

ASPECTE CU PRIVIRE LA EFICIENTIZAREA ENERGETICĂ A SISTEMELOR DE INSTALAȚII TERMICE PENTRU CLĂDIRI

conf. univ. dr. Constantin ȚULEANU

Universitatea Tehnică a Moldovei

ABSTRACT

Through this paper, starting from the generous framework of information provided by periodical and special literature, it tries to emphasize areas of research with interest focused on the most current and relevant issues related to the energy, economic and ecological efficiency of systems of thermal installations for heating spaces in the building environment.

În structura consumului de energie a unei clădiri ponderea cea mai mare, estimativ peste 50 %, o au procesele termice (încălzirea încăperilor, prepararea apei calde de consum, condiționarea aerului).

Din totalul de energie al instalațiilor din clădiri, consumul pentru încălzire are cea mai mare pondere de cca 65 %, urmat de cel pentru prepararea apei calde de consum cu 15 % și cel de energie electrică (pentru iluminat și instalații electrice casnice) estimat la aproximativ 20 %.

La general consumul de energie a unei clădiri poate fi redus acționând pe următoarele domenii principale:

- *Infrastructura clădirii* – segment de reducere a energiei consumate prin îmbunătățirea performanțelor elementelor din infrastructura construcției, cu o nouă izolație, ferestre noi etc. Această soluție are un efect major asupra energeticii clădirii dar implică o investiție foarte mare cu o perioadă de amortizare lungă. În plus, după finalizarea acestor lucrări va fi necesară reajustarea, reabilitarea sau chiar modernizarea în ansamblu sau parțială a complexului sistemelor energetice avute în dotarea clădirii;

- *Sistemele energetice a clădirii* - componentă care implică acțiuni de optimizare a distribuției hidraulice în ansamblul de sisteme energetice din dotarea construcției. Prin promovarea acestor acțiuni, pe lângă scăderea consumului de energie se poate îmbunătăți controlul și condițiile de confort. Este considerată cea mai bună soluție din punct de vedere al investiției, iar efectele ei sunt imediate și semnificative. Conform unor considerații enunțate în literatura de specialitate, prin optimizarea distribuției hidraulice a unor sisteme deja existente se pot asigura reduceri a consumurilor de până la 30 %;

• *Comportamentul utilizatorilor* – acest aspect este legat de comportamentul imprevizibil al utilizatorilor. Altfel spus, teoretic se poate schimba modul în care oamenii folosesc clădirea, dar real este dificil și imprevizibil. Dacă sistemul nu asigură confortul cerut de oameni, aceștia vor ajusta singuri sistemul. De cele mai multe ori acest lucru implică creșterea sau schimbarea bruscă a temperaturii ambientale, ceea ce produce risipă de energie. Dacă sistemul este bine reglat de la început, acest lucru influențează pozitiv modul în care oamenii gestionează complexul de sisteme energetice și în consecință se va reduce consumul de energie.

Așa dar, din cele enunțate putem constata că din punct de vedere energetic, caracteristica construcțiilor la general și a clădirilor în particular, implică în egală măsură aspecte constructive și funcționale.

Se cere însă de conștientizat că, performanțele de izolare termică a elementelor de construcție care delimitează spre exterior spațiile încălzite **determină necesarul de energie pentru realizarea confortului termic**, iar alcătuirea și caracteristicile instalațiilor termice influențează în mod direct **eficiența utilizării energiei primare**.

Mai mult ca atât, specialistul din domeniu trebuie să știe că, **optimizarea energetică** a clădirii presupune minimizarea pierderilor și a consumurilor de energie pe tot ansamblul de componente a lanțului, de la sursă la utilizator.

Nu trebuie să se uite și despre aceea că, definirea performanțelor reale a unei clădiri nu poate fi făcută decât numai prin monitorizarea construcției și a instalațiilor, în bază unor măsurători extinse în situ efectuate pe durate funcționale concludente.

Teoretic consumul de energie primară E_p este determinat de necesarul total de energie termică Q_T și de randamentul global al sistemului de încălzire η :

$$E_p = \frac{Q_T}{\eta} \quad (1)$$

Necesarul de energie termică include atât cantitățile cerute pentru încălzirea spațiilor $Q_{nec.}$ și pentru prepararea apei calde de consum $Q_{acc.}$, cât și consumurile energetice auxiliare $Q_{aux.}$, exprimate în echivalent termic cu formula:

$$Q_T = Q_{nec.} + Q_{acc.} + Q_{aux.} \quad (2)$$

Dacă să analizăm ecuația de bilanț termic pentru o clădire (încăpere sau grup de încăperi):

$$Q_{prim.} = Q_{ced.} \quad (3)$$

vedem că, aceasta exprimă egalitatea dintre fluxul termic primit de incintă ($Q_{prim.} = Q_{inst.} + Q_{deg.}$) de la sistemele de instalații pentru încălzire/climatizare $Q_{inst.}$, alte surse interioare (persoane, corpuri de iluminat, aparate casnice, etc) $Q_{deg.}$ și fluxul termic cedat $Q_{ced.}$ de incintă prin transmisie, pentru adaosuri, pentru încălzirea aerului ventilat și celui infiltrat etc.

Fluxul termic maxim cedat $Q_{ced.}$ determină în esență puterea necesară (instalată) $Q_{nec.}$ a sistemului de încălzire:

$$Q_{nec.} = \beta \cdot Q_t + Q_{inf.} + Q_v - Q_{deg.} - Q_{ap.} \quad (4)$$

în care: Q_t este fluxul termic cedat prin transmisie (pierderile de căldură prin îngrădirile de protecție); β - coeficient care evidențiază pierderile suplimentare de căldură prin îngrădiri (adaosuri pentru orientare, compensare a efectului suprafețelor reci etc); $Q_{inf.}$ - sarcina termică pentru încălzirea aerului infiltrat prin neetanșitățile ferestrelor, ușilor și a aerului pătruns la deschiderea acestora; Q_v - necesarul de căldură pentru ventilare; $Q_{ap.}$ - aporturi de căldură de la radiația solară; $Q_{deg.}$ - aporturi de căldură de la surse interioare.

Vom preciza că, necesarul de energie termică pentru încălzire este influențat în mod direct de alcătuirea elementelor de închidere și de caracteristicile termofizice ale materialelor utilizate pentru realizarea anvelopei, precum și de parametrii climatici caracteristici zonei de amplasare a clădirii.

Ifluența parametrilor climatici asupra performanțelor clădirii (încăperii), se poate de identificat prin studierea stabilității termice în dinamică a acestora, funcție de variațiile reale a parametrilor climatici caracteristici zonei de amplasare a clădirii.

Pentru a justifica aceste enunțări, prezentăm rezultatele unor studii de caz efectuate pe baza a două încăperi funcționale, masivitățile exterioare a cărora (pereții și ferestrele) sunt orientate diferit față de punctele cardinale, la Sud-Vest și respectiv la Nord –Vest. Ambele încăperi sunt încălzite de la suprafețe mari radiante, concepute în baza diferitor concepte de termoactivate, cea orientată la Sud-Vest la inferior de la pardosea (fig. 1 a), cealaltă orientată la Nord –Vest la superior de la tavan și peretele exterior (fig. 1 b).



Fig. 1 Vederile de ansamblu a încăperilor experimentate

a-încăperea încălzită de la pardosea temperată; b- încăperea încălzită/răcită prin sisteme de țevi capilare.

Sistemul de încălzire de pardosea este cuplat cu o microcentrală electrică autonomă având puterea de 6,0 kW, iar cel de tavan cu o pompă de căldură „aer-apă” tip NIBE.

Vom preciza că, sistemul de încălzire prin pardosea a fost realizat din trei circuite spirală, într-o execuție tradițională din țevi de polietilenă reticulară, montate pe plăci de polistiren cu nuturi. Pentru încălzirea încăperii orientale la Nord-Vest, pe suprafețele interioare a elementelor de anvelopă (peretele exterior și tavanul fals al terasei) s-a montat un sistem de încălzire din covoare cu țevi „capilare” paralele. Pentru monitorizarea în timp real a evoluției temperaturilor aerului exterior și interior al încăperilor experimentate, s-a folosit un sistem de operare activă WEBVISION al conceptului GFR de automatizări (fig. 2).



Fig. 2. Vederea panoului de automatizări a complexului de instalații din dotarea încăperii experimentate.

După cum se cunoaște, stabilitatea termică a încăperilor este determinată de amplitudinea de oscilație a temperaturii aerului interior, care conform normelor nu trebuie să fie mai mare de $1,5^{\circ}\text{C}$. Scenariile de variație a temperaturilor aerului interior și exterior au fost studiate în timp real pe durata celei mai friguroase perioade a anului curent, folosind posibilitățile programului WEBVISION al conceptului de automatizări GFR (fig. 3, 4 și 5).

Analizând scenariile de variație a temperaturilor aerului interior din cele două încăperi experimentate putem constata că, condițiile de stabilitate termică sunt respectate doar în încăperea orientată la Nor-Vest, încălzită de la sisteme de țevi „capilare” paralele, amplitudinea medie de variație a temperaturii în acest caz fiind de $A_i^m = 1,41^{\circ}\text{C}$. Din scenariul variației temperaturilor aerului interior al încăperii orientate la Sud-Vest putem observa că, în perioadele intensităților mari

a radiației solare amplitudinea de oscilație este cu mult superioară față de cea reglementată, valoarea medie a acesteia pe perioada luată în analiză pentru încăperea dată fiind de $A_i^m = 4,9^0 C$.

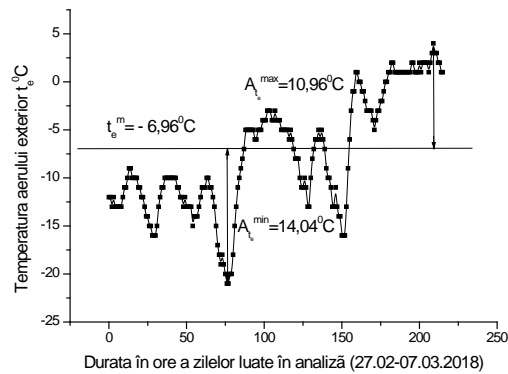


Fig. 3. Scenariul variației temperaturii aerului exterior

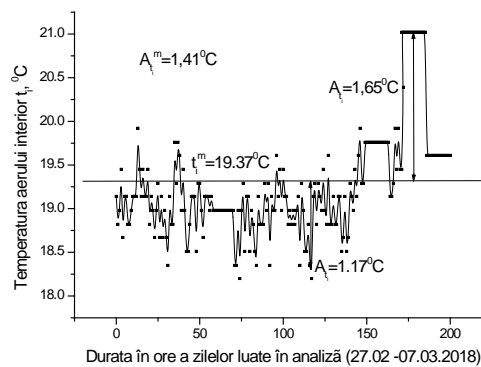


Fig. 4. Scenariul variației temperaturii aerului interior a încăperii orientate la Nord-Vest, încălzită de la sisteme cu țevi „capilare” paralele

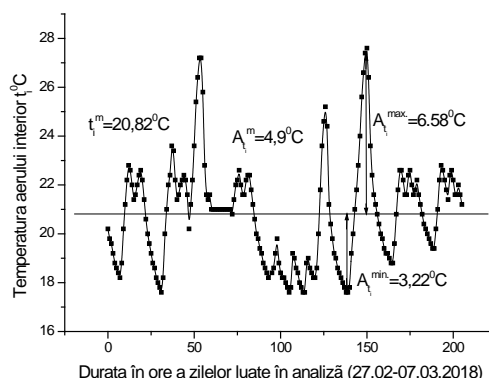


Fig. 5. Scenariul variației temperaturii aerului interior a încăperii orientate la Sud-Vest, încălzită de la pardosea radiantă tradițională.

Din rezultatele studiului efectuat cu privire la stabilitatea termică devine evident că, un domeniu de cercetare cu impact direct asupra reducerii consumului de energie ține de, căutarea și adoptarea pentru încăperile expuse influenței radiației solare directe, a unor soluții eficiente de deminuire a supraîncălzirii acestora în perioadele cu intensitate ridicată a radiației solare.

Reducerea consumului de energie pentru încălzirea spațiilor construite se mai poate realiza prin alegerea adecvată a materialelor de construcție optime din punct de vedere termic și higrotermic care vor alcătui structura viitoarei clădiri. În acest context, saltul de dezvoltare a tehnicilor și tehnologiilor de izolare termică aplicate în construcțiile noi și cele reabilitate, atestă o evoluție destul de pozitivă în eficientizarea energetică și ecologică a construcțiilor la general și a clădirilor în particular. Pe acest segment, cu aplicare la realizarea clădirilor viitorului, un domeniu de perspectivă în cercetare ar fi dezvoltarea conceptelor de elemente de construcție dinamic - adaptive. În această ordine de idei, interes prezintă dezvoltarea și implementarea pe scară largă, atât pentru clădirile existente, construite la diferite etape istorice în baza diverselor soluții arhitecturale și structurale, cât și pentru cele prevăzute spre realizare în perspectiva apropiată, a conceptului de elemente de închidere, termoactivare prin sisteme de instalații de joasă exergie, de tipul celor aplicate în cazul încăperii experimentate, orientate la Nord-Vest. Astfel de soluții nu numai că pot asigura un nivel înalt de confort termic dar necesită și un consum specific de energie redus în comparație cu alte sisteme de încălzire, spre exemplu față de cele tradiționale prin pardosea (fig. 6).

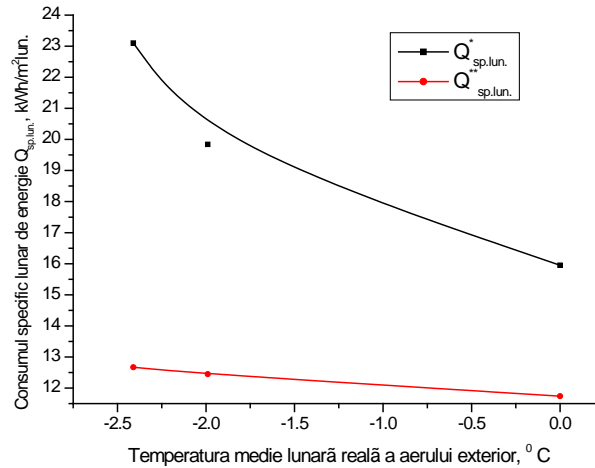


Fig. 6. Curbele comparative a consumului specific de energie electrică al încăperilor experimentate (Q^* - încălzită de la pardosea, Q^{**} - încălzită de la tavan cu țevi capilare) funcție de temperatura medie lunară a aerului exterior (sezonul de încălzire 2017-2018)

Este foarte important de știut că, eficiența energetică a unui sistem de încălzire depinde foarte mult de două lucruri:

- cât de bine poate sistemul de încălzire să folosească aportul de căldură și prin urmare să reducă consumul de energie;
- cât de mici sunt pierderile de căldură din sistem.

De aceea, sistemele de încălzire trebuie concepute astfel ca să reacționeze cât mai rapid și eficient la aporturile neprevăzute de căldură.

Având în vedere că microclimatul din interiorul încăperilor este influențat de aporturile de căldură (din interior sau exterior), care grație efectului de autoreglare reduc puterea termică cedată a corpurilor de încălzire, s-a introdus noțiunea de *randament de recuperare* a aporturilor, exprimat prin raportul:

$$\eta_R = \frac{Q_{nec.} - Q}{Q_A} \quad (5)$$

în care: $Q_{nec.}$ este fluxul de căldură cedat de corpurile de încălzire în absența aporturilor de căldură;

Q - fluxul de căldură cedat de corpurile de încălzire în prezența aporturilor de căldură,

Q_A - aporturile de căldură.

Ca urmare a unor măsurări efectuate în situ s-a stabilit că, randamentul η depinde de parametrii stabiliți în regim continuu și este cu atât mai ridicat, cu cât temperatura suprafeței încălzitoare este mai scăzută. Astfel, pentru corpurile de

încălzire dimensionate după sistemul clasic, $\eta_R \geq 0,3$; pentru panouri radiante, cu temperatură joasă, $\eta_R \geq 0,6$; iar pentru încălzirea cu aer cald, $\eta_R \geq 0,7$.

Pentru ca această diferență dintre sistemele de încălzire să fie mai exact adusă în evidență, se recomandă de exprimat randamentul dat pe baza relației:

$$\eta_R = \frac{t_i - t_e}{t_{ag.} - t_e} \quad (6)$$

în care: t_i este temperatura aerului interior; $t_{ag.}$ - este temperatura medie a agentului termic, corespunzătoare sistemului de încălzire; t_e - temperatura aerului exterior.

Folosind posibilitățile sistemului de operare activă WEBVISION al conceptului GFR de automatizări, în cadrul ciclului de experimentări, pentru încăperea orientată la Sud-Vest s-au studiat scenariile de variație în timp real a temperaturilor aerului interior și exterior, precum și a agentului termic de pe turul și returul instalației pentru încălzirea de pardosea.

Pe baza temperaturilor monitorizate, cu aplicarea relației (6), pentru cele mai reci cinci perioade a două sezoane consecutive (anii 2017 și 2018) de încălzire, s-au calculat randamentele de recuperare a aporturilor de căldură.

Interpretările grafice a rezultatelor obținute pentru perioadele respective luate în analiză, modelate și simulate matematic cu aplicarea programul profesional ORIGIN, sunt prezentate în figura 7.

Vom preciza că, la prelucrarea masivului de date experimentale în ORIGIN, sau verificat mai multe modele de analiză matematică oferite de program, însă după cum s-a dovedit modelul liniar prezintă cele mai înalte rate de satisfacție R^2 .

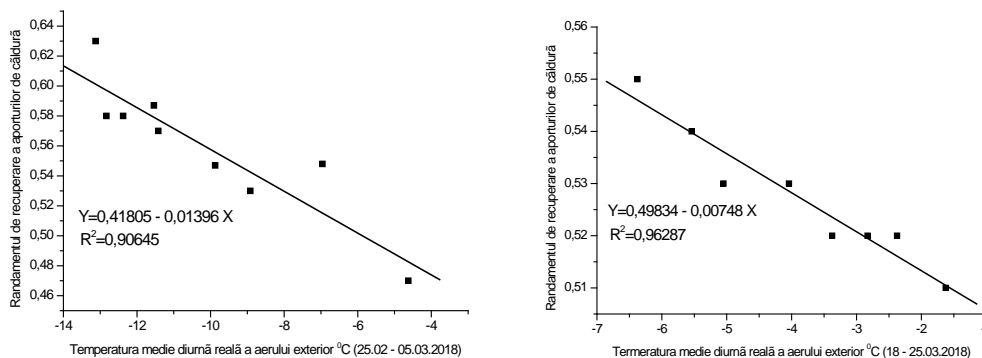


Fig. 7. Dependentele randamentului de recuperare a aporturilor de căldură (interioare și exterioare) funcție de temperaturile medii diurne reale a aerului exterior, pentru cele mai friguroase perioade a anilor de referință 2017 și 2018.

După cum se vede din dependențele prezentate, randamentul de recuperare a aporturilor de căldură la încălzirea încăperii experimentate de la pardosele

radiante de joasă temperatură, are o tendință de scădere cu creșterea temperaturii aerului exterior, dar în mediu coreleză cu datele din literatura de specialitate obținute de alți cercetători, preluând valori apropiate de 0,6.

Pentru cazul încăperii orientate la Nord-Vest, încălzită de la suprafețe radiante (perete și tavan) temperate prin sisteme de țevi „capilare” paralele, prin care pe parcursul perioadelor de investigare s-a vehiculat agent termic cu temperatura medie de 30 °C, iar temperatura resimțită a aerului interior fiind menținută la nivel de 22°C, acest randament poate prelua valori superioare de 0,8.

Cât privește *necesarul de energie termică pentru prepararea apei calde de consum* acesta se stabilește în funcție de normele specifice, diferențiate după natura folosinței, temperatura de livrare și modul de preparare, conform reglementărilor în vigoare NCM G. 04.05:2016 (SM SR EN 15316-3-1:2001).

Referitor la *consumul auxiliar de energie* trebuie să precizăm că acesta rezultă din procesele de vehiculare a agenților de încălzire și a apei calde.

Energia specifică de pompare în instalațiile existente este în general ridicată, datorită inadaptării pompelor la caracteristica rețelelor și lipsei elementelor de reglare, ceea ce determină randamente energetice slăzute. La acestea se adaugă și energia consumată pentru compensarea pierderilor cantitative de agenți din instalații și la utilizatori. Diminuarea consumurilor auxiliare de energie este realizabilă numai prin folosirea unor echipamente și utilaje cu performanțe tehnologice și energetice adecvate.

Diversitatea soluțiilor posibile privind natura combustibilului, agentul de încălzire utilizat, modul de producere și transport al acestuia, tipul și caracteristicile echipamentelor sau schemele de reglare aplicate, reprezintă, în ansamblu și fiecare în parte, elementele de influență cu pondere variabilă asupra performanței energetice în ansamblu.

Consumul de energie termică pentru încălzire, cu referire la energia primară la nivelul sursei termice, depinde la direct de sarcina termică a consumatorului, nivelul de performanță al instalației și nu în ultimul rând de caracteristicile constructive și funcționale ale elementelor componente.

Elementele cu impact semnificativ în ceea ce privește reducerea consumurilor energetice ale unei instalații de încălzire, sunt:

- generatorul de căldură (influențează la direct randamentul de generare atât pentru condiții nominale cât și sarcini variabile de funcționare, nivelul de temperatură a agentului termic);
- pompele de circulație (caracterizează randamentul de vehiculare a agentului termic, respectiv parametrii punctului de funcționare pe curba caracteristică);
- rețeaua de conducte (influențează randamentul de distribuție și caracterizează nivelul de izolare termică, respectiv de recuperare a pierderilor de căldură);

- elementele de automatizare (reglarea furnizării căldurii în funcție de necesitățile consumatorului);
- corpurile de încălzire (eficiență emisiilor de căldură, termostatare);
- contoarele de energie termică (contorizare până la nivelul consumatorului individual);
- sistemul de monitorizare a parametrilor instalației (AMC, telegestiune);
- stația de tratare a apei de adaus (dedurizare, pentru preântâmpinarea depunerilor pe suprafețele de schimb de căldură).

Astfel devine evident că, randamentul general al unui sistem de încălzire depinde de randamentele parțiale ale componentelor lanțului tehnologic (producere, transport, emisie, reglare).

În acest context trebuie să precizăm că, caracterul neuniform al cerinței, determinat de variația aleatorie a parametrilor climatici și de comportamentul imprevizibil al utilizatorilor, nu permite decât unele estimări teoretice ale randamentelor parțiale care alcătuiesc relația de calcul a randamentului general η_i al sistemului de încălzire, exprimat matimatic cu formula:

$$\eta_i = \eta_G \cdot \eta_D \cdot \eta_E \cdot \eta_R \quad (7)$$

în care: η_G este randamentul de generare (centralei termice); η_D - randamentul distribuției; η_E - randamentul de emisie (corpurilor de încălzire); η_R - randamentul de reglare.

Acest randament trebuie să fie mai mare sau cel puțin egal cu randamentul normat η_N , dat de relația:

$$\eta_N = 65 + 3 \lg Q_G \quad (8)$$

în care: Q_G este puterea termică a generatorului, în W.

Având în vedere că, sistemele de încălzire dețin cea mai mare pondere în structura consumului de energie a unei clădiri, analiza acestor randamente în contextul eficientizării energetice a sistemelor de instalații pentru construcții, constituie factori de influență cu interes în cercetare, de mare importanță și actualitate.

De aceea, specialiștii din domeniu responsabili și pasionați de soluționarea acestor problematici, trebuie cât mai activ să-și consolideze și focuseze eforturile și competențele de cercetare în corectarea și sporirea acestor randamente, precum și a altor factori de influență în reducerea cunsumului energetic din instalații.

BIBLIOGRAFIE

1. **V. Bogoslovshii**. Termofizica construcțiilor. Moscova, 1982. 415 p.
2. **Ioan Sârbu, Francisc Kalmar**. Optimizarea energetică a clădirilor. ISBN 973-685-438-8, MATRIX ROM, București 2002. 390 p.
3. **Florin Iordache**. Aspecte termo-energetice în domeniul clădirilor și sistemelor de alimentare cu căldură al acestora. Culegeri de articole ISBN 978-606-25-0145-7. MATRIX ROM, București 2015, 194 p.
4. **Țuleanu C., Leanca L., S. Țuleanu, A. Țuleanu**. Unele aspecte privind influența modului de încălzire prin radiație de joasă temperatură asupra confortului termic. Producerea transportul și utilizarea energiei. Volumul Conferinței Știința Modernă și Energia. ISSN 2066 – 4125, ISSN-L 2066-41.25. Cluj Napoca 2018. p.235-243.
5. **Țuleanu C., L. Leanca T. Colomieț**. Sisteme eficiente de încălzire prin radiație de joasă temperatură. A XVIII-a Conferință multidisciplinară „Profesorul DORIN PAVEL fondatorul hidroenergeticii românești” Vol. 34. ISSN 2067-7138 eISSN 2359-828X. Cluj Napoca 2018.
6. **Țuleanu C., Leanca L., S. Țuleanu, A. Țuleanu**. Analiza comparativă din punct de vedere energetic și confort a încăperilor încălzite de la suprafețe temperate. Conferința tehnico – științifică cu participare internațională „INSTALAȚII PENTRU CONSTRUCȚII ȘI ECONOMIA DE ENERGIE. Ediția a 28-a. Iași-România 2018. ISSN: 2069 – 1211. 10 p. 0,53 c.t.