 37,44 |
| | 2 pers (M+M) | 10,5 | 74,18 |
| | 3 pers (M+F+M) | 13,17 | 93,05 |
| | 4 pers (M+ M+F+M) | 19,3 | 136,35 |

Nivel 1000ppm, v = viteza; D = debit; Pers = persoana; M = masculin; F= feminin

În figura 6.7 sunt prezentate grafic debitele măsurate ale aportului de aer într-un autovehicul Dacia Logan, necesar pentru a menține un aer de calitate (la 1000 ppm, 2500 ppm și respectiv 5000 ppm), în situațiile în care sunt 1-4 ocupanți în vehicul.

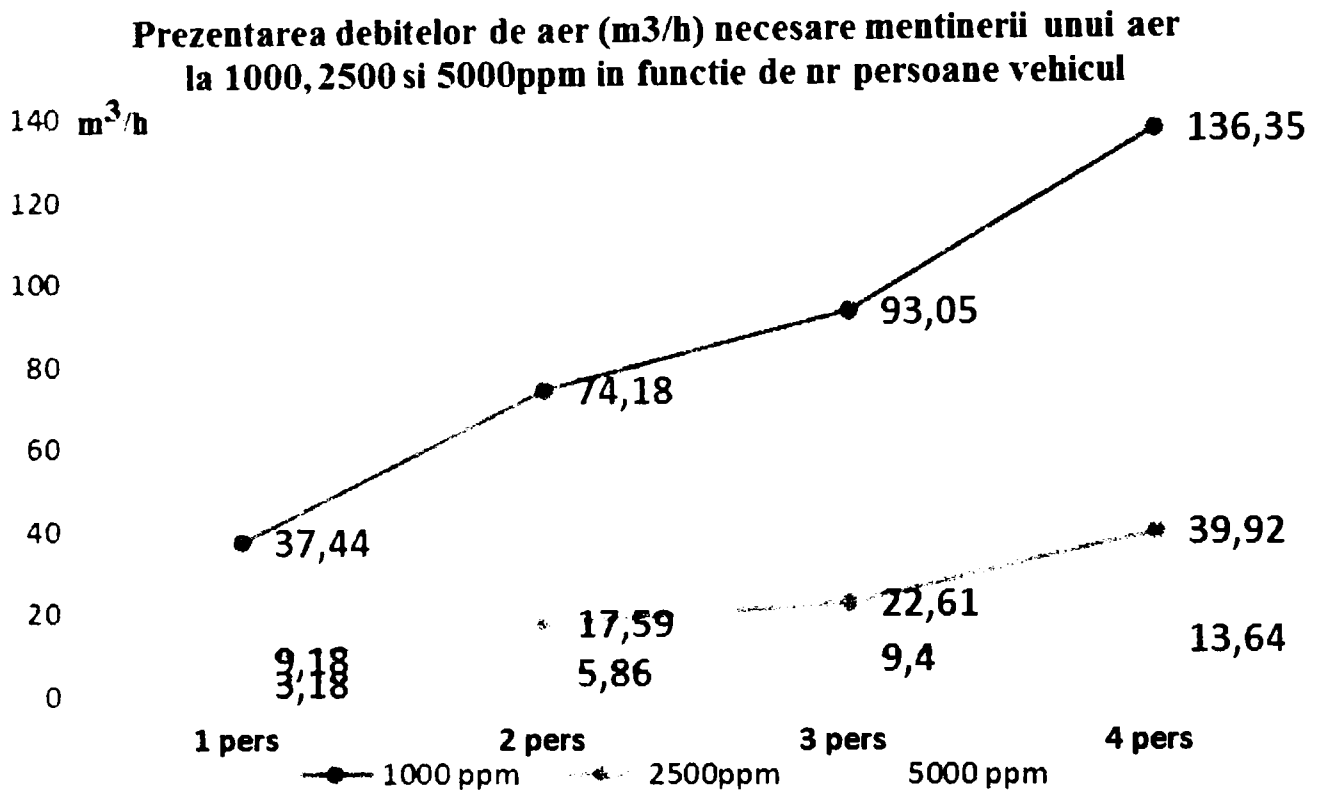


Figura 6.7: Prezentarea debitelor de aer (m³/h) necesare menținerii unui aer la 1000, 2500 și 5000 ppm în funcție de nr persoane din vehicul

Necesarul de aer proaspăt crește semnificativ în cazul în care se optează pentru menținerea unui aer de o calitate foarte bună (1000 ppm) sau în situația în care crește numărul ocupanților din vehicul. După cum se observă din figura 6.6, pentru a se menține un aer la 1000 ppm, cu 4 persoane în vehicul, sunt necesari 136,35 m³/h de aer proaspăt, în timp ce pentru aceleași persoane sunt necesari doar 13,64 m³/h (de 10 ori mai puțin) dacă se dorește menținerea aerului la 5000 ppm.

6.3.2 Măsurarea debitului de aer asigurat de sistemul de ventilație al unui autovehicul Dacia Logan în funcție de numărul de aeratoare deschise și de treptele de viteză ale sistemului de ventilație

Pentru a putea face aprecieri privind consumul și respectiv managementul consumului energetic asociat ventilării unei anumite cantități de aer dintr-un autovehicul, a fost necesară determinării debitului de aer furnizat de sistemul de ventilație al autovehiculului în studiu.

În acest scop s-au realizat măsurători ale debitului de aer de la aeratoarele frontale ale unui vehicul Dacia Logan, model 2010.

În tabelul 6.4 sunt prezentate valorile vitezelor și debitelor de aer măsurate într-o Dacia Logan, cu unul, doua sau trei aeratoare închise, pe treapta minimă (1 din 4) a sistemului de ventilație al mașinii. Se observă că variația debitelor de aer calculate pe baza vitezelor măsurate, este de între 30 și 71 m³/h la treapta 1 de viteză a ventilatorului.

Tabelul 6.4: Viteza și debitul aerului măsurat în Dacia Logan, treapta 1 ventilator cu 1,2,3 sau 4 aeratoare frontale deschise

| treapta 1 ventilator | | A1 | A2 | A3 | A4 | Total |
|----------------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| O⊗⊗⊗ | v (km/h) | 15,2 | ⊗ | ⊗ | ⊗ | |
| | D (m ³ /h) | 29,83 | ⊗ | ⊗ | ⊗ | 29,83 |
| OO⊗⊗ | v (km/h) | 12,5 | 13,4 | ⊗ | ⊗ | |
| | D (m ³ /h) | 24,53 | 26,30 | ⊗ | ⊗ | 50,83 |
| OOO⊗ | v (km/h) | 10,7 | 10,6 | 11,3 | ⊗ | |
| | D (m ³ /h) | 21,00 | 20,80 | 22,18 | ⊗ | 63,98 |
| OOOO | v (km/h) | 9,8 | 8,6 | 9,1 | 8,6 | |
| | D (m ³ /h) | 19,23 | 16,88 | 17,86 | 16,88 | 70,85 |

v = viteza aer; D = debit aer; A1, A2, A3,A4 = aeratoare; O = aerator deschis; ⊗ = aerator închis

Prezentarea completă a rezultatelor privind vitezele și debitele de aer măsurate în Dacia Logan corespunzătoare celor 4 trepte ale ventilatorului, cu 1,2,3 sau 4 aeratoare deschise, se regăsește în anexa 6 (tabel A₁₂-A₁₅).

În situația în care cele 4 aeratoare ale autovehiculului sunt deschise, situație frecvent întâlnită în transportul de persoane, debitul de aer furnizat de sistemul de ventilație al unui vehicul Dacia Logan poate varia de la 70 m³/h, atunci când ventilatorul funcționează pe treapta 1 de viteză, pana la aproximativ 210 m³/h, atunci când ventilatorul funcționează pe treapta 4 (figura 6.8). Diferența aportului de aer în cele doua situații (treapta 1 – treapta 4) este

semnificativă și trebuie luată în considerare în managementul consumului de energie al unui vehicul, mai ales în cazul unui autovehicul electric.

Debitele de aer (m³/h) furnizate de sistemul de ventilație Dacia Logan în funcție de treptele ventilatorului

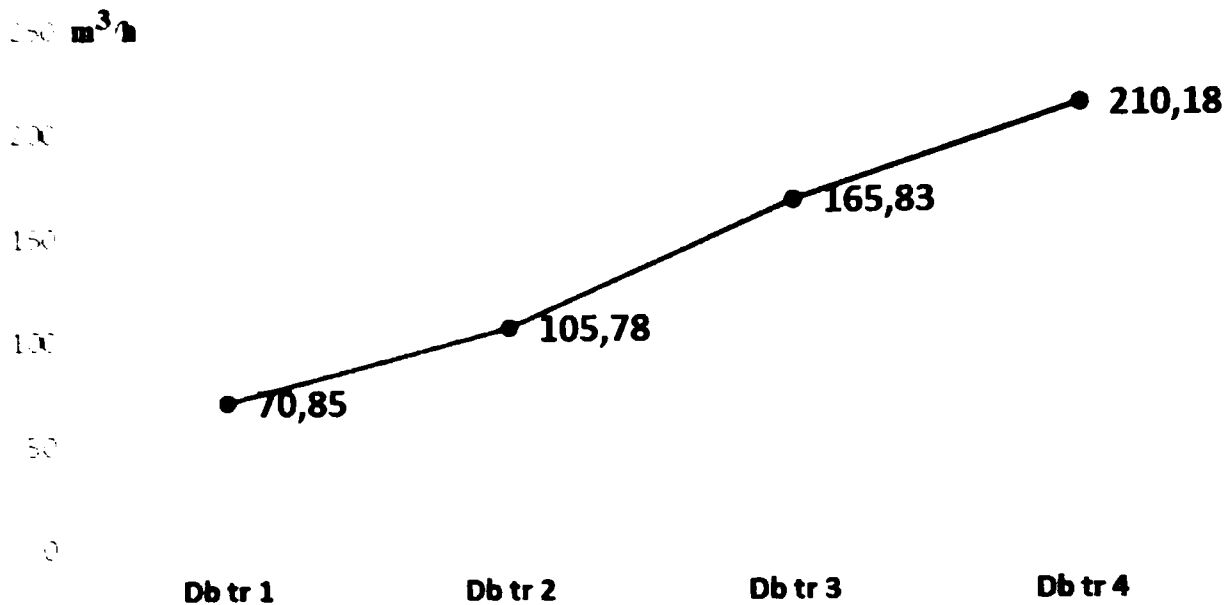


Figura 6.8: Prezentarea debitelor de aer (m³/h) furnizate de sistemul de ventilație Dacia Logan în funcție de treptele tr 1-4 ale ventilatorului ,tr = treapta ventilator

6.3.3 Măsurarea concentrației de CO₂ într-un autovehicul Dacia Logan

Tabelul 6.5: Nivel măsurat de CO₂ în Dacia Logan în funcție de nr de ocupanți ai vehiculului și treptele sistemului de ventilație

| | CO ₂ [ppm] | | | |
|-------------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | <i>Ppm pt 1pers</i> | <i>Ppm pt 2pers</i> | <i>Ppm pt 3pers</i> | <i>Ppm pt 4pers</i> |
| Tr 1 | 604,06 | 858,12 | 1112,18 | 1366,24 |
| Tr 2 | 520,16 | 690,32 | 860,48 | 1030,64 |
| Tr 3 | 458,53 | 567,06 | 675,59 | 784,12 |
| Tr 4 | 435,64 | 512,28 | 606,92 | 692,56 |

Tr – treapta de ventilație. Tr 1 – treapta 1 de ventilație

În tabelul 6.5 se prezintă concentrațiile de CO₂ obținute în urma măsurătorilor realizate în Dacia Logan model 2010, în 16 situații experimentale (1- 4 persoane: nivel de ocupare al vehiculului, și 1-4 trepte de ventilație ale vehiculului). Se constată o variație semnificativă a nivelului de CO₂ atât în funcție de treapta de ventilație cât și în funcție de nivelul de ocupare.

Pentru treapta 1 cu 4 ocupanți, sistemul de ventilație introduce 71 m³/h aer proaspăt și asigură un aer cu 1366 ppm CO₂. Acest nivel reflecta o calitate superioară a aerului din habitacul, mult peste ceea ce este considerat a fi suficient pentru o conducere în siguranță a vehiculului. La treapta 4 volumul de aer introdus este de 210 m³/h, mult peste nivelul mai sus menționat. În această situație rămâne de analizat eficiența din punct de vedere al consumului energetic pentru un sistem care ventilează, încălzește, răcește de 3 ori mai mult aer decât ar fi necesar păstrării aerului la parametrii menționați.

Tendențele de creștere sau de scădere a nivelului de CO₂ în funcție de variabilele mai sus menționate (număr de ocupanți și treptele ventilatorului) pot fi vizualizate cu ușurință în figura 6.9.

Concentrația de CO₂ măsurată în Dacia Logan în funcție de nr de ocupanți și treptele sistemului de ventilație

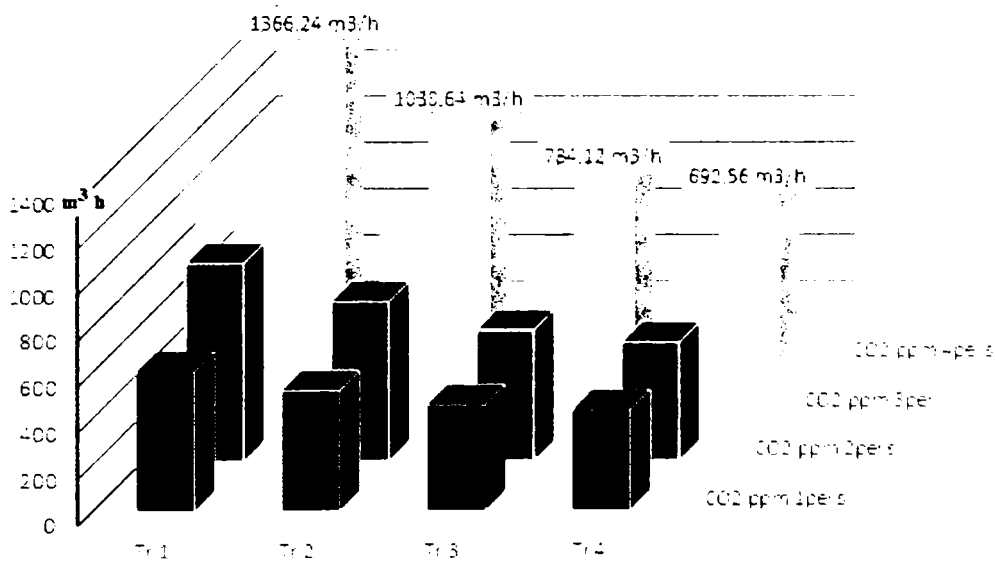


Figura 6.9: Variația concentrației de CO₂ funcție de nr de ocupanți și treptele sistemului de ventilație

6.3.4 Compararea debitului necesar de aer de calitate și debitul furnizat de sistemul de ventilație

În tabelul 6.6 s-a analizat debitul necesar pentru 1-4 persoane și debitul furnizat de sistemul de ventilație al vehiculului experimental Dacia Logan pentru cele 4 trepte de ventilație. Se observă o diferență semnificativă între debitul necesar menținerii aerului la 5000 ppm CO₂ și debitul furnizat de vehicul.

Tabelul 6.6: Comparație debit necesar pentru aer cu 5000ppm CO₂ și debit furnizat de Dacia Logan

| 5000 ppm | aer furnizat (m ³ /h) Dacia | Db nec (m ³ /h)1p | %P1 | Db nec (m ³ /h) 2p | %P2 | Db nec (m ³ /h) 3p | % P3 | Db nec (m ³ /h) 4p | % P4 |
|----------|--|------------------------------|------|-------------------------------|------|-------------------------------|-------|-------------------------------|-------|
| tr 1 | 70,85 | 3,18 | 4,49 | 5,86 | 8,28 | 9,40 | 13,26 | 13,64 | 19,25 |
| tr 2 | 105,78 | | 3,00 | | 5,54 | | 8,88 | | 12,89 |
| tr 3 | 165,83 | | 1,92 | | 3,54 | | 5,66 | | 8,22 |
| tr 4 | 210,18 | | 1,51 | | 2,79 | | 4,47 | | 6,49 |

Tr1- 4 trepte de ventilare

Coloanele P1- P4 indică în procente cât din aerul ventilat este necesar asigurării nivelului de calitate dorit. În tabel prezentăm valorile măsurate pentru patru trepte de viteză și 4 grade de ocupare. Se observă că debitul necesar este cuprins doar între 1,51% și 19,25% din debitul ventilat. Situația este asemănătoare și la 2500 ppm respectiv 1000 ppm CO₂.

În tabelul 6.7 este redată situația comparativă între debitul necesar asigurării unui aer în habitacul de 2500 ppm CO₂, la un grad de ocupare al vehiculului de 1-4 persoane, și debitul furnizat de sistemul de ventilație al vehiculului experimental pentru cele 4 trepte de ventilație.

Tabelul 6.7: Debit necesar pentru aer cu 2500ppm CO₂ și debit furnizat

| 2500 ppm | Debit (m ³ /h) sv Dacia | Db nec (m ³ /h)1p | %P1 | Db nec (m ³ /h) 2p | % P2 | Db nec (m ³ /h)3p | % P3 | Db nec (m ³ /h)4p | % P4 |
|----------|------------------------------------|------------------------------|-------|-------------------------------|-------|------------------------------|-------|------------------------------|-------|
| tr 1 | 70,85 | 9,18 | 12,96 | 17,59 | 24,83 | 22,61 | 31,91 | 39,92 | 56,34 |
| tr 2 | 105,78 | | 8,68 | | 16,63 | | 21,37 | | 37,74 |
| tr 3 | 165,83 | | 5,54 | | 10,61 | | 13,63 | | 24,07 |
| tr 4 | 210,18 | | 4,37 | | 8,37 | | 10,76 | | 18,99 |

Și în această situație debitele furnizate de sistemul de ventilație depășesc semnificativ valorile necesare asigurării unei concentrații de CO₂ mai mici de 2500ppm.

Diferențele identificate în tabelul 6.7 între debitul necesar menținerii aerului la 2500 ppm CO₂ și debitul furnizat de vehicul, pot fi vizualizate cu ușurință în figura 6.10.

Comparatie debit aer (m³/h) la 2500 ppm necesar pt 4 pers cu debit aer furnizat de Dacia Logan

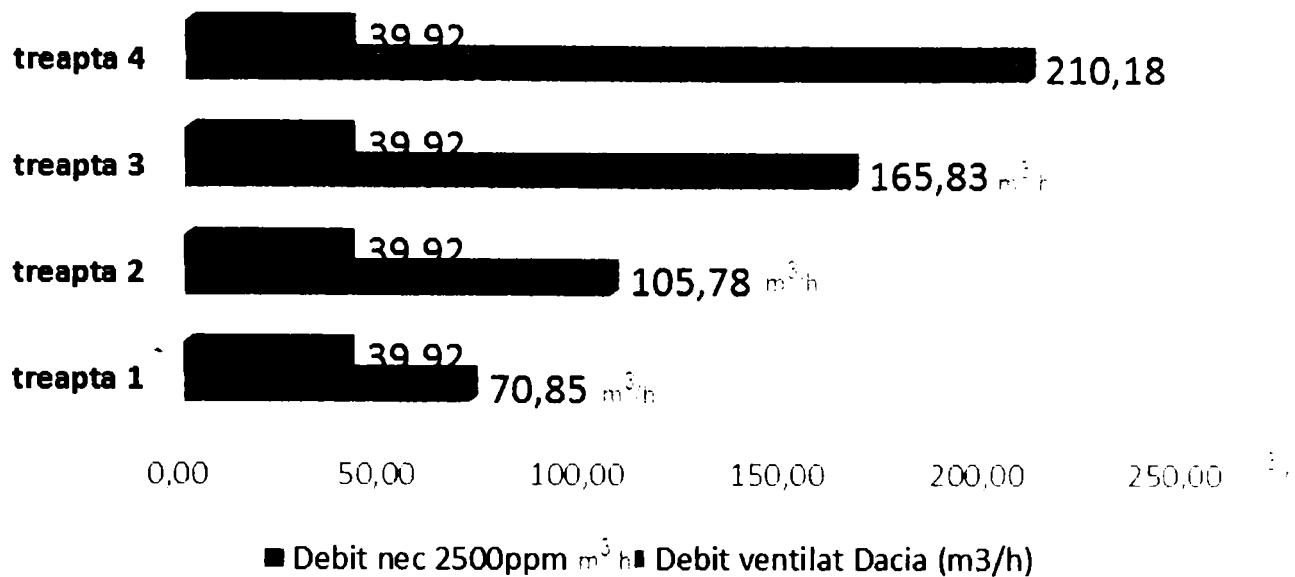


Figura 6.10: Prezentarea grafică a diferențelor dintre debitul necesar menținerii unui aer cu 2500 ppm și debitul furnizat de sistemul de ventilație Dacia Logan.

În tabelul 6.8 s-au prezentat determinările experimentale ale debitului necesar asigurării unui aer în habitacul cu o concentrație CO₂ de 1000 ppm, la un grad de ocupare al vehiculului de 1-4 persoane, și debitul furnizat de sistemul de ventilație al vehiculului experimental pentru cele 4 trepte de ventilație.

Tabelul 6.8: Debit necesar pentru aer cu 1000ppm CO₂ și debitul furnizat

| 1000 ppm | Debit m ³ /h sv Dacia | Db nec (m ³ /h) 1p | % P1 | Db nec (m ³ /h) 2p | % P2 | Db nec (m ³ /h) 3p | % P3 | Db nec (m ³ /h) 4p | % P4 |
|----------|----------------------------------|-------------------------------|-------|-------------------------------|--------|-------------------------------|--------|-------------------------------|--------|
| tr 1 | 70,85 | 37,44 | 52,85 | 74,18 | 104,71 | 93,05 | 131,34 | 136,35 | 192,47 |
| tr 2 | 105,78 | | 35,40 | | 70,13 | | 87,96 | | 128,91 |
| tr 3 | 165,83 | | 22,58 | | 44,73 | | 56,11 | | 82,22 |
| tr 4 | 210,18 | | 17,82 | | 35,29 | | 44,27 | | 64,87 |

Aceste diferențe sunt prezentate grafic în figura 6.11.

Comparatie debit aer (m³/h) la 1000 ppm necesar pt 4 pers cu debit aer furnizat de 4 aeratoare Dacia Logan

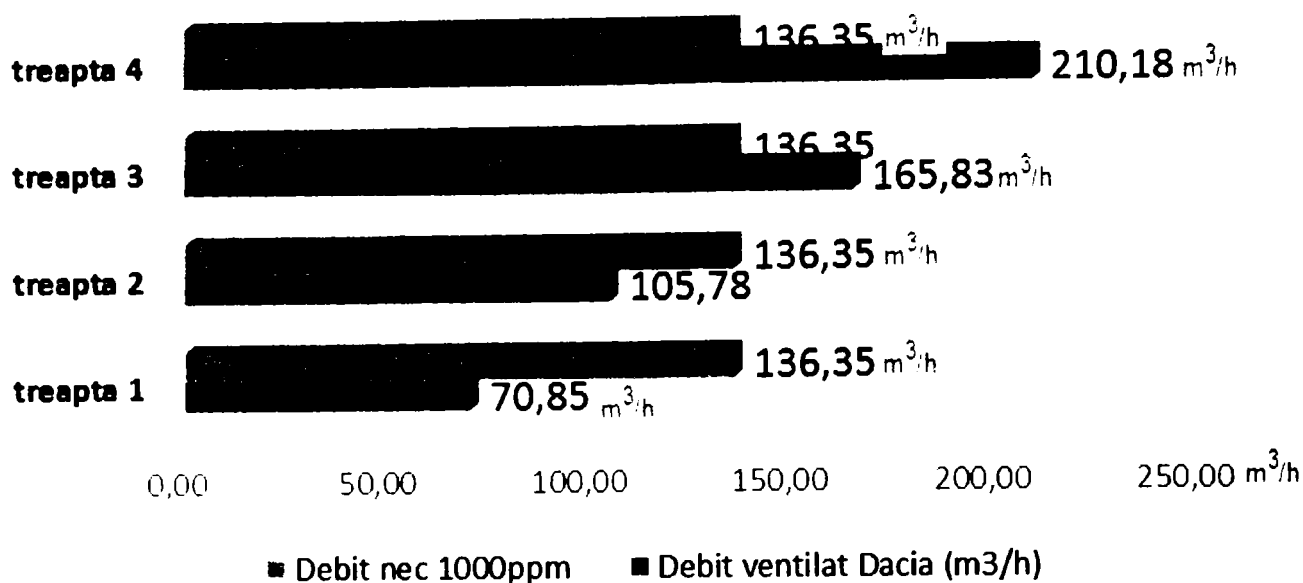


Figura 6.11: Debitul necesar de aer (1000 ppm CO₂) vs debitul furnizat de Dacia Logan

În tabelul 6.9 sunt prezentate comparativ pentru 1 persoana, debitele de aer necesare menținerii concentrației CO₂-ului la cele trei niveluri ale determinărilor experimentale, 1000ppm, 2500ppm și 5000ppm, precum și debitele furnizate în Dacia Logan la diferite trepte de viteze ale ventilatorului, cu toate cele 4 aeratoare frontale deschise.

Tabelul 6.9: Debitul de aer necesar menținerii unor concentrații de 0.1%, 0.25% și respectiv 0.5% CO₂ cu 1 ocupant

1 persoana

| Treaptă ventilator | Debit (m ³ /h) sv Dacia | Debit necesar 1pers 1000ppm | Debit necesar 1pers 2500ppm | Debit necesar 1pers 5000ppm |
|--------------------|------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| treapta 1 | 70,85 | 37,44 m ³ /h | 9,18 m ³ /h | 3,18 m ³ /h |
| treapta 2 | 105,78 | | | |
| treapta 3 | 165,83 | | | |
| treapta 4 | 210,18 | | | |

Din figura 6.12 se observă diferența dintre debitul minim furnizat de Dacia Logan (70.85 m³/h) și debitele necesare asigurării unui aer de 5000 ppm, 2500 ppm și respectiv 1000 ppm CO₂ cu un grad minim de ocupare (1 persoana).

Comparatie intre debitele (m³/h) necesare diferitelor concentratii de CO₂ si debitul furnizat de Dacia Logan ventilator treapta 1

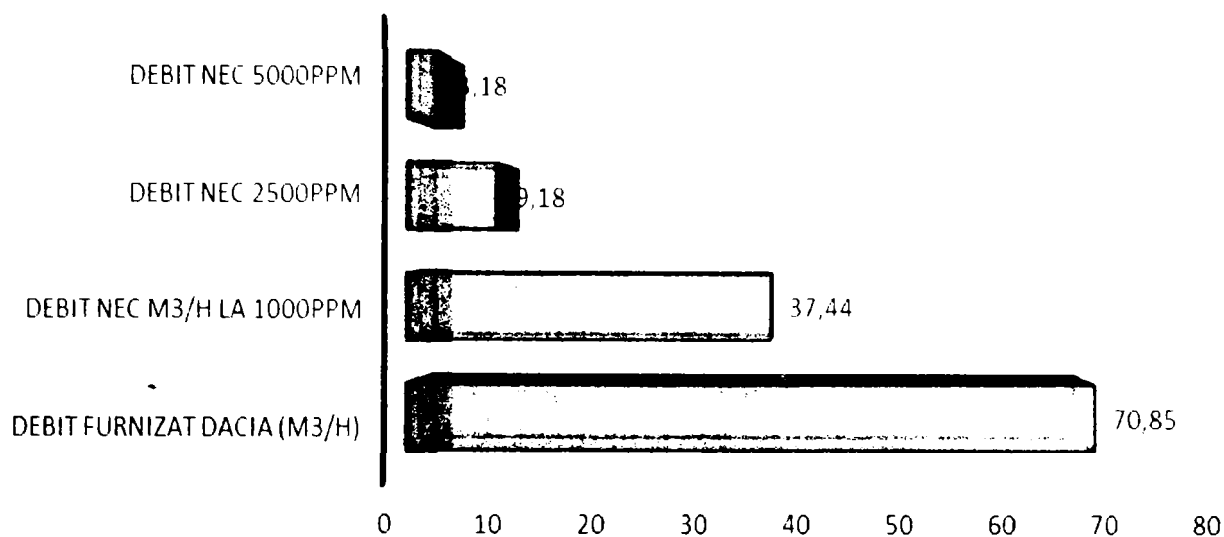


Figura 6.12: Debitul furnizat de vehiculul experimental și debitul necesar menținerii unei concentrații date de CO₂ în aerul habitaculului

6.4. Concluzii

Determinările experimentale realizate în vehiculul Dacia Logan model 2010 au evidențiat o calitate bună și foarte bună a aerului din habitacul în ceea ce privește nivelurile de CO₂ măsurate. Chiar și cu 4 ocupanți în vehicul, pe cea mai mică treaptă de ventilație, nivelul CO₂-ului nu atinge valori mai mari de 1400 ppm, media valorilor măsurate de CO₂ variind între 500 ppm pentru 1 persoană, și 900 ppm pentru 4 persoane în vehicul.

Dar această calitate foarte bună a aerului este întreținută prin mobilizarea unor cantități foarte mari de aer proaspăt, aer care în condiții de vară este răcit, iar în condiții de iarnă este încălzit, pentru a se crea și întreține un nivel acceptabil de confort termic.

Debitele de aer proaspăt măsurate în Dacia Logan variază între 70 m³/h (treapta 1 ventilator) și 210 m³/h (treapta 4 ventilator). Aceste debite de aer sunt mult mai mari comparativ cu debitele minime necesare asigurării unui aer considerat a fi de calitate (9 m³/h pentru 1 persoană și 40 m³/h pentru 4 persoane).

Diferența dintre debitul ventilat și debitul necesar este semnificativă și o abordare orientată spre sustenabilitate poate lua în considerare cu mai multă atenție de proiectanți.

6.5 Propunere privind gestionarea consumului de energie într-un autovehicul

Propunerea pe care o facem privind gestionarea consumului de energie într-un autovehicul este legată de îndeplinirea concomitentă a mai multor obiective:

- scăderea consumului de energie;
- creșterea calității aerului din habitacul;
- creșterea confortului în vehicule.

Având în vedere obiectivele mai sus enunțate, pentru gestionarea consumului de energie într-un vehicul propunem luarea în considerare a trei aspecte, și anume:

- a. Ameliorarea pierderilor de energie prin creșterea etanșeității și a izolării habitaculului;
- b. Diminuarea consumului de energie prin controlul aportului de aer proaspăt;
- c. Respectarea normelor de confort privind viteza aerului în spații închise.

6.5.1. Ameliorarea pierderilor de energie prin creșterea etanșeității și a izolării habitaculului

Deși etanșizarea și izolarea termică a habitaculului vehiculului este o măsură auxiliară, se dovedește absolut necesară în situația utilizării unui sistem de ventilație. De fapt, ventilația, etanșitatea și izolarea termică constituie un trio inseparabil. Etanșitatea este un prealabil necesar în cazul oricărui sistem de ventilație, natural sau mecanic. Cu cât sistemul de ventilație care se dorește a fi folosit este mai performant cu atât etanșitatea devine primordială.

Pentru identificarea locurilor neetanșă din Dacia Logan, răspunzătoare de pierderi de energie, și implicit pentru identificarea locurilor care necesită o izolare termică, am folosit o camera termică Fluke. Astfel, am identificat locurile necesare a fi izolate și/sau etanșizate.

Câteva exemple cu diferite zone neetanșă și/sau izolate deficitar, identificate în vehiculul experimental Dacia Logan, pot fi vizualizate în imaginile următoare (figura 6.13): plafonul, podeaua și spătarul dintre habitacul și portbagaj, partea frontală dintre compartimentul motor și pedalier, portierele și conturul acestora, aeratoarele etc.



Figura 6.13: Identificarea locurilor neetanșe și/sau cu izolație deficitară

În etanșezările și izolările realizate a fost utilizată o folie izolatoare termică, multistrat, pentru a izola podeaua și spătarul dintre habitacul și portbagaj, partea frontală dintre compartimentul motor și pedalier.

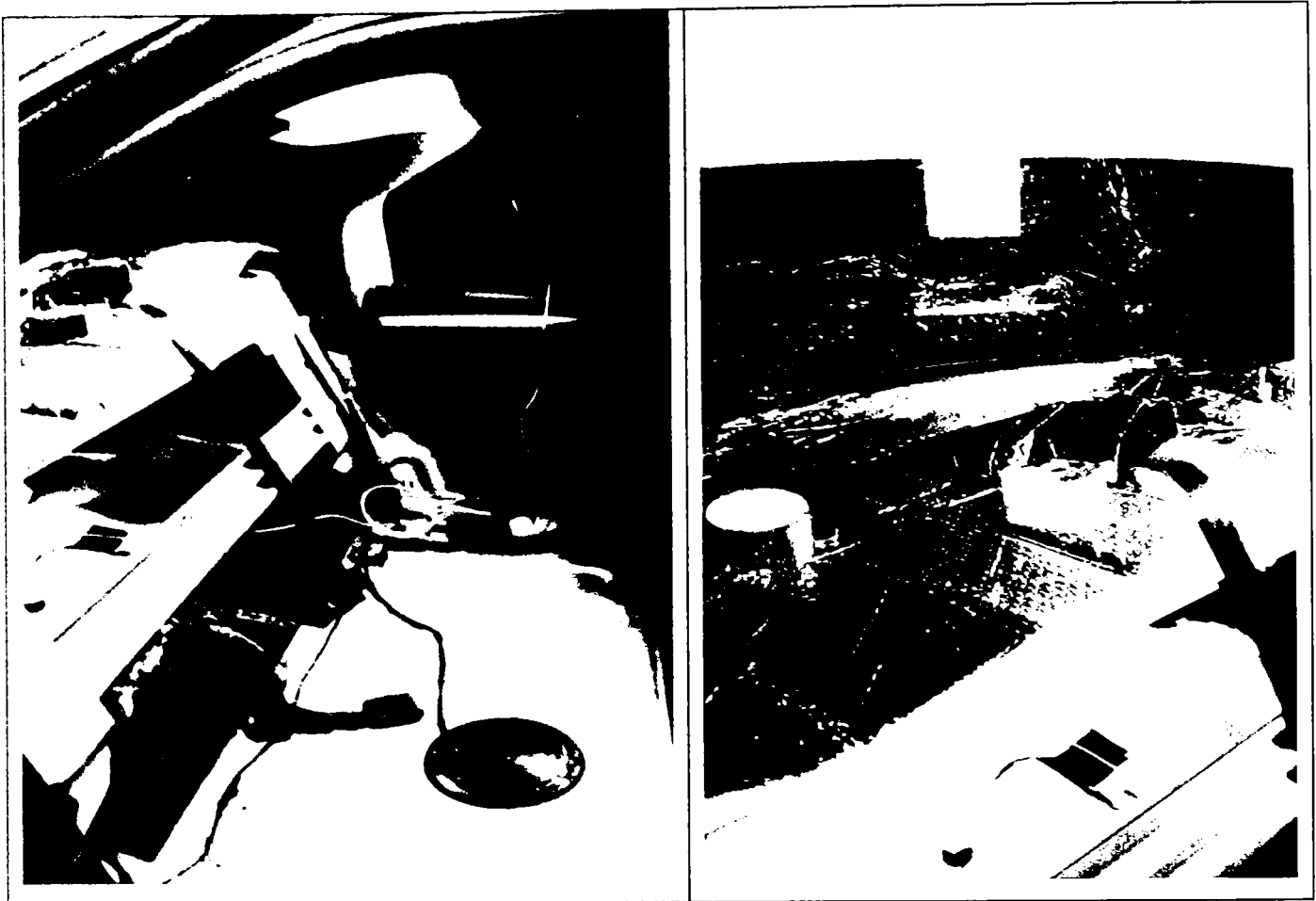


Figura 6.14: Izolarea cu folie de aluminiu multistratificată a Daciei Logan

6.5.2. Diminuarea consumului de energie prin controlul aportului de aer proaspăt

Soluția pe care o propunem privind reducerea consumului energetic într-un vehicul se bazează pe gestionarea eficientă a ventilației pentru a asigura debitele de aer proaspăt dorite (și care să asigure un aer de calitate). De asemenea în cadrul aceluiași capitol au fost evidențiate debite foarte mari de aer utilizate în mod obișnuit în ventilarea aerului în vehicule.

Aerul într-un vehicul poate avea atât o calitate foarte bună (în cazul unei ventilații intense, dar cu un consum energetic ridicat), cât și o calitate foarte proastă (în cazul recirculării aerului), cu o reducere a consumului energetic, dar cu posibile efecte asupra atenției și conducerii în siguranță și chiar cu efecte asupra sănătății ocupanților vehiculului. Din acest motiv am ales să studiem calitatea aerului și să propunem strategii de ventilație adaptate spațiului interior al vehiculelor.

Specificitatea habitaculului autoturismelor este data de existența unui spațiu relativ închis, restrâns, și cu un grad de ocupare care poate varia de la 1 la 7 persoane. Activitatea șoferului, ca și a celorlalți pasageri, este asimilabilă unei activități sedentare. Dat fiind faptul că nu există reglementări ale ventilației într-un vehicul, vom veni cu propuneri de ventilare a unui vehicul care să țină cont de calitatea aerului printr-un indicator de CO₂.

În general sistemele de ventilație din vehicule au fost concepute pentru a satisface criteriile de confort legate de temperatura, umiditate, polen, curenți de aer etc. Foarte recent au apărut și sisteme de ventilație care să ia în calcul calitatea aerului și respectiv nivelul de CO₂ din habitacul, dar cazul Hyundai Genesis 2015 este deocamdată o situație singulară.

Rezultatele obținute în această teză ne oferă posibilitatea de a propune mai multe sisteme și strategii de ventilare a aerului care să ia în considerare nivelul de CO₂ din habitacul pentru a se asigura un aer de calitate, dar și de a minimiza consumul de energie, luând în considerare și aspectele legate de costurile acestor sisteme de ventilație.

Există mai multe sisteme de ventilație (naturală, mecanică sau hibridă), precum și mai multe strategii de reglare a ventilației (Dhalluin, 2012).

În cazul vehiculelor suntem în situația unei ventilații mecanice controlate în care reglarea poate fi realizată sub forma de:

- Reglare manuală;
- Reglare temporală;
- Reglare în funcție de gradul de ocupare;
- Reglare cu ajutorul captatorilor de CO₂.

Reglarea manuală a debitelor de ventilație se poate realiza acționând direct asupra vitezei ventilatorului. În această situație propunem ca treapta minimă a sistemului de ventilație (treapta 1) să fie calibrată pentru a asigura un debit de aer proaspăt pentru o 1 persoană, corespunzător unei calități a aerului de 5000 ppm.

Reglarea temporală permite automatizarea sistemului de ventilație în funcție de un anumit interval de timp prestabilit (funcționare intermitentă cu ceas) astfel încât să se asigure o calitate a aerului dorită (de exemplu 5000 ppm). De exemplu ventilatorul pornește din 10 în 10 minute și funcționează o perioadă de 30 de secunde.

Reglarea în funcție de gradul de ocupare al vehiculului presupune identificarea numărului de persoane din vehicul, fie printr-un senzor de mișcare, de prezență sau absență sau printr-un senzor infraroșu.

Reglarea cu ajutorul captatorilor de CO₂ presupune identificarea nivelului de CO₂ cu ajutorul unor capturi sau a unor multi-captori (de CO₂, temperatura și umiditate, în principal) și declanșarea sistemului de ventilație atunci când calitatea aerului se deteriorează (de exemplu CO₂ crește peste 5000 ppm).

Cercetările realizate în aceasta teza în capitolul 6 au dus la identificarea debitelor de aer necesare asigurării unui aer de calitate foarte bună (1000ppm), medie (2500ppm) și respectiv de calitate slabă (5000ppm), care se încadrează în recomandările europene privind calitatea aerului în mediile profesionale.

Pentru toate aceste situații mai sus prezentate propunem utilizarea debitelor de aer rezultate din determinările noastre experimentale, care să asigure o anumită calitate a aerului (minim acceptabilă), și anume:

Tabelul 6.10: Determinările experimentale ale debitelor de aer în funcție de numărul de persoane din vehicul și nivelul de CO₂

| | Debit de aer (m ³ /h) 1 persoana | Debit de aer (m ³ /h) 2 persoane | Debit de aer (m ³ /h) 3 persoane | Debit de aer(m ³ /h) 4 persoane |
|----------|--|--|--|---|
| 5000 ppm | 3,18 | 5,86 | 9,40 | 13,64 |
| 2500 ppm | 9,18 | 17,59 | 22,61 | 39,92 |
| 1000 ppm | 37,44 | 74,1 | 93,05 | 136,35 |

Ținând cont de volumele importante de aer ventilate în vehicule (200-300 m³/h la Dacia Logan și peste 600 m³ la Renault ZOE), în condiții extreme (foarte cald sau foarte frig) ventilația forțată cu aer proaspăt poate afecta drastic autonomia unui vehicul electric. Utilizarea debitelor prezentate în tabelul 6.10 conduce la economii apreciabile de energie.

O altă soluție posibilă privind utilizarea rațională a energiei o reprezintă un sistem de recuperare a energiei cu schimbătoare de căldură (Genić & al. 2012; Genić, Jaćimović, Budimir & Jarić, 2009; Nagi, Iorga, Laza, Mihon & Ostoia, 2007; Nagi & Lelea, 1997), utilizând ventilația mecanică controlată cu dublu flux.

Propunerea noastră este ca fluxul de aer să fie reglat de o unitate de control cu un senzor de CO₂ care să păstreze în permanentă o calitate a aerului cu o concentrație de maxim 5000 ppm.

În sistemul de ventilare sa fie introdus un schimbător de căldura care sa îmbunătățească randamentul energetic prin preluarea energiei din aerul evacuat.

În cele ce urmează prezentăm realizarea conceptuală a unui sistem de recuperare a energiei intru-un vehicul, utilizând ventilația mecanică controlată cu dublu flux, cu condiția respectării parametrilor de confort și de calitate a aerului (Constantin, 2015).

Componentele sistemului propus sunt : priza de aer exterior, filtre de aer, bucla de climatizare pentru instalație de încălzire, ventilație și /sau climatizare, detectoare pentru calitatea aerului, schimbător de căldura aer-aer, divizor de debit, reductor de debit reglabil, elemente de automatizare și control.

Aceasta este o schema de principiu în care pot fi integrate și alte echipamente necesare.

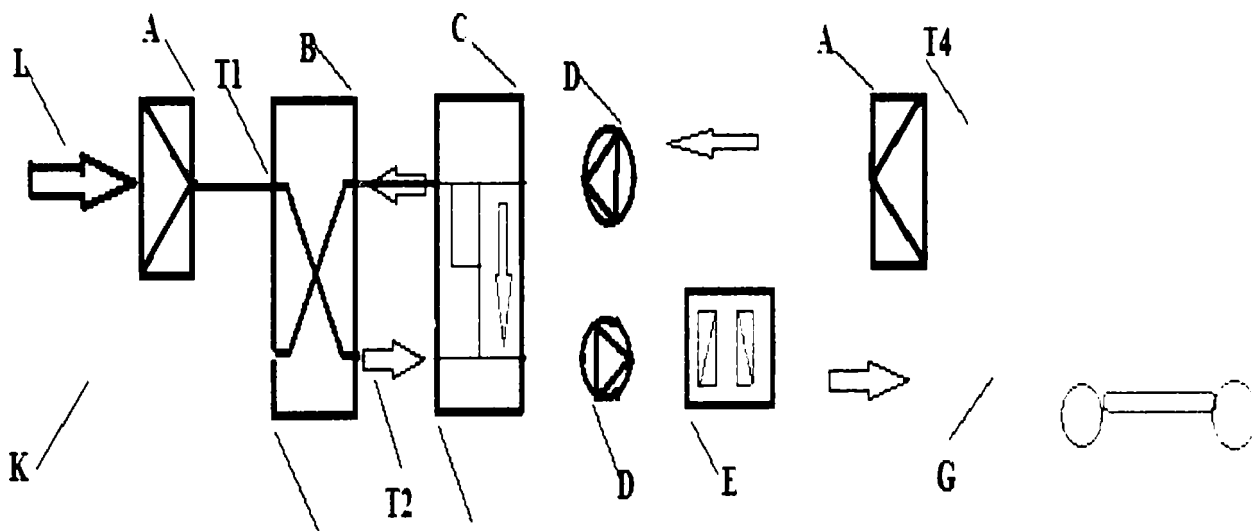


Figura 6.13- Schema a unui sistem de încălzire, ventilație și /sau climatizare a unui vehicul în care a fost integrat un schimbător de căldură aer-aer

- L- Intrare aer exterior
- A-Filtru de aer (praf, polen)
- B-Schimbător de căldură aer -aer
- C-Unitate pentru recirculare omogenizare și reglare a fluxului de aer exterior
- D-Ventilatoare
- E-unitate de condiționare a aerului
- G-distribuitor de aer pentru habitacul
- K-evacuare aer uzat
- T1-monitorizare parametri (temperatura, umiditate) aer exterior
- T2-monitorizare parametri (temperatura, umiditate) aer exterior la ieșirea din schimbătorul de căldură.
- T3-monitorizare parametri (temperatura, umiditate) aer la intrarea în habitacul.
- T4-temperatura aerului evacuat din habitacul.

6.5.3 Respectarea normelor de confort privind viteza aerului în spații închise.

Ventilarea aerului în spațiile interioare este obligatorie atât din perspectiva asigurării unor condiții de sănătate pentru ocupanții încăperilor (evacuarea poluanților prezenți în aer și a umidității) cât și pentru asigurarea unor condiții confortabile acestora.

Pentru a răspunde exigențelor de confort ale ocupanților unui vehicul sistemul de ventilație trebuie să facă față unor exigente privind viteza și temperatura aerului, și să respecte și anumite restricții acustice impuse de confortul auditiv.

În cele ce urmează dorim să justificăm ca reducerea vitezei aerului introdus în vehicul (urmărind scăderea debitului) respecta regulile de confort aerului și, în consecință, se încadrează în valorile reglementate de ventilația aerului în clădiri nerezidențiale pentru activități care sunt efectuate în principal în poziție șezând.

În acest scop o să prezentăm:

- a. limitele impuse de standardele europene privind confortul aerului;
- b. viteza curenților de aer identificați într-un vehicul Renault;

a. Comunitatea Europeană a adoptat următoarele standarde pentru calitatea aerului înconjurător (www.energieplus-lesite.be):

- EN 13779 - Ventilația în clădiri nerezidențiale - Cerințe pentru performanța sistemelor de ventilație și de aer condiționat
- EN 15251 - Criterii ale ambianței interioare pentru concepția și evaluarea performanței energetice a clădirilor: calitatea aerului, temperatură, luminozitate și acustică

În ceea ce privește ambianța și mediul de lucru aceste standarde prevăd pentru mediile de lucru următoarele debite de aer proaspăt introdus (EN 13779):

- între 20 și 40 m³/h /persoana pentru locurile de muncă în care sunt efectuate în principal activități în poziție șezând (30 m³/h /persoana în birouri);
- între 40 și 60 m³/h /persoana pentru locurile de muncă în care sunt efectuate în principal activități în poziție neșezând;
- peste 65 m³/h /persoana pentru locurile de muncă în care sunt efectuate în principal munci grele;

În ceea ce privește viteza de circulație a aerului, instalațiile de ventilație trebuie să aibă o limitare la 0,5 m/s (EN 13779). Valorile recomandate de normele europene pot fi urmărite

în tabelul 6.11, unde sunt prezentate plajele vitezei aerului corespunzătoare unei anumite temperaturi. Se observa ca valorile recomandate ale vitezei aerului nu depășesc 0,2 m/s. (www.energieplus-lesite.be)

Tabelul 6.11: Recomandări ale vitezei aerului în spații profesionale raportate la temperatura mediului

| Parametrii | Situația | Plaja tip | Valori implicite |
|-------------------------|----------------------------------|-------------|------------------|
| Viteza aerului [m/s] | Temperatura aerului local = 20°C | 0,1 - 0,16 | < 0,13 |
| | Temperatura aerului local = 21°C | 0,1 - 0,17 | < 0,14 |
| | Temperatura aerului local = 22°C | 0,11 - 0,18 | < 0,15 |
| | Temperatura aerului local = 24°C | 0,13 - 0,21 | < 0,17 |
| | Temperatura aerului local = 26°C | 0,15 - 0,25 | < 0,20 |

O mișcare a aerului este resimțită de o persoană numai dacă viteza sa este mai mare de 0,2 m/s: în acel moment, mișcarea aerului este considerată un curent de aer.

Pentru habitacul unui vehicul nu există încă reglementări speciale în ceea ce privește ventilarea aerului (viteza și debitul aerului introdus). Dar, făcând o analogie cu locurile de muncă care presupun activități în poziție șezând ne putem raporta orientativ la acestea, și anume respectând ca viteza aerului introdus în vehicul să nu depășească 0,2 – 0,5 m/s;

b. Soluția propusă de noi privind reducerea debitului aerului ventilat într-un vehicul trebuie să nu depășească valorile recomandate și reglementate în ceea ce privește viteza și debitul aerului proaspăt introdus într-un spațiu închis.

În acest scop am analizat vitezele curenților de aer (identificate într-un studiu anterior) într-un vehicul Renault ZOE pe treapta minimă (treapta 1 din 8) și respectiv pe treapta maximă (treapta 8 din 8) a ventilatorului, la o distanță de 20 cm de aerator, și respectiv la o distanță de 90 cm de ventilator.

În figurile 6.13 și 6.14 sunt prezentate vitezele curenților de aer pentru cele două situații: treapta 1 și 8; la 20 și la 90 cm de aeratoare. Au fost deschise doar cele 4 aeratoare frontale. Cu albastru au fost prezentate vitezele cuprinse între 0-0,5 m/s, cu galben 0,5-1 m/s, toate celelalte culori desemnând viteze mai mari de 1 m/s.

Pe treapta minima a ventilatorului (1 din 8), la 20 cm de aeratoare, pe o distanta de 45 cm de la tavan către scaunele vehiculului, viteza aerului e cuprinsa intre 0,5-1m/s, valori mai mari decât cele recomandate, iar intre 45 si 75 cm de la tavan, adică undeva in zona șezutului, viteza aerului este cuprinsa in limitele reglementate. Exista trei zone (corespunzătoare aeratoarelor frontale), intre scaune și la ferestre, unde viteza curenților de aer ajunge pana la 6 m/s.

Graficul fluxului de aer in Renault ZOE la 20 cm de aerator, treapta ventilator 1/8

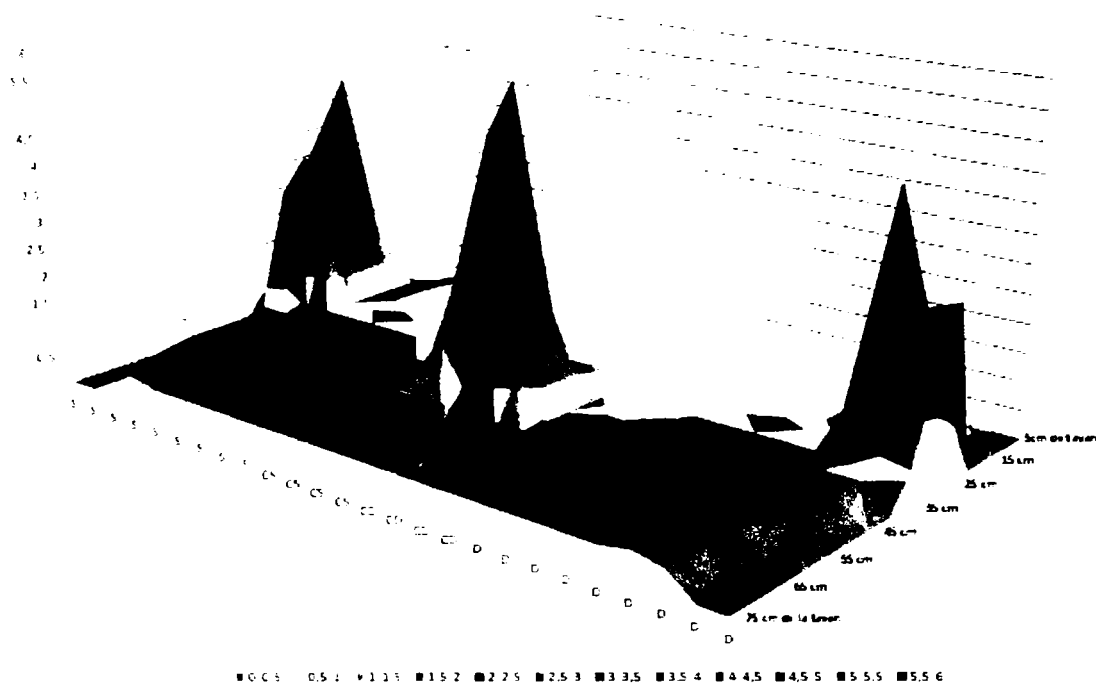


Figura 6.14: Viteza curenților de aer la 20 cm de aerator pe treapta minima a ventilatorului in Renault ZOE

În figura 6.15 sunt prezentate vitezele curenților de aer, la 90 cm de aeratoare (în vehicul în spatele scaunelor din fata) la treapta maxima a ventilatorului (8 din 8). Se observa ca în zona pasagerilor din fata, de la tavan si pana la nivelul scaunelor, vitezele de aer sunt cu mult mai mari decât cele necesare asigurării unui confort aeraulic.

În ambele situații prezentate, și la viteza minima a ventilatorului și mai ales la cea maxima, curenții de aer din vehicul depășesc normele de confort aeraulic pentru zone nerezidențiale cu activitate lejera, situația asimilata de noi cu habitaclul unui vehicul.

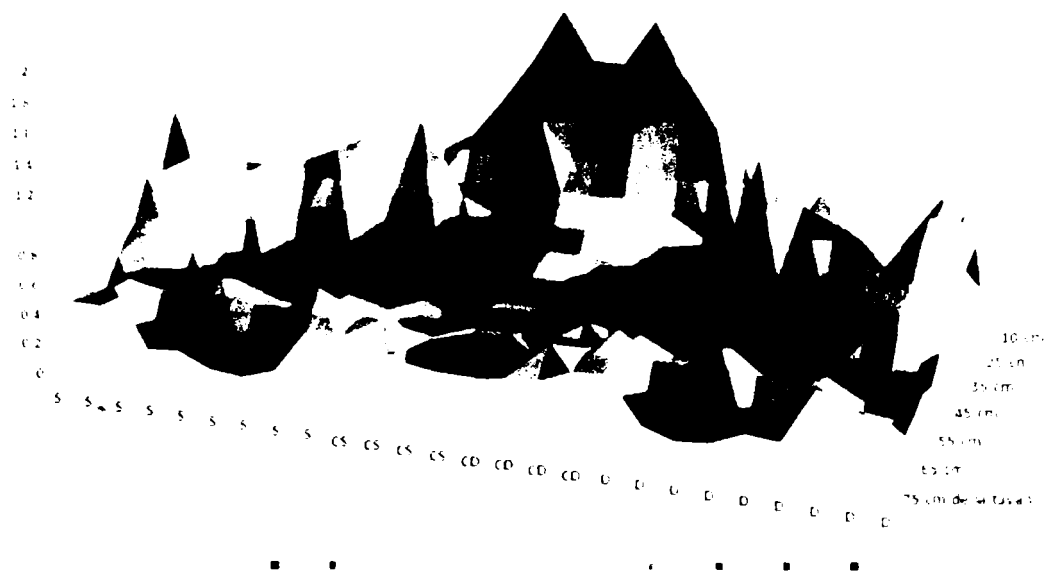


Figura 6.15: Viteza curenților de aer la 90 cm de aerator pe treapta maxima a ventilatorului in Renault ZOE

Una dintre soluțiile posibile pentru reducerea vitezei aerului ar fi modificarea vitezei minime a sistemului de ventilare, ceea ce ar conduce implicit la reducerea debitelor de aer.

În concluzie, limitarea consumului energetic prin reducerea debitului de aer proaspăt până la nivelul necesar asigurării unui aer de calitate vine și în întâmpinarea reducerii vitezei aerului în habitacul necesară asigurării unui confort aerului.

Astfel, soluția propusă de noi poate conduce și la reducerea consumului energetic și la creșterea confortului aerului.

Capitol 7: CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE

7.1 Concluzii finale

Teza de față 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.

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.

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 foarte 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 (de exemplu, un scaun comod este apreciat ca un element de confort ridicat și respectiv disconfort scăzut, iar absența acestuia este generatoare de disconfort). O altă parte din rezultate vin să susțină teoria existenței a două dimensiuni distincte, confortul și disconfortul (de exemplu, zgomotul perceput în cabina autovehiculului este considerat ca un element generator de disconfort, pe când silențiozitatea vehiculului (absența zgomotului) nu este asociată cu un confort ridicat.

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 vehiculului în siguranță. 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 CO₂ ca urmare a respirației ocupanților unui vehicul, în situația folosirii prelungite a recirculării aerului, a constituit unul din obiectivele majore ale acestei teze. 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 CO₂ a fost realizată în 3 vehicule experimentale (Dacia Logan, Hyundai i3 și Renault ZE), în 2 situații (cu recircularea și fără recircularea aerului) și cu 1- 4 persoane în mașină. Suplimentar a fost realizată o măsurătoare diferită de CO₂ la 10000 ppm, cu 5 persoane într-o cabină Dacia Logan. Măsurătorile realizate arată că, în aproximativ 12 minute, nivelul de CO₂ a atins limita de

expunere ocupațională (5000 ppm). În aproximativ 28 minute, cantitatea de CO₂ 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 CO₂, și percepția calității aerului cu diferite concentrații de CO₂. Rezultatele noastre arată că majoritatea participanților la studiu a evaluat aerul viciat din autovehiculul 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 CO₂ este considerat de mulți cercetători a fi un aer, care poate afecta abilitățile cognitive și reacțiile psihomotorii ale conducătorilor auto.

Prima parte a capitolului al 6-lea a fost dedicată experimentărilor 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 A₁-A₄ și de treptele de viteză ale sistemului de ventilație t₁-t₄ (4 aeratoare frontale x 4 trepte de viteză).

Rezultatele obținute au pus în evidență debite de aer cuprinse între 30 m³/h (un aerator deschis) și 70 m³/h (toate 4 aeratoarele frontale deschise) pe treapta 1 de ventilație, între 43 m³/h -105 m³/h (treapta a-2-a), 76 m³/h -165 m³/h (treapta a-3-a), și 101 m³/h -210 m³/h (treapta a-4-a).

Un al doilea tip de măsurători preliminare a avut drept obiectiv **măsurarea concentrației de CO₂ într-un autovehicul Dacia Logan cu 1-4 persoane în funcție de treptele sistemului de ventilație**. Măsurătorile realizate au pus în evidență un aer cu o calitate foarte ridicată din punctul de vedere al **concentrațiilor de CO₂**. De exemplu, pe treapta a 4-a de ventilație aerul din autovehicul are aproape aceeași concentrație în CO₂ 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 CO₂ ale aerului analizat, la 5000ppm, 2500 ppm și 1000ppm CO₂**, limite acceptate sau recomandate pentru spațiile interioare în diverse contexte de muncă, de studiu sau de locuit. Pentru identificarea volumului minim de aer proaspăt necesar a fi introdus în habitacul unui autoturism, au fost realizate determinări multiple ale debitelor de aer, în teză fiind prezentate doar rezultatele corespunzătoare câte uneia din cele în 12 situații experimentale planificate (1-4 persoane; 3 niveluri de CO₂).

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 CO₂-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.

Nivelul de CO₂ în atmosfera pământului crește rapid. Climatologii și alți oameni de știință au avertizat de mai mult de o jumătate de secol că acumularea de CO₂ 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 CO₂ 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 chirurgii, controlorii de trafic aerian sau conducătorii auto (Bierwirth, 2016). Scăderea emisiilor de CO₂ 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 CO₂.

7.2 Contribuții personale ale autorului tezei:

Teza de doctorat „Studii și cercetări privind îmbunătățirea unor parametrii 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 16 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 CO₂-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 CO₂-ului, în accidente 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), un articol indexat ISI Proceedings, are 12 citări în publicații internaționale.

- Determinarea experimentală a creșterii nivelului de CO₂ 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 CO₂ 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 al., 2016). Printre autorii celor patru citări primite, menționăm un profesor emerit al Australian National University și o altă 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.

- 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 CO₂ pe parcursul a 8 ore de lucru; 2500 ppm – limita la care au fost identificate primele modificări ale atenției și capacității decizionale (Satish; 2012); 1000 ppm- recomandare CO₂-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 considerat a avea o 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 CO₂-ului din aerul respirat.

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

În cele ce urmează prezentăm lista publicațiilor științifice ale autorului tezei, precum și lista articolelor care citează contribuțiile științifice ale autorului.

**LISTA PUBLICAȚIILOR REZULTATE ÎN URMA TEZEI DE DOCTORAT,
PUBLICATE SUB AFILIERE UPT**

Ing. Doru CONSTANTIN

1. **Constantin, D.**; Mazilescu, C.-A., Nagi, M., Drăghici, A., & Mihartescu, A.-A. Perception of Cabin Air Quality among Drivers and Passengers. *Sustainability* **2016**. 8, 852. (indexata ISI cu FI in 2016=1.789)
2. **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. [indexata CrossRef, EBSCO, Ulrichs, Index Copernicus, DRJI]
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.**, Nagi, M., & Mazilescu, C.A. (2014). Elements of discomfort in vehicles. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 143, 1120-1125

**CITARI ale publicațiilor
Ing. Doru CONSTANTIN**

Lucrarea citată :

Constantin, D., Mazilescu, C. A., Nagi, M., Draghici, A., & Mihartescu, A. A. (2016). Perception of Cabin Air Quality among Drivers and Passengers. *Sustainability*, 8(9). (FI in 2016=1.789)

1. *Lucrarea care citează:*

Scholz, L., Perez, A. O., Bierer, B., Eaksen, P., Wollenstein, J., & Palzer, S. (2017). Miniature low-cost Carbon Dioxide Sensor for Mobile Devices. *IEEE Sensors Journal*. Vol 17 (9), 2289-2895. WOS: 000392261800040 (FI=2,512 in 2017)

2. *Lucrarea care citează:*

Murkowski, A., Skórska, E. (2016). Czy zwiększona zawartość dwutlenku węgla w powietrzu ma wpływ na sprawność intelektualną człowieka? (L'augmentation du CO₂ dans l'air a un impact sur l'efficacité intellectuelle) *Kosmos. Problemy Nauk Biologicznych*. 65 (4), 631-636.

3. *Lucrarea care citează:*

Bierwirth, P. N. (2017). Carbon dioxide toxicity and climate change: a serious unapprehended risk for human health. *ResearchGate* DOI:10.13140/RG.2.2.16787.48168

4. *Lucrarea care citează:*

NSW RMS (2017). Review of In-Cabin Carbon Dioxide Levels. (Disponibila la: [http://www.chiefscientist.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0007/124936/Review-of-In-Cabin-CO₂-Exposure-and-Risk-Issues-8-September-2017.pdf](http://www.chiefscientist.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0007/124936/Review-of-In-Cabin-CO2-Exposure-and-Risk-Issues-8-September-2017.pdf))

Lucrarea citată :

Constantin, D., Nagi, M., & Mazilescu, C.A. (2014). Elements of discomfort in vehicles. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 143, 1120-1125

1. *Lucrarea care citează:* 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)
2. *Lucrarea care citează:* Beggiato M, Hartwich F and Krems J (2018) Using Smartbands, Pupillometry and Body Motion to Detect Discomfort in Automated Driving. *Front. Hum. Neurosci.* 12:338. doi: 10.3389/fnhum.2018.00338 (FI=2,871 in 2017)
3. Beggiato, M. (2018). Discomfort Detection in Automated Driving by Psychophysiological Parameters from Smartbands. *Proceedings of the 6th Humanist Conference, The Hague, Netherlands, 13-14 June 2018*
4. *Lucrarea care citează:*
Nor Kamaliana binti Khamis (2018). An Integrated Model For Predicting Driver's Discomfort While Interacting With Car Seat And Car Controls. Doktorin der Ingenieurwissenschaften. Universität Duisburg-Essen
5. *Lucrarea care citează:*
Hartwich, F. (2017). Supporting Older Drivers through Emerging In-Vehicle Technologies: Performance-Related Aspects and User Acceptance. Doctoral Dissertation. Technischen Universität Chemnitz
6. *Lucrarea care citează:*
Al Dhahebia, A.M., Junohb, A.K., Muhamad, W.Z.A.W., Hasand, M.Z. (2016). A Comprehensive Review of the Activities on Assessing the Level of Acoustics and Vibration in Vehicle Interior Cabin. *International Journal of Applied Engineering Research* Vol 11, 22, 10800-10820.
7. *Lucrarea care citează:*
Balvindersingh, Er., & Singh, Er. (2016). Evaluation of entrance and exit motion of users for CTU buses. *International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science*. Vol.4, Issue 11, 183-187.
8. *Lucrarea care citează*
Bordiya, C., & Jitendra, J. (2016) Numerical Simulation By Using Anova Analysis For Thermal Comfort In Car. *International Journal Of Engineering Sciences & Research Technology*. 315-320.
9. *Lucrarea care citează:*
Aman Kaushik, Parveen Kalra, Jagjit Singh, Suman Kant (2015). Statistical Evaluation of Ingress and Egress Motion of Users for CTU Buses. *International Journal for Research in Applied Science (IJRASET)*, 3(7), 501-514

10. *Lucrarea care citează:*
Magpantay, J. D. S., Manalo, R. R. C.& Sanchez, S J H (2015). Ergonomic workspace design for microscopy in laboratories at the institute of biological sciences, University of the Philippines
11. *Lucrarea care citează:* Vartires, A., Dogeanu,A., & Danca, P. (2015). The human thermal comfort evaluation inside the passenger compartment. Energy and clean technologies Book Series: International Multidisciplinary Scientific Conference SGEM, 1113-1120. WOS:000371056000143
12. *Lucrarea care citează:*
Aman Kaushik, Parveen Kalra, Jagjit Singh, Suman Kant (2015). Statistical Evaluation of Ingress and Egress Motion of Users for CTU Buses. International Journal for Research in Applied Science (IJRASET), 3(7), 501-514

Referințe bibliografice

1. Abolhassani, M., Guais, A., Chaumet-Riffaud, P., Sasco, A. J., & Schwartz, L. (2009). Carbon dioxide inhalation causes pulmonary inflammation. *American Journal of Physiology-Lung Cellular and Molecular Physiology*, 296(4), L657-L665.
2. Alahmer, A., Abdelhamid, M., & Omar, M. (2012). Design for thermal sensation and comfort states in vehicles cabins. *Applied Thermal Engineering*, 36, 126-140.
3. Alahmer, A., Omar, M. A., Mayyas, Abed., & Dongri, S.(2011). Effect of relative humidity on in-cabin thermal comfort design, thermo-dynamics and psychometric analyses”, *Journal of Applied Thermal Engineering*, 31, 15, 2636-2644.
4. Allen, J. G., MacNaughton, P., Satish, U., Santanam, S., Vallarino, J., & Spengler, J. D. (2016). Associations of cognitive function scores with carbon dioxide, ventilation, and volatile organic compound exposures in office workers: a controlled exposure study of green and conventional office environments. *Environmental health perspectives*, 124(6), 805.
5. Amari, M. (2009). Etude du confort vibro-acoustique automobile en simulateur.
6. ANSES (2013). Concentrations de CO₂ dans l’air intérieur et effets sur la santé. Avis de l’Anses. Rapport d’expertise collective. Agence nationale de sécurité sanitaire de l’alimentation, de l’environnement et du travail, Maisons-Alfort. Accessed online : http://www.oqai.fr/userdata/documents/434_Concentration_CO2.pdf
7. Apte, M. G., Fisk, W. J., & Daisey, J. M. (2000). Associations between indoor (CO₂) concentrations and sick building syndrome symptoms in US Office Buildings: an analysis of the 1994–1996 BASE Study Data (LBNL 44385). *Indoor Air* 2000, 10, 246–257.
8. Aramă, C., Mitroi, M., Aramă, L., & Aramă, M. (2016). Considerations regarding the improvement of the military driver’s seat comfort for the military special intervention vehicles. *Scientific Research & Education in the Air Force-AFASES*, 1
9. ASHRAE. Ashrae Habdbook: Heating, Ventilating, and Air-Conditioning Applications. 1999. http://www.hvac.amickracing.com/Miscellaneous/HVAC_Applications_Handbook-ASHRAE.pdf (accessed on 24 June 2016).

10. ASHRAE (2001) American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers. Thermal comfort. In ASHRAE Handbook: Fundamentals (p. 8.1-8.29). Atlanta, GA: ASHRAE.
11. Bachir, H., & Boutaleb, A. E. *Etude-d-un-systeme-de-climatisation-automobile-sur-un-banc-d-essai-ET450* (Doctoral dissertation).
12. Barroeta, A. (2013). Design of a ventilation system for carbon dioxide reduction in two gym rooms. Thesis of University of Gävle. Retrieved from: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:hig:diva-14801>
13. Beck, J. G., Ohtake, P. J., & Shipherd, J. C. (1999). Exaggerated anxiety is not unique to CO₂ in panic disorder: A comparison of hypercapnic and hypoxic challenges. *Journal of Abnormal Psychology*, 108(3), 473.
14. Benzécri, J.-P. (1976). *L'analyse des données*. Paris : Dunod.
15. Berthelot, S. & Richardson, J. (2011). Assise au quotidien : confort ou inconfort ?. in J. Dinet et C. Bastien (Eds.), *L'ergonomie des objets et environnements physiques et numériques*. Paris : Hermes - Sciences Lavoisier.
16. Berthelot, S., & Bastien, J. M. C. (2009). The contribution of ergonomics to the design of product: an application to airplane passenger seats. Paper presented at the ERGODESIGNFORUM (8-10 Juin 2009, Lyon, France).
17. Bierwirth, P. N. (2016). 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 2016).
18. Bică, M., Stoican, M.. (2006). OBD-un pas în plus către protecția și menținerea unei atmosfere curate. Revista *TERMOTEHNICA*, nr.1-2 anul X/2006, ISSN 1222-4057, pag. 89-94.
19. Boitor, M. R., Antov, D., Iliescu, M., Antso, I., & Măe, R. (2013). Sustainable urban transport planning. *Romanian Journal of Transport Infrastructure*, 2(1), 39-50.
20. Brager, G. S., De Dear, R. J. (1998), "Thermal Adaptation in the Built Environment: A Literature Review", *Energy and Buildings*, V.27(1), p.83-96.
21. Branton, P. & Grayson, G. (1967). An evaluation of train set by observation of sitting behavior. *Ergonomics*, vol. 10, n^o1, 35-51.
22. Branton, P. (1969). Behaviour, body mechanics and discomfort. *Ergonomics*, vol. 12, n^o2, 316-327.
23. Cadar, R. D., Boitor, R. M., & Petrelli, M. (2017). Urban mobility and road user behavior assessment. *Procedia engineering*, 181, 116-122

24. Caunii, V., & Sachelarie, A. (2014). Aspects of Modeling and Optimizing Air Circulation Currents in a Car Cabin. In *Applied Mechanics and Materials* (Vol. 659, pp. 163-170). Trans Tech Publications
25. Caunii, V., & Sachelarie, A. (2016). Simulation of the Air Conditioning Curtains with Turbulent Circular Jet Flows Inside the Cabin Vehicle Using ANSYS CFD. In *Proceedings of the European Automotive Congress EAEC-ESFA 2015* (pp. 357-366). Springer, Cham
26. Cercelaru, C., Ionel, I., & Balogh, R. M. (2016). Odour causing discomfort and their impact on human health. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 17(2), 427-434.
27. CETIAT (2001). Ventilation performante dans les écoles. Guide de conception. Available : <http://www.cetiat.fr/fr/publicationsveille/servezvous/guidesgratuits/>
28. Chao HJ, Schwartz J, Milton DK, Burge HA (2003). The work environment and workers' health in four large office building. *Environmental Health Perspective*, 111, 1242-1248.
29. Chao, H.J., Schwartz, J., Milton, D.K., Burge, H.A. (2003). The work environment and workers' health in four large office building. *Environmental Health Perspective*, 111, 1242-1248.
30. Chiu, C. F., Chen, M. H., & Chang, F. H. (2015). Carbon dioxide concentrations and temperatures within tour buses under real-time traffic conditions. *PloS one*, 10(4), e0125117.
31. Chateauroux, E. (2009). Analyse du mouvement d'accessibilité au poste de conduite d'une automobile en vue de la simulation - Cas particulier des personnes âgées. Thèse de doctorat L'institut national des sciences appliquées de Lyon.
32. Cléon, L. M., Pujol, C., Balacey, J. F., Leblon, G., Robin, P., & Rougier, P. (1999). Quoi de neuf sur la climatisation à bord. *Revue Générale des Chemins de Fer*, 1999(3), 15-62.
33. Corlett, E. N., & Bishop, R. P. (1976). A technique for assessing postural discomfort. *Ergonomics*, 19(2), 175-182.
34. Cornák, S., Horák, V., Chládek, Z., & Ulman, J. (2012). The evaluation of air quality in military vehicles. *Science & Military Journal*, 7(1), 50
35. Cornák, S., & Braun, P. (2010). The evaluation of interior car's air quality and safety of traffic. *Science & Military Journal*, 5(1), 36.
36. Croitoru, C. (2011). PhD Thesis: Studii teoretice și experimentale referitoare la influența turbulenței aerului din încăperile climatizate asupra confortului termic. Universitatea Tehnica de Constructii Bucuresti.

37. Chelkoff, G. (2004). *Ecologie sensible des formes architecturales : recherche et experimentation*. EURAU 2004 European Research in Architecture and Urbanisme. 12-14 Mai 2004, Marseille, France.
38. Coley, D. A., & Beisteiner, A. (2002). Carbon dioxide levels and ventilation rates in schools. *International journal of ventilation*, 1(1), 45-52.
39. 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.
40. 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.
41. 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
42. Constantin, D., Nagi, M., & Mazilescu, C.A. (2014). Elements of discomfort in vehicles. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 143, 1120-1125
43. Cooper, E. S., West, J. W., Jaffe, M. E., Goldberg, H. I., Kawamura, J., & Mchenry JR, L. C. (1970). The relation between cardiac function and cerebral blood flow in stroke patients. 1. Effect of CO₂ Inhalation. *Stroke*, 1(5), 330-347.
44. Daanen, H. A. M. , van de Vliert, E. & Huang, X. Driving performance in cold, warm, and thermoneutral environments, *Applied Ergonomics* 34 (6), 597-602, 2003.
45. De Dear, R.J., Brager, G.S. & Cooper, D. (2003). *Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference*. (http://atmos.es.mq.edu.au/~rdedear/RP884_Final_Report.PDF).
46. Delepaut, G. (2007). *Contribution de la linguistique cognitive à l'identification du confort: analyse des discours des passagers sur le confort en train* (Doctoral dissertation, Université de la Sorbonne nouvelle-Paris III).
47. 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)
48. Dhalluin. A. (2012). *Etude de stratégies de ventilation pour améliorer la qualité environnementale intérieure et le confort des occupants en milieu scolaire* (Doctoral dissertation, Université de La Rochelle).
49. DEX Dictionar Explicativ al Limbii Române, D. E. (2009). Editura Gold.
50. Dictionnaire encyclopédique Larousse, G. (1985). tome X. *Paris, Librairie Larousse*.

51. Dufour, F., Wang, X. (2005). Discomfort Assessment of Car Ingress/Egress Motions using the Concept of Neutral Movement. SAE Paper N° 2005-01-2706. SAE international Conference on Digital Human Modelling, Iowa City, Iowa, USA, June 14 -16, 2005.
52. Dumitriu, M. (2012). Influence of the suspension damping on ride comfort of passenger railway vehicles. *UPB Scientific Bulletin, Series D: Mechanical Engineering*, 74(4), 75-90
53. Dumitriu, M. (2013). Evaluation of the comfort index in railway vehicles depending on the vertical suspension features. *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara*, 11(4), 23
54. Dumur, E., Barnard, Y., & Boy, G. (2004). Designing for comfort. *Human factors in design*, 111-127.
55. EIGA (European Industrial Gases Association). Carbon Dioxide Physiological Hazards— Not Just an Asphyxiant. (https://www.eiga.eu/index.php?id=294&tx_abdownloads) (accessed on 30 June 2016).
56. Erdmann, C.A. & Apte, M.G. (2004) Mucous membrane and lower respiratory building related symptoms in relation to indoor carbon dioxide concentrations in the 100-building BASE dataset, *Indoor Air*, 14(s8), 127-134.
57. ERS Environmental Risk Sciences (2017). Review of In Cabin Carbon Dioxide Levels. http://www.chiefscientist.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0007/124936/Review-of-In-Cabin-CO2-Exposure-and-Risk-Issues-8-September-2017.pdf
58. Fanger, P.O. (1970). Thermal comfort. Copenhagen Danish Technical Press.
59. Fisk, W. J., Satish, U., Mendell, M. J., Hotchi, T., & Sullivan, D. (2013). Is CO2 an Indoor Pollutant? Higher Levels of CO2 May Diminish Decision Making Performance. *ASHRAE JOURNAL*, 55(3), 84-85.
60. Flores, J.L. & Favre, B. (1983). Le confort du passager de vehicule ferroviaire : problematique et methode d'approche. *Revue generale des chemins de fer*, 189–196.
61. Gagge, A. P. (1973). Rational temperature indices of man's thermal environment and their use with a 2-node model of his temperature regulation. In *Federation proceedings* (Vol. 32, No. 5, pp. 1572-1582)
62. Genić. S. B., Jaćimović. B. M., Mandić. D., & Petrović. D. (2012). Experimental determination of fouling factor on plate heat exchangers in district heating system. *Energy and Buildings*, 50, 204-211.

63. Genić, S., Jaćimović, B., Budimir, N., & Jarić, M. (2009). Acceptance test of thermal performances and pressure drop of heat exchangers. *Termotehnika*, 35(1), 81-86.
64. GESTIS (2013) Base de données sur les substances dangereuses pour l'Assurance sociale allemande des accidents. Online : <http://www.dguv.de/ifa/en/gestis/stoffdb/index.jsp#>
65. Giacomini, J., Quattrocchio, S. (1997). An analysis of human comfort when entering and exiting the rear seat of an automobile. *Applied Ergonomics*.28(5/6):397-406.
66. Gładyszewska-Fiedoruk, Katarzyna. 2011. Concentrations of Carbon Dioxide in a Car. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 16 (2). Elsevier Ltd: 166–71.
67. Gładyszewska-Fiedoruk, Katarzyna. 2011. "Concentrations of Carbon Dioxide in the Cabin of a Small Passenger Car." *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 16 (4):327–31
68. Grady, M. L., Jung, H., chul Kim, Y., Park, J. K., & Lee, B. C. (2013). *Vehicle cabin air quality with fractional air recirculation*(No. 2013-01-1494). SAE Technical Paper. Available online: <http://www.engr.ucr.edu/~heejung/publications/2013-CO2-exp.pdf> (accessed on 29 June 2016).
69. Grecea, C., Musat, C. C., & Moscovici, A. M. (2013). Noise management and noise monitoring with geographical information systems. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM: Surveying Geology & mining Ecology Management, 1*, 797
70. Groeger, J. A. (2013). *Understanding driving: Applying cognitive psychology to a complex everyday task*. Routledge.
71. Griffin, M. J.(1996). *Handbook of Human Vibration*. Academic Press.
72. Guais, A., Brand, G., Jacquot, L., Karrer, M., Dukan, S., Grévillet, G., Jo Molina, T.; Bonte, J.; Regnier, M & Schwartz, L. (2011). Toxicity of carbon dioxide: a review. *Chemical research in toxicology*, 24(12), 2061-2070.
73. Hadibroto, A. (1992) Proposition d'une méthodologie de design industriel pour l'amélioration du confort des sièges des passagers dans le transport aérien. Thèse nouveau doctorat UTC
74. Ionel, I., Marin, D., Ritivoi, M., & Lelea, D. (2001). Influence of the urban transport upon the air quality as experienced in the Romanian city of Timisoara, URBAN TRANSPORT VII, Urban Transport and the Environment in the 21-th Century.
75. Iorga, D., Vrabie, I., Hinkel, W., Mihon, L., & Irimescu, A. (2008). Experimental results concerning pollution decreasing for a high power direct injection diesel engine.

76. Ivan, R., Falup, O., Mircea, I., Ionel, I., & Vasilescu, M. D. (2015). Greenhouse Gases Emissions Forecasts for Different Climate Change Policy Portfolios. Romanian Case Study. *Journal Of Environmental Protection And Ecology*, 16(4), 1227-1236
77. HKEPD (Environmental Protection Department) (2015). Practice Note for Managing Air Quality in Air-Conditioned Public Transport Facilities 2015. Available online: http://www.epd.gov.hk/epd/sites/default/files/epd/english/resources_publications/files/pn15_1.pdf (accessed on 24 June 2016).
78. HKEPD (Environmental Protection Department) (2003). Practice Note for Managing Air Quality in Air-Conditioned Public Transport Facilities 2003. Available online: http://www.epd.gov.hk/epd/sites/default/files/epd/english/resources_publications/files/pn03_1.pdf (accessed on 24 June 2016).
79. INRS (2002). Enseigner la prévention des risques professionnels: éclairage et vision : fiches complémentaires. Online http://www.esst-inrs.fr/cerp/pdf/complet/4.exercices_et_corriges.pdf
80. INRS (2005). Institut National de Recherche et de Sécurité, Paris (INRS). Dioxyde de Carbone, Fiche Toxicologique <http://www.inrs.fr/accueil/produits/bdd/doc/fichetox.html?refINRS> (accessed on 24 May 2015).
81. ISO, 7730. (1994). Moderate thermal environments—Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. *International Standards Organization, Geneva*.
82. Ivanescu, M., Neacșu, C. A., & Tabacu, I. (2010). Studies of the thermal comfort inside of the passenger compartment using the numerical simulation. In *International Congress Motor Vehicles and Motors, October* (pp. 7-9).
83. Ivașcu, A., Tiucă, A., & Negruș, E. M. (2002). Study Regarding the Necessity of Vehicle Calibration According to the Peculiarities of the Central and East European Markets. *SAE Transactions*, 111, 951-959
84. Jou, R. C., & Chen, T. Y. (2015). Willingness to pay of air passengers for carbon-offset. *Sustainability*, 7(3), 3071-3085.
85. Kajtar, L., Herczeg, L., Lang, E., Hrustinzky, T., & Banhidi, L. (2006, June). Influence of carbon-dioxide pollutant on human well-being and work intensity. In *Healthy buildings* (Vol. 1, pp. 85-90).
86. Kajtar, L., Herczeg, L., & Lang, E. (2003). Examination of influence of CO₂ concentration by scientific methods in the laboratory. Proceedings of the Indoor Air 2003 conference, Singapore, 176-181

- 87.Kifor, C. V., Oprean, C., & Banciu, D. D. M. (2009). Intelligent system for assisting decisions in advanced product and process planning and design. *Studies in informatics and control*, 18(3), 247
- 88.Kim, J. L., Elfman, L., Mi, Y., Johansson, M., Smedje, G., & Norbäck, D. (2005). Current asthma and respiratory symptoms among pupils in relation to dietary factors and allergens in the school environment. *Indoor air*, 15(3), 170-182.
- 89.Lelea, D. (2007). Metode numerice avansate in transferul de căldura. Timisoara: Ed Politehnica
- 90.Liebard, A. & De Herde, A. (2005). *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques*, Paris : Editura Le Moniteur
- 91.Maddalena R, Mendell M, Eliseeva K, Chan W, Sullivan D, Russell M, Satish U, Fisk W. Effects of ventilation rate per person and per floor area on perceived air quality, sick building syndrome symptoms, and decision-making. *Indoor Air*. 2015;25:362–370
- 92.Mathur GD. (2008). Field tests to monitor build-up of carbon dioxide in vehicle cabin with AC system operating in recirculation mode for improving cabin IAQ and safety. *SAE Int. J. Passeng. Cars-Mechanical Syst*. 2008;1:757–767.
- 93.Mathur. G. (2009a). Field monitoring of carbon dioxide in vehicle cabin to monitor indoor air quality and safety in foot and defrost modes. *SAE Technical Paper 2009-01-3080*.
- 94.Mathur, G. (2009b). Measurement of carbon dioxide in vehicle cabin to monitor IAQ during winter season with HVAC unit operating in OSA mode. *SAE Technical Paper 2009-01-0542*
- 95.Marquardt, H.; Schäfer, S.G. *Lehrbuch der Toxikologie*; BI-Wissenschaftsverlag, Mannheim, 1994. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pauz.19970260416/abstract> (accessed on 21 January 2016).
- 96.Maytat Luangprasert, Chainarin Vasithamrong, Suphasit Pongratananukul, Sunhapos Chantranuwathana, Suree Pumrin & I.P.D. De Silva (2017) In-vehicle carbon dioxide concentration in commuting cars in Bangkok, Thailand, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 67:5, 623-633
- 97.Mazari, M. (2012). Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public: cas du département d'architecture de Tamda (Tizi-Ouzou) (Doctoral dissertation).
- 98.Mi, Y. H., Norbäck, D., Tao, J., Mi, Y. L., & Ferm, M. (2006). Current asthma and respiratory symptoms among pupils in Shanghai, China: Influence of building

ventilation, nitrogen dioxide, ozone, and formaldehyde in classrooms. *Indoor Air* **2006**, 16, 454–464.

99. Michon, J. A. (1985). A critical view of driver behavior models: what do we know, what should we do?. In *Human behavior and traffic safety* (pp. 485-524). Springer, Boston, MA.
100. Mihon, L. & Ostoia, D. (2008). The dynamic behavior of road vehicle. *Science and Management of Automobile and Tractors, SMAT 2008, Craiova, 23-25 octombrie 2008*.
101. Mihon, D. & Mihon, L. (2008). Emission's control for vehicles. *Science and Management of Automobile and Tractors, SMAT 2008, Craiova, 23-25 octombrie 2008*.
102. Minard, A. (2013). *Perception et confort acoustiques des systèmes de traitement d'air* (Doctoral dissertation, Université de La Rochelle).
103. Nagi, M., Iorga, D., Laza, I., Mihon, L., & Ostoia, D. (2006). *Schimbătoare de căldura. vol_1*. Timisoara: Editura Mirton.
104. Nagi, M., Laza, I., Mihon, L. (2007). *Schimbătoare de căldura, vol 2*, Timisoara: Editura Mirton.
105. Nagi, M. & Lelea, D. (1997). Experimental investigation on heat exchangers for automobiles, vol. 23, Mo.1. Kraguyevac, Yugoslavia, pg 45-47.
106. Neacsu, C., Tabacu, I., Ivanescu, M., & Vieru, I. (2017, October). The evaluation of the overall thermal comfort inside a vehicle. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 252, No. 1, p. 012031). IOP Publishing
107. Neacsu, C. A., & Ivanescu, M. (2016). The Development of a New Thermal Comfort Indexes. In *Proceedings of the European Automotive Congress EAEC-ESFA 2015* (pp. 703-714). Springer, Cham
108. Neacsu, C. A., Ivanescu, M., & Tabacu, I. (2009). The influence of the solar radiation on the interior temperature of the car. *2009 European Social Fund (ESFA), Bucharest*
109. Natalini, D., & Bravo, G. (2013). Encouraging sustainable transport choices in American households: Results from an empirically grounded agent-based model. *Sustainability*, 6(1), 50-69.
110. NBN EN 13779. (2004). Ventilation dans les bâtiments non résidentiels- Spécifications des performances pour les systèmes de ventilation et de climatisation. <http://energie.wallonie.be/energieplus/CDRom/normes/ventilation/nbnen13779.htm>

111. Nicol, J. F. (1993). Thermal comfort, a handbook for field studies toward an adaptive model. London: University of East London.
112. Nicol, J.F & Humphreys, M.A. (2002). Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. *Energy and buildings* 34 (6)
113. Nicola, D. A., Rosen, M. A., Bulucea, C. A., & Brândușa, C. (2010). Some sustainability aspects of energy conversion in urban electric trains. *Sustainability*, 2(5), 1389-1407.
114. NIOSH. Criteria for a Recommended Standard: Occupational Exposure to Carbon Dioxide (Pub. No. 76-194) Cincinnati, OH: 1976.
115. NIOSH. NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards 2016
116. Norbäck, D., Nordström, K., & Zhao, Z. (2013). Carbon dioxide (CO₂) demand-controlled ventilation in university computer classrooms and possible effects on headache, fatigue and perceived indoor environment: an intervention study. *International archives of occupational and environmental health*, 86(2), 199-209.
117. Norbäck, D., Wieslander, G., Zhang, X., & Zhao, Z. (2011). Respiratory symptoms, perceived air quality and physiological signs in elementary school pupils in relation to displacement and mixing ventilation system: an intervention study. *Indoor Air*, 21(5), 427-437.
118. Norbäck, D., & Nordström, K. (2008). An experimental study on effects of increased ventilation flow on students' perception of indoor environment in computer classrooms. *Indoor Air* 2008, 18, 293-300.
119. Olsen, B.W (2005). Indoor Environment—Health, Comfort and Productivity. In Proceedings of the 8th REHVA World Congress (Clima 2005), Lausanne, Switzerland, 9-12 October. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.524.6423&rep=rep1&type=pdf> (accessed on 2 April 2016).
120. OSHA. (1999). Technical Manual, TED 1-0.15A, Section VI, Chapter 2, 1999. Available online: www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_vi/otm_vi_2.html#2 (accessed on 24 June 2016).
121. Parsons, K. (2003). Human thermal environment. 2nd edition. Taylor & Francis
122. Pojani, D., & Stead, D. (2015). Sustainable urban transport in the developing world: beyond megacities. *Sustainability*, 7(6), 7784-7805.
123. Rohles, F.H., & Wells, W.V. (1977). The role of environmental antecedents on subsequent thermal comfort. *ASHRAE Transactions*, RP 194 (2449), 21-29.

124. Roulet, C. A. (2008). Conditions de confort et de logement sain. *Cycle Construction et. Presses Polytechniques et Universitaire Romandes a Lausanne* <http://ppur.epfl.ch/livres/2-88074-547-0.html>
125. 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.
126. Shackel, B., Chidsey, K. D., & Shipley, P. (1969). The assessment of chair comfort. *Ergonomics*, 12(2), 269-306.
127. Simoni, M., Annesi-Maesano, I., Sigsgaard, T., Norbäck, D., Wieslander, G., Nystad, W., Canciani, M., Sestini, P., & Viegi, G. (2010), School air quality related to dry cough, rhinitis and nasal patency in children, *European Respiratory Journal*, 35:742-749.
128. Sisman, V. (2015). How to combine MANE (an original cad assistant for car body design) with testing methods to reinvent the urban car. *JIDEG*, (10), 57-62
129. Smedge, G., Mattsson, M., & Walinder, R. (2011). Comparing mixing and displacement ventilation in classrooms:pupils'perception and health. *Indoor air*, 21 (6), 454-461.
130. Sookchaiya, Monyakul, & Thep, (2010). A Study and Development of Temperature and Relative Humidity Control System in Hospital Buildings in Thailand. *Research Online consultata in 12 aprilie 2013 la* [<http://ro.ecu.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1039&context=ceducom>]
131. 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).
132. Stancila, M., Cristina-Andreea, E. N. E., Ivanescu, M., Tabacu, I., & Neacsu, A. C. (2013). Studies on the use of thermoelectric elements for improving thermal confort in automobile
133. Stepan, D., Ionel, I., Dungan, L., & Balogh, R. (2012). Interactions between Infrastructure, Vehicles and Environmental for Rail Traffic. *Journal of environmental protection and ecology*, 13(1), 104-112
134. Stepan, D., Ionel, I., Ștefănescu, W., & Dungând, L. I. (2012). Noise Control in Railway Vehicles. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 13(2), 561-570.

135. Stoican M., Bica, M., & Cernaianu, C.D. (2008). Attending engine by computer in order to reduce pollutant emission. Science and Management of Automobile and Tractors, SMAT 2008, Craiova, 23-25 octombrie 2008.
136. Stoican, M., Bică, M. (2007). LPG burning in OTTO engines – a method of reducing CO2 emissions. Conferința Internațională Thermal Engines and Environmental Engineering MET IME, ediția a-II-a, Galați 7-9 iunie 2007, pag. 111-114.
137. Tab achiu, A. (2003). Psihologie ocupațională, București, Ed. Universității Titu Maiorescu
138. Tartakovsky, L., V. Baibikov, J. Czerwinski, M. Gutman, M. Kasper, D. Popescu, M. Veinblat, and Y. Zvirin. 2013. In-Vehicle Particle Air Pollution and Its Mitigation. *Atmospheric Environment* 64. 320–328.
139. Tietjen GE, Khubchandani J, Ghosh S, Bhattacharjee S, Kleinfelder J (2012). Headache symptoms and indoor environmental parameters: Results from the EPA BASE study. *Annals Indian Academy of Neurology*, 15(Suppl 1), S95-9.
140. Tsai, D.H., Lin, J.S., & Chan, C.C. (2012). Office workers' sick building syndrome and indoor carbon dioxide concentrations. *Journal of Occupational and environmental hygiene*, 9(5), 345-351.
141. Twardella, D., Matzen, W., Lahrz, T., Burghardt, R., Spegel, H., Hendrowarsito, L., Frenzel, A. C. & Fromme, H. (2012), Effect of classroom air quality on students' concentration: results of a cluster-randomized cross-over experimental study. *Indoor Air*, 22: 378–387
142. Varga, B. O., & Iclodean, C. (2015). Electric buses for urban transportation: assessments on cost, infrastructure and exploitation. *Annals of the Oradea University, Fascicle of Management and Technological Engineering, CNCSIS Clasa B*, 24, 1583-0691
143. Varga, B. O. (2013). Electric vehicles, primary energy sources and CO2 emissions: Romanian case study. *Energy*, 49, 61-70
144. Vastfjall, D. (2004). Contextual influences on sound quality evaluation. *Acta Acustica united with Acustica*, 90, 1029 – 1036.
145. Vinet, J. (2000). Contribution à la modélisation thermo-aéraulique du microclimat urbain. Caractérisation de l'impact de l'eau et de la végétation sur les conditions de confort en espaces extérieurs (Doctoral dissertation, Université de Nantes).
146. Wargoeki, 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.

147. Wargocki, P., Wyon, D. P., Sundell, J., Clausen, G., & Fanger, P. O. (2000).. The effects of outdoor air supply rate in an office on perceived air quality, Sick Building Syndrome (SBS) symptoms and productivity. *Indoor Air* **2000**, 10, 222–236.
148. Williams, W. J. (2010). Physiological response to alterations in [O₂] and [CO₂]: relevance to respiratory protective devices. *J Int Soc Respir Prot*, 27, 27-51.
149. Zhang, L., Helander, M. G., & Drury, C. G. (1996). Identifying factors of comfort and discomfort in sitting. *Human Factors*, 38, 377 – 389
150. Zlatoper, T. (1991). Determinants of Motor Vehicle Deaths in the United-States: a cross-sectional analysis *Accident Analysis and Prevention*, 23 (5): 431-436.

ANEXE

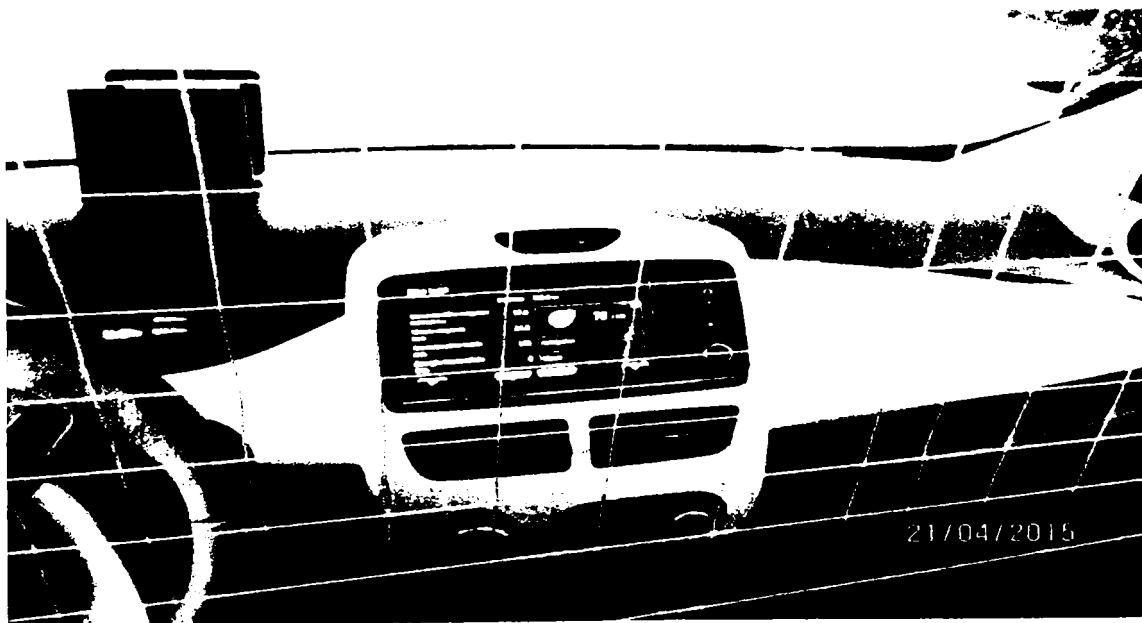
| | |
|--|------------|
| ANEXE..... | 138 |
| Anexa 1 : Vehicule experimentale - Renault Zoe si Dacia Logan..... | 139 |
| Anexa 2 : Aparat de masurare a CO₂ – TROTEC BZ 30 | 140 |
| Anexa 3 : Masuratori ale CO₂ in Dacia..... | 142 |
| Anexa 4 : Masuratori ale CO₂ in Hyunday..... | 144 |
| Anexa 5 : Masuratori ale CO₂ in Renault ZOE..... | 145 |
| Anexa 6 :Prezentare comparativa a CO₂-ului masurat in 3 autovehicule | 146 |
| Anexa 7 :Viteza si debit aer in Dacia Logan | 149 |

Anexa 1 : Vehicule experimentale - Renault Zoe si Dacia Logan

Figura A1: Vehicul electric Renault Zoe folosit în testările experimentale privind determinarea calității aerului și CO₂



Figura A2: Vehicul electric Renault Zoe folosit în testările experimentale privind determinările vitezei și debitelor de aer și ale CO₂-ului



Anexa 2 : Aparat de măsurare a CO₂ – TROTEC BZ 30 si soft de utilizare

Figura A3 : Trotec BZ 30 - aparat de măsurare a concentrației de CO₂ folosit în determinările experimentale



Figura A4: Soft Multiple Datalogger pentru vizualizarea si analiza determinărilor experimentale de CO₂, temperatura si umiditate

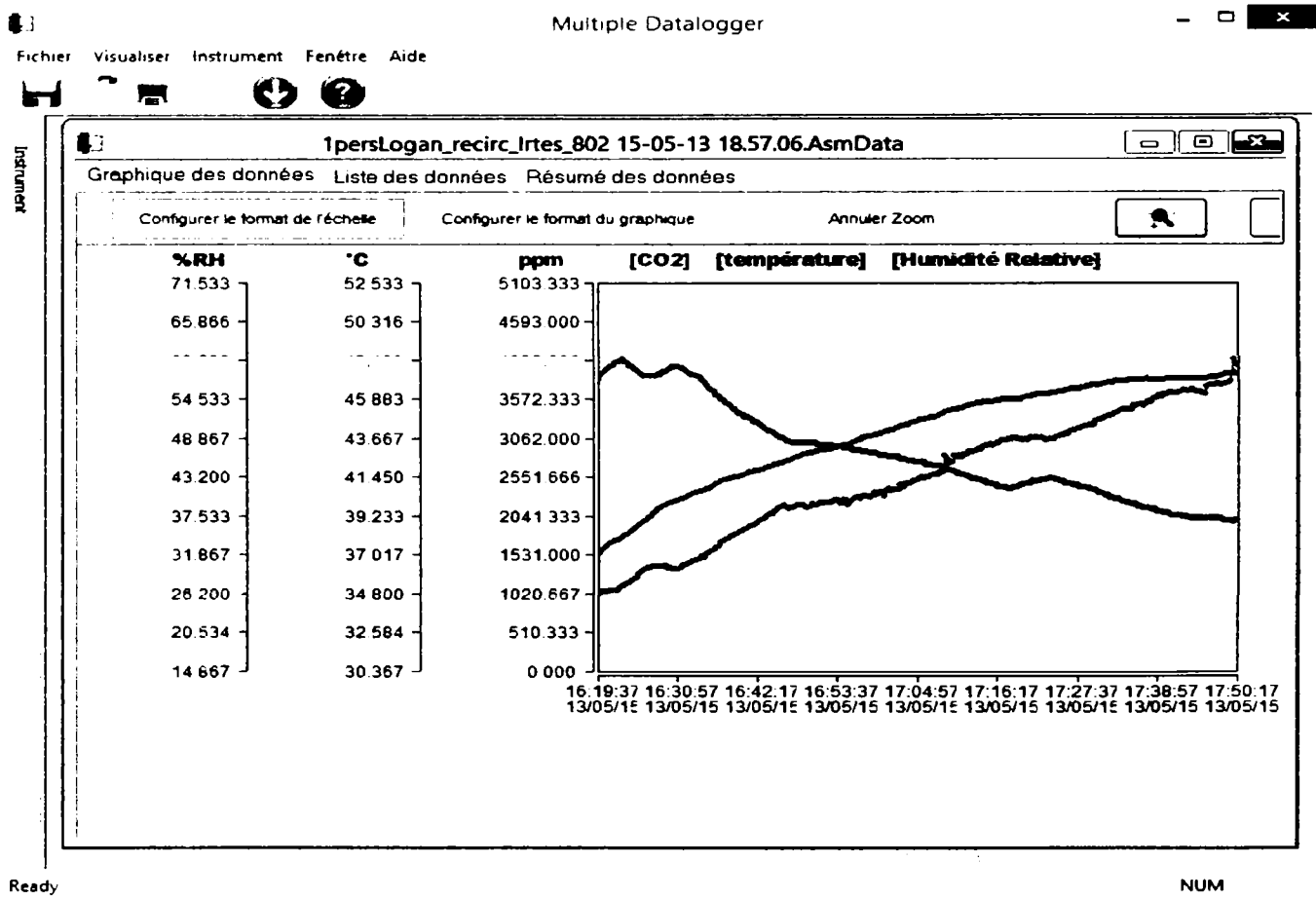


Figura A5: Exemplu de fișier Excel cu date furnizat de Soft Multiple Datalogger pe baza determinărilor experimentale de CO₂

802_1412020109 Data File

| No. | Heure | CO2(ppm) | température | Humidité Relative(%RH) |
|-----|-------------------|----------|-------------|------------------------|
| 1 | 18-04-27 09:40:31 | 1171.00 | 20.90 | 52.90 |
| 2 | 18-04-27 09:40:33 | 1170.00 | 20.90 | 53.00 |
| 3 | 18-04-27 09:40:35 | 1168.00 | 20.90 | 53.20 |
| 4 | 18-04-27 09:40:37 | 1166.00 | 20.90 | 53.30 |
| 5 | 18-04-27 09:40:39 | 1164.00 | 20.90 | 53.80 |
| 6 | 18-04-27 09:40:41 | 1161.00 | 20.90 | 54.30 |
| 7 | 18-04-27 09:40:43 | 1160.00 | 20.90 | 54.80 |
| 8 | 18-04-27 09:40:45 | 1157.00 | 20.90 | 55.20 |
| 9 | 18-04-27 09:40:47 | 1154.00 | 20.90 | 55.20 |
| 10 | 18-04-27 09:40:49 | 1150.00 | 20.90 | 54.90 |
| 11 | 18-04-27 09:40:51 | 1146.00 | 20.90 | 54.70 |
| 12 | 18-04-27 09:40:53 | 1141.00 | 20.90 | 54.20 |
| 13 | 18-04-27 09:40:55 | 1137.00 | 20.90 | 53.80 |
| 14 | 18-04-27 09:40:57 | 1132.00 | 20.90 | 53.40 |
| 15 | 18-04-27 09:40:59 | 1129.00 | 21.00 | 53.00 |
| 16 | 18-04-27 09:41:01 | 1124.00 | 20.90 | 52.60 |
| 17 | 18-04-27 09:41:03 | 1119.00 | 21.00 | 52.30 |
| 18 | 18-04-27 09:41:05 | 1113.00 | 21.00 | 52.10 |
| 19 | 18-04-27 09:41:07 | 1109.00 | 21.00 | 51.80 |
| 20 | 18-04-27 09:41:09 | 1103.00 | 21.00 | 51.60 |
| 21 | 18-04-27 09:41:11 | 1098.00 | 21.00 | 51.40 |

Anexa 3 : Măsurători ale CO₂ în Dacia Logan

Tabel A1: Variația în timp a CO₂ într-un vehicul staționar Dacia Logan cu 1-4 persoane, fără

| DACIA LOGAN model 2010 | | | | |
|--|------------------|--------|--------|--------|
| VEHICUL ÎN STATIONARE FARA RECIRCULARE | | | | |
| ppm - CO ₂ | Timp (sec) Logan | | | |
| | 1 pers | 2 pers | 3 pers | 4 pers |
| 1000 | 280 | 150 | 110 | 100 |
| 2000 | 640 | 390 | 200 | 150 |
| 3000 | 780 | 565 | 300 | 230 |
| 4000 | 890 | 680 | 250 | 120 |
| 5000 | 1130 | 785 | 260 | 240 |

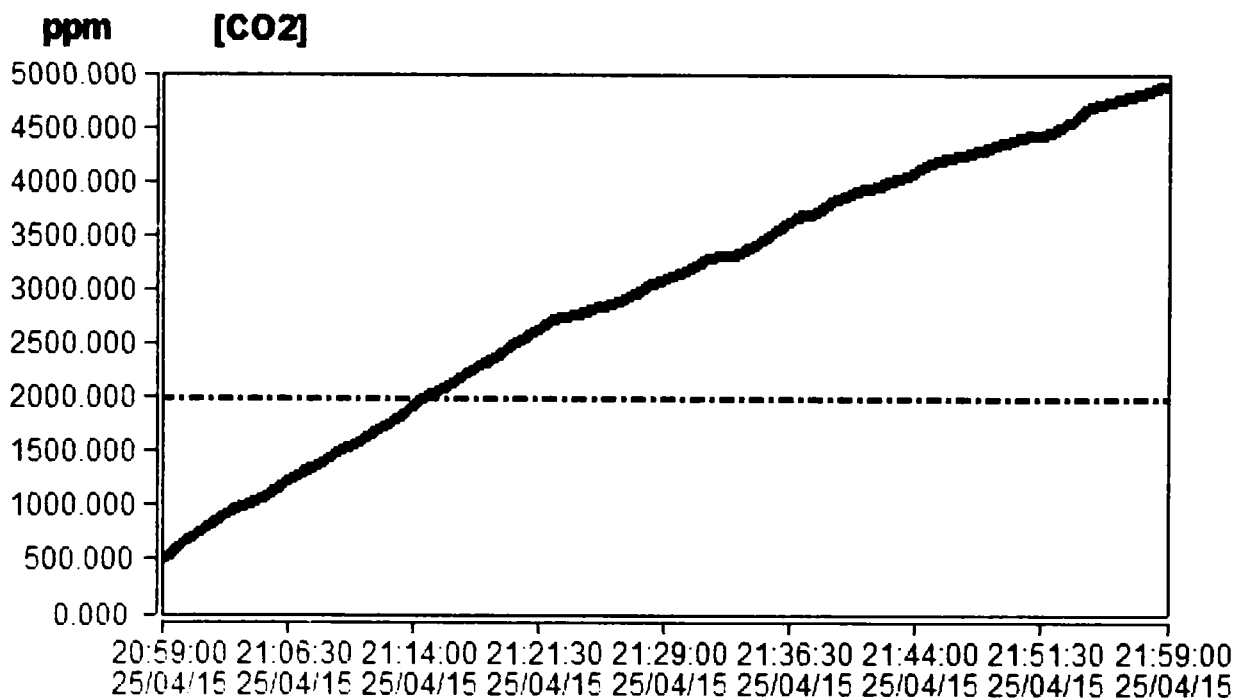
recircularea aerului

1 persoana Dacia LOGAN

Frecvența de eșantionare – 2 sec; Timp de înregistrare : 60 min

Ora de debut : 20.59 (01.03.2015); Ora de sfârșit : 21.59 (01.03.2015)

Figura A6: Reprezentarea grafica a creșterii concentrației de CO₂ (pana la 0.5%) într-o Dacia Logan cu 1 persoana

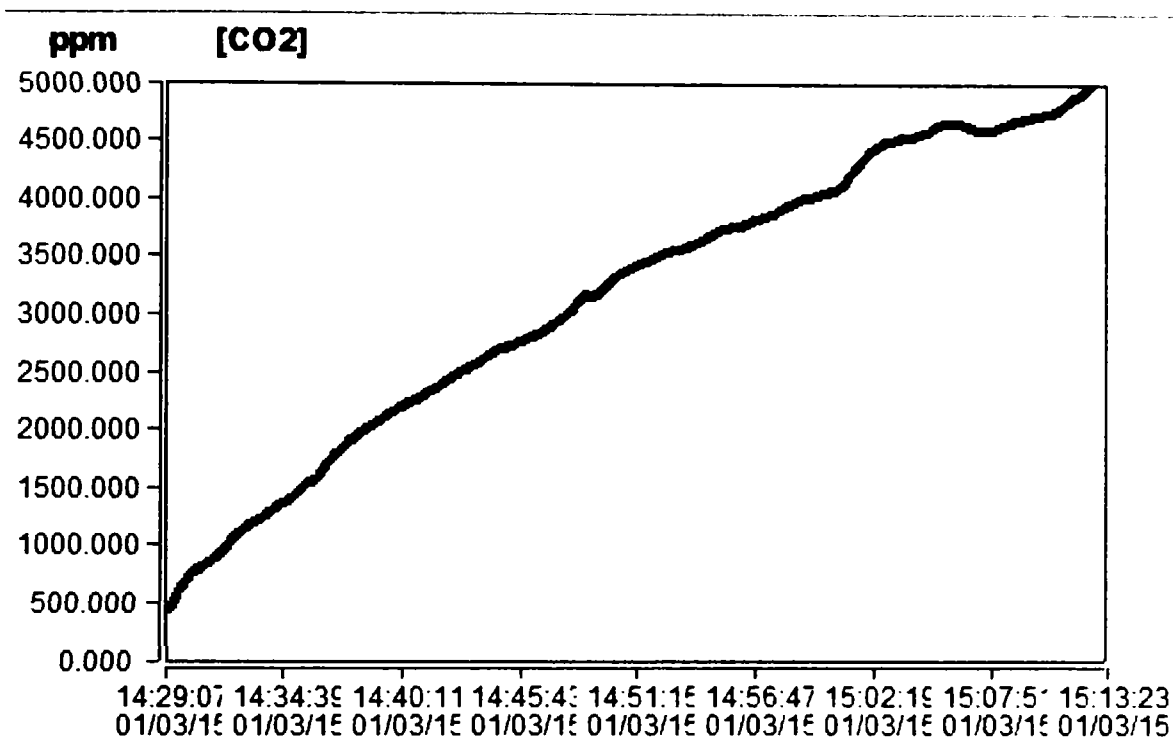


2 persoane Dacia LOGANp

Frecvența de esantionare – 2 sec; Timp de înregistrare : 44 min

Ora de debut : 14.29 (01.03.2015); Ora de sfarsit : 15.13 (01.03.2015)

Figura A7: Reprezentarea grafică a creșterii concentrației de CO₂ (pana la 0.5%) într-o Dacia Logan cu 2 persoane

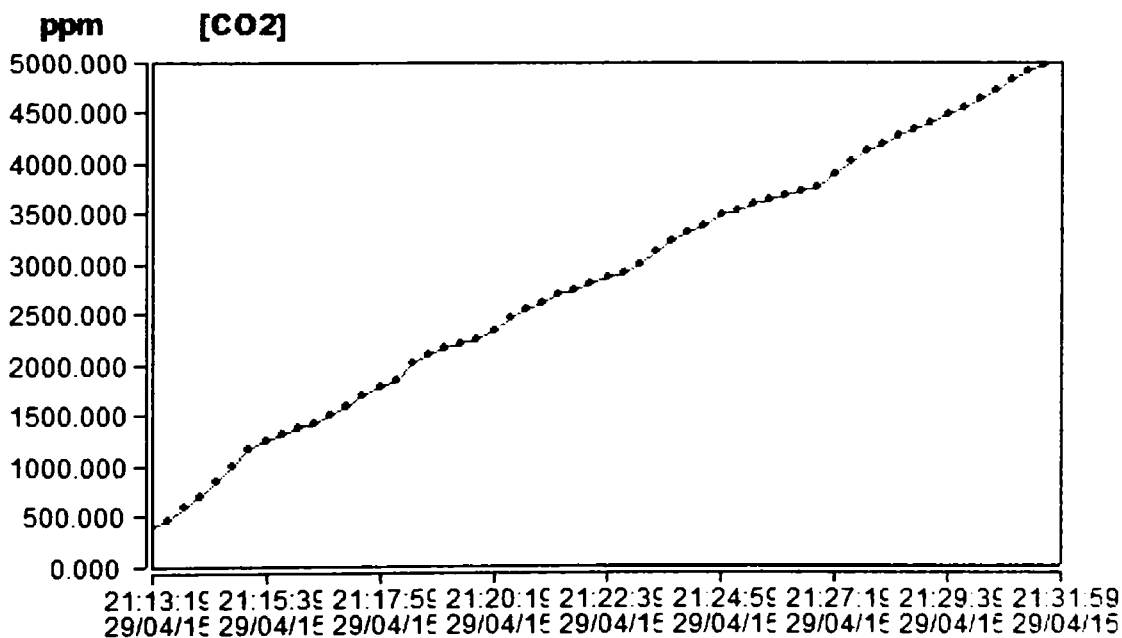


3 persoane Dacia LOGAN

Frecvența de eșantionare – 6 sec; Timp de înregistrare : 18 min

Ora de debut : 21.13 (.04.2015); Ora de sfârșit : 21.31 (.04.2015)

Figura A8: Reprezentarea grafica a creșterii concentrației de CO₂ (pana la 0.5%) într-o Dacia Logan cu 3 persoane



Anexa 4 : Măsurători ale CO₂ în Hyundai

Tabel A2: Variația în timp (sec) a CO₂ într-un vehicul staționar Hyundai i30 cu 1-4 persoane, fără recircularea aerului

| HYUNDAI | | | | |
|---|---------------------------|---------------|---------------|---------------|
| VEHICUL ÎN STATIONARE FARA RECIRCULARE | | | | |
| | Timp (sec) Hyundai | | | |
| ppm - CO₂ | 1 pers | 2 pers | 3 pers | 4 pers |
| 1000 | 240 | 220 | 150 | 90 |
| 2000 | 480 | 325 | 190 | 170 |
| 3000 | 680 | 465 | 240 | 210 |
| 4000 | 850 | 535 | 240 | 110 |
| 5000 | 990 | 590 | 350 | 120 |

Tabelul A3: Variația în timp (sec) a CO₂ într-un vehicul staționar Hyundai i30 cu 1-4 persoane, cu recircularea aerului

| HYUNDAI i3 | | | | |
|---|------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| VEHICUL ÎN STAȚIONARE CU RECIRCULARE | | | | |
| | Timp (sec) Hyundai i3 | | | |
| ppm - CO₂ | 1 pers | 2 pers | 3 pers | 4 pers |
| 1000 | 255 | 145 | 165 | 110 |
| 2000 | 495 | 340 | 215 | 190 |
| 3000 | 695 | 480 | 255 | 240 |
| 4000 | 865 | 550 | 255 | 445 |
| 5000 | 1005 | 650 | 365 | 120 |

Anexa 5 : Măsurători ale CO₂ în Renault ZOE

Tabelul A4: Variația în timp (sec) a CO₂ într-un vehicul staționar Renault ZOE cu 1-4 persoane, fără recircularea aerului

| RENAULT ZOE | | | | |
|---|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| VEHICUL ÎN STAȚIONARE FĂRĂ RECIRCULARE | | | | |
| | Timp (sec) Renault Zoe | | | |
| ppm - CO₂ | 1 pers | 2 pers | 3 pers | 4 pers |
| 1000 | 240 | 220 | 150 | 90 |
| 2000 | 480 | 325 | 190 | 170 |
| 3000 | 680 | 465 | 240 | 210 |
| 4000 | 850 | 535 | 240 | 110 |
| 5000 | 990 | 590 | 350 | 120 |

Tabelul A5 : Variația în timp (sec) a CO₂ într-un vehicul staționar Renault ZOE cu 1-4 persoane, cu recircularea aerului

| RENAULT ZOE | | | | |
|---|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| VEHICUL ÎN STAȚIONARE CU RECIRCULARE | | | | |
| | Timp (sec) Renault Zoe | | | |
| ppm - CO₂ | 1 pers | 2 pers | 3 pers | 4 pers |
| 1000 | 255 | 145 | 165 | 110 |
| 2000 | 495 | 340 | 215 | 190 |
| 3000 | 695 | 480 | 255 | 240 |
| 4000 | 865 | 550 | 255 | 445 |
| 5000 | 1005 | 650 | 365 | 120 |

Anexa 6 :Prezentare comparativă a CO₂ funcție de timp în 3 vehicule

Tabelul A6: Prezentarea comparativa a timpului în care concentrația CO₂-ului crește de la 1000ppm la 5000ppm in 3 vehicule staționare, fără recirculare

| VEHICUL IN STATIONARE FARA RECIRCULARE | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|--------|--------|--------|--------------------|--------|--------|--------|-----------------------|--------|--------|--------|
| ppm CO ₂ | Timp (sec) Logan | | | | Timp (sec) Hyundai | | | | Timp (sec) Renault ZE | | | |
| | 1 pers | 2 pers | 3 pers | 4 pers | 1 pers | 2 pers | 3 pers | 4 pers | 1 pers | 2 pers | 3 pers | 4 pers |
| 1000 | 280 | 150 | 110 | 100 | 240 | 220 | 150 | 90 | 230 | 210 | 180 | 80 |
| 2000 | 920 | 540 | 310 | 250 | 720 | 545 | 340 | 260 | 635 | 520 | 370 | 220 |
| 3000 | 1700 | 1105 | 610 | 480 | 1400 | 1010 | 580 | 470 | 1295 | 960 | 670 | 400 |
| 4000 | 2590 | 1785 | 930 | 600 | 2250 | 1545 | 820 | 580 | 2140 | 1480 | 970 | 600 |
| 5000 | 3720 | 2570 | 1280 | 840 | 3240 | 2135 | 1170 | 700 | 3120 | 2170 | 1310 | 810 |

Tabelul A7: Media si abaterea standard a timpului în care CO₂ crește pana la 5000ppm, în Daacia Logan staționata, fara recirculare, pentru 1 - 4 persoane

| M1pers | As1p | M2p | As2p | M3p | As3p | M4p | As4p |
|---------|----------|---------|----------|---------|----------|----------|----------|
| 250 | 26,45751 | 193,33 | 35,11885 | 146,67 | 35,11885 | 90 | 10 |
| 758,33 | 146,3159 | 535,00 | 30 | 340,00 | 30 | 243,3333 | 20,81666 |
| 1465 | 210,1785 | 1025,00 | 45,82576 | 620,00 | 45,82576 | 450 | 43,58899 |
| 2326,67 | 234,5918 | 1603,33 | 77,67453 | 906,67 | 77,67453 | 593,3333 | 11,54701 |
| 3360 | 317,4902 | 2291,67 | 73,71115 | 1253,33 | 73,71115 | 783,3333 | 73,71115 |

Tabelul A8: Prezentarea comparativa a timpului (în sec) în care CO₂-ul crește de la 1000ppm la 5000ppm în 3 vehicule stationare, cu recirculare

| VEHICUL IN STATIONARE CU RECIRCULARE | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|------------------|--------|--------|--------|--------------------|--------|--------|--------|-----------------------|--------|--------|--------|
| ppm CO ₂ | Timp (sec) Logan | | | | Timp (sec) Hyundai | | | | Timp (sec) Renault ZE | | | |
| | 1 pers | 2 pers | 3 pers | 4 pers | 1 pers | 2 pers | 3 pers | 4 pers | 1 pers | 2 pers | 3 pers | 4 pers |
| 1000 | 300 | 170 | 140 | 120 | 255 | 145 | 165 | 110 | 270 | 180 | 200 | 100 |
| 2000 | 960 | 570 | 400 | 240 | 750 | 485 | 380 | 300 | 725 | 540 | 420 | 250 |
| 3000 | 1770 | 1130 | 780 | 420 | 1445 | 965 | 635 | 540 | 1405 | 1060 | 740 | 450 |
| 4000 | 2690 | 1870 | 1240 | 540 | 2310 | 1515 | 890 | 985 | 2280 | 1600 | 1120 | 670 |
| 5000 | 3940 | 2770 | 1820 | 800 | 3315 | 2165 | 1255 | 1105 | 3290 | 2360 | 1590 | 890 |

Tabelul A9: Media si abaterea standard a timpului în care CO₂ crește pana la 5000ppm, în cele trei vehicule experimentale, cu recirculare, pentru 1 - 4 persoane

| M1p | As1p | M2p | As2p | M3p | As3p | M4p | As4p |
|---------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|
| 275 | 22,91 | 165,00 | 30,14 | 168,33 | 10,41 | 110 | 20,21 |
| 811,67 | 129,07 | 531,67 | 20 | 400,00 | 44,61 | 263,33 | 78,60 |
| 1540 | 200,19 | 1051,67 | 74,889 | 718,33 | 69,34 | 470 | 216,71 |
| 2426,67 | 228,55 | 1661,67 | 177,86 | 1083,33 | 77,48 | 731,67 | 396,18 |
| 3515 | 368,27 | 2431,67 | 284,12 | 1555,00 | 123,32 | 931,67 | 606,24 |

Tabelul A10: Prezentarea comparativa a timpului (in min) in care CO₂-ul creste de la 1000ppm la 5000ppm in 3 vehicule stationare, min recirculare

| VEHICUL ÎN STATIONARE FARA RECIRCULARE | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|--------|--------|--------|--------------------|--------|--------|--------|-----------------------|--------|--------|--------|
| ppm CO ₂ | Timp (min) Logan | | | | Timp (min) Hyundai | | | | Timp (min) Renault ZE | | | |
| | 1 pers | 2 pers | 3 pers | 4 pers | 1 pers | 2 pers | 3 pers | 4 pers | 1 pers | 2 pers | 3 pers | 4 pers |
| | - | 4,67 | 2,5 | 1,83 | 1,67 | 4 | 3,67 | 2,5 | 1,5 | 3,83 | 3,5 | 3 |
| 1000 | 15,33 | 9 | 5,17 | 4,17 | 12 | 9,08 | 5,67 | 4,33 | 10,58 | 8,67 | 6,17 | 3,67 |
| 2000 | 28,33 | 18,42 | 10,17 | 8 | 23,33 | 16,833 | 9,67 | 7,83 | 21,58 | 16 | 11,17 | 6,67 |
| 3000 | 43,17 | 29,75 | 15,5 | 10 | 37,5 | 25,75 | 13,67 | 9,67 | 35,67 | 24,67 | 16,17 | 10 |
| 4000 | 62 | 42,83 | 21,33 | 14 | 54 | 35,583 | 19,5 | 11,667 | 52 | 36,17 | 21,83 | 13,5 |
| 5000 | | | | | | | | | | | | |

Tabelul A11: Prezentarea comparativa a timpului (in min) in care CO₂-ul creste de la 1000ppm la 5000ppm in 3 vehicule stationare, cu recirculare

| VEHICUL ÎN STATIONARE CU RECIRCULARE | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|------------------|--------|--------|--------|--------------------|--------|--------|--------|-----------------------|--------|--------|---------|
| ppm CO ₂ | Timp (min) Logan | | | | Timp (min) Hyundai | | | | Timp (min) Renault ZE | | | |
| | 1 pers | 2 pers | 3 pers | 4 pers | 1 pers | 2 pers | 3 pers | 4 pers | 1 pers | 2 pers | 3 pers | 4 pers |
| | - | 5 | 2,8333 | 2,333 | 2 | 4,25 | 2,4167 | 2,75 | 1,8333 | 4,5 | 3 | 3,3333 |
| 1000 | 16 | 9,5 | 6,667 | 4 | 12,5 | 8,0833 | 6,333 | 5 | 12,08 | 9 | 7 | 4,16667 |
| 2000 | 29,5 | 18,833 | 13 | 7 | 24,08 | 16,083 | 10,58 | 9 | 23,42 | 17,67 | 12,333 | 7,5 |
| 3000 | 44,83 | 31,167 | 20,67 | 9 | 38,5 | 25,25 | 14,83 | 16,417 | 38 | 26,67 | 18,667 | 11,1667 |
| 4000 | 65,67 | 46,167 | 30,33 | 13,33 | 55,25 | 36,083 | 20,92 | 18,417 | 54,83 | 39,33 | 26,5 | 14,8333 |
| 5000 | | | | | | | | | | | | |

Anexa 7 : Viteza si debit aer în Dacia Logan

Tabelul A12: Viteza si debitul aerului masurat în Dacia Logan, treapta 2 ventilator cu 1,2,3 sau 4 aeratoare deschise

| treapta 2 ventilator | | A1 | A2 | A3 | A4 | Total |
|----------------------|----------|-------|-------|-------|-------|--------|
| O⊗⊗⊗ | v (km/h) | 22,3 | ⊗ | ⊗ | ⊗ | |
| | D (m3/h) | 43,76 | ⊗ | ⊗ | ⊗ | 43,76 |
| OO⊗⊗ | v (km/h) | 17,30 | 18,70 | ⊗ | ⊗ | |
| | D (m3/h) | 33,95 | 36,70 | ⊗ | ⊗ | 70,65 |
| OOO⊗ | v (km/h) | 15,30 | 14,60 | 15,40 | ⊗ | |
| | D (m3/h) | 30,03 | 28,65 | 30,22 | ⊗ | 88,90 |
| OOOO | v (km/h) | 14,20 | 13,50 | 13,70 | 12,50 | |
| | D (m3/h) | 27,87 | 26,49 | 26,89 | 24,53 | 105,78 |

v = viteza aer; D = debit aer; A1, A2, A3,A4 = aeratoare; O = aerator deschis; ⊗ = aerator închis

Tabelul A13- Viteza si debitul aerului măsurat în Dacia Logan, treapta 3 ventilator cu 1,2,3 sau 4 aeratoare deschise

| treapta 3 ventilator | | A1 | A2 | A3 | A4 | Total |
|----------------------|----------|-------|-------|-------|-------|--------|
| O⊗⊗⊗ | v (km/h) | 38,90 | ⊗ | ⊗ | ⊗ | |
| | D (m3/h) | 76,34 | ⊗ | ⊗ | ⊗ | 76,34 |
| OO⊗⊗ | v (km/h) | 26,50 | 26,30 | ⊗ | ⊗ | |
| | D (m3/h) | 52,01 | 51,61 | ⊗ | ⊗ | 103,62 |
| OOO⊗ | v (km/h) | 23,10 | 21,30 | 24,20 | ⊗ | |
| | D (m3/h) | 45,33 | 41,80 | 47,49 | ⊗ | 134,63 |
| OOOO | v (km/h) | 21,20 | 19,40 | 22,80 | 21,10 | |
| | D (m3/h) | 41,61 | 38,07 | 44,75 | 41,41 | 165,83 |

v = viteza aer; D = debit aer; A1, A2, A3,A4 = aeratoare; O = aerator deschis; ⊗ = aerator închis

Tabelul A14- Viteza si debitul aerului măsurat în Dacia Logan, treapta 4 ventilator cu 1,2,3 sau 4 aeratoare deschise

| treapta 4 ventilator | | A1 | A2 | A3 | A4 | Total |
|----------------------|----------|--------|-------|-------|-------|--------|
| O⊗⊗⊗ | v (km/h) | 51,90 | ⊗ | ⊗ | ⊗ | |
| | D (m3/h) | 101,85 | ⊗ | ⊗ | ⊗ | 101,85 |
| OO⊗⊗ | v (km/h) | 35,50 | 35,10 | ⊗ | ⊗ | |
| | D (m3/h) | 69,67 | 68,88 | ⊗ | ⊗ | 138,55 |
| OOO⊗ | v (km/h) | 30,10 | 29,30 | 31,50 | ⊗ | |
| | D (m3/h) | 59,07 | 57,50 | 61,82 | ⊗ | 178,39 |
| OOOO | v (km/h) | 27,10 | 26,60 | 27,00 | 26,40 | |
| | D (m3/h) | 53,18 | 52,20 | 52,99 | 51,81 | 210,18 |

v = viteza aer; D = debit aer; A1, A2, A3,A4 = aeratoare; O = aerator deschis; ⊗ = aerator închis

ACKNOWLEDGMENT

This Work is partially supported by the grant POSDRU/159/1.5/S/134378, inside POSDRU Romania 2007-2013 co-financed by the European Social Fund Investing in People.