

Revista Română de Inginerie Civilă

Indexată în bazele de date internaționale (BDI)
ProQuest, INSPEC, EBSCO
INDEX COPERNICUS, ULRICH'S și JOURNALSEEK

Volumul 9 (2018), Numărul 2

Instalație de răcire pentru căzi de masaj și relaxare Cooling installation for massage bathtubs and relaxation <i>Laurențiu Rece, Răzvan Calotă, Valenti-Mihai Calota, Bianca Pironea</i>	79-86
Comportamentul termic în regim nestaționar al încăperilor încălzite/răcite de la tavane termoactivate cu sisteme de țevi capilare paralele Thermal behavior in non-standing heating / cooling heating systems through thermo-activated pipes with parallel capillar systems <i>Constantin Țuleanu, Livia Leanca, Tatiana Colomieț</i>	87-98
Corelații între atenuarea acustică a fațadelor clădirilor și permeabilitatea la aer a acestora. Aspecte teoretice. Correlations between the sound transmission loss of building façades and their air permeability. Theoretical aspects. <i>Vlad Iordache, Florin Iordache</i>	99-108
Utilizarea logicii fuzzy în modelarea numerică a unui controler inteligent de menținere a nivelului de CO ₂ în clădiri The numerical modelling of a intelligent controller for maintaining the level of CO ₂ into the buildings, using fuzzy logic <i>Florin-Adrian Hebean, Sorin Caluianu</i>	109-119
Assessing the performance of led lighting in a classroom - simulations versus experiments <i>Tiberiu Catalina, Alexandra Ene, Andrei Marian Istrate</i>	120-127
Rețele termice de distribuție. Aspecte energetice Thermal distribution networks. Energy aspects <i>Adrian Marin, Cristina Stanisteanu, Florin Iordache</i>	128-135
Error sources in positioning using GNSS receivers <i>Costin-Sebastian Manu, Larisa Ofelia Filip, Ioan Cosmin Ciuculescu, Dumitru Filip Tivig, Cosmin Carteș</i>	136-146
Simularea evacuării utilizatorilor în caz de incendiu la clubul Colectiv Occupant evacuation simulation in case of fire in the Colectiv nightclub <i>Gabriel Prigoreanu, Ion Anghel, Micu Cristian-Andrei</i>	147-159
Utilizarea energiei solare pentru incalzirea spatiilor si prepararea apei calde de consum. Evaluarea performantelor energetice Using solar energy for space heating and hot water consumption. Assessment of energy performance <i>Florin Iordache, Mugurel Talpiga, Eugen Mandric</i>	160-173

MATRIX ROM
OP CHIAJNA CP 2
077040 – ILFOV
Tel. 021 4113617 Fax. 021 4114280
e-mail: office@matrixrom.ro
www.matrixrom.ro

COLEGIUL EDITORIAL

Prof. dr. ing. Ioan BORZA, *Universitatea Politehnica Timisoara*
Conf. dr. ing. Lucian CARSTOLOVEAN, *Universitatea Transilvania Brasov*
Conf. dr. ing. Vasilica CIOCAN, *Universitatea Tehnica Gh. Asachi Iasi*
Prof. dr. Stefano CORGNATI, *Politecnico di Torino, Italy*
Conf. dr. ing. Andrei DAMIAN, *Universitatea Tehnica de Constructii Bucuresti*
Prof. dr. ing. Carlos Infante FERREIRA, *Delft University of Technology, The Netherlands*
Prof. dr. ing. Dragos HERA, *Universitatea Tehnica de Constructii Bucuresti, membru onorific*
Dr. Jaap HOGELING, *Dutch Building Services Knowledge Centre, The Netherlands*
Prof. dr. ing. Ovidiu IANCULESCU, *membru onorific*
Prof. dr. ing. Anica ILIE, *Universitatea Tehnica de Constructii Bucuresti*
Prof. dr. ing. Gheorghe Constantin IONESCU, *Universitatea Oradea*
Prof. dr. ing. Florin IORDACHE, *Universitatea Tehnica de Constructii Bucuresti - director editorial*
Prof. dr. ing. Vlad IORDACHE, *Universitatea Tehnica de Constructii Bucuresti*
Prof. dr. ing. Ioan MOGA, *Universitatea Tehnica Cluj Napoca*
Prof. dr. ing. Nicolae POSTAVARU, *Universitatea Tehnica de Constructii Bucuresti*
Prof. dr. ing. Daniela PREDA, *Universitatea Tehnica de Constructii Bucuresti*
Prof. dr. ing. Adrian RETEZAN, *Universitatea Politehnica Timisoara*
Conf. dr. ing. Daniel STOICA, *Universitatea Tehnica de Constructii Bucuresti*
Conf. dr. ing. Constantin TULEANU, *Universitatea Tehnica a Moldovei Chisinau, Republica Moldova*
Prof. dr. ing. Ioan TUNS, *Universitatea Transilvania Brasov*
Conf. dr. ing. Eugen VITAN, *Universitatea Tehnica Cluj Napoca*

Revista Română de Inginerie Civilă este publicată și finanțată de editura
MATRIX ROM
Director executiv: mat. Iancu ILIE

Online edition ISSN 2559-7485
Print edition ISSN 2068-3987; ISSN-L 2068-3987

Instalație de răcire pentru căzi de masaj și relaxare

Cooling installation for massage bathtubs and relaxation

Prof.dr.ing. Laurențiu Rece¹, Asist.dr.ing. Răzvan Calotă², Ing. Valenti-Mihai Calota³,
Drd.ing.Bianca Pironea⁴

^{1, 2, 3, 4}Universitatea Tehnica de Constructii Bucuresti

Facultatea de Inginerie a Instalatiilor

Bdul. Pache Protopopescu, 66, Romania

rece@utcb.ro, razvan.calota@gmail.com, bianca.pironea@yahoo.com

Rezumat

Lucrarea de față prezintă detalii tehnice despre modelul industrial „Căzi de masaj și relaxare” protejat prin Certificatul Internațional OSIM 021336/2016-model industrial, depozit f 2016 0065 ce constă în realizarea mai multor configurații de căzi cu sistem de hidromasaj, dar și cu masaj mecanic, generator de unde și alte echipamente specifice destinate revigorării/ tonifierii și creșterii confortului utilizatorului, inclusiv prin implementarea unor elemente de relaxare și mini bar, incorporate ergonomic, cu acces facil, în spațiile disponibile dintre masca și cada.

Cuvinte cheie: instalație de răcire, cadă de masaj

Abstract

The present paper presents technical details about the industrial model „Massage bathtubs”, protected by OSIM International Certificate 021336/2016, warehouse f 2016 0065, (auth. L. Rece, R. Calotă, V. Calotă) which consists in the realization of different types of hydromassage bath tub configurations designed for relaxation by implementing relaxation and bar elements. Starting with an existing system, novelty items will be built: a refrigeration system in order to cool beverages and food and an underwater massage and vibration production system.

Keywords: refrigeration plant, massage bathtub

1. Descrierea patentului

Descriere: Patentul de design/ model industrial constă în realizarea mai multor configurații de căzi cu sistem de masaj și alte echipamente specifice destinate revigorării/ tonifierii și creșterii confortului utilizatorului, inclusiv prin implementarea unor elemente de relaxare și mini bar (Figura 1a)

Modul masaj mecanic/modul confort (Figura 1 b): Pe latura înclinată a căzii, se poziționează o pernă de masaj mecanic, realizată dintr-un material impermeabil. Perna conține în interior un mecanism similar celor existente în interiorul scaunelor de masaj, un sistem de bile sau role care se vor deplasa în jurul unor axe, pe diferite direcții, pentru realizarea unui masaj lombar/ dorsal/ cervical, reglabil, tipuri de masaj pe care căzile uzuale de hidromasaj nu le pot asigura.



Figura 1a. Certificatul International OSIM 021336/2016-model industrial, depozit f 2016 0065

În cadrul unui sistem existent de cadă cu hidromasaj si cu mască (alcătuit din pompă, conducte de apă, duze de hidromasaj, aici reglabile) se montează un sistem original de echipamente de relaxare, cu caracter de noutate, ce permite masaj subacvatic și supra-acvatic, producere si orientare a vibrațiilor/ undelor prin apă, cu rol de relaxare

sau terapeutic, precum și de creștere a confortului utilizatorului prin includerea unor sisteme de refrigerare a băuturilor/ fructelor.

Modul minibar (Figura 1 c):

Cele trei compartimente de mini bar încorporate în spațiul neutilizat dintre mască și cadă, constituie partea de vaporizare a unei instalații frigorifice, separate între ele, accesul fiind permis de uși distincte, dispuse ergonomic.

Opționale relaxare / tonifiere (Figura 1 d): În partea opusă pernei cu masaj mecanic, pe latura cu înclinare mai mare, din zona de sprijin a picioarelor, se montează membrana vibrantă cu dispozitivul electromecanic de producere a undelor/ vibrațiilor, încorporat ca echipament opțional.

Amplitudinea și frecvența vibrațiilor vor putea fi reglate conform dorinței utilizatorului sau după caz, a prescripțiilor terapeutice. Cada conține și echipamente de duș speciale, care permit lansarea unei pelicule de apă, tip membrană, cu presiune reglabilă, care asigură un masaj local de revigorare, relaxare și tonifiere musculară. Accesorii: Întrucât apare necesitatea existenței unui loc în care să fie așezate sticlele/paharele etc., a fost gândită și varianta integrării în mască a unei măsuțe pliabile/ rotative, cu acces facil, reglabilă pe înălțime, eventual cu o margine puțin ridicată pentru a asigura protecție la alunecare, precum și accesorii de sprijin pentru echipamente IT/ diverse etc.



Figura 1 b. Modul masaj mecanic/confort



Figura 1 c. Modul minibar

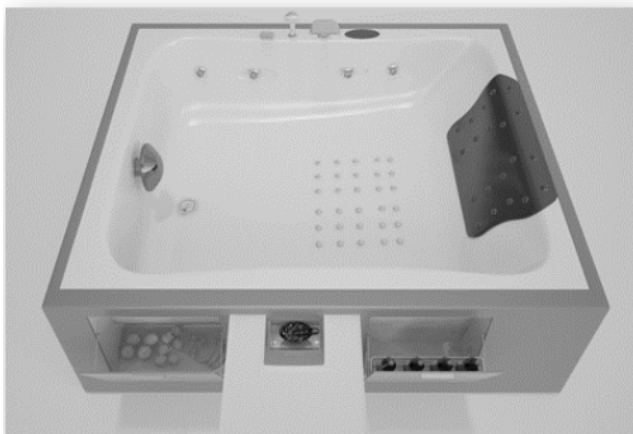


Figura 1 d. Modul opțional relaxare / tonifiere

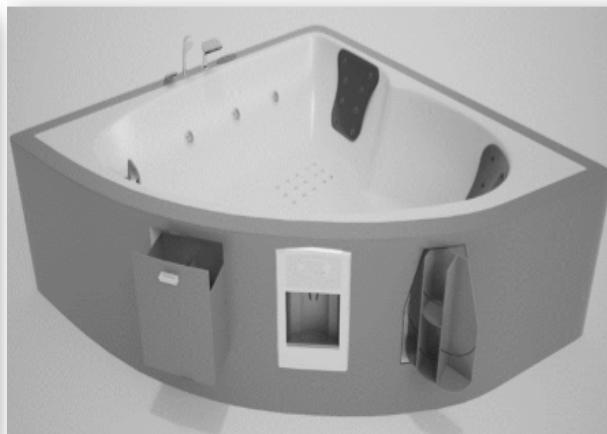


Figura 1 e. Variante și echipamente suplimentare

Variante și echipamente suplimentare (Figura 1 e): Cada poate fi realizată pentru o persoană sau două, prin supradimensionare pe lățime sau pe lungime (la alegere), conform preferințelor clientului, sau chiar în varianta circulară sau de colt.

Pot fi prevăzute opțional și elemente de relaxare acustică sau vizuală (subacvatice și/sau supra-acvatice) sau de agrement, prin dotarea căzii cu echipamente IT/ Internet, rezistente la apă/aburi, cât și a altor echipamente specifice, la alegere, cu caracter terapeutic sau de relaxare.

2. Descriere patent în ceea ce privește instalația de răcire

Schema instalației frigorifice și modul de funcționare (extras din brevet)

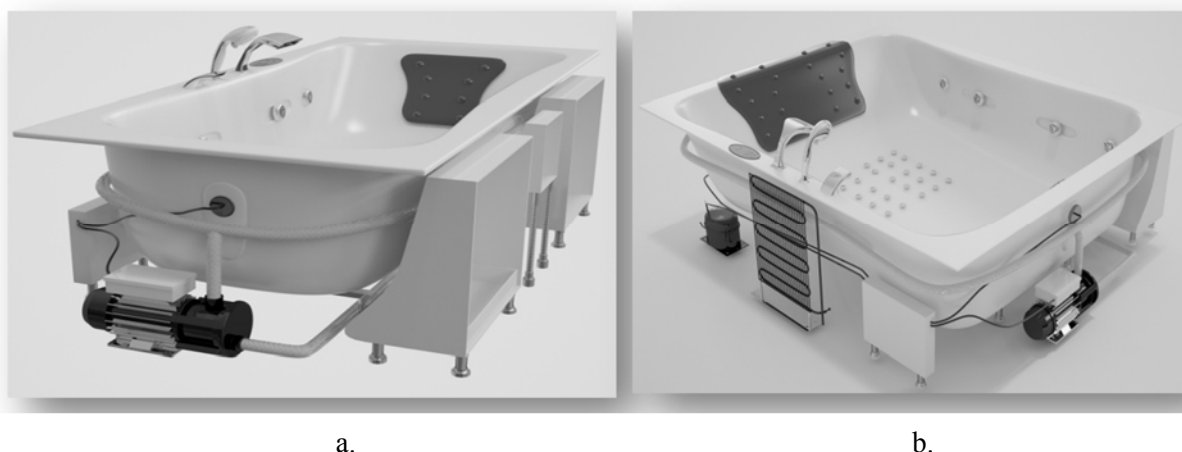


Figura 2a. Vedere laterală a elementelor tip bar (vaporizatoare); 2b. Vedere spate cadă (compresor și condensator);

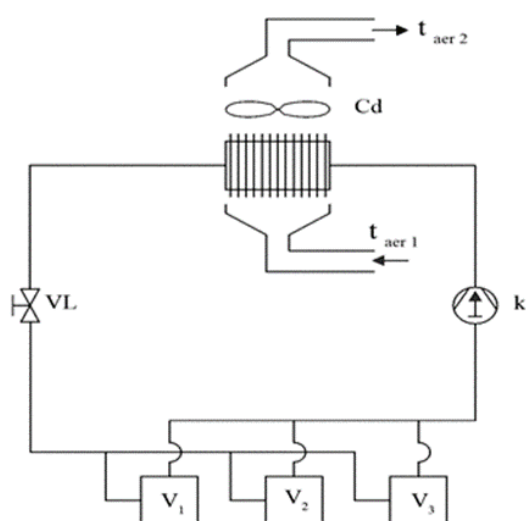


Figura 3. Schema instalației frigorifice

Instalația cu rol de răcire a celor trei compartimente de refrigerare, izolate termic cu un strat de material izolator, este prezentată în Figura 3.

Elementele componente ale instalației sunt:

- *vaporizatorul* sistemului frigorific (V_1 , V_2 , V_3), în care un agent frigorific ecologic preia căldura din interior și își schimbă starea de agregare din lichid în vapori;

- *compresorul* (k), echipament care ridică presiunea din sistem de la valoarea presiunii de vaporizare la presiunea de condensare;
- *condensatorul* (Cd) în care căldura preluată de agentul frigorific este cedată unui circuit de aer de răcire. Agentul frigorific condensează;
- *ventil de laminare* (VL) care reduce presiunea de condensare până la valoarea presiunii de vaporizare.

Partea electrică de acționare și corpul compresorului trebuie să fie protejate de un material impermeabil astfel încât să fie eliminată posibilitatea infiltrării apei. Dealtfel, aceleași măsuri specifice de izolare se iau și pentru celelalte echipamente care intră în componența sistemului, dar care nu fac obiectul prezentului articol.

3. Elemente de calcul

Temperatura ce trebuie menținută în compartimentele de refrigerare este de 5°C. Rezultă temperatura de vaporizare a agentului frigorific.

$$t_0 = t_{ref} - (4 \div 6)^{\circ}\text{C} = 0^{\circ}\text{C} \quad (1)$$

Temperatura aerului de racire a condensatorului se consideră egală cu temperatura interioară convențională din cadrul unei camere de baie, respectiv $t_{aer1}=22^{\circ}\text{C}$.

Rezultă temperatura de condensare a agentului frigorific.

$$t_c = t_{aer1} + (6 \div 10)^{\circ}\text{C} = 30^{\circ}\text{C} \quad (2)$$

Plecând de la temperaturile de vaporizare și condensare se poate realiza ciclul de funcționare al instalației frigorifice.

În cele ce urmează este prezentat ciclul în *diagrama log p-h* pentru agentul frigorific **R600a** utilizat în prezent în majoritatea frigiderelor casnice, având un coeficient GWP (Global Warming Potential) cu valoarea 3.

În cadrul articolului se face o comparație cu alți doi agenți frigorifici care pot fi utilizați în instalațiile casnice de refrigerare, respectiv **R134a**, dar care vine cu

dezavantajul unui coeficient GWP de 1300 și **R290 (propan)**, cu un GWP foarte scăzut de valoare 3 dar clasificat ca foarte inflamabil.

Puterea frigorifică totală a instalației a fost estimată ca fiind 500 W, pentru evaluarea realizată în cadrul prezentei lucrări, însă aceasta poate fi ajustată superior sau inferior, prin raportarea la echipamente de răcire similare existente pe piață.

Cu ajutorul softului *CoolPack*, se determină entalpiile specifice în fiecare punct funcțional al ciclului, iar mai departe *puterea de condensare* (utilizată la dimensionarea condensatorului, determinarea debitului de aer de răcire necesar și a secțiunii canalului de aer) respectiv *puterea electrică de comprimare* (utilizată în alegerea compresorului instalației frigorifice).

Debitul masic de agent frigorific se determină raportând puterea frigorifică a instalației la puterea frigorifică masică:

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_0}{h_7 - h_6} = 0,001726 \text{ kg/s} \quad (3)$$

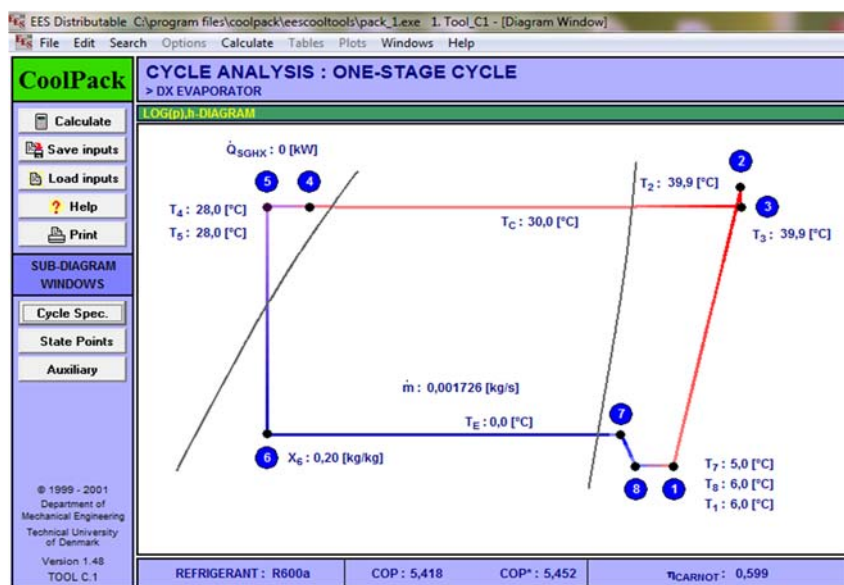


Figura 4a. Ciclul instalației frigorifice (R600a- izobutan)

STATE POINTS				
STATE POINT	TEMPERATURE	PRESSURE	ENTHALPY	DENSITY
	[°C]	[kPa]	[kJ/kg]	[kg/m ³]
1	6,0	154,9	687,4	4,1
2	39,9	409,8	735,5	10,3
3	39,9	404,2	735,8	10,1
4	28,0	404,2	396,0	547,1
5	28,0	404,2	396,0	547,1
6	0,0	157,7	396,0	-----
7	5,0	157,7	685,6	4,2
8	6,0	154,9	687,4	4,1

4b. Proprietățile fizice ale punctelor de stare

Puterea de condensare este:

$$\dot{Q}_C = \dot{m} \cdot (h_4 - h_{3'}) = 596,1 \text{ W} \quad (4)$$

Unde $h_{3'}$ se găsește la intersecția izobarei cu curba de titlul de vapori $x=1$.

Puterea de comprimare este:

$$P_K = \dot{m} \cdot (h_2 - h_1) = 92,6 \text{ W} \quad (5)$$

Eficiența energetică a instalației este:

$$EER = \dot{Q}_0 / P_K = 5,4 \quad (6)$$

Pornind de la puterea de condensare, și luând în considerare faptul că aerul care preia căldura se încălzește cu 5°C, se poate determina debitul de aer necesar răcirii condensatorului:

$$\begin{aligned} \dot{Q}_C &= \dot{m}_{aer} \cdot c_{p,aer} \cdot (t_{aer2} - t_{aer1}) \\ \dot{m}_{aer} &= 0,119 \text{ kg/s} \end{aligned} \quad (7)$$

În cele ce urmează este prezentat un tabel comparativ între performanțele instalației utilizând cei trei agenți analizați, respectiv R600a, R134a și R290.

Agent /	$\dot{m}$ [kg/s]	$\dot{Q}_C$ [W]	P_K [kW]	EER
R600a	0,001757	596,1	92,6	5,398
R134a	0,00311	592,8	93,5	5,35
R290	0,001637	594,1	94,8	5,274

Figura 5. Comparație între principalele caracteristici ale instalației frigorifice de 500W

4. Concluzii

În urma analizei comparative efectuate, a reieșit faptul că cei 3 agenți frigorifici analizați, respectiv R600a, R134a și R290 oferă performanțe relativ asemănătoare, eficiența frigorifică maximă fiind obținută în cazul izobutanului.

În plus, R134a prezintă dezavantajul unei influențe mai mari asupra încălzirii globale, prin coeficientul GWP ridicat, iar propanul este foarte inflamabil- acest lucru poate fi combătut prin abordarea unor măsuri de protecție.

Autorii considera că modelul propus și patentat de cadă poate avea un real succes pe piață, în special în domeniul hotelier, dar și pentru locuințe individuale, prin realizarea unei experiențe complexe de masaj mecanic, vibromasaj subacvatic și supra-acvatic, alături de accesul facil la cele 3 compartimente pentru refrigerarea băuturilor și alimentelor - eventual de producere a cuburilor de gheață- , poziționate în spațiul (altminteri nefolosit) dintre cadă și mască.

Toate formele prezentate au caracter de noutate pe plan national și international și au fost verificate, acceptate și protejate de O.S.I.M. prin Certificatul de Proprietate Intelectuala încadrat în categoria Model industrial protejat conform descrierii patentului.

5. Bibliografie

- [1] L. Rece, R. Calotă, V. Calotă, - „*Căzi de masaj și relaxare*” – Depozit de înregistrare OSIM f 2016 0065 București
- [2] ASHRAE Handbook of refrigeration, 2010, SI Edition
- [3] *** <http://www.en.ipu.dk/Indhold/refrigeration-and-energy-technology/coolpack.aspx>
- [4] *** <https://www.google.com/patents/US7322947>
- [5] http://www.linde-gas.com/internet.global.lindegas.global/en/images/R290%20Refrigerants%20Grade%20Propane%20Brochure17_110859.pdf

Comportamentul termic în regim nestaționar al încăperilor încălzite/răcite de la tavane termoactivate cu sisteme de țevi capilare paralele

Thermal behavior in non-standing heating / cooling heating systems through thermo-activated pipes with parallel capillar systems

Constantin Țuleanu¹, Livia Leanca², Tatiana Colomieț³

Universitatea Tehnică a Moldovei Or.Chîșinău,
Bd. Ștefan Cel Mare 168, Republica Moldova

¹ E-mail: ctuleanu@mail.ru

² E-mail: lica-041@mail.ru

³ E-mail: vadim-kvv@ayndex.ru

Rezumat: *Lucrarea tratează rezultatele experimentale privind comportamentul termic dinamic al unei săli de studiu, răcită / încălzită de un tavan activat termic printr-un sistem de tuburi capilare paralele, prin care circulă un agent de joasă energie. S-a studiat evoluția variației în timp real a temperaturii aerului interior și exterior, amplitudinile zilnice de oscilație ale acestor parametri în timpul zilei și gradul de stabilitate termică a camerei experimentate în perioada cea mai rece / cea mai caldă din an.*

Cuvinte cheie: *Energie, încălzire, răcire, tuburi capilare, eficiență*

Abstract: *The paper deals experimental results regarding the dynamic thermal behavior of a study room, cooled/heated from a thermo-activated ceiling through a system of parallel capillary tubes, through which a low energy agent circulates. It was studied the evolution of variation in real-time of indoor and outdoor air temperatures, the daily oscillation amplitudes of these parameters during the day and the degree of thermal stability of the experienced room during the coldest/warmest period of year.*

Key words: *Energy, heating, cooling, capillary tubes, efficiency.*

1. Introducere

Crizele energetice globale care amenință în permanență umanitatea, impun necesitatea schimbării concepțiilor de proiectare și execuție a clădirilor și instalațiilor care asigură confortul ambiental din acestea.

În Uniunea Europeană, toate guvernele sunt preocupate în permanență de căutarea fondurilor pentru sprijinirea cu investiții a resurselor regenerabile de energie, în scopul reducerii consumului de resurse energetice fosile (limitate) și a poluării mediului înconjurător cu GES.

Intelectualitatea tehnică contemporană are datoria să influențeze piața, investitorii, guvernele și clienții, în sensul adoptării soluțiilor performante de asigurare a climatului optim în clădiri, pentru realizarea sistemelor de încălzire și de răcire cu aplicarea celor mai performante tehnologii noi.

Prin prezenta lucrare se încearcă de a aduce în evidență, pentru inginerii instalatori și beneficiarii de clădiri, precum și publicul larg din țară, performanțele tehnice și beneficiile energetice care pot fi atinse la încălzirea și răcirea spațiilor prin suprafețe radiante mari, temperate prin sisteme de țevi capilare paralele, cuplate la pompe de căldură „aer-apă”.

2. Prezentarea încăperii experimentate

Pentru a scoate în evidență și justifica avantajele tehnice și energetice a instalațiilor de încălzire/răcire cu sisteme de țevi capilare paralele, aplicate pe elemente de construcție cu suprafețe mari, s-a optat pentru efectuarea unui studiu experimental amplu, cu privire la stabilitatea termică a încăperilor dotate cu astfel de sisteme. Cercetările experimentale au fost efectuate pentru o încăpere funcțională, situată la ultimul nivel al clădirii blocului de studii de la Facultate Urbanism și Arhitectură a Universității Tehnice din Republica Moldova.

Încăperea este delimitată față de exterior de un perete cu două ferestre de tip PVC termopan cu vitraj dublu și un tavan fals, realizat din gipscarton aplicat pe terasa existentă a acoperișului. Pe suprafața elementelor de anvelopă exterioare (peretele exterior și tavanul fals al terasei) a fost montat un sistem de încălzire/răcire cu covoare capilare paralele, alcătuit din patru circuite independente figura 1.



Fig. 1. Poziții de montaj a covoarelor de capilare Clina aplicate pe elementele de anvelopă a încăperii experimentate.

Comportamentul termic în regim nestaționar al încăperilor încălzite/răcite de la tavan termoactivate cu sisteme de țevi capilare paralele

Circuitele montate pe peretele exterior au fost concepute doar pentru încălzirea spațiului încăperii pe perioada de iarnă, iar cele de pe tavan pentru încălzire/răcire, funcție de sezon. Sistemul de încălzire/răcire al încăperii este cuplat cu o pompă de căldură *aer-apă* model NIBE, figura 2.

Sistemul de automatizări integrat în structura instalației de încălzire/ răcire cu țevi capilare, permite monitorizarea și stocarea parametrilor termici de confort în timp real, asigurând o gestiune tehnică perfectă a sistemului prin închiderea sau deschiderea circuitelor de capilare la comanda termostatului instalației, funcție de temperatura curentă a aerului din interiorul încăperii experimentate.



Fig. 2. Cuplajul sistemelor de încălzire/răcire cu pompa de căldură aer-apă.

Monitorizarea variațiilor temperaturii aerului interior din încăperea experimentată și a aerului exterior s-a realizat la distanță prin WiFi, folosind un sistem integrat modern de automatizare conceput GFR, care utilizează software-ul inovator WEBVISION.

În Figura 3 este prezentat panoul de automatizări conceput GFR cu elementele componente și interfața de operare a complexului de sisteme prin WEBVISION.



Fig. 3 Vederea panoului de automatizări din dotarea încăperii experimentate.

Temperaturile suprafețelor de anvelopă termoactivate (perete exterior, tavan) și densitatea fluxurilor de căldură emise de acestea au fost măsurate cu ajutorul pirometrului digital cu unde infraroșii tip OMEGA OS-620.

Consumurile de energie la funcționarea sistemului de încălzire prin cuplaj cu pompa de căldură *aer-apă* au fost monitorizate din 24 în 24 ore prin citirea indicațiilor contorului integrat în structura sistemului. Pentru cercetarea câmpului de temperaturi din spațiul interior al încăperii experimentate s-a folosit o rețea de senzori de temperatură, montați la înălțimea de 1,5 m de la nivelul pardoselii, indicațiile acestora fiind citite și înregistrate orar.

3.Rezultate experimentale

Din start precizăm că, investigațiile au fost efectuate pentru sezonul de iarnă și vară la condiții climatice nestaționare reale.

În perioada de iarnă - studiile de caz s-au efectuat pentru cele mai friguroase luni (ianuarie și februarie) a sezonului de iarnă a anului curent.

Este important de menționat că sistemul de încălzire cu capilare pe perioada de iarnă a funcționat la temperaturi joase a agentului termic, 28 – 32°C pe tur și respectiv 26 – 28 °C pe retur, asigurându-se la aceste ecarturi de temperaturi puteri relativ mari de încălzire - 50 70 W/m².

Din punct de vedere practic prezintă interes timpul (reacția) de preîncălzire și răcire a a masivității construcției de către astfel de sisteme, altfel spus, durata de timp necesară pentru ca emisiile termice a elementelor de construcție termoactivate să atingă valorile optime a puterii de încălzire 50 60 W/m².

În acest sens, precizăm că sistemul de încălzire a încăperii experimentate a răspuns acestor cerințe în timp de 57 min, iar condițiile de confort termic solicitate (temperatura resimțită) a aerului din spațiul încăperii experimentate, fiind atinse pe o durată nu cu mult mai mare, de circa 73 minute (o oră și 13 minute).

Scenariile de variație a temperaturilor aerului interior și exterior pentru cele mai friguroase perioade a lunilor de iarnă a anului curent sunt prezentate în figurile 4 și 5.

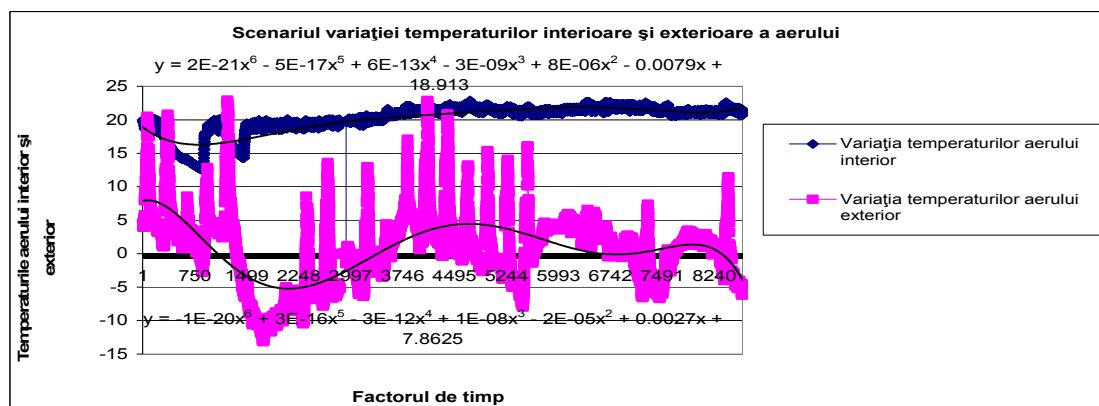


Fig. 4. Scenariul variației temperaturilor aerului interior și exterior pentru cea mai friguroasă perioadă a lunii ianuarie.

Comportamentul termic în regim nestaționar al încăperilor încălzite/răcite de la tavane termoactivate cu sisteme de țevi capilare paralele

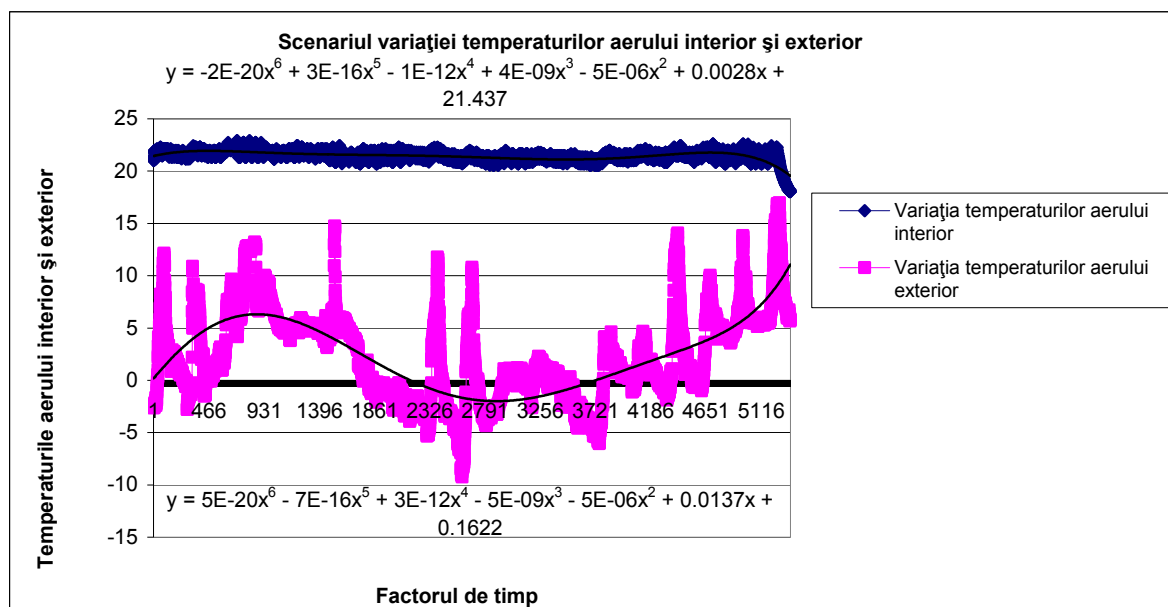


Fig. 5. Scenariul variației temperaturilor aerului interior și exterior pentru cea mai friguroasă perioadă a lunii februarie.

Scenariile de variație a temperaturilor aerului interior din încăperea experimentată și a celui exterior, pentru cele mai friguroase zile a lunii ianuarie, precizând că temperaturile au fost monitorizate în timp real prin intermediul programului WEBSION al conceptului GFR de gestionare tehnică avut în dotarea laboratorului, sunt prezentate în figura 6.

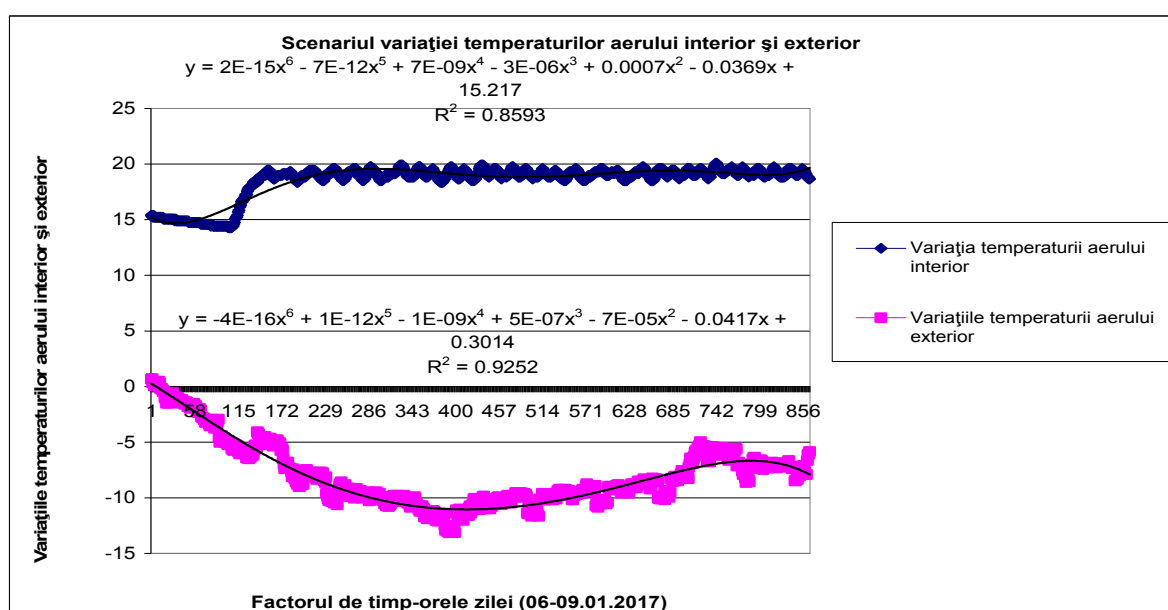


Fig. 6. Scenariul variației temperaturilor aerului interior și exterior pentru cele mai friguroase zile a lunii ianuarie (06 – 09.01.2017).

Constantin Țuleanu, Livia Leanca, Tatiana Colomieț

Graficile variației diurne a temperaturilor aerului interior și exterior, precum și scenariile variației diurne a amplitudinilor de oscilație a acestor temperaturi, au fost construite și optimizate cu aplicarea programului profesional ORIGIN v. 6.0.

În figura 7 este prezentat scenariul variației diurne a temperaturilor și amplitudinilor lor de oscilație a aerului interior și exterior pentru cea mai friguroasă zi a anului curent 07.01.2017.

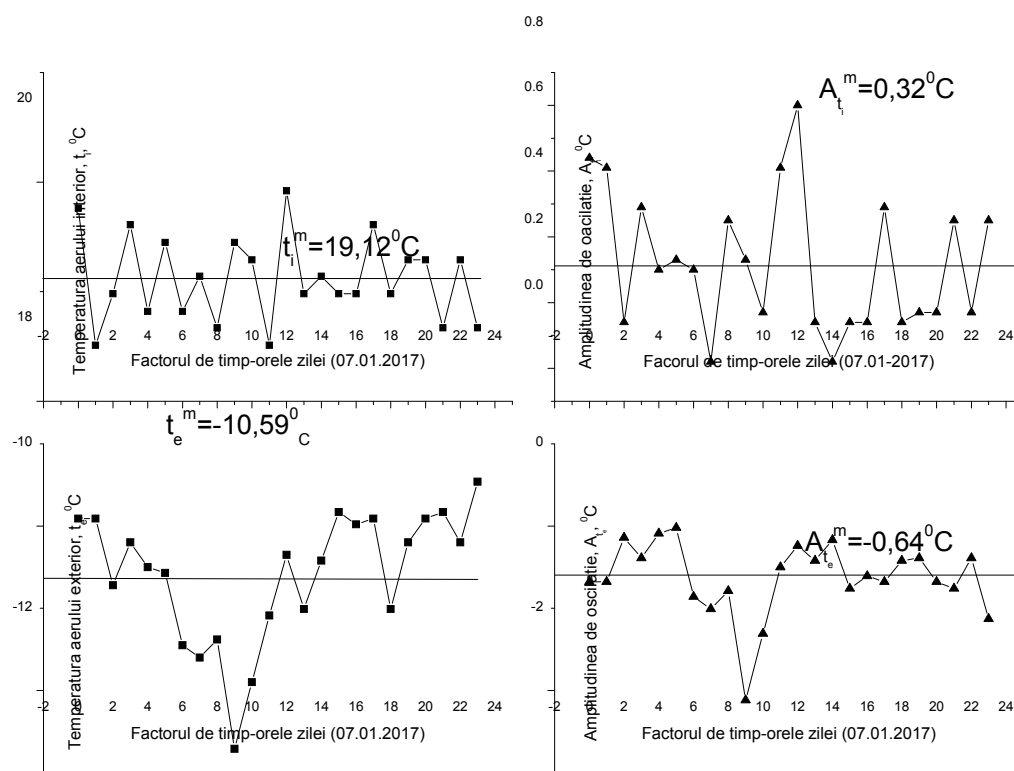


Fig. 7. Scenariile variației diurne a temperaturilor și amplitudinilor de oscilație a aerului interior și exterior pentru cea mai friguroasă zi a anului curent.

Ținem să remarcăm că, astfel de scenarii au fost studiate pentru cele mai friguroase cinci zile a lunii ianuarie din anul curent, scenarii care din lipsa de spațiu în prezenta lucrare nu se prezintă.

În scopul evidențierii gradului de asigurare a stabilității termice a încăperii experimentate, pe baza scenariilor studiate, s-a examinat dependența variației amplitudinilor medii diurne de oscilație a aerului interior și exterior, funcție de variația temperaturilor medii diurne a aerului exterior, diagrama respectivă fiind prezentată în figura 8.

Comportamentul termic în regim nestaționar al încăperilor încălzite/răcite de la tavane termoactivate cu sisteme de țevi capilare paralele

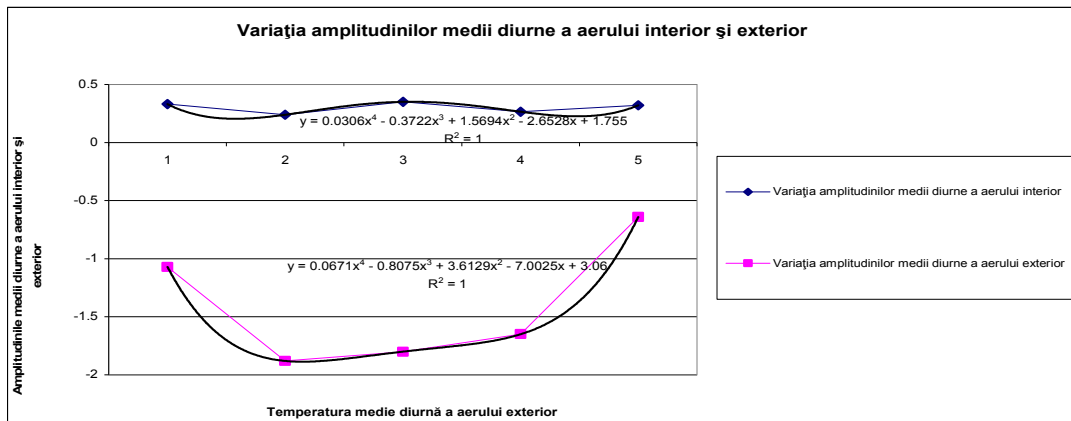


Fig. 8. Diagrama variației amplitudinilor medii diurne a aerului interior și exterior funcție de temperatura medie diurnă a aerului exterior pentru cele mai friguroase cinci zile a lunii ianuarie din anul curent.

Analizând scenariile și diagramele de variație a temperaturilor aerului exterior și interior studiate, justificat se poate argumenta că în cazul încălzirii spațiilor de la suprafețe de construcție mari, termoactivate prin sisteme de țevi capilare paralele înglobate în acestea, la vehicularea prin ele a agenților de joasă temperatură, datorită procentului mare de schimb de căldură prin radiație (în jur de 85 %), se poate asigura simultan o stabilitate termică înaltă și un confort termic deosebit de ridicat, precum și a unei temperaturi de radiație cu o valoare apropiată de temperatura încăperii.

În perioada de vară - sistemul de răcire cu capilare a funcționat la temperaturi a agentului termic, 17 – 18 °C pe tur și respectiv 21 – 22 °C pe retur, asigurându-se la aceste ecarturi de temperaturi puteri de răcire în plaja - 29 45 W/m².

Scenariile de variație a temperaturilor aerului interior din încăperea experimentată și a celui exterior, monitorizate în timp real prin intermediul programului WEBSION al conceptului GFR de gestionare tehnică sunt prezentate în figurile 9, 10 și 11.

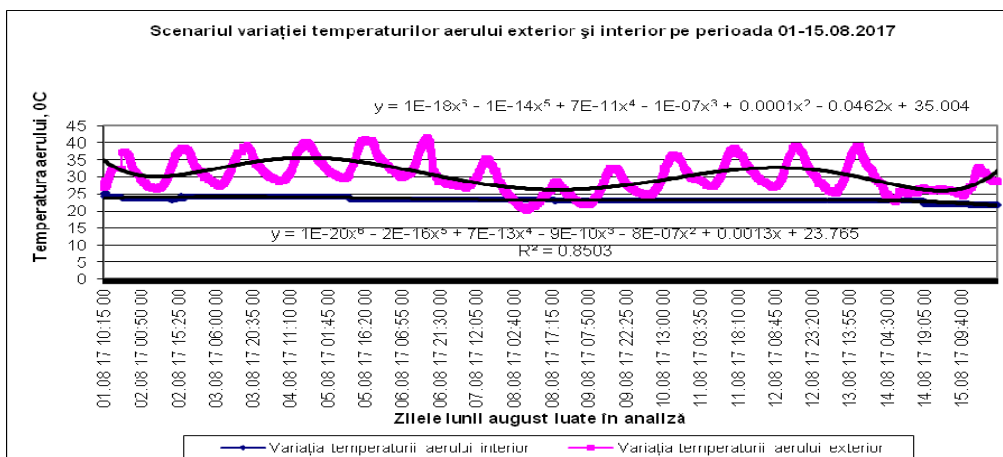


Fig. 9. Scenariul variației temperaturilor aerului interior și exterior pe perioada cea mai caldă a sezonului de vară din anul curent.

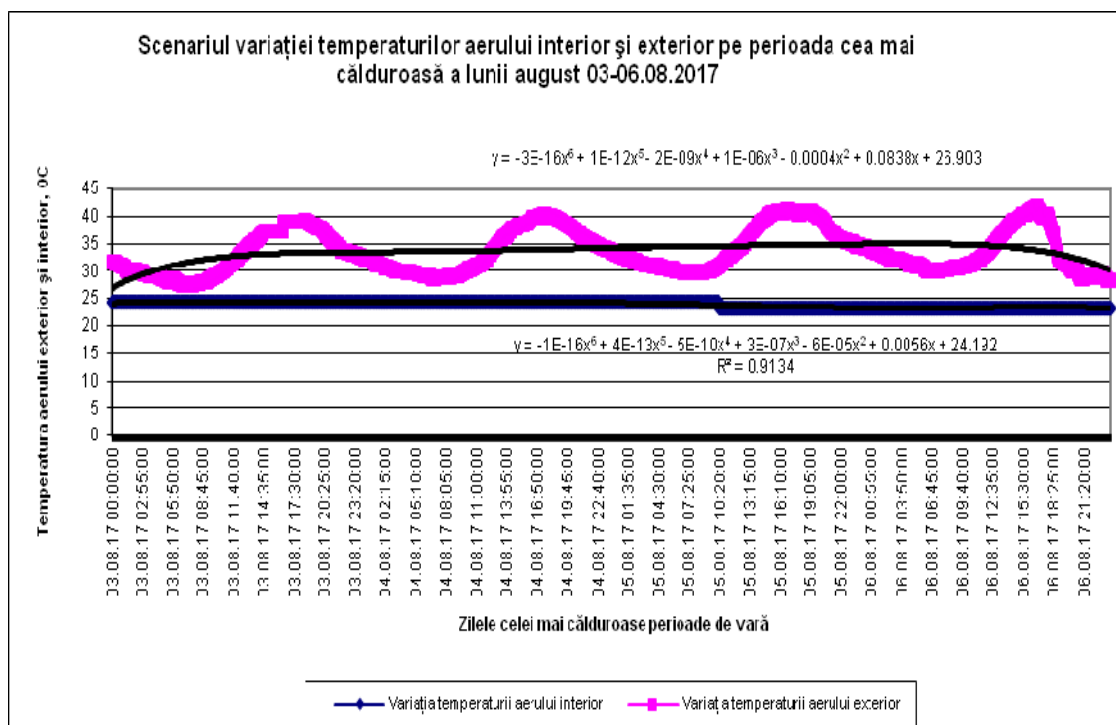


Fig. 10. Scenariul variației temperaturilor aerului interior și exterior pe perioada cea mai caldă a lunii august din anul curent

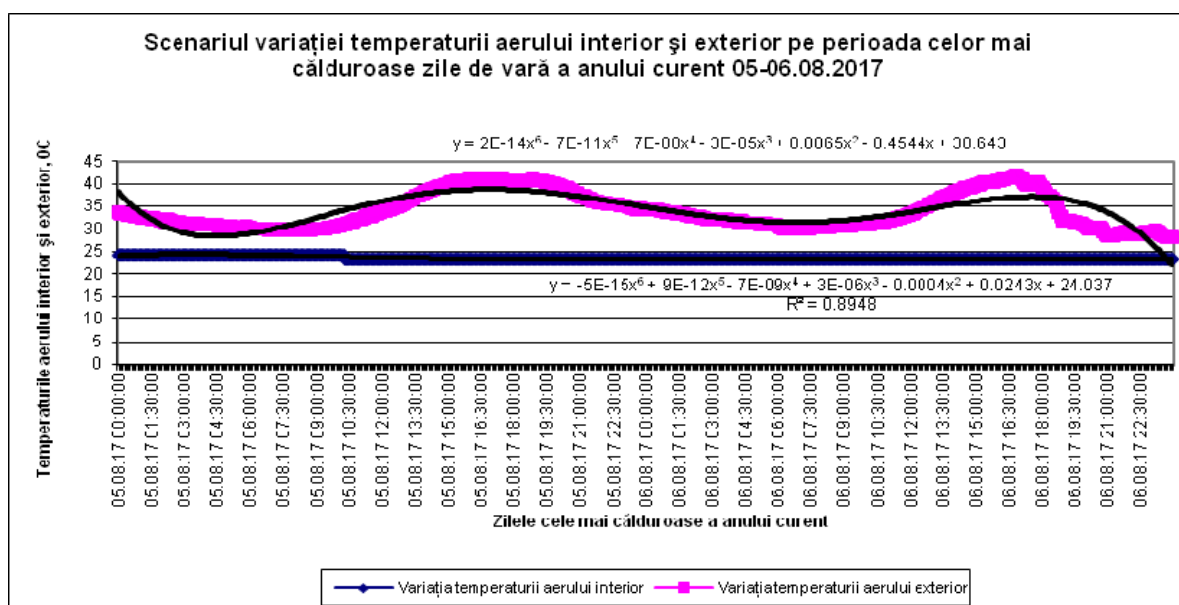


Fig. 11. Scenariul variației temperaturilor aerului interior și exterior pe perioada celor mai călduroase zile a lunii august din anul curent

Comportamentul termic în regim nestaționar al încăperilor încălzite/răcite de la tavane termoactivate cu sisteme de țevi capilare paralele

În scopul identificării nivelului de stabilitate termică a încăperii experimentale, și în acest caz s-au studiat evoluțiile de variație a amplitudinilor de oscilație a temperaturilor aerului interior și respectiv exterior pentru cele mai călduroase zile a lunii august, graficele respective pentru cea mai călduroasă zi a sezonului de vară, construite și optimizate cu aplicarea programului profesional ORIGIN v. 6.0, sunt prezentate în figura 12.

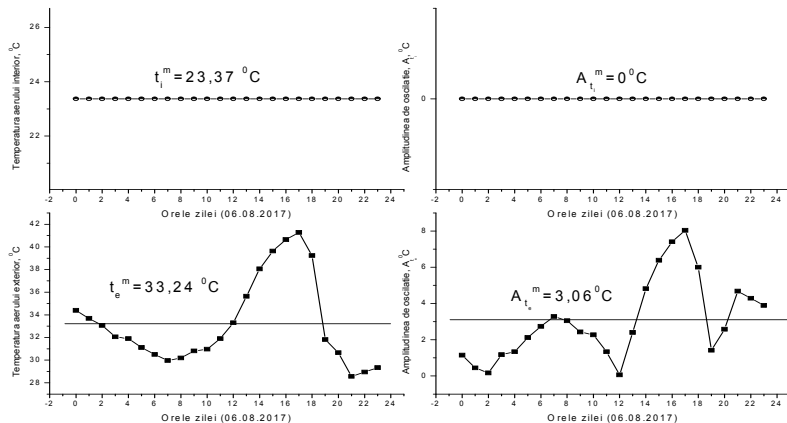


Fig. 12. Scenariile variației a temperaturilor aerului interior respectiv exterior și amplitudinilor de oscilație pentru cea mai călduroasă zi a sezonului de vară din anul curent.

Din punct de vedere al asigurării stabilității termice a clădirilor (încăperilor) interes prezintă evoluția variației în timp real a amplitudinilor medii diurne de oscilație a aerului interior și respectiv exterior funcție de dinamica schimbării temperaturilor medii diurne a aerului exterior. În prezenta lucrare această evoluție a fost studiată pentru săptămâna cea mai călduroasă a sezonului de vară din anul curent, scenariul respectiv de variație este prezentat în figura 13.

Interes deosebit din punct de vedere al respectării condițiilor de confort termic, prezintă distribuția temperaturilor din spațiile adiacente suprafețelor termoactivate pentru răcire sau încălzire.

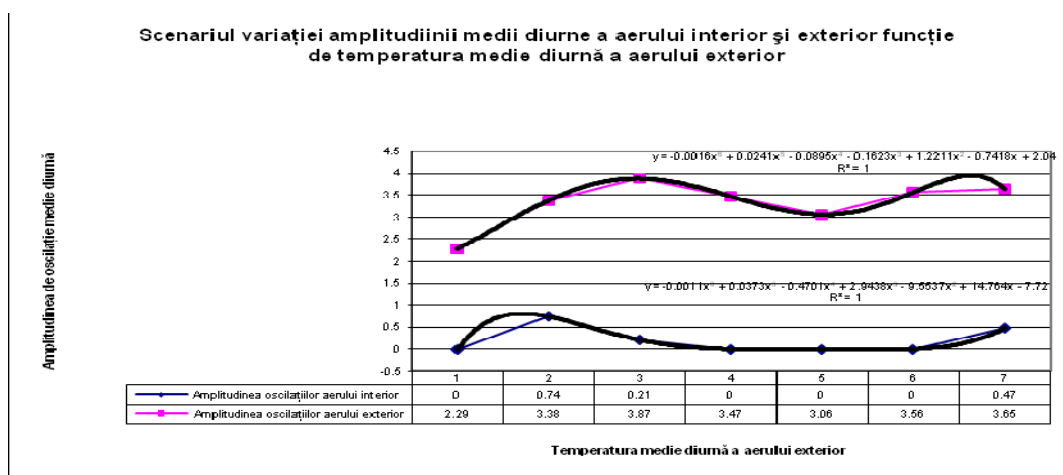


Fig. 13. Evoluția variației amplitudinilor medii diurne a aerului interior respectiv exterior pentru cea mai caldă săptămână a sezonului de vară din anul curent.

În figurile 14 și 15 sunt prezentate pânzele distribuției temperaturilor din spațiul adiacent tavanului răcit al încăperii experimentate, măsurate la înălțimea 1,5 m de la nivelul pardoselii.

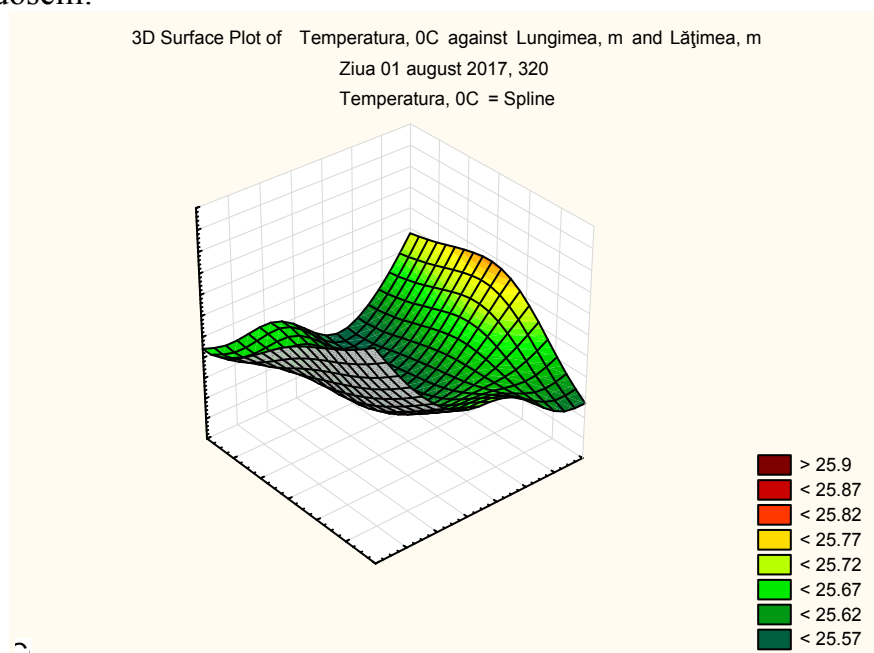


Fig. 14. Pânza câmpului de temperaturi studiată pentru data de 01 august 2017

Comportamentul termic în regim nestaționar al încăperilor încălzite/răcite de la tavane termoactivate cu sisteme de țevi capilare paralele

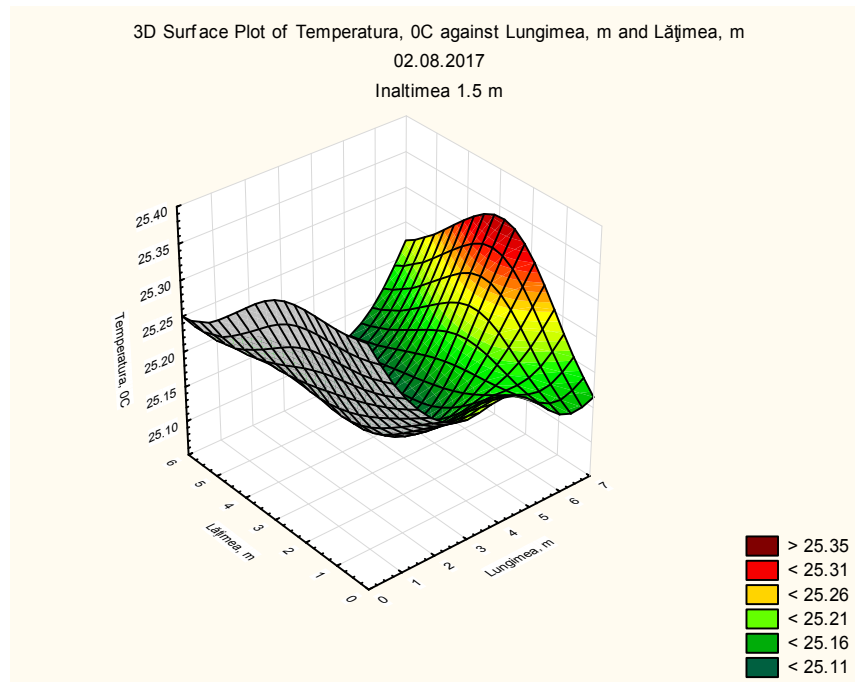


Fig. 15. Pânza câmpului de temperaturi studiată pentru data de 02 august 2017

Se cunoaște că, pentru încăperi răcite sau încălzite de la suprafețe radiante mari, sunt inadmisibile gradientele mari a temperaturii pe înălțimea încăperii. Conform teoriei regimului termic de vară diferența de temperaturi „picioare-cap” nu trebuie să depășească $2,5^{\circ}\text{C}$.

În cadrul ciclului de experimentări efectuate, respectarea acestei condiție a fost studiată pentru perioada celor mai călduroase zile a sezonului de vară, gradientul de temperatură pe înălțime încăperii experimentate, obținut în rezultatul studiului se încadrează în plaja $0,5 - 0,55^{\circ}\text{C}$. Amplitudinea medie de oscilație a temperaturii aerului din interiorul încăperii experimentate pe înălțime, pentru aceeași perioadă a sezonului de vară este de $A_{ti}^m = 0,25^{\circ}\text{C}$.

În rezultatul studiilor efectuate s-a constatat că, în încăperea experimentată indiferent de variațiile climatice din exterior, la răcirea prin intermediul suprafețelor mari activate prin covoare din țevi capilare paralele, la temperaturi joase a agentului termic vehiculat prin acestea, datorită procentului mare de schimb de căldură prin radiație, se poate asigura un confort termic deosebit de ridicat și a unei temperaturi de radiație cu o valoare apropiată de temperatura încăperii.

4. Concluzii

Analizând scenariile și diagramele de variație a temperaturilor aerului exterior și interior studiate, justificat se poate argumenta că în cazul încălzirii/răcirii spațiilor de la suprafețe de construcție mari, termoactivate prin sisteme de țevi capilare paralele înglobate în acestea, la vehicularea prin ele a agenților de joasă temperatură, se poate

asigura simultan o stabilitate termică înaltă și un confort termic, grație ponderii mari a transferului de căldură prin radiație, destul de ridicat.

Sistemele de încălzire prin tuburi capilare paralele, studiate atunci când sunt operate cu agenți termici de temperatură scăzută ($28 \dots 32^\circ \text{C}$ pe tur și $26 \dots 28^\circ \text{C}$ pe retur) pot oferi puteri de încălzire relativ ridicate de $50 \dots 70 \text{ W} / \text{m}^2$.

Pentru a atinge puteri optime de încălzire a tavanului temperat din încăperea experimentată, în plaja de $50 \dots 70 \text{ W} / \text{m}^2$, este necesar de o durată pentru preîncălzirea șapei tavanului, pe care este montat sistemul de țevi capilare paralele de cel mult 57 minute.

Sensibilitatea la confortul termic corespunzătoare nivelelelor 0 (neutru) sau +1 (ușor cald) stabilite în conformitate cu sub-scala ASHRAE, poate fi atinsă pe o durată de cel mult 73 minute.

Ecarturile reduse de temperatură a agentului termic ($17 \dots 32^\circ \text{C}$), vehiculat prin sistemul de țevi capilare paralele, face posibilă utilizarea în astfel de sisteme de încălzire/răcire a orice tipuri de resurse energetice regenerabile (energie solară, geotermală, etc), precum și compatibilizarea lor cu toate tipurile de pompe de căldură.

Grație ratei ridicate de schimb de căldură prin radiație (aproximativ 85%), sistemele de încălzire/răcire cu țevi capilare paralele au un efect pozitiv asupra corpului uman, metabolismului și sănătății în general. Sentimentul confortului termic oferit de sistemele capilare permite un grad înalt de confort în încăperea.

Bibliografie

[1] Baro L., Încălzirea centrală și răcire „high tech” cu sisteme de țevi capilare paralele Clina. Promax Engineering, 2016.

[2] Baro L., Cel mai eficient sistem de încălzire/răcire din lume este accesibil acum și în Republica Moldova. Tehnologiile Mileniului Trei. Revista tehnică de specialitate a Asociației Inginerilor de Instalații din Republica Moldova, ISSN 2345-1327-5. Chișinău, 2017.

[3] Mateescu D., Ciocan V., Burlacu A., Luciu R., Asigurarea microclimatului în clădiri de cult. Mărturii istorice. Conferința tehnico-științifică cu participare internațională. Instalații pentru Construcții și Economia de Energia, ISSN 2069-1211. Iași, România, 2014.

[4] Mateescu D., Luciu R., Unele aspecte privind modernizarea instalațiilor în clădirile de cult. Conferința tehnico-științifică cu participare internațională. Instalații pentru Construcții și Economia de Energia, ISSN 2069-1211. Iași, România, 2014, 93-98.

[5] Țuleanu C., Leanca L., Colomieț T. Dynamic thermal behavior of high coatings through thermo-acoused ceilings with parallel capiles systems. Lucrările conferinței tehnico-științifice Instalații pentru Construcții ”Energie, Eficiență, Confort”. Ediția I. ISSN 2559-6985. Brașov. România. 2017.

[6] Țuleanu C., Leanca L., T. Colomieț. Dynamic thermal behavior of high coatings through thermoacoused ceilings with parallel capilesystems. Conferința tehnico-științifică ENERGIE, EFICIENȚĂ, CONFORT. Ediția I. Brașov România 2017. ISSN 2559-69.85. 6 p.

[7] Țuleanu C., Leanca L., S. Țuleanu, T. Colomieț, A. Țuleanu. Studii de caz privind stabilitatea termică a încăperilor funcționale de tip birou încălzite prin sisteme radiante de presiune joasă. Revista de Instalații a AIIR nr. 2/2017. Editor MATRIX ROM București-România 2017. ISSN: 2457-7456. 6 p. 0,37 c.t.

[8] Țuleanu C., Leanca L., S. Țuleanu, T. Colomieț, A. Țuleanu. Studii de caz privind stabilitatea termică a încăperilor funcționale de tip birou încălzite prin sisteme radiante de pardoseală. Conferința de instalații cu participare internațională. INSTALAȚII PENTRU ÎNCEPUTUL MILENIULUI TREI. Ediția a 51-a. Sinaia. România 2017. ISBN: 978 – 606-25-0285-0. 8 p. 0,5 c.t.

Corelații între atenuarea acustică a fațadelor clădirilor și permeabilitatea la aer a acestora. Aspecte teoretice.

Correlations between the sound transmission loss of building façades and their air permeability. Theoretical aspects.

Vlad Iordache¹, Florin Iordache¹

¹Centrul de Cercetare CAMBI, Facultatea de Inginerie a Instalațiilor, Universitatea Tehnică de Construcții București, Romania

email : viordach@yahoo.com

Rezumat

Lucrarea își propune să stabilească o corelație teoretică între numărul de schimburi de aer pe oră dintr-o clădire și gradul de izolare acustică al fațadei clădirii. Forma stabilită pe fundamente teoretice, a corelației dintre cei doi parametri, necesită calibrarea experimentală a doi coeficienți din acest model teoretic. Aceasta corelația analitică dintre rata de infiltrații și gradul de izolare acustică a fațadei oferă posibilitatea stabilirii unei proceduri indirecte, foarte ușor de aplicat practic, pentru a identifica permeabilitatea aerului clădirii. În această lucrare, aspectele teoretice sunt prezentate în detaliu, iar în final modelul matematic obținut sunt analizat comparativ cu rezultate experimentale. Rezultatele experimentale sunt utilizate în vederea calibrării relației teoretice.

Cuvinte cheie: *Permeabilitatea la aer a clădirilor, modelare fizică, corelație permeabilitate - zgomot aerian*

Abstract

The paper aims to establish a theoretical correlation between the number of air exchanges per hour of a building due to outdoor air infiltration and the sound transmission loss of the building façade. The theoretically established form of the correlation involves two parameters whose values requires experimental calibration. The analytical correlation between the infiltration rate and the sound transmission loss of a facade element offers the possibility of establishing an indirect procedure, very easy to apply practically, to identify the building air permeability. In this paper, the theoretical aspects are presented in detail, and in the end the results obtained are analyzed compared to the experimental results. The experimental results are used to calibrate the theoretical relationship.

Keywords: *building airtightness, physical modelling, correlation permeability – sound transmission loss.*

Nomenclatura

- R – indice de izolare acustică, dB;
- R_{PE} – indicele de izolare acustică al peretelui, dB;
- R_{FE} – indice de izolare acustică al ferestrei. dB;
- R_{rost} – indice izolare acustică al rostului de infiltrații, dB;
- S – suprafața, m^2 ;
- S_{PE} – suprafață perete, m^2 ;
- S_{FE} – suprafață fereastră, m^2 ;
- S_{rost} – suprafață rost infiltrații, m^2 ;
- V – volumul incintei, m^3 ;
- Tr – timpul de reverberație, s;
- Db – diferența între nivelul zgomotului exterior și cel interior (izolare brută), dB;
- ρ_v – masa volumică (densitate) material, kg/m^3 ;
- ρ_s – masa superficială material, kg/m^2 ;
- $\rho_{s1,2}$ – masa superficială a vitrajelor din cadrul unei ferestre dublavitraj, kg/m^2 ;
- ρ_{aer} – masa volumică (densitate) a aerului, kg/m^3 ;
- c_0 – viteza de propagare a undei sonore în aer, m/s;
- δ – grosime strat, m;
- d – grosimea stratului de aer din componenta ferestrelor dublavitraj, m;
- f – frecvența, Hz;
- S_j – ariile geometrice ale suprafețelor perimetrice ale încăperii, m^2 ;
- α_j – coeficienții de absorbție ai suprafețelor perimetrice ale încăperii, -;
- Δp – diferența de presiune exterior-interior (Pa);
- G – debitul de aer infiltrat (m^3/h);
- C – coeficient de permeabilitate funcție de suprafața de rost de infiltrații ($(m^3/h) \cdot (Pa)^{-n}$);
- n – exponentul din legea de permeabilitate, depinde de tipul curgerii; (curgere turbulentă $n = 0.5$, curgere laminară $n = 1.0$ (eventual se poate lucra cu $n = 0,7$), -;
- n_a – numărul de schimburi de aer al spațiului delimitat de mediul exterior de elemente de închidere la care ne referim, $1/h$;
- C_d – coeficient de pierdere de sarcină funcție de forma rostului = 0.61, -;
- ρ_{st} – densitatea standard a aerului = $1,2 kg/m^3$;
- k – indice al stratului din compoziția peretelui, -;

1. Introducere

Permeabilitatea la aer a clădirilor are o influență majoră asupra consumului de căldură al clădirii, a calității aerului interior, a confortului acustic și în general asupra calității mediului interior. De aceea determinarea cu precizie a permeabilității la aer a

Corelații între atenuarea acustică a fațadelor clădirilor și permeabilitatea la aer a acestora. Aspecte teoretice unei clădiri reprezintă o etapă esențială în proiectarea instalațiilor și echipamentelor ce asigură confortul interior precum și în controlul funcționării acestora.

Modelele fizice pentru calculul permeabilității la aer a clădirilor, existente în literatură [1], [2], [3], sunt caracterizate de erori medii de aproximativ 20-25% și de erori maxime de aproximativ 150%. Astfel de erori nu sunt acceptabile tocmai pentru un parametru care influențează atât de mult dimensionarea instalațiilor, consumurile energetice și de calitatea a aerului interior.

Metodele experimentale (metoda descreșterii concentrației și metoda suprapresiunii) [4] suplinesc acest dezavantaj al modelelor de calcul, fiind caracterizate de erori de maxim 5% [5]. Totuși dificultatea de realizare a acestora (măsurările sunt influențate de parametrii climatici, standuri experimentale dificil de montat) precum și prețul de achiziție al acestor standuri fac ca aplicabilitatea acestora pentru studii de certificare energetică sau de calitate a aerului interior să fie redusă. Aceste standuri experimentale sunt în general folosite pentru verificarea condițiilor de case pasive energetice.

În ultimii ani a fost dezvoltată o noua metodă experimentală de determinare a permeabilității la aer a unei clădiri, metodă bazată pe legătura între gradul de izolare acustică oferit de tâmplăria fațadelor exterioare ale unei clădiri și permeabilitatea sa la aer [6] și dezvoltări ulterioare ale acestei teorii [7], [8]. Cu cât gradul de atenuare acustică este mai mare cu atât debitul de aer infiltrat în clădire este mai scăzut și invers, cu cât gradul de atenuare acustică este mai scăzut cu atât debitul de aer infiltrat este mai mare.

În lucrarea de față vom continua dezvoltarea acestei noi direcții de cercetare și ne propunem să stabilim o legătură de natură deterministă între cei doi parametri: numărul de schimburi de aer datorat infiltrațiilor și indicele de izolare acustică al elementelor de închidere ale spațiilor clădirii. Mai mult, vom testa relația de natură teoretică pe datele experimentale stabilite experimental în [6], în vederea identificării posibilităților de calibrare a relației teoretice, având în vedere o serie de aspecte particulare situației de conformare a elementelor de închidere existente efectiv în cadrul testelor efectuate.

2. Modelarea fizică a legăturii dintre permeabilitatea la aer a unei fațade și indicele său de izolare acustică

În ceea ce privește partea acustică se cunosc o serie de relații specifice evaluării gradului de izolare acustică oferit de componente de bază din cadrul elementelor de închidere ale spațiilor interioare [9], [10], [11]. Astfel cele două componente de bază ale elementelor de închidere sunt pereții exteriori și ferestrele exterioare. Ambele

componente au diverse structuri. Pereții exteriori sunt de tip stratificat, grosimile și proprietățile fizice ale materialelor din care sunt alcătuite straturile au consecințe directe asupra gradului de izolare acustică a peretelui.

Astfel pentru peretele exterior care este un element compus din mai multe straturi, evaluarea indicelui de izolare acustică, R , se stabilește [11] cu relația

$$R = 10 \cdot \log_{10} \left[1 + \left(\frac{2\pi f \cdot \rho_s}{3.6 \cdot \rho_{aer} \cdot c_0} \right)^2 \right] \quad (1)$$

Peretele exterior reprezintă un element multistrat pentru care densitatea superficială ρ_s , se calculează ca sumă a maselor superficiale ale straturilor din component peretelui:

$$\rho_s = \sum_{k=1}^n \rho_{Sk} = \sum_{k=1}^n \delta_k \cdot \rho_{Vk} \quad (2)$$

Ferestrele de asemenea în funcție de tipul lor (vechi de lemn simple, duble sau cuplate, noi de tip termoizolant cu rame de aluminiu, pvc sau lemn și cu două sau trei foi de elemente transparente) sunt caracterizate de indici de izolare acustică diferiți. Ferestrele, ca și pereții, din punct de vedere acustic, sunt elemente de închidere compuse în sensul că sunt formate din mai multe straturi inseriate. Modul de calcul al indicelui de izolare acustică pentru ferestre [11] se realizează cu ajutorul relației :

$$R = 10 \cdot \log_{10} \left\{ 1 + \left[\frac{2\pi f \cdot (\rho_{s1} + \rho_{s2})}{3.6 \cdot \rho_{aer} \cdot c_0} - \frac{(2\pi f)^2 \cdot \rho_{s1} \cdot \rho_{s2}}{(3.6 \cdot \rho_{aer} \cdot c_0)^2} \cdot 2 \frac{2\pi f}{c_0} d \right]^2 \right\} \quad (3)$$

Elementul de închidere, fațada, se compune din unul sau două tipuri de pereți exteriori și unul sau două tipuri de ferestre. Pe lângă cele două categorii de componente menționate, din punct de vedere acustic mai apare o componentă : rosturile dintre elementele fixe și cele mobile ale ferestrelor sau chiar dintre peretele exterior și rama fixă a ferestrei. Relația de calcul care permite evaluarea indicelui de izolare acustică pentru un întreg element de închidere alcătuit din perete, fereastră și rost este :

$$R = 10 \cdot \log_{10} \left[\frac{S_{PE} + S_{FE} + S_{rost}}{10^{-\frac{R_{PE}}{10}} \cdot S_{PE} + 10^{-\frac{R_{FE}}{10}} \cdot S_{FE} + 10^{-\frac{R_{rost}}{10}} \cdot S_{rost}} \right] \quad (4)$$

Corelații între atenuarea acustică a fațadelor clădirilor și permeabilitatea la aer a acestora. Aspecte teoretice

În relația (4), pentru rost, s-a utilizat indicele “ R_{rost} ”. Indicele de atenuare acustică aferent rostului are valoarea $R_{rost} = 0$, [11]. Din relația (4) se observă că indicele de izolare acustică al întregii fațade depinde de indicii de izolare acustică și de suprafețele componentelor fațadei. Dat fiind interesul deosebit în cadrul acestei cercetări pentru identificarea rosturilor din elementele de închidere și deci din cadrul ferestrelor și a efectelor acestora în permeabilitatea la aer, s-a făcut o analiză a indicelui de atenuare acustic conform relației (4).

Identificarea suprafeței rostului, S_{rost} , are la baza posibilitatea experimentală de evaluare a indicelui de izolare acustică al elementului de fațadă în ansamblul sau, relația cu caracter practic utilizată fiind :

$$R_{fatada} = L_e - L_i - 10 \cdot \log_{10} \left[\frac{0,161 \cdot V}{(S_{PE} + S_{FE} + S_{rost}) \cdot T_r} \right] \quad (5)$$

Egalând relațiile (4) cu (5) și ținând cont că $R_{rost} = 0$, se obține :

$$S_{rost} = \frac{0,161 \cdot V}{T_r} \cdot 10^{-\frac{L_e - L_i}{10}} - \left(S_{PE} \cdot 10^{-\frac{R_{PE}}{10}} + S_{FE} \cdot 10^{-\frac{R_{FE}}{10}} \right) \quad (6)$$

Durata de reverberație, Tr , fie se determină experimental, fie se stabilește cu ajutorul formulei lui Sabine (relația (7)), unde aria de absorbție, A , a camerei reprezintă suma produselor dintre suprafețele geometrice de la interior, S_j , și coeficienții lor de absorbție, α_j .

$$Tr = 0,161 \cdot \frac{V}{A} \quad (7)$$

$$A = \sum_{j=1}^m S_j \cdot \alpha_j$$

Suprafața rostului existent este elementul esențial de legătură între partea acustică și partea de permeabilitate la aer a elementului de închidere, deoarece prin aceeași suprafață de rost are loc și transferul de energie sonoră și transferul de aer. Astfel, din punct de vedere al transferului de aer, debitul de aer infiltrat, G , se stabilește cu o relație de tipul unei legi de permeabilitate:

$$G = C \cdot \Delta p^n \quad (8)$$

Coeficientului de permeabilitate, C , poate fi exprimat funcție de suprafața de rost, S_{rost} , prin intermediul coeficientului de pierderi de sarcină, C_d , a densității aerului,

ρ_{aer} și a exponentului n din legea de permeabilitate care ia valori de regulă între 0,5 și 1,0 funcție de regimul de curgere : turbulent sau respectiv laminar [12].

$$C = C_d \cdot \left(\frac{2}{\rho_{aer}} \right)^n \cdot S_{rost} = C_d \cdot 1,667^n \cdot S_{rost} \quad (9)$$

Prin înlocuirea coeficientului de permeabilitate în ecuația (8) se obține o relație de legătură între debitul de aer ce traversează rostul, G , și secțiunea rostului, S_{rost} . Acest transfer de aer este diferit funcție de diferența de presiune care generează aceste infiltrații, Δp , (relația (10)). Rata de infiltrații, n_a , se calculează ca raport între debitul de aer și volumul încăperii (relația (11)).

$$G = C_d \cdot 1,667^n \cdot S_{rost} \cdot \Delta p^n \quad (10)$$

$$n_a = \frac{G}{V} = \frac{C_d}{V} \cdot S_{rost} \cdot 1,667^n \cdot \Delta p^n \quad (11)$$

Înlocuind expresia acustică a suprafeței rostului (relația (6)) în relația (11) a numărului de schimburi de aer, n_a , se obține relația de legătură între rata de infiltrații, n_a , și parametrii acustici ai clădirii. Iar prin înmulțire cu 3600 se obține ca unitate de măsură a ratei de infiltrații (l/h) (relația (12)).

$$n_a = 3600 \cdot C_d \cdot 1,667^n \cdot \Delta p^n \cdot \left(\frac{10^{-\frac{L_e-L_i}{10}} \cdot 0,161}{T_r} - \frac{10^{-\frac{R_{PE}}{10}} \cdot S_{PE} + 10^{-\frac{R_{FE}}{10}} \cdot S_{FE}}{V} \right) \quad (12)$$

Se observă ca structura relației (12) este :

$$n_a = 3600 \cdot C_d \cdot 1,667^n \cdot \Delta p^n \cdot (T_E - T_C)$$

unde :

$$T_E = \frac{10^{-\frac{L_e-L_i}{10}} \cdot 0,161 \cdot 10}{T_r} \quad (13)$$

$$T_C = \frac{10^{-\frac{R_{PE}}{10}} \cdot S_{PE} + 10^{-\frac{R_{FE}}{10}} \cdot S_{FE}}{V}$$

Astfel n_a se exprimă funcție de : (1) termeni aferenți permeabilității (în fața parantezei) și (2) grupul de termeni aferenți părții acustice (în interiorul parantezei). În

interiorul parantezei, primul termen, T_E , este un termen experimental, care presupune prelevarea experimentală a gradului de atenuare acustică, L_e-L_i și a timpului de reverberație, Tr , al camerei analizate. Cel de al doilea termen, T_C , este un termen ce depinde de configurarea spațiului interior și de tipul fațadei, care presupune cunoașterea volumului spațiului, V și a indicilor de izolare acustică, R_{FE} , R_{PE} și suprafețelor, S_{FE} , S_{PE} , pentru componentele fațadei. În grupul de parametri aferenți părții de permeabilitate, $3600 \cdot C_d \cdot 1,667^n \cdot \Delta p^n$, diferența de presiune între exterior și interior este de regulă 4 Pa (media anuală a diferenței de presiune între exteriorul și interiorul clădirilor), iar coeficientul de pierderi de sarcină, C_d , și exponentul, n , sunt cei care vor fi experimental stabiliți în vederea calibrării relației (13).

3. Studiu experimental

Experimental, acustic, prelevăm valorile parametrilor, L_e , L_i și Tr , fără să calibrăm vreun alt parametru. Pe parte de permeabilitate $\Delta p = 4$ Pa, iar calibrarea experimentală a modelului teoretic reprezentat de relația (12) presupune stabilirea parametrilor C_d și n , corespunzătoare unei anumite camere, astfel încât curba teoretică să reprezinte o aproximare optimă a rezultatelor experimentale (minimizarea estimatorului celor mai mici pătrate). Această calibrare a fost realizată pe baza măsurărilor acustice realizate în cadrul unui alt studiu [6]. Astfel, dimensiunile camerei experimentale sunt: 7,2m x 6,8m și înălțimea de 3,95 m, conducând la un volum de 195 m³. Timpul de reverberație al camerei este $Tr=1,25$ (s). Fațada este caracterizată prin două tipuri de parametri: suprafețele de perete și de fereastră ($S_{PE}=19,44$ m², $S_{FE}=4,41$ m²) și indicii de izolare acustică ai celor două elemente de fațadă ($R_{PE}=58$ dB, $R_{FE}=35$ dB). Astfel calibrarea experimentală a modelului constă în determinarea prin metoda celor mai mici pătrate a cuplului parametrilor (C_d , n). S-au obținut : $C_d = 0,7852$ și $n = 0,5684$.

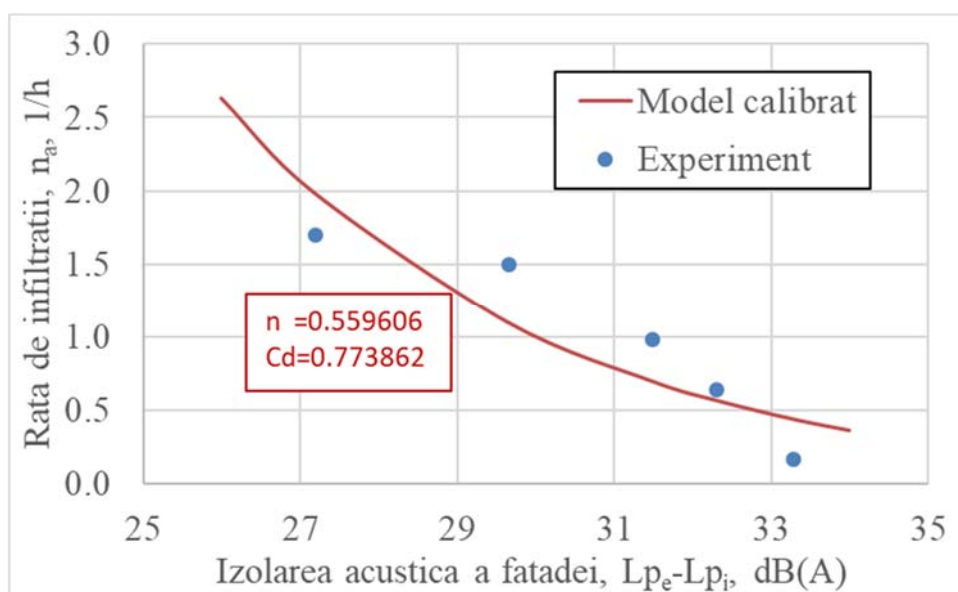


Figura 1. Calibrarea modelului teoretic pe baza datelor experimentale

Remarcăm faptul ca relația teoretică (relația (12)) poate fi calibrată experimental pentru diverse tipuri de ferestre (simple, duble, triple, dublulvitraj, tripluvitraj și altele) și pentru diferite suprafețe ale acestora în fațada clădirii. Se oferă astfel posibilitatea în viitor a evaluării mai rapide, pe baze acustice a permeabilității clădirii. Acest aspect va fi urmărit și dezvoltat în cadrul unui proiect de cercetare în curs de desfășurare.

4. Concluzii

Obiectivul acestui studiu este stabilirea unei expresii teoretice pentru corelația între numărul de schimburi de aer infiltrat de la exterior spre interiorul clădirii și gradul de izolare acustică aferent aceleiași fațade a clădirii. Stabilirea acestei corelații reprezentate de relația (12) se datorează faptului că atât în expresia gradului de atenuare acustică a unei fațade cât și în expresia debitului de aer infiltrat se găsește suprafața rosturilor din fațada clădirii.

Aceasta expresie teoretică, relația (12), ține seama de :

- (a) indicii de izolare acustică și suprafețele aferente ferestrelor și elementelor opace de închidere ale fațadei clădirii;
 - (b) volumul camerei analizate experimental;
 - (c) timpul de reverberație și bineînțeles de
 - (d) valorile celor doi parametri care trebuie calibrați experimental (C_d și n).
- Intervine de asemenea

Corelații între atenuarea acustică a fațadelor clădirilor și permeabilitatea la aer a acestora. Aspecte teoretice

(e) diferența de presiune dintre exterior și interior, care de regulă este de 4 Pa.

Expresia teoretică atestă o formă concavă a funcției de corelație dintre numărul de schimburi de aer și gradul de atenuare acustică.

Stabilirea unei astfel de corelații analitice între numărul de schimburi de aer și gradul de atenuare acustică oferă posibilitatea stabilirii unei proceduri indirecte, destul de ușor de aplicat practic, pentru identificarea permeabilității clădirilor.

Acest demers este încurajator pentru se pune în evidență posibilitatea descrierii acestui fenomen printr-o relație matematică de tip fenomenologic, care oferă avantajul că poate fi adaptată funcție de tipul de perete, de fereastră, de timpul de reverberație interior și de alți parametri. Astfel se poate construi o nomogramă ca unealtă de calcul adaptabilă pentru diferite tipuri de încălziri/camere.

Odată validat acest demers matematic, remarcăm noi direcții de îmbunătățire a acestei relații de legătură între cele două fenomene fie prin adoptarea unei legi de permeabilitate mai complexe [13] fie prin studii de sensibilitate a acestui model relativ la parametrii sau coeficienți din interiorul modelului.

Recunoașteri

Acest studiu a fost susținut de Autoritatea Națională Română pentru Cercetare Științifică și Inovare CNCS/CCCDI – UEFISCDI, prin proiectul de cercetare PN-III-P2-2.1-PED-2016-1951, în cadrul PNCDI III.

Bibliografie

- [1] J. McWilliams and M. Jung, "Development of a mathematical air-leakage model," Report LBNL-59041. Berkley, CA, 47pp, 2006.
- [2] M. Montoya, E. Pastor, F. Carrie, G. Guyot and E. Planas, "Air leakage in Catalan dwellings: developing an airtightness model and leakage airflow predictions," *Building and Environment*, vol. 45, no. 6, 2010.
- [3] W. R. Chan, W. W. Nazaroff, P. N. Price, M. D. Sohn and A. J. Gadgil, "Analyzing a database of residential air leakage in the United States.," *Atmos Environ*, vol. 39, no. 19, 2005.
- [4] EN 13829, "Thermal performance of buildings. Determination of air permeability of buildings. Fan pressurization method".

- [5] M. Sherman and L. Palmiter, "Uncertainties in fan pressurization measurements.," BL-32115, 1995.
- [6] V. Iordache and T. Catalina, "Acoustic approach for building air permeability estimation," *Building and Environment*, vol. 57, no. pp 18-27, 2012.
- [7] O. Hassan, "An alternative method for evaluating the air tightness of building components," *Building and Environment*, vol. 67, no. pp 82-86, 2013.
- [8] G. Raman, K. Chelliah, M. Prakash and R. Muehleisen, "Detection and quantification of building air infiltration using," Melbourne, Australia, 2014.
- [9] V. Iordache, "Zgomot aerian," în *Protecția la Zgomot. Acustica clădirii și a instalațiilor*, București, Matrixrom, 2007.
- [10] M. Ricci and T. Ricci, *Introducere în acustica arhitecturală*, Ed. Tehnică, 1974.
- [11] L. Marshal, *Architectural acoustics*, Elsevier - Academic Press, 2014.
- [12] H. Awbi, *Ventilation of buildings*, London and New York: Spon Press Taylor & Francis Group, 2003.
- [13] T. Baracu, V. Bădescu, C. Teodosiu, M. Degeratu, M. Pătrașcu and C. Streche, "Consideration of a new extended power law of air infiltration through the building's envelope providing estimations of the leakage area," *Energy and Buildings*, vol. 149, no. pp 400-423, 2017.

Utilizarea logicii fuzzy în modelarea numerică a unui controler inteligent de menținere a nivelului de CO₂ în clădiri

The numerical modelling of a intelligent controller for maintaining the level of CO₂ into the buildings, using fuzzy logic

Florin-Adrian Hebean¹, Sorin Caluianu²

¹Universitatea Tehnică de Construcții București
B-dul Lacul Tei, Nr. 124, sector 2, București, cod 020396, Romania
E-mail: hebeanflorin@gmail.com

²Universitatea Tehnică de Construcții București
B-dul Lacul Tei, Nr. 124, sector 2, București, cod 020396, Romania
E-mail: s_caluianu@yahoo.com

Rezumat. *Lucrarea își propune modelarea numerică a unui controler inteligent care să gestioneze și să mențină calitatea aerului în clădiri, prin menținerea parametrului nivel CO₂, utilizand conceptele logicii fuzzy. Controlerul va prelua informații de la senzorii de dioxid de carbon și de la senzorii de umiditate relativă aferenți spațiului deservit și va comanda sistemele de ventilație astfel încât nivelul de CO₂ să fie menținut în parametrii de confort. Controlerul are două componente principale și anume partea soft reprezentată de modulul fuzzy și partea hard ce preia informațiile de la senzori și transmite ieșirile controlerului echipamentelor de ventilație.*

Cuvinte cheie: controler inteligent, calitate aer, logica fuzzy, nivel CO₂

Abstract. *This paper propose the numerical modelling of a intelligent controller which will manage the air quality into the buildings, by maintaining the CO₂ level, using the fuzzy logic concepts. The controller will retrieve information from carbon dioxide and relative humidity sensors related to deserved space and will command the ventilation system so as to maintain the CO₂ level into the confort parameters. The intelligent controler consists of two components namely the software component represented by fuzzy logic module and the harware component which get information from the sensors and transmit the controller outputs to the ventilation equipments.*

The abstract will be written in italics (11 pts), with a space of 1cm left-right.

Key words: intelligent controller, air quality, fuzzy logic, CO₂ level

1. Introducere

Conform anumitor standarde europene și internaționale referitoare la calitatea aerului în clădiri, concentrația admisă de CO₂ la interior este de 5% în cazul în care umiditatea relativă nu depășește valoarea de 65%, deși și la concentrații mai mici sunt cazuri de dureri de cap și de disconfort [1,2]. Pragurile concentrației de dioxid de carbon precum și efectele asupra ocupanților pentru fiecare prag în parte sunt prezentate pe larg în Tabelul 1.

Tabelul 1

Pragurile de CO₂ și efectele asupra ocupanților

Concentrație CO ₂	Efecte
350 ppm-1000 ppm	Mediu propice – concentrație în parametrii
1000 ppm-2000 ppm	Posibile stări de somnolență – aer viciat
2000 ppm-5000 ppm	Dureri de cap, stări de somnolență și oboseală, pierderea concentrației, creșterea pulsului și stări de greață – aer viciat
5000 ppm	Limita maximă a nivelului de CO ₂ acceptată pentru o zi de lucru normală de 8 ore, conform normelor europene

Menținerea calității aerului din încăperi reprezintă un factor major în proiectarea instalațiilor pentru clădiri. Ventilația naturală este și ea o soluție atunci când vorbim despre un climat confortabil din punct de vedere al calității aerului dar nu funcționează tot timpul anului, în special în perioadele foarte reci sau foarte calde. Din acest motiv, dotarea clădirilor cu sisteme de evacuarea a aerului viciat precum și cu sisteme de introducere aer proaspăt este absolut necesară.

Cele mai multe cercetări în ce privește menținerea calității aerului în clădiri vizează sistemele complexe de încălzire, ventilație și aer condiționat (HVAC) aplicabile, în general complexelor comerciale, clădirilor de birouri sau alte clădiri relativ mari și neîntâlnite în cazul clădirilor mici cum sunt locuințele individuale, magazine mici sau școli [3,4].

Lucrarea este structurată în cinci capitole și își propune proiectarea și modelarea unui controler care să mențină nivelul de dioxid de carbon din clădiri în parametrii de confort, folosind logica fuzzy. Prima parte a lucrării este cea introductivă, reprezentată de capitolul 1. În capitolul 2 sunt descrise caracteristicile proceselor ce urmează a fi controlate și totodată este prezentată structura controlerului urmând ca modelarea controlerului și procesul de fuzificare să fie prezentate detaliat în capitolul 3. În penultimul capitol și anume capitolul 4 sunt realizate simularea și validarea controlerului de calitate aer, lucrarea încheindu-se cu capitolul 5 ce cuprinde concluziile și direcțiile viitoare de cercetare în domeniu.

2. Caracteristicile controlerului fuzzy de calitate aer

2.1. Procesul condus de către controler

Modelul de bază al structurii propuse constă într-un controler de calitate aer ce urmează să controleze nivelul de CO₂ aferent spațiului deservit, folosind principiile și noțiunile logicii fuzzy. Ca și valori de intrare, controlerul va prelua informații de la senzorii de CO₂ și umiditate relativă instalați în spațiul deservit. Pragurile de referință a calității aerului vor fi definite în controler iar ajustarea nivelului de CO₂ va fi realizată prin intermediul ventilatorului de evacuare aer viciat și a ventilatorului de introducere aer proaspăt.

Schema bloc a controlerului de calitate aer propus și a procesului condus sunt prezentate în Fig.1. După cum se poate observa, controlerul va prelua prin modulul de fuzificare informațiile de la senzorii de CO₂ și umiditate relativă iar comenzile vor fi trimise de către modulul de defuzificare către ventilatoarele de introducere și evacuare aer.

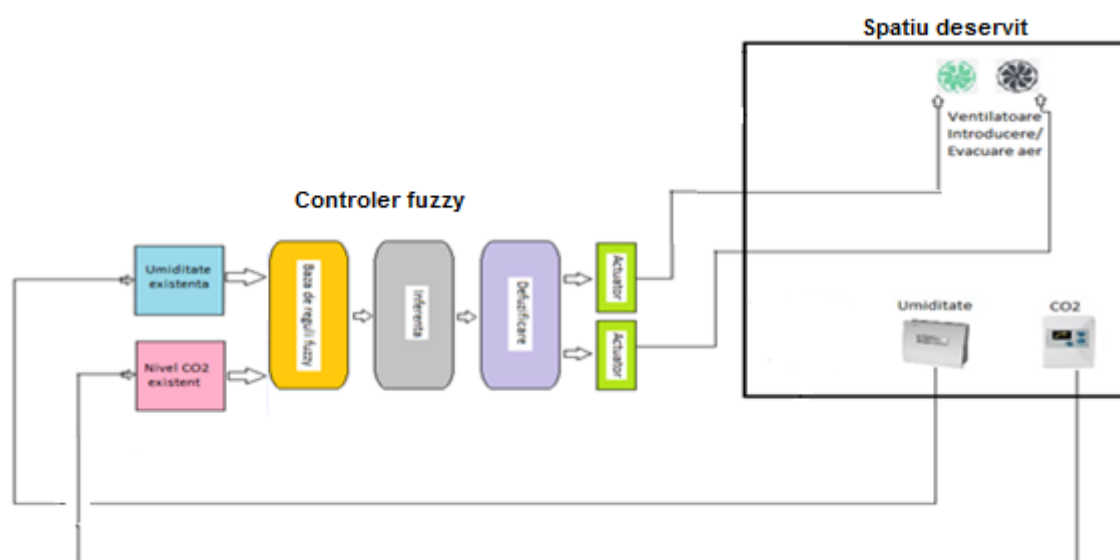


Fig. 1. Schema bloc a controlerului fuzzy și a procesului condus

2.2. Structura controlerului

Controlerul folosit pentru conducerea sistemului descris anterior are două componente de bază și anume, componenta soft și componenta hard.

Componenta soft a controlerului reprezentată de controlerul fuzzy logic este compusă din modulul de fuzificare unde valorile clare primite de la senzori sunt transformate în valori lingvistice, motorul de inferență ce calculează valorile de adevăr, baza de cunoștințe unde sunt stocate elementele factice și modulul de defuzificare ce transformă un subset fuzzy într-o singură valoare, ce corespunde unei ieșiri.

Componenta hardware a controlerului este reprezentată de interfețele de intrări-iesiri. Interfața de intrări preia semnalele analogice furnizate de senzorii de CO₂ și umiditate relativă și transmite aceste valori modulului de fuzificare. Interfața de ieșiri transmite valorile rezultate în

urma procesului de defuzificare, către ventilatorul de introducere aer proaspăt și ventilatorul de evacuare aer viciat. Structura controlerului de confort este prezentată în Fig.2.

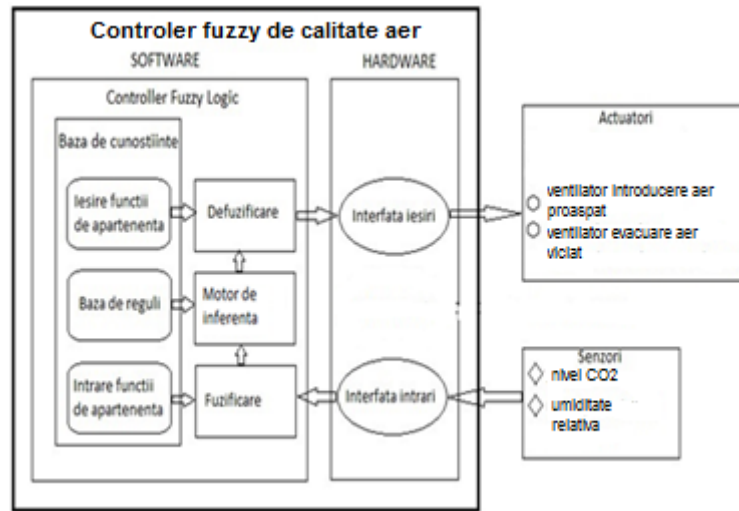


Fig. 2. Schema bloc a controlerului de calitate aer

2.3. Modelul desfășurat și plajele de funcționare ale controlerului de calitate aer

Controlerul este proiectat pentru a opera în intervalul de concentrație de dioxid de carbon de 350ppm-8000ppm iar plaja umidității relative este de la 0% la 100%. Controlerul va avea ca scop totodată menținerea nivelului de CO2 în pragurile de confort, valori ce trebuie să fie cuprinse între 350ppm și 1000ppm.

Modelul desfășurat al controlerului fuzzy de calitate aer este prezentat în Fig.3. Modelul a fost realizat în Matlab, cu ajutorul toolbox-ului fuzzy.

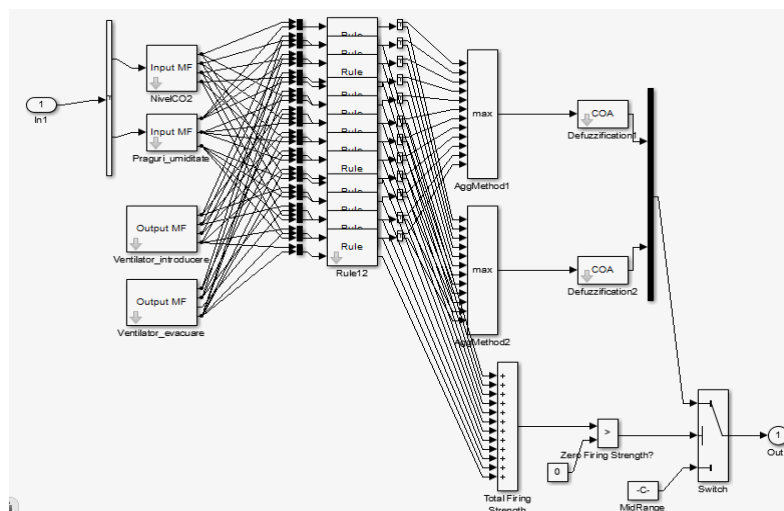


Fig. 3. Modelul desfășurat al controlerului fuzzy de CO2

3. Modelarea numerică a controlerului

3.1. Funcțiile de apartenență și plajele de valori

Valorile de intrare pentru controlerul fuzzy de calitate aer sunt reprezentate de nivelul de CO2 măsurat de senzorul de CO2 aferent spațiului deservit și pragurile de umiditate relativă, valori ce provin de la senzorul de umiditate relativă instalat în încăpere.

Funcția de apartenență care definește mulțimea fuzzy în cazul controlerului de calitate aer este funcția triunghiulară având expresia matematică definită de ecuațiile (1) și (2).

$$triunghi(x; a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases} \quad (1)$$

$$triunghi(x; a, b, c) = \max\{\min\left\{\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b}\right\}, 0\} \quad (2)$$

Funcțiile de apartenență și plajele de valori pentru variabila de intrare: nivel CO2, sunt prezentate în Tabelul2 și în Fig.4.

Tabelul 2

Funcțiile de apartenență și plajele de valori pentru variabila de intrare Nivel CO2	
Funcții de apartenență	Plaje de valori
Calitate aer în parametrii	350 ppm-1000 ppm
Aer aproape viciat	1000 ppm-2000 ppm
Aer viciat	2000 ppm-5000 ppm
Aer foarte viciat	5000 ppm-8000 ppm

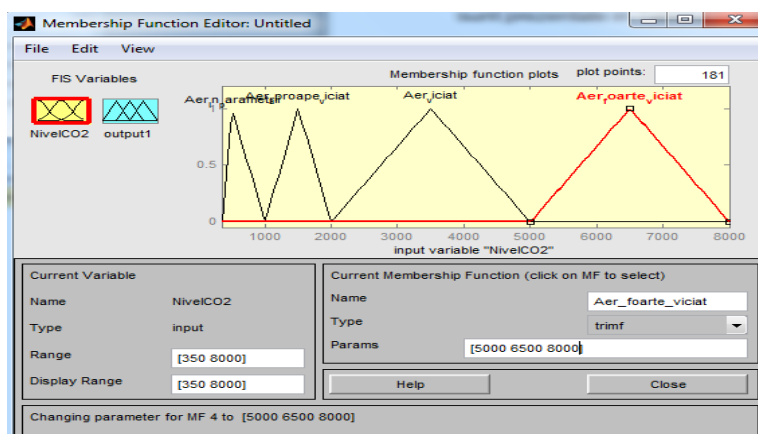


Fig. 4. Funcțiile de apartenență și plajele de valori pentru variabila de intrare Nivel CO2

Cea de a doua intrare a controlerului de confort este reprezentată de valoarea umidității relative din spațiul deservit. Funcțiile de apartenență și plajele de valori pentru variabila de intrare: praguri umiditate, sunt prezentate în Tabelul 3 și în Fig.5.

Tabelul 3

Funcțiile de apartenență și plajele de valori pentru variabila de intrare praguri umiditate

Funcții de apartenență	Plaje de valori
Uscat	0%-35%
În parametri	30%-65%
Umed	60%-100%

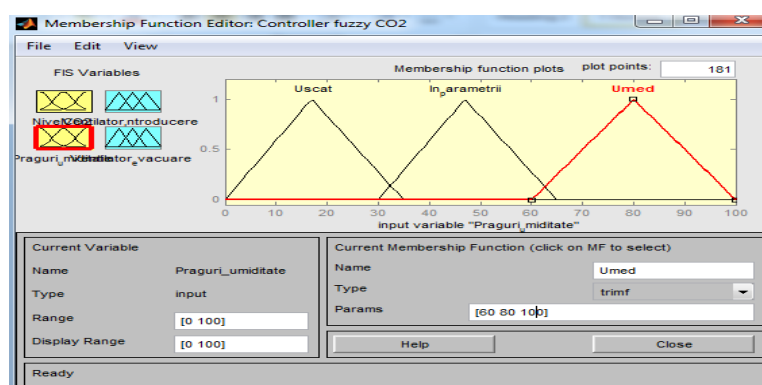


Fig. 5. Funcțiile de apartenență și plajele de valori pentru variabila de intrare praguri umiditate

Variabilele de ieșire sunt reprezentate de valorile transmise de către controler interfeței de ieșiri, iar mai departe actuatorilor ce vor acționa ventilatorul de introducere aer proaspăt și ventilatorul de evacuare aer pentru menținerea nivelului de CO2 în pragul de confort.

Pentru controlerul fuzzy de calitate aer sunt definite două variabile de ieșire și anume: Trepte de funcționare ventilator introducere aer proaspăt și trepte de funcționare ventilator evacuare aer. Statusul ventilatorului de introducere aer proaspăt poate fi oprit, atunci când valoarea nivelului de CO2 măsurată de senzorul de CO2 se încadrează în plaja 350 ppm-1000 ppm definită în controller sau pornit, atunci când nivelul de CO2 din încăperea, înregistrat de senzor este mai mare decât nivelul de CO2 definit în controler. Atunci când există diferențe între nivelul de CO2 predefinit și cel măsurat, ventilatorul de introducere va avea trei trepte de funcționare, pentru a atinge parametrul de calitate aer predefinit în controler.

Statusul ventilatorului de evacuare aer poate fi oprit, atunci când valoarea nivelului de CO2 măsurată de senzorul de CO2 se încadrează în plaja 350 ppm-1000 ppm definită în controler sau pornit, atunci când nivelul de CO2 din încăperea, înregistrat de senzor este mai mare decât nivelul de CO2 definit în controler. Atunci când există diferențe între nivelul de CO2 predefinit și cel măsurat, ventilatorul de evacuare va avea trei trepte de funcționare, pentru a atinge parametrul de calitate aer predefinit în controler. Ventilatorul de evacuare aer va funcționa în strânsă legătură cu ventilatorul de introducere aer proaspăt. Astfel, atunci când se va înregistra depășirea nivelului de CO2 admis, va porni ventilatorul de evacuare aer urmând ca mai apoi să pornească ventilatorul de introducere, pentru aportul de aer proaspăt.

Utilizarea logicii fuzzy în modelarea numerică a unui controler inteligent de menținere a nivelului de CO2 în clădiri

Funcțiile de apartenență și plajele de valori pentru variabila de ieșire: trepte de funcționare ventilator introducere sunt prezentate în Tabelul4 și în Fig.6 iar funcțiile de apartenență și plajele de valori pentru variabila de ieșire: trepte de funcționare ventilator evacuare sunt prezentate în Tabelul5 și în Fig.6.

Tabelul 4

Funcțiile de apartenență și plajele de valori pentru variabila de ieșire trepte funcționare ventilator introducere

Funcții de apartenență	Plaje de valori
Oprit	0%-10%
Treapta 1 de funcționare	5%-35%
Treapta 2 de funcționare	30%-70%
Treapta 3 de funcționare	60%-100%

Tabelul 5

Funcțiile de apartenență și plajele de valori pentru variabila de ieșire trepte funcționare ventilator evacuare

Funcții de apartenență	Plaje de valori
Oprit	0%-10%
Treapta 1 de funcționare	5%-35%
Treapta 2 de funcționare	30%-70%
Treapta 3 de funcționare	60%-100%

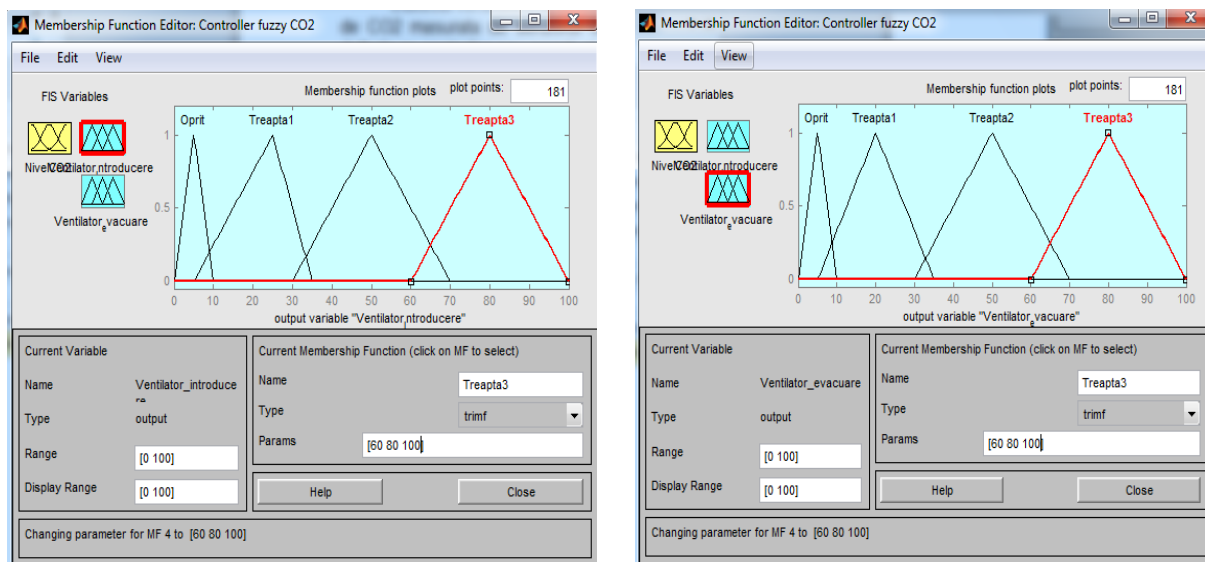


Fig. 6. Funcțiile de apartenență și plajele de valori pentru variabila de ieșire trepte funcționare ventilator introducere și evacuare aer

3.2. Baza de reguli a controlerului fuzzy de calitate aer

Comportamentul dinamic al controlerului fuzzy este caracterizat de o serie de reguli lingvistice de tipul “DACĂ-ATUNCI”. Aceste reguli descriu relația dintre mărimile de intrare și ieșirile controlerului fuzzy, cu ajutorul bazei de cunoștințe. Aceste reguli lingvistice funcționează după principiul DACĂ o serie de condiții sunt satisfăcute, ATUNCI se va deduce un set de consecințe.

Pentru controlerul fuzzy de calitate aer s-au definit 12 reguli de tipul “DACĂ-ATUNCI” iar afișarea desfășurată se găsește în Tabelul6 și cea schematică a acestora este prezentată în Fig.7.

Tabelul 6

Baza de reguli pentru controlerul fuzzy de calitate aer

Nr. Crt.	Nivel CO2	Praguri umiditate	Treapta funcționare ventilator introducere	Treapta funcționare ventilator evacuare
1	Calitate aer în parametrii	Uscat	OPRIT	OPRIT
2	Aer aproape viciat	Uscat	Treapta 1	Treapta 1
3	Aer viciat	Uscat	Treapta 2	Treapta 2
4	Aer foarte viciat	Uscat	Treapta 3	Treapta 3
5	Calitate aer în parametrii	În parametrii	OPRIT	OPRIT
6	Aer aproape viciat	În parametrii	Treapta 1	Treapta 1
7	Aer viciat	În parametrii	Treapta 2	Treapta 2
8	Aer foarte viciat	În parametrii	Treapta 3	Treapta 3
9	Aer foarte viciat	Umed	OPRIT	Treapta 1
10	Calitate aer în parametrii	Umed	Treapta 1	Treapta 2
11	Aer aproape viciat	Umed	Treapta 3	Treapta 3
12	Aer viciat	Umed	Treapta 3	Treapta 3

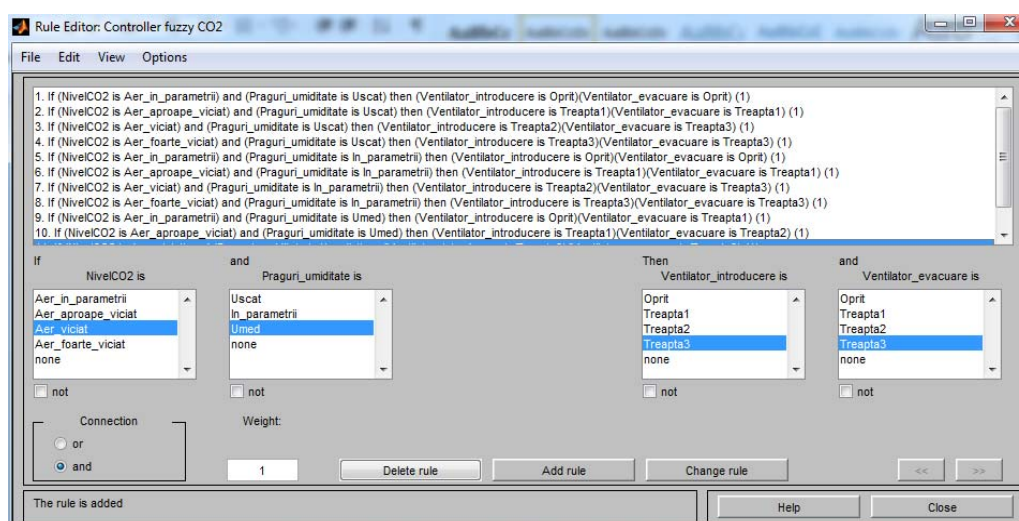


Fig. 7. Baza de reguli pentru controlerul fuzzy de calitate aer

3.2. Etapa de defuzificare pentru controlerul fuzzy de calitate aer

Cea din urmă etapă în modelarea controlerului este dată de procesul de defuzificare, proces în care se realizează transformarea unei cantități fuzzy într-o cantitate precisă. Cea mai rapidă metodă de defuzificare, care este folosită și în cazul controlerului de calitate aer este metoda centrului sumelor. Expresia matematică a acestei reguli de defuzificare este descrisă în ecuația (3). Avantajul acestei metode este acela că suprafețele de intersecție se adună de două ori.

$$x_{final} = \frac{\sum C_o Z[i] \times zona[i]}{\sum zona[i]}$$

unde:

CoZ – centrul zonei funcției de apartenență;

zona – zona funcției de apartenență.

(3)

În cazul controlerului de calitate aer fuzzy vor rezulta două variabile de ieșire în urma procesului de defuzificare ce vor controla ventilatorul de introducere aer proaspăt ventilatorul și ventilatorul de evacuare aer viciat.

Conform procesului descris mai sus se determină valorile crisp pentru variabilele de ieșire. Valorile simulate în Matlab sunt prezentate în Fig.8. Se observă că valorile rezultate în procesul de defuzificare sunt corecte în raport cu modelul proiectat. Corectitudinea rezultatelor arată validarea controlerului fuzzy.

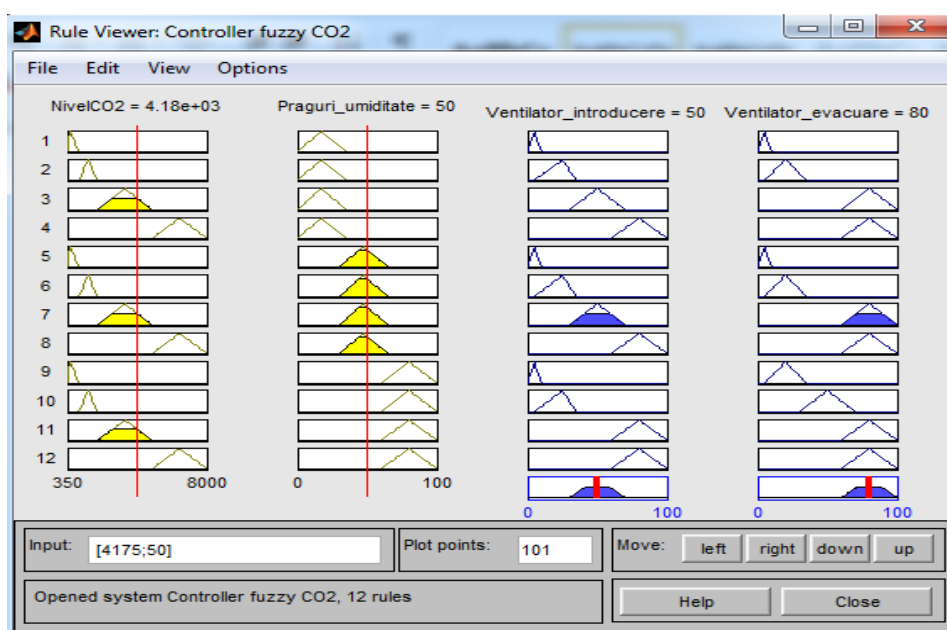


Fig. 8. Valori simulate în Matlab pentru controlerul fuzzy de calitate aer

4. Simularea și validarea controlerului de calitate aer

Simularea controlerului proiectat s-a făcut pentru întreaga plajă a variabilelor de intrare: Umiditate relativă curentă (0 – 100%) și nivel dioxid de carbon (350ppm – 8000 ppm). În cazul modelului proiectat, ieșirile pentru comanda ventilatorului de introducere aer proaspăt și ventilatorul de evacuare aer viciat depind de nivelul de CO₂ măsurat și de pragurile de umiditate relativă predefinite.

În Fig.9. și Fig.10. sunt prezentate rezultatele simulării, în format 3D pentru controlerul fuzzy de calitate aer. În Fig.9. este prezentat modul de funcționare al ventilatorului de introducere aer proaspăt în funcție de valorile de intrare nivel CO₂ și praguri de umiditate relativă iar în Fig.10. este prezentat modul de funcționare al ventilatorului de evacuare aer viciat, în funcție de aceași parametri menționați anterior.

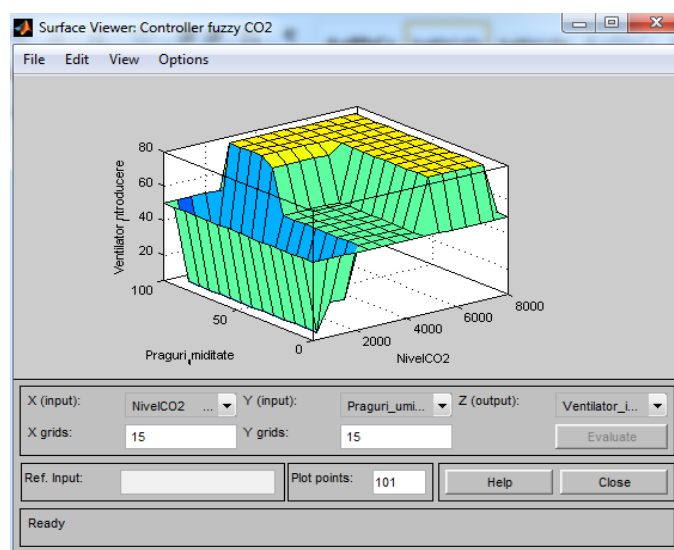


Fig. 9. Reprezentare 3D a nivel CO₂ și a ventilatorului de introducere

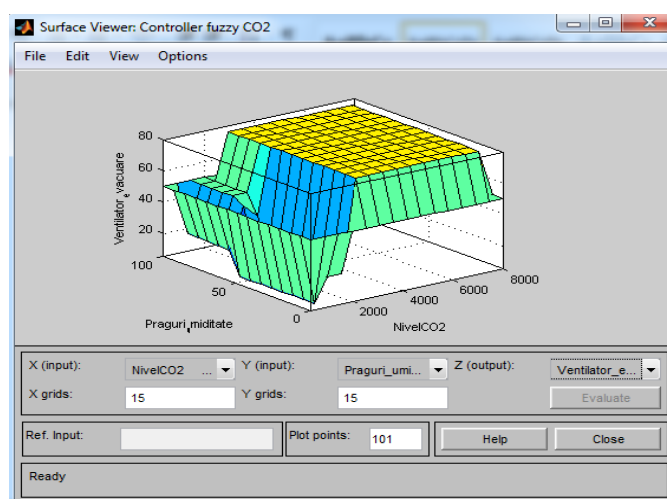


Fig. 10. Reprezentare 3D a nivel CO₂ și a ventilatorului de evacuare

6. Concluzii

În cazul sistemelor de ventilație a aerului dintr-o încăpăre, cu ajutorul logicii fuzzy s-au rezolvat probleme complexe, nefiind nevoie ca variabilele fizice a fi discutate și modelate din punct de vedere analitic. Cunoștințe minime despre variabilele de intrare și variabilele de ieșire au fost suficiente pentru a proiecta un controler cu performanțe optime.

Pe cuprinsul acestei lucrări, a fost prezentat un nou tip de control în ce privește gestionarea calității aerului din clădiri, mai exact menținerea nivelului de dioxid de carbon în parametrii de confort, control bazat pe concepte ale inteligenței artificiale, mai exact noțiuni de logică fuzzy.

Rezultatele simulate prezentate au confirmat capacitatea noului tip de control în a gestiona problema ventilației pentru orice tip de spațiu deservit. În urma folosirii controlului fuzzy, rezultă economii de energie și durată de viață mai lungă a echipamentelor acționate.

Cercetările viitoare în ce privește controlerele ce au la bază logica fuzzy, în special controlerele dedicate aplicațiilor de calitate aer, se referă la extinderea și adăugarea mai multor variabile de intrare cum ar fi gradul de ocuparea a spațiului deservit, senzori care să detecteze prezența anumitor mirosuri sau senzori pentru detectarea altor tipuri de gaze.

Referințe

- [1] ASHRAE Standard 62.1, SI edition, GA, 2016.
- [2] *B. Baiche, B. Walliman*, Architect's Data, Blackwell science, UK, 2000.
- [3] *A. Rafeal, C. Jorge, C. Oscar*, Fuzzy Control of HVAC Systems Optimized by Genetic Algorithms, Applied Intelligence Journal 18 No. 2, 155-177, 2003.
- [4] *Z. Huagung, L. Cai*, Decentralized Nonlinear Adaptive Control of an HVAC System, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part C 32 No. 4, 493 – 498, 2002.
- [5] *S. Caluianu*, Inteligența artificială în instalații, Editura Matrix ROM, București, 2000.

Assessing the performance of led lighting in a classroom - simulations versus experiments

Tiberiu Catalina¹, Alexandra Ene², Andrei Marian Istrate³

^{1,2,3} Technical University of Civil Engineering Bucharest, Faculty of Building Services
Adress: Bulevardul Lacul Tei 124, sector 2, București 020396, Romania

E-mails: tiberiu.catalina@gmail.com; alexandra.angelescu@gmail.com ; andreiistrate85@gmail.com

Rezumat. Iluminatul interior poate avea un impact imens asupra consumului de energie și asupra confortului vizual. Scopul acestei lucrări este de a determina impactul utilizării unor noi soluții de iluminat într-o clasă. În acest scop, sursele de iluminat fluorescente au fost înlocuite cu surse noi de iluminat tip LED și au fost efectuate măsurători ale nivelului de iluminare înainte și după modificare. Pe de altă parte, aceeași cameră a fost simulată utilizând un software de iluminat specializat. Rezultatele au arătat corelația dintre cele două abordări și de asemenea, calculele financiare au subliniat impactul asupra consumului de energie și timpul de rambursare a investiției. A fost măsurată o îmbunătățire a confortului vizual de 42%, în timp ce reducerea costurilor a fost de 250 de euro / an, ceea ce a condus la un timp redus de returnare (mai puțin de 5 ani).

Keywords: LED lighting, energy savings, illuminance levels, numerical simulations, experimental measurements

Abstract. Interior lighting has a huge impact on energy consumption and visual comfort. The aim of this paper is to determine the impact of using new lighting solutions in a classroom. For this purpose, fluorescent lighting sources were replaced with new LED lighting sources and illuminance level measurements were conducted before and after the modification. On the other hand, the same room was simulated using specialized lighting software. The results showed the correlation between the two approaches and financial calculations highlighted the impact on energy consumption and payback time of the investment. An improvement on the visual comfort of 42% was measured while the cost economy was 250 euros/year resulting in a low payback time (less than 5 years).

1. Introduction

Indoor air quality represents one of the most important factors in determining the comfort of people inside a building, especially when talking about schools. Thereby, is important to provide a high indoor air quality for a good performance and productivity of students and teachers [1]. Based on a survey, it was found a highly correlation between indoor air quality and the activity of the population in a college building level in Korea [2]. However, indoor air quality is only one parameter used to evaluate the environmental quality of an enclosed space. For example, noise pollution or bad lighting can decrease greatly the occupants' perception of the chamber. Therefore,

there are several factors which determine the environmental comfort of a chamber, and visual comfort represents key criteria when evaluating a classroom. According to NP06-2002 the maintained illuminance for a classroom is 300 lux [3], where the maintained illuminance refers to the average illuminance measured on a specified surface and it is not allowed to have lower values. Studies showed that the best performance in reading is under normal illumination intensity of 600 lux, because high illumination intensity can cause screen images to fade and many reflections of the surrounding surfaces [4]. The illuminance in a classroom is required to be right in order to conduct activities like reading and writing on desks and board [5]. Nevertheless, lighting installation should perform the visual aspect of a space without wasting energy and, at the same time, it is required not to compromise the lighting requirements just to reduce the energy consumption [6].

Therefore, windows can have a huge impact on visual aspect and energy consumption. Studies also showed that natural or artificial light have a huge impact on people and in the quality of sleep at home, after they have been subjected to this environmental condition at work [7]. Michael and Heraclous conducted a study on typical classroom in Cyprus and showed that an intense glare appeared on the west and east oriented classrooms on the working surfaces because of the inappropriate shading devices. Also, the study highlighted that the curtains were kept closed through the day to control the over lighting problems [8].

A study carried out in an experimental room where it was compared the comfort ratings and the changing of the clothing levels of the subjects under different color light temperature of 2700K (“warm”) and 6500K (“cold”) showed that participants tend to put on an extra clothing item when using 6500K then the 2700K light bulbs. Furthermore, the same study showed that females tended to put on more clothing objects than men [9]. Another study held in a test room chamber showed an interesting approach for saving energy by underlining the importance of the pre-set environmental conditions of a room. Therefore, study showed that pre-setting higher values of illuminance requires higher level of adjusting the illuminance on desk by the worker [10].

Nowadays, LEDs are used worldwide in both interior and exterior lighting systems due to the low energy consumption, high light-flux efficiency and also to their ability to maintain the light-flux constant value for a long period of time [11]. LEDs are formed from a semiconductor material doped with impurities in order to create a p-n junction and the current flows only from the “p” side which represents the anode, to the “n” side which is the cathode. When applying a suitable voltage, electrons can recombine with electron holes and releases energy in form of a photon. The band gap energy of the materials forming the p-n junction determines the color of the light emitted by the LEDs [12]. Significant energy consumption can be made by using LEDs with a fuzzy logic controller and also for a constant illumination on a surface even when the amount of daylight is constantly changing [13]. Hence, we aim to determine the difference between fluorescent and LED lighting sources and the impact on visual comfort and energy consumption. Iacomussi showed in 2015 that if the intensity and luminance distribution of the LEDs is not different from the fluorescent

light sources, it can be applied to LEDs the available metrics for discomfort glare. The study highlighted that an improving performance of the LEDs' lighting can be made by equipping the SSL luminaires with diffusers or by designing lighting so that it is hidden from a direct view of the occupant's eyes [14]. When designing a classroom before installing LED luminaire a correct decision is to use numerical simulations that can help us decide the number and positions of the luminaires. In this article we aim to show how accurate can be lighting simulations by comparing the data with experimental measurements.

2. Description of the classroom

Both numerical simulations and experimental campaign were made for a classroom situated in "Mihai Viteazul" college from Bucharest, Romania. The college has a good tradition from the students' performance point of view and also being more than 100 years old. The investigated classroom presents non-insulated brick walls with a width of about 1m. It also presents three identical double wood pane windows with a west orientation. The classroom presents a total volume of 300 m³ with the following dimensions: 9 m length, 6 m width and 4.9 m height. The classroom presents 9 lamps with 2 florescent lighting sources of 36 W and a total consumption of the lamp of 84 Wh. They were replaced by 9 lamps type LED GEWISS GWS 3236P SMART with a total consumption of a lamp of 43 Wh.



Fig. 1 – 3D representation of the classroom



Fig. 2 – The real classroom

3. Numerical simulations

The numerical simulations were performed by means of DIALux EVO. This software that can design, calculate and visualize professionally lighting systems by using the catalogs of the world's leading luminaire manufacturers, making simulations meet reality as far as possible.

This investigation presents the aim of highlighting the impact on the illuminance levels and the energy consumption of a classroom by changing the actual fluorescent lighting luminaires with new LED sources. Using the exact geometrical characteristics of the investigated room the LED GEWISS GWS 3236P SMART luminaire were placed and simulations were performed. On the Figure 3 it was pointed out the nine points used for comparison with the experimental measurements.

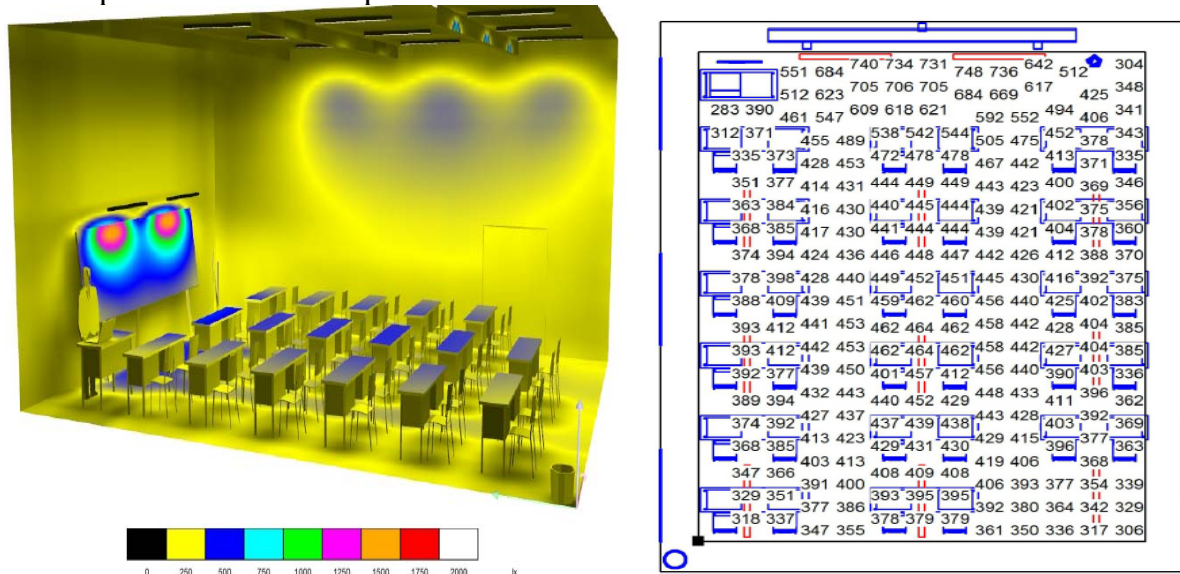


Fig. 3 – Illuminance levels (3D view and plane view) from simulations

The simulations showed that the new LED lighting sources produce around 250 lux on the interior surfaces of the classroom and around 500 lux on board and working surfaces of the investigated classroom. The software showed that the average illuminance at a height of 1.2 m from the room's floor is 426 lux which represents a very good value that meets the European standards. A calculation on the economic impact of the luminaires replacement with LED technology was also conducted (see Table 1).

Table 1

Financial impact of the new lighting system

Fluorescent lighting sources						
Lamp's type	Nb. Lamp [units]	Annual consumption lamp [kWh]	Annual consumption [kWh]	Annual cost consumption [euro]	Annual maintenance cost [euro]	Total annual cost [euro]
Classic luminaire 2x36 W	9	149.7	1646.6	192.19	143	335.19
LED lighting sources						
Lamp's type	Nb. Lamp [units]	Annual consumption lamp [kWh]	Annual consumption [kWh]	Annual cost consumption [euro]	Annual maintenance cost [euro]	Total annual cost [euro]
LED Gewiss GWS3236 P Smart	9	69.93	769.3	84.66	0	84.66

The table 1 shows that by using fluorescent lighting sources, a total consumption of 1646.6 kWh/year can result, meaning 336 euro in a year for energy and maintenance costs, while the same number of LED lighting sources can lead to 769.3 kWh, meaning 84.66 euro in a year. This represents an energy saving of 55.95% that can be paid off in 3 years (770 euros initial investment) and can have a benefit of about 3300 euro for the entire lifetime of the lighting sources. The calculations were made taking into consideration that the lifetime of a LED lighting source is 50.000 h and the price of energy of 0.11 euro/kWh. It was considered a functioning time of the lighting sources of 8 hours a day and 260 days in a year. It should also be mentioned that the financial discussion was done in euro and it does not implies VAT taxes.

3. Experimental campaign

The experimental campaign took place in the classroom presented in the paragraphs above. The illuminance level was measured in 9 different points inside the investigated chamber by means of the Light meter LX – 1102 which has a wide range of measuring possibilities from 40 lux to 400.000 lux and an accuracy of 3% of the measured value. The Light meter was placed on the students' working desks, in different parts of the room as shown in Figure 3. The measuring campaign was conducted for the same points before and after replacing the lighting sources.

The experimental campaign showed that the fluorescent lighting sources produce around 300 lux for most of the measured points while the new LED lighting sources raised the illuminance values up to 524 lux. It can be seen that for the first three points measured, the illuminance level is lower than any other points in the classroom. This could be due to the fact that no source of light is found above the desks. On the other hand, it can be also highlighted that the middle part of the classroom benefits of more visual comfort for both lighting solutions. The average illuminance value of the

measurement points was 274 lux for the fluorescent lighting sources, while for the LED sources reached the average value of 421 lux. This represents an important improvement of the visual comfort of the occupants. Furthermore, the second graphic from Figure 5 shows that the highest level of visual comfort was obtained for point 9, an illuminance level higher with about 40 %.

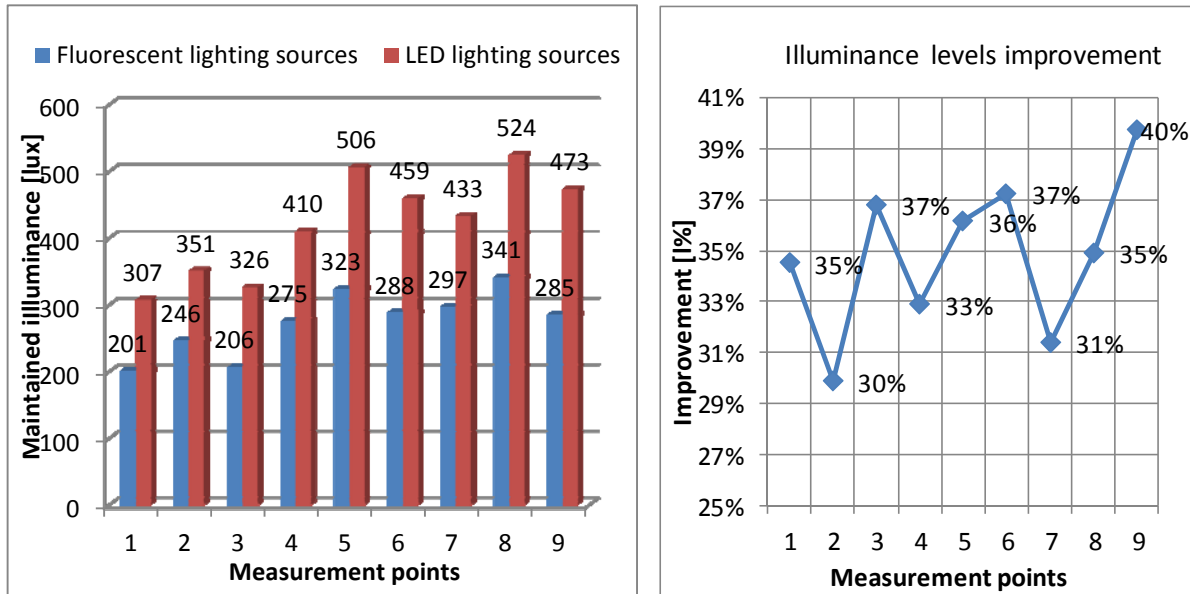


Fig. 5 – Illuminance levels and the visual comfort improvement for the measurement points

4. Correlation between numerical simulations and experimental approach

Figure 6 shows the results obtained by numerical simulations and experimental measurements for the 9 points. It can be observed that the relative error rises significantly from negative values for the first three points up to 15 % for the last two points. Furthermore, it can be highlighted that for the first three measurement points, the absolute error between numerical simulations and experiment is negative and never exceeded more than 50 lux. On the other hand, absolute error rises drastically to positive values up to 85 lux, representing a relative error of 16 %, which represents the most significant one. At the opposite pole, in the middle points (4 and 5) the numerical simulations results are very close to the experimental measurements with absolute errors of 6 lux, meaning only 1% relative error. Another reason for the differences could be the fact that the absorption coefficients of the walls may have been influencing the illuminance level in the experiment due to all the existing posters hanged on the walls.

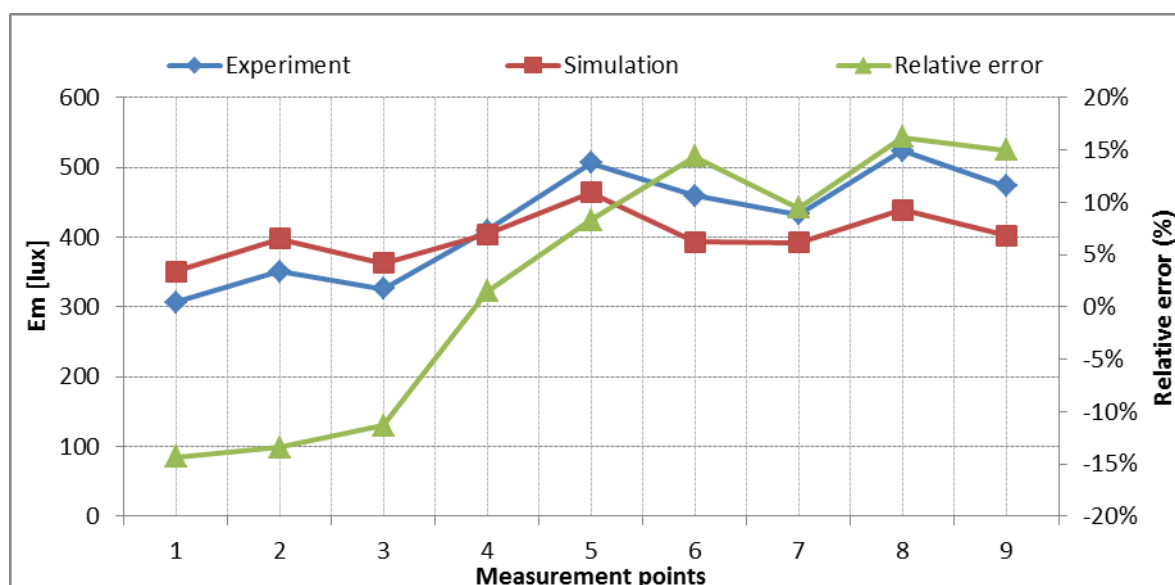


Figure 6 – Comparison between numerical simulations and experimental measurements

5. Conclusions

This paper presents the importance on both, visual comfort and energy savings on a classroom by changing the lighting sources from fluorescent types to LEDs. Using the same number of lamps as the fluorescent lighting sources, but only containing LED lighting sources, it was found a huge improvement in visual comfort of up to 40%. Further on, the financial costs of the investment were determined, showing that the payback time would be within three years and the energy consumption with 55% less than traditions lighting.

By measuring the illuminance level to 9 different points in the classroom and then simulating the same chamber by means of 3D DIALux EVO software, the results showed that maximum relative errors of 16% (average error 11%) while the maximum absolute errors are up to 85 lux. Despite an initial investment of 770 euros the payback time is low, therefore this solution is recommended to be implemented in all schools.

6. Acknowledgments

The research article is supported by the project ID P_37_229, SMIS 103427, Contract Nr. 22/01.09.2016, with the title „Smart Systems for Public Safety through Control and Mitigation of Residential Radon linked with Energy Efficiency Optimization of Buildings in Romanian Major Urban Agglomerations SMART-RAD- EN” supported by the Competitiveness Operational Programme 2014-2020, POC-A.1- A.1.1.4 -E-2015 competition. We would also like to thank Mr.Horatiu GAZDAC from LIGHT SMART CONSULTING SRL for his support and implication in the project.

5. References

- [1] Vilčeková S, “Investigation of Indoor Environment Quality in Classroom – Case Study”, *Procedia Engineering* **190**, 2017, 496 – 503
- [2] Eom J, Lee K, “Investigating Activity Patterns and Time Spent for Exposure Assessment of College Buildings in Korea”, *Procedia Computer Science* **32**, 2014, 756 – 761
- [3] Normativ pentru proiectarea si executarea sistemelor de iluminat artificial din cladiri, NP 061 – 2002
- [4] Liu T, Lin C, “Effects of noise type, noise intensity, and illumination intensity on reading performance”, *Applied Acoustics* **120**, 2017, 70–74
- [5] Al-Khatatbeh B, Ma'bdeh S, “Improving visual comfort and energy efficiency in existing classrooms using passive daylighting techniques”, *Energy Procedia* **136**, 2017, 102–108
- [6] European NORM, EN 12464-1, November 2002
- [7] Al horr Y, Arif M, Katafygiotou M, Mazroei A, Kaushik A, Elsarrag E, “Impact of indoor environmental quality on occupant well-being and comfort: A review of the literature”, *International Journal of Sustainable Built Environment*, **5**, 2016, 1–11
- [8] Michael A, Heracleous C, “Assessment of Natural Lighting Performance and Visual Comfort of Educational Architecture in Southern Europe: The Case of Typical Educational School Premises in Cyprus”, *Energy and Buildings*, **140**, 2017, 443-457
- [9] Huebner G, Shipworth D, Gauthier S, Witzel C, Raynham P, Chan W, “Saving energy with light? Experimental studies assessing the impact of colour temperature on thermal comfort”, *Energy Research & Social Science* **15**, 2016, 45–57
- [10] M. de Korte E, “Personal environmental control: Effects of pre-set conditions for heating and lighting on personal settings, task performance and comfort experience”, *Building and Environment* **86**, 2015, 166 – 176
- [11] Kiyak I, Oral B, Topuz V, “Smart indoor led lighting design powered by hybrid renewable energy systems”, *Energy and Buildings* **148**, 1 August 2017, 342-347
- [12] Kiyak I, Topuz V, Oral B, “Modeling of dimmable High Power LED illumination distribution using ANFIS on the isolated area”, *Expert Systems with Applications* **38**, 2011, 11843–11848
- [13] Liu J, Zhang W, Chu X, Liu Y, “Fuzzy Logic Controller for Energy Savings in a Smart LED Lighting System Considering Lighting Comfort and Daylight”, *Energy and Buildings* **127**, 1 September 2016, 95-104
- [14] Iacomussi P, Radis M, Rossi G, Rossi L, “Visual Comfort with LED Lighting”, *Energy Procedia* **78**, 2015, 729 – 734

Retele termice de distributie. Aspecte energetice

Thermal distribution networks. Energy aspects

Drd. ing. Adrian Marin¹, Drd. ing. Cristina Stanisteanu²,
Prof. dr. ing. Florin Iordache³

^{1, 2, 3} Universitatea Tehnica de Constructii Bucuresti
Facultatea de Inginerie a Instalatiilor
Bdul. Pache Protopopescu, 66, Romania
fliord@yahoo.com

Rezumat. Lucrarea are ca obiectiv principal o analiza a performantelor energetice ale sistemelor districtuale de incalzire. Concret se vizeza randamentul sistemului districtual de incalzire si modul in care caracteristicile constructive functionale ale retelei termice arborescente si instalatiile de incalzire centrala ale consumatorilor deserviti influenteaza performantele energetice ale sistemului.

Se face o analiza a modulilor termici aferenti retelei termice arborescente, acestia fiind direct influentati de starea fizica in care se gaseste reseaua, dar si de caracteristica constructiva descrisa de puterea termica specifica liniara stabilita prin proiectare.

O alta sectiune analizata se refera la baza de dimensionare a instalatiilor de incalzire centrala a cladirilor deservite de sistem, mai concret daca dimensionarea acestora s-a facut la parametri termici ridicati sau scazuti.

Rezultatele sunt prezentate tabular si grafic astfel incat sa poata fi usor intelese modul in care contribuie la performantele energetice fiecare din elementele constructiv functionale mentionate.

Cuvinte cheie: sisteme districtuale de incalzire, parametri termici

Abstract. The paper has as main objective an analysis of the energetic performances of district heating systems. Specifically, the efficiency of the district heating system and the way in which the functional constructive characteristics of the arborescent heating network and the central heating installations of the serviced consumers influence the energy performance of the system.

An analysis is made of the thermal moduls related to the arborescence thermal network, these being directly influenced by the physical state in which the network is found, but also by the constructive characteristic described by the specific thermal power determined by the design.

Another analyzed section refers to the sizing base of the central heating installations of buildings serviced by the system, more specifically if the sizing was made at elevated or low temperature parameters.

The results are presented in tabular and graphical form so that it is easy to understand how each of the functional constructive elements contributes to the energy performance.

Keywords: District Heating Systems, Thermal Parameters

1. Introducere

Retelele termice de distributie ca si retelele termice de transport sunt componente importante din cadrul sistemelor de alimentare centralizata cu caldura a consumatorilor din mediul urban. Corecta dimensionare, proiectare, executie si exploatare are o importanta foarte mare in alimentarea corecta cu energie termica a consumatorilor si inlaturarea risipei de energie. Avem in vedere ca reseaua de distributie si reseaua de transport sunt componentele principale prin care o parte importanta din energia termica a sursei se disipeaza in mediu inconjurator inainte de a ajunge la consumatorii deserviti. In acest sens in cadrul lucrarii de fata se analizeaza doua aspecte pe care le consideram importante asupra cuantumului pierderilor termice aferente retelelor termice si ponderii acestora asupra randamentului sistemului de alimentare.

Mai concret, se vizeaza importanta a doua caracteristici de tip constructiv functional aferente retelelor termice si anume : puterea termica liniara transportata si nivelul calitatii agentului termic transportat. Astfel se investigheaza in cadrul lucrarii retele termice cu lungimi mari si debite vehiculate mici, dar si cu lungimi mici si debite vehiculate mari si deasemenea consecintele scaderii temperaturii agentului termic vehiculat.

2. Aspecte teoretice. Descrierea metodei de investigare.

Reteaua termica de distributie este, dupa cum se stie, o retea bifilara arborescenta prin care se alimenteaza consumatorii de tip cladiri rezidentiale sau nerezidentiale cu energie termica de la un punct termic sau de la o centrala termica de cartier. Tronsoanele de conducta care alcatuiesc reseaua se gasesc pozate fie in canal termic fie, mai nou, ingropate direct in pamant. Fiecare din tronsoanele retelei bifilare sunt caracterizate de o serie de elemente constructiv functionale cum ar fi : lungimea, rezistenta termica, debitul de agent termic, elemente care au fost sintetizate din punct de vedere termic in cunoscutul numar de unitati de transfer termic si modului termic aferent [1]. Mai mult, in [1] se prezinta modul in care notiunea de modul termic se poate extinde in mod constructiv, util, la o suita de tronsoane legate in serie si/sau in paralel (derivatie). Modulul termic este strict legat de numarul de unitati termice ale echipamentului investigat si este raportul dintre diferentele temperaturilor agentilor termici la capetele acestuia. Daca expresia modului termic al unui tronson de conducta este :

$$E = \exp\left(-\frac{1}{\rho \cdot c} \cdot \frac{L}{R \cdot G}\right) \quad (1)$$

in cazul a doua tronsoane de conducta legate in paralel modulul termic echivalent se poate stabili conform :

$$E_{12} = \frac{G_1 \cdot E_1 + G_2 \cdot E_2}{G_1 + G_2} \quad (2)$$

Iar in cazul a doua tronsoane legate in serie conform:

$$E_{12} = E_1 \cdot E_2 \quad (3)$$

Astfel reseaua de ducere din cadrul retelei bifilare, sau ramura din cadrul retelei bifilare alcatuieste un arbore in care diversele tronsoane sunt legate in paralel si in serie. Asa cum este prezentat in [1] se poate elabora un modul termic echivalent, E_{ech} , aferent intregii retele arborescente, modul termic care poate fi evaluat practic pe baza configuratiei efective a retelei. Acest lucru nu este dificil, insa ar fi de preferat o procedura practica mai rapida, daca acest lucru se dovedeste a fi posibil. S-a considerat ca intreaga retea arborescenta este un tronson echivalent prin care se transporta agentul termic de la sursa la grupul consumatorilor. Acest tronson este caracterizat de rezistenta termica a tronsoanelor retelei existente si de un debit specific liniar echivalent, $(G/L)_{ech}$ care inlocuit in relatia :

$$E_{ech} = \exp\left(-\frac{1}{\rho \cdot c} \cdot \frac{1}{R \cdot (G/L)_{ech}}\right) \quad (4)$$

Conduce la o valoare de modul termic egala cu cea modulului termic echivalent al intregii retele termice. Problema este in consecinta de a stabili o procedura de identificare a debitului liniar echivalent. In acest sens s-a cautat o corelatie intre debitul specific liniar echivalent E_{ech} (cautat) si debitul specific liniar total, obtinut prin raportarea debitului total de agent termic la lungimea totala a retelei arborescente, $(G/L)_T$. Pentru aceasta s-au considerat o serie de retele termice de diverse configuratii, caracterizate de debite specifice liniare totale mici, medii si mari, pentru care s-a evaluat modulul termic echivalent conform procedurii descrise si in final $(G/L)_{ech}$ conform:

$$\left(\frac{G}{L}\right)_{ech} = \frac{1}{\rho \cdot c} \cdot \frac{1}{R} \cdot \frac{1}{-\ln(E_{ech})} \quad (5)$$

Si s-au corelat valorile corespundente $(G/L)_{ech}$ cu $(G/L)_T$.

Se prezinta grafic in fig. 1 sinteza rezultatelor obtinute:

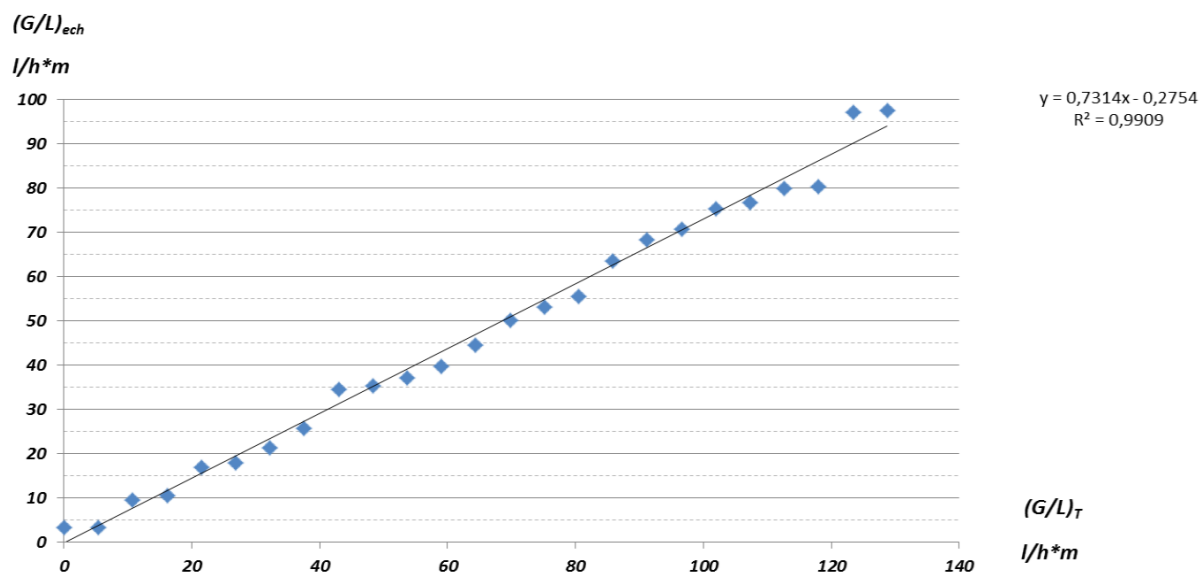


Fig. 1 – Corelatia : $(G/L)_{ech} - (G/L)_T$

O data stabilita aceasta corelatie se poate proceda mai rapid pentru evaluarea modului termic echivalent al unei retele procedand astfel :

- Se calculeaza lungimea totala a arborelui retelei;
- Se calculeaza raportul $(G/L)_T$;
- Se determina conform corelatiei stabilite raportul $(G/L)_{ech}$;
- Se determina modulul termic echivalent al retelei arborescente cu relatia (4);

In continuare s-a trecut la analiza energetica urmarita dispunand acum de o procedura rapida de evaluare a modului termic al retelei arborescente. Aceasta analiza a presus utilizarea expresiei randamentului unui sistem de alimentare centralizata cu caldura a unui ansamblu de cladiri rezidentiale sau nerezidentiale, expresie stabilita in [2] :

$$\eta_{SD} = \frac{E_R \cdot (1 - E_C)}{1 - E_R^2 \cdot E_C} \quad (6)$$

O scurta analiza intreprinsa asupra modului termic aferent traseului de ducere al retelei termice a sistemului de incalzire districtual arata faptul ca domeniul debitelor specifice liniare totale poate fi considerat: $(10 - 110) \cdot 10^{-6} \text{ ((m}^3\text{/s)/m)}$, ceea ce conduce la un domeniu pentru debitele specifice liniare echivalente : $(7 - 80) \cdot 10^{-6} \text{ ((m}^3\text{/s)/m)}$. Apeland la relatia (4) pentru stabilirea valorilor modului termic echivalent al retelei rezulta pentru acesta :

- Pentru retelele corect izolate termic si caracterizate de un debit specific linear mic, valori minime cca. $E_{ech} = 0,99$;
- Pentru retelele corect izolate termic si caracterizate de un debit specific linear

mare, valori maxime cca. $E_{ech} = 0.999$;

- Pentru retele cu izolatie termica foarte deteriorata si caracterizate de un debit specific linear mic, valori minime cca. $E_{ech} = 0.93$;

- Pentru retele cu izolatie termica foarte deteriorata si caracterizate de un debit specific linear mare, valori maxime cca. $E_{ech} = 0.99$;

Avand in vedere cele prezentate, rezulta ca o grija deosebita trebuie avuta in special in cazul retelelor cu izolatie termica deteriorata si caracterizate de debite specific liniare mici. Asta datorita influentei pe care acest parametru o are asupra randamentului sistemului districtual de incalzire centrala, dupa cum se va prezenta in continuare. Trebuie insa mai inainte facute cateva comentarii asupra modului termic aferent instalatiilor de incalzire centrala ale grupului consumatorilor, EC, care, dupa cum se observa, este si el implicat in relatia (6) de evaluare a randamentului sistemului districtual de incalzire.

Modulul termic al instalatiilor de incalzire centrala ale grupului consumatorilor este strict dependent de setul parametrilor de dimensionare al acestor instalatii de incalzire. Daca temperaturile nominale de dimensionare sunt $t_{T0}/t_{R0}=90/70$ sau $70/50$ sau $50/30^{\circ}\text{C}$, sau poate $85/75$ sau $65/55$ sau $45/35^{\circ}\text{C}$, valorile modului termic aferent instalatiilor de incalzire centrala vor lua valori dupa cum se prezinta in tabel 1

Tabel 1

Valori modul termic EC functie de (t_T/t_R)

$t_{T0} (^{\circ}\text{C})$	90	70	50	85	65	45
$t_{R0} (^{\circ}\text{C})$	70	50	30	75	55	35
$E_C (-)$	0.714	0.600	0.333	0.846	0.778	0.600

Se observa ca domeniul de valori pentru acest modul termic este : 0.35 – 0.85.

3. Rezultate numerice obtinute

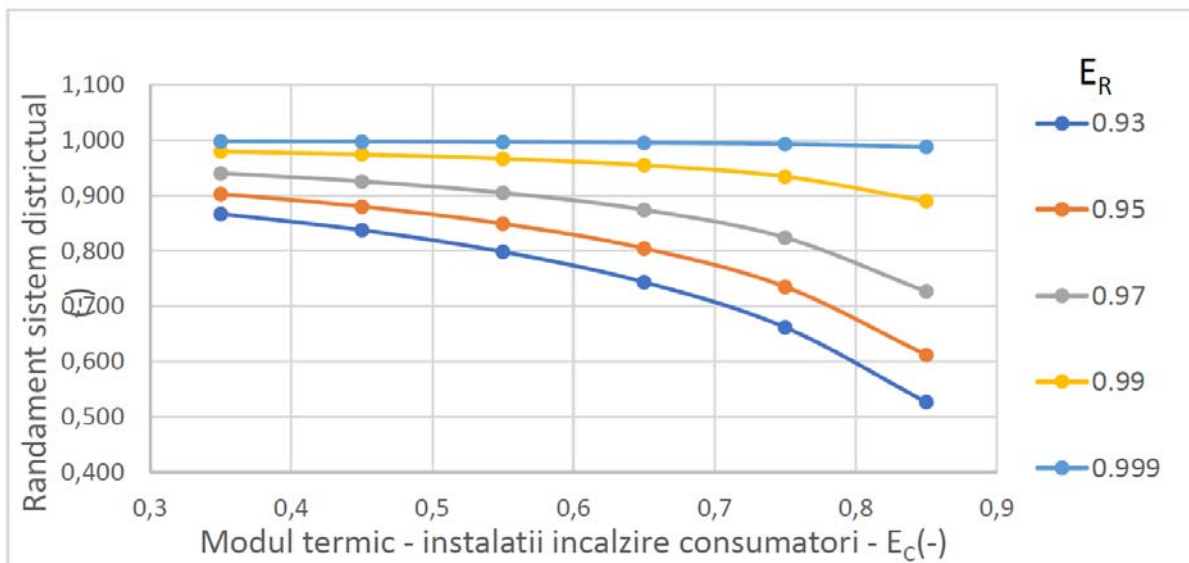
Se poate acum intreprinde analiza pe care cele doua module termice ER si EC le au asupra randamentului sistemului districtual de incalzire. In tabelul 2 se prezinta valori ale randamentului sistemului de incalzire districtual functie de moduli termici ai retelei arborescente si ai instalatiilor de incalzire ale consumatorilor deserviti :

Tabel 2

Valori randament η_{SD} functie de E_R si E_C

$E_R E_C$	0.85	0.75	0.65	0.55	0.45	0.35
0.93	0.527	0.662	0.743	0.798	0.837	0.867
0.95	0.612	0.735	0.804	0.849	0.880	0.903
0.97	0.727	0.824	0.874	0.905	0.925	0.940
0.99	0.890	0.934	0.955	0.966	0.974	0.980
0.999	0.988	0.993	0.995	0.997	0.997	0.998

O imagine sintetica se obtine prin prezentarea grafica a datelor din tabelul 2:

Fig. 2: $\eta_{SD}(E_C) - E_R$ (parametric)

Din fig. 2 se observa ca randamentul sistemului districtual este cu atat mai mare cu cat modulul termic al instalatiilor de incalzire centrala ale consumatorilor deserviti este mai scazut ceea ce atesta faptul ca instalatiile de incalzire centrala au fost dimensionate conform unor valori mai scazute ale parametrilor termici nominali ai agentului termici si in consecinta suprafetele de incalzire sunt mai mari.

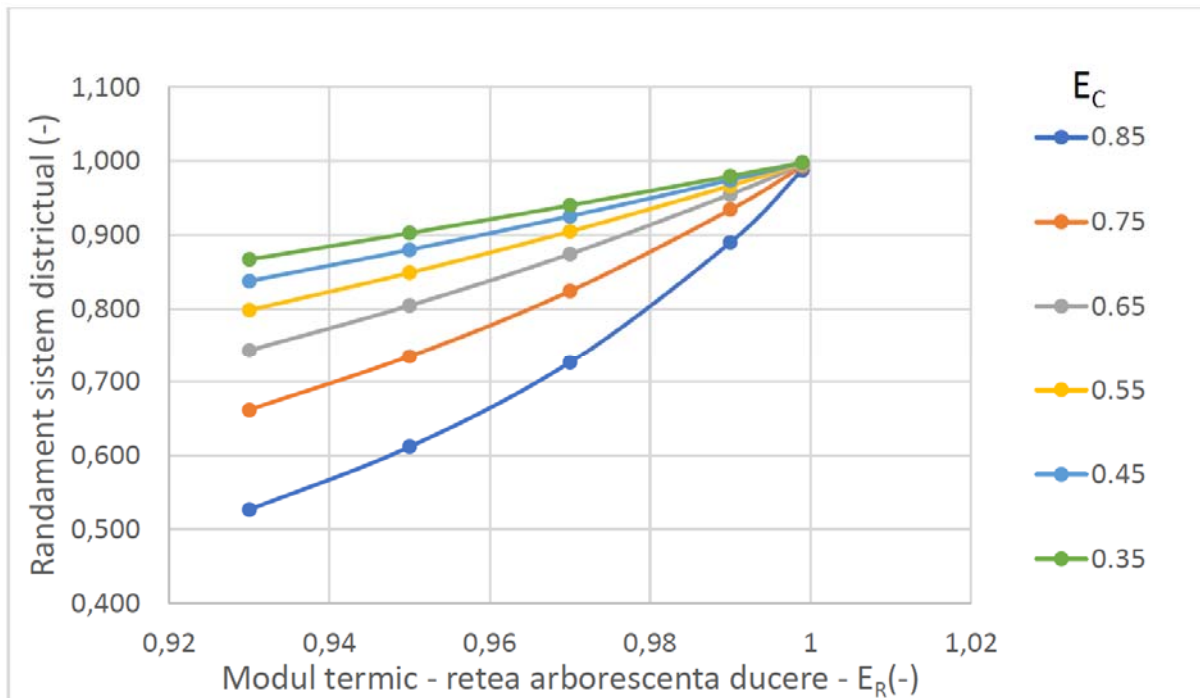


Fig. 3 : $\eta_{SD}(E_R) - E_C$ (parametric)

Din fig. 3 se observa ca randamentul sistemului districtual este cu atat mai mare cu cat modulul termic al retelei arborescente de distributie are valori mai mari cee ace presupune ca reseaua termica sa fie izolata si caracterizata de valori medii si mari ale debitului specific liniar de agent termic.

4. Concluzii

In acest capitol final se prezinta in sinteza rezultatele obtinute in cadrul lucrarii. In primul rand, daca modulul termic echivalent al retelei arborescente este un element util in evaluarile energetice, calcularea lui presupune o procedura mai anevoioasa care a putut fi depasita prin stabilirea unei proceduri simplificate in care se determina debitul specific linear echivalent in functie de debitul specific linear total.

In continuare s-a intreprins o analiza asupra modulului termic aferent retelei arborescente si s-a stabilit ca pentru retele noi izolate termic valoarea acestuia are valori intre 0,99 si 0,999, iar pentru retele vechi cu izolatie termica distrusa domeniul de valori al acestuia este 0,93 ...0,99.

O alta analiza similara a fost efectuata asupra modulului termic aferent instalatiilor de incalzire ale grupului consumatorilor sistemului districtual si s-a stabilit ca domeniul de valori este cuprins intre 0,35 si 0,85, zona de jos a domeniului corespunde instalatiilor de incalzire dimensionate la parametrii termici nominali scazuti, iar zona de sus a domeniului corespunde instalatiilor de incalzire dimensionate

la parametrii termici nominali ridicati.

În final s-a realizat o analiză a randamentului sistemului districtual de încălzire, funcție atât de modulul termic al rețelei arborescente cât și de modulul termic al instalațiilor de încălzire centrală aferent grupului consumatorilor. Zona valorilor scăzute ale randamentului sistemului districtual de încălzire este guvernată de moduli termici de rețea arborescentă scăzuți asociați cu valori ridicate ale modulelor instalațiilor de încălzire ale consumatorului, iar zona valorilor ridicate ale randamentului sistemului districtual de încălzire este guvernată de moduli termici de rețea arborescentă ridicați asociați cu valori scăzute ale modulelor instalațiilor de încălzire ale consumatorului. Se poate de aici judeca faptul că dacă avem o rețea termică veche, caracterizată de debite specific liniare mici este bine ca instalațiile de încălzire ale grupului consumatorilor să fie dimensionate la parametrii termici nominali scăzuți.

Lista de Notatii

L – lungimea tronsonului de conductă, m;
G – debitul de agent termic al tronsonului de conductă, m³/s; R – rezistența termică a tronsonului de conductă, m.K/W;
E – modulul termic al tronsonului de conductă, -;
E_{ech}, E_R – modulul termic al rețelei arborescente pe ducere, -;
E_C – modulul termic al instalațiilor de încălzire ale grupului consumatorilor, -
ρ - densitatea agentului termic, kg/m³;
c – căldura specifică masică a agentului termic, J/kg.K;
η_{SD} – randamentul sistemului districtual de alimentare cu căldură, -;

Bibliografie

[1] – Energetica echipamentelor și sistemelor termice din instalații – Florin Iordache – editura Conspress, București 2010, pag. 197-202;

[2] – Aspecte termo-energetice în domeniul clădirilor și sistemelor de alimentare cu căldură a acestora (culegere de articole) – Florin Iordache (coordonator) – editura Matrix Rom, București 2015, pag. 187-194;

Error sources in positioning using GNSS receivers

Costin-Sebastian MANU¹, Larisa Ofelia FILIP², Ioan Cosmin CIUCULESCU³, Dumitru Filip TIVIG¹, Cosmin CARTEȘ⁴

¹ Ph.D. stud., eng., Petroșani University, Doctoral school

Address: Universității street, no. 20, Postal no. 332006, Petroșani City, Hunedoara county, Romania

E-mail: costin.sebastian.manu@gmail.com ; dumitrutivigfilip@yahoo.com

² Ph.D. eng, Assistant professor, Petroșani University, Mine Faculty

Address: Universității street, no. 20, Postal no. 332006, Petroșani City, Hunedoara county, Romania

E-mail: larisafilip@yahoo.com

³ Ph.D. stud., eng., T.U.C.E.B., Doctoral school

Address: bd. Lacul Tei, no.124, Postal no. 020396, sector 2, Bucharest City, Romania

E-mail: cosmin.ciuculescu@gmail.com

⁴ Ph.D. stud., eng., T.U.C.E.B., Doctoral school

Address: Address: bd. Lacul Tei, no.124, Postal no. 020396, sector 2, Bucharest City, Romania

E-mail: cartes.cosmin88@gmail.com

Abstract: *Position determination using GNSS receivers in short measurement sessions - RTK is affected by inherent errors. Sources of error in positioning must be known so that their impact can be administered. This article aims to present error sources that affect the precise measurement process through satellite technology as well as positioning solutions delivered by software applications currently used with GNSS receivers and their practical significance.*

Key words: GNSS, RTK, land survey, satellite geodesy, positioning errors

1. Introduction

The positioning systems have evolved a lot since the launch of the first American satellites, in 1978, until reaching the full capacity, on 17 July 1995. Actually, two systems are at the designed configuration, NAVSTAR-GPS and GLONASS, and other two systems, GALILEO and BEIDOU are in the completion phase of the constellation. Also, the positioning methods with these systems have evolved a lot, from the singular solutions in the '80s to the precise point positioning in the present – PPP..

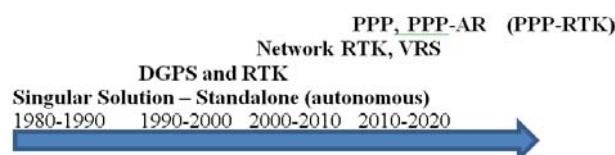


Fig. 1 – The evolution of measuring through GNSS technologies[1]

2. Errors that affect the GNSS measurements

GNSS measurements are affected by systematic errors that can be eliminated or significantly reduced in the measuring process and also by random errors, residuary, hard or impossible of eliminating. Errors are present in all three segments of a global positioning system, spatial segment, control and user segment. In the following we'll detail the errors that occur in the measuring process starting from the issuing of the satellite signal to the reception of it by the user.

2.1. Configuration errors

The minimum necessary number of satellites in GNSS positioning is four, but, to assure the land survey measurement precision that is imposed, unfavorable configuration sometimes, a higher number of satellites would be desirable.

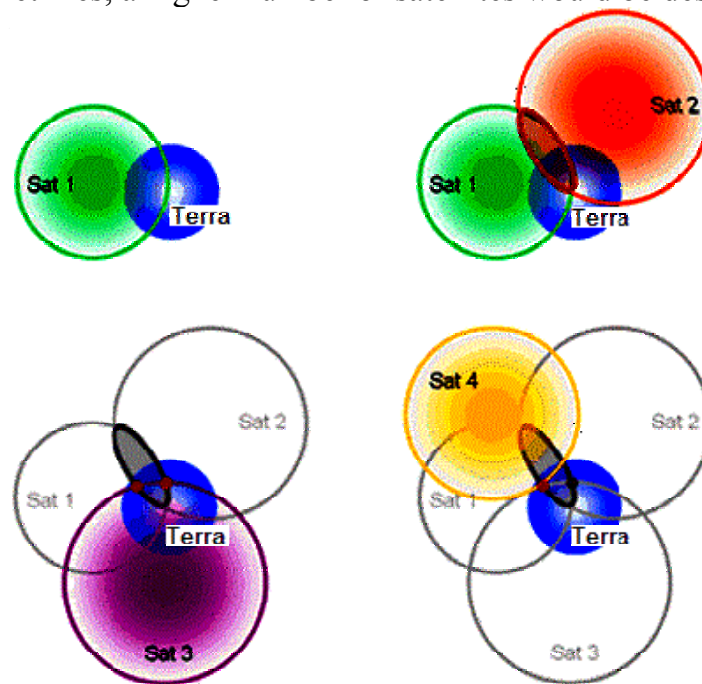


Fig. 2 – The minimum number of satellites in positioning

DOP – Dilution of precision, it's an index that estimates the precision of positioning by using satellite navigation systems receivers, GNSS – Global Navigation Satellite System. For some GNSS receiver, if the receiving satellites are grouped in a dial, the dilution of precision is high, the satellite geometry being weak. It's desired a low value for the DOP index. The right phrase is using GNSS satellite navigation system receivers, not GPS receivers, as these receivers use in positioning not only the American satellite constellation NAVSAR-GPS, but also Russia's constellation-GLONASS, E.U. constellation Galileo or that of China-BEIDOU.

Error sources in positioning using GNSS receivers

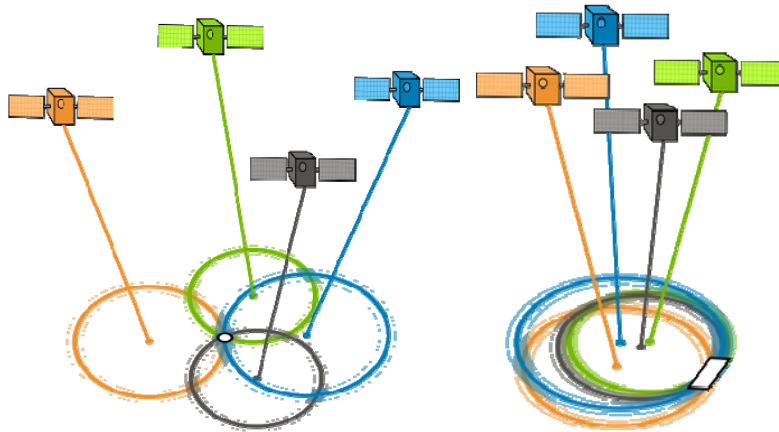


Fig. 3 – Good geometric layout (left) and poor geometric layout (right) – high DOP

The dilution of precision error, DOP, has components such as PDOP – position dilution of precision, GDOP – geometric dilution of precision, HDOP – horizontal dilution of precision, VDOP – vertical dilution of precision, TDOP – time dilution of precision.

PDOP – Position Dilution of Precision (3-D), known also as „spherical dilution of precision” is described by the following relation:

$$PDOP = \sqrt{HDOP^2 + VDOP^2} \quad (1)$$

Thus, the position dilution has two components, the horizontal dilution of precision (HDOP), regarding the latitude and longitude and the vertical dilution (VDOP).

$$HDOP = \sqrt{BDOP^2 + LDOP^2} \quad (2)$$

BDOP – dilution of precision regarding the latitude

LDOP – dilution of precision regarding the longitude

GDOP – Geometric dilution of precision, describes the impact of satellite configuration in the final precision of determining a point using GNSS technology.

$$GDOP = \sqrt{PDOP^2 + TDOP^2} \quad (3)$$

TDOP – dilution of precision regarding time

In most cases the related GNSS receivers software programs, such as Carlson SurvCE or Microsurvey Field Genius, utilizes the PDOP, HDOP and VDOP notions.

2.2. Errors of satellite ephemeris

Errors of satellite ephemeris refer to the difference between the real satellite position and the position gave by the GNSS navigational message. These errors are the result of small orbital deviation of the satellites caused by the gravitational influences of the Moon and Sun, radiations, as well as the segment of control – estimation errors, predictions, made by it, and the age of navigation data.

The segment of control determines ephemeris's parameters by using interpolations of the elliptical trajectory of the satellite. The ephemeris error takes values between 1m and 6m – the error in determining the position of the satellite and it induces an error of 0.8m – 2,5m in positioning on the terrestrial surface.

2.3. Satellite clock error

The atomic satellite clocks used in positioning are very precise time measuring instruments that unfortunately are affected by errors. An error of 10 nanoseconds in time determination can cause a 3m positioning error. Satellite clock are monitored by the segment of control and compared to the more precise clock used in the terrestrial control system. A method for compensating the satellite clock error is by utilizing the given information by the SBAS or PPP.

2.4. Errors caused by the ionosphere and troposphere

When passing through the atmosphere's layers, because of the inhomogeneous structure, the UV radiations and solar X-rays effects on the particles, the satellite signal suffers some kind of refraction-speed variation, mostly by passing through the ionosphere, the superior layer of the atmosphere between 85km and 690km high, as well as passing through the troposphere, the inferior layer of the atmosphere.

The ionosphere is the superior layer of the atmosphere where gases are rarified and charged with positive ions. The ionization phenomenon consists in releasing one or (much rare) more electrons from the outer shell of the atom. As a consequence, the electric balance is cut and the atom acquires one or more elementary charges, becoming positive ions. The ionizations is made through photoionization or through shock. Photoionization takes place when the radiation energy quanta that operates on the h gas $\gamma > W$ – ionization mechanical work, and the ionization thorough shock is done by crushing the electron with a particle that possesses a sufficient amount of kinetic energy. The main source of ionization is the Sun, through the U.V. radiations emitted. The ionosphere error is due to U.V. solar radiation influenced particles, that are devised and become positive electrical charged. The browsing of the satellite signal thorough the ionosphere produces a “delay” up to ± 16 ns, which in terms of positioning can lead to an error up to 7m. The error due to the ionosphere is in correlation with the maximum solar period [2].



Fig. 4 – The U.V. solar radiation influence on the ionosphere

The troposphere is the inferior layer of the atmosphere with an average thickness of approximately 12km from sol level: 8km at the poles, 18km at the Ecuador; where you can find 75% of the amount of air from the atmosphere, fact owed to the gravitational force. The entire meteorological phenomenon takes place in the troposphere; there are the clouds that have a negative effect on the satellite signal.

Dried gases and water vapors induce smaller errors than the effect of the ionosphere, resulting in “delays” of up to $\pm 1,5$ ns that leads to a 2-3m error in satellite receiver distance determination, based on the altitude that the receiver is located and the local atmosphere conditions, the average positioning error is 1 m.

The error due to the troposphere has influences that depend on the altitude, elevation angle and day time [2].

$$\Delta t = N_R \frac{\Delta H * 10^{-6}}{\sin e} \quad (4)$$

Where: Δt – Variation of troposphere error according to altitude;

N_R – Total, dry and wet refraction;

ΔH – Altitude variation;

e – Elevation angle.

The error due to the troposphere increases when the satellite elevation angle used in positioning is small.

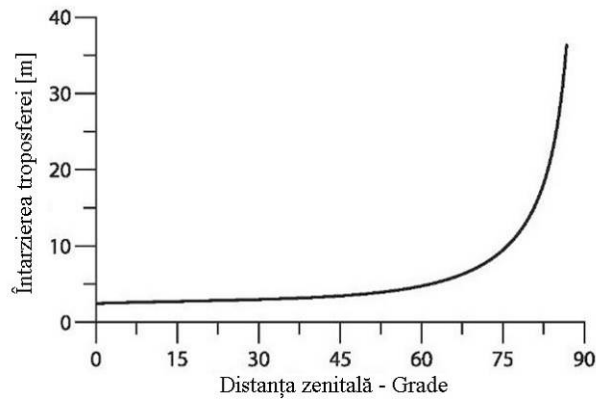


Fig. 5 – Correlation of tropospheric error-zenith distance

To minimize the ionosphere error, GNSS receivers use multiple frequencies, for example, at the NAVSTAR GPS system, for a civil user that utilizes a G.N.S.S receiver: L1C / A, L2E, L2C, L5. The delays due to the ionosphere are dispersive, inversely proportional to the square carrier frequency, thus the code is "delayed" and the phase is "advanced", and when using a multi-frequency receiver, the ionosphere error is easily attenuated by using the pseudo-distance concept. For the old generation receivers, with one frequency, models for ionosphere will be used – Klobuchar ionosphere model can reduce the ionosphere error to half [3]. In 90% of the cases the residual error associated with the satellite-receiver distance is < 10 m.

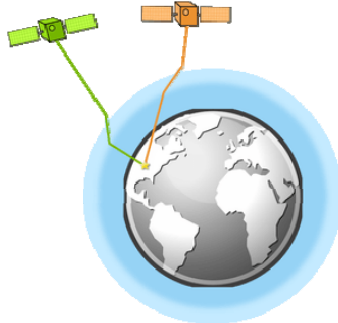


Fig. 6 – The refraction of the satellite signal crossing the ionosphere

The troposphere is a non-depressive environment, the code and phase are equally affected, by using multi-frequency receivers does not attenuate the tropospheric error that is dependent on atmospheric parameters such as atmospheric pressure, temperature, relative humidity. This error has two components: dry component, with an 80% share in tropospheric error, computable with good accuracy and wet component, with a 20% share in tropospheric error, the latter being much harder to approximate.

A well-applied correction tropospheric model can reduce this error by up to 90%.

The use of ground stations, permanent stations and geostationary satellites reduces these errors, the influence of which cannot be completely eliminated from the positioning process. The ground stations record long period data which generate corrections for “delayed” satellite signals, through statistical processing of random errors, resulting in average values.

2.5. Multipath error

The multipath error is due to a false signal reception by the GNSS receiver, reflected by obstacles or materials prone to such a phenomenon.

The local conditions that can induce a multipath error in situ are snow, rainfall, but also local vegetation, buildings, and various materials around the receiver.

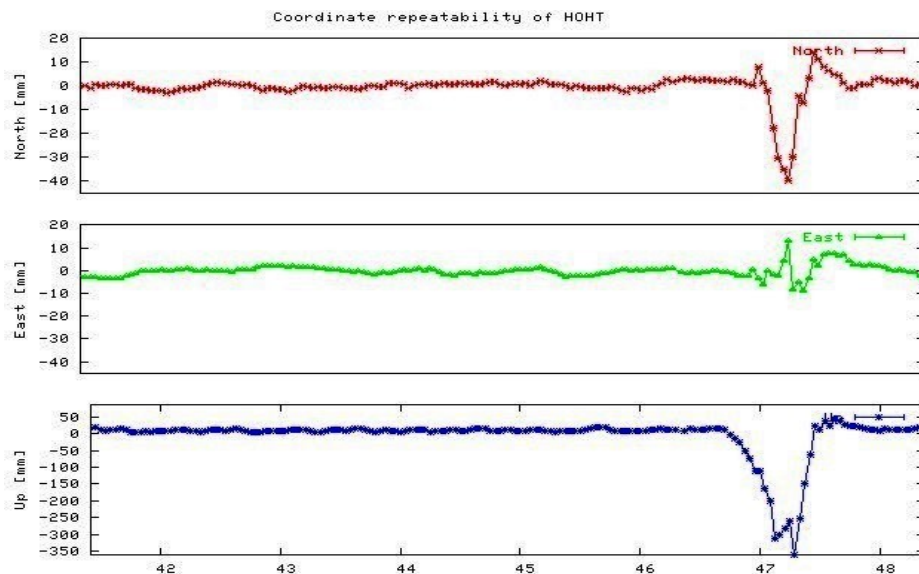


Fig. 7 – Multipath error due to massive snowing [4]

In the previous figure, for a short period of time, massive snowfalls have disrupted AGNES-Automatic GPS Network Switzerland System, the Hochtenn station in Switzerland. Position estimation errors have reached maximum of 40mm horizontally and 350mm vertically. Due to high temperatures in 2006, the fallen snow had quickly melted and the estimated coordinates have returned to the initial value, as it can be seen in the figure above [4]. The higher value delays of the satellite signal are solved by the GNSS receiver; meanwhile slow delays are solved by the GNSS

antenna. The new generation receivers, of high quality, have a relatively good behavior in regards to multipath error.

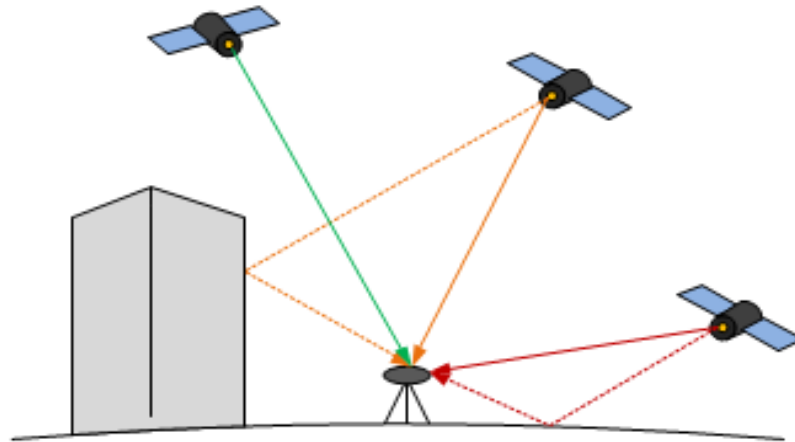


Fig. 8 – Multipath error [5]

2.6. Radio interference errors

The error due to radio interferences causes distress in signal receiving or even its complete obturation. Interferences lead to negative effects such as losing the satellite signal, a decrease in signal power, the increase of satellite signal “noise” and an increase of the time needed to get a fix solution.

These interferences can be intentional or not, as lately we could see a significative increase in jamming. Determining the disturbance of the satellite signal due to radio interference can be difficult, a sudden decrease in signal quality can be due either to radio interference or to a location that will not allow a qualitative satellite signal. Reducing these negative influences can be achieved by using multi-frequencies, encrypting the satellite signal, using a stronger signal, using signal processing methods [5][6].

Other errors that can influence satellite measurements are: errors due to terrestrial tides, errors due to ocean levels, errors due to seasonal height, errors due to antenna orientation, receiver code error, receiver phase error, hardware components errors, error of the receiver’s antenna phase center.

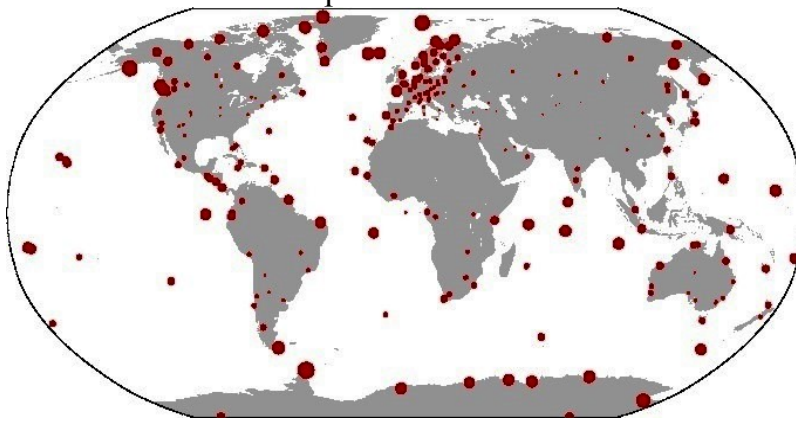


Fig. 9 – Tide variations [4]

In the previous figure it can be observed the variation between two series of 14 days observations, each and one of them for 250 network points from the IGS-International GNSS Service, variation influenced by tides [4]. The biggest variation was register in O'Higgins station in Antarctica.

3. Given solutions by GNSS receiver software programs

The GNSS receivers used in current engineering practice provide differential positioning solutions of the fixed, float, DGPS type but also singular - autonomous positioning as follows:

Fixed – solution having the ambiguities resolved, fixed, from the phrase "Ambiguity–fixed solution" or "Bias-fixed", in which the estimated parameters - the point coordinates, no longer contain ambiguities, which are being solved at a whole solution. This type of solution is desirable in positioning, the estimated parameters being the closest to their actual value.

Float – solution still having ambiguities, coming from the phrase “Ambiguity–free solution”, representing that positioning solution in which estimated parameters, the coordinates of the point to be measured still contain ambiguities, these being unresolved or in the course of solving.

DGPS – Differential GPS – positioning solution of centimetric order used in positioning. From the metric level, to the decametric offered by GNSS technology, DGSP provides a precision that can achieve in best conditions the 10cm precision. DGPS method is required for the use of a fixed station, the ground station being used in the past to remove the availability selection, SA, and after removing this coding of the satellite signal to the NAVSAR-GPS constellation in May 2010, the DGPS method has still been use due to the diminution of certain errors that affect the satellite signal.

The high precision measuring DGPS methods are as follow:

- SBAS-Satellite-based augmentation systems – WAAS, EGNOS, SDCM, GAGAN, MSAS, QZSS-SAIF or SBAS Global as Starfire, Veripos and TerraStar, OmniStar and STARFIX.

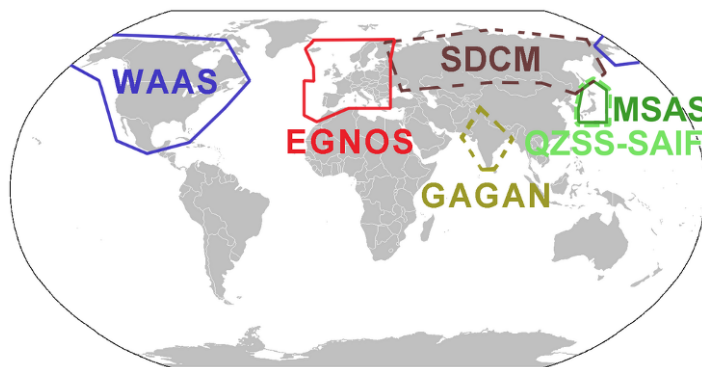


Fig. 10 – SBAS areas

- RTCMv2 – Correction messages are sent from a permanent station by inducing an accurate positioning to 40-80 cm;

- RTK – The correction messages are received by the receiver from a permanent station so that the precision obtained is centimetric.

Autonomus - Low, metric, sometimes decametric positioning precision, applicable in applications requiring precision in low positioning – GIS applications, but unsustainable for high precision requirements.

4. Considerations regarding the use of combined GNSS solutions

The next figure presents results obtained from the study of Onsala base, Halland region, Sweden and Wettzel, Bayern region, Germany. As it can be observed much higher error could be seen through the use of GLONASS system, as a consequence of a lower satellite orbital quality. By using NAVSTAR-GPS system, the results are superior, however, better results were given through combining GNSS solutions [4].

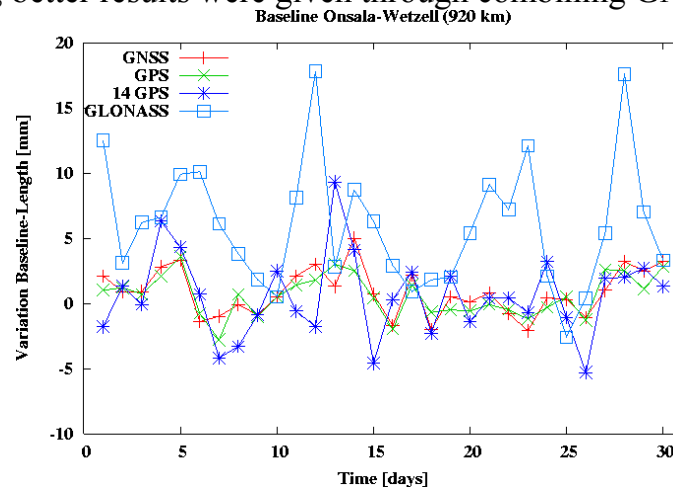


Fig. 11 – Leng variations for the Onsala-Wetzell base for four types on GNSS solutions[4]

The use of combined solutions in positioning, the use of multiple frequencies, comes with a reduces in ionospheric error, better geometry for a long time, but also induces new problems such as determining and offsetting the time between positioning systems, calibration, correction of system distortions, that is essential in bringing observations from different satellite constellations to a precise positioning solution.[8]

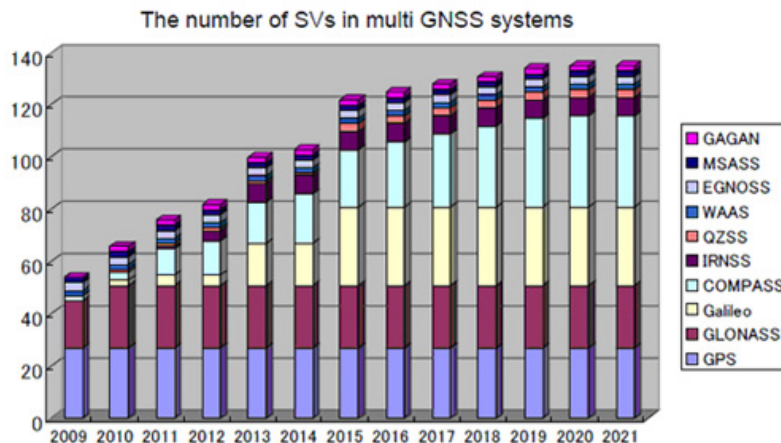


Fig. 12 – Number of satellites of global and regional positioning systems

A practical example made in Australia has demonstrated that RTK measurements based on a single frequency using GPS + BDS + Galileo + QZSS (Japanese regional system) have a 100% success rate in terms of instantaneous ambiguities resolving for an angle opening of 35 degrees, with a centimetric solution, while using only the NAVSTAR-GPS system the success rate in ambiguity resolving is at 8%, not always a solution could have been achieved [9].

A conducted study in our country highlights the fact that not always the use of combined GNSS systems can bring higher precisions than using a single system [10]. Thus, following the measurements made in 15 minute, 1h, 3h and 7h sessions, it was observed that the closest results from the known coordinates of the point were obtained in the 3h measurement session, using the NAVSTAR-GPS system, compared to only using the GLONASS system or the satellites from both GNSS systems.

5. Conclusions

Satellite signal is weak, usually much less than 100 watts are send on a distance up to 25000 km, when receiving the signal its power can be 160 dBW (decibel watt), meaning 1×10^{-16} Watts.

The errors influence that affect GNSS measurements were centralized in the following table. As it can be observed, the error with the highest value is that of the ionosphere; not taking into account and not decreasing these errors will reduce the positioning accuracy with GNSS receivers at the meter level or if we cumulate all the errors in a certain sense, the error can reach the decametric level. Also the operator is an important source of errors in the mesurement process.

Table 1

The values of the errors that affect the satellite signal		
Error tipe	Value[m]	Source
Ephemeris error	0.8-2.5	Spatial source
Satellite clock error	0.3-4.0	
Ionosphere error	7	
Troposphere error	0.2-0.5	
Receiver clock error	1.1	
Multipath error	≤ 1	Local source; Calibration.
Antenna error - receiver noise	≤ 1	

The study of errors that can affect the GNSS measurements is in a constant evolution, reducing the effects of these errors evolved a lot also, concrete results in reducing the various errors are appearing continuously. Apart from GNSS positioning systems evolution there have been developed new GNSS measuring methods that bring an upgrade to positioning precision, DGPS, RTK, VRS, PPP, in present, these also being in a constant evolution. Utilizing combined positioning solution, GPS-

GLONASS and in the future GALILEO and BEIDOU brings superior results as against to positioning using a single positioning system, for example NAVSTAR-GPS. The advantage of utilizing these combined systems is that in urban areas with many obstacles they perform much better than single GNSS systems. In some cases when the number of satellites is sufficient, so a favorable geometry, the solution given by a single GNSS system can be much better than the combined one. Also a longer measuring session of a point is not equivalent with a better precision, the configuration has a word to say in this case also, a prolonged session could result in a poor configuration over certain short time slots, and so the solution is weaker than a shorter time slot with an optimal satellite configuration.

Bibliography

- [1] Andrey Veytsel, Ph.D, Moscow Technical University – "GNSS Accuracy Improvements through Multipath Mitigation with New Signals and services", 10 Meeting of the International Committee on Global Navigation Satellite Systems (ICG-10), November 2015, Boulder
- [2] Hegarty Christopher – "GNSS Measurements and Error Sources", Workshop on GNSS Data Application to Low Latitude Ionospheric Research, 6 - 17 May 2013
- [3] http://www.navipedia.net/index.php/Klobuchar_Ionospheric_Model#cite_note-Klobuchar-1
- [4] U. Hugentobler, H. van der Marel, T. Springer - "Identification and Mitigation of GNSS Errors", IGS Workshop, Mai 6-11, 2006, ESOC, Darmstadt, Germany
- [5] Pedro Filipe Faria Nogueira Ferrao – "Positioning with Combined GPS and GLONASS Observations", M.Sc. Degree Thesis, Tecnico Lisboa University, may 2013
<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395145496449/thesis.pdf>
- [6] Peter F. de Bakker – "Effects of Radio Frequency Interference on GNSS Receiver Output", Delft University of Technology, Faculty of Aerospace Engineering
- [7] Laura Ruotsalainen, Dr.eng., Research Manager, Department of Navigation and positioning, Finnish Geospatial Research Institute (FGI), National Land Survey – "Other error sources including jamming and spoofing", NKG Summer School 2016
- [8] D. Pandey, R. Dwivedi, O. Dikshit, A. K. Singh – "GPS AND GLONASS COMBINED STATIC PRECISE POINT POSITIONING (PPP)", The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLI-B1, 2016, XXIII ISPRS Congress, 12–19 July 2016, Prague, Czech Republic
- [9] <http://www.insidegnss.com/node/4275>
- [10] Păunescu Cornel., Vasile C. și Ciuculescu I. C. – "CONSIDERATIONS FOR GNSS MEASUREMENTS", RevCad 18/2015, ISSN 1583-2279

SIMULAREA EVACUĂRII UTILIZATORILOR ÎN CAZ DE INCENDIU LA CLUBUL COLECTIV

Ocupant evacuation simulation in case of fire in the Colectiv nightclub

Gabriel Prigoreanu¹, Ion Anghel², Micu Cristian-Andrei³

¹Inspectoratul pentru Situații de Urgență al județului Iași
Strada Lascăr Catargi nr. 59, municipiul Iași, județul Iași, Romania
E-mail: prigoreanu.gabriel@yahoo.com

²Academia de Poliție „Alexandru Ioan Cuza” – Facultatea de Pompieri
Șoseaua Morarilor nr.3, sector 2, București, Romania
E-mail: ion_anghel2003@yahoo.com

³Inspectoratul pentru Situații de Urgență al județului Iași
Strada Lascăr Catargi nr. 59, municipiul Iași, județul Iași, Romania
E-mail: micucristian@yahoo.com

Rezumat. În această lucrare se va prezenta comparația a două simulări de evacuare a ocupanților din clubul Colectiv (catastrofa din anul 2015), România, cu ajutorul programului Pathfinder, fiind un program de simulare 3D pentru evacuarea a persoanelor. În prima simulare se vor respecta și introduce în programul de simulare datele reale din momentul apariției incendiului în club, iar în cea de-a doua simulare se vor dimensiona căile de evacuare conform destinației spațiului ocupat și fluxurilor de trecere. Comparația dintre cele două simulări confirmă pe drept importanța respectării cerințelor minime de apărare împotriva incendiilor.

Cuvinte cheie: Colectiv, simulare, evacuare, incendiu

Abstract. In this paper we will present the comparison of two evacuation simulations of the occupants from Colectiv Club (2015's catastrophe), Romania using Pathfinder program, a 3D simulator for evacuation of people. In the first simulation, we will enter into the simulation program the actual data from the moment the fire occurred in the Colectiv nightclub and in the second simulation the escape routes will be designed according to the purpose of the occupied space and the passage flows. The comparison between the two simulations rightly confirms the importance of meeting the minimum fire protection requirements.

Key words: Colectiv nightclub, simulation, evacuation, fire

1. Introducere

Această lucrare își propune să prezinte comparația a două simulări de evacuare în caz de incendiu a ocupanților din clubul Colectiv, România. În prima simulare se vor respecta și introduce în programul de simulare datele reale din momentul apariției incendiului în club, iar în cea de-a doua simulare se vor dimensiona căile de evacuare conform destinației spațiului ocupat și a fluxurilor de evacuare.

În elaborarea procedurii de simulare, se vor trage concluzii cu privire la timpul de evacuare a persoanelor în cele două situații, comparând cu timpii evoluției incendiului.

Simularea a fost realizată cu ajutorul programului Pathfinder, fiind un program de simulare 3D pentru evacuarea persoanelor. Spre deosebire de modelele bazate pe dinamica fluidelor (curgere) sau de cele bazate pe celule, Pathfinder folosește tehnici din cercetarea pe computer pentru a modela mișcarea indivizilor, fiind construit cu ajutorul tehnologiei folosite în industria graficii computerizate și a jocurilor pe calculator [1].

Pathfinder oferă unelte necesare pentru a se lua decizii potrivite, cu privire la structura clădirii și a proiectării sistemului de evacuare. Mai multe moduri de simulare și posibilitatea de setare a proprietăților ocupanților oferă posibilitatea de a se explora cu ușurință diferite scenarii, permițând calcularea cât mai exactă a duratelor de evacuare.

Programul este un simulator în care pot fi incluse, pe lângă clădiri, și persoane – fiecare utilizator primind un set de parametri individuali și luând decizii în mod independent pe parcursul simulării [2].

2. Date de identificare ale construcției, utilizatorii și crearea profilurilor acestora

Pentru realizarea simulării s-a ales ca și construcție clubul Colectiv, București, România.

Construcția este situată la parterul fabricii de textile Pionerul, având un regim de înălțime de 5 metri, iar ca grad de rezistență la foc s-a stabilit ca fiind III.

Din punct de vedere al destinației clubul se încadrează la săli aglomerate, ceea ce impune un anumit număr de măsuri de siguranță, iar în cazul evacuării, a cel puțin 2 căi de evacuare. Cea de-a doua cale nu va fi constituită din una sau mai multe ferestre deoarece nu se prevede acest tip de evacuare la încăperile considerate săli aglomerate..

Din punct de vedere al formei de organizare a spațiului în incinta clubului acesta este încadrat între 4 pereți portanți din beton armat. Scena este poziționată central la o distanță de 1,5 metri față de peretele din spatele acesteia, având o înălțime de 0,80 metri. Alte elemente de structură portante sunt cei 4 stâlpi de rezistență izolați cu o spumă de izolare acustică. Clubul prezintă un ring de dans, iar accesul spre incinta clubului se face printr-un container, cu o deschidere de a ușilor de doar 0,80 m.

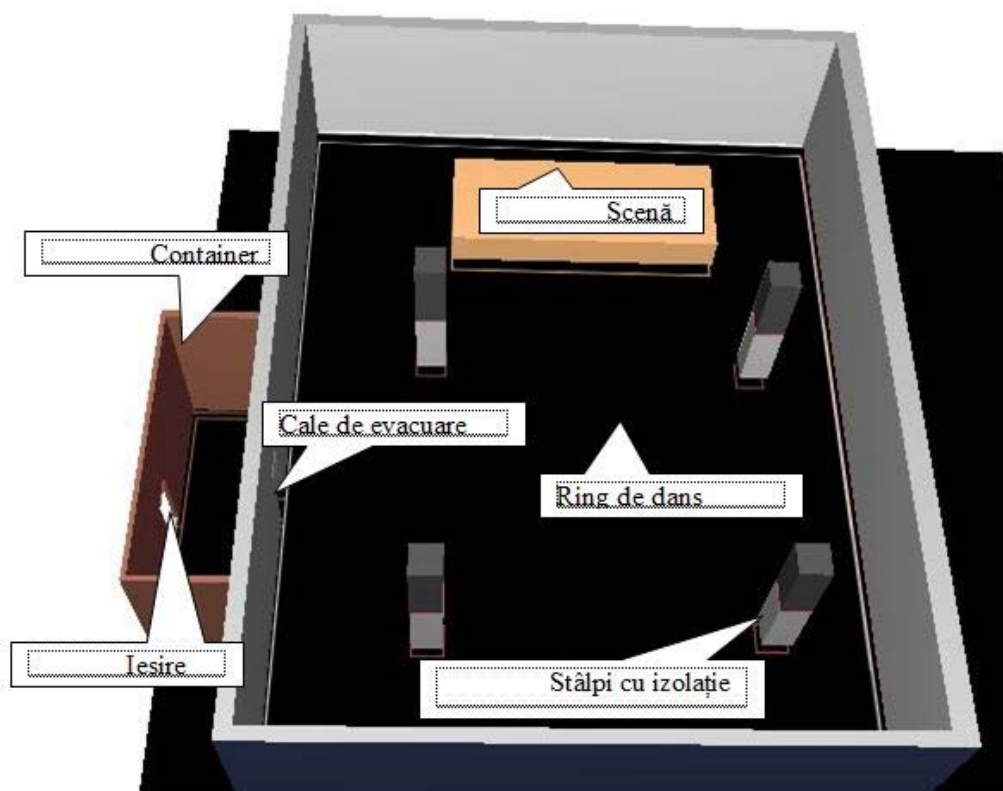


Fig.1. Geometria realizată a clubului Colectiv în programul PiroSym

Clubul nu este echipat cu mijloace tehnice de apărare împotriva incendiilor clubul nu este echipat, iar căile de evacuare în caz de urgență vor fi stabilite astfel:

- pentru prima simulare există o singură cale de evacuare ca în situația reală, cu o lățime a ușii de 80 de cm și înălțimea de 220 de cm.

- pentru a doua simulare există două căi de acces, dimensionate și amplasate conform normativului P118/1-99.

Utilizatorii vor fi poziționați aleatoriu în incinta clubului, însă cu o densitate mai mare a acestora în zona scenei, iar numărul acestora va fi de 340 de ocupanți. Numărul de ocupanți este raportat situației reale la momentul producerii incendiului.

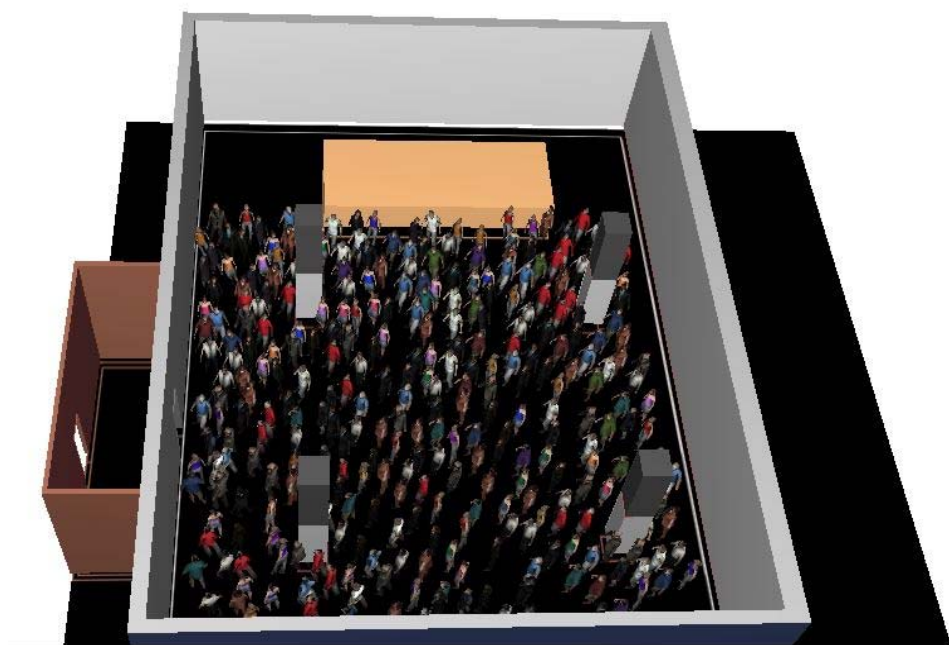


Fig. 2. Cei 340 de ocupanți repartizați aleatoriu

Fiecărui utilizator îi este atribuit un anumit profil în funcție de tipul de utilizator la care se încadrează. Profilurile sunt definite de o serie de factori, cei mai importanți fiind viteza și prioritatea (viteza depinde de vârsta și starea de sănătate a utilizatorului, iar prioritatea se stabilește în funcție de întâietatea unui utilizator în fața altuia). Simularea evacuării prezintă 3 tipuri de profile: unul pentru simularea cu o singură cale de evacuare și alte două pentru simularea evacuării utilizatorilor prin cele două căi de evacuare.

În ceea ce privește factorii viteză și prioritate, situația se prezintă astfel: toți utilizatorii din ambele simulări au aceeași prioritate;

În prima simulare (cu o cale de evacuare) viteza utilizatorilor este variabilă și cuprinsă între 1,10 m/s și 1,25 m/s;

În a doua simulare (cu două căi de evacuare) viteza utilizatorilor este aceeași cu cea din prima simulare fiind cuprinsă între 1,10 m/s și 1,25 m/s [3].

3. Dimensionarea căilor de evacuare

Cum a fost menționat mai sus, s-au realizat două simulări ale aceluiași scenariu de incendiu la clubul Colectiv. Dacă în prima simulare se ține cont de situația reală, în a doua simulare se realizează o dimensionare a căilor de evacuare după normativul privind securitatea la incendiu a construcțiilor P 118/1-99.

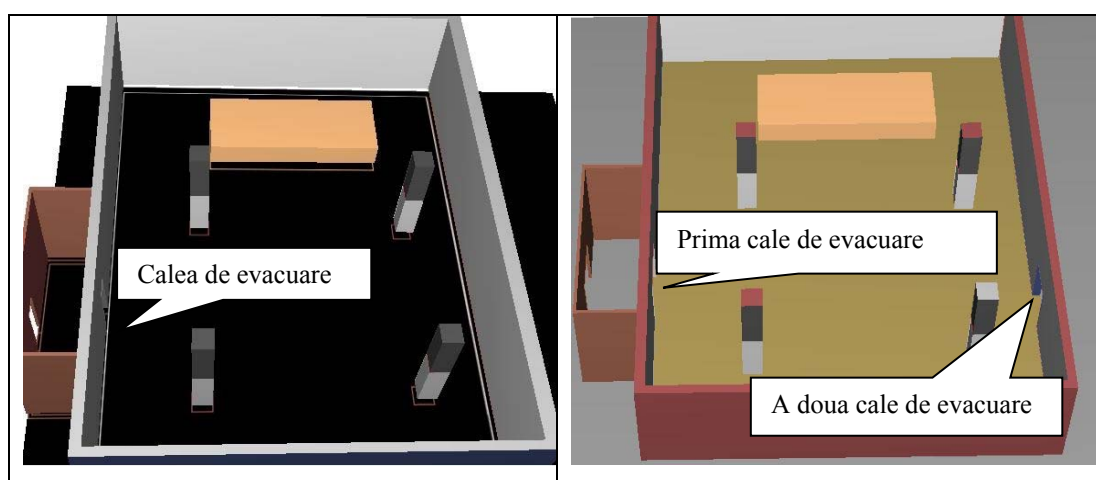


Fig.3:a) Simularea I cu o cale de evacuare

b) Simularea II cu două căi de evacuare

Stabilirea destinației, gradului de rezistență la foc și a numărului de căi de evacuare în urma încadrării clubului Colectiv în categoria sălilor cu aglomerări de persoane numărul căilor de evacuare va fi de cel puțin două, conform prevederilor articolului 2.6.12 din P118/1-99, iar gradul de rezistență la foc stabilit este III.

Categoria sălii aglomerate este de tip S2 (destinație: club/discotecă), iar pentru acest tip de destinație și ținând cont de gradul III de rezistență la foc , capacitatea de evacuare a unui flux de persoane (C) este de 50.

Determinarea numărului de fluxuri de evacuare se face după următoarea formulă:

$$F = N/C \quad (1)$$

În care:

F = numărul de fluxuri;

N = numărul de persoane care trebuie să treacă prin calea de evacuare;

C = capacitatea normată, de evacuare a unui flux.

Rezultatele din relație se vor rotunji la numărul întreg imediat superior.

$N = 340$ utilizatori;

$C = 50$ utilizator.

$$F = 340/50 = 6,8 \approx 7 \text{ fluxuri} \quad (2)$$

Asfel în urma calculului au rezultat 7 fluxuri de evacuare și se optează pentru varianta a două căi de evacuare cu următoarele dimensiuni:

- prima cale de evacuare se va dimensiona pentru 4 fluxuri de evacuare, rezultând o lățime de 2,10 m;
- a doua cale de evacuare se va dimensiona pentru 3 fluxuri de evacuare, rezultând o lățime de 1,60 m.

Căile de evacuare vor avea o înălțime de 2,20 m.

Rolul stabilirii numărului corespunzător de căi de evacuare este esențial în decurgerea unei proceduri de evacuare reușite, însă și dimensionarea acestora este importantă.



Fig. 4: Evacuare pe rând și concomitentă a utilizatorilor în cele două situații simulate

În exemplul de mai jos se observă că în simularea produsă construcției clubului ce reflectă realitatea, având o ușă de evacuare cu lățimea de doar 0,80 m, persoanele se evacuează una câte una, îngreunând cu mult procesul unei evacuări reușite. În schimb

situația cu 2 căi de evacuare dimensionate conform normativului P118/1-99, utilizatorii se evacuează concomitent, câte 3 - 4 utilizatori [4].

4. Procedurile de evacuare în caz de incendiu

S-a realizat un scenariu pentru evacuarea în caz de incendiu pe cele două căi de evacuare dimensionate conform numărului fluxurilor de evacuare a utilizatorilor, urmând a fi comparată cu situația reală, cu o singură cale de evacuare. Conform unor relatări a unor martori ce au supraviețuit incendiului, aceștia au precizat că din cauza unui sistem operativ de observare și anunțare a incendiului, precum și de alertare în cazul unei situații de urgență, inițierea evacuării finale a tuturor ocupanților s-a realizat după ce incendiul a luat amploare.

Având în vedere că 50-70 de persoane au părăsit preventiv clubul din momentul aprinderii buretelui poliuretanic de pe stâlpul din fața scenei, în simularea realizată cu două căi de ieșire evacuarea s-a realizat fără întârzieri (persoanele încep să se evacueze imediat la începerea simulărilor- pentru situațiile comparate).

Se vor compara timpii evacuării în situația reală cu timpii de evacuare al aceluiași spațiu, asigurând doar numărul căilor de evacuare corespunzătoare și dimensionate conform numărului de ocupanți. Pentru ambele simulări ce urmează a fi comparate din punct de vedere a căilor de evacuare, se vor lua în calcul următorii factori: un număr de 340 de ocupanți, același spațiu ce urmează a fi evacuat, excluderea întârzierilor de evacuare a persoanelor, situație similară cu cea a acționării manuale a alarmei de incendiu.

Simulările ce urmează a fi prezentate și explicate nu iau în calcul explicațiile psihologice ale perioadelor de întârziere în începerea mișcării și unele comportamente umane și sociale din timpul evacuării. În cazul instalării în comportamentului uman a conceptului de panică, a fenomenelor de îmbulzeală și învâlmășeală și a factorilor psihologici determinanți pot multiplica numărul de victime umane în momentul unui incendiu sau în alte situații de urgență

În cazul simulării cu două căi de evacuare comportamentele utilizatorilor au fost setate astfel încât aceștia se evacuează pe calea de evacuare care este mult mai degajată din punctul de vedere al trecerii fluxului de utilizatori.

Ca și exemplu, s-au evidențiat în fig. 5 doar utilizatorii, care inițial așteptau să se evacueze pe calea de acces ce permitea trecerea unui flux mai mare de persoane, având lățimea de 2,10 m, alegând să se deplaseze spre cealaltă ieșire, procesul de evacuare fiind mult mai alert și operativ.



Fig. 5: Deplasarea utilizatorilor către căile de evacuare mai degajate fluxului de evacuare

Cum se observă în figura de mai jos, se afișează începutul simulărilor la momentul $t=0$, cu o repartiție aleatorie a celor 340 de ocupanți ai încăperii clubului, a căror condiții de deplasare sunt fără întârzieri.

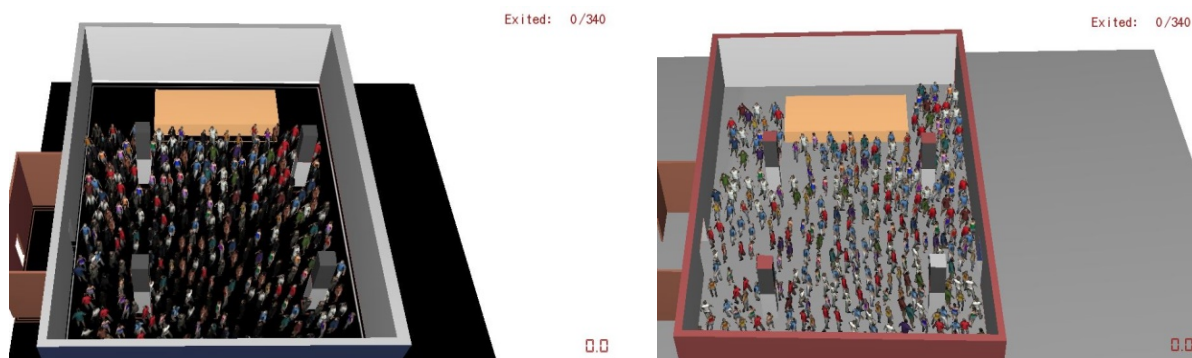


Fig.6 : Simularea I și II la momentul $t=0$ secunde

În figura de mai jos ambele simulări se află la momentul $t=30$ secunde, iar rezultatele arată clar o diferență uriașă a numărului de persoane evacuate, reușind să se evacueze doar 29 de utilizatori pe o singură cale de evacuare, iar în situația cu două căi un număr de 134.

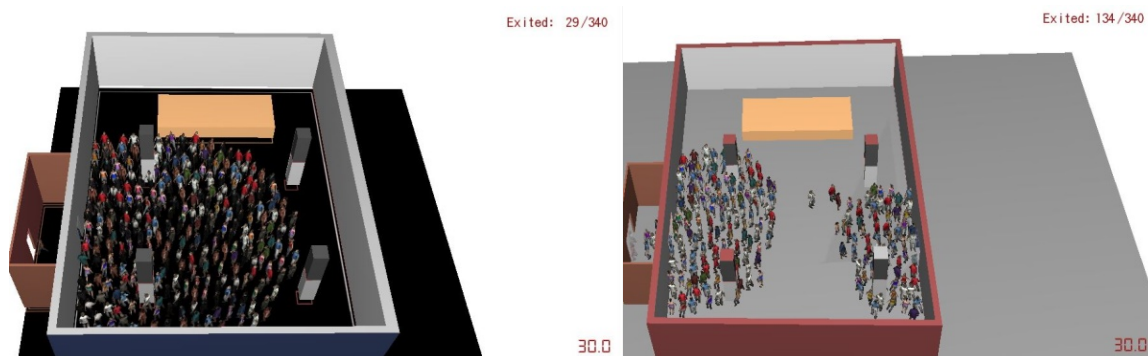


Fig. 7: Simularea I și II la momentul $t=30$ secunde

În figura 7 simulările se află la momentul $t=60$ secunde și se observă că în cazul secund simularea se află spre final. Făcându-se raport la numărul de persoane evacuate, numărul de utilizatori evacuați pe cele două ieșiri este de 5 ori mai mare decât situația atașată realității.

Situația prezentată după un minut de la începerea evacuării pentru utilizatorii care se deplasează pe două căi dispuse în cele două direcții diferite își revendică rolul de a asigura condițiile optime privind securitatea utilizatorilor ce se află într-o construcție.



Fig. 8: Simularea I și II la momentul $t=60$ secunde

În figura de mai jos evacuarea a decurs timp de 71,5 secunde, observând că peste 70% din totalul persoanelor ce urmează a se evacua sunt încă în incintă. În celălalt caz simularea s-a încheiat cu succes, reușindu-se o evacuare eficientă datorată

numărului căilor de evacuare calculate și dimensionate conform numărului de utilizatori din incinta clubului.

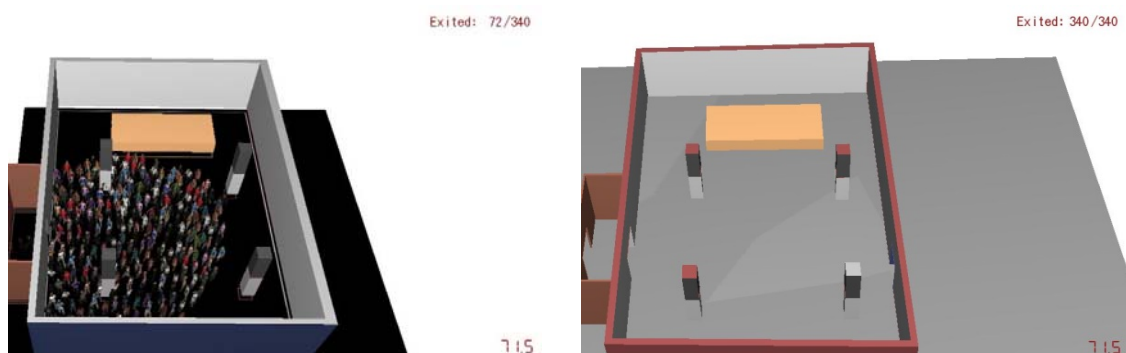


Fig. 9: Simularea I și II la momentul $t=71,5$ secunde

În Figura 9 simularea de evacuare la construcția cu două căi de evacuare se încheie prin evacuarea tuturor celor 340 de ocupanți în doar 119,5 secunde, adică în doar două minute.

După 5 minute de la începerea evacuării în cazul primei simulări se observă cum un număr de 246 de persoane au fost evacuate. Acest număr de utilizatori evacuați a fost ușor depășit în cazul celei de-a doua simulări doar după minutul 2.

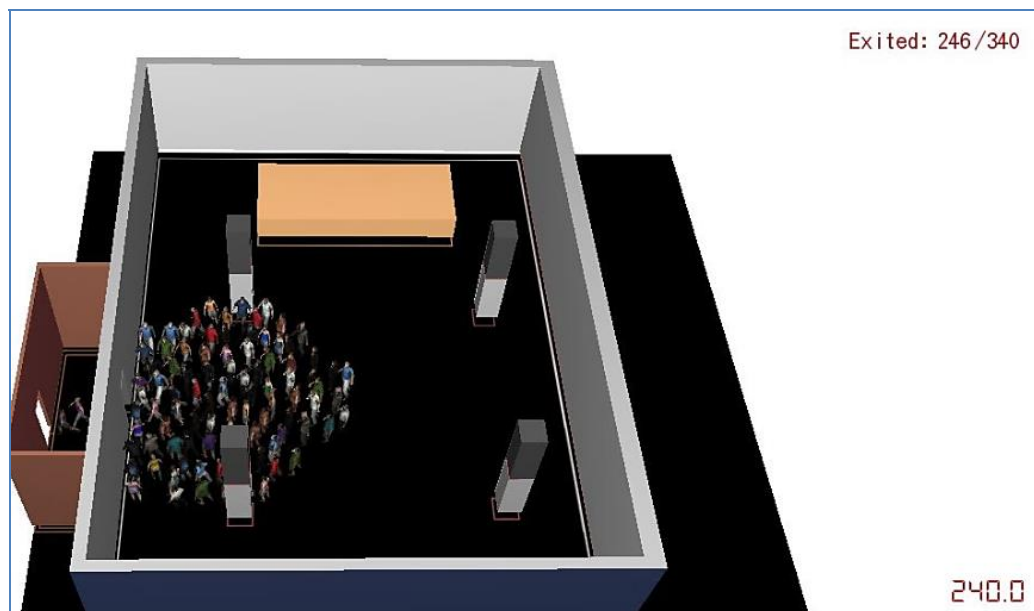


Fig. 11: Simularea I la momentul $t=240$ secunde

Finalul primei simulări se încheie cu evacuarea tuturor persoanelor în 327 de secunde.

Simularea evacuării în caz de incendiu la club colectiv

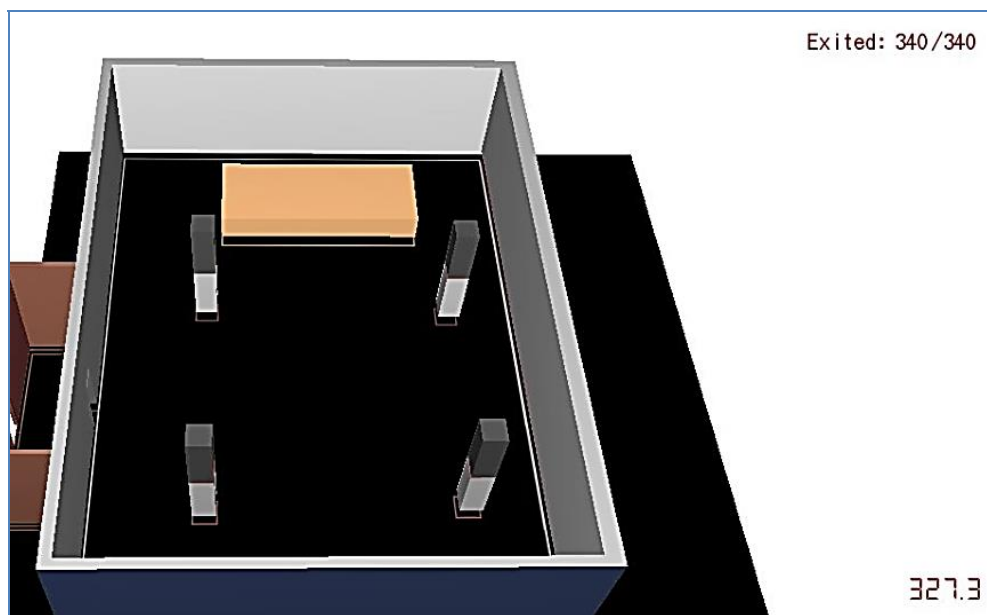
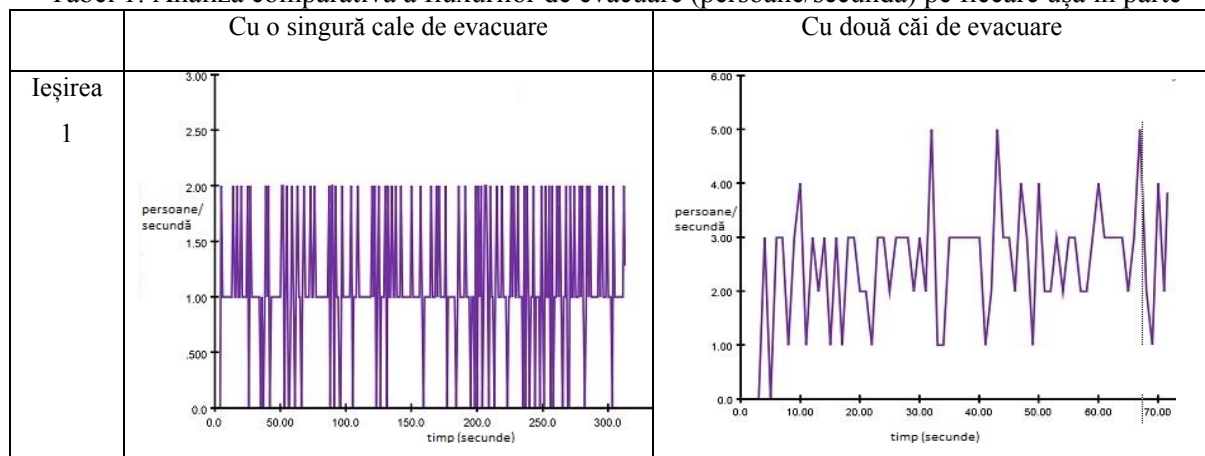


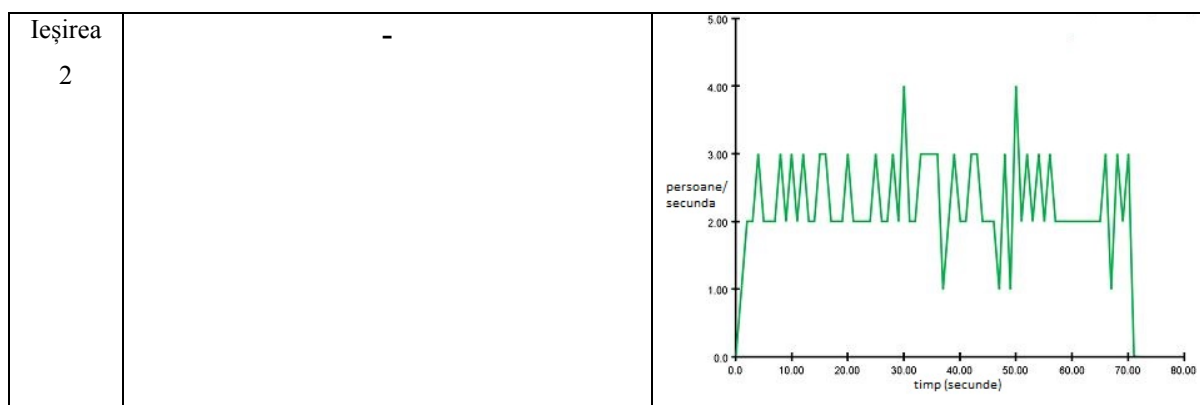
Fig. 13: Simularea I la momentul $t = 327,3$ secunde (clădirea evacuată complet)

Comparând timpii de realizarea a evacuării în cele două situații se observă cum asigurarea a minimum două căi de evacuare dimensionate conform numărului fluxurilor de evacuare este extrem de eficientă în asigurarea siguranței la incendiu a utilizatorilor dintr-o construcție.

În tabelul de mai jos este prezentată grafic o analiză a celor două situații ale simulării în care se observă clar diferența de persoane evacuate pe fiecare ușă în parte.

Tabel 1: Analiza comparativă a fluxurilor de evacuare (persoane/secundă) pe fiecare ușă în parte





Distanța dintre cele două uși de la container este mică, fapt pentru care fluxurile sunt egale și nu apar în analiza de mai sus.

Se observă că fluxurile de evacuare sunt direct proporționale cu gabaritul ușilor. Astfel pentru ușa cu 0.80 m lățime, fluxul maxim este de 2 persoane/secundă (situația reală).

Pentru cazul în care căile de evacuare au fost dimensionate conform prevederilor tehnice, fluxul maxim pentru ușa cu lățimea de 2.10 metri a fost de 5 persoane/secundă, iar pentru ușa cu dimensiunea de 1.60 metri a fost de 4 persoane/secundă, în ambele cazuri depășindu-se fluxul de evacuare normat (la ușa cu lățimea de 2.10 metri – 4 persoane, ușa cu lățimea de 1.60 metri – 3 persoane).

Media persoanelor evacuate pe secundă pentru prima situație este de 1.12 (situația reală), iar pentru cazul al doilea este de 4.75, acesta fiind motivul timpului de evacuare mai mare în primul caz.

5. Concluzii

Factori precum timpul mare de descoperire a unui incendiu, momentul întârziat al alarmării persoanelor aflate în pericol, modul deficitar de alarmare și lipsa mijloacelor de alarmare, nesemnalezarea căilor de evacuare, necunoașterea clădirii și a modului de comportare de către persoane în diferite situații de urgență, pot întârzia începutul evacuării sau pot conduce la alegerea unui drum mai lung până la ieșire, în locul traseului cel mai scurt [5].

Faptul că în situația clubului Colectiv era disponibilă doar o ușă pentru evacuarea a peste 300 de persoane a redus și mai mult șansele ca toate persoanele din incintă să reușească să se evacueze.

Timpul a fost prelungit cu peste 3 minute doar din simplul fapt că nu s-a asigurat numărul minim de căi de evacuare.

Rolul simulării a fost de a compara o situație teoretică, aplicată în programul Pathfinder pentru vizualizarea rezultatelor, ce asigură minimul respectării normelor de securitate la incendiu, și anume asigurarea căilor de evacuare minime raportat la numărul de utilizatori din clădire.

În realitate incendiul a trecut la ardere generalizată abia după 153 de secunde (2 minute și 33 de secunde), iar evacuarea în cazul simulării cu cele două ieșiri se finalizează la 71,5 secunde (1 minut și 12 secunde), reprezentând jumătate din timpul în care incendiul a cuprins toată incinta.

Chiar și cu întârzierile și busculadele (înghesuiala și îmbulzeala) ce survin din cauza producerii panicii în situații excepționale, evacuarea nu ar fi putut să se încheie cu succes, evitând haosul produs și reducându-se numărul de victime.

Astfel, lucrarea reprezintă o propunere susținută cu argumente solide, în evidențierea respectării normelor de securitate la incendiu și recomandă către mediul privat și de stat să folosească simulări computerizate care să previzioneze, observe și să prevină eventuale pericole care pot amenința securitatea vieții.

Referințe

- [1] Pathfinder User Manual, Thunderhead Engineering, 2017.
- [2] Crăciun D.B., Anghel I., Modelarea și simularea procedurii de evacuare a utilizatorilor dintr-o unitate de învățământ în situația producerii unui incendiu, volumul Conferinței științifice a Academiei de Poliție "Alexandru Ioan Cuza", Provocări și strategii în ordinea și siguranța publică, ediția a XVI-a, pag. 162-170, Editura ProUniversitaria, București, 2016.
- [3] Ulriksen L. and Dederichs A.S., Evacuation of Day Care Centres for Children 0–6 Years: Simulations Using Simulex, Pedestrian and Evacuation Dynamics 2012, Springer International Publishing Switzerland 2014.
- [4] Normativ de siguranță la foc a construcțiilor indicativ P118/1-99
- [5] Anghel I., Popa C., Ingineria securității la incendiu Subsistemul 6 – Procesul de evacuare: comportamentul, localizarea și starea fizică a utilizatorilor, editura Sintech, Craiova, 2015

Utilizarea energiei solare pentru incalzirea spatiilor si prepararea apei calde de consum. Evaluarea performantelor energetice

Using solar energy for space heating and hot water consumption.
Assessment of energy performance

¹Prof. dr. ing. Florin Iordache, ²Drd. Ing. Mugurel Talpiga,
³Drd. Ing. Eugen Mandric

^{1, 2, 3} Universitatea Tehnica de Constructii Bucuresti
Facultatea de Inginerie a Instalatiilor
Bdul. Pache Protopopescu, 66, Romania
fliord@yahoo.com

Rezumat

In lucrare se prezinta schematic procedura de evaluare a performantelor energetice lunare si anuale ale instalatiilor de captare si utilizare a instalatiilor solare pentru incalzirea spatiilor si prepararea apei calde de consum.

Performantele energetice reflectate prin randamentul de captare al buclei solare si gradul de acoprire energetica oferit consumatorului deservit sunt cei doi indicatori de baza care sunt prezentati grafic lunar si pe intreg anul. Rezultatele constand in energiile incidente, captate si cerute de consumator sunt si ele prezentate grafic lunar.

Tot in cadrul lucrarii se face si o scurta analiza asupra parametrilor constructiv-functionali ai sistemului in asamblul sau, asupra celor 2 indicatori de performanta energetica ai sistemului.

Cuvinte cheie: performanta energetica, instalatii solare, energie incidenta

Abstract

The paper presents a procedure for assessing the monthly and annual energy performance of installations for the capture and use of solar installations for space heating and hot water consumption. The energy performance reflected by the solar loop yield and the energy coverage offered to the serviced customer are the two basic indicators that are presented monthly and on the whole year. The results of incident energy, captured and demanded by the consumer are also presented graphically on a monthly basis. Also in the paper is a brief analysis of the constructive-functional parameters of the system as a whole, on the two energy performance indicators of the system.

Key words: energy performance, solar installations, incidence energy

1. Introducere

Captarea si utilizarea energiei solare sub forma de energie termica, in deservirea cladirilor rezidentiale sau nerezidentiale pentru prepararea apei calde de consum sau de incalzire a spatiilor cladirii este de acum o o solutie la care se apeleaza din ce in ce mai des in ultimul timp.

Este oportuna in consecinta lamurirea unor aspecte teoretice care privesc energetica acestor sisteme neconventionale, aspecte referitoare la parametrii de temperatura din cadrul sistemului, la puterile termice captate, transferate si livrate consumatorului si bineinteles la energiile termice captate, consumate si livrate de sistemul clasic.

In final se urmareste evaluarea performantelor energetice ale sistemului neconventional de utilizare a energiei solare, performante reprezentate prin randamentul de captare si prin gradul de acoperire energetica oferit consumatorului deservit.

2. Descrierea schemelor de baza a sistemelor neconventionale pentru prepararea apei calde si pentru incalzirea spatiilor

In fig. 1 se prezinta schema de principiu a sistemului neconventional de prepararea a agentului termic pentru incalzirea spatiilor. Se remarca 3 sectiuni distincte in acesta schema : sectiunea de captare a energiei solare si livrare a energiei termice catre agentul incalzit al consumatorului, sectiunea clasica de preparare a agentului termic si livrare a energiei termice catre agentul incalzit al consumatorului si sectiunea consumatorului continand agentul termic incalzit (utilizat in instalatia de incalzire a consumatorului).

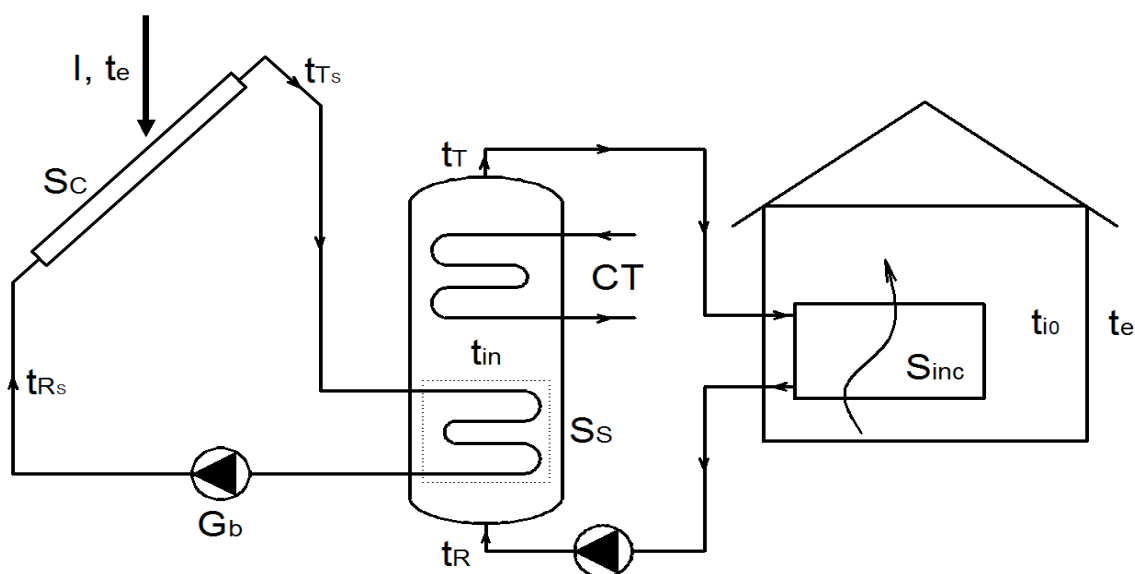


Fig.1

Schimbatoarele de caldura aferente sistemului solar si sistemului clasic sunt inseriate din punct de vedere al puterilor termice livrate, solarul reprezentand treapta 1-a, de temperatura joasa, iar clasicul, treapta 2-a, de temperatura ridicata. Apa rece isi ridica temperatura mai intai datorita schimbatorului de treapta 1, iar in continuare isi atinge temperatura de livrare catre consumator datorita schimbatorului de treapta 2-a la nivelul temperaturii de reglaj termic calitativ necesar conditiilor climatice existente.

In fig. 2 se prezinta schema de principiu a sistemului neconventional de preparare a agentului termic pentru prepararea apei calde de consum. Structural schema este asemanatoare. Sistemul solar realizeaza preincalzirea agentului termic al consumatorului prin schimbatorul de caldura de treapta 1, iar sistemul clasic realizeaza continuarea incalzirii agentului termic aferent consumatorului pana la atingerea temperaturii de livrare a apei calde de consum.

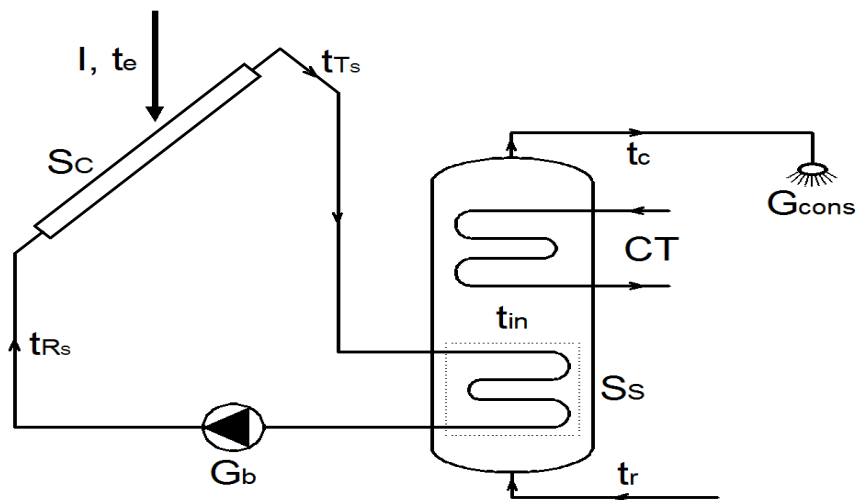


Fig. 2

Evident si aici se disting 3 sectiuni: sectiunea solara, sectiunea clasica si sectiunea consumatorului. Sectiunea solara asigura preincalzirea agentului termic din instalatia de incalzire a consumatorului, iar sectiunea clasica permite aducerea temperaturii agentului termic al consumatorului la valoarea necesara livrarii apei calde.

3. Bilanturi termice. Relatii teoretice de lucru.

S-a incercat in primul rand stabilirea unei relatii care sa permita evaluarea fluxului termic livrat de sectiunea solara, sectiune compusa din bucla continand suprafata de captare si schimbatorul de caldura care permite livrarea puterii termice catre agentul termic al consumatorului. In acest sens s-a cautat eliminarea temperaturilor agentului termic vehiculat in bucla solara. Utilizand relatiile prezentate in [1], in capitolele referitoare la captatoare solare ca echipamente si sisteme cu captatoare solare, si mai departe facand cuplajul cu instalatia consumatorului s-a obtinut pentru randamentul sistemului neconventional expresia:

$$\eta_{CC} = F_R^{BC} \cdot [(\alpha \cdot \tau) - k_C \cdot F_{INC} \cdot \beta_{REF}] \quad (1)$$

si s-a tinut seama ca doar o parte din acest consum este preparat cu ajutorul sistemului de utilizare a energiei solare. Astfel parametrii din relatia (1) au expresiile:

$$F_R^{BC} = \left(\frac{1}{F_R^B} + \frac{0.43 \cdot k_C \cdot S_C}{G_{CONS}} \right)^{-1}$$

unde:

$$F_R^B = \frac{a \cdot \rho \cdot c}{k_C} \cdot (1 - E_{CS}) \quad (2)$$

si :

$$a = G_C / S_C$$

$$E_{CS} = \frac{E_C \cdot (1 - E_S) + E_S \cdot (1 - E_C)}{1 - E_C \cdot E_S}$$

$$E_C = \exp \left(- \frac{F' \cdot k_C}{a \cdot \rho \cdot c} \right) \quad (3)$$

$$E_S = \exp \left(- \frac{k_S}{a \cdot \rho \cdot c} \cdot \frac{S_S}{S_C} \right)$$

In cazul utilitatii – incalzirea spatiilor :

$$F_{INC} = \frac{t_{R0} - t_{e0}}{t_{i0} - t_{e0}}$$

sau:

$$F_{INC} = 1 + \frac{H}{k_{INC} \cdot S_{INC}} - \frac{0.43 \cdot H}{G_{INC}} \quad (4)$$

si

$$\beta_{REF} = \frac{t_{i0} - t_e}{I} \quad (5)$$

In cazul utilitatii - prepararea a apei calde de consum :

$$F_{INC} = 1 \quad (6)$$

si :

$$\beta_{REF} = \frac{t_r - t_e}{I} \quad (7)$$

In acest fel prin bucla solara se face direct legatura intre parametrii climatici externi si o temperatura aferenta consumatorului, mai exact, temperature interioara

Utilizarea energiei solare pentru incalzirea spatiilor si prepararea apei calde de consum.
Evaluarea performantelor energetice

normata in cazul incalzirii spatiilor si temperatura de intrare a agentului termic al consumatorului in schimbatorul de caldura de treapta 1-a, corespunzatoare sectiunii solare, in cazul prepararii apei calde.

Se tine seama de importanta corelatiei dintre suprafata de captare si volumul de acumulare prin intermediul factorului de utilizare a energiei captate – fu, relatia (8) :

$$f_u = 0.35 + 0.71836 \cdot \exp \left[-0.1 / \left(\frac{V_a}{75 \cdot S_C} \right) \right] \quad (8)$$

Puterea termica livrata de bucla solara consumatorului se poate stabili acum cu :

$$P_C = S_C \cdot I \cdot \eta_{CC} \cdot f_u \quad (9)$$

In cazul utilitatii - incalzirea spatiilor cladirii trebuie sa se ia in considerare baza de dimensionare a instalatiei de incalzire a consumatorului. Se face referire la temperaturile nominale ale agentului termic luate in considerare la dimensionarea instalatiei de incalzire a consumatorului, adica parametrii nominali ai instalatiei de incalzire a consumatorului cum ar fi : t_{T0} , t_{R0} , t_{i0} , t_{e0} sau/si la elemente constructive pentru instalatia de incalzire si pentru cladire: S_{INC} , k_{INC} , G_{CONS} , H . Astfel puterea termica solicitata de consumator pentru incalzirea spatiilor se stabileste cu :

$$P_{CONS} = H \cdot (t_{i0} - t_e) \quad (10)$$

Unde H este transmitanta cladirii care, daca se cunoaste suprafata instalatiei de incalzire a consumatorului, S_{INC} , se poate stabili utilizand relatia :

$$H = k_{INC} \cdot S_{INC} \cdot \frac{t_{m0} - t_{i0}}{t_{i0} - t_{e0}} \quad (11)$$

Din puterea termica necesara consumatorului, bucla solara acopera numai o cota parte desemnata prin gradul de acoperire energetica:

$$G_{AE} = \frac{P_C}{P_{CONS}} \quad (12)$$

O metoda lunara ar trebui sa ia in considerare radiatia solara medie lunara, temperatura exterioara medie lunara. Astfel, in cazul incalzirii spatiilor:

- Se stabileste parametrul sintetic ce contine ansamblul temperaturilor si radiatiei solare, β_{REF} , relatia (5);

- Se stabileste randamentul buclei de captare utilizand relatia (1);
- Se stabileste puterea termica captata de bucla solara P_C , relatia (9);
- Se stabileste gradul de acoperire energetica solar, relatia (12) si in continuare consumurile energetice lunare si anuale mentionate;

In cazul utilitatii – prepararea apei calde de consum puterea ceruta de consumator se poate stabili cu :

$$P_{CONS} = G_{CONS} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_c - t_r) \quad (13)$$

Din puterea termica necesara consumatorului, bucla solara acopera numai o cota parte desemnata prin gradul de acoperire energetica, relatia (12). Se pot stabili efectiv: randamentul buclei solare de captare, gradul de acoperire energetica si energiile lunare sau anuale, incidente, captate, si consumate. O metoda lunara ar trebui sa ia in considerare radiatia solara medie lunara, temperatura exterioara medie lunara, temperatura apei reci medii lunare si temperatura apei calde considerate in reglementarile in vigoare. Astfel in cazul prepararii apei calde :

- Se stabileste parametrul sintetic ce contine ansamblul temperaturilor si radiatiei solare, β_{REF} , utilizand relatia (7);
- Se stabileste randamentul buclei de captare utilizand relatia (1);
- Se stabileste puterea termica captata de bucla solara P_C , relatia (9);
- Se stabileste gradul de acoperire energetica solar, relatia (12), tinand in seama ca puterea ceruta de consumator se stabileste de aceasta data cu relatia (13) si in continuare consumurile energetice lunare si anuale mentionate;

4. Evaluarea performantelor energetice. Aspecte practice

Pentru evaluarea performantelor energetice ale unei instalatii solare care deservește un consumator pentru prepararea apei calde sau pentru incalzirea spatiilor trebuie in primul rand prelevate o serie de date constructiv functionale ale instalatiei, cum ar fi :

- Suprafata captatoarelor solare;
- Coeficientul global de transfer termic al captatorului solar;
- Coeficientul de absorbtie al suprafetei placii captatoare;
- Coeficientul de transparenta al elementului vitrat al captatorului;
- Suprafata serpentinei aferente buclei de captare;
- Debitul de agent termic in bucla de captare solara;

o pentru utilitatea de incalzire a spatiilor :

- Suprafata de instalatie de incalzire;
- Temperaturile nominale de tur si retur ale agentului termic din instalatia de incalzire;

Utilizarea energiei solare pentru incalzirea spatiilor si prepararea apei calde de consum.
Evaluarea performantelor energetice

- Temperaturile nominale interioara si exterioara;

o pentru prepararea apei calde :

- Consumul zilnic de apa calda al consumatorului;
- Temperaturile de lucru ale apei calde si apei reci;

O a doua categorie de date necesara este cea a datelor privind temperaturile exterioare si intensitatiile radiatiei solare medii lunare.

Urmeaza o prima etapa de calcule privind evaluarea parametrilor de lucru intermediari aferenti diverselor sectiuni ale sistemului dupa care se trece efectiv la stabilirea randamentului sistemului de captare solara, a puterii termice captate, a puterii termice solicitate de consumator si a gradului de acoperire energetica oferit de sistemul neconventional utilizand energia solara pe fiecare luna din an.

In final se trece la evaluarea energiilor incidenta, captata si consumata pe fiecare din lunile anului si pe intreg anul in ansamblu.

Rezultatele obtinute pot fi prezentate grafic pentru a obtine o imagine sintetica de ansamblu a performantelor energetice ale sistemului neconventional de captare si utilizare a energiei solare pentru consumatori rezidentiali sau nerezidentiali.

Se prezinta cu titlul de exemplu cate 2 tipuri de diagrame pentru utilitatea incalzirea spatiilor si respectiv prepararea apei calde.

Pentru incalzirea spatiilor diagrama prezentata in fig. 3 contine o suita de 3 bare reprezentative pentru fiecare luna. Bara albastra reprezinta energia incidenta lunara pe suprafata de captare, bara rosie reprezinta energia captata si livrata lunar de sistemul solar, iar bara verde energia necesara lunar consumatorului.

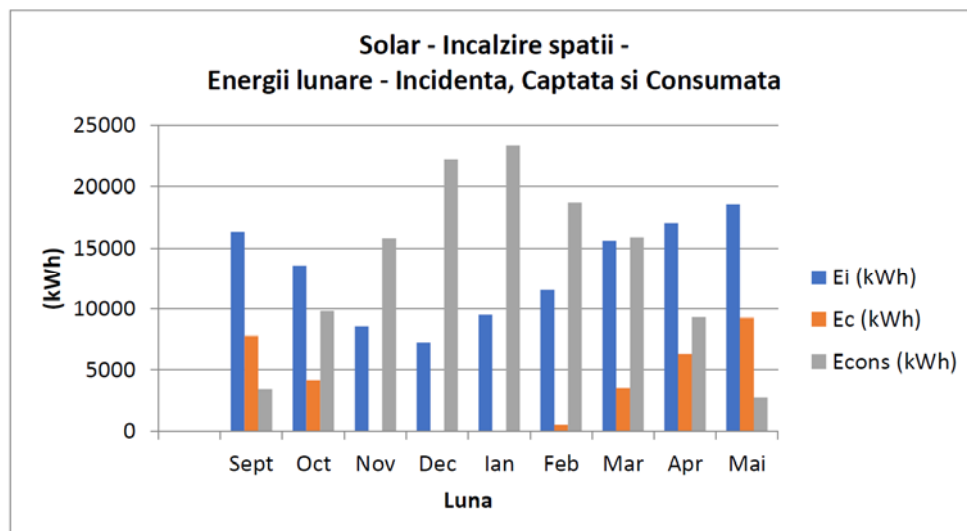


Fig. 3

În fig. 4 se prezintă o suită de 2 bare reprezentative pentru fiecare din lunile sezonului rece. Bara albastră reprezintă randamentul sistemului de captare și livrare iar bara roșie reprezintă gradul de acoperire energetică oferit consumatorului. Ultima zonă din suită corespunde întregului sezon rece. În lunile noiembrie, decembrie și ianuarie instalația solară nu a deservit consumatorul.

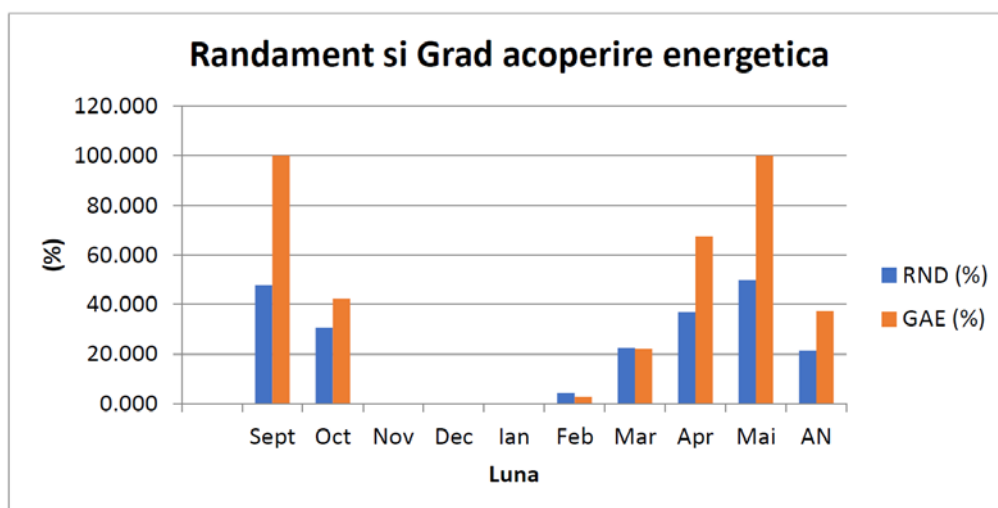


Fig. 4

În ceea ce privește prepararea apei calde diagramele din figurile 3 și 4 capătă aspectul din figurile 5 și 6 :

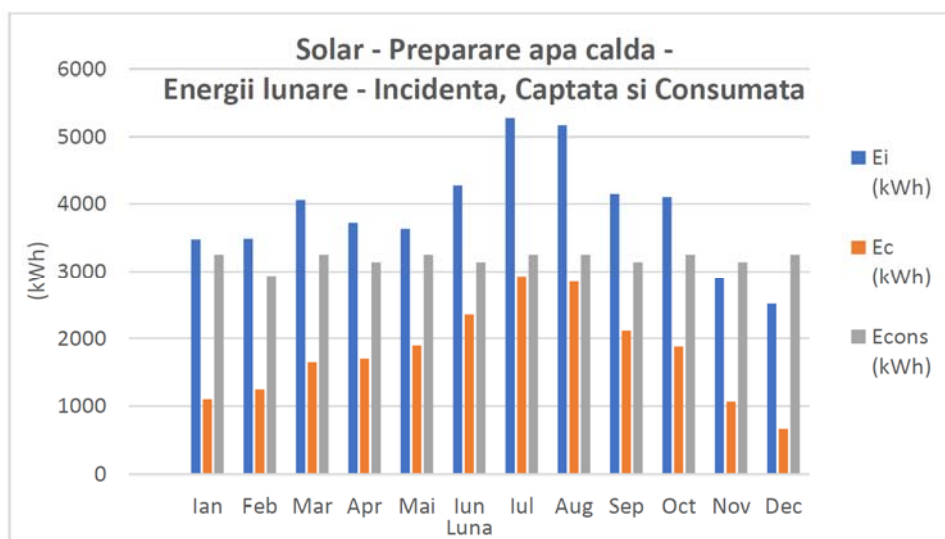


Fig. 5

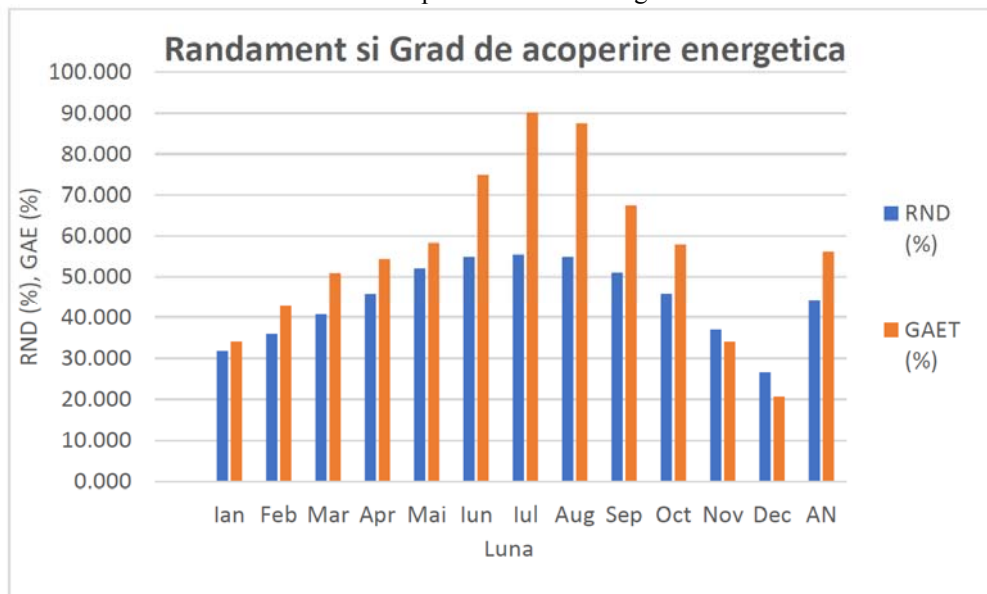


Fig. 6

5. Analiza a parametrilor constructiv-functionali

Procedura pusa la punct si prezentata in lucrare, permite efectuarea unei analize asupra influentei pe care diversii parametrii constructivi-functionali ai sistemului o au asupra performantelor energetice aferente acestora. Parametrii considerati importanti in acest sens pentru utilitatea de incalzire a spatiilor :

- coeficientul global de transfer termic al captatorilor solari – k_C ;
- setul temperaturilor de nominale pentru dimensionarea instalatiei de incalzire centrala – t_{T0}/t_{R0} ;
- ponderea suprafetei de captare solara fata de suprafata instalatiei de incalzire a consumatorului – S_{INC}/S_C ;
- ponderea suprafetei serpentinei buclei solare fata de suprafata de captare – S_C/S_S ;

Se prezinta in figurile 7 si 8, doar influenta parametrilor: t_{T0}/t_{R0} si S_{INC}/S_C asupra performantelor sistemului :

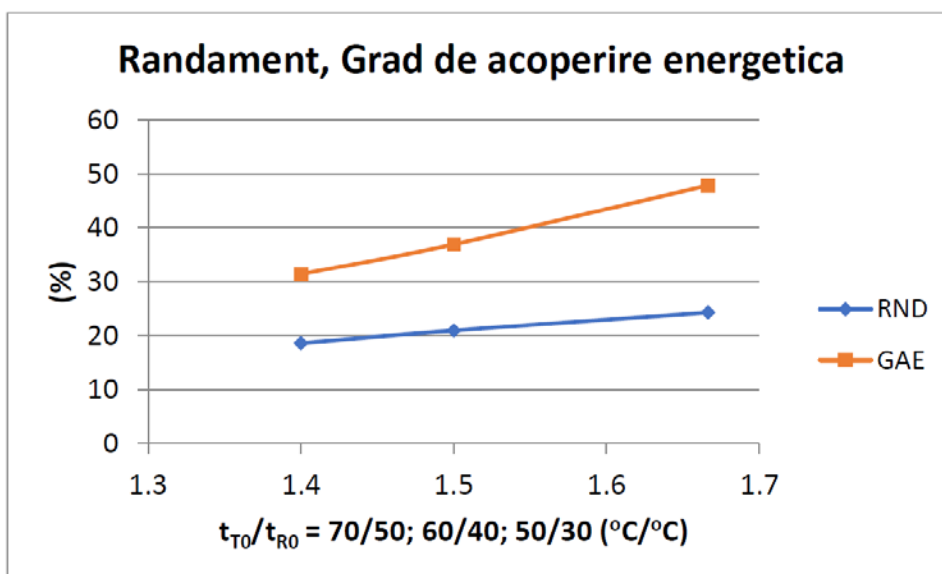


Fig. 7

Din fig. 7 se observa ca diminuarea temperaturilor nominale de dimensionare a instalatiei de incalzire centrala are drept consecinta cresterea atat a randamentului instalatiei solare cat si a gradului de acoperire energetica pe care aceasta poate sa o ofere consumatorului. Din fig. 8 se observa ca diminuarea suprafetei de captare are drept consecinta, dupa cum este de asteptat, scaderea gradului de acoperire energetica insa si o usoara crestere a randamentului de captare.

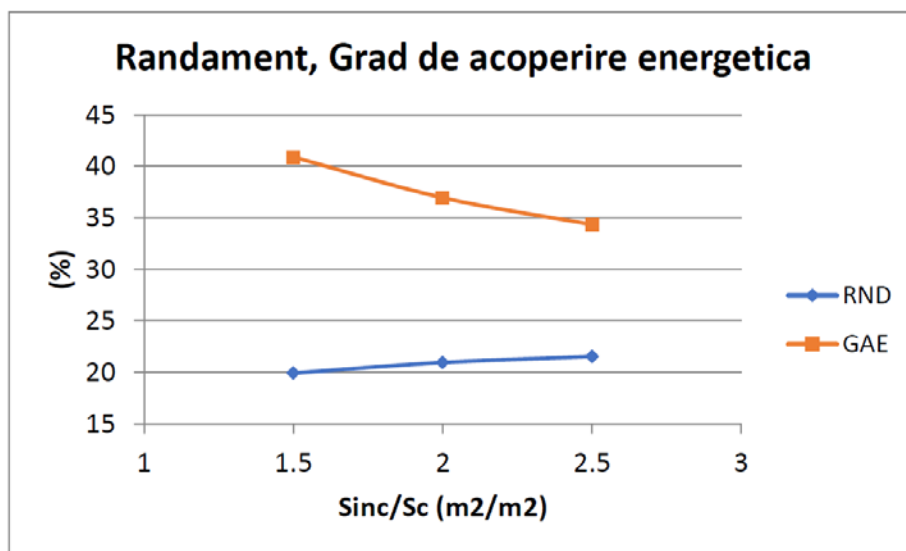


Fig. 8

Pentru utilitatea de preparare a apei calde de consum parametrii importanti sunt:

- coeficientul global de transfer termic al captatorilor solari – k_C ;
- consumul zilnic pe persoana de apa calda;

Utilizarea energiei solare pentru incalzirea spatiilor si prepararea apei calde de consum.
Evaluarea performantelor energetice

- suprafata de captare solara ce revine pe persoana – S_C/N_{PERS} ;
- ponderea suprafetei serpentinei buclei solare fata de suprafata de captare– S_C/S_S ;

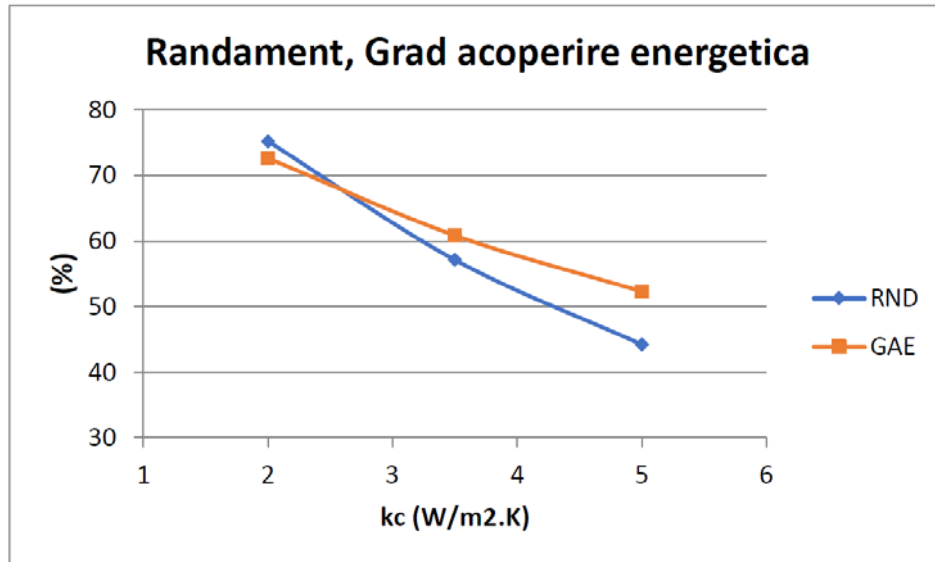


Fig. 9

Din fig. 9 se observa importanta calitatii tehnologiei de realizare a captatorilor solari atat asupra randamentului acestora cat si a gradului de acoperire energetica.

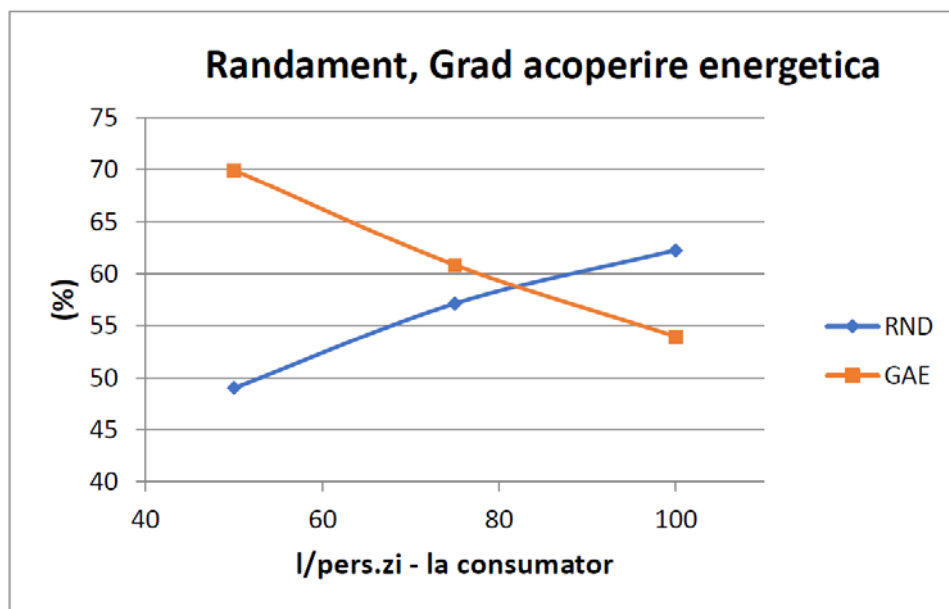


Fig. 10

Din fig.10 se observa cum cresterea necesarului de energie la consumator are drept consecinta scaderea gradului de acoperire energetica inasa asociata cu cresterea randamentul buclei de captare

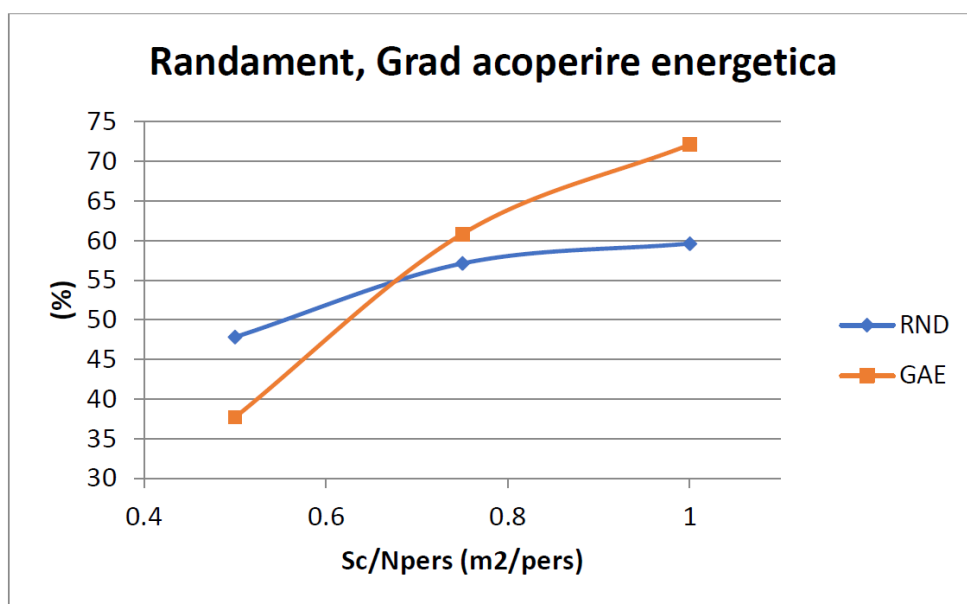


Fig. 11

In fig. 11 se prezinta influenta pozitiva pe care o are cresterea suprafetei specifice de captare atat asupra gradului de acoperire energetica cat si asupra randamentului buclei.

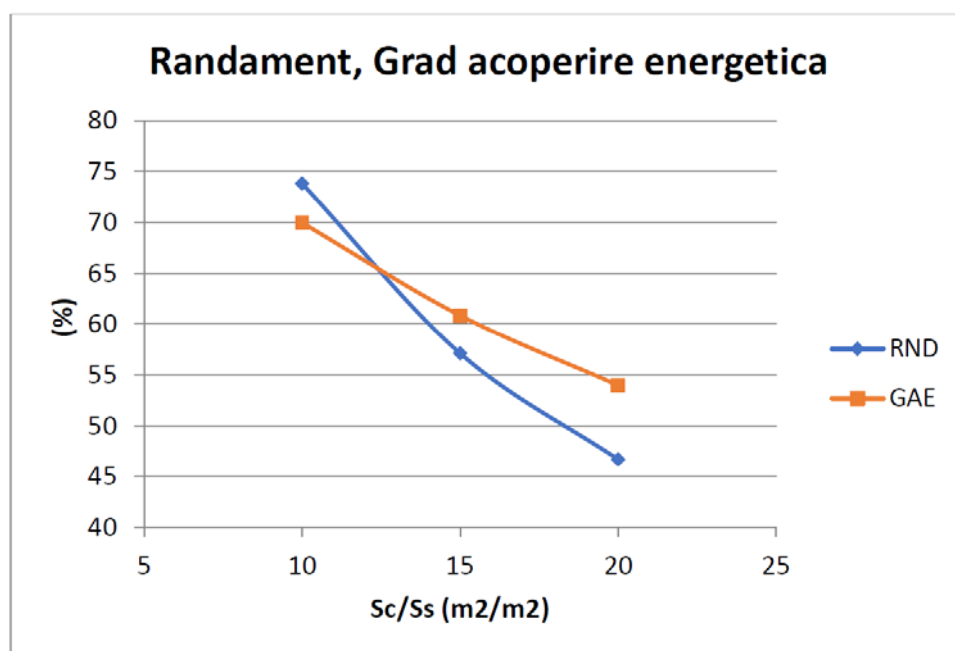


Fig. 12

In fig. 12 se prezinta influenta negativa a scaderii suprafetei schimbatorului de caldura aferent buclei solare atat asupra randamentului de captare cat si asupra gradului de acoperire energetica.

6. Concluzii

Pentru alcatuirea unei proceduri de evaluare a performantelor energetice a unei instalatii de captare si utilizare a energiei solare pentru prepararea apei calde de consum sau/si incalzirea spatiilor cladirii a fost necesara structurarea sistemului in sectiuni: sectiunea de captare si livrare a energiei termice de catre sistemul solar, sectiunea sistemului classic si sectiunea consumatorului; Sectiunea sistemului solar este compusa din bucla de captare solara, care este alcatuita ca echipamente termice din suprafata de captare si din schimbatorul de caldura de treapta 1. Pentru aceasta sectiune s-a stabilit o caracteristica termica reprezentata din curba randamentului sistemului.

Al doilea element important a fost stabilirea unei metode practice, aproximative, simplificate, cu grad de precizie ridicat, pentru evaluarea temperaturilor de reglaj termic calitativ in cazul utilitatii incalzirea spatiilor cladirii.

Al treilea element important realizat il reprezinta bilantul termic la nivelul schimbatorului de caldura al buclei solare in vederea stabilirii expresiei randamentului sistemului neconventional. Randamentul acestui sistem este raportul dintre puterea termica livrata la capatul final a sistemului si energia incidenta pe suprafata de captare, capatul de intrare al sistemului. Cu cat sistemul considerat cuprinde mai multe componente cu atat coeficientii din expresia randamentului vor contine mai multe caracteristici constructiv-functionale corespunzatoare componentelor considerate.

Lista de Notatii

α – coeficientul de absorbtie al placii captatorului solar, -;
 τ - coeficientul de transparenta al captatorului solar, -;
 k_C – coeficientul global de transfer termic al captatorului solar, $W/m^2.K$;
 k_S – coeficientul global de transfer termic al schimbatorului de caldura al buclei solare din rezervorul de acumulare, $W/m^2.K$;
 t_e – temperatura exterioara, $^{\circ}C$;
 t_{e0} – temperatura exterioara de calcul, $^{\circ}C$;
 t_{i0} – temperatura interioara de calcul, $^{\circ}C$;
 t_{T0} – temperatura nominala a agentului termic la intrarea in instalatia de incalzire, $^{\circ}C$;
 t_{R0} – temperatura nominala a agentului termic la iesirea din instalatia de incalzire, $^{\circ}C$;
 t_{m0} – temperatura medie nominala a agentului termic din instalatia de incalzire, $^{\circ}C$;
 t_r – temperatura apei reci, $^{\circ}C$;
 t_c – temperatura apei calde, $^{\circ}C$;
 I – intensitatea radiatiei solare, W/m^2 ;

ρ - densitatea agentului termic, kg/m^3 ;
 c – caldura specifica a agentului termic, J/kg.K ;
 a – debitul specific de agent termic prin captatorii solari, $\text{m}^3/\text{s.m}^2$;
 β_{REF} – variabila sintetica rezultanta a parametrilor de temperatura si radiatie solara care solicita bucla solara, $\text{m}^2.\text{K/W}$;
 η_{CC} - randamentul buclei solare, -;
 F' – factorul geometric de corectie al captatorilor solari. -;
 F_{INC} – factor adimensional de corectie, -;
 F_{R}^{B} – factor de corectie a fluxului termic captat de bucla solara, -;
 F_{R}^{BC} – factor de corectie a fluxului termic captat de sistemul compus din bucla solara si consumator, -;
 S_{C} – suprafata de captare solara, m^2 ;
 S_{S} – suprafata schimbatorului de caldura solar din rezervorul de acumulare, m^2 ;
 S_{INC} – suprafata instalatiei de incalzire a consumatorului, m^2 ;
 k_{INC} – coeficientul global de transfer termic al suprafetei de incalzire a consumatorului, $\text{W/m}^2.\text{K}$;
 V_{a} – volumul rezervorului de acumulare din bucla solara, m^3 ;
 E_{C} – modulul termic al suprafetei de captare solara, -;
 E_{S} – modulul termic al suprafetei schimbatorului de caldura al buclei solare, -;
 E_{CS} – modulul termic al buclei de captare solara, -;
 G_{C} – debitul de agent termic din bucla solara, m^3/s ;
 P_{C} – puterea termica captata de bucla solara, W ;
 G_{CONS} – debitul de apa calda de consum / debitul de agent termic din instalatia de incalzire a consumatorului, l/h ;
 P_{CONS} – puterea termica solicitata de consumator, W ;
 G_{AE} – grad de acoperire energetica al buclei solare, -;
 H – transmitanta totala a cladirii, W/K ;
 f_{u} – factor de utilizare a energiei termice captate de bucla solara, -;

Bibliografie

1. Comportamentul dinamic al echipamentelor si sistemelor termice, editia III-a – Florin Iordache – pag 56-63 si pag. 142-148, editura Matrixrom, Bucuresti, 2008;
2. Echipamente si sisteme termice. Metode de evaluare energetica si functionala (culegere de articole) – Florin Iordache – pag. 18-28, editura Matrix Rom, Bucuresti 2017;
3. Solar Engineering of Thermal Processes – Fourth Edition – John A. Duffie, William A. Beckman – John Wiley & Sons

REVISTA ROMÂNĂ DE INGINERIE CIVILĂ INCLUDE ARTICOLE DIN URMĂTOARELE DOMENII

ROMANIAN JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING INCLUDE ARTICLES FROM THE FOLLOWING AREAS

- | | |
|--|---|
| . Mecanica structurilor | . Mechanics of structures |
| . Inginerie seismică și siguranța construcțiilor | . Seismic engineering and construction safety |
| . Inginerie urbană și dezvoltare regională | . Urban engineering and regional development |
| . Construcții civile | . Civil buildings |
| . Căi de comunicații, poduri și tunele | . Communication ways, bridges and tunnels |
| . Căi ferate | . Railways |
| . Drumuri și aeroporturi | . Roads and airports |
| . Construcții din beton armat | . Reinforced concrete buildings |
| . Construcții metalice | . Metal constructions |
| . Geotehnică și fundații | . Geotechnics and foundations |
| . Alimentări cu apă și canalizare | . Water supply and sanitation |
| . Tratarea apei | . Water treatment |
| . Epurarea apelor uzate | . Wastewater treatment |
| . Construcții hidrotehnice | . Hydro construction |
| . Îmbunătățiri funciare | . Land improvements |
| . Hidraulică și mecanica fluidelor | . Hydraulics and Fluid Mechanics |
| . Hidrologie, hidrogeologie și gospodărirea apelor | . Hydrology, hydrogeology and water management |
| . Protecția mediului în inginerie civilă | . Environmental protection in civil engineering |
| . Instalații pentru construcții | . Building services |
| . Management în construcții | . Construction Management |
| . Calitatea mediului interior | . Indoor environmental quality |
| . Acustica clădirilor și a instalațiilor | . Acoustic of buildings and installations |
| . Energetica clădirilor și instalațiilor | . Energy of buildings and installations |
| . Geodezie, fotogrammetrie, cartografie | . Geodesy, photogrammetry, cartography |
| . Termotehnică | . Thermotechnics |
| . Mașini și utilaje pentru construcții | . Constructions machinery |
| . Mecanică tehnică și vibrații | . Technical mechanics and vibrations |
| . Electrotehnică | . Electrotechnics |
| . Ingineria calității | . Quality engineering |
| . Științe fundamentale în inginerie civilă | . Fundamental science in civil engineering |

INFORMATION FOR AUTHORS

- For the works proposed for publication in the Romanian Journal of Civil Engineering, there are no costs for the author to analyze the manuscript and / or publish the article
- The publication of the article is conditional on its analysis in a peer-review process, as mentioned at <http://www.rric.ro/etica.php>; the author is required to participate in the peer-review process
- The article proposed for publication in the Romanian Journal of Civil Engineering has not been published and can no longer be published in another journal. If portions of content overlap with published content or for publication in another journal, the author must recognize and quote these sources
- Send to publish of an article implies that the study described in the article is original and does not infringe copyright. In the necessary circumstances, the author has to recognize and quote content reproduced from other sources after having previously obtained permission to reproduce the required content from other sources
- If there are more than one author, the content of the article is known and approved by all authors who contributed to writing the article and / or performing the research described in the paper
- All authors of an article should make a significant contribution to its writing
- The proposed article for publication will contain bibliographical references, as well as references to financial support, if any
- In the event of an error being reported in the paper after its publication, the author is required to cooperate with the Editorial Board and the publisher to publish an errata, an addendum, a corrigendum notice, or to withdraw the work if this is considered necessary.

At http://www.rric.ro/template/rric_template.doc there is the template where the proposed article should be sent for publication; the article is sent by email to office@matrixrom.ro or uploaded directly from the journal's website <http://www.rric.ro/autori.php>.

INFORMAȚII PENTRU AUTORI

- Pentru lucrările propuse spre publicare în Revista Română de Inginerie Civilă nu există costuri ale autorului pentru analiza manuscrisului și/sau pentru publicarea articolului
- Publicarea articolului este condiționată de analiza acestuia într-un peer-review proces, așa cum este menționat la <http://www.rric.ro/etica.php>; autorul este obligat să participe la procesul de peer-review
- Articolul propus pentru publicare în Revista Română de Inginerie Civilă nu a mai fost și nu mai poate fi publicat într-o altă revistă. Dacă porțiuni de conținut se suprapun cu conținut publicat sau trimis spre publicare la o altă revistă, autorul trebuie să recunoască și să citeze aceste surse.
- Trimiterea către publicare a unui articol implică faptul că studiul descris în articol este original și nu încalcă drepturile de autor. În situațiile necesare autorul trebuie să recunoască și să citeze conținutul reprodus din alte surse, după ce a obținut anterior permisiunea de a reproduce conținutul necesar din alte surse.
- În cazul în care există mai mulți autori, conținutul articolului este cunoscut și aprobat de toți autorii care au contribuit la scrierea articolului și/sau la realizarea cercetării descrise în lucrare.
- Toți autorii unui articol trebuie să aibă o contribuție semnificativă la elaborarea acestuia
- Articolul propus pentru publicare va conține referințe bibliografice, precum și mențiuni referitoare la suportul financiar, dacă este cazul
- În cazul semnalării unor erori în lucrare, după publicarea acesteia, autorul este obligat să coopereze cu Colegiul Editorial și cu editura pentru a publica o erată, o addendum, o notificare de corrigendum sau pentru a retrage lucrarea, în cazul în care acest lucru este considerat necesar.

La adresa http://www.rric.ro/template/rric_template.doc se găsește formatul (template) în care trebuie trimis articolul propus pentru publicare; articolul se trimite prin email la adresa office@matrixrom.ro sau se încarcă (upload) direct din website-ul revistei, secțiunea pentru autori <http://www.rric.ro/autori.php>.