

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 vizeaza 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 retea, 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:

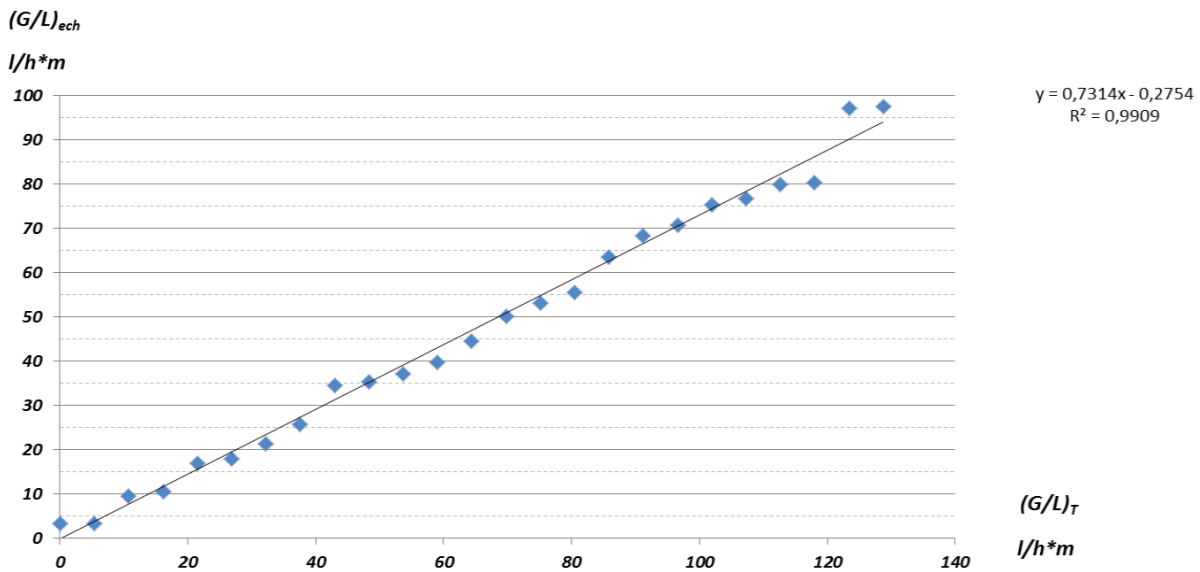


Fig. 1 – Corelatia : (G/L)_{ech} – (G/L)_T

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: $(10 - 110) \cdot 10^{-6}$ ((m³/s)/m), ceea ce conduce la un domeniu pentru debitele specifice liniare echivalente : $(7 - 80) \cdot 10^{-6}$ ((m³/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 modulului 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 modulului 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 modulii termici ai retelei arborescente si ai instalatiilor de incalzire ale consumatorilor deserviti :

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:

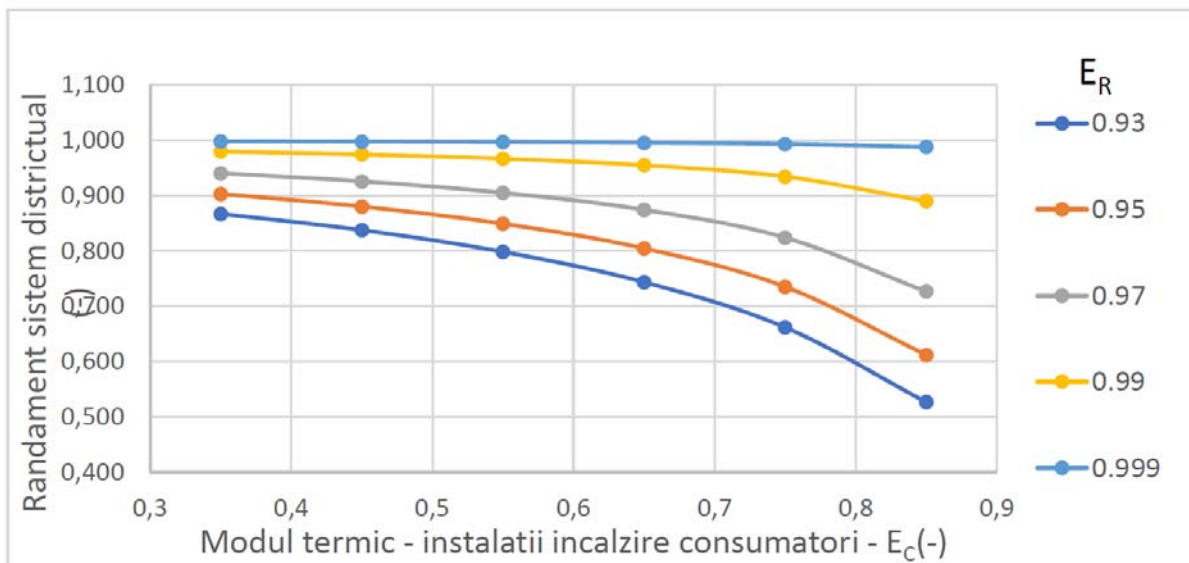


Fig. 2: $\eta_{SD}(E_C) - E_R$ (parametric)

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.

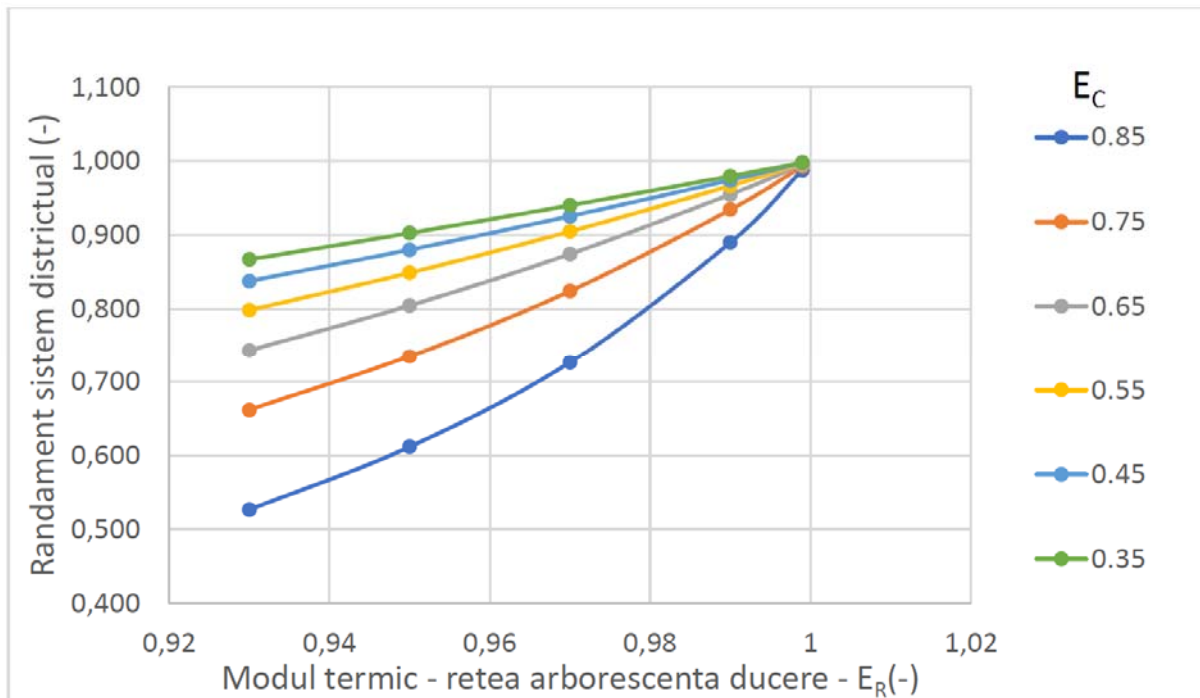


Fig. 3 : $\eta_{SD}(E_R) - E_C$ (parametric)

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 linear 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 izolatia 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 guvernata de moduli termici de rețea arborescentă scăzuți asociați cu valori ridicate ale modurilor instalațiilor de încălzire ale consumatorului, iar zona valorilor ridicate ale randamentului sistemului districtual de încălzire este guvernata de moduli termici de rețea arborescentă ridicați asociați cu valori scăzute ale modurilor instalațiilor de încălzire ale consumatorului. Se poate de aici judeca faptul că dacă avem o rețea termică veche, caracterizată de debite specifice 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, m^3/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/m^3 ;
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;