

Raport științific sintetic

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 pe întreaga perioada de execuție a proiectului

Introducere

Sistemele de ventilare și condiționare a aerului trebuie să asigure calitatea ambianțelor interioare și să asigure condiții confortabile pentru utilizatori. Actorii acestui domeniu sunt confrunțați cu o adevărată dilemă. Ei trebuie să respecte în același timp noile norme de calitate a aerului ce preconizează ambianțe sănătoase și confortabile, cu constrângerile legate de diminuarea consumului energetic. Putem să constatăm totuși că tehnicile contemporane de refulare a aerului în încăperi nu sunt optimizate pentru a răspunde simultan la cele două obiective indisolubile în ziua de astăzi : confort termic și economie de energie. Problema este deosebit de critică în cazul răcirii, caz în care aerul rece tinde să "cada" în zona de ocupație sub efectul forțelor de gravitație. Astfel, dacă în perioada estivală climatizarea este destinată să aducă un plus de confort ocupanților, aceștia se plâng adesea de senzație de "frig", de "curent" și de dureri de gât. Acest paradox este datorat difuziei neperformante a aerului rece în încăperea tratată legată de calitatea amestecului între aerul de răcire și aerul cald ambiant. În ciuda acestor inconveniente, climatizarea a devenit vitală în anumite situații, mai ales datorită verilor caniculare din ultimii din Europa, unde s-a înregistrat o creștere a consumului energetic datorată climatizării de peste 60% din 2003 și până în prezent. În opinia noastră, această problemă își găsește un răspuns tehnologic la nivelul concepției dispozitivelor terminale de refulare a aerului ce trebuie optimizate în raport cu antrenarea aerului ambiant. Ideea preconizată este legată de îmbunătățirea grilelor de refulare pentru obținerea de jeturi de aer primar mult mai eficiente din punct de vedere al amestecului cu aerul ambiant. Aceste difuzoare inovative vor permite o stabilitate a curgerilor generate și o repartiție optimă a sarcinii termice de răcire sau de încălzire, conducând la o ameliorare a confortului termic și la o reducere a consumului de energie. Pe de altă parte aceste difuzoare cu inducție a aerului mărită conduc la posibilitatea funcționării echipamentelor de climatizare la diferențe de temperatură superioare celor practicate la ora actuală, atât în cazul răcirii cât și al încălzirii. În acest caz pentru sarcini termice constante va fi posibilă o reducere a debitelor de aer refulat și în consecință o reducere a consumului electric datorat ventilatorului. Reducerea dimensiunilor circuitului de distribuție a aerului va conduce de asemenea la un casting în termeni de confort acustic. Tehnica de control pasiv al jeturilor de aer este bazată pe o ce constă în a aplica și adapta anumite geometrii folosite în aeronautică și combustie la dispozitivele de difuzie a aerului în

încăperi. Aceste geometrii speciale de tip « lobat » au fost subiectul a multor lucrări de specialitate [1-17]. La UTCB a fost dezvoltat un concept inovativ de grila de refulare cu aripioare lobate [15]. Acest concept se bazează pe ideea unei modificări relativ simple și ieftine a unor difuzoare murale clasice, utilizate pe scara largă. A fost arătat faptul că jetul de aer generat de acest tip nou de difuzoare antrenează mult mai mult aer ambient decât difuzoarele clasice cu aripioare drepte. Mai mult pierderea de sarcină a grilei inovative nu depășește valoarea celei clasice, iar nivelul de zgomot generat este similar [15]. În cadrul proiectului INADEVA, am dorit să plecăm de la aceste grile inovative, împreună cu alte concepte de difuzoare și să testăm diferite configurații corespunzătoare unor strategii de distribuție a aerului în încăperi menite să favorizeze confortul ambiental și economia de energie.

În domeniul nostru, încă nu este universal acceptat faptul că o concepție judicioasă a parametrilor ambiantelor locuibile trebuie să țină cont și de curenții de convecție generați de sursele de căldură, cum ar fi corpul uman, ce pot să schimbe dramatic configurația curgerilor de aer studiate [18]. În general se ține cont doar de curgerile controlate generate de dispozitivele de refulare. Studii recente [18] arată că poziția zonei în care sunt localizate valori maxime ale vitezei aerului este influențată de repartiția și intensitatea surselor de căldură din încăpere. O serie de studii de tip CFD sunt prezente în literatură, oferind o diversitate de modele ale corpului uman, de la geometrii dintre cele mai complexe până la cele mai simple [19-21]. Dezvoltarea tehnicii de calcul a permis elaborarea unui număr important de studii numerice în care corpul uman este definit cât mai realist cu putință. Rezultatele arată că acestea din urmă sunt cele mai eficiente din punct de vedere al predicției corecte a curgerilor din ambianțe, a confortului termic sau a calitatii aerului. Parametri specifici, cum ar fi, forma, dimensiunile, metabolismul, gradul de îmbrăcare sau activitatea pot influența percepția termică a mediului interior [22]. În același timp modelele numerice trebuie validate experimental. Campaniile experimentale de caracterizare ale confortului termic ce utilizează subiecți umani sunt costisitoare atât financiar cât și din punct de vedere al timpului, și pot fi dificil de validat. Unele abordări experimentale, cum ar fi măsurările PIV, sunt imposibile de realizat datorită problemelor legate de securitatea subiecților. Un compromis interesant este utilizarea manechinelor termice ce simulează într-un mod mai mult sau mai puțin sofisticat corpul uman [23-25]. În acest sens dorim să extindem dezvoltarea prin mijloace proprii a unor prototipuri de manechine termice cu un cost relativ scăzut. Un prim prototip a fost elaborat de către echipa noastră [26]. Acesta are forma reală a unui adult și suprafața sa este împărțită în șase zone distincte [27] ale cărui temperaturi pot fi controlate independent cu ajutorul unor circuite electrice ce au drept element de încălzire banda utilizată în mod curent pentru încălzirea prin pardoseală. Fiecare zonă este prevăzută cu patru senzori de temperatură și un microcontroler pentru a se menține constantă temperatura impusă zonei respective. Manechinul este dotat cu o placă și un software de achiziție ce înregistrează consumul de energie electrică pentru fiecare circuit, cuantificând astfel senzația de disconfort « resimțită » de către manechin. Unul dintre obiectivele acestui proiect a fost acela de a construi un prototip avansat de manechin termic ce va fi capabil să simuleze corpul uman, să măsoare fluxurile de căldură schimbate cu mediul sau ambiant și să își adapteze răspunsul termic în funcție de stimulii primiți din exterior, ameliorând primul nostru prototip și transformându-

ul într-un manechin cu 35 de segmente și un algoritm de control bazat pe modele de termoreglare fiziologice.

Implementarea acestor obiective a necesitat integrarea și dezvoltarea tehnicilor de măsură existente la laborator (sistem PIV, prototip de manechin termic, celula experimentală) pentru realizarea condițiilor specifice pentru studierea ambiantelor interioare.

Activitățile desfășurate în perioada octombrie - decembrie 2011

Proiectul nostru a fost organizat în jurul a patru obiective principale. Fiecare obiectiv a fost gândit să fie împărțit în mai multe acțiuni (tasks). Datorită propunerii ambițioase dezvoltate în cadrul INADEVA, planul de lucru din propunerea de proiect a fost organizat 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. În perioada octombrie - decembrie 2011 au fost prevăzute să se desfășoare în paralel **Obiectivul 1 - Activitatea 1 (O1T1)**, **Obiectivul 4 - Activitatea 1 (O4T1)** și **Obiectivul 4 - Activitatea 2 (O4T2)**.

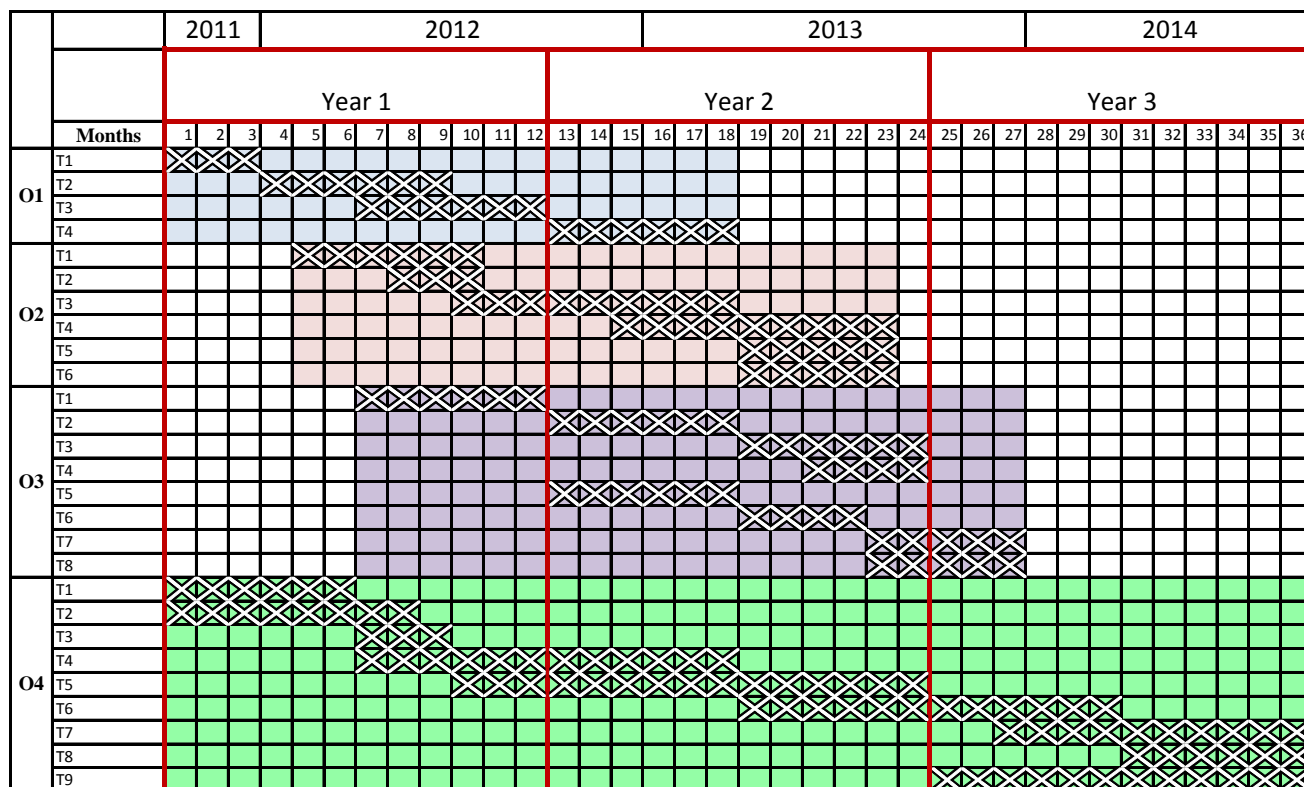


Figura 1: Planul de lucru estimativ al proiectului INADEVA

Obiectivul 1 - Activitatea 1 (O1T1)

O1T1 constă în evaluarea posibilităților de optimizare a concepției manechinului termic avansat cu 35 de circuite. Echipa a identificat o serie de probleme și soluții legate în principal de trei aspecte majore. Primul aspect este realizarea unei difuzii îmbunătățite a căldurii pe suprafețele manechinului. A fost identificat un nou material încălzitor sub forma unei plase flexibile (Figura 2) ce

va reprezenta o sursa de încălzire mai uniformă și mai ușor de fixat la suprafața corpului manechinului. Mostre din acest material au fost comandate pentru a studia caracteristicile electrice și termice.

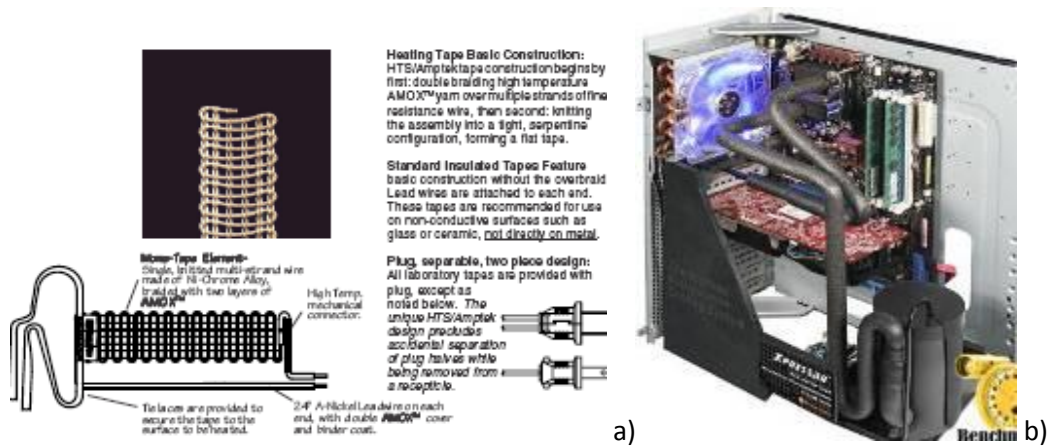


Figura 2: a) Noul tip de material încălzitor propus, b) Sistem de răcire cu agent frigorific pentru computere

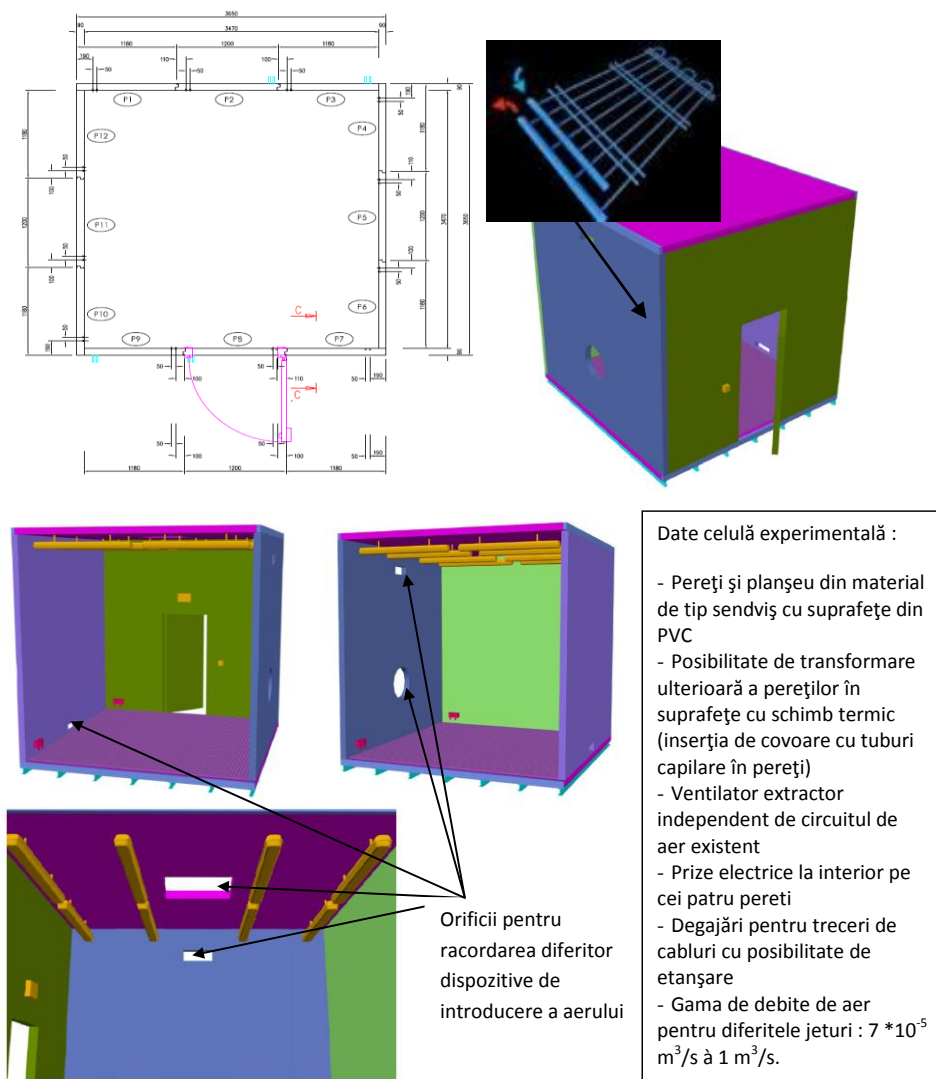


Figura 3: Planul și vederi ale celulei experimentale ce urma să fie construită la UTCB

Al doilea aspect este legat de numărul mare de circuite electrice pentru alimentarea segmentelor și al circuitelor de date. Astfel, s-a hotărât utilizarea unor module de transfer de date cu module de comunicație bluetooth ce vor rezolva o parte din aceste inconveniente, rămânând problema cablurilor de alimentare.

Cea de-a treia problema este legată de disiparea căldurii generate de numărul mare de surse ce vor alimenta circuitele electrice ale segmentelor manechinului. În aceasta direcție a fost găsită soluția utilizării unor mici chilere dedicate stațiilor de calcul (Figura 2b). Acestea vor fi amplasate la interiorul unei carcase ce va fi legată de partea electronică a manechinului.

Obiectivul 4 - Activitatea 1 (O4T1)

O4T1 se derulează pe o perioadă de șase luni și constă în construirea unei celule experimentale, climatică, cu posibilitatea de a realiza diferite strategii de ventilare (de ex.: sus-sus, sus-jos, jos-sus, personalizată), conectată cu circuitul de distribuție a aerului al apartamentului experimental existent, și cu posibilitatea de a fi legată la o mică centrală de tratare a aerului cu debit variabil. Noua celulă va avea pereți termoizolați de tip sendviș cu posibilitatea acestora de a fi transformați ulterior în pereți activi (încălziți sau răciți). Celula va avea dimensiunile de 3.5m x 3.5m x 3m (Figura 3). Ea va fi prevăzută cu un planșeu flotant pentru trecerea canalelor de aer pentru strategia de ventilare jos-sus.

În această perioadă a fost realizat un caiet de sarcini pentru celula experimentală, urmând ca ea să fie construită la începutul anului viitor. În Figura 3 sunt prezentate planul și vederi tridimensionale ale viitoarei celule.

Obiectivul 4 - Activitatea 2 (O4T2)

O4T2 se derulează pe o perioadă de șase luni și constă în up-grade-ul sistemului PIV existent (descrierea lui detaliată se regăsește în [28]) pentru transformarea lui într-un sistem stereoscopic (Figura 4). În această perioadă a fost luată legătura cu producătorii actuali pentru estimarea posibilităților de up-grade ale sistemului existent și s-au obținut niște estimări de costuri. Sistemul final va fi compus din :

- două camere cu dubla matrice CCD de 4Mpx (una dintre ele există deja la UTCB) și două plăci de achiziție de tip „frame-graber”
- un laser YAG de 200mj (existent)
- un sistem de deplasare tridimensional, cu trei axe liniare cu curse utile de respectiv 1m x 1m x 2m, cu controller dedicat
- un suport pentru amplasarea laserului pe sistemul de deplasare
- un braț optic pentru a asigura poziționarea planului luminos corelată cu sistemul de deplasare
- un sistem de sincronizare (existent)
- o stație de lucru dedicată (existentă)

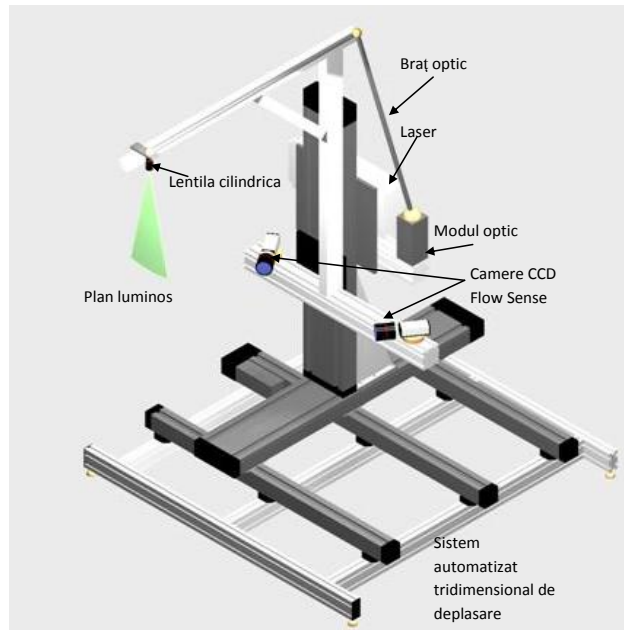


Figura 4: Schema sistemului PIV stereoscopic

A fost realizată 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 (Figura 5).



Figura 5: Pagina web a proiectului

Activitățile desfășurate în perioada ianuarie 2012 - decembrie 2012

În perioada ianuarie - decembrie 2012 au fost prevăzute să se desfășoare în paralel Activitățile 2 și 3 precum și o parte Activității 4 ale Obiectivului 1 (**O1T2**, **O1T3** și **O1T4**), Activitățile 1, 2 și o parte din 3 ale Obiectivului 2 (**O2T1**, **O2T2** și **O2T3**), Activitatea 1 a Obiectivului 3 (**O3T1**) și primele 5 Activități ale Obiectivului 4 (**O4T1-T5**).

O1- Realizarea unui manechin termic vansat cu 35 de circuite	T1: Studiu preliminar pentru optimizarea circuitelor aferente segmentelor	✓
	T2: Achiziția materialelor (manechinul, senzorii, suprafețele incalzitoare, microcontrolere, etc.)	✓
	T3: Dezvoltarea prototipului	✓
	T4: Teste experimentale utilizând manechinul termic	✓
O2 - Adaptarea algoritmului de control și realizarea unui model de termoreglare	T1: Studii teoretice și bibliografice pentru alegerea unui model de termoreglare, dezvoltarea unui model avansat .	✓
	T2: Teste preliminare utilizând 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 unui sistem respirator pe noul prototip de manechin termic	T1: Studii bibliografice pentru alegerea celui mai bun model respirator pentru studiul curgerilor și generării de CO ₂	✓
	T2: Implementarea circuitului respirator pe Thermal Boy 1	✓
	T3: Implementarea circuitului respirator pe noul prototip de manechin	
	T4 : Studii experimentale pe manechinul termic cu sistem de termoreglare și circuit respirator	
	T5: Achiziționare unui senzor CO ₂ și achiziția unui generator de CO ₂ pentru stația existentă de măsurare a concentrației	
	T6: Aduagarea sursei de CO ₂ în jetul de aer expirat	
	T7 : Studii experimentale utilizând manechinul termic cu circuit respirator și sistem de termoreglare	
	T8: Diseminarea noului prototip de manechin	
O4 – Dezvoltarea strategiilor de ventilare utilizând grile inovante și evaluarea confortului termic și a IAQ	T1: Construcția unei noi celule climatice ce permite diferite strategii de ventilare	✓
	T2 : Up-grade sistem PIV	✓
	T3: Studii experimentale în celula climatică	✓
	T4: Studii preliminare și alegerea dispozitivelor de introducere inovante	✓
	T5: Studii de confort termic utilizând diferite strategii de ventilare și grile inovante	✓
	T6: Studii IAQ utilizând diferite strategii de ventilare și grile inovante	
	T7: Optinerea de brevete ale noilor grile inovante	
	T8: Realizarea unei baze de date și a unui catalog pentru noile produse și strategii de ventilare	
	T9: Diseminarea proiectului de cercetare	

Figura 6: Planul de lucru al proiectului INADEVA și activitățile realizate până la sfârșitul lui decembrie 2012

Obiectivul 1 - T1, T2 și T3

O1T1 s-a continuat și în anul 2012 astfel încât am testat și evaluat o suită de soluții legate de diferite tipuri de materiale încălzitoare, reținând o soluție avantajoasă din punct de vedere al difuziei temperaturii și fixării pe suprafața manechinului, și anume silicon cu circuit imprimat integrat (Figura 6b). **O1T2** și **O1T3** au constat în achiziția materialelor necesare realizării manechinului cu

circuite încălzitoare îmbunătățite și conceperii acestuia. **OIT4** ce privește o suită de teste experimentale utilizând noul manechin termic se va incheia în cursul lunii ianuarie 2013.

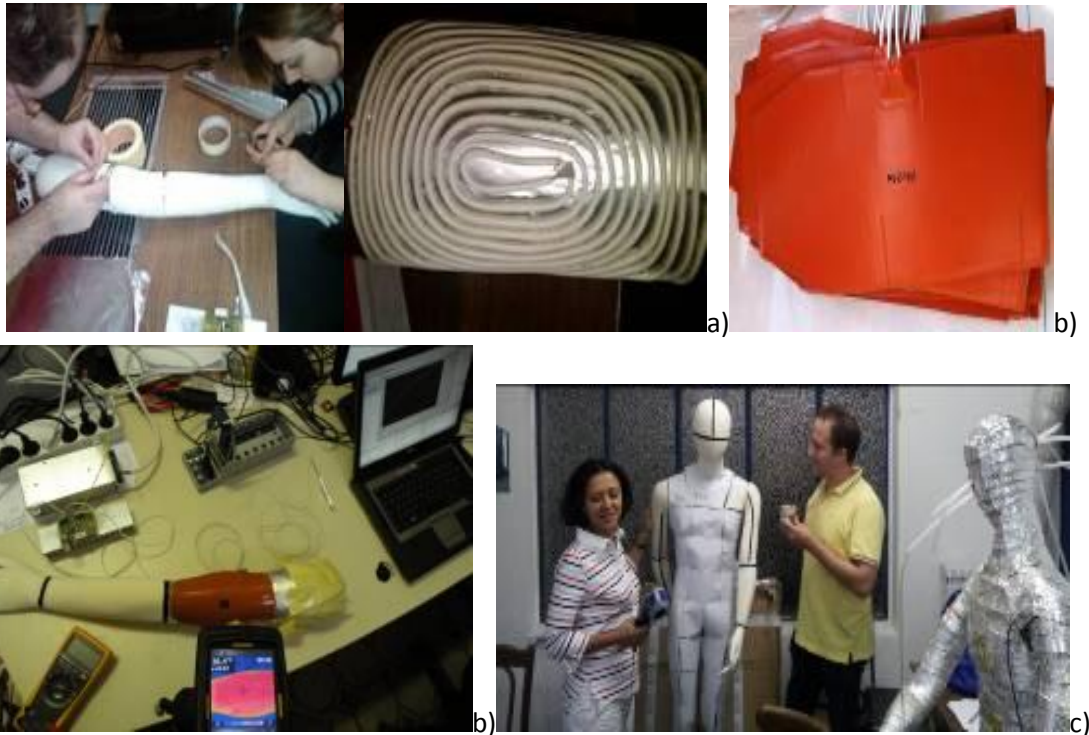


Figura 7: a) Film și fir de nichelină testate, b) Noul material ales și reținut pentru dezvoltarea manechinului, c) împărțirea manechinului în 35 de zone și 90 de subzone - prof. A. Meslem de la Universitatea din La Rochelle în vizită la CAMBI

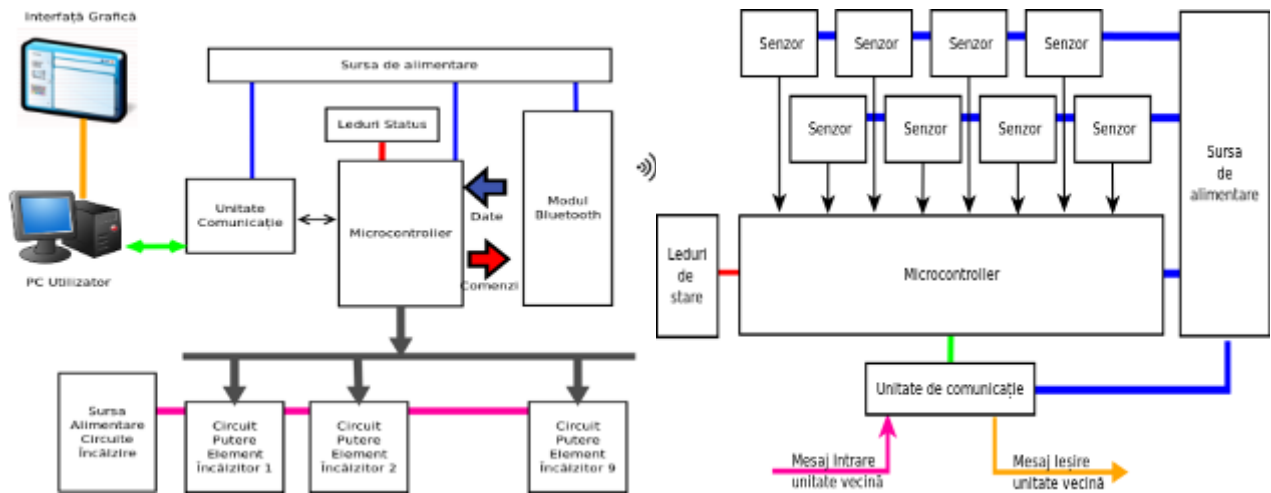


Figura 8: Arhitectura sistemului de control al manechinului termic

Obiectivul 2 - T1, T2 și T3

O2T1, O2T2 și O2T3 au constat în evaluarea, alegerea și implementarea pe baza literaturii existente a posibilității de utilizare a unui model pentru simularea controlului termo-regulator al suprafețelor încălzite. În literatura sunt precizate trei moduri ce pot fi aplicate pentru a controla un manechin termic: (1) modul „confort”, bazat pe ecuația confortului (ISO 7730 1998), aceasta păstrează pierderile de căldură și temperatura suprafețelor manechinului asemănătoare cu pierderile de căldură și temperatura pielii unei persoane normale pentru o anumită valoare a PPD; (2) temperatura suprafeței constantă dar diferită pentru fiecare segment al corpului în parte și (3) flux de căldură constant din corpul manechinului. În această etapă s-a încercat o abordare de tip doi – menținerea temperaturii suprafeței constante pentru fiecare segment al corpului în parte cu ajutorul unui algoritm de reglare dinamic bazat pe modelul IESD-Fiala [29, 30]. Arhitectura sistemului de funcționare a manechinului termic este prezentat în Figura 3

Obiectivul 3 - T1, T2

O3T1 și O3T2 au constat în evaluarea cu ajutorul literaturii existente a posibilității de alegere a unui model de circuit respirator și de implementare a acestuia prima dată pe vechiul prototip de manechin termic Thermal Boy 1, urmând ca odată modelul respirator validat acesta să fie implementat pe noul manechin termic. Am reținut următoarele caracteristici ale acestuia: (1) expirația prin nas generează două jeturi simetrice un plan vertical cu un unghi de 30 între ele, înclinate spre piept la 45 de grade în plan orizontal, expirația din gură trebuie să genereze un jet orizontal, (2) dimensiunea fiecărei nări ar trebui să fie 50.2 mm² (diametrul de 8 mm); deschiderea gurii ar trebui să aibă o formă de semi-elipsoid, cu suprafața de 100.4 mm² [31-33].

Obiectivul 4 - T1, T2, T3, T4 și T5

O4T1s-a derulat pe o perioadă de șase luni și a constat în construirea unei celule experimentale, climatică, cu posibilitatea de a realiza diferite strategii de ventilare (de ex.: sus-sus, sus-jos, jos-sus, personalizată), conectată cu un circuit propriu de distribuție a aerului și cu posibilitatea de a fi legată la o mică centrală de tratare a aerului cu debit variabil. Noua celulă are termoizolați de tip sandwich cu posibilitatea acestora de a fi transformați ulterior în pereți activi (încălziți sau răciți).

O4T2 a constat în Up-grade-ul sistemului PIV existent (descrierea lui detaliată se regăsește în [28]) pentru transformarea lui într-un sistem stereoscopic. Sistemul este compus din următoarele componente: două camere speciale de vizualizare cu dubla matrice CCD de 4Mpx (una dintre ele există deja la UTCB) și două plăci de achiziție de tip „frame-graber”; un laser YAG de 200mj (existent); un sistem de deplasare tridimensional, cu trei axe liniare cu curse utile de respectiv 1m x 1m x 2m, cu controller dedicat (achiziționat cu ajutorul unui alt contract); un suport pentru amplasarea laserului pe sistemul de deplasare; un braț optic pentru a asigura poziționarea planului luminos corelată cu sistemul de deplasare; un sistem de sincronizare (existent); o stație de lucru dedicată (existentă).

O4T3 a vizat testarea experimentală a celulei pentru verificarea parametrilor de funcționare. O4T5 constă în implementarea de diferitelor strategii de ventilare și difuzoare de aer inovative și testarea acestora și se derulează până în martie 2013. O4T6 constă în evaluarea parametrilor de confort termic în condițiile noilor strategii adoptate și se derulează până în martie respectiv octombrie 2013. În acest scop a fost achiziționat și un sistem de evaluare a confortului termic standardizat (Figura 3b)[34].

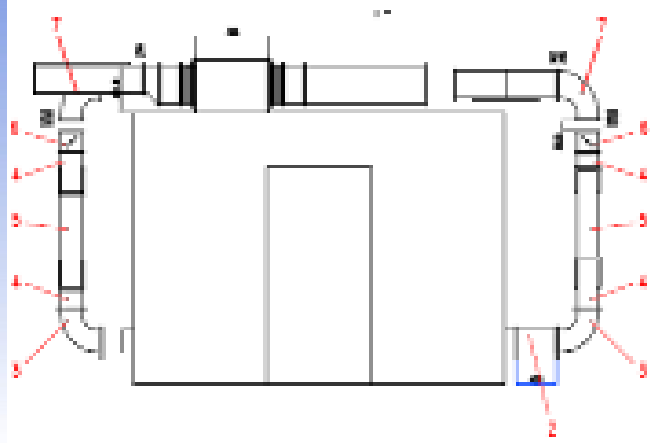
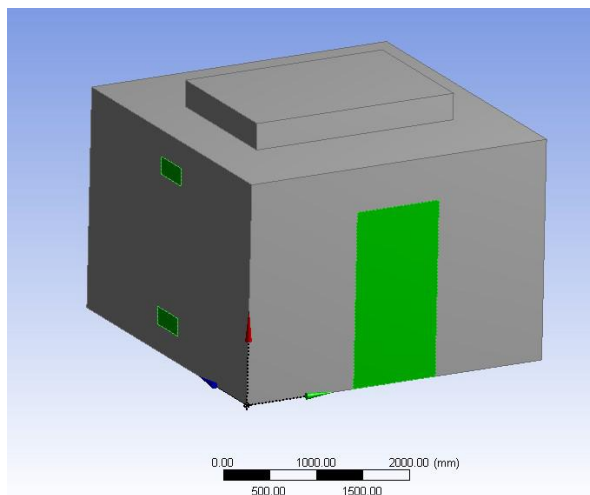
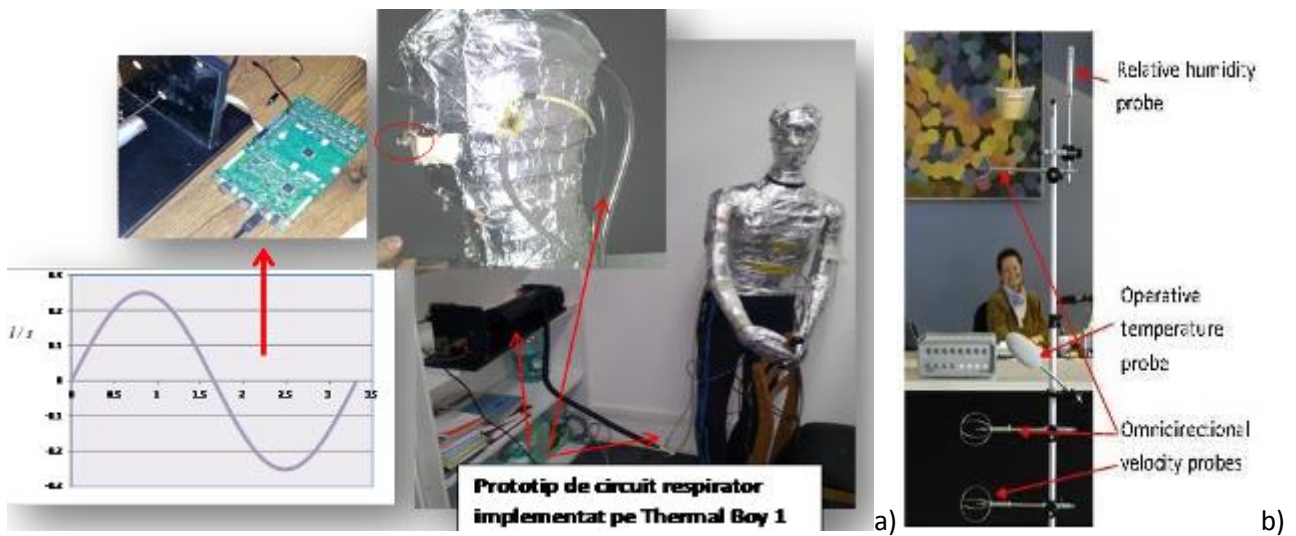


Figura 9: a) Implementarea unui circuit respirator pe primul prototip Thermal Boy 1, b) Sistem standardizat [34] de evaluare a confortului termic (cu sondă omni direcțională de viteză, sondă de temperatura operativă și umiditate relativă) [35], c) Noua celulă experimentală de la CAMBI

O1- Realizarea unui manechin termic avansat cu 35 circuite	T1: Studiu preliminar pentru optimizarea circuitelor aferente segmentelor	✓	
	T2: Achiziția materialelor (manechin de baza, senzori, suprafețe încălzitoare, 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 și bibliografice pentru alegerea unui model de termoreglare, dezvoltarea unui model avansat	✓	
	T2: Teste preliminare utilizând 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	✓	} Activități parțial mutate în 2014
	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 și generării de CO ₂	✓	
	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 și circuit respirator	✓	
	T5: Achiziționarea unui senzor de CO ₂ și a unui generator pentru stația existentă de măsurare a concentrației		} Activități mutate în 2014
	T6: Adăugarea senzorului de CO ₂ în jetul de aer expirat		
	T7 : Studii experimentale utilizând manechinul termic cu circuit respirator și sistem de termoreglare		
	T8: Diseminarea noului tip de prototip	✓	
O4 – Dezvoltarea strategiilor de ventilare utilizând grile inovante pentru evaluarea confortului termic și a IAQ	T1: Construcția unei noi celule climatice ce permite diferite strategii de ventilare	✓	
	T2 : Up-grade sistem PIV	✓	
	T3: Testarea experimentală a celulei	✓	
	T4: Studii preliminare și alegerea dispozitivelor inovante de introducere a aerului	✓	
	T5: Studii de confort termic utilizând diferite strategii de ventilare și grile inovante	✓	
	T6: Studii IAQ utilizând diferite strategii de ventilare și grile inovante		} Activități parțial mutate în 2014
	T7: Brevetarea noilor prototipuri	✓	
	T8: Realizarea unei baze de date și a unui catalog pentru noile produse și strategii de ventilare		
	T9: Diseminarea proiectului de cercetare		

Figura 11: Activitățile realizate până la începutul lui octombrie 2013

Obiectivul 2 - T3 și T4

O2T3 și **O2T4** au constat în: realizarea propriu-zisă a părții de control și testarea modelului de controlului termo-regulator al suprafețelor încălzite pe primul prototip de manechin Thermal Boy 1, implementarea noului tip de control pe noul prototip, și realizarea unor studii experimentale folosind noul prototip de manechin cu sistem de termoreglare. În Figura 12 sunt prezentate schema de principiu pentru toate prototipurile de manechine termice dezvoltate de către echipa noastră și schema de control și alimentare electrică pentru manechinul inițial cu șase zone de control. În paralel a fost abordată pregătirea unui nou soft de achiziție și control pentru toate prototipurile de manechini termice (Figura 13). Acesta este mai complex și totodată mai flexibil în comparație cu softul precedent dezvoltat pentru Thermal Boy 1.

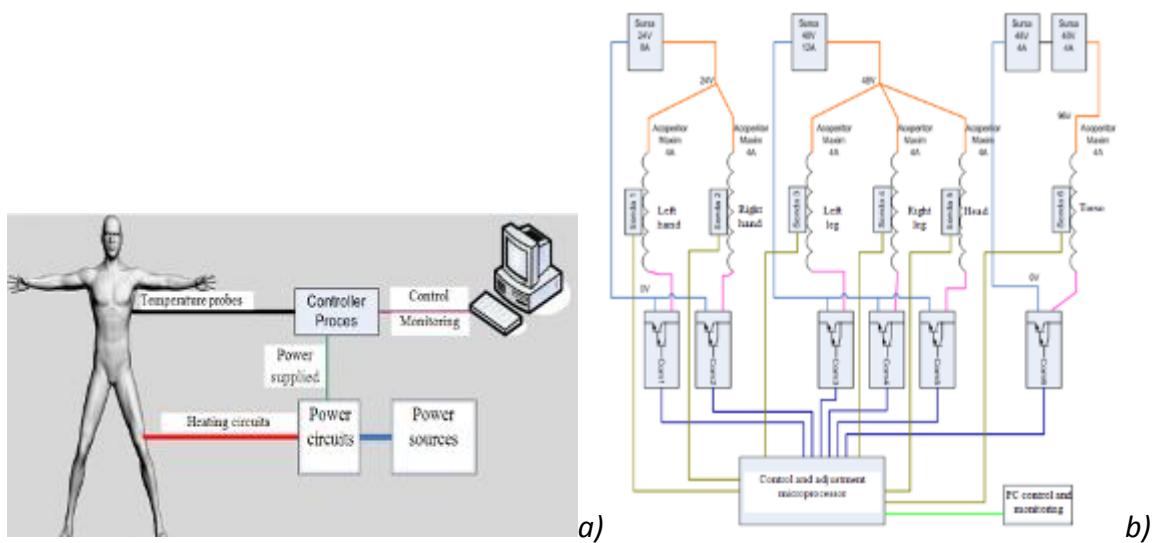


Figura 12: a) Schema de principiu a prototipurilor noastre de manechini termice, b) Schema de control și alimentare a manechinului Thermal Boy 1

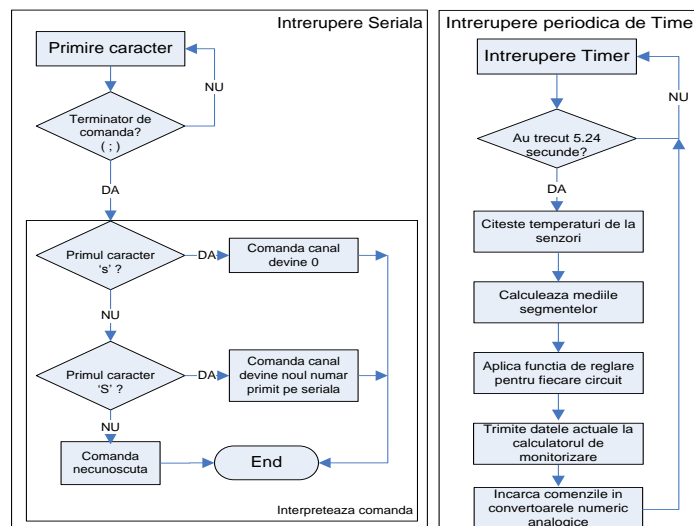


Figura 13: Algoritm de control și funcționare

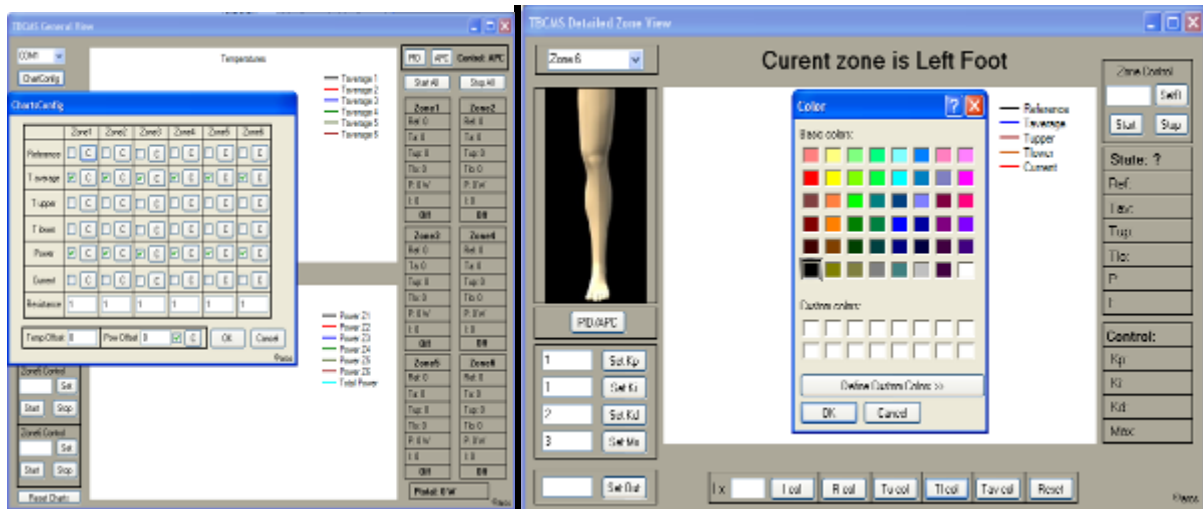


Figura 14: Noul software de achizitie si control

A mai fost dezvoltat un prototip intermediar cu mai multe zone decât Thermal Boy 1 (Figura 15) dar cu o geometrie simplificată pentru testarea algoritmilor de control propuși. Acest manechin are o geometrie formată din module paralelipipedice ce permite realizarea cu ușurință a unor modele numerice pentru calculul de tip Computational Fluid Dynamics, modele ce ne permit sa testăm rapid anumite ipoteze de lucru legate de dinamica curgerilor investigate.

In Figura 16 sunt prezentate diferite comparații între distribuțiile de temperatură măsurate prin termografie IR, obținute prin controlarea celor 9 zone ale prototipului intermediar.

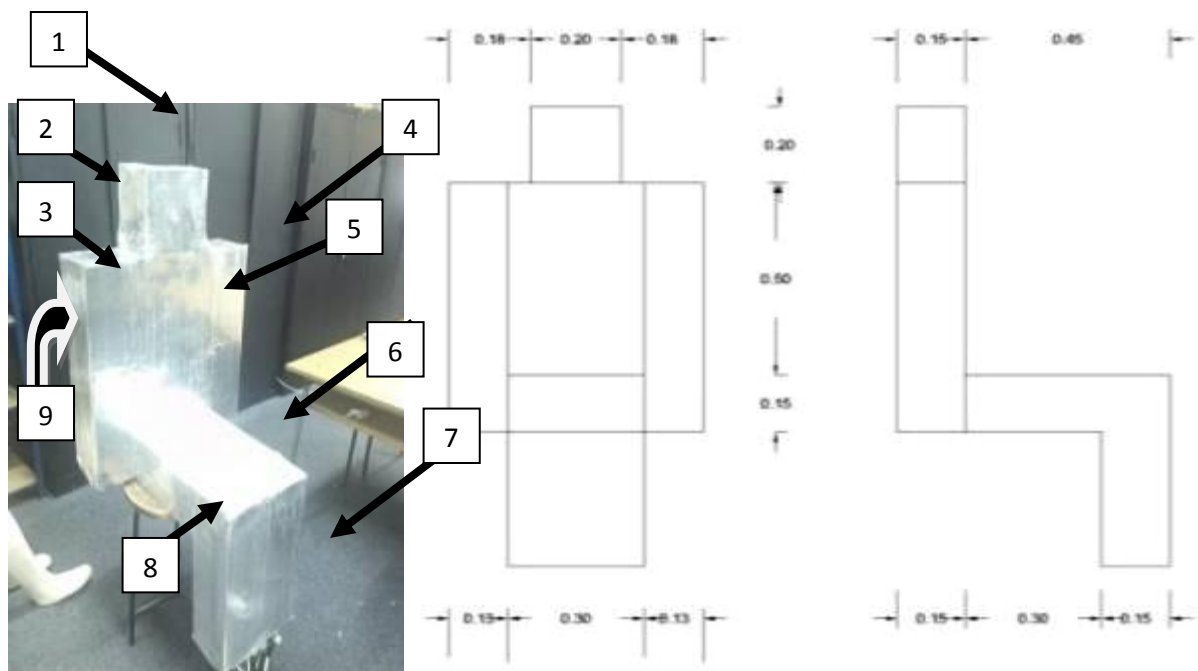


Figura 15: Un nou prototip intermediar, de forma simplificată dar cu mai multe zone față ThermalBoy 1 – Zonele individual controlate ale corpului pentru modelul realizat: 1 – Capul; 2 – Umerii; 3, 4 – Mana dreapta/stanga; 5 – Tors; 6 - Zona femurala; 7 – Partea anterioara a gambelor; 8 – Partea posterioară a gambelor + sezut; 9 – spatele

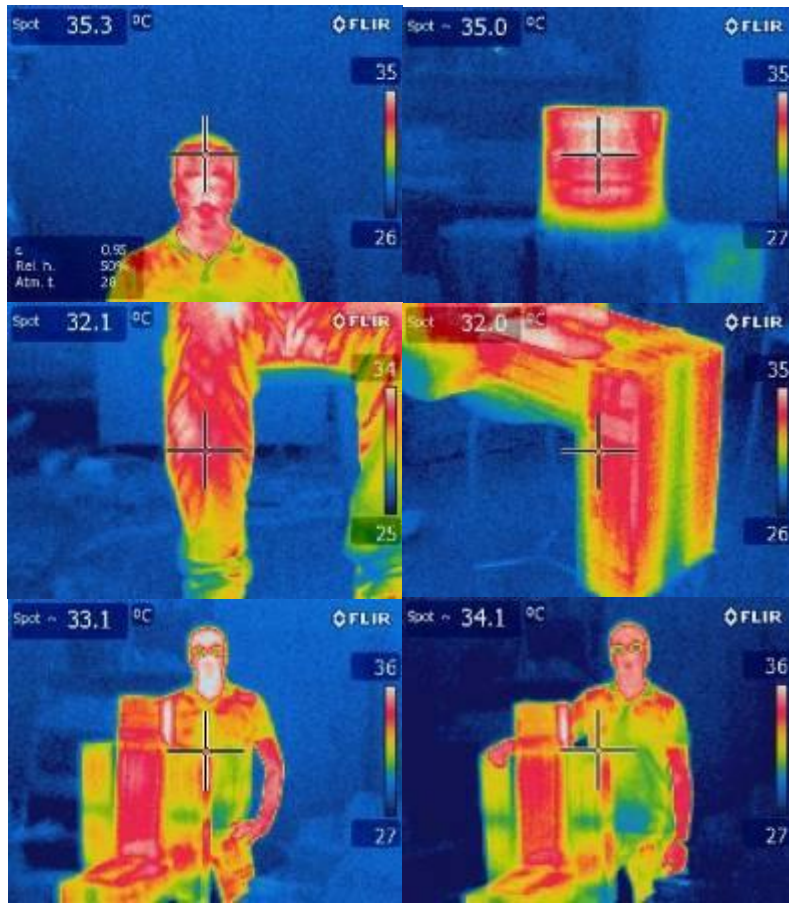


Figura 16: Comparații între distribuțiile de temperatură obținute prin controlarea celor 9 zone ale prototipului intermediar și cele ale unui corp uman

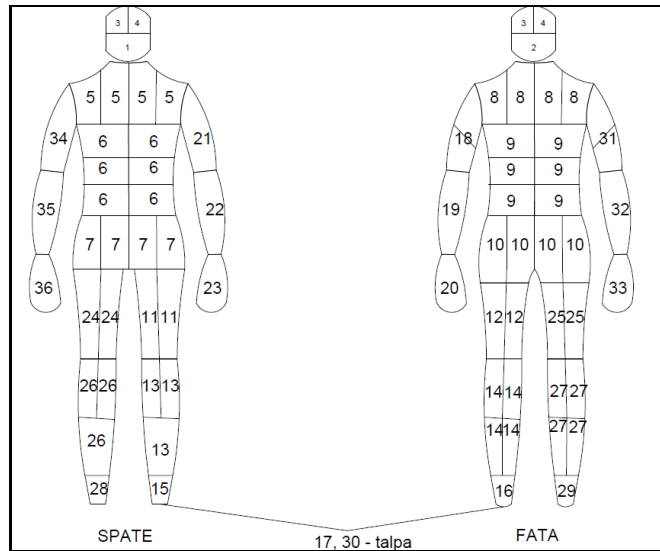


Figura 17: Distribuția zonelor anatomice de control individual al temperaturii pentru noul prototip de manechin termic



Figura 18: a) Diferite etape de realizare ale noului prototip de manechin termic, b) plăcuțe de control ale zonelor, c) testarea fiecărei zone în parte

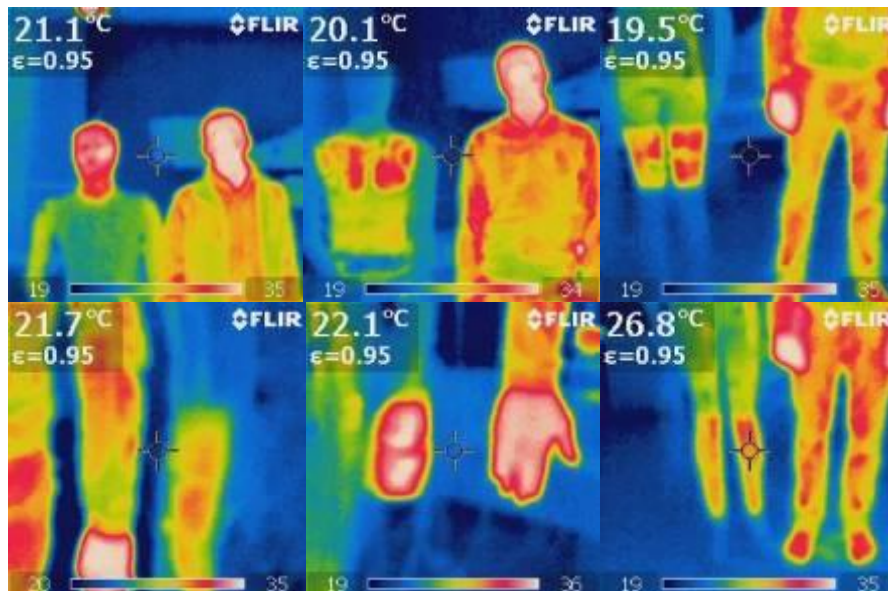


Figura 19: Comparații între distribuțiile de temperatură obținute prin controlarea diferitelor zone ale noului prototip de manechin termic și cele ale unui corp uman

Noul prototip de manechin termic cu circuit respirator are 36 de zone (circuite) distribuite după

zonele anatomice ale corpului uman. Distribuția acestor zone este prezentată în Figura 17. În Figura 18 sunt prezentate diferite etape de realizare a construcției manechinului iar în Figura 19 diferite comparații între distribuțiile de temperatură măsurate prin termografie IR, obținute prin controlarea a diverse zone ale noului prototip cu cele ale unui corp uman.

Obiectivul 3 - T2, T3 și T4

O3T2, O3T3 și O3T4 au constat în: implementarea finală a circuitului respirator pregătit anterior pe Thermal Boy 1, Pregătirea și introducerea circuitului respirator pe noul prototip și studii experimentale pe manechinul termic cu sistem de termoreglare și circuit respirator.

Circuitul respirator pregătit în etapa precedentă a fost implementat și testat pe noul prototip de manechin termic (Figura 20).

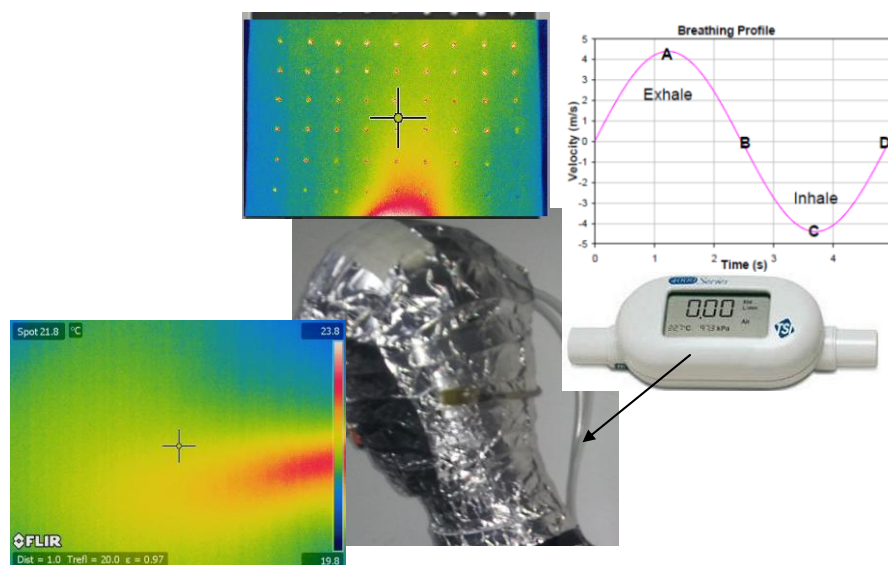


Figura 20: Testarea circuitului respirator

Obiectivul 4 - T3, T4 și T5

O4T3 a vizat inițial testarea experimentală a celulei pentru verificarea parametrilor de funcționare din punct de vedere aerulic. Pe parcursul acestui an a fost implementat, cu ajutorul unui alt contract de cercetare, controlul activ al pereților celulei experimentale și a fost adăugat un nou tip de plenum plafonier. Astfel, se poate considera că obiectivul **O4T3** a continuat prin testarea parametrilor de control climatic ce a fost posibil datorită noilor funcționalități ale celulei.

O4T4 și O4T5 au constat în: studii preliminare și alegerea dispozitivelor inovative de introducere a aerului, studii de confort termic utilizând diferite strategii de ventilare și grile inovative. Activități din cadrul O4T5 au fost realocate pentru 2014, iar o parte din sinteza și analiza rezultatelor din O4T4 este încă în curs.

Au fost testate o serie de dispozitive inovative de refulare (Figura 24) atât din punct de vedere al performanțelor aeraulice și acustice cât și din punct de vedere al parametrilor de confort termic (Figura 21).

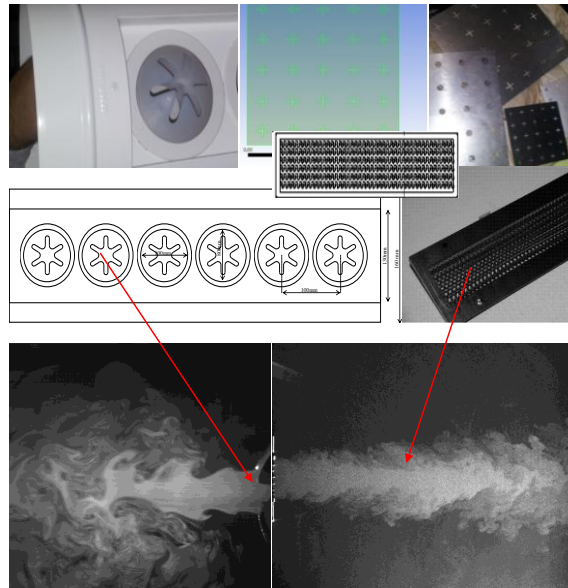


Figura 21: Dispozitive inovante de refulare testate

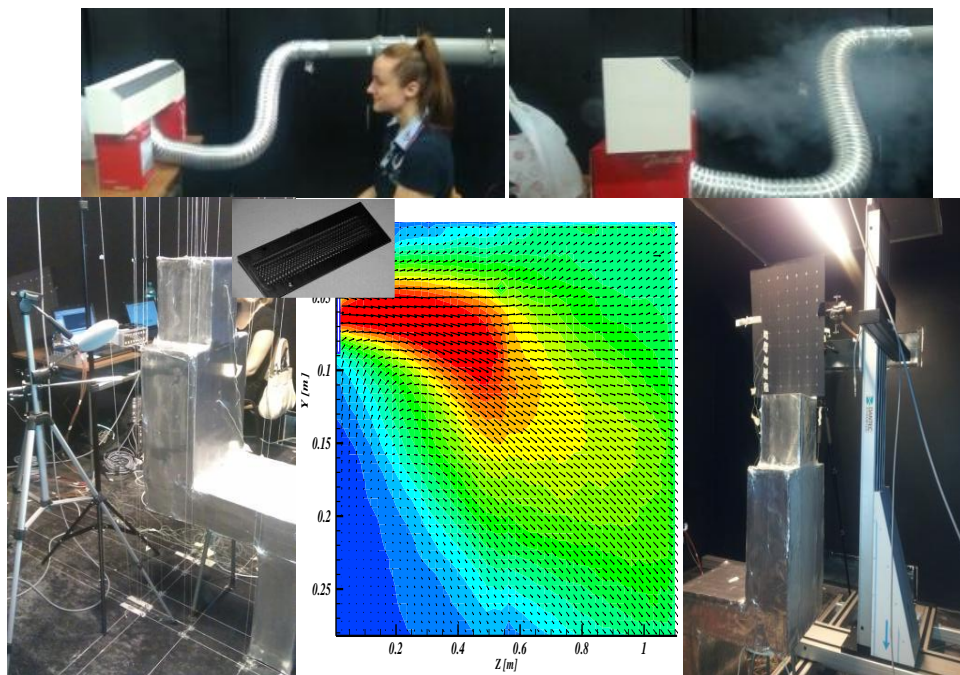


Figura 22: Testarea difuzoarelor din punct de vedere al confortului termic

A fost de asemenea abordat și **O4T7** și anume brevetarea noilor prototipuri de grile inovante. S-au depus la OSIM trei cereri de brevet sunt urmând să se mai depună alte trei. Cele trei cereri de brevet sunt intitulate :

- 1) Difuzor orientabil, cu inducție sporită prin control pasiv al curgerii, pentru ventilarea personalizată
- 2) Caseta cu duze orientabile, cu inducție sporită prin control pasiv al curgerii, pentru ventilarea prin amestec
- 3) Difuzor perforat, cu inducție sporită prin control pasiv al curgerii, pentru ventilarea prin amestec

Activitățile desfășurate în perioada ianuarie 2014 - decembrie 2014

În perioada ianuarie - octombrie 2014 au fost prevăzute inițial să se desfășoare în paralel Activitățile 7 și 8 ale Obiectivului 3 și 6,7,8 și 9 ale Obiectivului 4 conform Figurii 1 – Planul estimativ inițial de lucru al proiectului INADEVA.

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. În Figurile 22 și 23 este prezentat ultima varianta a planului de lucru cu realocările unor activități din 2013 în 2014 și ulterior din 2014 în 2015. 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 și a continuat și în 2015. O4T7 și O4T9 au fost începute încă din 2013 și vor continua până la sfârșitul proiectului. În Figura 3 sunt prezentate activitățile realizate până la începutul lui octombrie 2013. **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 au fost redimensionate pe toată perioada anului 2014 și vor fi continuate și în 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 prelungindu-se astfel activitățile propuse în proiect. Pornind de la noile difuzoare de aer selectate în etapele precedente au fost realizate teste de confort termic cu prototipul Thermal Boy în celula climatică dedicată (Figura 4).

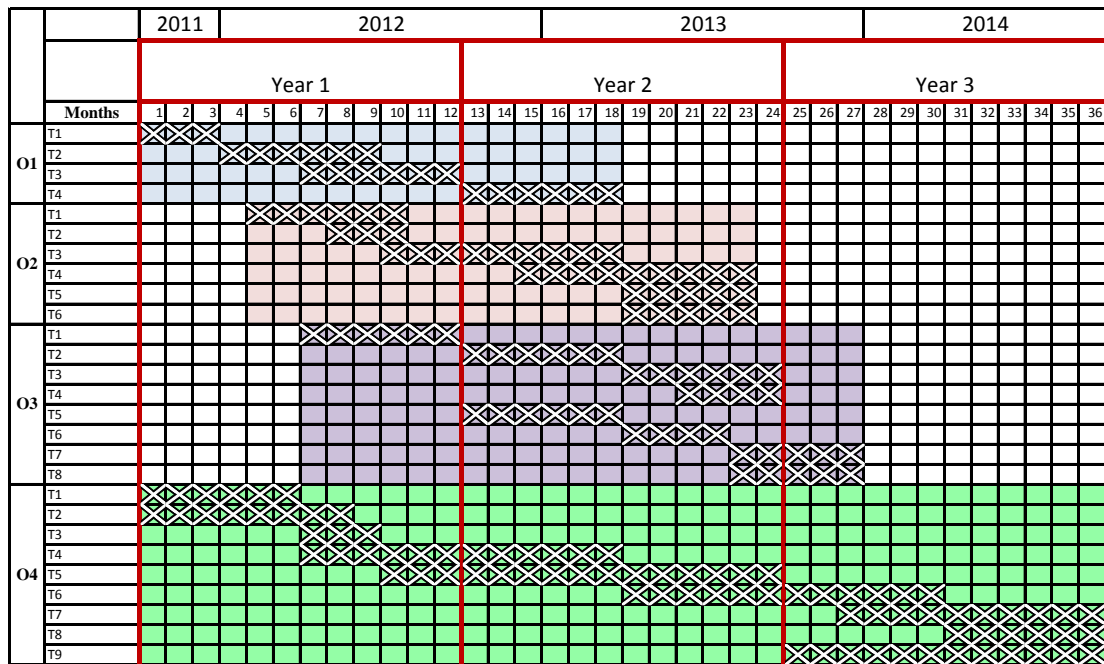


Figura 22: Planul de lucru inițial al proiectului INADEVA

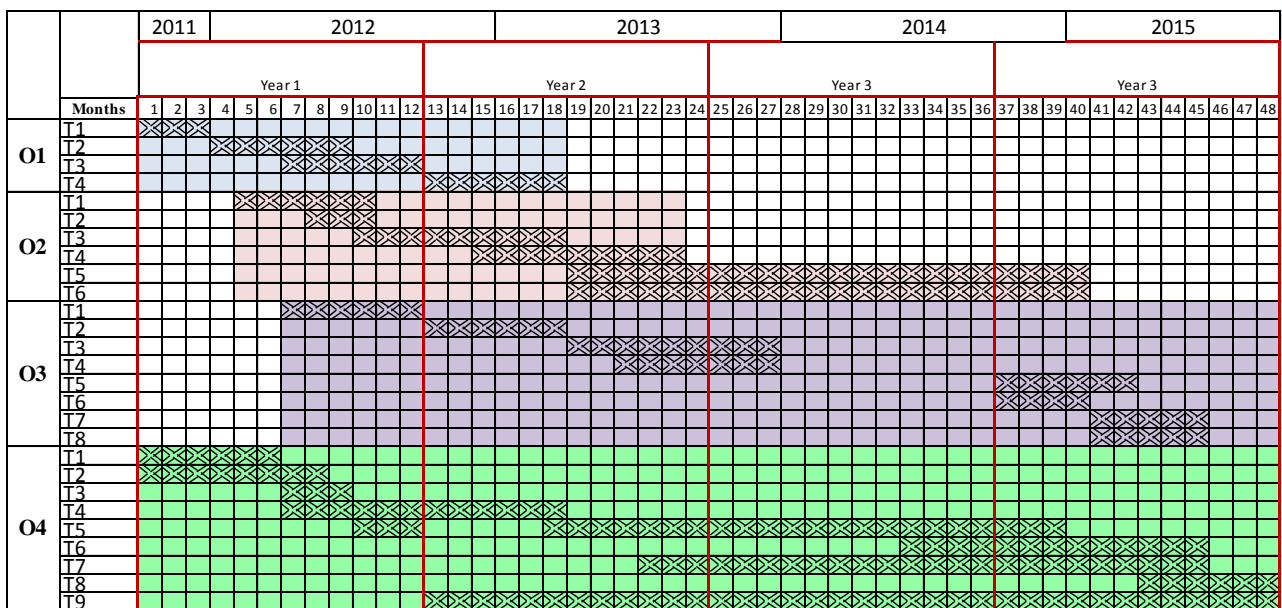


Figura 23: Planul de lucru al proiectului INADEVA reactualizat în funcție de realocările de activități între anii 2014 și 2015

Prototipul a fost confruntat cu sistemul standardizat [36, 37] de evaluare a confortului termic Confort Sense [35] achiziționat anterior și cu studiile subiective pe eșantioane reprezentative de voluntari. Prototipul a fost de asemenea testat în condiții reale în cadrul unor încăperi de tip birou din incinta Facultății de Inginerie a Instalațiilor (Figura 27). Pe baza acestor studii s-au propus câteva idei de ameliorare a unor indici de evaluare a confortului termic din literatura [38, 39] subliniindu-se pe parcursul acestui an necesitatea unei definiții corectate a temperaturii echivalente obținute pe

baza utilizării unui manechin termic [40-42]. Un exemplu de rezultate a unor corelații ameliorate dintre Votul Mediu Previzibil și Votul Termic Subiectiv (și în consecință dintre Procentele de Persoane Nesatisfăcute) obținut pe baza manechinului termic și a studiilor subiective este prezentat în Figura 7. Pe de altă parte am pus în evidență, pe parcursul acestor studii, lipsa de acuratețe a unor determinări globale, cu instrumente standardizate, a indicilor de confort termic [40].

Pe baza campaniilor experimentale din cadrul acestor activități, precum și pe baza studiului modelelor existente în literatură, au fost astfel elaborate două articole ISI, unul acceptat spre publicare în jurnalul Renewable and Sustainable Energy Reviews (Figura 26) [40].

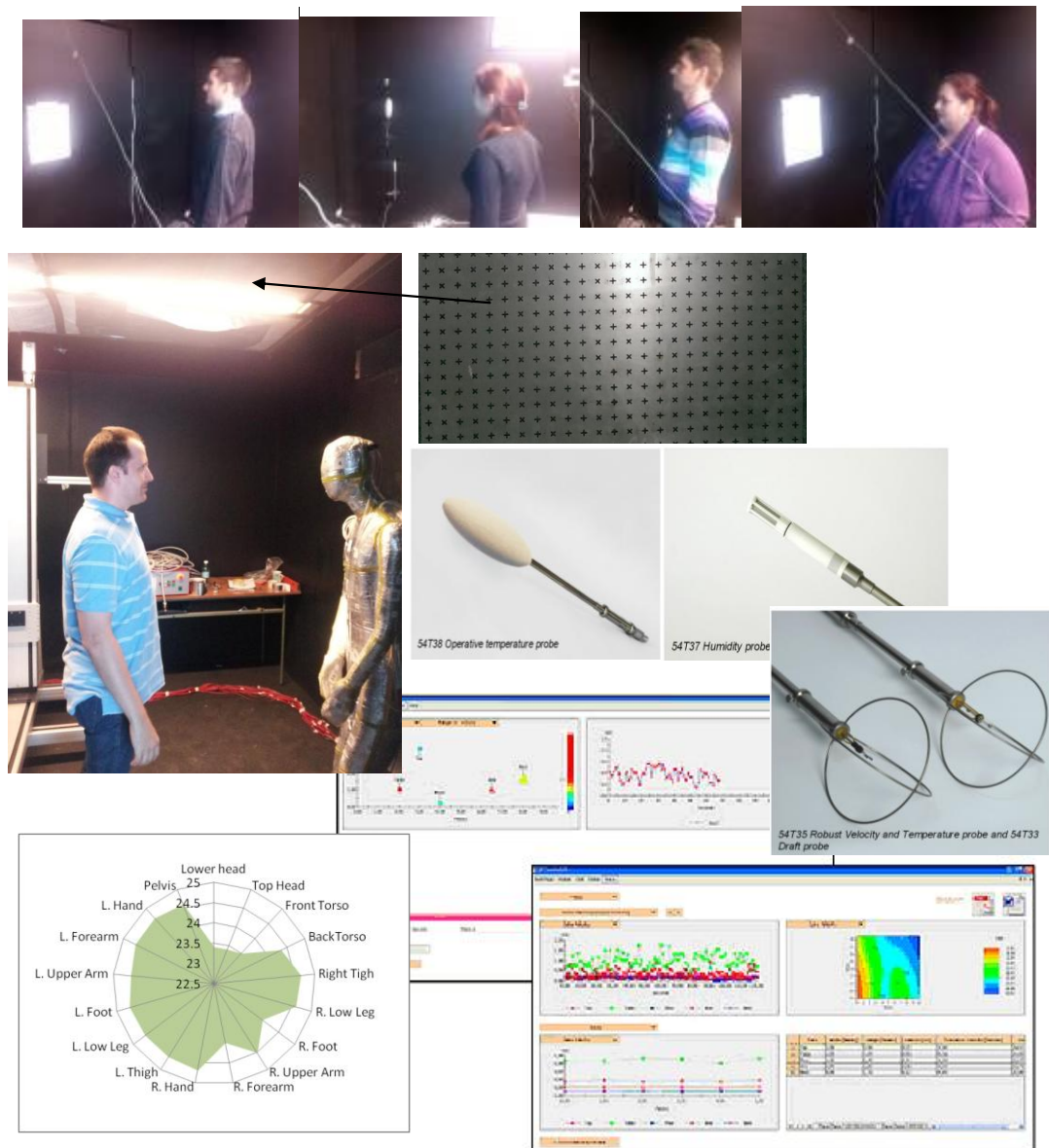


Figura 25: Studii experimentale în celula climatică au vizat compararea diferitelor metode e evaluare a senzației de confort termic: studii subiective, utilizarea unui sistem de măsură standardizat și determinări pe baza prototipului de manechin termic Thermal Boy 1

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	✓	
	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	✓	
	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	✓	
	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		

Activități ce se vor continua și în 2015

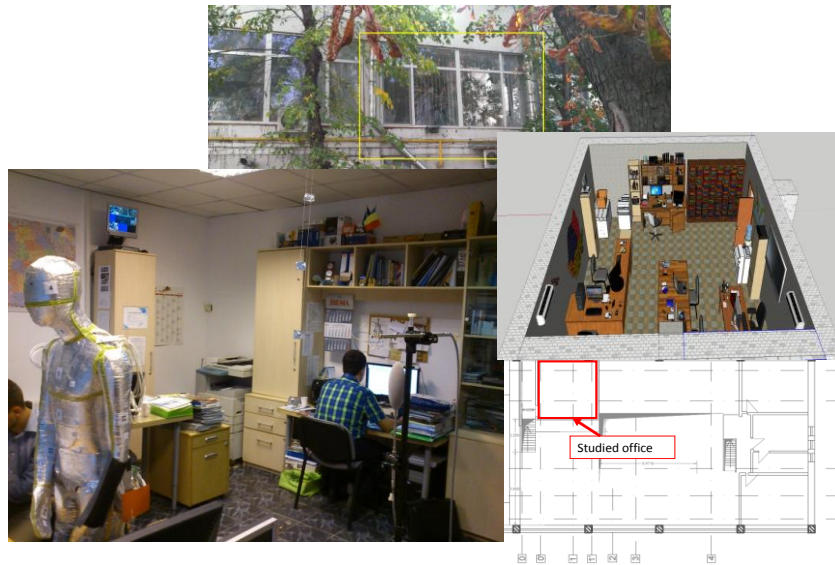
Activități mutate în 2015

Activități ce se vor continua și în 2015

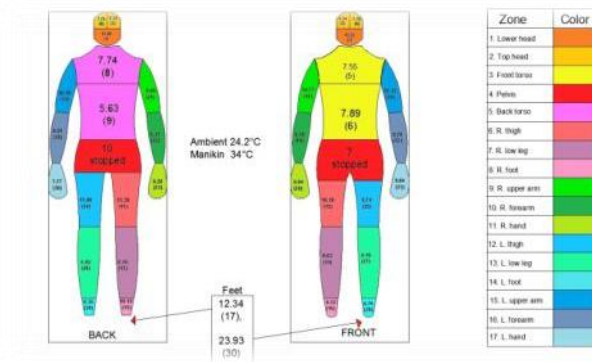
Activități parțial mutate în 2015

Activități mutate în 2015

Figura 24: Activitățile realizate până la începutul lui decembrie 2014



a)



b)

Data: _____ Ora: _____
 Numele: _____ Etajul clădirii la care vă aflați / sala: _____
 Vârsta: _____ Sex: M F

1. Ce senzație termică aveți în acest moment? Bifați o singură opțiune:

Îmi este frig
 Îmi este rece
 Îmi este ușor rece
 Mă simt confortabil
 Îmi este ușor cald
 Îmi este cald
 Îmi este foarte cald

2. Ce preferință termică aveți în acest moment? Bifați o singură opțiune:

Aș prefera să fie mult mai cald
 Aș prefera să fie mai cald
 Aș prefera să fie puțin mai cald
 Nu mi-aș dori nicio schimbare
 Aș prefera să fie puțin mai rece
 Aș prefera să fie mai rece
 Aș prefera să fie mult mai rece

3. În acest moment acest mediu este acceptabil pentru dumneavoastră din punct de vedere termic?

DA
 NU

4. Descrieți nivelul rezistenței termice a îmbrăcămintei:

Pantaloni lungi sau trei sferturi
 Pantaloni scurți
 Camasă sau bluză cu manecă lungă
 Camasă sau bluză cu manecă scurtă
 Maiou
 Sacou
 Jachetă
 Fustă
 Rochie
 Pulover
 Vestă
 Altele și anume: _____

5. Ce activitate ați avut în ultimele 15 minute?

Stat culcat
 Stat pe scaun
 Luat masa
 Stat pe scaun și lucrat la birou
 Activitate ușoară stând în picioare (copiat la xerox, aranjat hârtii)
 Circulat prin clădire
 Activitate grea stând în picioare (mutat obiecte grele, făcut curățenie)
 Altă activitate și anume: _____

c)

Figura 27: a) Unul dintre birourile unde au fost realizate studii experimentale pentru validarea comportamentului prototipului ThermalBoy în condiții reale, b) exemplu de zonare a manechinului pentru comparație cu literatura [?], c) exemplu de chestionare utilizate

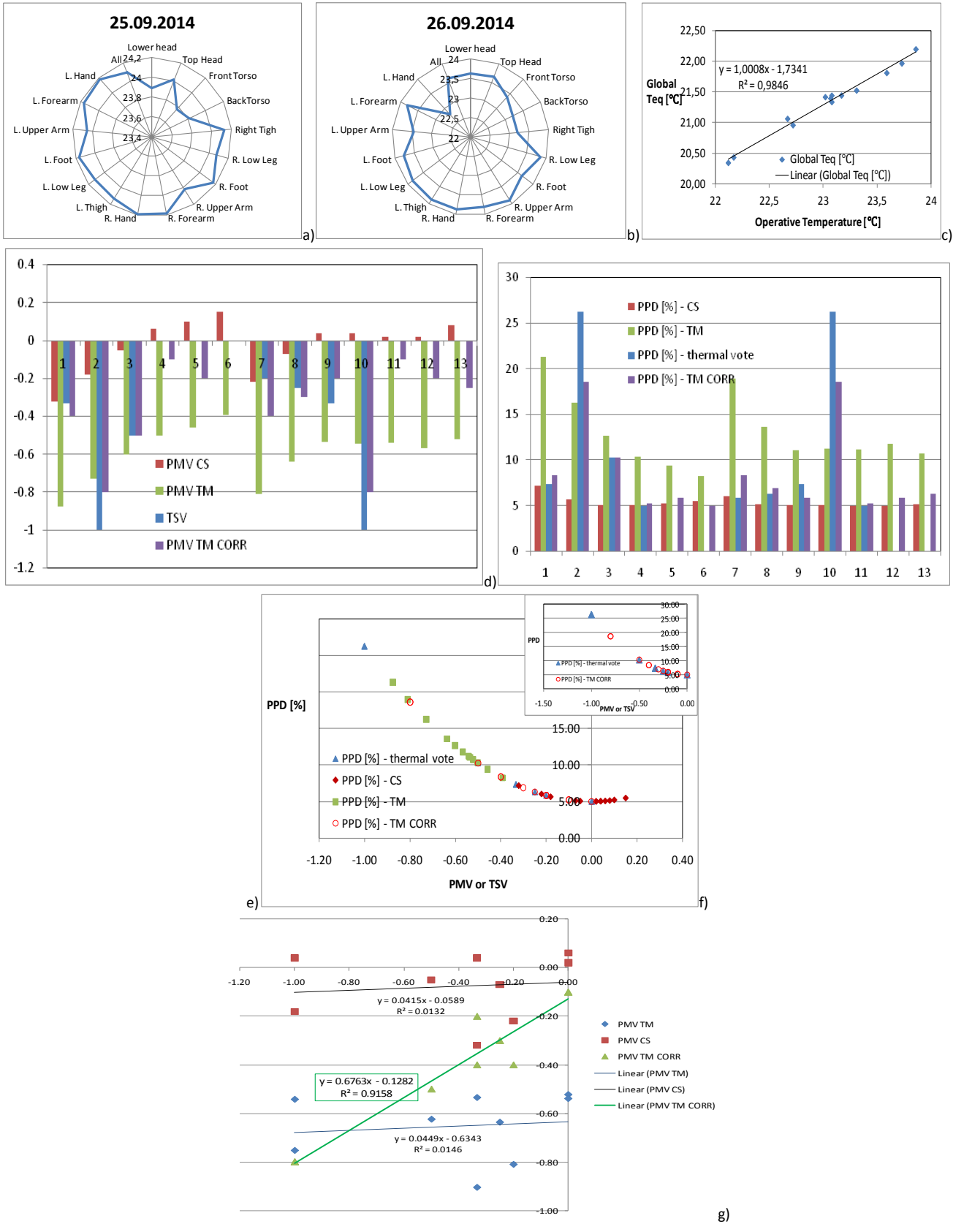


Figura 28: Exemple de corelații obținute pe baza indicelui teq*

Obiectivul 4 - T5, T6, T7, T9

Activitățile **O4T4** și **O4T5** începute încă din 2013 au constat în: studii preliminare și alegerea dispozitivelor inovative de introducere a aerului, studii de confort termic utilizând diferite strategii de ventilare și grile inovative. 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

Dată fiind apariția unor oportunități de „democratizare” a echipamentelor pentru prototiparea rapidă, am reușit să achiziționăm în cadrul proiectului o imprimantă 3D cu un cost redus (Figura 6). Acest echipament ne va ajuta în continuare pentru elaborarea facilă a noi geometrii de difuzoare, fără costurile suplimentare și timpul necesar apelării la servicii externe.

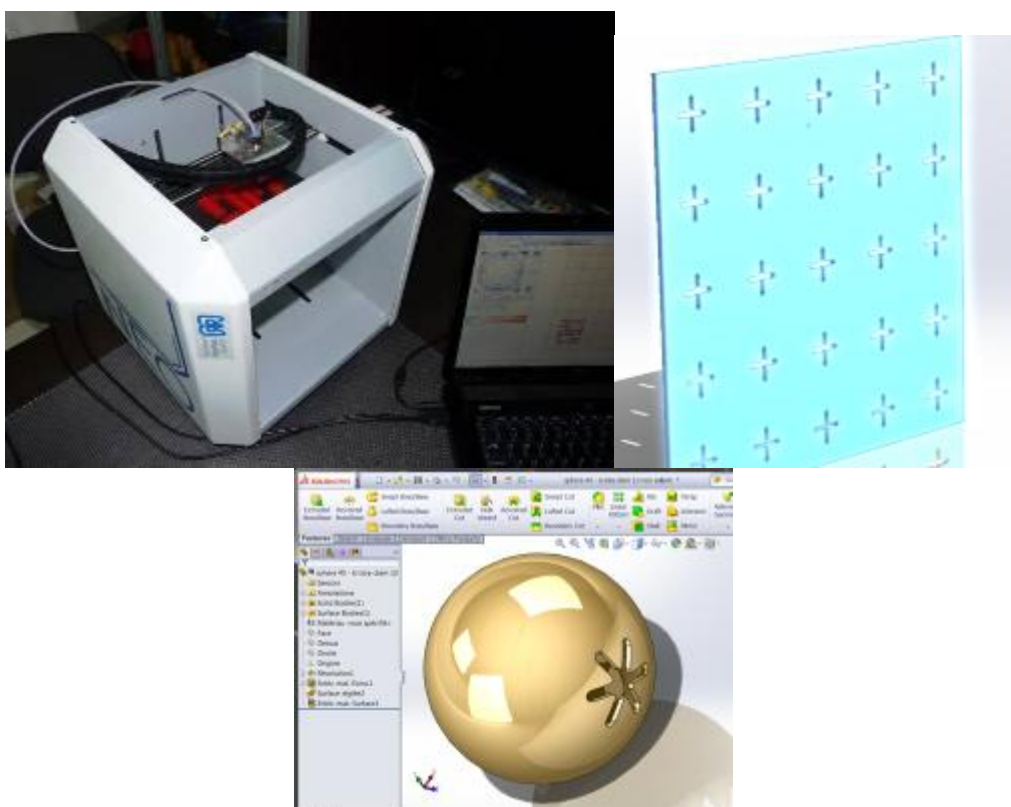


Figura 29: Imprimantă 3D pentru prototipare rapidă

Activități din cadrul O4T5 au fost realocate pentru 2015, iar o parte din sinteza și analiza rezultatelor din O4T4 va continua.

A continuat testarea unor dispozitive inovative de refulare (Figura 4, Figura 8) atât din punct de vedere al performanțelor aeraulice și acustice cât și din punct de vedere al parametrilor de confort termic.

Am continuat să abordăm **O4T7** și anume brevetarea noilor prototipuri de grile inovative.

S-au depus la OSIM două noi cereri de brevet :

- 1) Difuzor orientabil, cu inducție sporită prin control pasiv al curgerii, pentru ventilarea personalizată în automobil
- 2) Caseta cu aripioare orientabile, cu inducție sporită prin control pasiv al curgerii, pentru ventilarea prin amestec

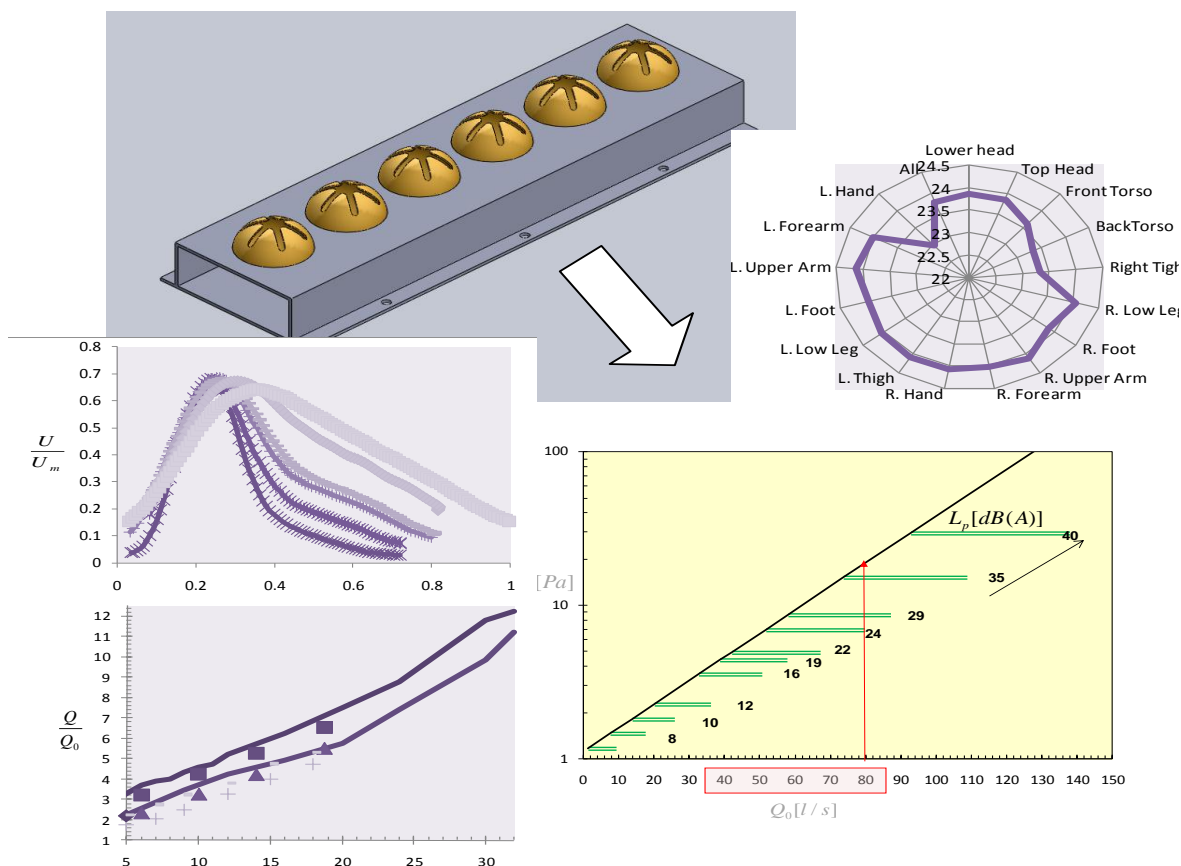


Figura 30: Testarea difuzoarelor din punct de vedere aerulic, al confortului termic si acustic

Activitatea **O4T9**, de diseminare a fost de fapt inițiată încă de la începutul proiectului și dorim să menționăm o parte din rezultatele îmbucurătoare ale acesteia.

În contextul proiectului INADEVA s-au născut o serie de idei noi în prelungirea celor două direcții inovatoare abordate, și anume, dezvoltarea de dispozitive inteligente de distribuție a aerului pentru habitacul automobilelor și dezvoltarea unor noi dispozitive de evaluare a confortului mediului interior pentru diferite aplicații și în interacțiune cu utilizatorii. Pe parcursul celor aproape trei ani de proiect desfășurați, în jurul echipei de cercetare au fost atrași și alți tineri cercetători din Universitatea Tehnică de Construcții și din țară. Numeroasele prezentări, workshop-uri de prezentare, mese rotunde, organizate eu creat o anumită efuziune în jurul acestui proiect și au inspirat o serie de membri ai echipei și nu numai să încerce să dezvolte câteva dintre temele abordate și să propună la rândul lor noi direcții de cercetare și noi proiecte. Cel mai notabil rezultat în acest sens este constituit de Proiectul PN-II-PT-PCCA-2013-4-0569 INSIDE care vizează studiul sistemelor HVAC pentru o calitate ambientală superioară în autovehicule. Partenerul industrial din cadrul acestui proiect este Renault Technologie Roumanie. Acordul de cooperare cu Universitatea Tehnică de Construcții București a fost obținut în urma prezentării unor rezultate promițătoare din proiectul INADEVA. Acest proiect a fost propus de o tânără cercetătoare din afara echipei proiectului INADEVA dar care a participat intens la diseminarea proiectului nostru, schimbând idei de abordare cu membrii echipei de față. Un alt exemplu în această direcție este reprezentat de participarea a doi tineri membri ai echipei la competiția de Tinere Echipe de Cercetare 2014 cu două subiecte conexe proiectului INADEVA, și anume: Dispozitive de distribuție a aerului pentru sistemele

de ventilare personalizată pentru birourile din clădirile cu consum de energie aproape zero, și Modalități de optimizare personalizată, în timp real, a confortului termic din clădirile cu impact redus asupra mediului.

Pe de altă parte, în toate proiectele noastre de cercetare, promovăm participarea tinerilor studenți pentru accesul acestora la o componentă a formării lor ce nouă ni se pare esențială : educația prin cercetare. Și în anul 2014, în cadrul proiectului INADEVA, au fost atrași spre colaborare patru studenți din anul II și III de licență de la Departamentul de Inginerie în Limba Franceză a Facultății de Inginerie a Instalațiilor. Aceștia au participat activ la organizarea unor planuri de experiențe și la unele campanii experimentale, fiind invitați apoi să participe la concursul național studentesc organizat de asociația europeană pentru instalații REHVA, la un simpozion al Academiei Române și la Conferința YRC 2014. Doi dintre aceștia au obținut premii la aceste manifestări [41, 42].

O serie dintre rezultatele obținute în cadrul proiectului au sprijinit elaborarea manuscrisului și susținerea publică a tezei de abilitare al directorului de proiect în iunie 2014 [43].

Unul dintre cele mai importante obiective a întregii echipe de cercetare de la CAMBI, urmărite și declarate în toate propunerile de proiecte de cercetare realizării unui pol de cunoaștere și competitivitate în domeniul calității mediului interior în general și al confortului termic în particular, pentru a sprijini principalii actori industriali ai economiei românești și pentru a corela activitățile de cercetare naționale sub forma unei rețele active de cercetători. În noiembrie 2014, în cadrul workshop-ului dedicat proiectului INADEVA de la conferința YRC 2014, am pus bazele de cooperare și de definire a unui consorțiu universitar între Universitatea Tehnică de Construcții București, Universitatea Tehnică din Cluj Napoca și Universitatea Tehnică Gheorghe Asachi din Iași.

Activitățile desfășurate în perioada ianuarie 2015 - decembrie 2015

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 31 este prezentat planul inițial de lucru al proiectului, în Figura 23 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 a continuat până la sfârșitul proiectului și după terminarea acestuia. O4T7 și O4T9 au fost începute încă din 2013 și vor continua până la sfârșitul proiectului.**

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	✓	
	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	✓	} Activități ce se vor continua și în 2016
	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	✓	
	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		} Activități partial mutate în 2016
	T6: Adaugarea senzorului de CO ₂ în jetul de aer expirat		
	T7 : Studii experimentale utilizand manechinul termic cu circuit respirator si sistem de termoreglare	✓	} Activități ce se vor continua și în 2016
	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	✓	
	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	✓	} Activități ce se vor continua și în 2016
	T6: Studii IAQ utilizând diferite strategii de ventilare si grile inovante		
	T7: Brevetarea noilor prototipuri	✓	} Activități mutate în 2016
	T8: Realizarea unei baze de date si a unui catalog pentru noile produse si strategii de ventilare		
	T9: Diseminarea proiectului de cercetare		} Activități mutate în 2016

Figura 33: Activitățile realizate până la începutul lui decembrie 2014

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 [44]. Au fost multe încercări în timpul celor trei decenii de a propune diferite metode de evaluare a acestui concept complex, care este confortul termic [45-49].

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 [50]. 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 [51] și discrepanțe în plus și mai mari între răspunsul investigațiilor subiective și alte metode de evaluare [52, 53]. *Principalele întrebări pe care le adresează studiul nostru [50] 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 34) [54] și în condiții reale (Figura 35) [55]. 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 [56].

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.

distributions of local PMV and PPD estimated from t_{eq}^*

PMV

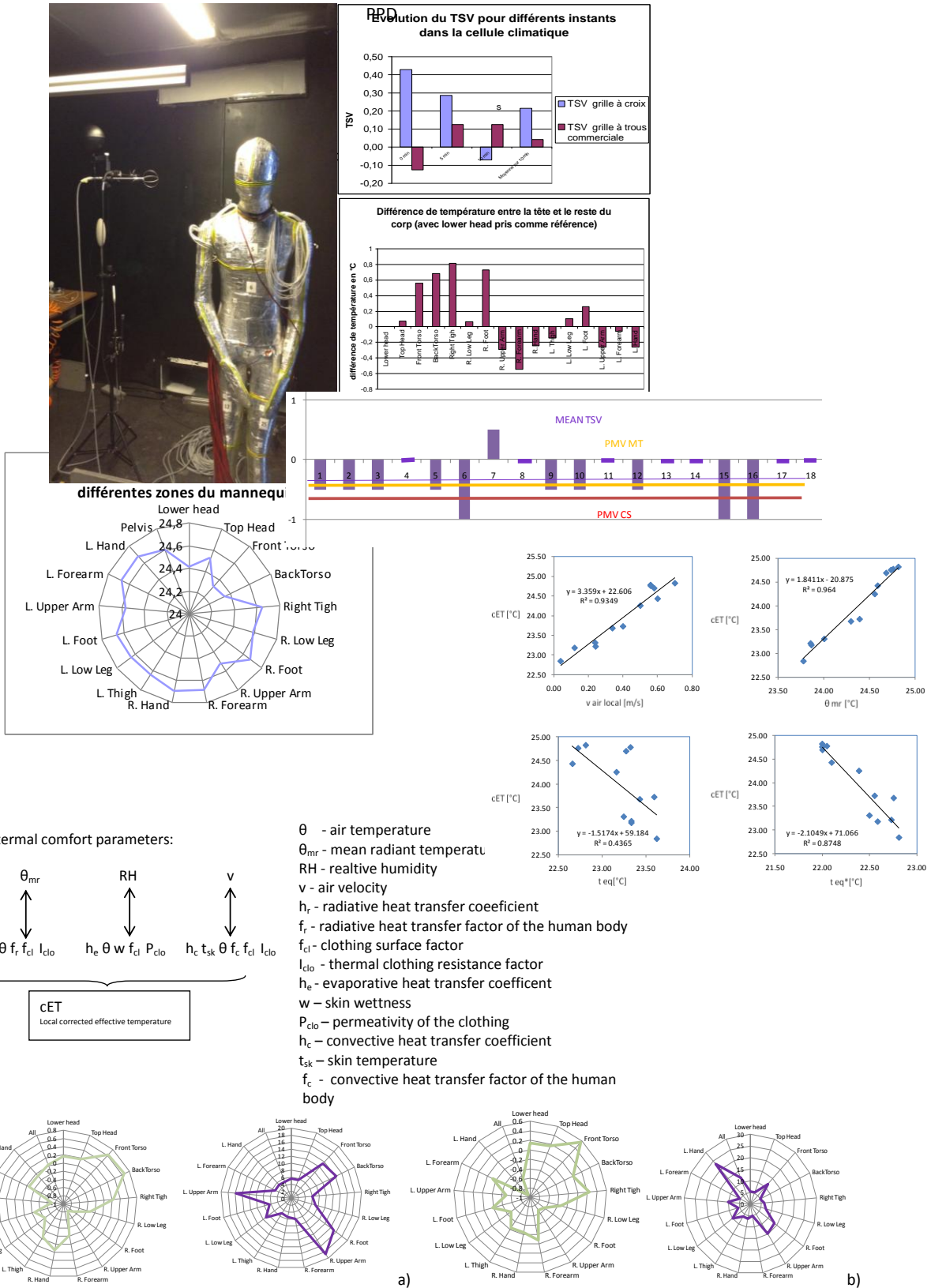


Figura 34: Studii experimentale în celula climatică pentru deducerea unor indici corecțai de evaluare locală a senzației de confort

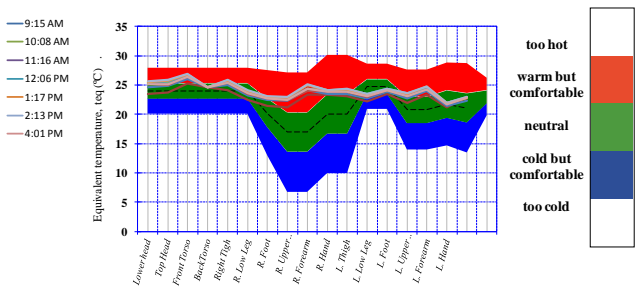
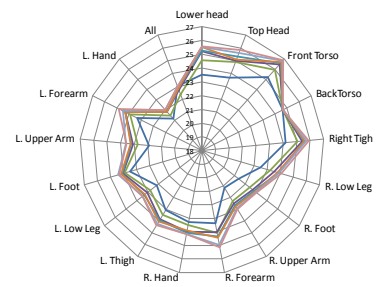
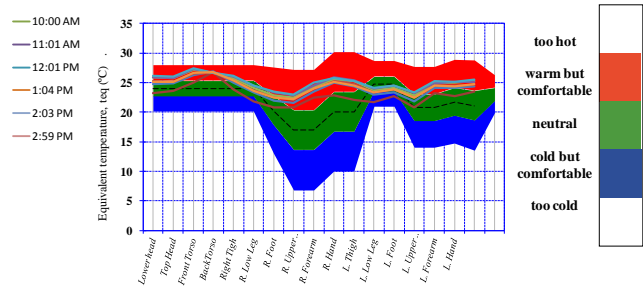
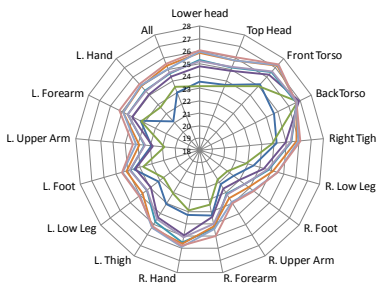
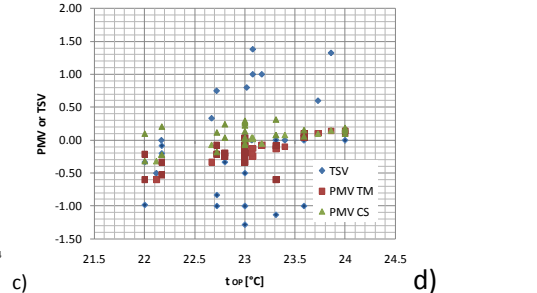
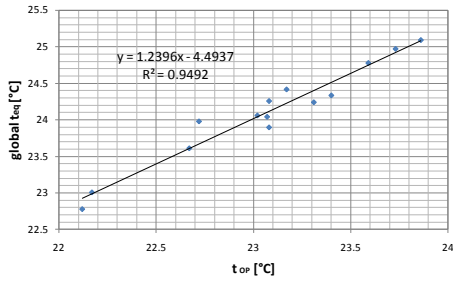
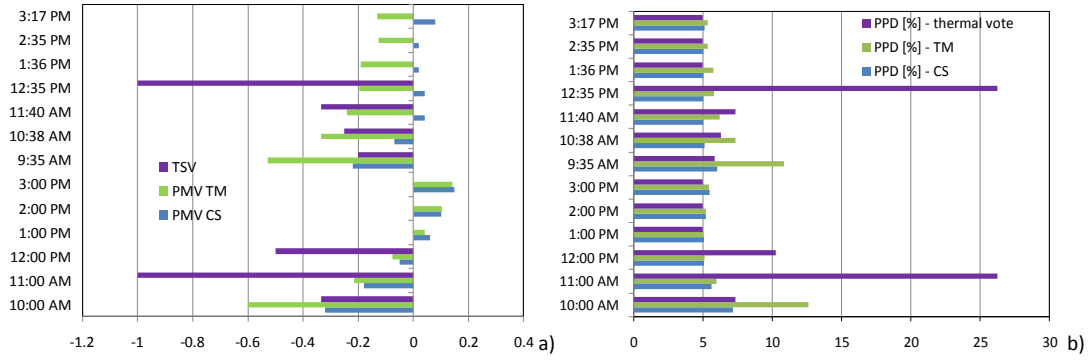
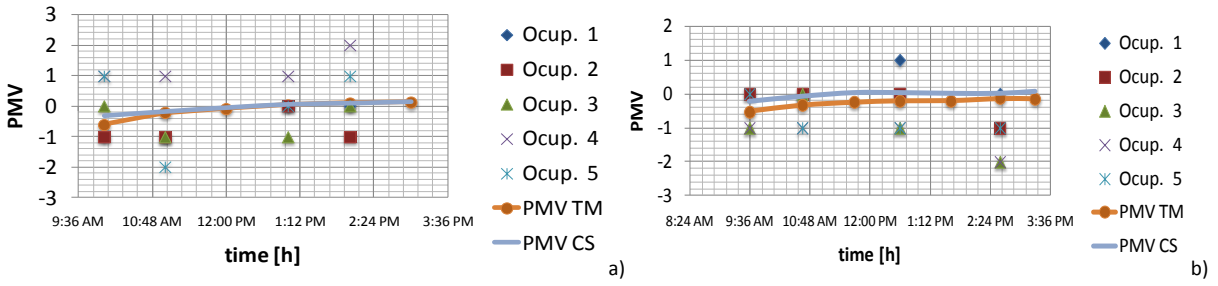


Figura 35: Studii experimentale în spații reale cu destinația birou

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 36).

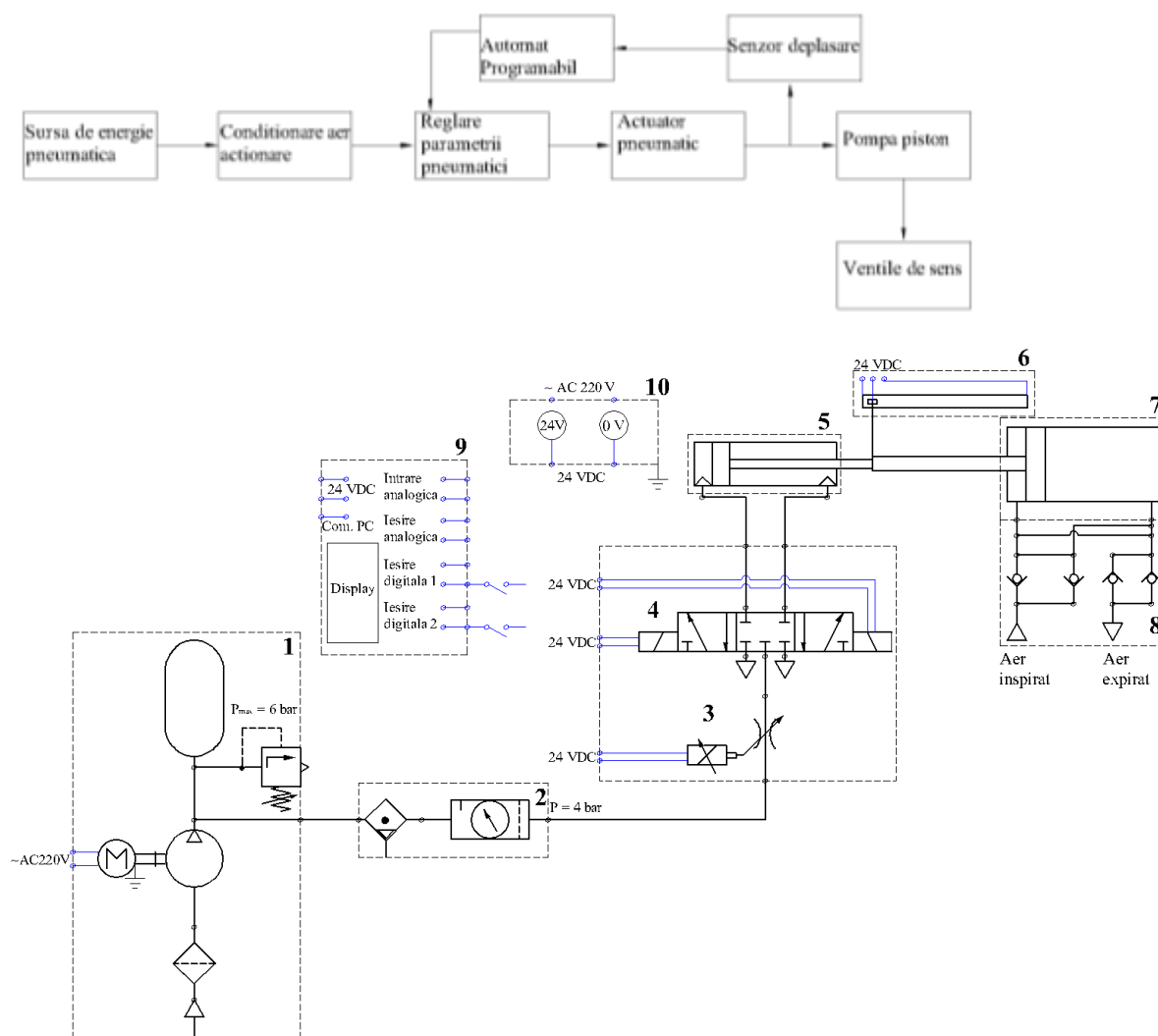
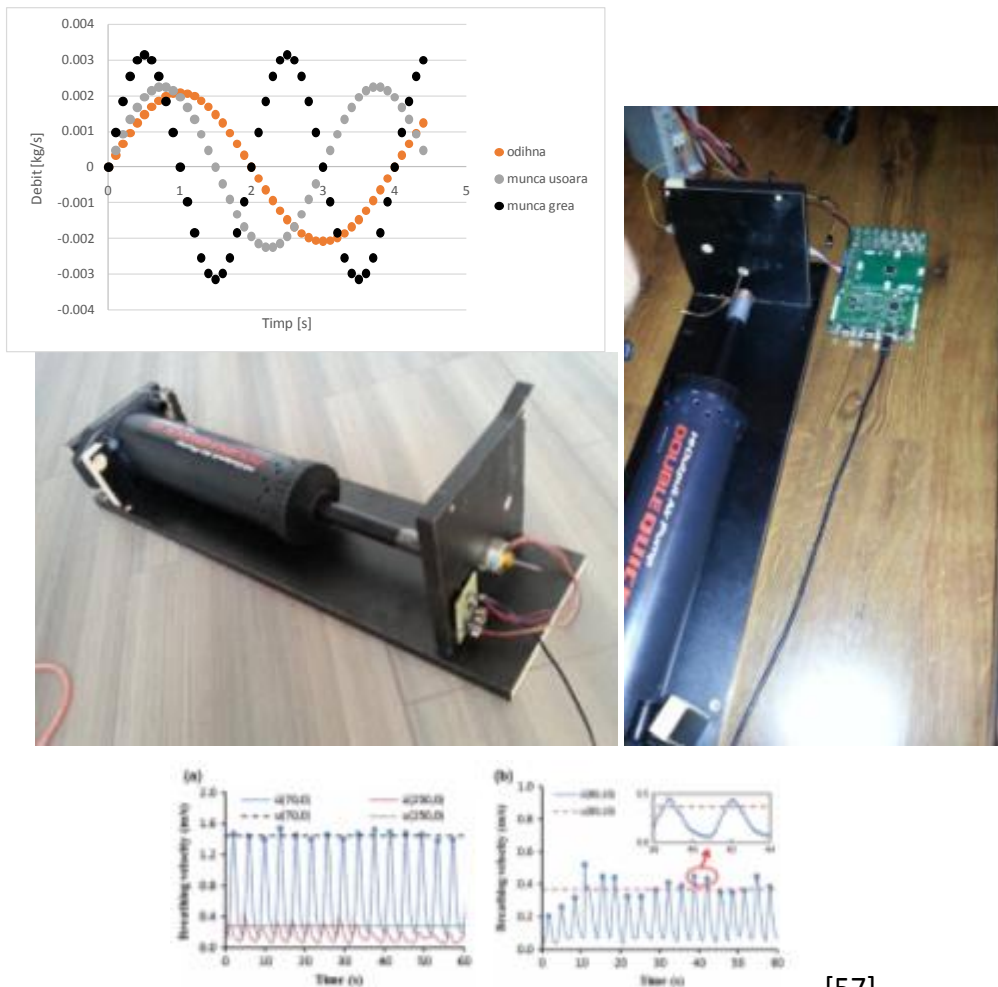


Figura 36: Schema bloc și a modului de funcționare a noului circuit respirator

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 [57]. 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 Figura 37b); această configurație ne permite realizarea unor studii ale jeturilor de aer generate de respirația nazală în cazul manechinului termic avansat.



[57]

Figura 37: 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.

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.

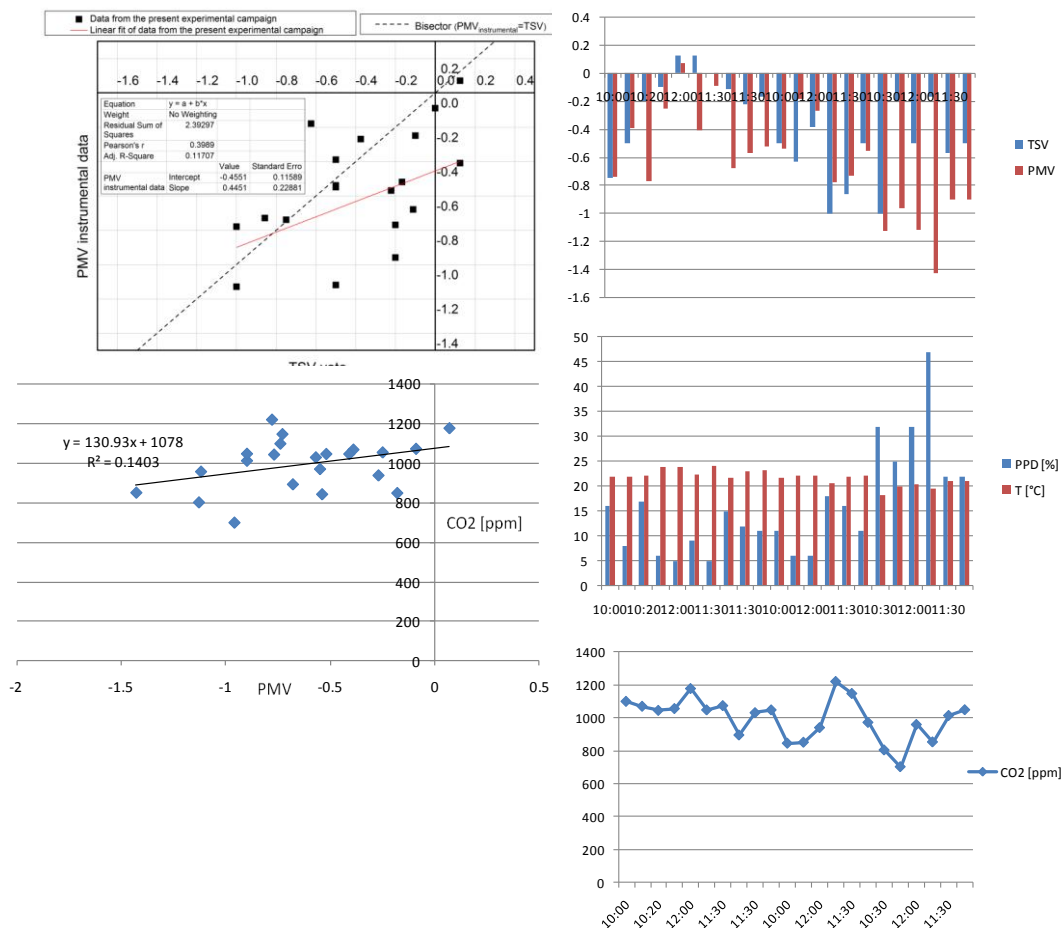


Figura 38: Studii de evaluare integrată a calității ambientale cu ajutorul sistemului standardizat ComfortSense, a manechinului termic și a senzorului de CO2

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

Activitățile **O4T4** și **O4T5** începute încă din 2013 au constat în: studii preliminare și alegerea dispozitivelor inovative de introducere a aerului, studii de confort termic utilizând diferite strategii de ventilare și grile inovative. 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 a continuat și în 2016.

A continuat testarea unor dispozitive inovative 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 39) pentru a testa ulterior configurațiile cele mai performante la scară reală în celula climatică (Figura 40).

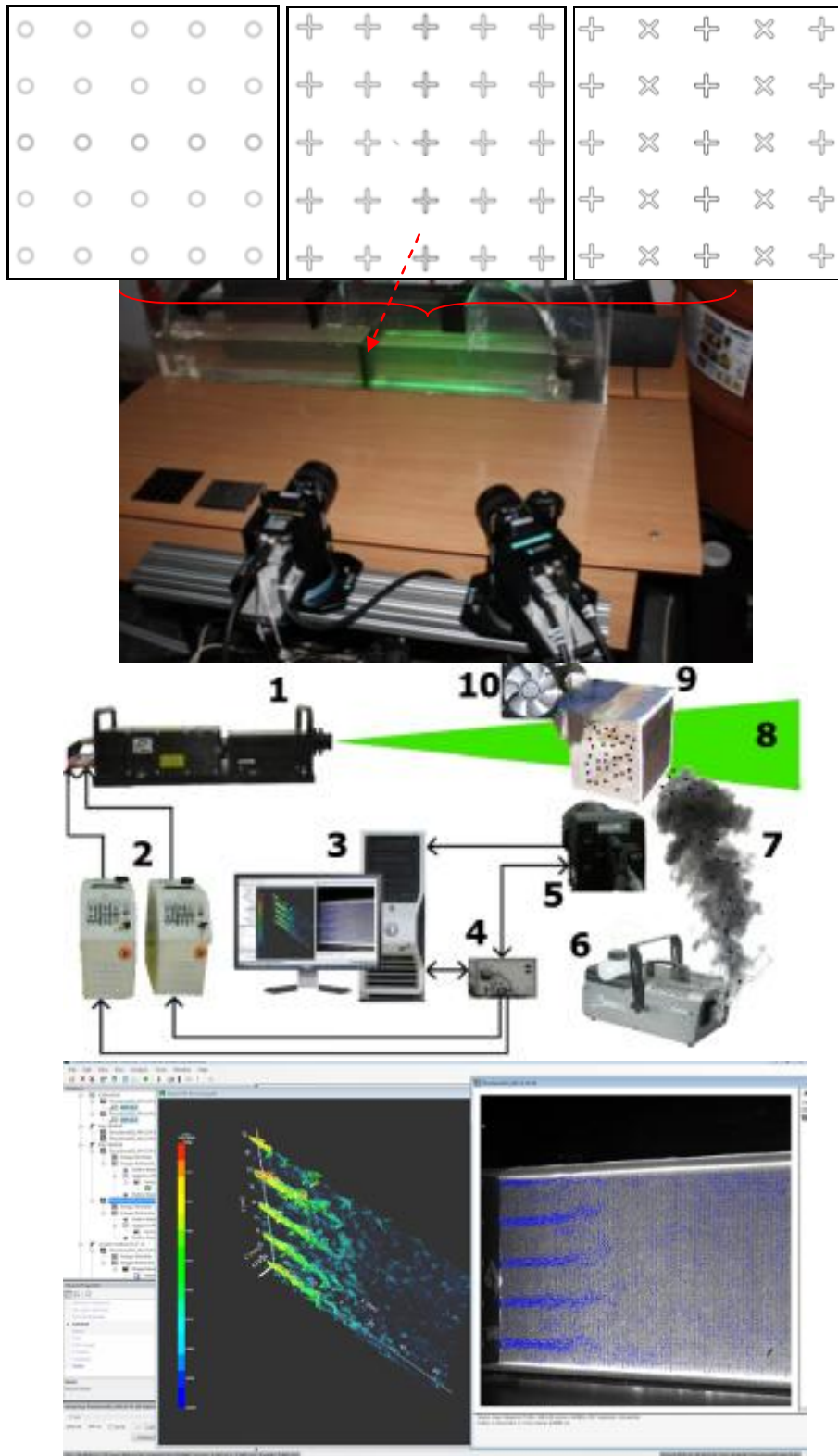
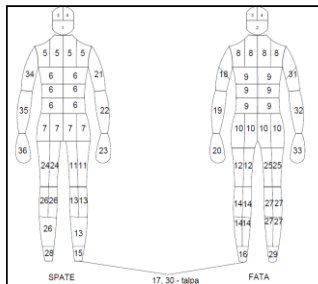
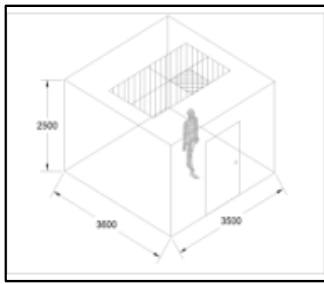
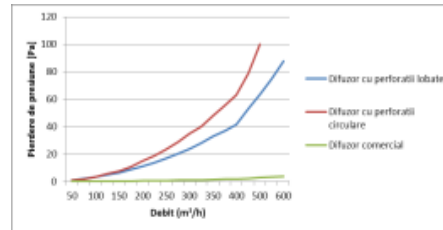


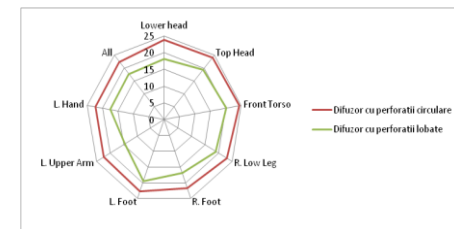
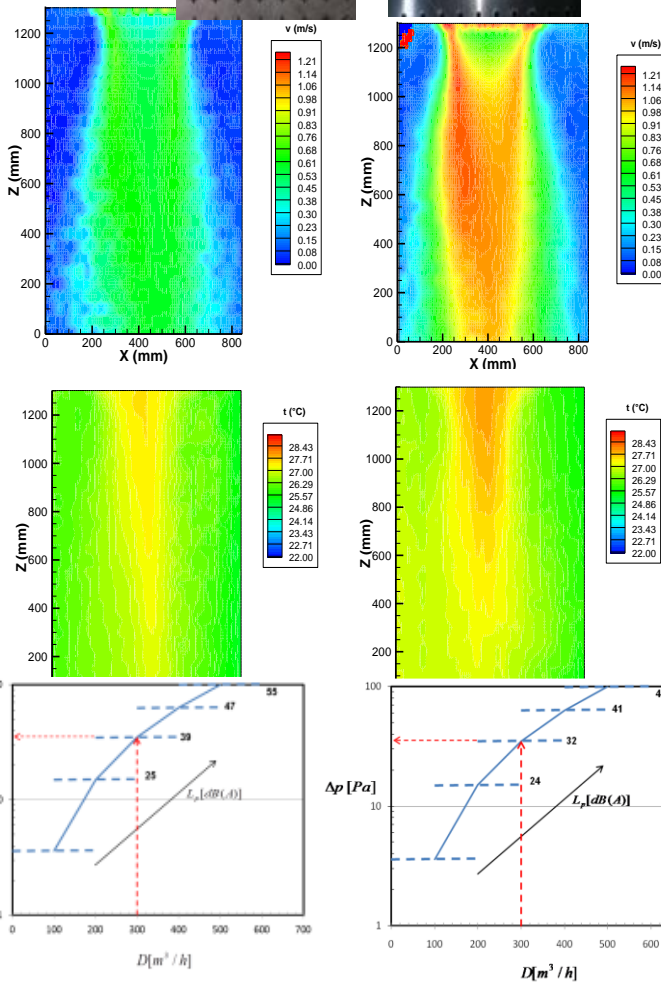
Figura 39: Continuarea studiilor fundamentale de optimizare amonte a grilelor de diferite geometrii prin studiul interacțiunilor între structurile de tip vârtej generate de către acestea



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

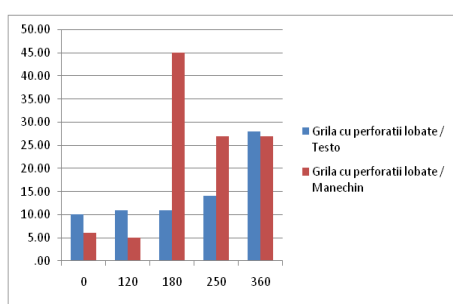
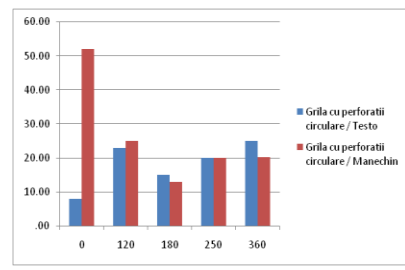


Figura 40: Testarea unor difuzoare de tip panou perforat din punct de vedere aeravlic, al confortului termic si acustic la scara reală în celula climatică

Activitățile desfășurate în perioada ianuarie 2016 - octombrie 2016

Pe parcursul ultimei faze de derulare a proiectului au fost realizate acțiunile T5 și T6 din cadrul obiectivului 3.

A fost implementată versiunea finală a circuitului respirator îmbunătățit după schema din Figura 36. Ca o primă perspectivă a proiectului INADEVA, dorim să caracterizăm deplin curgerea de tip jet definită de noul dispozitiv de respirație. Nu am reușit acest lucru în cadrul proiectului dar studiile vor continua în această direcție deoarece fac parte dintre testele finale ale unui prototip de manechin. Măsurări PIV vor permite această abordare. Vom valida astfel și unele modele de tip CFD unde am propus folosirea unor manechini termici virtuali [58-60].

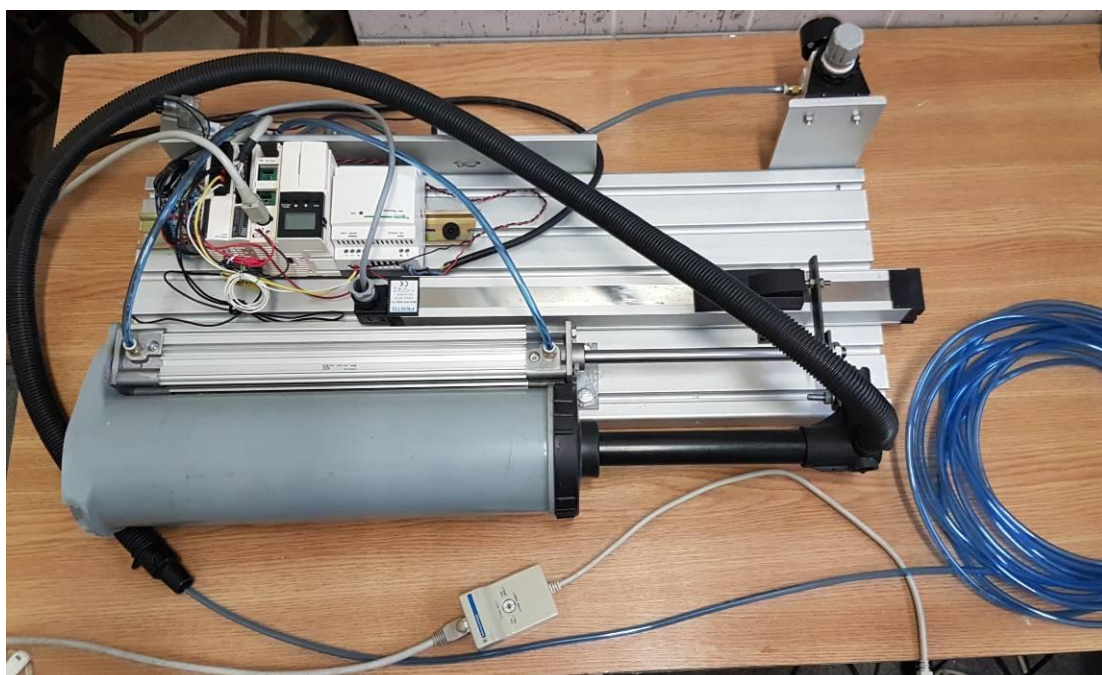


Figura 41: Noul circuit respirator în versiune îmbunătățită

De asemenea a continuat testarea unor dispozitive inovative de refulare atât din punct de vedere al performanțelor aeraulice 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 (pentru a testa ulterior configurațiile cele mai performante la scară reală în celula climatică. Figura 41 ilustrează procedura de clasificare a difuzoarelor testate.

Evaluarea se bazează mai ales pe măsurarea temperaturii echivalente cu ajutorul prototipului de manechin termic. Acest tip de evaluare ne oferă un indice al efectelor asupra schimburilor de căldură dintre corpul uman și mediul exterior. În funcție de valorile instantanee ale temperaturii echivalente pentru fiecare segment în parte, precum și în funcție de variația acestora se pot determina condițiile în care se atinge echilibrul termic. Modificarea senzației termice resimțite de ocupant este influențată de variațiile locale și generale ale fluxurilor de căldură de la suprafața pielii.

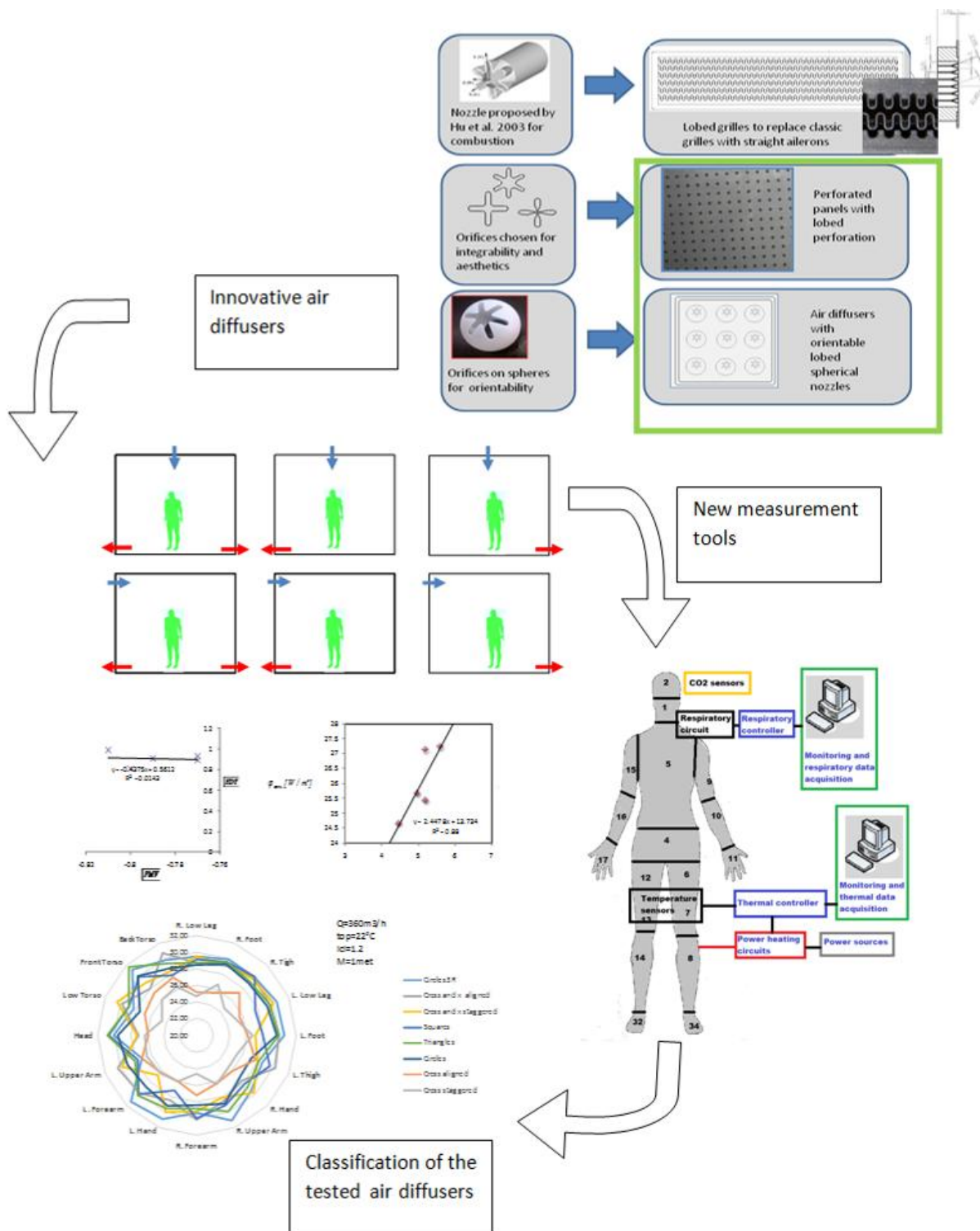


Figura 42: Clasificarea difuzoarelor testate

Valorile pentru temperatura echivalentă a unui mediu sunt în strânsă legătură cu senzația de confort termic resimțită de ocupanții aflați în aceleași condiții cu ale mediului studiat. Astfel aceasta poate fi utilizată pentru evaluarea confortului termic și a calității mediului interior. Climatul poate fi evaluat în funcție de temperatura echivalentă totală ce descrie nivelul de neutralitate termică. Mediul interior este de asemenea evaluat și din punct de vedere al efectelor locale pentru diferite zone ale corpului uman. Temperatura echivalentă locală ne arată în ce măsură părțile corpului se

află în zona de acceptabilitate din punct de vedere al pierderilor de căldură. Temperatura echivalentă este o mărime ce ia în calcul atât schimbul de căldură prin convecție cât și cel prin radiație dintre corpul uman și mediul înconjurător.

Putem diferenția difuzoarele studiate în trei categorii distincte. Difuzoarele plafoniere de tip panou perforat (Figura 41,42), difuzoarele tridimensionale orientabile sau fixe (un exemplu este prezentat în Figura 43) și difuzoarele orientabile pentru ventilarea personalizată.

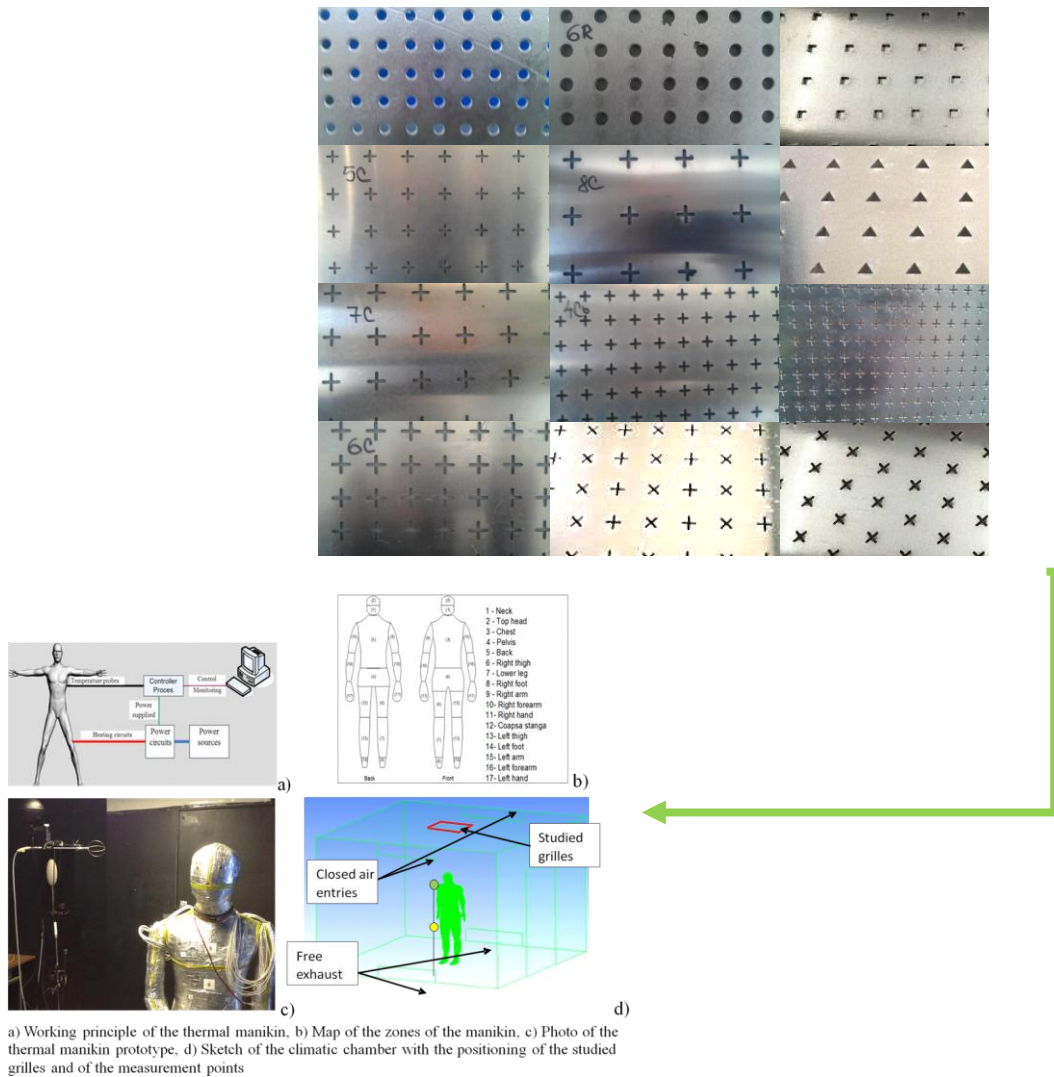


Figura 43: Elemente perforate de difuzoare plafoniere testate

În ceea ce privește performanța unui dispozitiv terminal de distribuție a aerului de tip panou perforat, aceasta este o combinație de parametri ce vizează performanța fiecărui jet elementar și interacțiunea dintre jeturile componente [61, 62]. Studiile anterioare ne-au permis să stabilim o legătură fizică între fenomenul de inducție, în apropiere de zona de ieșire a jetului de orificiu și dinamica turbionară care are loc în această regiune. Această abordare a înțelegerii mecanismelor de control a fenomenului antrenării este importantă pentru multe aspecte științifice și practice. În ceea ce privește partea practică, în cazul unei aplicații HVAC, la proiectarea unui dispozitiv de distribuție a aerului, la fel ca în cazul unui panou perforat, interacțiunea dintre jeturi paralele vecine trebuie să

nu distrugă structurile de tip vârtej de scară mare. În diferite studii anterioare au fost abordate aspecte fundamentale care au pus în evidență existența unei zone de depresiune locală în regiunea dintre două jeturi adiacente a cărei intensitate este mai slabă ca spațiul dintre jeturile este mai mare.

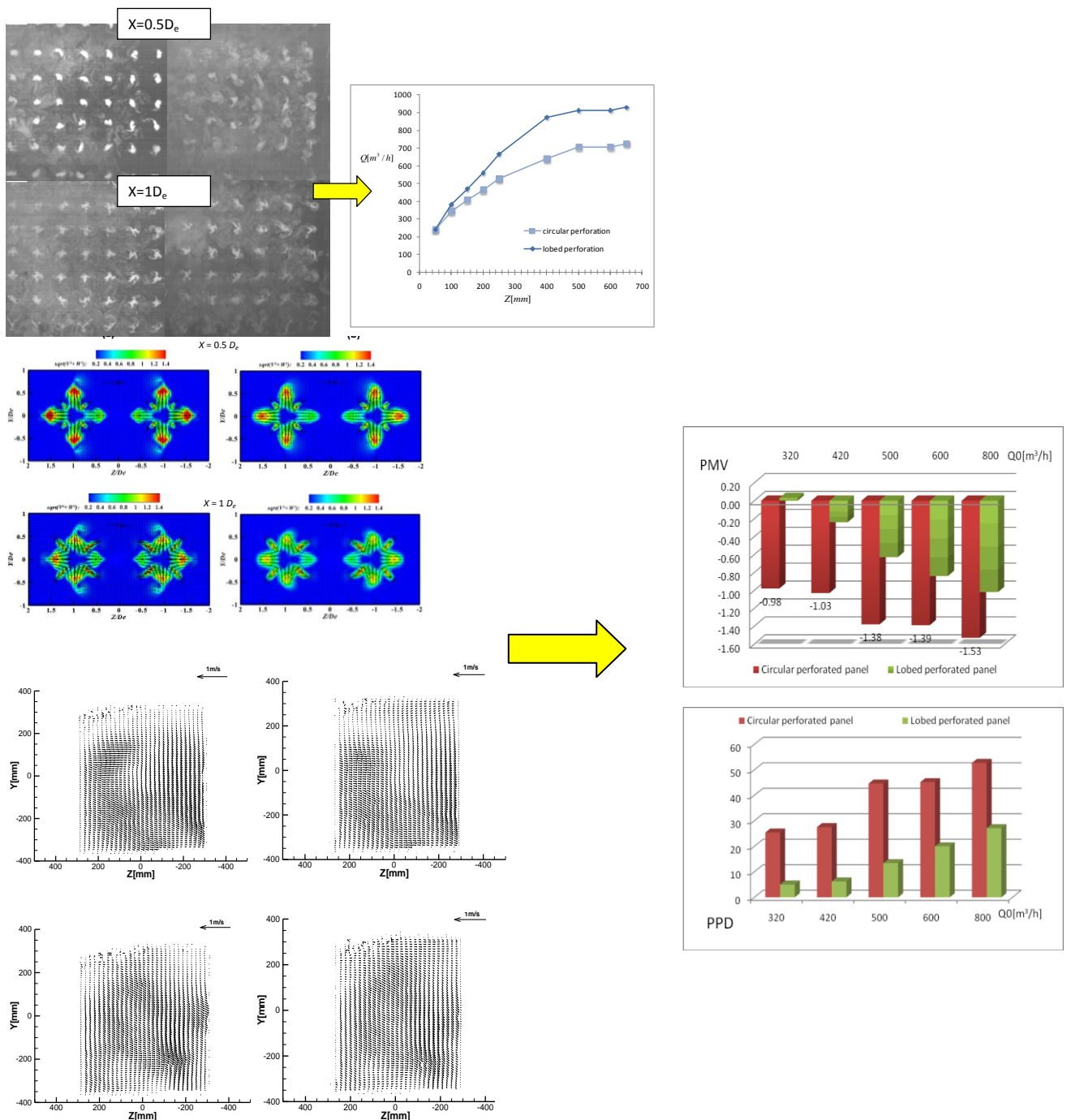


Figura 44: Vizualizările și măsurările PIV permit pe de-o parte înțelegerea fenomenelor ce pot explica performanța curgerilor studiate iar pe de altă parte permit evaluarea cantitativă a acestor performanțe. În această figură sunt comparate două grile cu perforație circulară și lobată

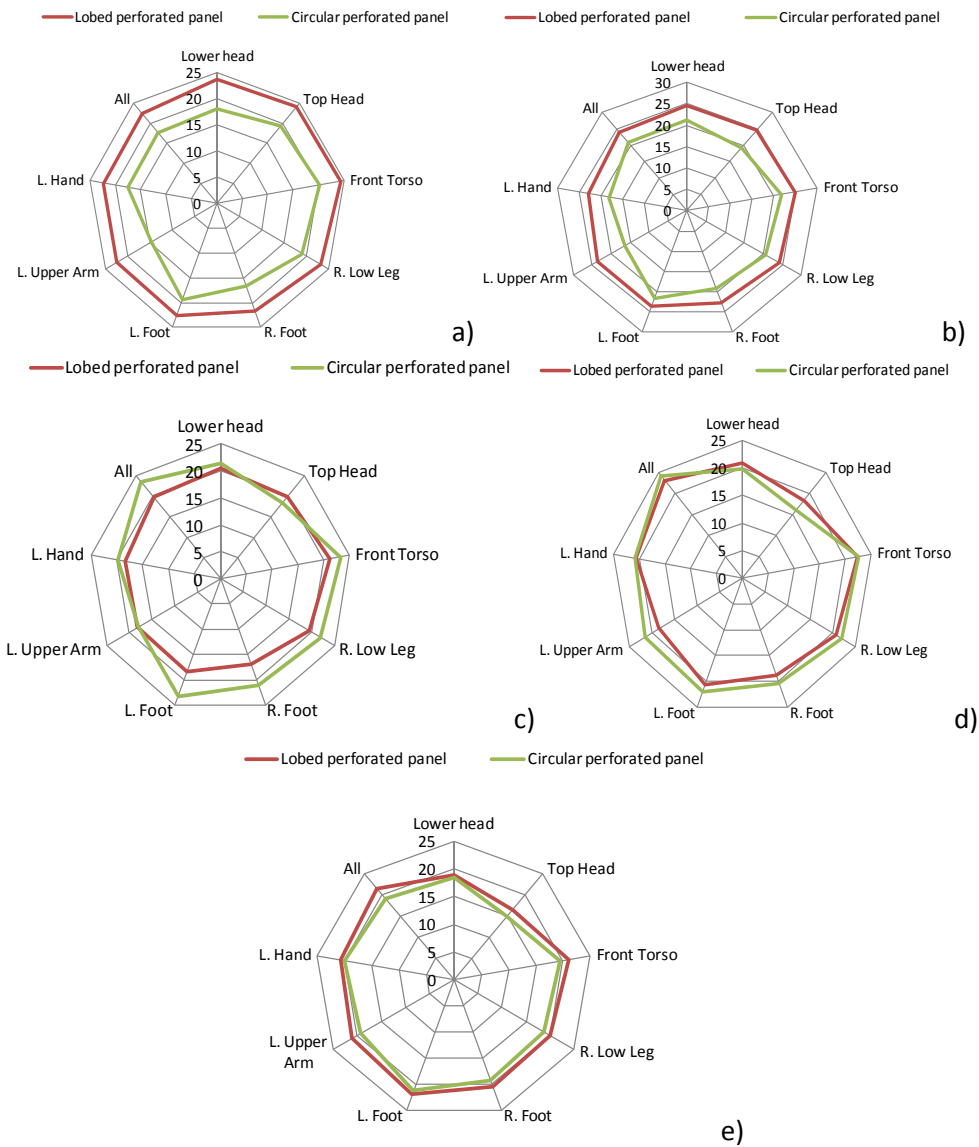


Figura 45: Distribuții ale temperaturii echivalente locale pentru cele două grile din Figura 44 pentru manechinul poziționat în centrul celei climatice a) 120 m³/h, b) 180 m³/h, c) 200 m³/h, d) 250 m³/h, e) 360 m³/h

Toate studiile fundamentale sau aplicate, legate de testările aeraulice ale grilelor de tip panou perforat ne-au confirmat importanța controlului pasiv prin modificarea geometriei perforațiilor și posibilitatea ameliorării criteriilor de performanță a distribuției aerului. Am avut după dezvoltarea prototipului Thermal Boy posibilitatea de a verifica și criteriile de performanță legate de confortul și calitatea mediului interior. Astfel au fost clasificate o serie de difuzoare alese de noi prin optimizarea fundamentală anterioară precum și o serie de difuzoare cu alte perforații întâlnite în literatura îndeosebi în cazul colectoarelor solare.

Au fost alese cele mai performante din punct de vedere al distribuției aerului și cele confortabile termic și acustic difuzoare. A fost creată o bază de date cu fișele tehnice ale fiecarei grile perforate în parte cuprinzând curbele pierdere de sarcină și nivel de presiune acustică în funcție de debitul vehiculat și diagramele de temperatură echivalentă resimțită în situație izotermă și cu manechinul termic amplasat în centrul celei test.

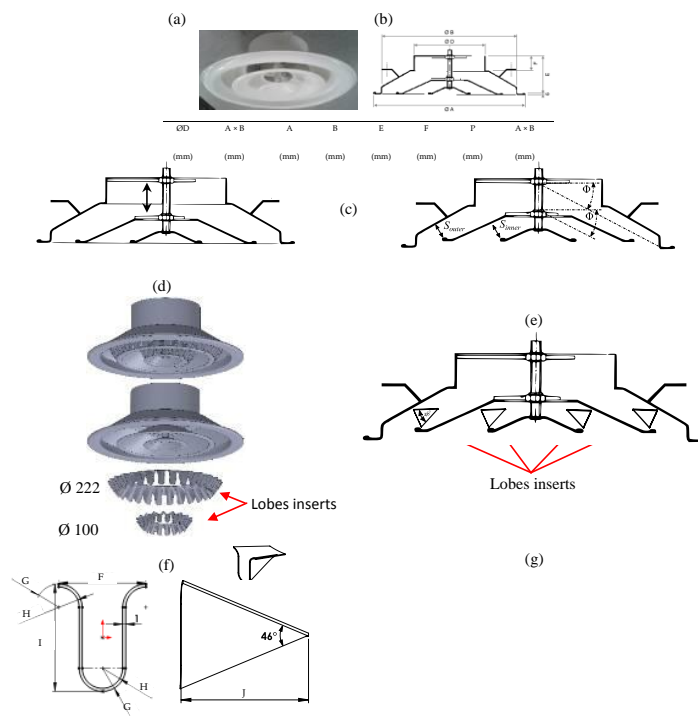


Figura 46 : Difuzor inovativ testat de echipa de la Universitatea din La Rochelle în colaborare cu echipa noastră

Un difuzor tridimensional inovativ testat de echipa de la Universitatea din La Rochelle în colaborare cu echipa noastră este prezentat în figura 46. O parte din rezultatele acestor investigații au făcut obiectul unui articol în revista Energy and Buildings [63]. În acest studiu destul de amplu, caracteristicile curgerilor generate în situațiile: izotermă, de răcire și de încălzire au fost studiate pe cale experimentală la scară reală. Prezența unui ocupant a fost simulat cu ajutorul unui manechin încălzit simplificat, poziționat în centrul camerei. Efectul lobilor inserați într-un difuzor de tip anemostat a fost evaluat cu ajutorul măsurărilor PIV, și a măsurărilor de confort.

La difuzoarele de tip anemostat se formează o zonă centrală de depresiune imediat sub gura de refulare. Această zonă de depresiune poate fi diminuată cu ajutorul controlului pasiv al curgerii prin intermediul unor inserții lobate care generează o mare de inducție a aerului înconjurător și o difuzie rapidă a impulsului cu jet la vecinătatea orificiului de evacuare a difuzorului. Jetul inelar converge vertical către axul central și apoi se combină într-o curgere compactă, după o anumită distanță în aval față de secțiunea de refulare. Ca o consecință a reducerii a zonei centrale de depresiune, lungimea curgerii compacte se prelungeste cu 23% față de un difuzor convențional. Antrenarea mai intensă a aerului ambiant în cazul jetului cu inserții lobate produce o expansiune mai mare a jetului și o scădere mai rapidă a vitezei sale axiale.

Analiza confortului termic bazat pe standardele ASHRAE 55 și ISO 7730, a arătat o îmbunătățire semnificativă a confortului termic în prezența inserțiilor lobi în difuzor. Acest lucru se realizează fără o creștere semnificativă scădere a presiunii și a zgomotului. Dincolo de performanța asigurată de conceptul de inserții lobate, este ușor să se integreze în procesul de fabricație în raport cu difuzorul

încorporat lobate. Pentru toate aceste motive, acest concept este o soluție promițătoare low-cost pentru a spori performanța sistemelor HVAC.

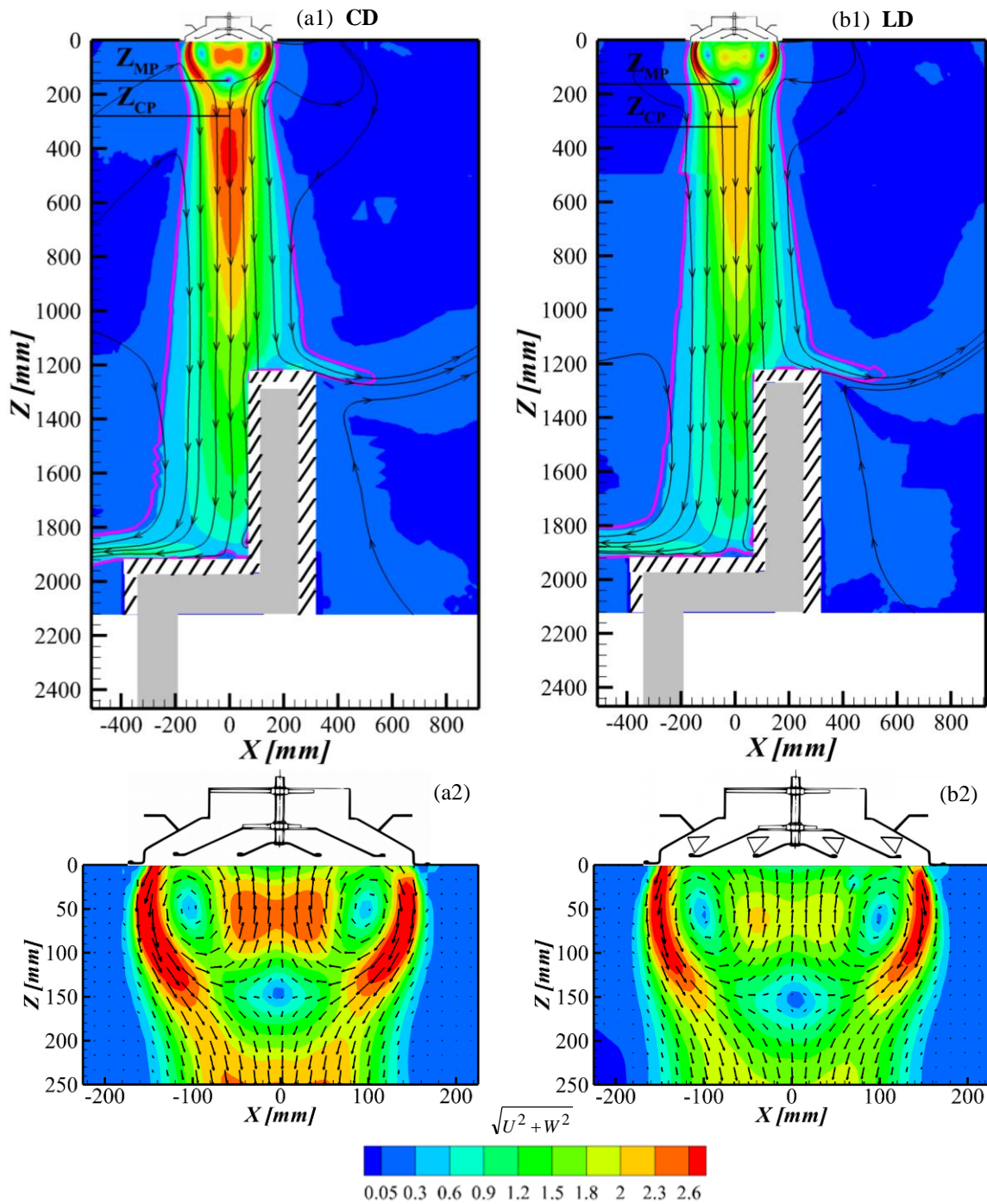


Figura 47 : (a1, b1) Distribuții ale magnitudinii vectorului viteză în planul vertical $Q_0=200 \text{ m}^3/\text{h}$ pentru doua difuzoare testate: convențional și inovativ, (a2, b2) Zoom în regiunea proximală planului de ieșire din difuzor

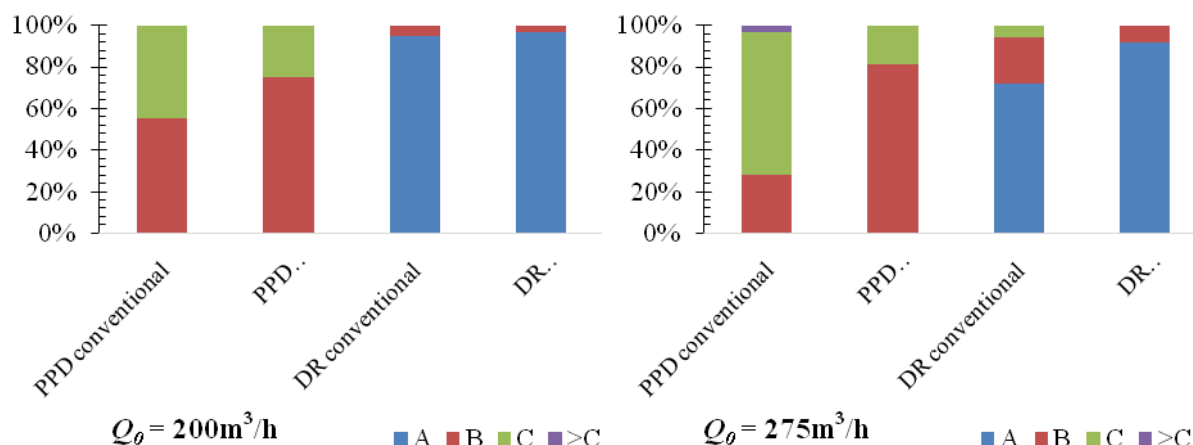


Figura 48: (Distribuții statistice ale indicilor PPD și DR pentru difuzorul inovativ și difuzorul convențional pentru două valori ale debitului de aer

O a treia categorie reprezentată de difuzoarele orientabile pentru sistemele personalizate de ventilare, optimizate pe cale numerică într-un alt proiect de tip PD al unuia dintre membrii echipei de cercetare [58] au fost testate și pe cale experimentală. Difuzorul cu inducție redusă pentru utilizarea în sistemele de ventilare personalizata, adresează principala problema corelata cu acest tip de aplicații și anume senzația de disconfort termic a utilizatorilor. În cazul sistemelor de ventilare personalizata ce utilizează o curgere de tip jet de aer dirijata spre zona superioara a corpului, viteza aerului refulat ajunge în proximitatea fetei cu valori ce depășesc limitele acceptate din punct de vedere al senzației de confort. Pe de alta parte, prin comparație cu sistemele de ventilare personalizata ce utilizează difuzoare „laminare” similare cu grilele de refulare prin deplasare, tipul de curgere utilizat asigura și o îmbunătățire a calității aerului respirat de către utilizator. Acest tip de difuzor poate fi utilizat în zone în care se dorește creșterea calității aerului adus în apropierea fetei utilizatorului și alterarea acestuia cu aerul din încăperea într-o cat mai mica măsura. Caracteristic acestui tip de difuzor sferic cu orificiu lobat cu inducție redusă pentru ventilarea personalizata este tocmai faptul ca jetul de aer vehiculat prin difuzor va antrena o cantitate mult mai mica de aer fata de cazul unui jet circular clasic.

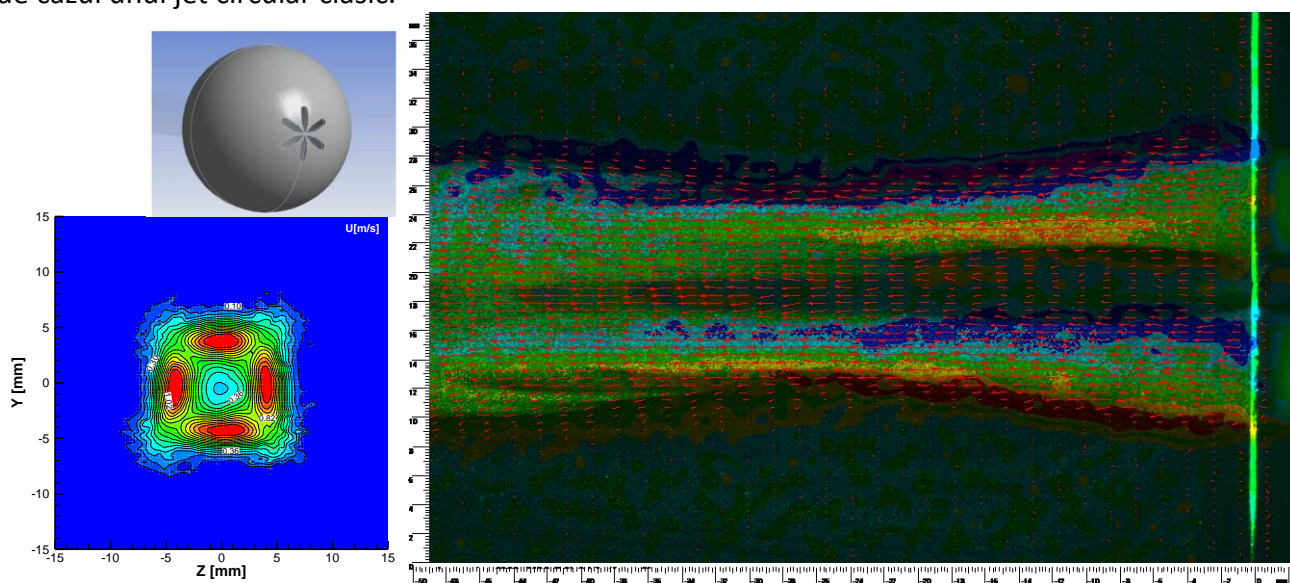


Figura 48: Difuzor orientabil cu orificiu lobat cu inducție redusă pentru ventilarea personalizată

La sfârșitul acestei etape a fost propus un nou up-grade la sistemul stereo PIV existent prin achiziționarea unui nou calculator de proces numit generic server de calcul. Acest lucru a fost necesar datorita cantităților mari de informații generate de datele de tip imagini inerente acestei tehnici de măsură. Noile versiuni ale softului Dynamic Studio utilizat necesită anumite configurații recomandate de producător pentru calculatorul de proces pentru o funcționare optimă. Pe de altă parte au fost achiziționate o serie de calculatoare de proces pentru celelalte echipamente de măsură care până acum foloseau calculatoare uzate moral și incompatibile cu noile versiuni ale softurilor de achiziție : sistemul Confort Sense și softul lui, sistemul Mini CTA și softul lui Stream Ware, sistemele de monitorizare a poluării. Pentru sistemul de achiziție a datelor legat de noul prototip de manechin termic dezvoltat a fost achiziționat un laptop. Acesta permite gestionarea programelor create în cadrul proiectului INADEVA și pilotarea manechinului Thermal Boy și a unui nou prototip de manechin PeTerMan dezvoltat în cadrul unui alt proiect [64].

Așa cum s-a întâmplat și până acum, pe lângă rezultatele direct obținute – științifice, practice și de diseminare, proiectul INADEVA a creat o anumită efuziune, a strâns legături și a permis echipei de tineri să se formeze și să avanseze pe calea cercetării. Deși vocația primă a proiectelor de tip IDEI este cercetarea fundamentală, noi am dorit să facem mai mult decât atât. Proiectul INADEVA a reprezentat o adevărată muncă de echipă. Suntem deosebit de recunoscători de a fi avut șansa să ne dotăm laboratorul cu o infrastructură deosebită, unică la nivel național, care să servească mai departe pentru instruirea și dezvoltarea tinerilor cercetători. Distribuția generală a cheltuielilor proiectului arată ponderea importantă dedicată echipamentelor de cercetare. Este de asemenea evidentă înlesnirea tinerilor colegi de a participa la manifestări internaționale precum și preocuparea constantă de a invita colaboratorii externi pentru schimburi constructive de cunoștințe. Mai presus de toate suntem recunoscători pentru că am avut posibilitatea să creștem mereu. Tinerii doctoranzi și post doctoranzi au devenit la rândul lor directorii sau responsabili altor proiecte de tip PNII sau PNIII ce au fost deja câștigate. Amintim contractarea unui proiect de tip Bridge Grant [65] orientat în jurul strategiilor de ventilare industrială. Am avut curajul să ne îndreptăm și către proiectele de cercetare europeană cu depuneri la call-urile ESA și ROSA.

Nu în ultimul rând, în ultimii 5 ani, a fost creată și consolidată reputația echipei, plasându-ne astfel drept inițiatorii în țara noastră a studiilor avansate dedicate calificării confortului în ambianțe interioare. Echipa are de asemenea o reputație recunoscută în domeniul tehnicilor de măsură legate de mecanica fluidelor, confort termic, poluare și calitatea aerului, acustică.

Rezultate științifice

Articole ISI

- [1] Nastase, I., Meslem, A., El Hassan, M., Image processing analysis of vortex dynamics of lobed jets from three-dimensional diffusers, *Fluid Dynamics Research*, 43 (6), art. no. 065502, 2011
- [2] Kristiawan, M., Meslem, A., Nastase, I., Sobolik, V., Wall shear rates and mass transfer in impinging jets: Comparison of circular convergent and cross-shaped orifice nozzles, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 55 (1-3), pp. 282-293, 2012
- [3] Meslem, A., Dia, A., Beghein, C., Ammar, A., Nastase, I., El Hassan, M., Numerical simulation of free cross-shaped jet, *Mechanika*, Volume 18 (4): 403-408, 2012
- [4] Meslem A., Nastase I., Bode F., Beghein C., Optimization of lobed perforated panel diffuser: Numerical study of orifices arrangement, *Int. Journal of Ventilation*, Volume 11 (3), 255-270, 2012
- [5] A. Meslem, V. Sobolik, F. Bode, K. Sodjavi, Y. Zaouali, I. Nastase, C. Croitoru, Flow dynamics and mass transfer in impinging circular jet at low Reynolds number. Comparison of convergent and orifice nozzles, *International Journal of Heat and Mass Transfer* 67, 25-45, 2013
- [6] A. Meslem, F. Bode, I. Nastase, C. Croitoru, Comparison of turbulence models in simulating jet flow from a cross-shaped orifice, *European Journal of Mechanics B – Fluids*, Volume 44, March–April 2014, Pages 100–120
- [7] Z. Bolashikov, A. Melikov, S. Michal, I. Nastase, A. Meslem, Improved inhaled air quality at reduced ventilation rate by control of airflow interaction at the breathing zone with lobed jets, *ASHRAE Journal*, 2014
- [8] A Meslem, R Greffet, I Nastase, A Ammar, Experimental investigation of jets from rectangular six-lobed and round orifices at very low Reynolds number, *Meccanica* 49 (10), 2419-2437
- [9] 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.
- [10] I. Nastase, C. Croitoru, C. Lungu, A questioning of the Thermal Sensation Vote index based on questionnaire survey for real working environments, *Energy Procedia*, (2016).
- [11] 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
- [12] Thermodynamic investigation on an innovative unglazed transpired solar collector, C. Croitoru, I Nastase, FI Bode, A Meslem, *Solar Energy* 131, 21-29, 2016
- [13] Pierre Bragança, Kodjovi Sodjavi, Amina Meslem, Ilinca Nastase, Passive control strategy for mixing ventilation in heating mode using lobed inserts, accepted to *Energy and Buildings*, october 2016
- [14] 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*
- [15] I. Nastase, C. Croitoru, F. Bode, A. Meslem, Investigation of an innovative perforated panel at real scale conditions, submitted to *Building and Environment*

[16] F. Bode, I. Nastase, A. Meslem, K. Sodjavi, C. Croitoru, numerical investigation of a very low reynolds cross-shaped orifice jet for ventilation applications, submitted to Thermal Science Thermodynamic investigation on an innovative unglazed transpired solar collector, C. Croitoru, I Nastase, FI Bode, A Meslem, Solar Energy 131, 21-29

Articole BDI

- [1] Meslem A., Bode F., Nastase I., Martin O., Optimization of Lobed Perforated Panel Diffuser: Numerical Study of Orifice Geometry, Modern Applied Science; Vol. 6, No. 12; 15p., 2012
- [2] Meslem A., Kristiawan M., Nastase I., Sobolik V., Wall shear rates and stagnation mass transfer on a plate in axisymmetric and cross impinging jets, Journal of Physics: Conference Series 395 (2012) 012034, 8p.
- [3] Florin BODE, Ilinca NASTASE, Cristiana CROITORU, Mesh Dependence Study Using Large Eddy Simulation of a Very Low Reynolds Cross-Shaped Jet, Mathematical Modelling in Civil Engineering – Scientific Journal, ISSN 2066-6926, ON-LINE ISSN:2066-6934, Vol.7, No.4, December, 2011, p.16-22
- [4] Cristiana CROITORU, Ilinca NASTASE, Florin BODE, The Influence of the Geometric Form of the Virtual Thermal Manikin on Convective Flow, Mathematical Modelling in Civil Engineering – Scientific Journal, ISSN 2066-6926, ON-LINE ISSN:2066-6934, Vol.7, No.4, December, 2011, p.55-64
- [5] Florin BODE, Ilinca NASTASE, Cristiana CROITORU, RANS models comparison for a cross-shaped jet flow with straight lobes, Mathematical Modelling in Civil Engineering – Scientific Journal, ISSN 2066-6926, ON-LINE ISSN:2066-6934, Vol.8, No.4, December, 2012, p.14-20(6p)
- [6] Cristiana CROITORU, Ilinca NASTASE, Florin BODE, Thermal comfort assesemnt for different ventilation strategies using a CFD approach, Mathematical Modelling in Civil Engineering – Scientific Journal, ISSN 2066-6926, ON-LINE ISSN:2066-6934, Vol.8, No.4, December, 2012, p.36-45(10p)
- [7] I.Nastase, R.Dolinski, F. Bode, A. Meslem, C. Croitoru, Influence of the choice of the inlet turbulence intensity on the performance of numerically simulated low Reynolds jet flows, INCAS Buletin, 5(4), 2013
- [8] A. Dogeanu, A. Iatan, F. Bode, C. Croitoru, I. Nastase, Conception of a simplified seated thermal manikin for CFD validation purposes, Revista Romana de Inginerie Civila - Romanian Journal of Civil Engineering, 4(4), 2013
- [9] F. Bode, K. Sodjavi, A. Meslem, I. Nastase, Numerical prediction of wall shear rate in impinging cross-shaped jet at moderate Reynolds number, Scientific Bulletin-University Politehnica of Bucharest Series D: Mechanical Engineering, 2014
- [10] A.Dogeanu, A. Iatan, F. Bode, C. Croitoru, I. Nastase, Conception of a simplified seated thermal manikin for CFD validation purposes, Revista Romana de Inginerie Civila - Romanian Journal of Civil Engineering, 2014
- [11] G. Chitaru, C. Calianu, A. Dogeanu, Thermal comfort evaluation in a real office using a thermal manikin prototype, Mathematical Modelling in Civil Engineering Issue 4, 2014
- [12] I.Udrea, C. Croitoru, I. Nastase, V. Badescu, Experimental and theoretical thermal comfort analyses in higher education buildings in Bucharest, Scientific Bulletin-University Politehnica of Bucharest Series D: Mechanical Engineering, 2014
- [13] 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
- [14] 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

Articles Conferinte internationale - Proceedings

- [1] A. Meslem, I. Nastase, O. Martin, Sur la validation expérimentale des modèles de turbulence. Application à un jet d'air lobé, Journées AUGC/IBPSA, Chambéry, 6-8 juin 2012
- [2] C. Croitoru, I. Nastase, Alegerea modelului de turbulența pentru un caz de convecție natural a unui corp uman situate într-o încăpere ventilată, "Instalații pentru construcții și economia de energie" iulie 2012
- [3] A. Meslem, M Kristiawan, I. Nastase, V Sobolik, Wall shear rates and stagnation mass transfer on a plate in axisymmetric and cross impinging jets, Eurotherm 2012, September 04-07, Poitiers – Futuroscope France.
- [4] A. Meslem, I. Nastase, C. Beghein, Optimization of Lobed perforation panel diffuser –Numerical study of orifices arrangement, Ventilation 2012, The 10th International Conference on Industrial Ventilation, September 17-19, Paris, France
- [5] F. Bode, I. Nastase, A. Meslem, C. Croitoru, RANS and LES models comparison for a cross shaped jet flow with application in personalized ventilation, 2012 AIVC-Tightvent Conference, Copenhagen
- [6] Cristiana CROITORU, Ilinca NASTASE, Florin BODE, Air turbulence intensity influence on the thermal comfort evaluation for different ventilation strategies, Joint Conference 33rd AIVC Conference and 2nd TightVent Conference, pag.70-74(10pag), 11-12 October 2012, Copenhagen, Denmark
- [7] A. Dogeanu, C. Croitoru, I. Nastase, A review on the main thermal comfort models for indoor spaces and their capabilities, YRC Conference of TUCEB, November 2012
- [8] A. Dogeanu, A. Iatan, C. Croitoru, I. Nastase, Conception of a real human shaped thermal manikin for comfort assesment, 8th International PhD & DLA Symposium, October 2012
- [9] A. Meslem, V. Sobolik, I. Nastase, F. Bode, Transfert de masse par jet impactant sur paroi plane. Comparaison de jets d'orifice et de convergent à bas nombre de Reynolds, XIème Colloque Interuniversitaire Franco-Québécois sur la Thermique des Systèmes, Reims, 2013
- [10] F. Bode, I. Nastase, A. Meslem, C. Croitoru, RANS and LES Models of a Lobed Jet Flow Integrated in a Personalized Ventilation System, Proceedings of CLIMA 2013, Prague, Czech Republic
- [11] F. Bode, C. Croitoru, I. Nastase, A. Dogeanu, Thermal comfort and IEQ assesment of an under-floor air distribution system, Proceedings of IBPSA 2013, Chambéry, France
- [12] I. Cruceanu, C. Maalouf, I. Nastase, I. Colda, A. Dogeanu, Etude et validation expérimentale d'un modèle zonal du panache thermique génère par un mannequin en position assise, Actes des communications de la session Francophone de la Conférence EENVIRO 2013, Bucarest
- [13] A. Meslem, I. Nastase, Contrôle passif des jets et son intégration dans le bâtiment – diagnostic expérimental et optimisation numérique Actes des communications de la session Francophone de la Conférence EENVIRO 2013, Bucarest
- [14] C. Croitoru, A. Meslem, V. Badescu, Influence de la dynamique de tourbillons longitudinaux sur le transfert de chaleur lors de l'écoulement d'air à travers un élément de diffusion d'une façade innovante, Actes des communications de la session Francophone de la Conférence EENVIRO 2013, Bucarest
- [15] A. Meslem, V. Sobolik, I. Nastase, F. Bode, Transfert de masse par jet impactant sur paroi plane, Proceedings de Journées Internationales de Thermique 2013, Marrakech, Maroc
- [16] A. Meslem, V. Sobolik, I. Nastase, K. Sodjavi, I. Nastase, Numerical prediction of wall shear rate in impinging cross-shaped jet at moderate reynolds number, Proceedings of CIEM 2013, Bucarest
- [17] R. Greffet, A. Meslem, I. Nastase, Analysis of a Low Reynolds Jet Flow from a Notched Orifice Jet for HVAC Applications, Proceedings of CLIMA 2013, Prague, Czech Republic

- [18] F. Bode, K. Sodjavi, A. Meslem, I. Nastase, Comparison of turbulence models in simulating a cruciform impinging jet on a flat wall, Proceedings of the 15th International Heat Transfer Conference ISBN: 978-1-56700-421-432, 15th International Heat Transfer Conference, IHTC-15, August 10-15, 2014, Kyoto, Japan
- [19] K. Sodjavi, B. Montagné, A. Meslem, M. Kristiawan, I. Nastase IMPINGING JET PASSIVE CONTROL FOR WALL SHEAR STRESS ENHANCEMENT , Proceedings of the 15th International Heat Transfer Conference ISBN: 978-1-56700-421-432, 15th International Heat Transfer Conference, IHTC-15, August 10-15, 2014, Kyoto, Japan
- [20] I. Udrea, I. Nastase, R. Crutescu, C. Croitoru, V. Badescu, COMFORT IN PASSIVE HOUSE – AN ADAPTIVE APPROACH, 3rd International Conference on Thermal Equipment, Renewable Energy and Rural Development 2014
- [21] C. Croitoru, F. Bode, I. Nastase, A. Dogeanu, Amina Meslem. Innovative solar wall performance study for low energy buildings applications, SGEM. 2014. Albena-Bulgaria.
- [22] F. Bode, Numerical study of a personalized ventilation system, EENVIRO 2014 Conference, June 2014, Bucharest
- [23] I. Udrea, C. Croitoru, I. Nastase, A. Dogeanu, V. Badescu, Thermal Comfort Analyses in Naturally Ventilated Buildings, EENVIRO 2014 Conference, June 2014, Bucharest
- [24] P. Danca, A. Vartires, C. Croitoru, I. Nastase, Evaluation of thermal environments in vehicles, Journées Internationales de Thermique, Marseille 2015
- [25] 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
- [26] 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
- [27] I. Udrea, R. Crutescu, C. Croitoru, I. Nastase, Viorel Badescu, Preliminary results concerning an adaptive thermal comfort model for the Romanian climate, 14th World Renewable Energy Congress – WREC 2015, Clean Energy for a Sustainable Development, University POLITEHNICA of Bucharest, Romania, 8-12 June 2015
- [28] I. Udrea, I. Nastase, R. Crutescu, C. Croitoru, V. Badescu, Simulation of a Passive House for thermal comfort-analysis, TE-RE-RD 2015, 4th International Conference of Thermal Equipment, Renewable Energy and Rural Development, Hotel Posada Vidraru, 04-06 June 2015, Conference Proceedings, Ed. Politehnica Press, 2015, pag. 179-182, ISSN 2457-3302, ISSN-L 2457-3302
- [29] Dogeanu, C. Croitoru, I. Nastase, F. Bode, M. Sandu, Life support systems on space stations- current problems and possible solutions, A16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016, www.sgem.org, SGEM2016 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7105-64-3 / ISSN 1314-2704, June 28 - July 6, 2016, Book4 Vol. 2, 195-202 pp
- [30] A. Dogeanu, C. Croitoru, I. Nastase, F. Bode, M. Sandu, Comfort evaluation using a thermal manikin. Comparison to subjective perception , 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016, www.sgem.org, SGEM2016 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7105-64-3 / ISSN 1314-2704, June 28 - July 6, 2016, Book4 Vol. 2, 283-290 pp
- [31] Sick Building Syndrome- standards, current issues and possible solutions , C. Croitoru, I. Nastase, Indoor Air 2016, The 14th International Conference of Indoor Air Quality and Climate Ghent, Belgium July 3-8 2016

[32] I. Nastase, A. Timpu, C. Croitoru, A. Meslem, Investigation of an innovative perforated panel at real scale conditions , Indoor Air 2016, The 14th International Conference of Indoor Air Quality and Climate Ghent, Belgium July 3-8 2016

[33] Ilinca Nastase, Cristiana Croitoru, Angel Dogeanu, Vlad Iordache, Florin Bode, Mihnea Sandu, Laboratory testing of innovative perforated panel for mixing ventilation, RCEPB 2016

Diseminare

Proiectul INADEVA a fost prezentat pentru prima dată la Salonul cercetării din 2011 (6 - 10 octombrie 2011) unde am participat cu primul prototip de manechin termic, cu grile inovante, cu un roll-up și cu flyere despre noul proiect (Figura 49). Proiectul a fost de asemenea prezentat la conferința tinerilor cercetători din UTCB - Young researchers conference YRC 2011, unde echipa noastră a prezentat două lucrări [66, 67] și prototipul de manechin termic, grile inovante și cu flyere despre noul proiect.



Figura 49: Participare la Salonul Cercetării 2011 și la YRC 2011

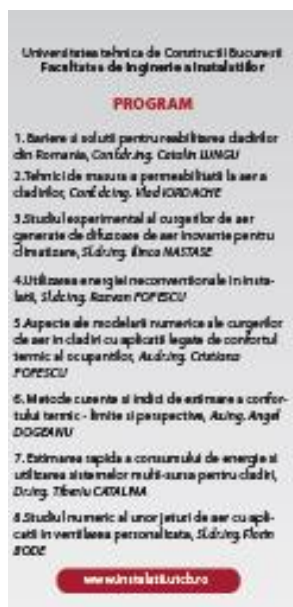
În anul 2012, proiectul a fost prezentat și popularizat în cadrul unei serii de manifestări tehnice și științifice de popularizare. La Târgul internațional de tehnologii, echipamente utilaje și materiale

pentru construcții – CONSTRUCT EXPO - martie 2012 și la Expoziția internațională pentru instalații, echipamente de încălzire, răcire și de condiționare a aerului – ROMTHERM – aprilie 2012, am prezentat prototipul de manechin termic îmbunătățit cu circuit respirator, grile inovante și flyere despre proiect (Figura 6). În cadrul acestor două manifestări au fost organizate două workshop-uri orientate IEQ (Indoor Environmental Quality) în cadrul cărora au fost prezentate rezultatele și perspectivele imediate ale proiectului. Am participat de asemenea la Salonul Cercetării în cadrul CNDI 2012 cu roll-ups de popularizare ale proiectului.

În cadrul conferinței YRC 2012 a fost organizat un și workshop-ul : Exploratory research studies for Indoor Ambient Quality : methods, results and perspectives dedicat proiectului INADEVA și proiectului IEQ (Tinere Echipe), la care au participat atât membrii echipelor de cercetare cât și invitați de la Universitatea Tehnică din Cluj Napoca, Institutul Național de Cercetări Aero-Spațiale Elie Carafoli, Universitatea Politehnică din Timișoara, etc.



a)



b)



c)



d)

Figura 50: Participare la: a) Conferința AIVC 2012 Copenhaga, b) Program Workshop desfășurat în cadrul Romtherm, c) Expoziția de la ROMTHERM 2012, d) Salonul Cercetării de la CNDI 2012



Figura 43: Participare la: a) Conferința YRC 2012 b) Program Workshop desfășurat în cadrul Conferinței YRC 2012



Figura 51: Participare la: a) Conferința EENVIRO 2013, b) INNOBUILD 2013, c) Conferința IBPSA 2013, d) Salonul Cercetării de la CNDI 2013



Figura 26: Workshop desfășurat în cadrul Conferinței EENVIRO 2013



Figura 52: a, b) Workshop desfășurat în cadrul conferinței EENVIRO 2014, c) Seminarul de la Academia Română, d) Prezentarea studentului G. Chitaru la YRC 2014

În anul 2013 am participat la expoziția INNOBUILD 2013 în cadrul Trienalei de Arhitectura de la București și la Salonul Cercetării în cadrul CNDI 2013 cu roll-ups de popularizare ale proiectului.

În cadrul conferinței EENVIRO 2013 a fost organizat un și workshop-ul : *Exploratory research studies for Indoor Ambient Quality : methods, results and perspectives* dedicat proiectului INADEVA și proiectului IEQ (Tinere Echipe), la care au participat atât membrii echipelor de cercetare cât și invitați internaționali din Franța, Maroc, Kosovo, și din țară, de la Universitatea Tehnică din Cluj Napoca, Institutul Național de Cercetări Aero-Spațiale Elie Carafoli, Universitatea Tehnică Gheorghe Asachi din Iași, etc.

Proiectul a fost prezentat și popularizat în cadrul unei serii de manifestări tehnice și științifice de popularizare și în 2014. La Târgul internațional de tehnologii, echipamente utilaje și materiale pentru construcții – CONSTRUCT EXPO - martie 2014 și la Expoziția internațională pentru instalații, echipamente de încălzire, răcire și de condiționare a aerului – ROMTHERM – aprilie 2014, am prezentat prototipul de manechin termic îmbunătățit cu circuit respirator, grile inovante și flyere despre proiect.

În cadrul conferinței EENVIRO 2014 a fost organizat un și workshop-ul : *Exploratory research studies for Indoor Ambient Quality : methods, results and perspectives* dedicat proiectului INADEVA, la care au participat atât membrii echipelor de cercetare cât și invitați de la Universitatea din La Rochelle, Academia Regala Militară din Bruxelles, UTCN, INCAS, Universitatea din Pitești, etc. La conferința YRC 2014 a fost organizată o masă rotundă dedicată proiectului INADEVA și probelelor de confort în general.

În noiembrie 2014 directorul de proiect a organizat la Academia Română seminarul cu tema: Echilibrul între eficiență energetică, calitate ambientală și confort în clădiri și alte spații ocupate. Soluții și provocări actuale, la care au participat membrii echipei de cercetare, Prof. Laszlo Fûlop de la Universitatea din Pecș, și alți membri ai comunității academice din domeniu din țara noastră. Programul manifestării este disponibil la http://www.academiaromana.ro/com2014/doc/d1118-program_Comisia_de_Energie_Regenerabila.pdf.

În anul 2015, am participat la expoziția din cadrul Salonului Cercetării 2015 și la expoziția din cadrul conferinței de la SINIA 2015 - A 50-a Conferință de Instalații - Instalații pentru începutul mileniului III "Ediție Jubiliară" 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 [68] 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.



a)



b)



c)



d)

Figura 53: 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

În jurul proiectului INADEVA au fost atrași 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. Astfel în 2015 în laboratorul nostru am avut patru studenți stagieri 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. Acest lucru s-a întâmplat din nou și în 2016

Workshopul de închidere a proiectului INDEVA va avea loc pe data de 28 octombrie la Facultatea de Inginerie a Instalațiilor în cadrul conferinței EENVIRO 2016. Ne bucură, în acest an de prezența unor specialiști de referință în domeniu: Profesorul Hazim Awbi de la universitatea din Reading, Profesorul - Risto Kosonen de la Aalto University, Profesorul Dennis Loveday, Loughborough University. Este prima dată când aceste personalități vin în România, grație invitației făcute de echipa noastră. Vom avea de asemenea oaspetii nostri tradiționali Prof. Amina Meslem și Prof. Walter Bosschaerts.

Referințe

1. Nastase, I., *Analyse des jets lobés en vue de leur intégration dans les Unités Terminales de Diffusion d'air*. 2007, Université de La Rochelle: Ph.D. Thesis.
2. Nastase, I. and A. Meslem, *Vortex dynamics and entrainment mechanisms in lobed jets*. Bulletin of the American Physical Society, 2007. **52 (12)**.
3. Nastase, I. and A. Meslem, *Passive control of jet flows using lobed nozzle geometries*. Mécanique & Industries, 2007. **8(2)**: p. 101-109.
4. Nastase, I. and A. Meslem. *Lobed jets for improving air diffusion performance in buildings*. in *The 29th AIVC Conference*. 2008. Kyoto, Japon.
5. Nastase, I. and A. Meslem, *Vortex dynamics and entrainment mechanisms in low Reynolds orifice jets*. Journal of Visualization, 2008. **11(4)**.
6. Nastase, I. and A. Meslem, *Vortex dynamics and mass entrainment in turbulent lobed jets with and without lobe deflection angles*. Experiments in Fluids, 2010. **48(4)**: p. 693-714.
7. Nastase, I., A. Meslem, and T. Bowmans, *Vortical structures analysis in jet flows using a classical 2D-PIV system and time resolved visualization image processing*. Journal of Flow Visualization and Image Processing, 2008. **15(4)**: p. 275-300.
8. Nastase, I., A. Meslem, and I. Colda. *Innovative passive mixing devices for better air diffusion performance in buildings*. in *43-th National Conference, Building services for the beginning of the third millennia*. 2008. Sinaia, Roumanie.
9. Meslem, A. and I. Nastase. *Analysis of free or twin-jets for innovative air diffusion terminal units*. in *Roomvent 2009*. 2009. Busan, South Korea.
10. Meslem, A., I. Nastase, and K. Abed-Meraim, *Experimental investigation of a lobed jet flow mixing performance*. Journal of Engineering Physics and Thermophysics, 2007. **81(1)**.
11. Meslem, A., I. Nastase, and F. Allard, *Passive mixing control for innovative air diffusion terminal devices for buildings*. Building and Environment, 2010. **45** (2679-2688).
12. Nastase, I., A. Meslem, and P. Gervais, *Primary and secondary vortical structures contribution in the entrainment of low Reynolds number jet flows*. Experiments in Fluids, 2008. **44(6)**: p. 1027-1033.
13. Nastase, I. and A. Meslem, *Vortex Dynamics and Entrainment Mechanisms in Low Reynolds Orifice Jets*. Journal of Visualisation, 2008. **11(4)**: p. 309-318.
14. El-Hassan, M., A. Meslem, and K. Abed-Meraïm, *Experimental investigation of the flow in the near-field of a cross-shaped orifice jet*. Phys. Fluids, 2011. **23(045101)**: p. 16 p.
15. Nastase, I., et al., *Lobed grilles for high mixing ventilation - An experimental analysis in a full scale model room*. Building and Environment, 2010.
16. Meslem, A., M. El-Hassan, and I. Nastase, *Analysis of jet entrainment mechanism in the transitional regime by time-resolved PIV*. Journal of Visualization, 2010. **14(1)**: p. 41-52.
17. El-Hassan, M. and A. Meslem, *Time-resolved stereoscopic PIV investigation of the entrainment in the near-field of circular and daisy-shaped orifice jets*. Physics of Fluids, 2010. **22(3)**.
18. Kosonen, R., et al., *Impact of heat load location and strength on air flow pattern with a passive chilled beam system* Energy and Buildings, 2010. **42(1)**: p. 34-42.
19. Sorensen, D.N. and L.K. Voigt, *Modeling airflow and heat transfer around a seated human body by computational dynamics*. Building and Environment 2003. **38(6)**: p. 753-762.
20. Murakami, S., S. Kato, and J. Zeng, *Combined simulation of airflow, radiation and moisture transport for heat release from a human body*. Building Environment, 2000. **35**: p. 489-500.
21. Murakami, S., S. Kato, and J. Zeng, *CFD analysis of thermal environment around human body*. 1996. **2**: p. 479-484.
22. Gao, N.P. and J.L. Niu, *Indoor and Built Environment*. CFD study of thermal environment around a human body: A review, 2005. **14**: p. 5-16.
23. Havenith, G., I. Holmer, and K. Parsons, *Personal factors in thermal comfort assessment: clothing properties and metabolic heat rate production*. Energy and buildings, 2002 **43(5)**: p. 581-591.

24. Holmér, I., *Thermal manikin history and applications*. European Journal of Applied Physiology, 2004. **92** p. 614-618.
25. Gökhan, S. and M. Kilic, *Numerical analysis of air flow, heat transfer, moisture transport and thermal comfort in a room heated by two-panel radiators*. Energy and Buildings, 2011. **43**(1): p. 137-146.
26. Croitoru, C., et al. *Numerical and experimental modeling of airflow and heat transfer of a human body*. in *Roomvent 2011*. 2010. Trondheim, Norway.
27. Einberg, G., et al., *CFD modeling of an industrial air diffuser-predicting velocity and temperature in the near zone*. Building and Environment 2005. **40**: p. 601-615.
28. Nastase, I., et al., *Lobed grilles for high mixing ventilation - An experimental analysis in a full scale model room*. Building and Environment, 2011. **46**(3): p. 547-555.
29. Cropper, P.C., et al. *Exchange of simulation data between CFD programmes and a multi-segmented human thermal comfort model*. in *Air Conditioning and the Low Carbon Cooling Challenge*. 2008. Windsor, UK.
30. Zhang, Y. and T. Yang. *Simulation of human thermal responses in a confined space*. in *Indoor Air*. 2008. Copenhagen, Denmark.
31. Khalifa, E.H., M.I. Janos, and D.J. F., *Experimental investigation of reduced-mixing personal ventilation jets*. Building and environment, 2009. **44**(8): p. 1551-1558
32. Melikov, A., *Breathing thermal manikins for indoor environment assessment: important characteristics and requirements*. Eur J Appl Physiol., 2004 **92**(6): p. 710-713.
33. Melikov, A.K., *Personalized ventilation*. Indoor Air Pollution, 2004. **14**(suppl. 7): p. 157-167.
34. ***, *Moderate thermal environments - determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort in ISO 7730*, I.O.f. Standardization, Editor. 1984.
35. Dantec Dynamics, S.A.S., *Comfort Sense system brochure, available on <http://www.dantecdynamics.com/>*.
36. ASHRAE, *"Thermal environmental conditions for human occupancy," ANSI/ASHRAE Standard 55-2013, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA*. 2013.
37. *ISO 7730 - Ergonomics of the thermal environment —Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*. 2005.
38. Nilsson, H.O. and I. Holmér, *Definitions and Measurements of Equivalent Temperature, European commission cost contract no smt4-ct95-2017 Development of standard test methods for evaluation of thermal climate in vehicles*. 2002.
39. Nilsson, H.O., *Thermal comfort evaluation with virtual manikin methods*. Building and Environment, 2007. **42**(12): p. 4000-4005.
40. Croitoru, C., et al., *Thermal comfort models for indoor spaces and vehicles - current capabilities and future perspectives*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2014. **Editorial reference: RSER_RSER-D-13-01099**.
41. Chitaru, G., et al., *Thermal comfort evaluation in a real office using a thermal manikin prototype* Mathematical Modelling in Civil Engineering – Scientific Journal, 2014. **5**.
42. Chitaru, G. and C. Calianu. *Comparație între două sisteme de evaluare a confortului termic într-un birou real in Seminar al Academiei Romane cu tema: Echilibrul între eficiență energetică, calitate ambientală și confort în clădiri și alte spații ocupate. Soluții și provocări actuale*. 2014.
43. Nastase, I., *Intelligent air diffusion for healthy environments - advanced flow control and evaluation methods*. *Habilitation Thesis*. 2014, Technical University of Civil Engineering of Bucharest.
44. Fanger, P.O., ed. *Thermal Comfort-Analysis and Applications in Environmental Engineering*. ed. C.D.T. Press. 1970.
45. Wyon, D., et al., *Standard procedures for assessing vehicle climate with a thermal manikin*. SAE-Technical Paper Series, 1989.
46. Alahmer, A., et al., *Vehicular thermal comfort models; a comprehensive review*. Applied Thermal Engineering, 2011. **31**(6–7): p. 995-1002.

47. Croitoru, C., et al. *Numerical and experimental modeling of airflow and heat transfer of a human body*. in *Roomvent 2011*. 2011. Trondheim, Norway.
48. 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.
49. Cheng, Y., J. Niu, and N. Gao, *Thermal comfort models: A review and numerical investigation*. *Building and Environment*, 2012. **47**(0): p. 13-22.
50. 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.
51. Arens, E., et al., *Are 'class A' temperature requirements realistic or desirable?* *Building and Environment*, 2010. **45**(1): p. 4-10.
52. 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.
53. 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.
54. Nastase, I., et al., *Investigation of an innovative perforated panel at real scale condition*. submitted to *Building and Environment*, 2015.
55. 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.
56. 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.
57. Xu, C., P.V. Nielsen, and G. Gong, *Measuring the exhaled breath of a manikin and human subjects*. *Indoor Air*, 2014. **25**(2).
58. Bode, F., *Fluid dynamics analysis for innovative personalized ventilation diffusers for automotive and building applications, PN-II-RU-PD-2011-3-0099*. 2013.
59. Croitoru, C., I. Nastase, and F. Bode, *Air turbulence intensity influence on the thermal comfort evaluation for different ventilation strategies, J*, in *oint Conference 33rd AIVC Conference and 2nd TightVent Conference, pag.70-74 (10pag), Copenhagen, Denmark*. 2012.
60. Dogeanu, A., *Cercetari privind realizarea unor proceduri performante de evaluare si clasificare a microclimatului interior, Teza de doctorat*. 2015.
61. Meslem, A., I. Nastase, and F. Allard, *Passive mixing control for innovative air diffusion terminal devices for buildings*. *Building and Environment*, 2010. **45**(12): p. 2679-2688.
62. Meslem, A., et al., *Optimization of lobed perforated panel diffuser: Numerical study of orifices arrangement*. accepted by *International Journal of Ventilation* to appear in September 2012, 2012.
63. Bragança, P., et al., *Passive control strategy for mixing ventilation in heating mode using lobed inserts* accepted to appear in *Energy and Buildings*, 2016.
64. Nastase, I., *Advanced strategies for high performance indoor Environmental QUALiTy in Operating Rooms PN-II-PT-PCCA-2011-3.2-0512 (92/2012)*. 2012.
65. Croitoru, C., *Îmbunătățirea mediului de deshidratare a nămolului provenit din procesul de epurare a apelor uzate la SEAU Glina prin optimizarea sistemului de captare si tratare a efluenților locali PN-III-P2-2.1-BG-2016-0158*. 2016.
66. Bode, F., I. Nastase, and C. Croitoru, *Mesh dependency study using large eddy simulation of a very low reynolds cross-shaped jet*. *Mathematical modelling* 2011. **4**: p. 16-23.
67. Croitoru, C., I. Nastase, and F. Bode, *The influence of the geometric form of the virtual thermal manikin on the convective flow*. *Mathematical modelling*, 2011. **4**: p. 55-65.
68. 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.