

Raport stiintific

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 octombrie – decembrie 2011 - INADEVA

Introducere

Sistemele de ventilare si condiționare a aerului trebuie sa asigure calitatea ambianțelor interioare și să asigure condiții confortabile pentru utilizatori. Actorii acestui domeniu sunt confrunțați cu o adevărată dilema. Ei trebuie sa respecte in același timp noile norme de calitate a aerului ce preconizează ambianțe sănătoase si confortabile, cu constrângerile legate de diminuarea consumului energetic. Putem sa constatam totuși ca tehnicile contemporane de refulare a aerului în încăperi nu sunt optimizate pentru a răspunde simultan la cele doua obiective indisociabile in ziua de astăzi : confort termic si economie de energie. Problema est deosebit de critica in cazul răcirii, caz in care aerul rece tinde sa “cada” in zona de ocupație sub efectul forțelor de gravitație. Astfel, daca in perioada estivala climatizarea este destinata sa aducă un plus de confort ocupanților, aceștia se plâng adesea de senzație de “frig”, de “curent” si de dureri de gat. Acest paradox este datorat difuziei neperformante a aerului rece in încăperea tratata legata de calitatea amestecului intre aerului de răcire si aerul cald ambient. In ciuda acestor inconveniente, climatizarea a devenit vitala in anumite situații, mai ales datorita verilor caniculare din ultimii din Europa, unde s-a înregistrat o creștere a consumului energetic datorat climatizării de peste 60% din 2003 si pana in prezent. In opinia noastră, acesta problematica își găsește un răspuns tehnologic la nivelul concepției dispozitivelor terminale de refulare a aerului ce trebuie optimizate in raport cu antrenarea aerului ambient. Ideea preconizata este legata de îmbunătățirea grilelor de refulare pentru obținerea de jeturi de aer primar mult mai eficiente din punct de vedere al amestecului cu aerul ambient. Aceste difuzoare inovante vor permite o stabilitate a a jetului si o repartiție optimala a sarcinii termice de răcire sau de încălzire, conducând la o ameliorare a confortului termic si la o reducere a consumului de energie. Pe de alta parte aceste difuzoare cu inducție a aerului mărita conduc la posibilitatea funcționarii echipamentelor de climatizare la diferențe de temperatura superioare celor practicate la ora actuala, atât in cazul răcirii cat si al încălzirii. In acest caz pentru sarcini termice constante va fi posibila o reducere a debitelor de aer refulat si in consecința o reducere a consumului electric datorat ventilatorului. Reducerea dimensiunilor circuitului de distribuție a aerului va conduce de asemenea la un casting in termeni de confort acustic. Tehnica de control pasiv al jeturilor de aer este bazata pe o ce consta în a aplica si adapta anumite geometrii folosite în aeronautica si 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 inovant de grila de refulare cu aripioare ondulate [15]. Acest concept se bazeaza pe idea unei modificări relativ simple si ieftine a unor difuzoare murale clasice, utilizate pe scara larga. A fost arătat faptul ca 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 sarcina a grilei inovante nu depășește valoarea celei clasice, iar nivelul de zgomot generat este similar [15]. În cadrul proiectului INADEVA, dorim sa plecam de la aceste grile inovante, împreuna cu alte concepte de difuzoare si sa testam diferite configurații corespunzătoare unor strategii de distribuție a aerului în încăperi menite sa favorizeze confortul ambiental si economia de energie.

În domeniul nostru, încă nu este universal acceptat faptul că o concepție judicioasa a parametrilor ambiantelor locuibile trebuie sa tina cont si de curenții de convecție generați de sursele de căldura, cum ar fi corpul uman, ce pot sa schimbe dramatic configurația curgerilor de aer studiate [18]. In general se tine cont doar de curgerile controlate generate de dispozitivele de refulare. Studii recente [18] arata ca poziția zonei în care sunt localizate valori maxime ale vitezei aerului este influențata de repartiția si intensitatea surselor de căldura din încăpere. O serie de studii de tip CFD sunt prezente în literatura, oferind o diversitate de modele ale corpului uman, de la geometrii dintre cele mai complexe pana 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 putința. Rezultatele arata ca acestea din urma sunt cele mai eficiente din punct de vedere al predicției corecte a curgerilor din ambianțe, a confortului termic sau a

calitativi aerului. Parametri specifici, cum ar fi, forma, dimensiunile, metabolismul, gradul de imbracare 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 este 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. Astfel primul nostru prototip va fi ameliorat și transformat într-un manechin cu 35 de segmente și un algoritm de control bazat pe modele de termoreglare fiziologice. Implementarea acestor obiective necesită integrarea și dezvoltarea tehnicilor de măsură existente la laborator (sistem PIV, prototip de manechin termic, celula experimentală) pentru realizarea condițiilor specifice pentru studierea ambianțelor interioare.

Activitățile desfășurate în perioada octombrie - decembrie 2011

Proiectul nostru este organizat în jurul a patru obiective principale. Fiecare obiectiv este împărțit în mai multe acțiuni (tasks). Datorită propunerii ambițioase dezvoltate în cadrul INADEVA, planul de lucru din propunerea de proiect a fost organizat într-o manieră ambițioasă cu obiective și acțiuni ce se derulează în paralel (Figura 1). Obiectivele și acțiunile trebuie să fie coordonate astfel încât diferite interacțiuni transversale să poată avea loc. 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)**

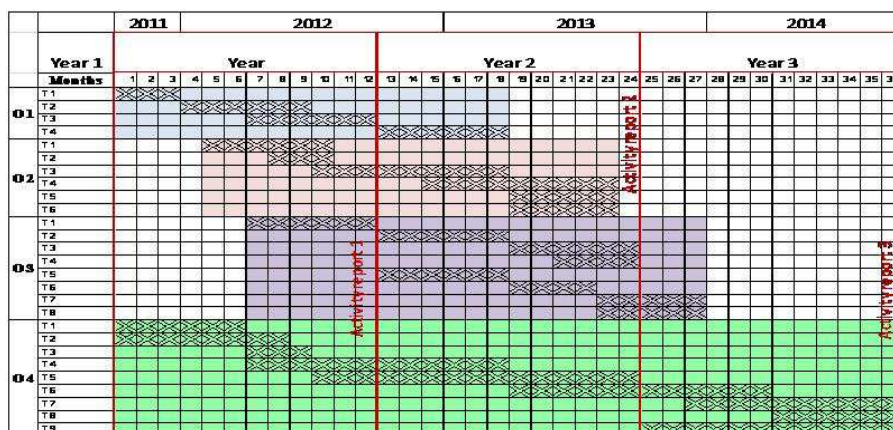


Figura 1: Planul de lucru estimativ al proiectului INADEVA

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 sursă 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.

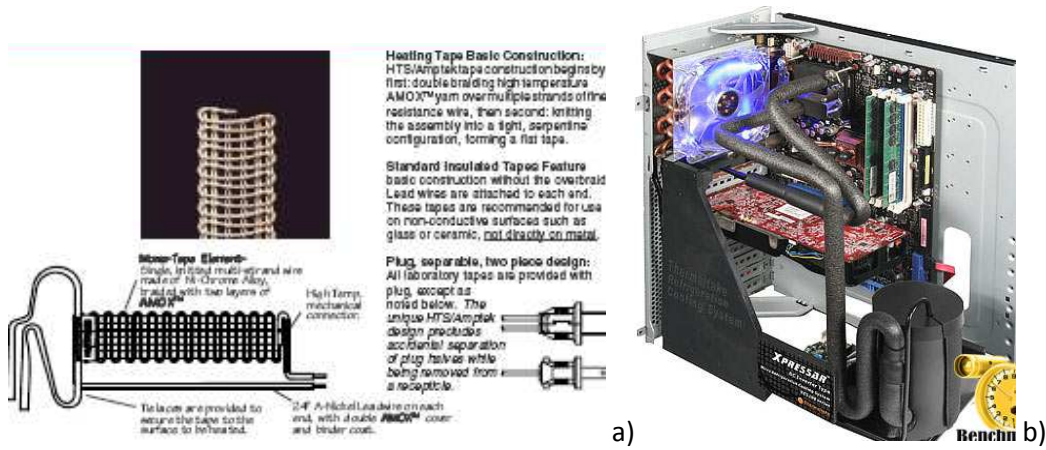


Figura 2: a) Noul tip de material încălzitor propus, b) Sistem de răcire cu agent frigorific pentru computere

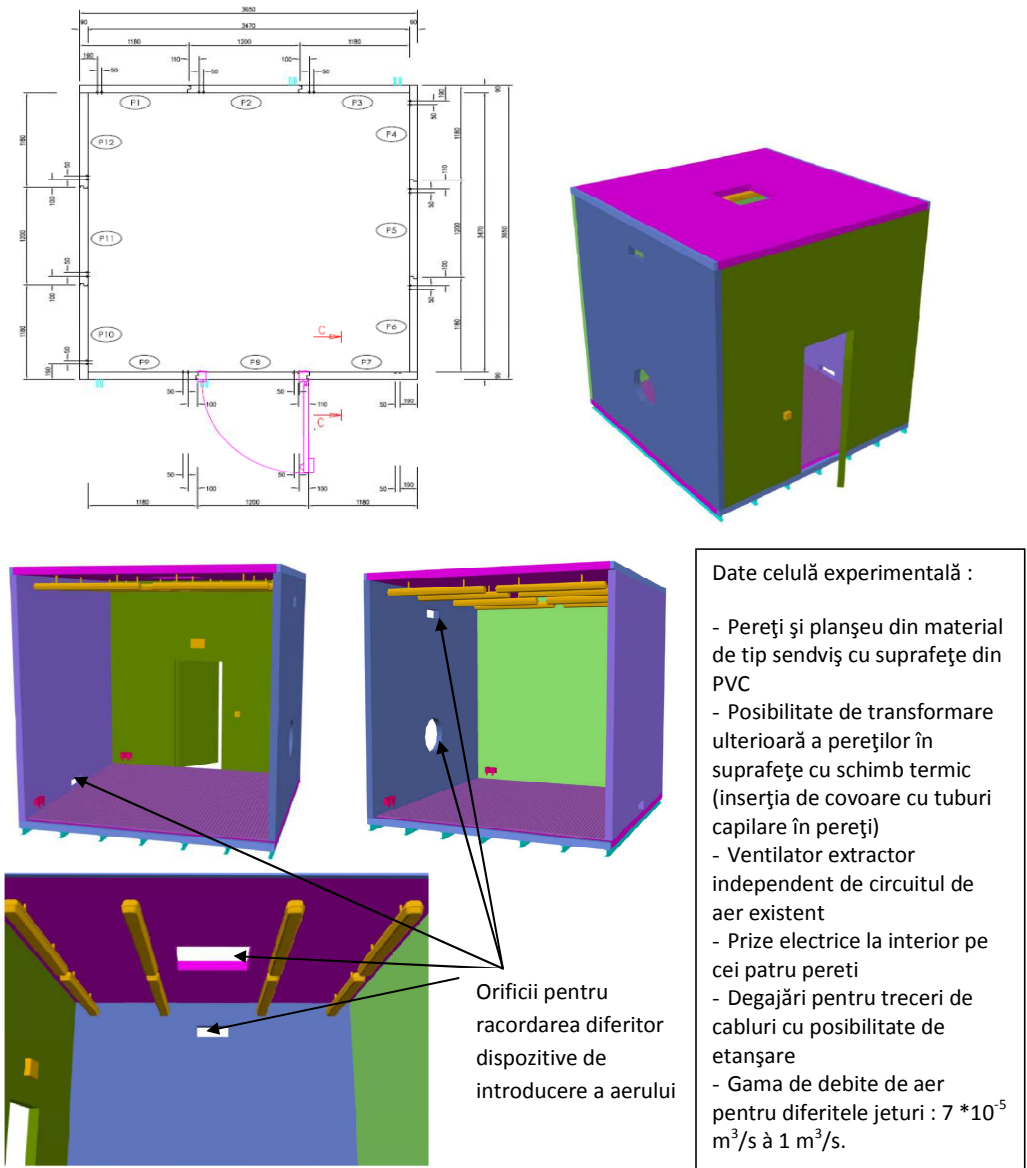


Figura 3: Planul și vederi ale celulei experimentale ce va fi construită la UTCB

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 chillere

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 (încalziți 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)

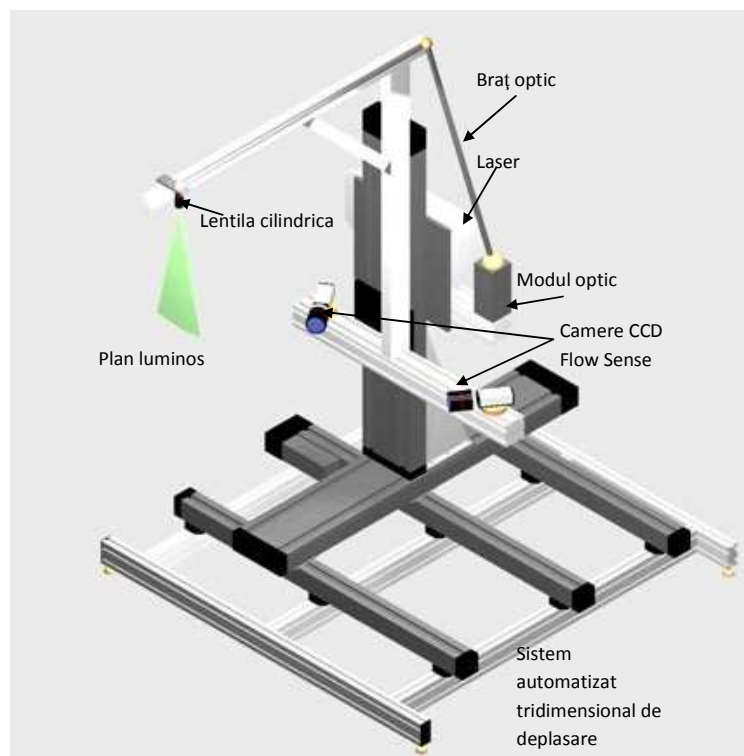


Figura 4: Schema sistemului PIV stereoscopic

Diseminare

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

Proiectul a fost prezentat la Salonul cercetării (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 6). Proiectul a fost de asemenea prezentat la conferința tinerilor cercetători din UTCB - Young researchers conference YRC 2011, unde echipa noastră a prezentat două lucrări [29, 30] și prototipul de manechin termic, grile inovante și cu flyere despre noul proiect.



Figura 6: Participare la Salonul Cercetării 2011 și la YRC 2011

Director proiect,
Șef Lucrări Dr. Ing. Ilinca Nastase

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. 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.
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. 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.
30. 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.