

# Elemente privind certificarea si auditarea sistemelor districtuale de incalzire

Elements regarding the certification and audit district heating systems

Prof. dr. ing. Florin Iordache<sup>1</sup>, Drd. ing. Adrian Marin<sup>1</sup>

Universitatea Tehnică de Construcții București  
Bd. Lacul Tei nr. 122 - 124, cod 020396, Sector 2, București, România  
E-mail: [fliord@yahoo.com](mailto:fliord@yahoo.com)

DOI:10.37789/rjce.2020.11.3.10

## Rezumat

In lucrare se prezinta schema de baza a procedurilor de certificare si auditare energetica pentru doua componente termice de baza ale sistemului districtual de incalzire centrala : schimbatoarele de caldura si retea termica de distributie. Dupa etapa de identificare constructiv-functiionala a componentelor se evalueaza eficientele energetice ale acestora pe baza efectuării de experimentari si se compara eficienta energetica obtinuta cu eficientele teoretice stabilite in doua variante functionale de referinta. Se face descrierea procedurii de certificare energetica pe baza notelor energetice si se evalueaza energiile disipate suplimentar, nejustificat, in vederea auditarii energetice, tinand seama de costurile de investitie a solutiilor de reabilitare propuse.

**Cuvinte cheie:** sisteme districtuale, incalzire

## Abstract

The paper presents the basic schema of energy certification and auditing procedures for the two basic thermal components of district district heating: heat exchangers and thermal distribution network. After the constructive-functional identification of the components, their energy efficiency is evaluated based on experimentation and the energy efficiency obtained with the theoretical efficiency established in two functional reference variants. Describing the energy certification procedure on the basis of energy notes and assessing the additional unjustified energy dissipated for energy auditing, taking into account the investment costs of the proposed rehabilitation solutions

**Keywords:** district systems, heating

## 1. Introducere

Prin sistem districtual de incalzire se intelege un sistem de alimentare centralizata cu caldura a consumatorilor urbani. Acestia pot fi cladiri rezidentiale sau nerezidentiale, care utilizeaza energia termica pentru incalzirea spatiilor si/sau pentru prepararea apei calde. Componentele termice de baza ale unui sistem districtual de

incalzire sunt schimbatoarele de caldura din punctele termice si reseaua de distributie de tip arborescent prin care se alimenteaza fiecare dintre consumatorii racordati la acest sistem centralizat.

Fiecare dintre cele doua componente mentionate lucreaza la parametrii energetici optimi in situatia in care starea constructiv-functionala a acestora este cea proiectata. Functionarea continua in regim curent de exploatare a acestor sisteme conduce inerent la deprecierea starii constructiv-functionale a acestor componente, cu consecinte energetice negative.

Reabilitarea constructiv-functionala a celor doua componente presupune in primul rand aplicarea unei proceduri coerente de identificare a starii acestor componente procedura care se finalizeaza cu certificarea energetica a fiecareia dintre componente. In continuare se propun solutiile de reabilitare pe fiecare componenta si se estimeaza costurile de investitie aferente si totodata beneficiile energetice rezultate astfel incat sa se poata estima rentabilitatea fiecareia dintre solutiile propuse. Procedurile care vor fi prezentate pe scurt se bazeaza pe o serie de cercetari teoretice si experimentale efectuate anterior, dintre care mentionam in principal o teza de doctorat [1].

## **2. Proceduri de identificare a starii constructiv-functionale a componentelor termice ale unui sistem districtual de incalzire.**

Prin analiza starii constructiv-functionale cautam sa identificam masura in care starea constructiva a componentei este comparabila cu starea constructiva de proiectare a componentei respective, iar starea functionala a componentei este comparabila cu starea functionala de proiectare a respectivei componente. Mai concret, in cazul unui schimbator de caldura, afectarea starii constructive poate aparea prin depunerile de saruri de calciu pe peretii suprafetei de schimb de caldura sau prin blocarea / intreruperea circulatiei agentilor termici prin anumite circuite, iar afectarea starii functionale prin modificarea debitelor de agent termic fata de valorile de proiect. In cazul retelei termice afectarea starii constructive presupune degradarea gradului de izolare termica a tronsoanelor de conducta prin deteriorarea izolatiei termice atat in ceea ce priveste grosimea ei cat si a conductivitatii termice a acesteia. Starea functionala a retelei termice este afectata prin modificarea debitelor de agent termic prin tronsoanele retelei fata de situatia de proiect. De regula, modificarea starii constructive are consecinte negative importante atat pentru schimbatoarele de caldura cat si pentru retelele termice in timp ce modificarea starii functionale are consecinte negative mai putin importante din punct de vedere energetic decat cele care apar in cazul deprecierei starii constructive si mai usor remediabile.

Pentru a descrie coerent procedurile de identificare se va face referire in mod separat la schimbatorul de caldura si separat la reseaua termica de distributie.

a. Cazul schimbatorului de caldura

In primul rand trebuie identificat tipul schimbatorului de caldura, suprafata acestuia si valorile nominale ale debitelor de agent termic : S, G<sub>10</sub>, G<sub>20</sub>.

Se efectueaza o prelevare a parametrilor termo-hidraulici pe schimbatorul de caldura in conditii curente de functionare, adica a parametrilor : G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, t<sub>11</sub>, t<sub>12</sub>, t<sub>21</sub>, t<sub>22</sub>. Este de presupus ca aceste valori vor fi diferite de valorile omoloage nominale : G<sub>10</sub>, G<sub>20</sub>, t<sub>110</sub>, t<sub>120</sub>, t<sub>210</sub>, t<sub>220</sub>. Se va evalua eficienta schimbatorului de caldura in 3 ipoteze de functionare dintre care a treia este cea efectiva, identificata in cadrul experimentului.

a1. Prima ipoteza de functionare - se considera ca schimbatorul de caldura este curat, suprafata de schimb de caldura fiind neafectata iar debitele de agent termic sunt cele de proiectare. Se evalueaza prin calcul eficienta schimbatorului de caldura in conditiile in care setul parametrilor termo-hidraulici este : G<sub>10</sub>, G<sub>20</sub>, t<sub>11</sub>, t<sub>12r</sub>, t<sub>21</sub>, t<sub>22r</sub>. Debitul agentilor termici sunt considerate pe valorile nominale iar temperaturile agentilor termici la intrarea in schimbator au valorile prelevate in cadrul experimentului. Temperaturile agentilor termici la iesirea din schimbator se determina teoretic pe valorile t<sub>12r</sub>, t<sub>22r</sub> utilizand setul de relatii, [3], [4] :

$$\begin{aligned} t_{12r} &= \frac{(1-y)E}{1-yE} \cdot t_{11} + \frac{1-E}{1-yE} \cdot t_{21} \\ t_{22r} &= \frac{y(1-E)}{1-yE} \cdot t_{11} + \frac{1-y}{1-yE} \cdot t_{21} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} y_0 &= \frac{G_{10}}{G_{20}}; \\ NTU &= \frac{k \cdot S}{G_{10} \cdot (\rho \cdot c)} \\ E &= \exp[-NTU \cdot (1 - y_0)] \end{aligned} \quad (2)$$

Determinarea coeficientului global de transfer termic al schimbatorului de caldura, k, se face urmand un calcul iterativ pe baza relatiilor, [5] :

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_p}{\lambda_p} + \frac{1}{\alpha_2} \quad (3)$$

$$\alpha = \frac{\lambda}{\delta} \cdot Nu \quad (4)$$

$$\begin{aligned} Nu &= 0,0209 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,45} \quad \text{Timofeev - incalzire} \\ Nu &= 0,0263 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,35} \quad \text{Timofeev - racire} \end{aligned} \quad (5)$$

Procedura efectiva de lucru urmeaza o dezvoltare suplimentara privind criteriile Re si Pr, si expresiile specializate aferente constantelor de baza ale agentilor termici in ceea ce priveste proprietatile fizice ale acestora. S-a considerat ca in cadrul acestei lucrari nu este necesara intrarea in toate detaliile, cele prezentate fiind suficiente pentru intelegerea modului in care a fost pusa problema. Procedura mai amanuntita in acest sens este prezentata in unul din capitolele din lucrarea [5].

In continuare se calculeaza eficienta schimbatorului de caldura utilizand relatia :

$$\varepsilon_r = \frac{1 - E}{1 - y_0 \cdot E} \quad (6)$$

Se calculeaza si fluxul termic transferat in aceasta ipoteza de functionare cu :

$$\Phi_{SCH\_r} = G_{20} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{22r} - t_{21}) \quad (7)$$

a2. A doua ipoteza de functionare in care se considera ca schimbatorul de caldura este curat, suprafata de schimb de caldura fiind neafectata, iar debitele de agent termic sunt cele reale prelevate in cadrul experimentului. Se evalueaza prin calcul eficienta schimbatorului de caldura in conditiile in care setul parametrilor termo-hidraulici este :  $G_1, G_2, t_{11}, t_{12e}, t_{21}, t_{22e}$ . Temperaturile agentilor termici la iesirea din schimbator se determina teoretic pe valorile  $t_{12e}, t_{22e}$  utilizand acelasi set de relatii ca si in cazul a1, descris sintetic prin grupul de relatii (1)...(5). In final, dupa parcurgerea procesului iterativ de identificare a valorii coeficientului global de transfer de caldura,  $k$ , se calculeaza eficienta schimbatorului de caldura utilizand relatia :

$$\varepsilon_e = \frac{1 - E}{1 - y \cdot E} \quad (8)$$

Se determina si fluxul termic transferat in aceasta ipoteza de functionare cu :

$$\Phi_{SCH\_e} = G_2 \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{22e} - t_{21}) \quad (9)$$

a3. A treia ipoteza de functionare este reprezentata chiar de situatia reala, cand parametrii termo-hidraulici au fost efectiv prelevati in cadrul experimentului. In aceasta situatie suprafata de schimb de caldura este afectata intr-o anumita masura, pe care tocmai suntem interesati sa o stabilim. Valoarea reala a eficientei schimbatorului de caldura, in aceasta situatie se stabileste direct pe baza parametrilor termici prelevati conform relatiei :

$$\varepsilon = \frac{t_{11} - t_{12}}{t_{11} - t_{21}} \quad (10)$$

La fel se determina fluxul termic transferat in aceasta ipoteza de functionare cu :

Elemente privind certificarea si auditarea sistemelor districtuale de incalzire

$$\Phi_{SCH} = G_2 \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{22} - t_{21}) \quad (11)$$

In final se poate acorda schimbatorului de caldura un set de 3 note energetice, nota functionala ( $N_F$ ), nota constructiva ( $N_C$ ) si nota totala ( $N_T$ ):

$$\text{- Nota functionala : } N_F = \frac{\mathcal{E}_e}{\mathcal{E}_r} \cdot 100 \quad (12)$$

$$\text{- Nota constructiva : } N_C = \frac{\mathcal{E}}{\mathcal{E}_e} \cdot 100 \quad (13)$$

$$\text{- Nota totala : } N_T = \frac{\mathcal{E}}{\mathcal{E}_r} \cdot 100 = \frac{N_F \cdot N_C}{100} \quad (14)$$

In vederea stabilirii pierderilor termice determinate de scaderea performantelor energetice ale schimbatorului de caldura prin depunerile de saruri de calciu pe placile schimbatorului, se va compara puterea termica transferata in situatia reala (ipoteza de functionare 3) cu puterea termica transferata in ipoteza de functionare 2, in care schimbatorul de caldura a fost considerat curat. Astfel :

$$\Delta\Phi_{SCH} = \Phi_{SCH\_e} - \Phi_{SCH} \quad (15)$$

Se poate defini un factor de depreciere energetica datorita depunerilor in timp pe placile schimbatorului de caldura ca raportul dintre caderea fluxului termic transferat conform relatiei (15) raportata la fluxul termic transferat in ipoteza 2 de functionare :

$$\gamma = \frac{\Delta\Phi_{SCH}}{\Phi_{SCH\_e}} = 1 - \frac{\Phi_{SCH}}{\Phi_{SCH\_e}} \quad (16)$$

#### b. Cazul retelei termice de distributie

Reteaua termica de distributie este o retea bifilara cu structura de regula arborescenta avand doua zone distincte : zona de ducere (tur) – care face legatura intre punctul termic si consumatori si zona de intoarcere (retur) – care face legatura intre consumatori si punctul termic. Din punct de vedere formal, matematic, relatiile sunt similare pe cele doua trasee astfel incat se va face referire numai la zona de tur.

Prima investigatie facuta consta in identificarea retelei expertizate, ceea ce presupune stabilirea geometriei retelei (traseele conductelor, lungimile si diametrele tronsoanelor), a starii functionale (debitele proiectate de agent termic si grosimea si tipul izolatiei termice a tronsoanelor retelei).

In continuare se trece la expertizarea termo-hidraulica efectiva prin prelevarea experimentală a parametrilor termo-hidraulici la capetele amonte si aval ale zonei de

tur: debitul de agent termic la intrarea in reseaua termica si debitele de agent termic la fiecare din capetele aval (consumatori) si de asemenea temperaturile agentului termic la capul amonte si capetele aval ale retelei. La fel ca in cazul schimbatorului de caldura, se va evalua eficienta retelei termice in 3 ipoteze de functionare dintre care a treia este cea efectiva din cadrul experimentului.

b1. Prima ipoteza de functionare este, ca si in cazul schimbatorului de caldura, caracterizata prin :

- Tipul si grosimea izolatiei termice a tronsoanelor de conducta conform cu valorile de proiect;
- Debitul de agent termic la capul amonte a retelei si la toate capetele aval au valorile de proiect;
- Temperatura agentului termic la intrarea in retea are valoarea din cadrul experimentului efectuat;

Se calculeaza temperatura medie a agentului termic la capetele aval ale retelei termice utilizand setul de relatii :

$$t_m = \frac{G_1 \cdot t_1 + \dots + G_k \cdot t_k + \dots + G_n \cdot t_n}{G_1 + \dots + G_k + \dots + G_n} \quad (17)$$

Unde :

$$t_k = (E_1 \cdot \dots \cdot E_k \cdot \dots \cdot E_p) \cdot t_{PT} + [1 - (E_1 \cdot \dots \cdot E_k \cdot \dots \cdot E_p)] \cdot t_c \quad (18)$$

In relatia (17), k este indicele consumatorului iar in relatia (18), k este indicele de tronson de pe traseul care porneste din punctul termic si ajunge la consumator.

Modulii termici aferenti tronsoanelor de conducta se calculeaza conform relatiilor cunoscute (19):

$$E_k = \exp\left(-\frac{1}{\rho \cdot c} \cdot \frac{L_k}{R_k \cdot G_k}\right) \quad (19)$$

Cu valoarea temperaturii medii stabilite se calculeaza modulul termic echivalent al intregii retele care este ca valoare si eficienta retelei termice :

$$\varepsilon_r = E_{ech_r} = \frac{t_{mr} - t_c}{t_{PT} - t_c} \quad (20)$$

b2. A doua ipoteza de functionare este caracterizata prin :

Elemente privind certificarea si auditarea sistemelor districtuale de incalzire

- Tipul si grosimea izolatiei termice a tronsoanelor de conducta conform cu valorile de proiect;
- Debitul de agent termic la capul amonte a retelei si la toate capetele aval au valorile prelevate in cadrul experimentului efectuat;
- Temperatura agentului termic la intrarea in retea are valoarea din cadrul experimentului efectuat;

Ca rezolvare, in aceasta a doua ipoteza de lucru, situatia este similara cu prima ipoteza, numai ca setul de debite prin tronsoanele de conducta ale retelei este de aceasta data cel efectiv identificat in cadrul experimentului. Se intelege ca daca sunt cunoscute valorile debitelor de agent termic la capetele aval ale retelei si cunoscand geometria arborelui retelei se pot cu usurinta determina valorile debitelor de agent termic pe fiecare tronson de retea. Urmand aceiasi procedura de lucru ca in cazul b1, rezulta in final modulul termic echivalent al intregii retele care este ca valoare si eficienta retelei termice:

$$\mathcal{E}_e = E_{ech\_e} = \frac{t_{me} - t_c}{t_{pT} - t_c} \quad (21)$$

b3. A treia ipoteza de functionare este reprezentata chiar de situatia reala, cand atat parametrii hidraulici cat si cei termici au fost efectiv prelevati in cadrul experimentului. In aceasta situatie avem de face cu starea reala a gradului de izolare termica a tronsoanelor de conducata din cadrul retelei ceea ce conduce la valorile efectiv prelevate ale temperaturilor agentului termic la capetele aval ale retelei. In aceasta situatie trebuie doar sa determinam media ponderata a temperaturilor agentului termic la capetele aval ale retelei cu debitele de agent termic corespunzatoare, conform relatiei (17) .

Rezulta in consecinta modulul termic echivalent real al intregii retele care este ca valoare si eficienta reala a retelei termice :

$$\mathcal{E} = E_{ech} = \frac{t_m - t_c}{t_{pT} - t_c} \quad (22)$$

### 3. Certificarea si auditarea energetica a componentelor sistemului districtual

Referitor la schimbatorul de caldura, prin cele 3 note se certifica starea constructiv-functionala a schimbatorului de caldura. Cu cat valorile acestor note sunt mai scazute decat 100 cu atat starea constructiv-functionala a schimbatorului de caldura este mai afectata.

De regula nota functinala este mare chiar daca debitele de agenti termici sunt alterate, inasa de asemenea de regula, nota constructiva este sensibil mai scazuta,

atestand o depreciere a suprafetei de schimb de caldura. Nota totala a schimbatorului de caldura trebuie asociata cu o crestere de putere termica furnizata de sursa, astfel incat prin schimbatorului de caldura afectat de deprecierea constructiv-functionale identificate, sa poata fi transferata puterea termica necesara la consumator. Astfel pentru ca prin schimbatorului de caldura avand in situatia existenta o capacitate de transfer termic mai redusa sa poata fi transferata puterea termica necesara la consumator este necesara ridicarea potentialului termic pe agentul primar, ceea ce insemna o scadere a randamentului la cazan si o crestere a pierderilor termice pe reseaua termica primara.

Evaluarea puterii termice suplimentare furnizate de sursa pentru ca prin schimbatorului de caldura existent, afectat functional si constructiv, sa poata fi transmisa puterea termica necesara consumatorului se va face cu relatia :

$$\Delta\Phi_{SCH} = \gamma \cdot \Phi_{SCH\_e} \quad (23)$$

Stabilirea unor domenii de valori ale notei energetice totale astfel incat sa se poata face o grupare pe clase energetice, va fi realizata in viitor, astfel incat sa se poata avea o imagine mai clara asupra starii schimbatorului de caldura investigat.

Evaluarea puterii termice suplimentar furnizata de sursa datorita deprecierea starii constructiv-functionale a schimbatorului de caldura este direct corelata cu puterea termica necesara consumatorului care la randul ei depinde direct de temperatura exterioara. In acest fel rezulta o corelatie directa intre puterea termica suplimentar furnizata de sursa datorita deprecierea starii constructiv-functionale a schimbatorului de caldura cu temperatura exterioara. Tinand in continuare seama de duratele de aparitie pe parcursul sezonului rece a diferitelor valori de temperatura exterioara se pot evalua consumurile termice suplimentare corespunzatoare puterilor termice suplimentar furnizate de sursa si in final consumul energetic nejustificat la nivelul intregului an. Acestui consum energetic nejustificat la nivelul intregului an ii corespunde o valoare in euro care este cheluita nejustificata si care poata fi anulata prin masuri de reabilitare termo-hidraulice la nivelul schimbatorului de caldura. O analiza mai amanuntita conduce la identificarea solutiei de reabilitare celei mai rentabile pentru a fi implementata. In acest fel se realizeaza auditul energetic al schimbatorului de caldura din punctul termic.

In ceea ce priveste reseaua termica de distributie, la fel, se poate acorda un set de 3 note energetice, nota functionala, nota constructiva si nota totala :

$$- \text{ Nota functionala : } N_F = \frac{\mathcal{E}_e}{\mathcal{E}_r} \cdot 100 \quad (24)$$



Elemente privind certificarea si auditarea sistemelor districtuale de incalzire

$$\text{- Nota constructiva : } N_C = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_e} \cdot 100 \quad (25)$$

$$\text{- Nota totala : } N_T = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_r} \cdot 100 = \frac{N_F \cdot N_C}{100} \quad (26)$$

Prin cele 3 note se certifica starea constructiv-functionala a retelei termice. Cu cat valorile acestor note sunt mai scazute decat 100 cu atat starea constructiv-functionala a retelei termice este mai afectata.

De regula nota functionala este mare chiar daca debitele de agent termic sunt alterate, inasa de asemenea de regula, nota constructiva este sensibil mai scazuta, atestand o depreciere a gradului de izolare termica a retelei pe ansamblul ei. Nota totala a retelei termice trebuie asociata cu o pierdere nejustificata de putere termica pe traseul retelei catre canalul termic datorata in special deprecierei gradului de izolare termica a tronsoanelor acesteia.

In cazul in care se considera oportuna identificarea in detaliu a starii gradului de izolare termica pe fiecare tronson al retelei termice se poate face apel la lucrarea [5] unde intr-unul din capitole este descrisa procedura experimentală mentionata.

Evaluarea puterii termice pierdute suplimentar, nejustificat, in canalul termic, se va face evaluand pe rand pierderile termice ale retelei in ipoteza functionala 3 si in ipoteza functionala 1 (in ultimul capitol din [2] se gaseste prezentarea in detaliu) :

$$\Delta\Phi_{RT} = \Phi_{RT} - \Phi_{RT_r} = (\xi - \xi_r) \cdot \Phi_r \quad (27)$$

Unde :

$$\begin{aligned} \xi &= \frac{(1 - \varepsilon) \cdot (1 + \varepsilon \cdot E_C)}{\varepsilon \cdot (1 - E_C)} \\ \xi_r &= \frac{(1 - \varepsilon_r) \cdot (1 + \varepsilon_r \cdot E_C)}{\varepsilon_r \cdot (1 - E_C)} \end{aligned} \quad (28)$$

Iar :

$$E_C = \frac{t_{R0} - t_{i0}}{t_{T0} - t_{i0}} \quad (29)$$

Stabilirea unor domenii de valori ale notei energetice totale astfel incat sa se poata face o grupare pe clase energetice, va fi realizata in viitor, astfel incat sa se poata avea o imagine mai clara asupra starii retelei termice investigate.

Evaluarea puterii termice pierdute nejustificat datorita deprecierei starii constructiv-functionale a retelei termice este direct corelata cu puterea termica necesara consumatorului care la randul ei depinde direct de temperatura exterioara. In acest fel rezulta o corelatie directa intre puterea termica pierduta nejustificat datorita deprecierei starii constructiv-functionale a retelei termice, de temperatura exterioara. Tinand in continuare seama de duratele de aparitie pe parcursul sezonului rece a diferitelor valori de temperatura exterioara se pot evalua consumurile termice suplimentare corespunzatoare puterilor termice pierdute nejustificat si in final consumul energetic nejustificat la nivelul intregului an. Acestui consum energetic nejustificat la nivelul intregului an ii corespunde o valoare in euro care este cheltuita nejustificat si care sa poata fi anulata prin masuri de reabilitare termo-hidraulica la nivelul retelei de distributie. O analiza mai amanuntita conduce la identificarea solutiei de reabilitare celei mai rentabile pentru a fi implementata. In acest fel se realizeaza auditul energetic al retelei termice de distributie.

#### **4. Concluzii**

Identificarea starii constructiv-functionale a componentelor unui sistem districtual de incalzire este posibila prin evaluarea eficientei termice a celor doua componente in situatia de exploatare curenta si compararea cu valorile omoloage de eficiente in varianta de proiectare.

In lucrare se disting 3 variante functionale care permit aprecierea efectului dereglarilor functionale si a depreciierilor constructive. Se remarca faptul ca dereglarile functionale nu au consecinte energetice negative semnificative in raport cu depreciierile constructive care afecteaza eficienta energetica in mod semnificativ. Si din punct de vedere al reabilitarii starii componentelor sistemului districtual de incalzire se poate spune ca este mult mai usor si mai ieftin de a corecta dereglarile hidraulice fata de corectiile constructive necesare (depunerile de piatra in cazul schimbatoarelor de caldura si deterioararea izolatiei termice in cazul retelelor de distributie).

Procedura de certificare si auditare energetica a componentelor termice din cadrul sistemului districtual de incalzire are la baza conventia ca eficienta energetica a acestor componente este maxima in varianta functionala 1 (de proiectare).

Certificarea energetica se face pe baza notelor totale acordate celor doua componente si poate fi dezvoltata, daca se face apel la clase energetice. Auditarea energetica a celor doua componente face apel la evaluarea energiilor termice disipate suplimentar nejustificat si la evaluarea costurilor de investitie necesare pentru reabilitarea respectivelor componente. Pe baza acestora se poate trece la evaluarea rentabilitatii solutiilor de reabilitare propuse si a stabilirii solutiei cele mai oportune.

## Lista de Notatii

SCH – schimbator de caldura;

RT – retea termica;

$t_{11}$  – temperatura de intrare a agentului termic primar in schimbatorul de caldura, °C;

$t_{12}$  – temperatura de iesire a agentului termic primar din schimbatorul de caldura, °C;

$t_{21}$  – temperatura de intrare a agentului termic secundar in schimbatorul de caldura, °C;

$t_{12}$  – temperatura de iesire a agentului termic secundar din schimbatorul de caldura, °C;

$t_{PT}$  – temperatura agentului termic la intrarea in retea termica, °C;

$t_1, t_2, \dots, t_n$  – temperaturile agentului termic la capetele aval ale retelei termice, °C;

$t_c$  – temperatura mediului din canalul termic, °C;

$t_m, t_{mr}, t_{mc}$  – temperatura medie a agentului termic la capetele aval ale retelei termice, °C;

$t_{T0}/t_{R0}$  – temperaturile nominale ale agentului termic la dimensionarea instalatiilor de incalzire a consumatorilor deserviti, °C;

$t_{i0}$  – temperatura interioara normata din spatiile incalzite, °C;

$G$  – debitul de agent termic printr-un tronson de conducta,  $m^3/s$ ;

$G_1$  – debitul de agent termic primar prin schimbatorul de caldura,  $m^3/s$ ;

$G_2$  – debitul de agent termic secundar prin schimbatorul de caldura,  $m^3/s$ ;

$G_{10}$  – debitul nominal de agent termic primar prin schimbatorul de caldura,  $m^3/s$ ;

$G_{20}$  – debitul nominal de agent termic secundar prin schimbatorul de caldura,  $m^3/s$ ;

$G_1, G_2, \dots, G_n$  – debitele de agent termic la capetele aval ale retelei termice,  $m^3/s$ ;

$S$  – suprafata schimbatorului de caldura,  $m^2$ ;

$k$  – coeficientul global de transfer termic aferent schimbatorului de caldura,  $W/m^2.K$ ;

$\alpha_1$  – coeficientul de transfer termic convectiv pe circuitul primar al schimbatorului de caldura,  $W/m^2.K$ ;

$\alpha_2$  – coeficientul de transfer termic convectiv pe circuitul secundar al schimbatorului de caldura,  $W/m^2.K$ ;

$\rho$  – densitatea agentului termic,  $kg/m^3$ ;

$c$  – caldura specifica masica la presiune constanta a agentului termic,  $J/kg.K$ ;

$\delta$  – dimensiunea caracteristica in cazul convecției,  $m$ ;

$\lambda$  – conductivitatea termica a agentului termic,  $W/m.K$ ;

$\delta_p$  – grosimea placii schimbatorului de caldura,  $m$ ;

$\lambda_p$  – conductivitatea termica a placii schimbatorului de caldura,  $W/m.K$ ;

$\Phi_r$  – necesarul termic al consumatorului intr-o situatie curenta,  $W$ ;

$\Delta\Phi_{SCH}$  – pierderi termice suplimentare nejustificate aferente SCH,  $W$ ;

$\Delta\Phi_{RT}$  – pierderi termice suplimentare nejustificate aferente RT,  $W$ ;

$L$  – lungimea tronsonului de conducta,  $m$ ;

$R$  – rezistenta termica liniara a tronsonului de conducta,  $m.K/W$ ;

$Nu$  – criteriul Nusselt, -;

Re – criteriul Reynolds, -;  
Pr – criteriul Prandtl, -;  
 $y$  – raportul subunitar al debitelor  $G_1/G_2$ , -;  
 $y_0$  – raportul subunitar al debitelor nominale  $G_{10}/G_{20}$ , -;  
NTU – numarul de unitati de transfer termic aferent schimbatorului de caldura, -;  
 $E$  – modulul termic aferent schimbatorului de caldura / tronsonului de conducta, -;  
 $E_1, E_2, \dots, E_p$  – moduli termici aferenti tronsoanelor de pe un traseu al rețelei, -;  
 $E_{ech_r}$  – modulul termic echivalent al rețelei termice in ipoteza functionala 1, -;  
 $E_{ech_e}$  – modulul termic echivalent al rețelei termice in ipoteza functionala 2, -;  
 $E_{ech}$  – modulul termic echivalent al rețelei termice in ipoteza functionala 3, -;  
 $E_C$  – modulul termic aferent instalatiilor de incalzire ale consumatorilor, -;  
 $\varepsilon_r$  – eficienta energetica a SCH sau RT in ipoteza functionala 1, -;  
 $\varepsilon_e$  – eficienta energetica a SCH sau RT in ipoteza functionala 2, -;  
 $\varepsilon$  – eficienta energetica a SCH sau RT in ipoteza functionala 3, -;  
 $\xi_r, \xi$  - cotele pierderilor termice in rețeaua termica de distributie din puterea termica livrata la consumatori, in ipoteza functionala 1 si respectiv 3;  
 $\Phi_{SCH}$  – fluxul termic transferat prin schimbatorul de caldura, W;  
 $N_F$  – nota functionala a SCH sau RT, -;  
 $N_C$  – nota constructiva a SCH sau RT, -;  
 $N_T$  – nota totala a SCH sau RT, -;

### **Bibliografie**

- [1] - Adrian Marin – Cercetari privind elaborarea unei proceduri de certificare si auditare a sistemelor centralizate de alimentare cu energie termica – teza de doctorat – UTCB, 2019;
- [2] – Florin Iordache – Aspecte termo-energetice in domeniul cladirilor si sistemelor de alimentare cu caldura al acestora (culegere de articole) – editura Matrixrom, Bucuresti, 2015;
- [3] - Florin Iordache – Comportamentul dinamic al echipamentelor si sistemelor termice (editia 3-a) – ed. Matrixrom, Bucuresti, 2008;
- [4] – Florin Iordache – Energetica echipamentelor si sistemelor termice din instalatii – editura Conspress, Bucuresti, 2010;
- [5] – Florin Iordache – Echipamente si sisteme termice. Metode de evaluarea energetica si functionala – ed. Matrixrom, Bucuresti, 2017;