

# CLĂDIRIA PASIVĂ ENERGETIC – SOLUȚIE PENTRU UN VIITOR VERDE

S. DIMITRIU<sup>1</sup> V. BĂDESCU<sup>1</sup> D. HERA<sup>2</sup>  
M. CRUȚESCU<sup>3</sup> R. CRUȚESCU<sup>3</sup> L. DRUGHEAN<sup>2</sup>  
A. ILIE<sup>2</sup> G. IVAN<sup>2</sup> F. IORDACHE<sup>2</sup>  
V. IORDACHE<sup>2</sup> M. MARINESCU<sup>1</sup>  
D. ISVORANU<sup>1</sup> M. CAZACU<sup>1</sup> S. BUDEA<sup>1</sup>

**Abstract.** *The work is a concise presentation of the construction of the first Rumanian passive office building. This building was achieved in a common research project by SC AMVIC SRL and specialists from the Technical University of Civil Engineering and University “Politehnica” from Bucharest. The work presents the construction of the outer cover of the building, the energetic performances and the HVAC system.*

**Keywords:** *casă pasivă, schimbător de căldură cu solul, anvelopă clădire.*

## 1. Introducere.

Pentru ca o clădire să fie catalogată drept „casă pasivă” trebuie să aibă în primul rând un consum de energie pentru încălzire sub 15 kWh/m<sup>2</sup>/an, cu 80 % mai redus decât cel corespunzător unei clădiri obișnuite și care poate fi obținut atât printr-o soluție arhitectonică corespunzătoare cât și printr-o izolare termică deosebită a anvelopei. În prezent în România, Legea nr. 372/2005 promovează creșterea performanței energetice a clădirilor, ținându-se cont de condițiile climatice exterioare și de amplasament, de cerințele referitoare la temperatura interioară și de eficiența economică. În acest context, prin activitatea de concepție, proiectare și coordonare a unui colectiv de specialiști din cadrul SC AMVIC SRL, Universitatea POLITEHNICA București și Universitatea Tehnică de Construcții București s-a reușit finalizarea construcției primei clădiri

pasive cu destinație administrativă din România [1], [2].



Fig.1. Clădirea administrativă AMVIC  
(proiect AMVIC)

Clădirea administrativă, a cărei imagine este prezentată în figura 1, este situată în incinta SC AMVIC, în comuna Bragadiru, județul Ilfov.

<sup>1</sup>Universitatea Politehnica din București

<sup>2</sup>Universitatea Tehnică de Construcții din București

<sup>3</sup>S.C. AMVIC S.R.L., București

## 2. Construcția clădirii.

Clădirea [1] are forma de dreptunghi din care casa scării iese în afară la o treime din lungimea totală, pe latura orientată spre sud (fig.1). Pe înălțime se dezvoltă pe 5 nivele (P+3+M), primele patru având destinație administrativă (showroom, birouri) în construcție „spațiu deschis”, iar mansarda destinație rezidențială. Accesul principal este pe fațada sudică, sub forma unui windfang protejat de casa scării pe latura dinspre est.

Fundațiile (Figura 2) sunt continue, din beton armat, cu o termoizolație de 20 cm de polistiren extrudat pe toată suprafața, atât pe părțile exterioare cât și pe părțile interioare, peste care este aplicată o hidroizolație din folie cu alveole



Fig. 2. Fundațiile clădirii (foto AMVIC).

Pereții exteriori sunt realizați din beton armat cu grosimea de 20 cm, turnat în cofraje termoizolante permanente sistem AMVIC (Figura 3), realizate din neopor cu grosimea de 6,3 cm. La exterior s-a prevăzut o termoizolație suplimentară de 20 cm de polistiren expandat cu densitatea de 25 kg/m<sup>3</sup>, finisată cu tencuială compusă din masa de șpaclu adezivă, cu adaos de

rășină, plasă din fibra de sticlă și vopsea decorativă. Spre interior, pereții au o



Fig.3 Cofraje termoizolante (foto AMVIC)

termoizolație suplimentară de 7 cm pe bază de celuloză (thermofloc), cu densitatea de 60 kg/m<sup>3</sup>, peste care este montat pe structura metalică un perete fals din plăci de gipscarton cu grosimea de 1,2 cm, finisat cu vopsea decorativă.

Plășele sunt din beton armat cu nervuri. Ele au grosimea de 33 cm, din care 25 cm polistiren expandat cu densitatea de 25 kg/m<sup>3</sup>, iar nervurile, realizate tot din beton armat, au dimensiunea de 18 x 25 cm. Finisajul pardoselii este realizat din gresie antiderapantă pentru trafic intens.

Compartimentările interioare sunt realizate din pereți ușori din gipscarton dublu placați, cu grosimea totală de 12 cm, cu termoizolație din vată minerală cu densitatea de 60 kg/m<sup>3</sup>.

Tâmplăria exterioară este realizată din profile de aluminiu clasa 1.0 Reynaers, cu vitraje termoizolante cu trei foi de sticlă dintre care două cu “low-emission”, având krypton între ele, ce conferă un coeficient de transfer termic al ansamblului ramă - vitraj

termoizolant de  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ . La toate vitrajele exterioare, pe laturile de sud și vest ale construcției, au fost prevăzute sisteme exterioare de jaluzele acționate cu servomotor, care modifică intensitatea luminoasă funcție de condițiile atmosferice, gradul de însorire și gradul de iluminare dorit.



Fig. 4. Construcția în fază intermediară (foto AMVIC)



Fig. 5. Construcția în faza finală. (foto AMVIC)

Acoperișul acestei clădiri este tip șarpantă din lemn ignifugat, cu termoizolație din celuloză ignifugată în grosime totală de 60 cm, cu învelitoare din tablă profilată Lindab. La ultimul nivel, tavanul este din plăci de gipscarton, cu corpuri de iluminat incluse.

Casa scării este realizată în sistem AMVIC cu aceleași izolații ca și restul construcției, cu pereți structurali din beton armat turnați în cofraje termoizolante din neopor, cu izolație de 20 cm din polistiren extrudat sub placa de fundație și 20 cm de izolație suplimentară de polistiren expandat cu densitatea de  $25 \text{ kg/m}^3$  pe toți pereții exteriori. Ușa de intrare în casa scării are sistem automat de închidere.

În plafoanele false din gipscarton, în spațiile de locuit și circulație, sunt plasate guri de introducere a aerului, iar în grupurile sanitare guri de evacuare a aerului.

În figura 4 este prezentată o fază intermediară a construcției, iar în figura 5 forma finală a clădirii.

### 3. Evaluarea performanțelor energetice.

Ca urmare a finalizării părții de construcție, s-au reevaluat față de proiect [2], caracteristicile termice ale clădirii rezultând:

- rezistența termică medie corectată pentru anvelopa opacă:

$$R'_{ma} = 12,7 \text{ m}^2\cdot\text{K/W};$$

- rezistența termică medie corectată pentru suprafețele vitrate:

$$R'_{mv} = 2,0 \text{ m}^2\cdot\text{K/W};$$

- rezistența termică medie corectată pentru întreaga clădire:

$$R'_m = 6,94 \text{ m}^2\cdot\text{K/W};$$

- coeficientul de transfer termic mediu pentru anvelopa opacă:

$$U'_{ma} = 0,08 \text{ W/m}^2\cdot\text{K};$$

- coeficientul de transfer termic mediu pentru suprafețele vitrate:

$$U'_{mv} = 0,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K};$$

- coeficientul de transfer termic mediu pentru întreaga clădire:

$$U'_m = 0,14 \text{ W/m}^2\cdot\text{K};$$

Consumurile specifice de energie pentru încălzire și climatizare ale clădirii,

reevaluate de asemenea după finalizarea părții de construcție, sunt:

- consumul pentru încălzire:

$$q_{inc}^{(c)} = 9,56 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{an};$$

- consumul pentru climatizare:

$$q_{clima}^{(c)} = 9,23 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{an};$$

Pentru celelalte utilități, pentru care instalațiile sunt în curs de finalizare și probe, consumurile specifice de energie ale clădirii, estimate în acest stadiu, sunt:

- consumul pentru apa caldă menajeră:

$$q_{acm}^{(c)} = 11,86 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{an};$$

- consumul pentru iluminat:

$$e_{ilum}^{(c)} = 14,46 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{an};$$

- consumul pentru ventilație:

$$e_{vent}^{(c)} = 9,07 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{an};$$

În conformitate cu metodologia privind notarea și certificarea energetică a clădirilor, clădirea se încadrează în clasa energetică A. Sarcina termică specifică a clădirii în sezonul rece fiind de  $5,5 \text{ W/m}^2$ , sub limita de  $10 \text{ W/m}^2$ , căldura necesară pentru încălzire poate fi transmisă exclusiv prin sistemul de ventilație.

#### 4. Implementarea captatoarelor solare.

Suprafața construită a clădirii de peste  $400 \text{ m}^2$  permite ca pe acoperiș să se monteze o suprafață suficientă de captare, care să poate prepara apa caldă utilizabilă în două scopuri: preparare de apa caldă de consum și preîncălzirea aerului introdus în spațiul interior.

Instalația solară pentru prepararea apei calde necesară zonei rezidențiale de la mansardă (Figura 6) se compune dintr-o suprafață de captare plană de  $20 \text{ m}^2$  și un rezervor acumulator de  $300 \text{ l}$  prevăzut și cu o rezistență electrică. În sezonul rece se utilizează întreaga suprafață de captare, iar în timpul verii, din luna aprilie și până în luna octombrie, numai  $6 \text{ m}^2$ .

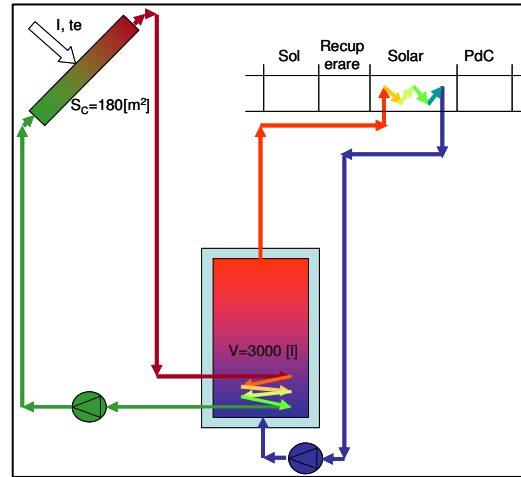


Fig. 6. Instalația solară pentru mansardă

Instalația pentru preîncălzirea aerului proaspăt introdus în clădire (Figura 7) se compune dintr-o suprafață de captare de  $180 \text{ m}^2$  și un rezervor de acumulare de  $3000 \text{ l}$ .

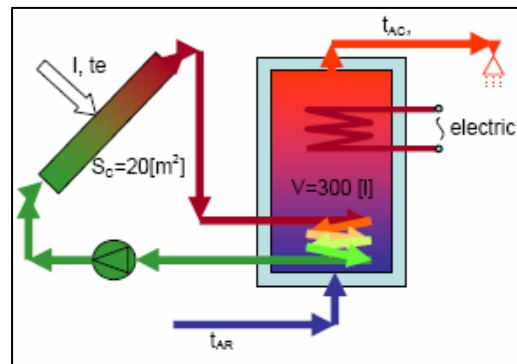


Fig. 7. Instalația solară pentru încălzirea aerului proaspăt.

Rezervorul de acumulare reprezintă sursa de căldură pentru bateria de încălzire plasată în aval de recuperatorul de căldură din aerul evacuat.

Se estimează că sistemul de captare al energiei solare asigură în timpul sezonului rece cca. 65% din necesar pentru apa caldă de consum și cca. 60% din necesar pentru bateria de încălzire a aerului proaspăt.

## 5. Sistemul HVAC integrat al clădirii.

Aerul necesar ventilării și care totodată realizează încălzirea iarna și răcirea vara, este preluat din exterior printr-un schimbător de căldură plasat în sol. Aerul proaspăt, înainte de a fi introdus în interior, este trecut printr-un schimbător de căldură recuperator în care se încălzește iarna și se răcește vara, de la aerul extras din interiorul clădirii. Tubulatura de introducere a aerului proaspăt este dimensionată, pentru a transporta un debit de aer de 3000 m<sup>3</sup>/h cu o viteză medie în jurul valorii de 3 m/s. Pentru volumul de cca. 7500 m<sup>3</sup> al cădirii acest debit corespunde unui număr de 0,4 schimburi de aer pe oră. Traseul de introducere se dezvoltă pe înălțime, din acest traseu despărțindu-se trasee orizontale pe fiecare etaj, care urmăresc clădirea în lungimea sa. Tubulatura este pozată sub plafonul etajului curent fiind mascată de plafonul fals. Grilele de introducere sunt reglabile după două direcții pentru ca jetul să fie cât mai bine dirijat în încăperea și să nu deranjeze ocupanții. Gurile de introducere sunt amplasate doar în spațiile cu destinație de show-room, birouri sau camere de locuit. Există grile de transfer amplasate în general la partea superioară a ușilor pentru ca aerul cald să poată trece într-un spațiu alăturat datorită diferenței de presiune. Aerul interior este extras la nivelul băilor, a grupurilor sanitare, a camerelor tehnice sau a debaralelor prin intermediul unor anemostate circulare. Debitul evacuat este preluat prin două coloane verticale care se unesc în zona parterului înainte de a intra în schimbătorul de căldură recuperator. Tubulatura s-a executat din ALP pentru a reduce timpul de execuție, pentru a nu încălca structura de rezistență a clădirii și pentru a nu izola suplimentar tronsoanele de introducere și evacuare.

Schimbătorul de căldură cu solul (SCSA) este realizat din tuburi orizontale echidistante din polipropilenă, sistem REHAU AWADUKT Thermo, cu

diametrul exterior de 200 mm, prinse între colectoare cu diametrul exterior de 400 mm. El este îngropat în sol, la adâncimea de 3,5 m în livada alăturată laturii de vest a construcției. Considerând temperatura solului din jurul țevilor constantă, din ecuația de bilanț termic a schimbătorului de căldură rezultă [3]:

$$t_e = t_s + (t_i - t_s) \cdot \exp\left(-\frac{U_l \cdot N \cdot L}{\dot{m}_a \cdot c_{pa}}\right) \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (1)$$

în care:  $t_i, t_e$  [°C] reprezintă temperatura aerului la intrare respectiv ieșire,  $t_s$  [°C] – temperatura solului,  $N$  – numărul de țevi,  $L$  [m] – lungimea țevilor,  $\dot{m}_a$  [kg/s] – debitul de aer iar  $c_{pa}$  [J/kg·K] – căldura specifică a aerului.

Pentru coeficientul liniar de transfer termic între aer și sol  $U_l$  [W/m·K] a fost utilizată expresia [3], [4]:

$$U_l = \left\{ \frac{1}{\pi \cdot d_i \cdot \alpha_a} + \frac{1}{2\pi \cdot \lambda_t} \cdot \ln\left(\frac{d_e}{d_i}\right) + \frac{1}{2\pi \cdot \lambda_s} \cdot \ln\left[\frac{2s}{\pi d_e} \cdot \text{sh}\left(\frac{2h}{s}\right)\right] \right\}^{-1} \quad (2)$$

în care:  $s$  [m] reprezintă pasul țevilor,  $h$  [m] – adâncimea de pozare,  $\lambda_t$  [W/m·K] – coeficientul de conductivitate termică al țevilor,  $\lambda_s$  [W/m·K] – coeficientul de conductivitate termică al solului,  $\alpha_a$  [W/m<sup>2</sup>·K] – coeficientul de transfer termic superficial al aerului iar  $d_e, d_i$  [m] – diametrul la exteriorul și interiorul țevilor.

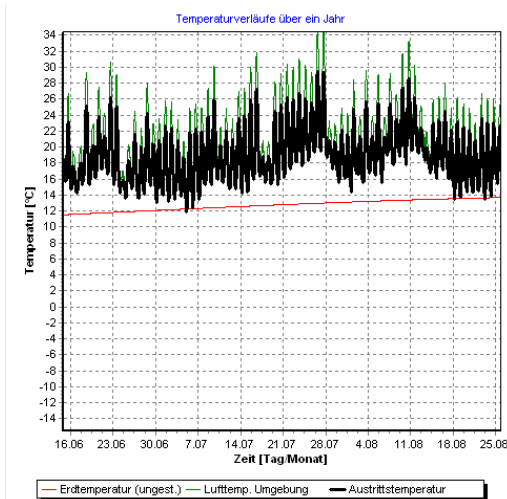
Dimensiunile SCSA au fost stabilite în raport cu terenul disponibil pentru pozare, pasul țevilor ( $s$ ) fiind determinat de distanța existentă între rândurile de pomi, iar lungimea acestora ( $L$ ) de lungimea terenului. În Tabelul 1 sunt prezentate temperaturile aerului estimate la ieșire din schimbătorul de căldură cu solul, pentru

perioada de vară, respectiv iarnă, considerând temperatura solului constantă și valori extreme pentru temperatura aerului exterior.

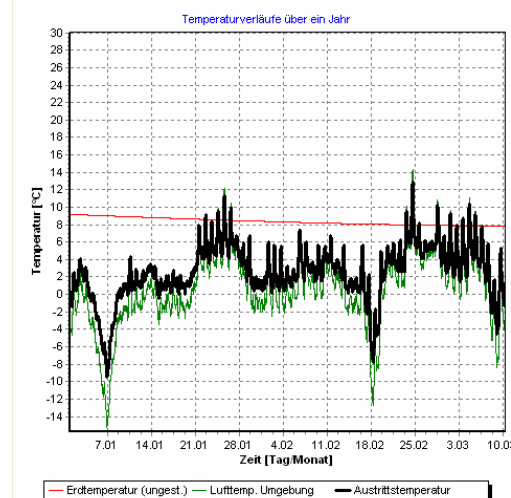
Regimul termic al SCSA Tabelul 1

Temperatura	Vara	Iarna
$t_s$ [°C]	12	8
$t_i$ [°C]	35	-15
$t_e$ [°C]	30	-10

Valorile obținute sunt confirmate de simularea efectuată cu programul de calcul profesional REHAU Bemessungssoftware AWADUKT Thermo (Figura 7 a, b).



a) iarna



b) vara

Simularea a fost efectuată pentru perioada de vară în intervalul 16.06 -25.08 iar pentru perioada de iarnă în intervalul 7.01-10.03.

În figura 8 este prezentată schema de funcționare a sistemului pe timpul iernii. La ieșire din schimbătorul de căldură (1) îngropat în sol temperatura aerului se consideră în situația cea mai defavorabilă, la nivelul de  $-10$  °C. Încălzirea până la temperatura de intrare în schimbătorul de căldură recuperator se realizează cu ajutorul bateriei de încălzire(2) funcționând cu apă caldă preparată cu ajutorul unor colectoare solare sau cu o pompă de căldură. Există și posibilitatea, dacă este necesar, a utilizării apei calde deșeu din fabrica de polistiren lângă care este amplasată clădirea. Debitul apei prin această baterie este controlat cu ajutorul unui kit hidraulic, în funcție de temperatura de ieșire din schimbătorul de căldură cu solul, astfel ca temperatura aerului la ieșire să se mențină constantă la valoarea de  $+5$  °C. Schimbătorul de căldură recuperator, conținut în interiorul agregatului de climatizare complet automatizat France Air POWER PLAY 60-3000 (3), este de tipul cu plăci plane. Conform datelor de catalog [5], eficiența este de 58 % iar variația temperaturii aerului de cca. 8 grade. Încălzirea finală până la temperatura  $+30$  °C, necesară introducerii aerului în interiorul casei se realizează în bateria de încălzire cu apă caldă (4), utilizând agent de încălzire din aceleași surse menționate anterior. Aerul extras din interior cu temperatura de  $+22$  °C este trecut înainte de evacuare prin recuperatorul de căldură. Instalația este prevăzută cu by-pass pe recuperatorul de căldură și de asemenea cu posibilitatea recirculării unei fracțiuni din aerul extras din interior.

În figura 9 este prezentată schema de funcționare a sistemului pe timpul verii. La ieșire din schimbătorul de căldură (1) îngropat în sol temperatura aerului preluat din exterior se consideră în situația cea mai

defavorabilă, +30°C. Schimbătorul de căldură recuperator răcește aerul cu câteva grade. Răcirea finală până la + 16...17 °C, se realizează în bateria de răcire (5), care utilizează fie apa extrasă direct din pânza freatică, fie apă glacială preparată cu pompa de căldură care este reversibilă.

Aerul extras din interior cu temperatura de 25 °C este trecut înainte de evacuare în exterior prin schimbătorul recuperator.

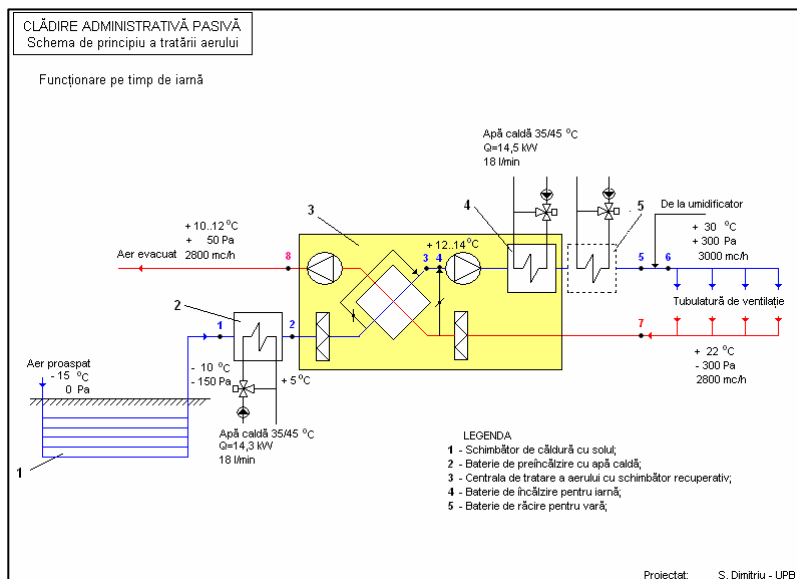


Fig. 8. Schema de funcționare pe timp de iarnă

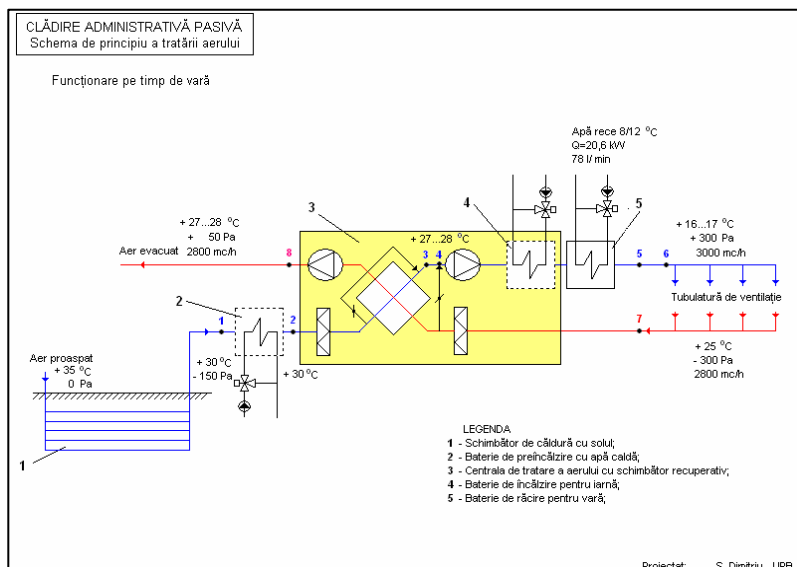


Fig. 9. Schema de funcționare pe timp de vară

## 6. Concluzii.

Până acum, deși au fost încercări și chiar unele reușite, la nivel național nu s-a realizat încă implementarea unui sistem integrat complet de tehnologii și echipamente care să realizeze ceea ce se numește o clădire pasivă. Sistemul de construcție inovator AMVIC, în care se implementează și se monitorizează ușor și complet instalații de încălzire, ventilații și climatizare cu ajutorul unor surse de energie regenerabile, poate constitui baza unui astfel de sistem integrat. Clădirea AMVIC, prin performanțele sale energetice se încadrează în standardul caselor pasive. Realizarea clădirii administrative pasive AMVIC deschide larg o poartă către construcția în viitor a unor astfel de sisteme, fiind așteptată cu un deosebit interes monitorizarea funcționării acesteia.

## Bibliografie.

1. Cruțescu M., Hera D., Bădescu V., ș.a. : *Clădire administrativă pasiv energetic*. În: Raport de cercetare - Contract 128/2007 AMCSIT, Programul INOVARE, Etapa II/2008.
2. Bădescu V, Hera D., Cruțescu M., ș.a.: *Clădire administrativă pasiv energetic*. In: CD Conferința AECC, CD, București, 3-4 decembrie 2007.
3. Ștefănescu D., Leca A., ș.a.: *Transfer de căldură și masă. Teorie și aplicații*. EDP, București. 1983.
4. Eckert E.R., Drake R.M.,: *Analysis of Heat and Mass Transfer*. Mc.Graw-Hill, New York. 1972.
5. \*\*\* *FRANCE AIR –Les Architectes de l’Air* - Catalogue 2008-2009, Chauffage, pp. 965-984, [www.france-air.com](http://www.france-air.com)