
***Raport științific privind implementarea proiectului PN-II-ID-PCE-2011-3-0835 -
Modalități inteligente de distribuție a aerului în încăperi : strategii avansate și
metode de evaluare in perioada – INADEVA in perioada ianuarie – decembrie
2015***



2015

Raport științific

privind implementarea proiectului PN-II-ID-PCE-2011-3-0835 - Modalități inteligente de distribuție a aerului în încăperi : strategii avansate și metode de evaluare in perioada – INADEVA in perioada ianuarie – decembrie 2015

Activitățile desfășurate în perioada ianuarie 2015 - decembrie 2015

Proiectul nostru a fost de la bun început organizat în jurul a patru obiective principale (Figura 1). Fiecare obiectiv este împărțit în mai multe acțiuni (tasks). Planul de lucru din propunerea de proiect inițială a fost organizat într-o maniera ambițioasă cu obiective și acțiuni ce se derulează în paralel (Figura 1). Obiectivele și acțiunile trebuie să fie coordonate astfel încât diferite interacțiuni transversale să poată avea loc.

Datorită redimensionării succesive a bugetului alocat contractelor de finanțare pentru *Proiectele de cercetare Exploratorie – Competiția 2011*, a fost necesară transferarea diferenței între suma solicitată și cea alocată în anul 2015, cu actualizarea activităților pentru 2014 și 2015 și ulterior încă o dată pentru 2015 și 2016. În Figura 1 este prezentat planul inițial de lucru al proiectului, în Figura 2 este prezentată penultima varianta a planului de lucru cu realocările unor activități din 2013 în 2014 și ulterior din 2014 în 2015, iar în Figura 3 este prezentată ultima variantă a planului de lucru al proiectului INADEVA cu activități mutate din 2015 în 2016.

Astfel au fost mutate inițial în 2014 O2T5, O2T6, O3T5, O3T6, Activitățile parțiale din O3T7 și O3T8 precum și O4T4 și o parte din O4T5 și O4T6. La începutul anului 2014 am reconceptuat planul de lucru în funcție de noul buget. Astfel au fost prelungite activitățile O2T5, O2T6 pe toată perioada anului 2014 și vor continua și în 2015. O3T5, O3T6, Activitățile parțiale din O3T7 și O3T8, O4T4, O4T6, O4T8 au fost și ele mutate în 2015. O4T5 a fost prelungit datorită rezultatelor interesante pentru a continua și în 2015. La începutul anului 2015 a fost reorganizat încă o dată planul de lucru în funcție de noul buget. **Astfel au fost prelungite activitățile O2T5, O2T6 pe toată perioada anului 2015 și vor continua și în 2016. O3T5, O3T6 au fost parțial mutate în 2016 iar activitățile parțiale din O3T7 și O3T8, O4T4, O4T6, O4T8 au fost parțial derulate în 2015 și vor continua și în 2016. O4T5 va continua până la sfârșitul proiectului și după terminarea acestuia. O4T7 și O4T9 au fost începute încă din 2013 și vor continua până la sfârșitul proiectului.**

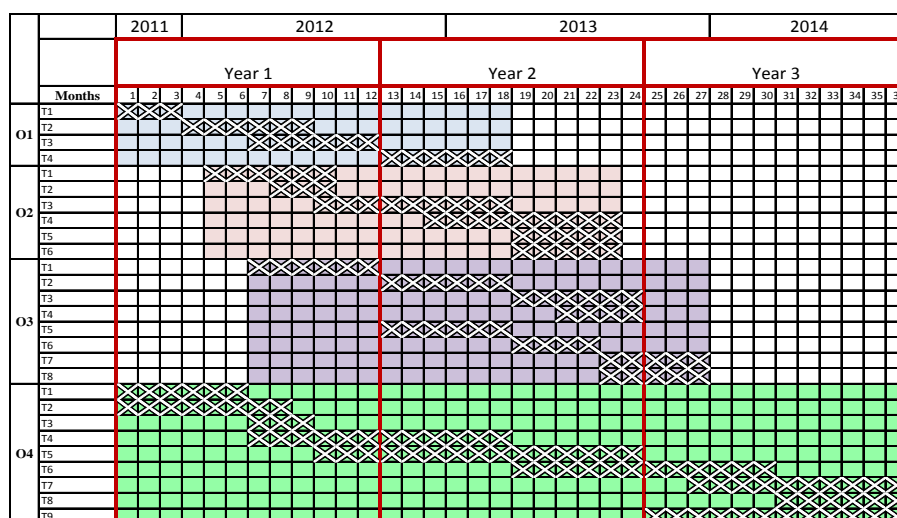


Figura 1: Planul de lucru inițial al proiectului INADEVA

O1- Realizarea unui manechin termic avansat cu 35 circuite	T1: Studiu preliminar pentru optimizarea circuitelor aferente segmentelor	✓	
	T2: Achizitia materialelor (manechin de baza, senzori, suprafete incalzitoare, microcontrolere, etc.)	✓	
	T3: Dezvoltarea prototipului	✓	
	T4: Teste experimentale privind manechinul termic	✓	
O2 - Adaptarea algoritmului de control și realizarea unui model de termoreglare	T1: Studii teoretice si bibliografice pentru alegerea unui model de termoreglare, dezvoltarea unui model avansat	✓	} Activități ce se vor continua și în 2016
	T2: Teste preliminare utilizand Thermal Boy 1	✓	
	T3: Implementarea algoritmilor de control pe noul prototip	✓	
	T4: Studii experimentale folosind manechinul termic dotat cu sistem de termoreglare	✓	
	T5: Propunerea unei noi metode de evaluare a confortului termic	✓	
	T6: Diseminarea noii metode de evaluare a confortului termic	✓	
O3 – Implementarea noului sistem respirator pe noul prototip de manechin termic	T1: Studiu bibliografic pentru alegerea celui mai bun model respirator pentru studiul curgerilor si generarii de CO ₂	✓	} Activități partial mutate în 2016 } Activități ce se vor continua și în 2016
	T2: Implementarea circuitului respirator pe Thermal Boy 1	✓	
	T3: Implementarea circuitului respirator pe noul prototip	✓	
	T4 : Studii experimentale pe manechinul termic cu sistem de termoreglare si circuit respirator	✓	
	T5: Achizitionarea unui senzor de CO ₂ si a unui generator pentru statia existenta de masurare a concentratiei		
	T6: Adaugarea senzorului de CO ₂ în jetul de aer expirat		
	T7 : Studii experimentale utilizand manechinul termic cu circuit respirator si sistem de termoreglare	✓	
	T8: Diseminarea noului tip de prototip	✓	
O4 – Dezvoltarea strategiilor de ventilare utilizand grile inovante pentru evaluarea confortului termic si a IAQ	T1: Constructia unei noi celule climatice ce permite diferite strategii de ventilare	✓	} Activități ce se vor continua și în 2016 } Activități mutate în 2016 } Activități mutate în 2016
	T2 : Up-grade sistem PIV	✓	
	T3: Testarea experimentală a celulei	✓	
	T4: Studii preliminare si alegerea dispozitivelor inovante de introducere a aerului	✓	
	T5: Studii de confort termic utilizand diferite strategii de ventilare si grile inovante	✓	
	T6: Studii IAQ utilizând diferite strategii de ventilare si grile inovante		
	T7: Brevetarea noilor prototipuri	✓	
	T8: Realizarea unei baze de date si a unui catalog pentru noile produse si strategii de ventilare		
	T9: Diseminarea proiectului de cercetare		

Figura 4: Activitățile realizate până la începutul lui decembrie 2014

Obiectivul 2 - T5 și T6

Activitățile 5 și 6 ale Obiectivului 2 (O2T5 și O2T6) vizează propunerea unor criterii îmbunătățite de evaluare a confortului termic și diseminarea acestora. Aceste două activități vor fi continuate și în 2016 prin publicarea unor studii de specialitate pe baza rezultatelor obținute pe parcursul anului 2015. O2T5 reprezintă practic unul din elementele cheie ale proiectului și anume unul dintre elementele de noutate din domeniul nostru. În jurul acestui obiectiv au fost elaborate mai multe studii experimentale și chiar și numerice în anul 2014. Aceste studii au fost continuate în anul 2015.

Având în vedere faptul că oamenii sunt diferiți, conceptul de confort termic se referă, de obicei, la un set de parametri optimi, pentru care cel mai mare procent posibil al unui grup de oameni, se simt confortabil cu privire la mediul înconjurător [1]. Au fost multe încercări în timpul celor trei decenii de a propune diferite metode de evaluare a acestui concept complex, care este confortul termic [2-6].

Pe de altă parte, există alți parametri care afectează percepția umană de confort termic, dar care nu sunt luați în considerare în oricare dintre aceste modele [7]. Concluzia noastră este că modelele propuse în prezent pot fi prea generaliste sau prea dificil de aplicat și evaluat. De exemplu, campanii experimentale arată discrepanțe mari între rezultatele numerice și evaluarea in situ [8] și discrepanțe în plus și mai mari între răspunsul investigațiilor subiective și alte metode de evaluare [9, 10]. *Principalele întrebări pe care le adresează studiul nostru[7] sunt : Care este "cel mai bun" model de confort termic? Sunt aceste modele adaptate la metode de evaluare în zilele noastre, deoarece acestea nu au fost actualizate de zeci de ani? Avem nevoie de evaluare în plus sau doar o mai bună implementare a modelelor existente? Care sunt perspectivele viitoare pentru estimarea confortului termic?*

pentru a verifica singuri ceea ce se întâmplă cu mai multe metode și modele standardizate am realizat o serie de comparații și analize ale datelor experimentale obținute în laborator (Figura 5) [11] și în condiții reale (Figura 6) [12]. Am continuat totodată colectarea de date experimentale atât în condiții de laborator cât și în situații reale. Am pus în evidență, pe parcursul acestor studii, lipsa de acuratețe a unor determinări globale, cu instrumente standardizate, a indicilor de confort termic [13].

În acest sens am început o colaborare cu compania daneză Dantec Dynamics SAS pentru ameliorarea produsului lor ComfortSense în sensul integrării unor posibilități de evaluare localizată a confortului termic, a diversificării indicilor propuși de către softul integrat și extinderea către evaluarea calității ambientale prin integrarea unor alte tipuri de senzori în cadrul acestui produs. Una dintre ideile enunțate în cadrul acestei colaborări vizează integrarea calculului temperaturii echivalente în sistemul ComfortSense și propunerea unui manechin ne încălzit dar instrumentat cu senzori de viteză omnidirecțională și temperatură pe diferitele segmente ce ar acompania sistemul de evaluare globală.

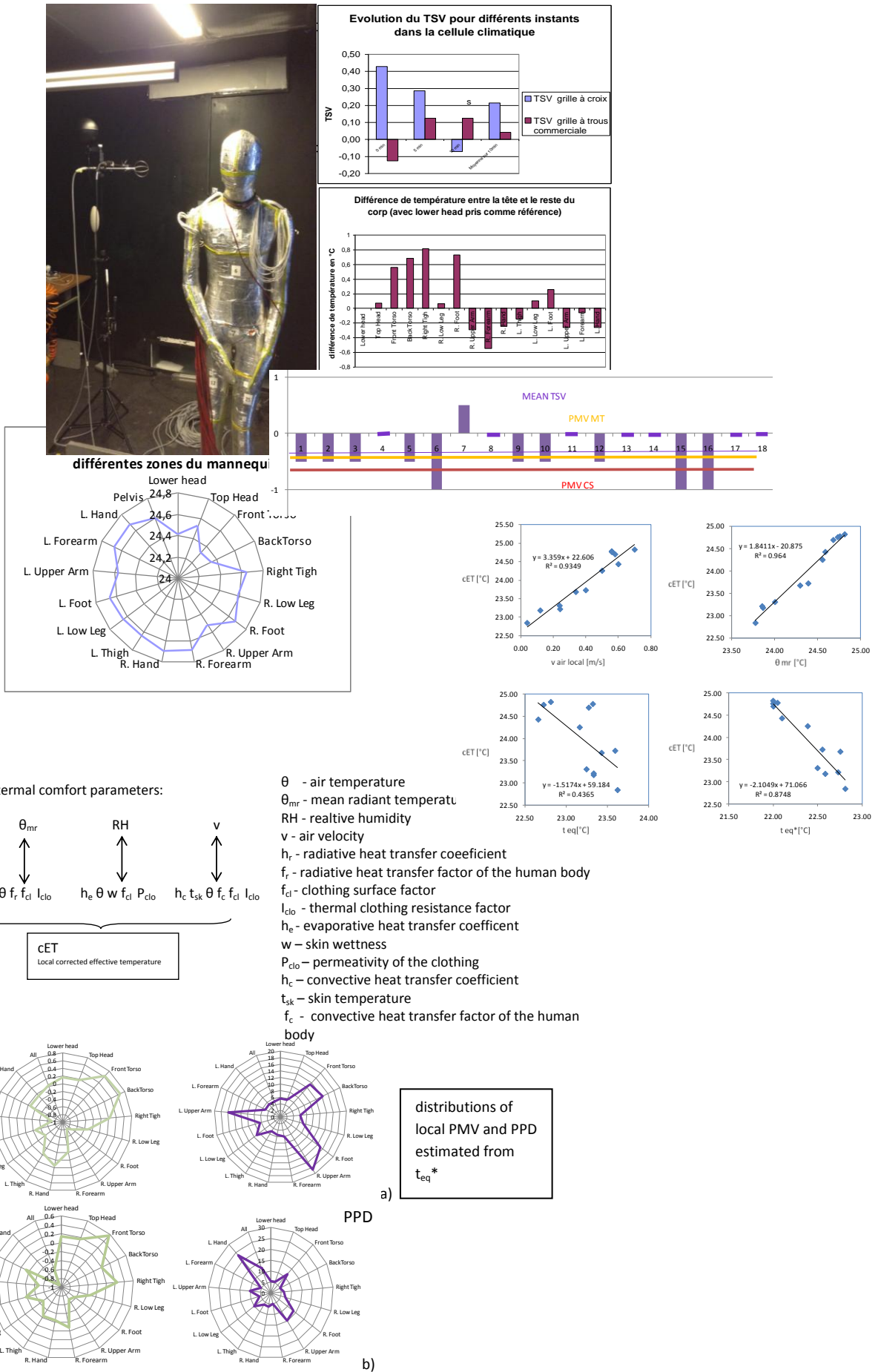


Figura 5: Studii experimentale în celula climatică pentru deducerea unor indici corecțai de evaluare locală a senzației de confort

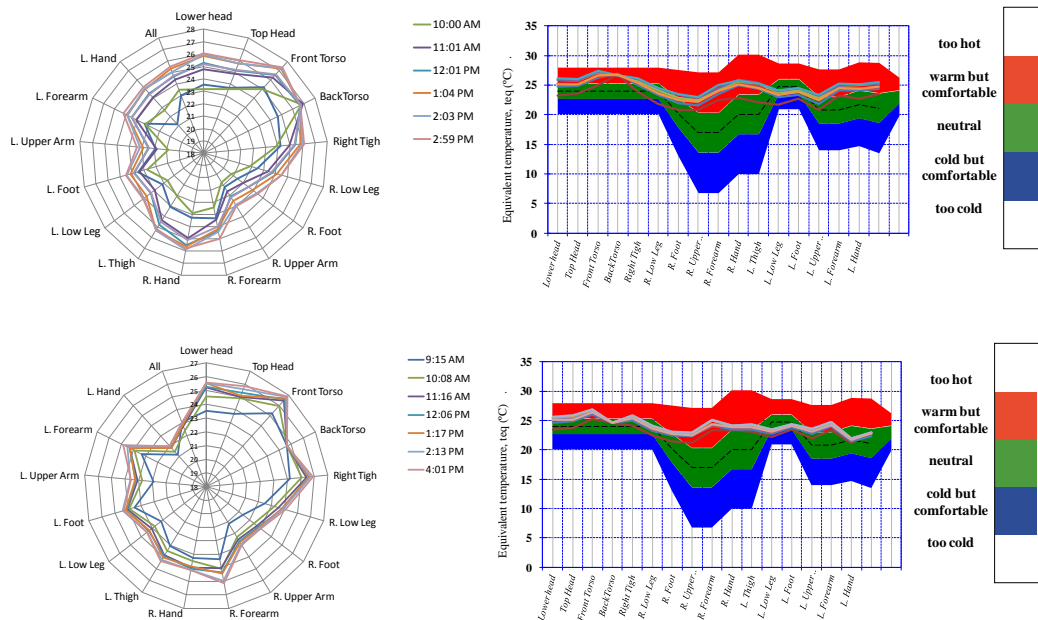
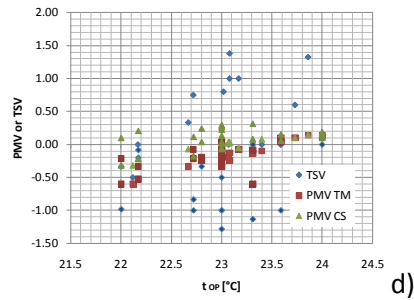
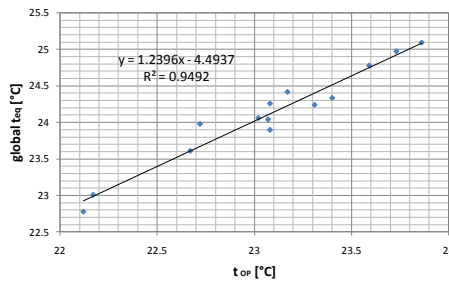
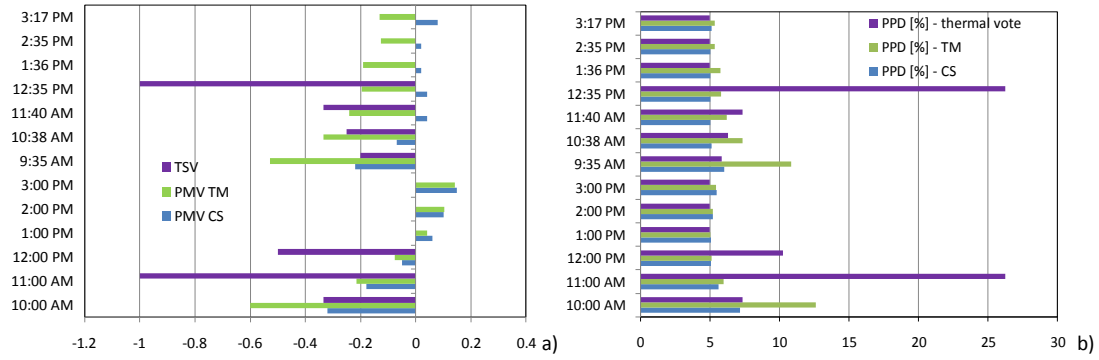
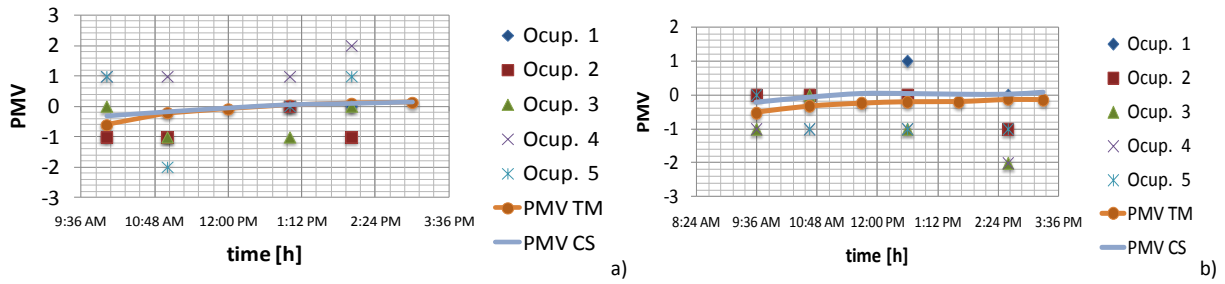


Figura 6: Studii experimentale în spații reale cu destinația birou

Obiectivul 3 - T5, T6

O3T5 constă în achiziționarea unui senzor de CO₂ și a unui generator pentru stația existentă de măsurare a concentrației de poluanți gazoși iar O3T6 constă în adăugarea senzorului de CO₂ în jetul de aer expirat.

Datorită redimensionării succesive a bugetului alocat contractelor de finanțare nu a fost posibilă achiziționarea unui senzor CO₂ compatibil cu standul de măsură al poluanților gazoși existent.

Pornind de la vechea versiune de circuit respirator dezvoltat în 2013, am continuat ameliorarea acestuia și propus o nouă versiune de circuit respirator îmbunătățit (Figura 7).

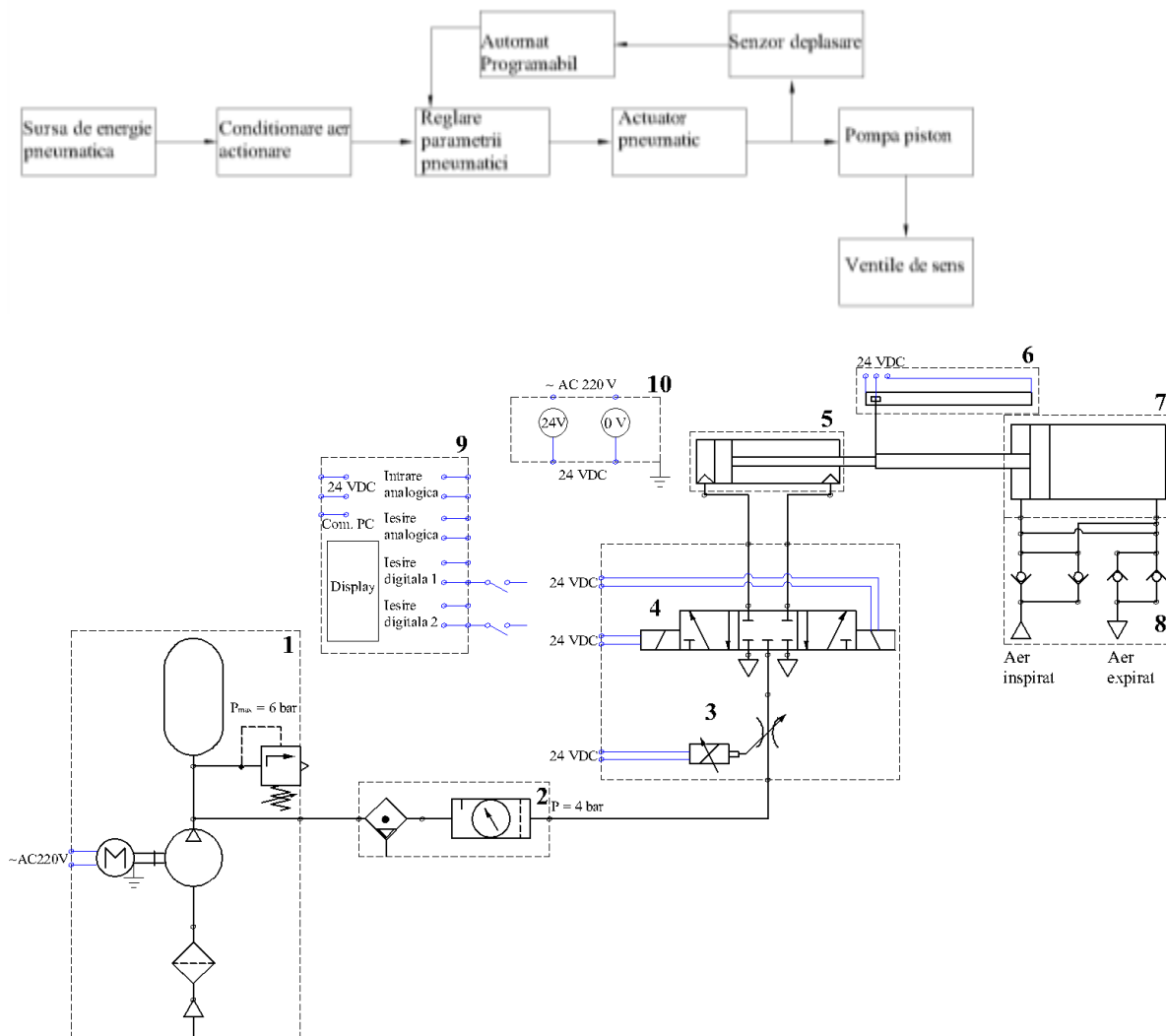


Figura 7: Schema bloc și a modului de funcționare a noului circuit respirator

Automatul programabil conține un program de control asupra parametrilor viteza și poziție a actuatorului pneumatic care acționează pompa cu piston ce realizează debitele de aer la respirație, în patru regimuri: Respirație în timpul somnului; Respirație în timpul unei activități de muncă ușoară la birou; Respirație în timpul unei activități moderate la birou; Respirație în timpul unui mers rapid. În funcție de regimul ales de către utilizator sistemul va funcționa automat realizând cicluri de respirație specifice regimului ales.

În paralel am integrat următoarele tipuri de scenarii în circuitul respirator existent (Figura 8): activitate de repaus, activitate ușoară de lucru la birou și activitate moderată de lucru la birou

[14]. Ansamblul experimental utilizat pentru reproducerea respirației unei persoane cu diferite tipuri de activitate poate fi conectat și deconectat cu ușurință de la prototipul Thermal Boy. Interfața grafică a sistemului și microcontrolerul ce controlează actuatorul au fost și ele ameliorate. Pentru a implementa soluțiile de respirație s-au practicat în manechinul termic două seturi de orificii: unul în plan orizontal cât și unul în plan înclinat la 45 grade față de orizontală (**Error! Reference source not found.b**); această configurație ne permite realizarea unor studii ale jeturilor de aer generate de respirația nazală în cazul manechinului termic avansat.

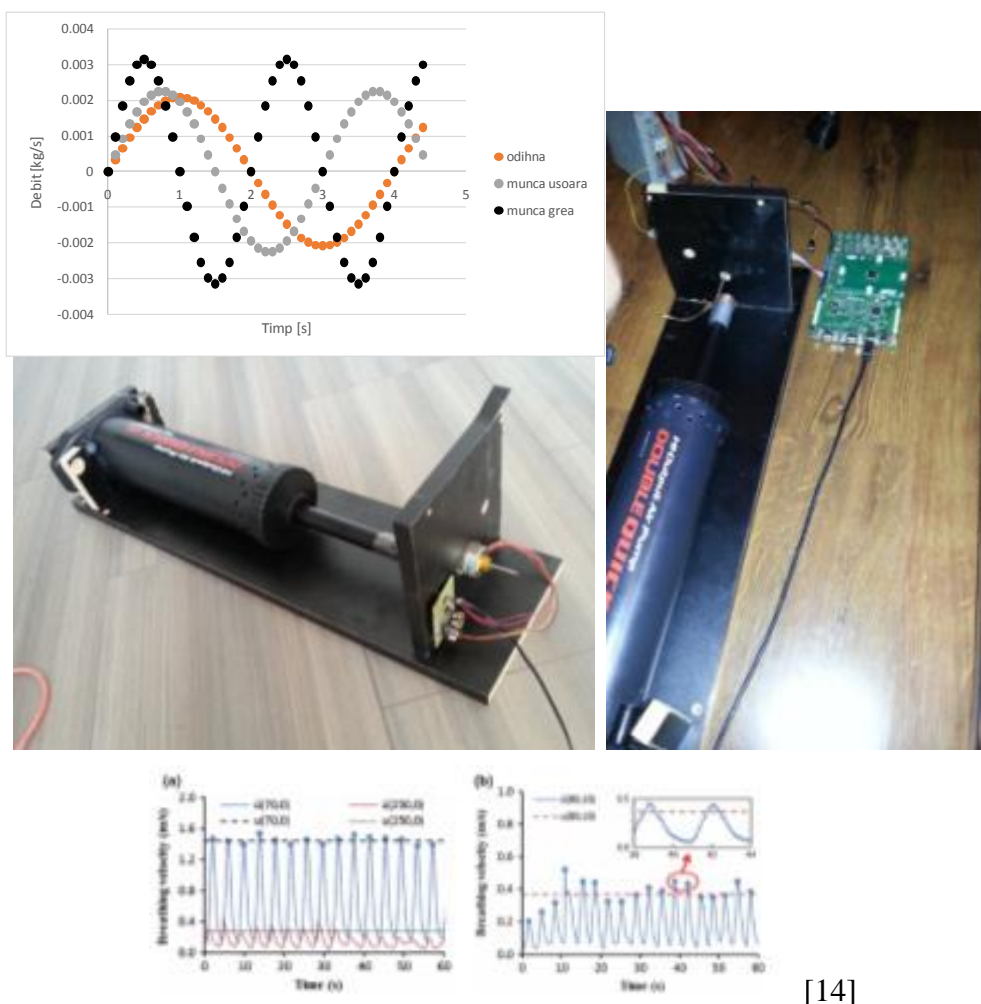


Figura 8: Ansamblu experimental utilizat pentru reproducerea respirației umane

Circuitul respirator existent a fost cuplat cu un alt tip de senzor de CO₂ achiziționat în cadrul unui alt proiect de cercetare. Acest senzor permite monitorizarea nivelului de CO₂ în aerul respirat de către manechin și înregistrarea datelor în memoria proprie sau pe calculator.

Obiectivul 3 - T7

O3T7 constă în studii experimentale utilizând manechinul termic cu circuit respirator și sistem de termoreglare. Acest obiectiv a fost demarat pe parcursul anului 2015 și va fi continuat în 2016 cu ajutorul noului circuit respirator construit și cu senzorul CO₂ actual precum și cu senzorul ce va fi integrat în standul avansat de măsurare a poluanților existent.

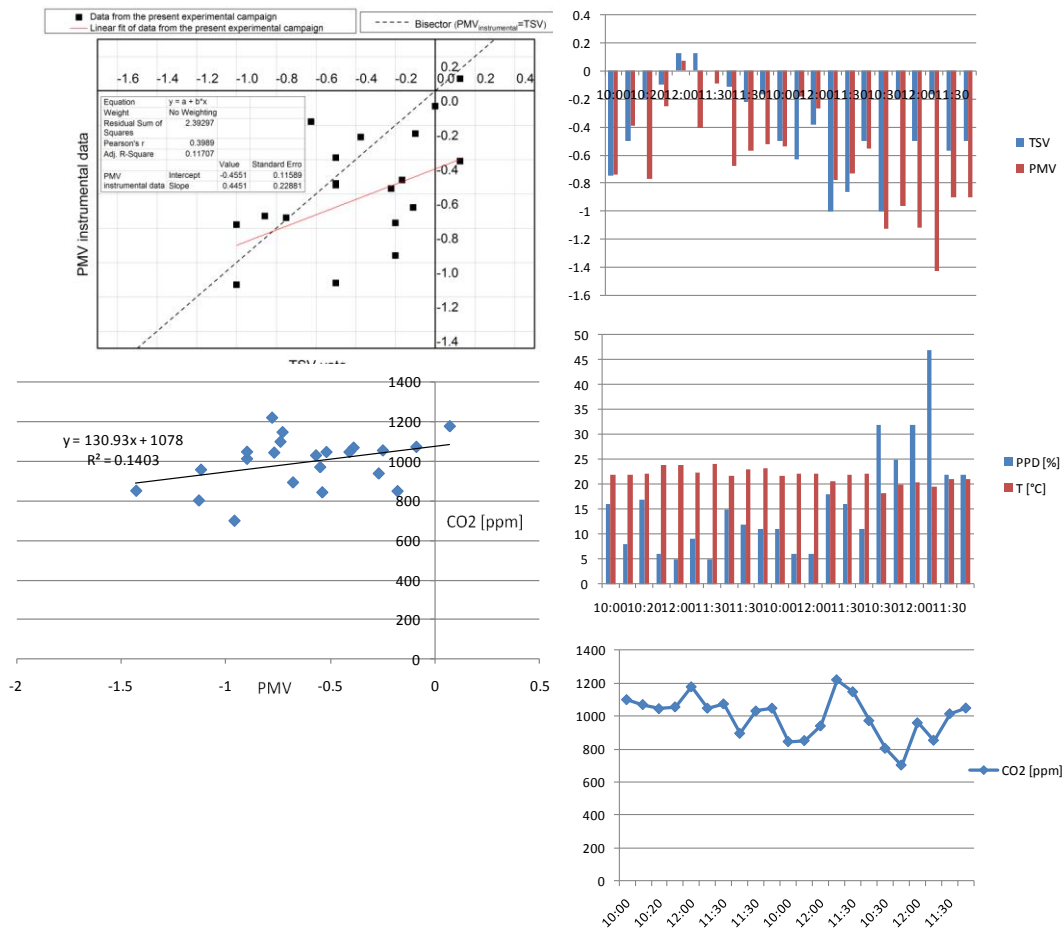


Figura 9: Studii de evaluare integrată a calității ambientale cu ajutorul sistemului standardizat ComfortSense, a manechinului termic și a senzorului de CO2

Obiectivul 3 - T8

Activitatea **O3T8**, de diseminare a noului tip de prototip a continuat și va continua și pe parcursul anului 2016 și este detaliată pe larg în capitolul dedicat diseminării întregului proiect.

Obiectivul 4 - T4, T5

Activitățile **O4T4** și **O4T5** începute încă din 2013 au constat în: studii preliminare și alegerea dispozitivelor inovante de introducere a aerului, studii de confort termic utilizând diferite strategii de ventilare și grile inovante. Am dorit să extindem și să continuăm aceste activități dată fiind preocuparea echipei de cercetare cu predilecție către această direcție de studiu și să menținem testarea de noi grile pe toată durata proiectului. Activități din cadrul O4T5 au fost realocate pentru 2015, iar o parte din sinteza și analiza rezultatelor din O4T4 va continua și în 2016.

A continuat testarea unor dispozitive inovante de refulare (Figura 10, Figura 11) atât din punct de vedere al performanțelor aerulice și acustice cât și din punct de vedere al parametrilor de confort termic. Astfel, am continuat unele studii fundamentale de optimizare amonte a grilelor de diferite geometrii prin studiul interacțiunilor între structurile de tip vârtej generate de către acestea (Figura 10) pentru a testa ulterior configurațiile cele mai performante la scară reală în celula climatică (Figura 11).

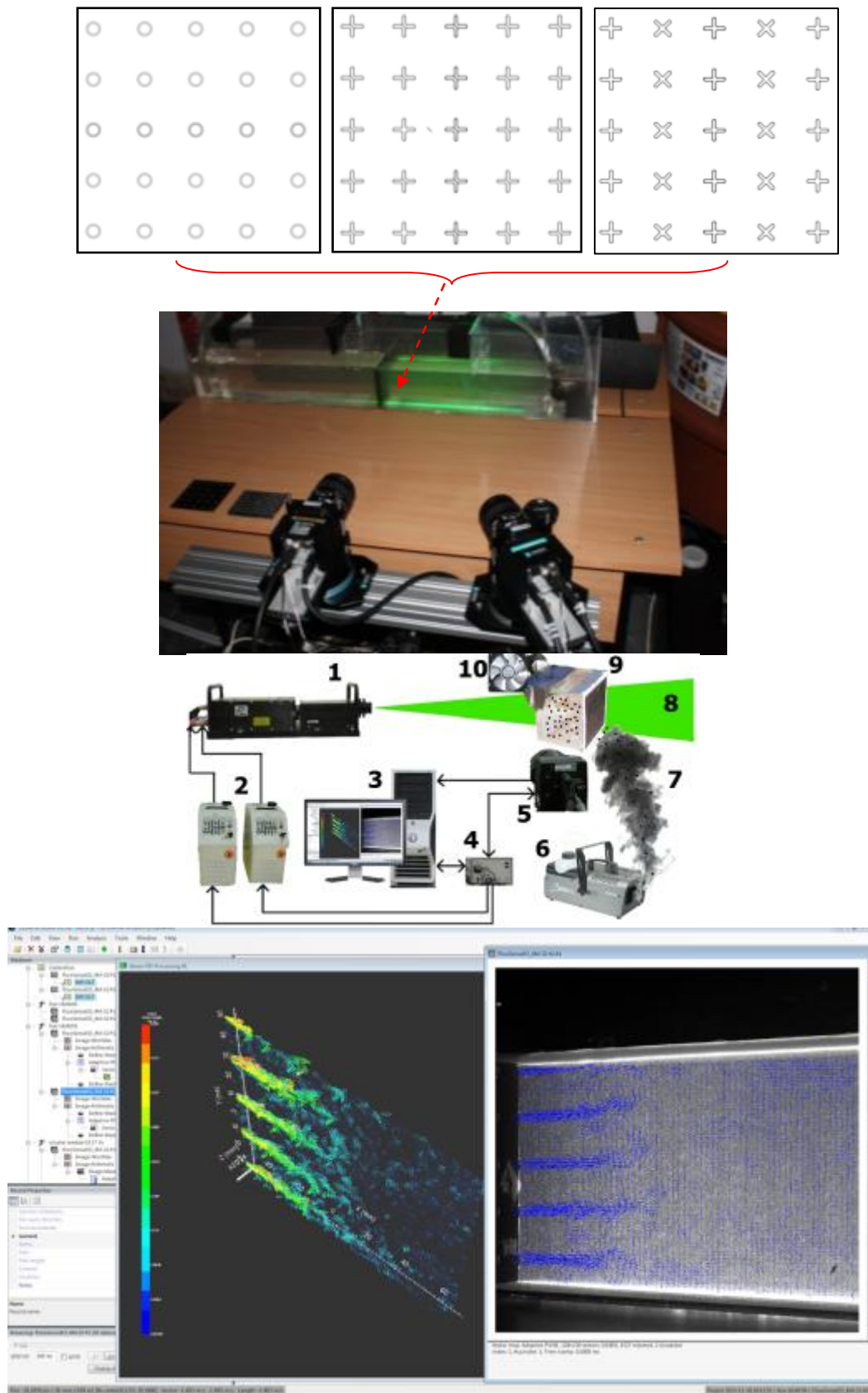
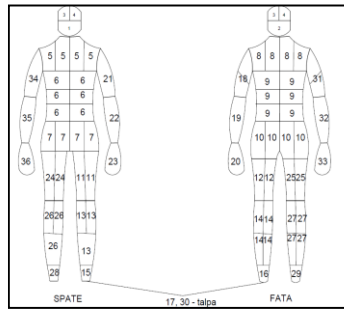
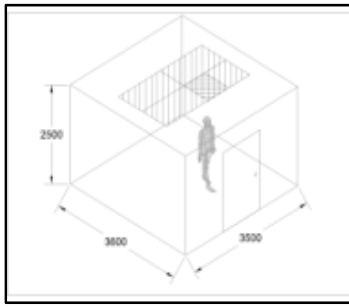
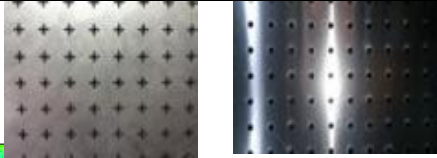
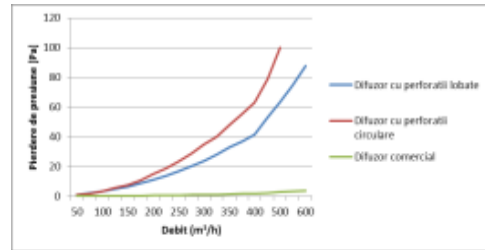


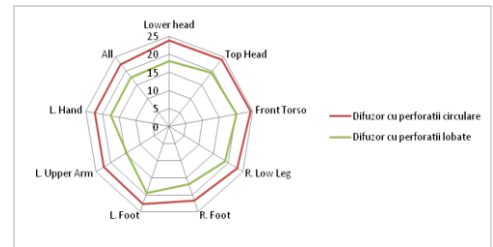
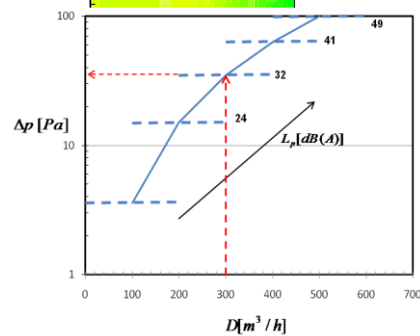
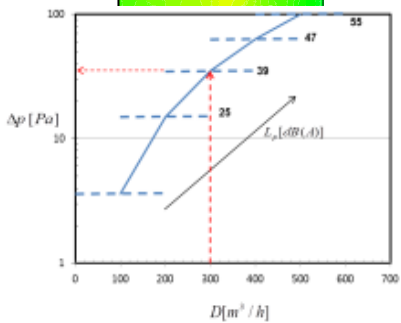
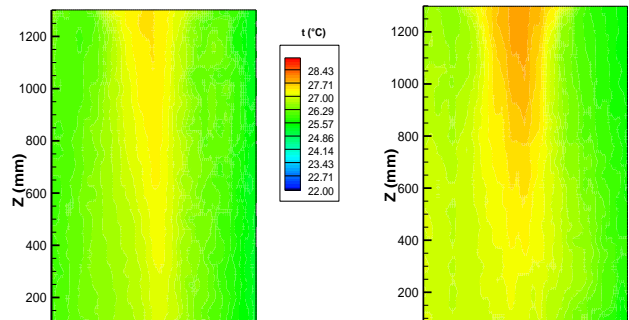
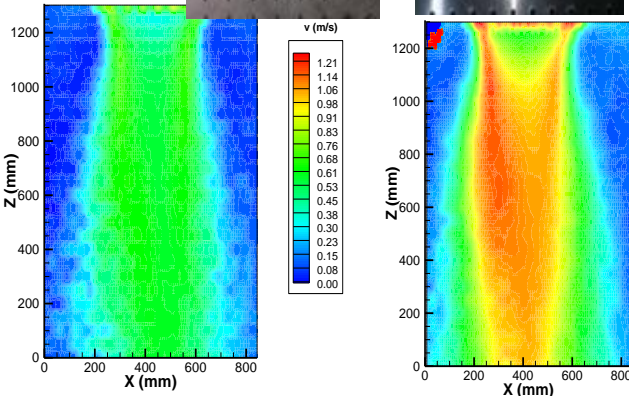
Figura 9: Continuarea studiilor fundamentale de optimizare amonte a grilelor de diferite geometrii prin studiul interacțiunilor între structurile de tip vârtej generate de către acestea



Caracteristicile difuzoarelor																		
No.	Difuzor comercial						Difuzor cu perforatii lobate						Difuzor cu perforatii circulare					
	$A_{ef}=0,1281m^2$						$A_{ef}=0,0189m^2$						$A_{ef}=0,0189m^2$					
	D	Δp	v	N	e	t	Δp	v	N	e	t	Δp	v	N	e	t		
m ³ /h	Pa	m/s	dB(A)	kW	°C	Pa	m/s	dB(A)	kW	°C	Pa	m/s	dB(A)	kW	°C			
1	100	0.3	0.22	24.90	0.014	26.4	3.3	1.5	22.1	0.02	27.1	3.6	1.47	23.3	0.021	27.2		
2	200	0.6	0.43	24.63	0.017	26.5	11.1	2.9	25.3	0.036	27.1	15	2.95	23.6	0.042	27		
3	300	1.1	0.65	24.00	0.22	26.6	23.8	4.4	38.8	0.061	27.1	35	4.42	32.5	0.079	26.9		
4	400	2	0.87	23.37	0.028	26.6	41.4	5.9	47.5	0.094	27.1	63.2	5.89	41.3	0.134	26.3		
5	500	2.9	1.08	22.50	0.035	26.6	63.5	7.4	55.3	0.145	27	100	7.36	49.0	0.22	26.3		
6	600	3.9	1.30	22.99	0.041	26.6	87.8	8.8	64.5	0.211	27	-	-	53.9	-	-		



TESTE AERODINAMICE SI AEROACUSTICE



TESTE DE CONFORT

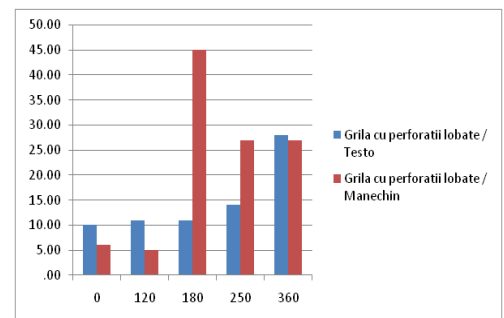
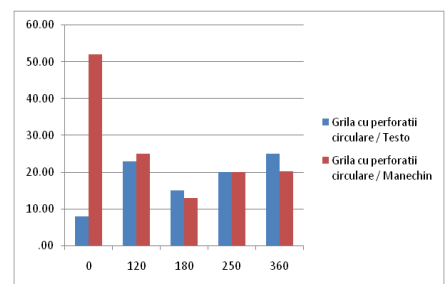


Figura 10: Testarea unor difuzoare de tip panou perforat din punct de vedere aeraulic, al confortului termic si acustic la scara reală în celula climatică

Obiectivul 4 - T7

Am continuat să abordăm **O4T7** și anume brevetarea noilor prototipuri de grile inovante. Noi cereri de brevet sunt în lucru și vor fi depuse la OSIM pe parcursul anului 2016.

Obiectivul 4 - T9

Activitatea **O4T9**, de diseminare a întregului proiect a fost de fapt inițiată încă de la începutul proiectului și a continuat cu succes și pe parcursul anului 2015.

A fost actualizată pagina web a proiectului (<http://www.cambi.ro/inadeva/index.html>), în cadrul site-ului centrului de cercetare CAMBI, cu link-uri către pagina Universității Tehnice de Construcții București, și a Facultății de Ingineria Instalațiilor.

Proiectul a fost prezentat și popularizat în cadrul unei serii de manifestări tehnice și științifice de popularizare. Am participat la expoziția din cadrul Salonului Cercetării 2015 și la expoziția din cadrul conferinței de la SINAIA 2015 A 50-a Conferință de Instalații - Instalații pentru începutul mileniului III "Ediție Jubiliara" unde prototipul de manechin termic a făcut parte din standul Facultății de Inginerie a Instalațiilor.

În cadrul conferinței EENVIRO 2015 a fost organizat workshop-ul "Exploratory research methods for IEQ", la care a fost invitat dr. ing. Peter Trans "părintele" celor mai populari manechini termici utilizați de echipe de referință din domeniul nostru, cum ar fi echipa de la DTU, și al "comfort meter" –ului prezentat în standardul EN 14505 [15]. La acest workshop au participat atât membrii echipei de cercetare cât și invitați internaționali din Franța, Bulgaria, Ungaria, și din țară, de la Universitatea Tehnică din Cluj Napoca, Universitatea Tehnică Gheorghe Asachi din Iași, etc.

În jurul proiectului INADEVA au fost atrași și în acest an alți tineri cercetători din Universitatea Tehnică de Construcții și din țară precum și studenți și doctoranzi. Aceștia au participat activ la organizarea unor planuri de experiențe și la unele campanii experimentale, fiind invitați apoi să participe la competiția REHVA de la SINAIA și la Conferința EENVIRO 2015. Anul acesta în laboratorul nostru am avut patru studenți stagiași de la Universitatea din Caen și două dintre subiectele de stagiu au fost orientate în direcția participării active la testarea de noi difuzoare de aer.

Diseminare

Articole ISI (5 articole)

- [1] C. Croitoru, I. Nastase, F. Bode, A. Meslem, A. Dogeanu, Thermal comfort models for indoor spaces and vehicles—Current capabilities and future perspectives, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44 (2015) 304-318.
- [2] I. Nastase, C. Croitoru, C. Lungu, A questioning of the Thermal Sensation Vote index based on questionnaire survey for real working environments, Accepted to appear in *Energy Procedia*, (2015).
- [3] K. Sodjavi, B. Montagné, P. Bragança, A. Meslem, F. Bode, M. Kristiawan, Impinging cross-shaped submerged jet on a flat plate: a comparison of plane and hemispherical orifice nozzles, *Meccanica (An International Journal of Theoretical and Applied Mechanics AIMETA)*, ISSN 0025-6455, DOI 10.1007/s11012-015-0181-5
- [4] F. Bode, K. Sodjavi, A. Meslem, I. Nastase, Turbulence models assessment in simulating a cruciform impinging jet- flow and wall shear rate analysis, submitted to *International Journal of Heat and Mass Transfer*
- [5] I. Nastase, C. Croitoru, F. Bode, A. Meslem, Investigation of an innovative perforated panel at real scale conditions, submitted to *Building and Environment*

Articole BDI (2 articole)

- [1] I. Nastase, C. Croitoru, Metode moderne de diagnostic al curgerilor în încăperi. Măsurarea vitezelor cu Imagini de Particule (PIV), *Romanian Journal of Building Services*, No. 1, 2015
- [2] I. Udrea, C. Croitoru, I. Nastase, R. Crutescu, V. Badescu, Experimental and theoretical thermal comfort analyses in higher education buildings in Bucharest, *U.P.B. Sci. Bull., Series D*, Vol. 77, Iss. 2, 2015, ISSN 1454-2358, p. 145-156

Articole Conferinte internationale – Proceedings (5 articole)

- [1] P. Danca, A. Vartires, C. Croitoru, I. Nastase, Evaluation of thermal environments in vehicles, *Journées Internationales de Thermique*, Marseille 2015
- [2] A. Vartires, A. Dogeanu, P. Danca, C. Croitoru, The human thermal comfort evaluation inside the passenger compartment, 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2015, www.sgem.org, SGEM2015, Conference Proceedings, ISBN 978-619-7105-38-4 / ISSN 1314-2704, June 18-24, 2015, Book4, 1113-1120 pp
- [3] C. Croitoru, A. Dogeanu, F. Bode, A. Meslem, A. Vartires, Heat transfer analysis for a transpired solar collector numerical model, 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2015, www.sgem.org, SGEM2015 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7105-38-4 / ISSN 1314-2704, June 18-24, 2015, Book4, 939-944 pp
- [4] I. Udrea, R. Crutescu, C. Croitoru, I. Nastase, Viorel Badescu, Preliminary results concerning an adaptive thermal comfort model for the Romanian climat, 14th World Renewable Energy Congress – WREC 2015, Clean Energy for a Sustainable Development, University POLITEHNICA of Bucharest, Romania, 8-12 June 2015
- [5] I. Udrea, I. Nastase, R. Crutescu, C. Croitoru, V. Badescu, Simulation of a Passive House for thermal comfort-analysis, TE-RE-RD 2015, 4-nd International Conference of Thermal Equipment, Renewable Energy and Rural Development, Hotel Posada Vidraru, 04-06 Iunie 2015, Conference Proceedings, Ed. Politehnica Press, 2015, pag. 179-182, ISSN 2457-3302, ISSN-L 2457-3302

De asemenea 2 **abstracts** au fost acceptate pentru conferințe prestigioase în domeniu din 2016.



a)



b)



c)



d)

Figura 9: a) Prezentarea proiectului și a prototipului de manechin termic la conferința de la SINAIA 2015 A 50-a Conferință de Instalații - Instalații pentru începutul mileniului III "Editie Jubiliara" b) Workshop-ul dedicat confortului termic și calității ambientale "Exploratory research methods for IEQ,, desfășurat în cadrul conferinței EENVIRO 2015, c) Prezentarea prototipului de manechin termic în cadrul conferinței EENVIRO 2015, d) Prezentarea proiectului la Salonul Cercetării 2015

Referințe

1. Fanger, P.O., ed. *Thermal Comfort-Analysis and Applications in Environmental Engineering*. ed. C.D.T. Press. 1970.
2. Wyon, D., et al., *Standard procedures for assessing vehicle climate with a thermal manikin*. SAE-Technical Paper Series, 1989.
3. Alahmer, A., et al., *Vehicular thermal comfort models; a comprehensive review*. Applied Thermal Engineering, 2011. **31**(6–7): p. 995-1002.
4. Croitoru, C., et al. *Numerical and experimental modeling of airflow and heat transfer of a human body*. in *Roomvent 2011*. 2011. Trondheim, Norway.
5. Croitoru, C., et al., *Inlet turbulence intensity influence on the thermal comfort in the case of a mixing ventilation system* submitted to Building and Environment, 2011.
6. Cheng, Y., J. Niu, and N. Gao, *Thermal comfort models: A review and numerical investigation*. Building and Environment, 2012. **47**(0): p. 13-22.
7. Croitoru, C., et al., *Thermal comfort models for indoor spaces and vehicles—Current capabilities and future perspectives*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2015. **44**(0): p. 304-318.
8. Arens, E., et al., *Are ‘class A’ temperature requirements realistic or desirable?* Building and Environment, 2010. **45**(1): p. 4-10.
9. Fountain, M.E., *Laboratory studies of the effect of air movement on thermal comfort: A comparison and discussion of methods*. ASHRAE Transactions, 1991. **97**(1): p. 863-873.
10. Charles, K.E., *Fanger’s Thermal Comfort and Draught Models, IRC-RR-162* 2003 Institute for Research in Construction, National Research Council of Canada, Ottawa, K1A 0R6, Canada.
11. Nastase, I., et al., *Investigation of an innovative perforated panel at real scale condition*. submitted to Building and Environment, 2015.
12. Nastase, I., C. Croitoru, and C. Lungu, *A questioning of the Thermal Sensation Vote index based on questionnaire survey for real working environments*. Accepted to appear in Energy Procedia, 2015.
13. Croitoru, C., et al., *Thermal comfort models for indoor spaces and vehicles - current capabilities and future perspectives*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2015. **44**: p. 304-318.
14. Xu, C., P.V. Nielsen, and G. Gong, *Measuring the exhaled breath of a manikin and human subjects*. Indoor Air, 2014. **25**(2).
15. ISO, *Ergonomics of the thermal environment -Evaluation of thermal environments in vehicles Part 2: Determination of Equivalent Temperature*, in *ISO 14505-3:2006*. 2006, ISO.

Director proiect,
Conf. Univ. Dr. Ing. Ilinca Nastase
