

# Alimentarea centralizată cu energie termică de joasă temperatură. Justificare energetică și economică

Low temperature district heating.  
Justification from an energy and economic standpoint

Cristina Stănișteanu<sup>1</sup>, Florin Iordache<sup>1</sup>

Universitatea Tehnică de Construcții București  
Bd. Lacul Tei nr. 122 - 124, cod 020396, Sector 2, București, România  
E-mail: *cristina.stanisteanu@asro.ro, fliord@yahoo.com*

DOI:10.37789/rjce.2020.11.3.1

## Rezumat

Setul temperaturilor nominale ale agentului termic adoptat în dimensionarea instalației de încălzire centrală are consecințe directe atât asupra mărimii instalației de încălzire, cât și asupra pierderilor de energie în rețeaua termică de distribuție. În cadrul lucrării se stabilește corelația dintre cele două aspecte menționate și se încearcă identificarea unui set optim al temperaturilor nominale ale agentului termic care trebuie abordat la dimensionarea instalațiilor de încălzire centrală pentru clădirile alimentate din sistemul centralizat de încălzire districtuală.

**Cuvinte cheie:** energie termică, consum, eficacitate

## Abstract

The set of design temperatures adopted in the sizing of the district heating systems has direct consequences on both the heating system size and the energy losses in the distribution network. This paper establishes the correlation between the two issues mentioned and attempts to identify an optimal set of design temperatures of the heat carrier to be chosen in sizing the heating system for buildings connected to district heating systems.

**Keywords:** thermal energy, consumption, efficiency

## 1. Introducere

Alimentarea centralizată cu energie termică a ansamblurilor de cladiri din mediul urban reprezintă o preocupare continuă a specialiștilor din acest domeniu în ceea ce privește măsurile concrete de reabilitare și modernizare menite să eficientizeze acest sector extrem de important din punct de vedere energetic.

Lucrarea de față se încadrează în acest domeniu, dat fiind că măsura reducerii nivelului temperaturilor agentului termic în rețelele de distribuție are drept consecință directă scăderea pierderilor de energie termică aferente acestor rețele. Pe de altă parte, scăderea nivelului temperaturii agentului termic are și o consecință negativă, și anume creșterea suprafeței de încălzire cu care sunt echipate clădirile deservite.

Având în vedere cele 2 aspecte, unul direct benefic din punct de vedere energetic, iar cel de al doilea implicând un cost de investiție mai mare, în cadrul lucrării se încearcă punerea în balanță a celor 2 aspecte, astfel încât, prin evaluarea duratei de recuperare a investițiilor suplimentare pe baza beneficilor energetice, să se poată aprecia în ce măsură reducerea temperaturii agentului termic în sistemele de încălzire districtuală este rentabilă.

## 2. Descrierea metodei de evaluare și rezultate energetice-economice

În prima etapă se va analiza corelația între nivelul temperaturii nominale a agentului termic și suprafața de încălzire instalată. Din bilanțul termic al sistemului format din clădire și instalația de încălzire avem:

$$k \cdot S \cdot (t_{m0} - t_{i0}) = H \cdot (t_{i0} - t_{e0}) \quad (1)$$

Dacă notăm :

$$R_t = \frac{t_{i0} - t_{e0}}{t_{m0} - t_{i0}} \quad (2)$$

Rezultă :

$$S = \frac{H}{k} \cdot R_t \quad (3)$$

Suprafața instalației de încălzire centrală aferentă consumatorului este direct proporțională cu raportul  $R_t$ . În figura 1 se prezintă grafic dependența raportului  $R_t$  a diferențelor de temperaturi nominale de temperatura nominală a agentului termic la intrarea în instalația de încălzire. Cu cât temperatura nominală medie a agentului termic scade, cu atât este necesar ca suprafața de încălzire să crească, pentru a se putea livra către spațiul încălzit fluxul termic necesar aferent consumatorului, care va fi același indiferent de temperatura aleasă a agentului termic.

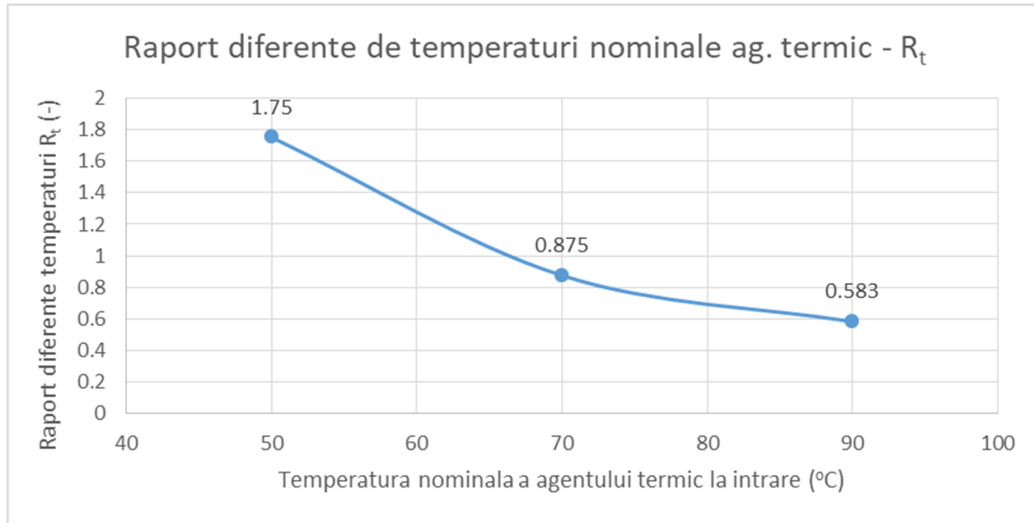


Figura 1 Dependența raportului  $R_t$  a diferențelor de temperaturi nominale de temperatura nominală a agentului termic la intrarea în instalația de încălzire

Clădirea este caracterizată termic prin capacitatea de transfer termic  $H$  (constantă), și se consideră că instalația de încălzire centrală are ca valoare constantă coeficientul global de transfer termic al corpurilor de încălzire  $k$ , pentru care se consideră o valoare medie de  $7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ .

În cele 3 variante de dimensionare a suprafeței de încălzire aferente consumatorului (90/70 – varianta 1; 70/50 – varianta 2; 50/30 – varianta 3), acestea se corelează astfel :  $S_2 = 1,5 \cdot S_1$  și  $S_3 = 3,0 \cdot S_1$ .

În ceea ce privește evaluarea fluxului de căldură pierdut de către rețeaua termică de distribuție, se face apel la [1]. Aici, în cadrul lucrării „Randamentul unui sistem districtual de încălzire centrală” pag. 187-194, se definește și se stabilește expresia randamentului sistemului districtual de încălzire ca fiind:

$$\eta = \frac{\Phi_C}{\Phi_F} = \frac{\Phi_C}{\Phi_C + \Phi_P} = \frac{E_R \cdot (1 - E_C)}{1 - E_R^2 \cdot E_C} \quad (4)$$

Relația (4) reflectă faptul că randamentul sistemului de încălzire districtual depinde atât de modulul termic aferent consumatorului, cât și de modulul termic aferent rețelei de distribuție. Prelucrând relația (4) se pot stabili pierderile termice ale rețelei de distribuție ( $\Phi_P$ ) ca o cotă parte din puterea termică utilă livrată consumatorului de către instalația de încălzire centrală ( $\Phi_C$ ) :

$$\xi = \frac{\Phi_P}{\Phi_C} = \left( \frac{1}{\eta} - 1 \right) = \frac{(1 - E_R) \cdot (1 + E_R \cdot E_C)}{E_R \cdot (1 - E_C)} \quad (5)$$

După cum se observă, și această cotă parte utilă în deteminarea pierderilor de energie termică aferentă rețelelor de distribuție este dependentă tot de modulul termic aferent consumatorului și de cel al rețelei termice de distribuție. Se ține seama de faptul că modulul termic aferent rețelei de distribuție are în general valori între 0.98 și 0.99, iar modulul termic aferent instalației de încălzire a consumatorului se poate calcula cu :

$$E_C = \frac{t_{R0} - t_{i0}}{t_{T0} - t_{i0}} \quad (6)$$

În acest mod se obțin valorile prezentate in tabelul 1.

Tabelul 1

Valorile modulului termic aferent instalației de încălzire a consumatorului

$t_{T0}/t_{R0}/t_{i0}$	$E_C$
90/70/20	0.714
70/50/20	0.6
50/30/20	0.333

În figurile 2 și 3 se prezintă grafic dependența randamentului sistemului de încălzire districtuală ( $\eta$ ) și cota pierderilor rețelei de distribuție ( $\xi$ ) în funcție de modulul termic aferent instalației de încălzire centrală și de cel aferent rețelei termice de distribuție.

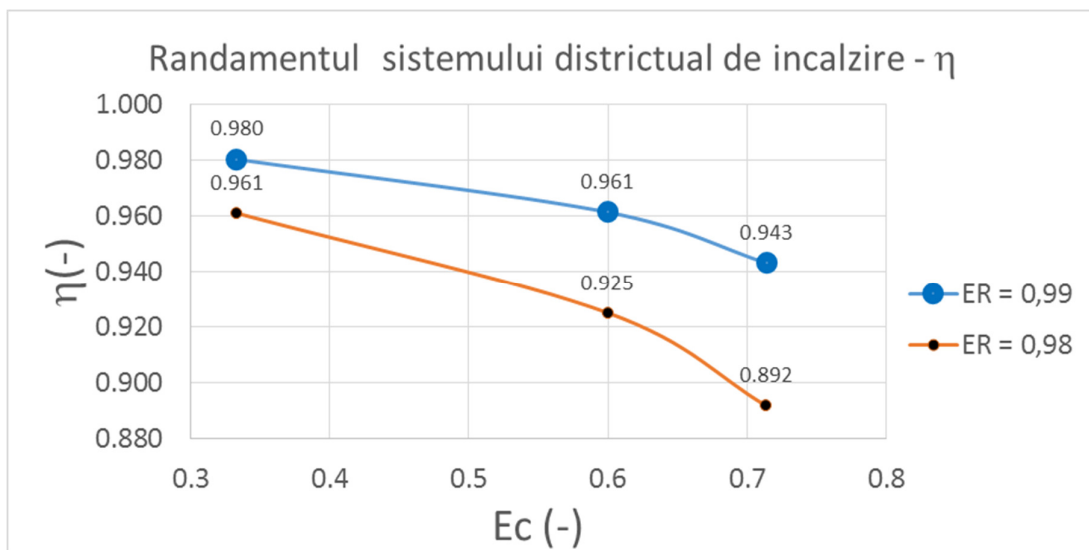


Figura 2 Randamentului sistemului de încălzire districtuală ( $\eta$ ) în funcție de modulul termic aferent instalației de încălzire centrală ( $E_C$ ) și de cel aferent rețelei termice de distribuție ( $E_R$ )

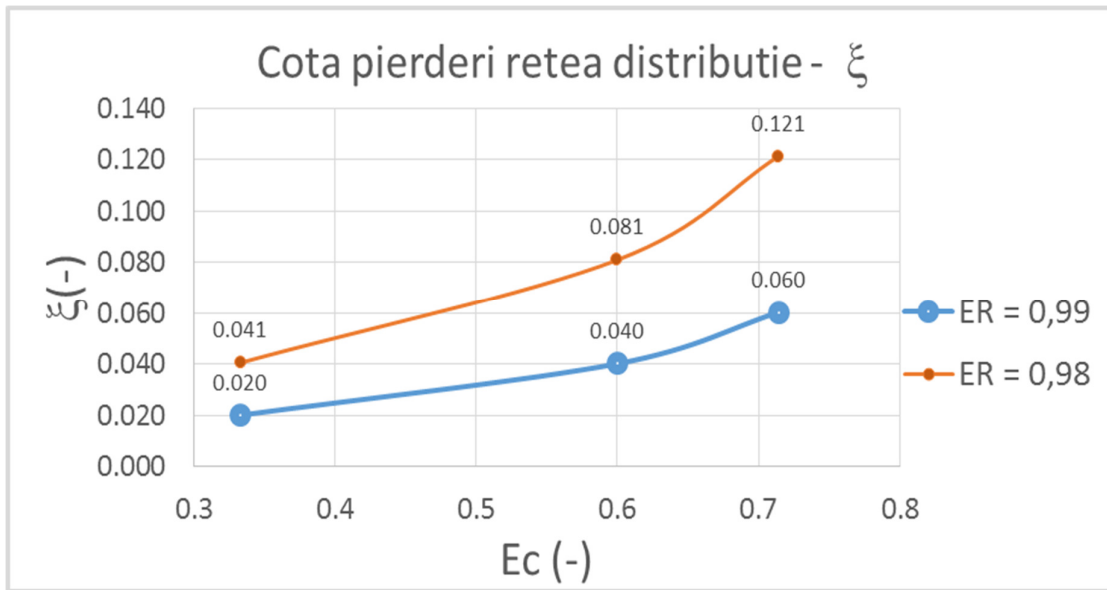


Figura 3 Cota pierderilor rețelei de distribuție ( $\xi$ ) în funcție de modulul termic aferent instalației de încălzire centrală ( $E_c$ ) și de cel aferent rețelei termice de distribuție ( $E_R$ )

Astfel, dacă dimensionarea instalației de încălzire centrală a consumatorului se face pentru setul de temperaturi nominale ale agentului termic 90/70 °C, atunci modulul termic al instalației de încălzire centrală este  $E_c = 0,714$ , suprafața instalației de încălzire fiind mai redusă, iar dacă dimensionarea instalației de încălzire centrală a consumatorului se face pentru setul de temperaturi nominale ale agentului termic 50/30 °C, atunci modulul termic al instalației de încălzire centrală este  $E_c = 0,333$ , suprafața instalației de încălzire fiind sensibil mai mare.

Mai mult, dacă dimensionarea instalației de încălzire centrală a consumatorului se face pentru setul de temperaturi nominale ale agentului termic 90/70 °C, randamentul sistemului de încălzire districtuală este de circa 89%, iar cota de pierderi termice aferente rețelei termice de distribuție este de 12%, iar dacă dimensionarea instalației de încălzire centrală a consumatorului se face pentru setul de temperaturi nominale ale agentului termic 50/30 °C, randamentul sistemului de încălzire districtuală este de circa 96%, iar cota de pierderi termice aferente rețelei termice de distribuție este de 4%, acest lucru fiind valabil în cazul în care modulul termic al rețelei termice este  $E_R = 0,98$ .

Fluxul termic pierdut în rețeaua de distribuție se poate scrie ca fiind:

$$\Phi_p = \xi \cdot \Phi_c \quad (7)$$

Deci în cele 3 variante de dimensionare a suprafeței de încălzire aferente consumatorului (90/70 – varianta 1; 70/50 – varianta 2; 50/30 – varianta 3) vom avea:

$$\begin{aligned}\Phi_{P1} &= \xi_1 \cdot \Phi_C \\ \Phi_{P2} &= \xi_2 \cdot \Phi_C \\ \Phi_{P3} &= \xi_3 \cdot \Phi_C\end{aligned}\quad (8)$$

Reducerile de fluxuri termice pierdute în rețeaua de distribuție aferente variantelor 2 și 3 vor fi :

$$\begin{aligned}\Delta\Phi_{P12} &= (\xi_1 - \xi_2) \cdot \Phi_C = (\xi_1 - \xi_2) \cdot H \cdot (t_{i0} - t_e) \\ \Delta\Phi_{P13} &= (\xi_1 - \xi_3) \cdot \Phi_C = (\xi_1 - \xi_3) \cdot H \cdot (t_{i0} - t_e)\end{aligned}\quad (9)$$

Economiile energetice pe toată perioada sezonului rece se calculează ca fiind:

$$\begin{aligned}\Delta Q_{P12} &= \int \Delta\Phi_{P12} \cdot d\tau = (\xi_1 - \xi_2) \cdot H \cdot \int (t_{i0} - t_e) \cdot d\tau \\ \Delta Q_{P13} &= \int \Delta\Phi_{P13} \cdot d\tau = (\xi_1 - \xi_3) \cdot H \cdot \int (t_{i0} - t_e) \cdot d\tau\end{aligned}\quad (10)$$

Sau practic în kWh:

$$\begin{aligned}\Delta Q_{P12} &= 0.024 \cdot (\xi_1 - \xi_2) \cdot H \cdot \sum_j (t_{i0} - t_{ej}) \cdot Nz_j \\ \Delta Q_{P13} &= 0.024 \cdot (\xi_1 - \xi_3) \cdot H \cdot \sum_j (t_{i0} - t_{ej}) \cdot Nz_j\end{aligned}\quad (11)$$

Considerând un consumator caracterizat prin  $H = 1 \text{ W/K}$  și un sezon de încălzire caracterizat prin valorile din tabelul de mai jos, se obțin următoarele economii:

Tabelul 2

Economii obținute prin reducerea temperaturii nominale a agentului termic

ti (oC)	te (oC)	Nz (zi)	Q (kWh)	Qp1	Qp2	Qp3	Qp1-Qp2	Econom	Qp1-Qp3	Econom
20	-15	2	1.68							
20	-10	11	7.92							
20	-5	32	19.20							
20	0	60	28.80							
20	5	53	19.08							
20	10	24	5.76							
			82.44	9.893	6.595	3.298	3.298	0.330	6.595	0.660
				kWh	kWh	kWh	kWh	euro	kWh	euro

Alimentarea centralizată cu energie termică de joasă temperatură. Justificare energetică și economică

Pe parte de pierderi de caldura in rețeaua termica, pentru  $H = 1 \text{ W/K}$ , s-a estimat un consum anual de 82,44 kWh/an. La acest consum anual de energie termica s-a evaluat o pierdere pe rețeaua termica de 12% din acest consum, adica 9,893 kWh/an in varianta 1, 6,595 kWh/an in varianta 2 si 3,298 kWh/an in varianta 3, ceea ce conduce la o economie de 3,298 kWh/an si 0,33 euro/an intre variantele 2 si 1 si respectiv 6,595 kWh/an si 0,66 euro/an intre variantele 3 si 1.

Pe parte de costuri de investitie, pentru  $H = 1 \text{ W/K}$ , s-a estimat o suprafata de incalzire de 0,083 m<sup>2</sup> in varianta 1, de 0,125 m<sup>2</sup> in varianta 2 si de 0,25 m<sup>2</sup> in varianta 3, adica surplusurile de suprafata de incalzire de 0,042 m<sup>2</sup> intre variantele 2 si 1 si de 0,167 m<sup>2</sup> intre variantele 3 si 1. Diferenta de 0,042 m<sup>2</sup> costa  $0,042 \cdot 30 = 1,25$  euro, care se recupereaza in  $1,25 / 0,33 = 3,791$  ani iar surplusul de 0,167 m<sup>2</sup> costa  $0,167 \cdot 30 = 5$  euro, care se recupereaza in  $5 / 0,66 = 7,58$  ani

Valoarea este rezultată în urma unui calcul static, însă dacă se apelează la un calcul dinamic prin intermediul valorii nete actualizate (VNA), vor rezulta durate de recuperare a investiției mai scăzute.

Tabelul 3

Durata de recuperare a investiției în cele trei variante

Varianta	Durata de recuperare (ani)
90/70	0.0
70/50	3.8
50/30	7.6

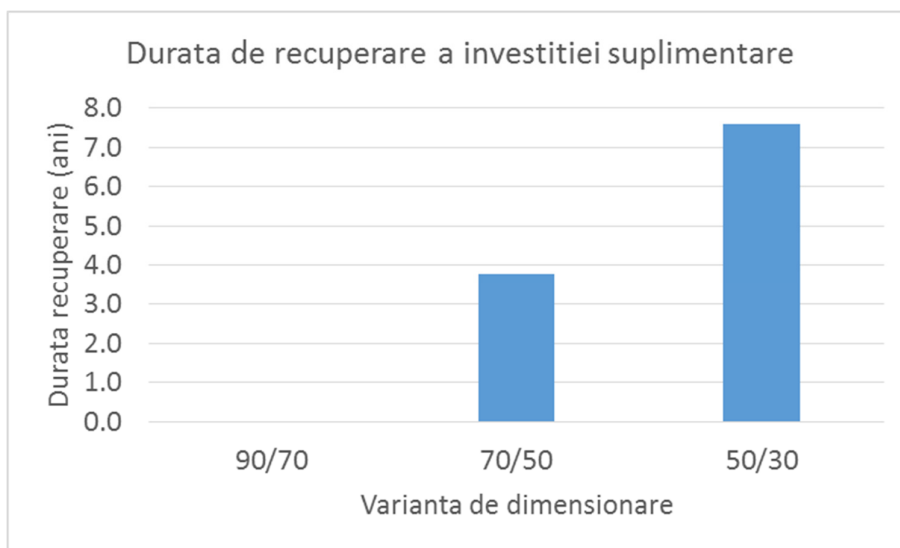


Figura 4 Durata de recuperare a investiției suplimentare

În tabelul 3 și figura 4 se prezintă duratele de recuperare a investițiilor suplimentare făcute în cazul variantelor 2 și 3 față de varianta 1. Se observă că o varianta de dimensionare foarte bună este varianta 2 (70/50 °C), durata de recuperare a investițiilor suplimentare față de varianta 1 fiind de circa 3,8 ani. Dacă se adoptă varianta 3 (50/30 °C), durata de recuperare a investițiilor suplimentare față de varianta 1 este de cca. 7,6 ani.

### 3. Concluzii

Pierderile de cădură ale rețelelor termice de distribuție reprezintă valori importante de care trebuie să se țină seama în cadrul efortului de eficientizare a sistemelor de încălzire districtuală.

O variantă foarte bună din punct de vedere energetic, care poate fi abordată pentru dimensionarea instalațiilor de încălzire centrală, este reprezentată de setul de temperaturi nominale  $t_{T0}/t_{R0} = 70/50$  °C. Investiția suplimentară în suprafața instalației de încălzire se recuperează destul de repede, în circa 3,5-4,0 ani. Considerăm că reducerea și mai accentuată a temperaturilor nominale ale agentului termic poate continua până la setul de temperaturi nominale  $t_{T0}/t_{R0} = 60/40$  °C. Sub aceste valori de temperatură se intră în domeniul încălzirii de joasă temperatură de pardoseală sau de plafon.

### Lista de notații

$t_{i0}$  – temperatura interioară nominală, °C;  
 $t_{e0}$  – temperatura exterioară nominală, °C;  
 $t_{T0}$  – temperatura nominală a agentului termic pe conducta de tur, °C;  
 $t_{R0}$  – temperatura nominală a agentului termic pe conducta de retur, °C;  
 $t_{m0}$  – temperatura medie nominală a agentului termic, °C;  
 $H$  – capacitatea de transfer termic a consumatorului, W/K;  
 $k$  – coeficientul global de transfer termic al suprafeței de încălzire, W/m<sup>2</sup>.K;  
 $S$  – suprafața instalației de încălzire centrală a consumatorului, m<sup>2</sup>;  
 $\Phi_C$  – fluxul termic livrat consumatorului, W;  
 $\Phi_F$  – fluxul termic furnizat de sursă sistemului districtual, W;  
 $\Phi_P$  – fluxul termic pierdut de rețeaua termică de distribuție, W;  
 $\Phi_{P1}$ ,  $\Phi_{P2}$ ,  $\Phi_{P3}$  – fluxurile termice pierdute de rețeaua termică de distribuție în cele 3 variante de dimensionare a suprafeței instalației de încălzire centrală, W;  
 $\Delta\Phi_{P12}$ ,  $\Delta\Phi_{P13}$  – fluxurile termice pierdute de rețeaua termică de distribuție suplimentar în varianta 1 de dimensionare față de varianta 2 și respectiv față de varianta 3 de dimensionare, W;



Alimentarea centralizată cu energie termică de joasă temperatură. Justificare energetică și economică

$\Delta Q_{P12}$ ,  $\Delta Q_{P13}$  – energia termică pierdută anual de rețeaua termică de distribuție suplimentară în varianta 1 de dimensionare față de varianta 2 și respectiv față de varianta 3 de dimensionare, kWh;

$\tau$  - timpul, s;

$N_z$  – numărul anual de zile de încălzire, zile;

$E_C$  – modulul termic al suprafeței instalației de încălzire a consumatorului, -;

$E_R$  – modulul termic al rețelei termice de distribuție, -;

$\eta$  - randamentul sistemului de încălzire districtuală, -;

$\xi$  - cota pierderilor de energie termică ale rețelei de distribuție, -;

$\xi_1$ ,  $\xi_2$ ,  $\xi_3$  - cotele pierderilor de energie termică ale rețelei de distribuție în cele 3 variante de dimensionare a suprafeței instalației de încălzire a consumatorului, -;

$j$  – indice aferent lunii de încălzire din cadrul sezonului rece al anului, -;

### **Bibliografie**

[1] – Florin Iordache – Aspecte termo-energetice în domeniul clădirilor și sistemelor de alimentare cu căldură al acestora (culegere de articole) – editura Matrixrom, București, 2015;

[2] - Florin Iordache – Comportamentul dinamic al echipamentelor și sistemelor termice (ediția 3-a) – editura Matrixrom, București, 2008;

[3] – Florin Iordache – Energetica echipamentelor și sistemelor termice din instalații – editura Conspress, București, 2010.