

Aritmetica repartitoarelor de costuri

Insight into an electronic heat cost allocator

Rodica Frunzulică¹, Mircea Dinescu², Andrei Damian¹, Mirela-Sanda Țoropoc¹

¹Universitatea Tehnică de Construcții București-Facultatea de Inginerie a Instalațiilor
B-dul Pache Protopopescu nr.66, sector 2, București, Romania

²Profesor de fizică

rofrunzulica@gmail.com, mircea.dinescu@gmail.com, adamian7@yahoo.com, tmirela@mailbox.ro

Rezumat. Este cunoscut principiul în baza căruia funcționează repartitoarele electronice de costuri: evaluarea căldurii cedate de către un corp radiant ca funcție de diferența de temperatură dintre suprafața sa și mediul ambiant, pentru un anumit interval de timp, cunoscută fiind puterea sa nominală în condiții de referință. Prezentul articol propune explicitarea manierei în care aceste dispozitive afișează cifre care pot să pară de cele mai multe ori misterioase. De asemenea, articolul propune analiza modului în care principiul de lucru al acestor dispozitive se armonizează cu normativele curente ce reglementează repartizarea costurilor cu încălzirea.

Cuvinte cheie: repartitoare, repartizarea costurilor cu încălzirea.

Abstract. It is generally assumed that the working principle of the electronic heat cost allocators is well known: evaluation of heat emitted by a radiator, as a function of the difference between the surfaces's temperature of the radiator and the indoor air temperature, for a certain period of time, taking into account the radiator's nominal power in nominal conditions. The purpose of this article is to bring into light the manner in which these devices are adding up units to an index that occurs usually mysterious to most of us. We also intend to analyze how the current regulations on the heat cost allocation, is in compliance with the working principle of these devices.

Key words: heat cost allocators, allocation practices, heating bills.

1. Bazele teoretice

Corpurile de încălzire sunt caracterizate de un flux termic nominal Φ_0 în condițiile nominale de temperaturi: tur (T_D) și retur (T_R) ale agentului termic și ale aerului interior (T_i), simbolizate sub forma tripletei ($T_D/T_R/T_i$). În cele ce urmează, vor fi utilizate valorile (90/70/20 °C). Diferența de temperatură ΔT la care se face schimbul de căldură între agentul termic și mediul ambiant, se calculează printr-o medie logaritmică, care este însă foarte bine aproximată prin folosirea mediei aritmetice ΔT_m a temperaturilor tur și retur, exprimata prin relația:

$$\Delta T = T_m - T_i = \frac{T_D + T_R}{2} - T_i \quad (\text{K}) \quad (1)$$

Mărimea ΔT , denumită de multe ori în literatura de specialitate și „excedent de temperatură de lucru”, are în condiții nominale valoarea $\Delta T_0 = 60 \text{ K}$. În situația în care corpul de încălzire lucrează la alt regim de temperaturi decât cel nominal, fluxul termic Φ poate fi exprimat ca:

$$\Phi = \Phi_0 \times \left(\frac{\Delta T}{60} \right)^n = \Phi_0 \times \left(\frac{T_m - T_i}{60} \right)^n \quad (\text{W}) \quad (2)$$

în care n este definit ca exponent al radiatorului și are valori cuprinse între 1,22 și 1,36 pentru corpurile de încălzire uzuale, depinzând de tipul lor constructiv.

Ca o consecință a relației (2), pentru un corp de încălzire al cărui flux termic nominal Φ_0 este cunoscut și care lucrează un timp t , la o diferență variabilă de temperatură ΔT , evaluarea căldurii cedate se face prin relația:

$$Q = \int_t \Phi(t) dt = \Phi_0 \int_t \left(\frac{\Delta T(t)}{60} \right)^n dt \quad (\text{J}) \quad (3)$$

În situația corpurilor de încălzire cu un regim intermitent de funcționare, precum cele dotate cu robinet termostatic, unde nu există o dependență funcțională de timp a diferenței de temperatura ΔT , se recurge la discretizarea integralei (3), pe diviziuni convenabil alese ale intervalului de timp evaluat. Cu ajutorul a doua sonde de temperatură încorporate în repartitor, se fac măsurări ale temperaturilor T_m și T_i la intervale de timp τ de 4 minute, interval pentru care se determină cantitatea discretă de căldură q_j , conform Figurii 1.

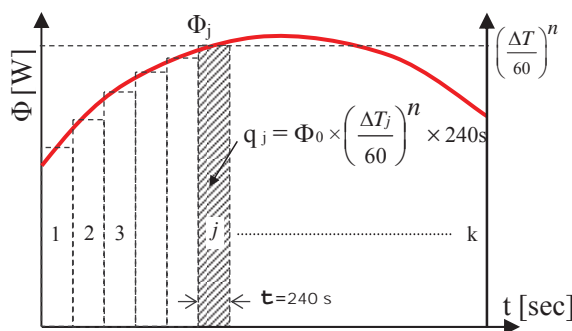


Figura 1: Discretizarea curbei de variație a puterii corpului de încălzire

Deoarece intervalul de timp evaluat t , este divizat în k subintervale de timp a câte 240 secunde, calculul căldurii emise se exprimă ca:

$$Q = \sum_{j=1}^k (\Phi_j \times \tau) = \sum_{j=1}^k \Phi_0 \times \left(\frac{T_{m,j} - T_{i,j}}{60} \right)^n \times 240s = \Phi_0 \times 240s \times \sum_{j=1}^k \left(\frac{\Delta T_j}{60} \right)^n \quad (\text{J}) \quad (4)$$

Relația (4) poate fi rescrisă sub forma:

$$Q = \Phi_0 \times 3600 \text{ s} \times \frac{1}{15} \sum_{j=1}^k \left(\frac{\Delta T_j}{60} \right)^n = \frac{\Phi_0}{1000} \times 1 \text{ ora} \times N \quad (\text{J}) \quad (5)$$

În relația (5), mărimea N reprezintă chiar variația de index de repartitor în intervalul t :

$$N = \frac{1}{15} \sum_{j=1}^k \left(\frac{\Delta T_j}{60} \right)^n \quad (\text{ore}) \quad (6)$$

Tot în relația (5), mărimea $(\Phi_0/1000)$ reprezintă *factorul de evaluare în raport cu puterea termică* a corpului de încălzire, se notează cu K_Q și nu este altceva decât puterea nominală a acestuia exprimată în kW. Se observă astfel că variația N a indexului de repartitor, reprezintă numărul echivalent de ore în care corpul de încălzire a lucrat la putere nominală Φ_0 exprimată în kW, în ipoteza în care diferențele de temperaturi ΔT_j înregistrate de repartitor, coincid cu diferențele reale de temperaturi între agentul termic și mediul interior. Conform normativului european EN 834, evaluarea schimbului de căldură trebuie bazată pe principiul dat de relația (5), măsurând temperatura ambientală T_i , la 1,5 m distanță de radiator și la 0,75 m înălțime față de sol [1]. Acest lucru este posibil în cazul repartitorului compact cu doua sonde de temperatură, prin montarea celei de-a doua sonde pe intradosul feței exterioare a dispozitivului și prin determinarea experimentală a curbei de variație a temperaturii între valorile T_m și T_i .

În acest sens se definește *valoarea C* a radiatorului, ca reprezentând gradul de cuplaj termic între repartitor și radiator și fiind determinată în condiții de referință:

$$C = 1 - \frac{\Delta T_s}{\Delta T} = 1 - \frac{T_2 - T_3}{T_m - T_i} \quad (-) \quad (7)$$

În relația (7), ΔT_s este diferența de temperatură în mod real determinată de sondele repartitorului, exprimată prin diferența dintre temperaturile T_2 și T_3 reprezentate în figura 2, iar ΔT are valoarea de 60 K, în condițiile (90/70/20).

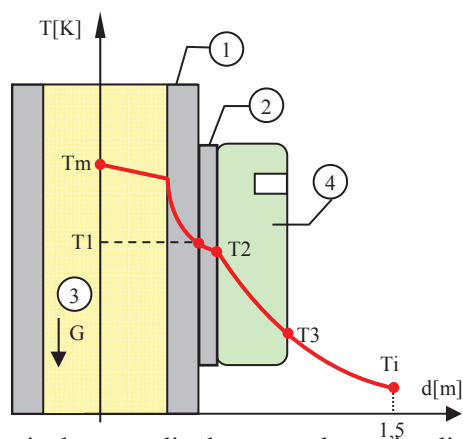


Figura 2. Secțiune în plan vertical perpendicular pe axele unui radiator generic.

1- suprafața de transfer termic cu exteriorul; 2 - placa de contact a repartitorului cu suprafața corpului de încălzire; 3 – agent termic; 4- corpul repartitorului.

Valoarea C a radiatorului este o caracteristică a fiecărei perechi : ”tip radiator- model de repartitor” în parte, determinându-se pe bancul de probă în condiții de laborator. În

zona regimurilor uzuale de temperaturi, caracteristica $\Delta T_s = f(\Delta T)$ aproximează o dreaptă cu panta pozitivă și subunitară, astfel încât pentru a putea determina cu acuratețe transferul de căldură, noțiunea de valoare C a radiatorului este extinsă de către normativul EN 834 prin definirea *factorului de cuplaj termic* K_c dintre radiator și repartitor:

$$K_c = \frac{R_{Base}}{R_{Evaluation}} = \left(\frac{\Delta T}{\Delta T_s} \right)^n \quad (-) \quad (8)$$

unde R_{Base} este viteza de contorizare a repartitorului în condițiile de referință: 90/70/20 °C, având dat $C=0$, adică un cuplaj termic perfect, iar $R_{Evaluation}$ este viteza de contorizare reală a repartitorului montat pe un corp radiant având o valoare C cunoscută și funcționând în condițiile nominale: (90/70/20 °C). Trebuie precizat că normativul EN 834, definește K_c doar prin prima fracție a relației (8), restul relației decurgând din aceasta. Tot astfel, cu elementele din figura 2, și raportând relația (7) la relația (8), se observă că în aproximarea $T_1=T_2$, are loc relația:

$$K_c = \left(\frac{\Delta T}{\Delta T_s} \right)^n = \left(\frac{1}{1-C} \right)^n = (K_{c0})^n \quad (-) \quad (9)$$

unde atribuim mărimii K_{c0} , denumirea de *coeficient de cuplaj termic redus*. Ținând cont ca ΔT_j din relația (5) are semnificația mărimii ΔT din relația (9) și eliminând-o între aceste două relații, se obține relația:

$$Q = K_Q \times \frac{1}{15} \sum_{j=1}^k \left[(K_{c0})^n \times \left(\frac{\Delta T_{s_j}}{60} \right)^n \right] = K_Q \times (K_{c0})^n \times N = K_Q \times K_c \times N \quad (10)$$

Interpretarea relației (10), indică produsul $K_c \times N$, ca reprezentând numărul echivalent de ore în care radiatorul a lucrat la putere nominală K_Q exprimată în kW. De asemenea, trebuie precizat că produsul $K_Q \times K_c$, constituie *factorul global de evaluare în raport cu puterea termică a corpului radiant*, așa precum este prezentat numeric în notele de consum emise de firmele de repartizare a costurilor.

Există variațiuni între algoritmi folosiți de diverșii producători de repartitoare. Astfel, exponenții uzuali sunt 1,3 dar și 1,15. Tot astfel, o mare parte a modelelor în uz, folosesc un factor de cuplaj termic redus K_{c0} de 2,5 înglobat deja în “aritmetica” dispozitivului și care se reflectă într-o variație semnificativ mai mare a indexului acestuia, comparativ cu alte repartitoare. Toate evaluează însă în final, căldura emisă de un corp radiant exprimată în kWh, de-a lungul unei perioade oarecare.

2. Condiții și limitări de aplicabilitate

Factorii K_Q și K_c trebuie stabiliți cu precizie. Determinarea lui K_Q trebuie să fie făcută la același excedent de temperatură de lucru în condiții nominale, precum valoarea numitorului integralei (3). Poziția de montare a repartitorului pe verticala radiatorului, trebuie să corespundă locului în care temperatura agentului termic atinge media aritmetică a temperaturilor T_D și T_R . Pentru corpuri de încălzire cu puteri nominale foarte mari, se impune montarea a două sau mai multor dispozitive, în poziții foarte

bine precizate. Nu este posibilă evaluarea corectă a consumului unui radiator cu o putere nominală mai mare de 6000 W sau cu o lungime mai mare de 3m, prin amplasarea unui singur repartitor, datorită neregularităților care apar în dispersia densității de flux termic pe suprafața radiatorului, la debite foarte mici ale agentului termic. Metoda de evaluare poate induce anumite erori ce nu țin numai de construcția repartitorului, ci depind de o serie de factori externi acestuia. Astfel, cu toate că dimensiunea relației (10) de determinare a căldurii cedate este aceea de kWh, rezultatului nu i se asociază o unitate de măsură ci este declarat adimensional. Suplimentar, în condominii apare necesitatea evaluării unor costuri comune, care se scad din consumul global de căldură, restul rămânând a fi distribuite între apartamentele respective, iar puterea debitată de anumite corpuri de încălzire plasate în condiții defavorizate, este diminuată în mod intenționat printr-un *factor de amplasare* K_A . De aceea, se preferă metoda “repartizării consumurilor”, prin aplicarea unei condiții de închidere sumei calculațiilor date de relația (10) pentru fiecare radiator în parte. În acest scop, se definește unitatea de consum adimensională U , reprezentând consumul relativ al unui radiator al cărui repartitor a înregistrat o variație de index N :

$$U = K_Q \times K_C \times K_A \times N \quad (-) \quad (11)$$

3. Aspecte ale reglementării repartizării costurilor cu încălzirea

În practica internațională, repartizarea costurilor între beneficiarii sistemelor de încălzire centralizată (district heating), se bazează pe teoria economică a costului cu două componente: o parte fixă și una variabilă, la baza căreia stau două perspective complementare:

1) a furnizorului de căldură, care face distincție între costurile relativ fixe de investiție în construirea și menținerea infrastructurii de producere și transport căldură, și costurile dinamice de consum efectiv de combustibil;

2) a consumatorilor de căldură, unde defalcarea costurilor în fixe și variabile are legatură cu raportul dintre căldura cedată direct spre mediul exterior prin anvelopa clădirii și care se plătește în final furnizorului, și o parte semnificativă a acesteia, circulată între subdiviziunile unui condominiu, datorită diferențelor de temperatură dintre acestea. Reglementările occidentale stabilesc partea fixă a consumurilor la o valoare situată de cele mai multe ori între 30%-50% din consumul total, valoare pe care experiența o arată a satisface ambele perspective descrise. Partea fixă se distribuie pe cota indiviză de proprietate a consumatorului final iar partea variabilă se alocă în funcție de unitățile de consum generate de repartitoare. Avantajele metodei sunt:

- Încurajează economia de căldură în limite raționale și asigură în întregul condominiu, un confort termic minimal;
- Repartiția costurilor între apartamente este relativ echitabilă;
- Menține la minimum fenomenul de „furt de căldură”;
- Împiedică inițiativa debranșării și deci a apariției mai multor furnizori de căldură într-un condominiu.

În România, permiterea debranșărilor de la sistemele de alimentare centralizată cu energie termică (SACET) și apariția în condominii a mai multor furnizori de căldură, a îngreunat aplicarea unui sistem echitabil de repartizare a costurilor între beneficiarii SACET și între aceștia din urmă și utilizatorii de sisteme individuale de încălzire.

În aceste condiții, abordarea a fost aceea de a diferenția costurile într-un condominiu în “comune” și respectiv “individuale” și de a găsi o metodă de evaluare a lor în raport cu consumul total de căldură. Astfel, în categoria costurilor individuale a fost încadrată căldura cedată de coloanele verticale de distribuție care traversează apartamentele, iar în categoria costurilor comune, consumurile de căldură de pe casa scării, subsol, uscătorii etc. Pentru a evalua consumul comun și cel produs de coloanele de distribuție, se utilizează într-o manieră neobișnuită un repartitor de costuri care este montat pe conducta tur a bransamentului condominiului și care a primit numele de repartitor “comun”, sau “martor” [2],[3]. Condominiile au fost supuse unui proces de evaluare a puterilor termice totale a domeniului “comun” și a coloanelor de distribuție ce străbat fiecare apartament în parte iar firmele de repartizare a costurilor au trebuit să stabilească coeficienți de cuplaj termic K_{COM} între conducta de bransament și repartitorul comun. Pentru fiecare ciclu lunar de repartizare a costurilor, se calculează unități de consum generate de categoriile de consumatori menționate, unități care în final se adaugă la suma unităților generate de repartitoarele de pe radiatoare, formând numărul total de unități de consum pentru întregul condominiu. Astfel, fiind date consumul total Q_{TOTAL} de căldură la contorul de bransament, puterea termică nominală P_{COM} a întregii instalații aparținând domeniului comun, puterile nominale $P_{COL(j)}$ ale tuturor coloanelor de distribuție care străbat apartamentul “j”, suma unităților de consum U_{RADj} produse de radiatoare în apartamentul “j”, precum și variația de index a repartitorului comun N_{COM} , se stabilesc constantele de sistem sub forma factorului global de evaluare $K_{Q COM}$ a puterii totale a instalației comune P_{COM} și factorul global $K_{Q COLj}$ de evaluare a puterii P_{COLj} a coloanelor individuale ce traversează apartamentul “j”:

$$K_{Q COM} = (P_{COM} / 1000) \times K_{COM} \quad (14); \quad K_{Q COLj} = (P_{COLj} / 1000) \times K_{COM} \quad (15)$$

Cu aceste constante, se calculează lunar unitățile de consum U , pentru domeniile comune, coloane și radiatoare în întregul condominiu, conform relațiilor:

$$U_{COM} = 0,85 \times N_{COM} \times K_{Q COM} \quad (16); \quad U_{COL} = 0,85 \times N_{COM} \times \sum K_{Q COLj} \quad (17)$$

$$U_{RAD} = \sum U_{RADj} \quad (18); \quad U_{TOTAL} = U_{COM} + U_{COL} + U_{RAD} \quad (19)$$

Din raportarea succesivă a valorilor U_{COM} , U_{COL} și U_{RAD} , la totalul U_{TOTAL} , se deduce proporția consumurilor în condominiu. Valoarea în unități de energie a unității de consum se stabilește din raportul:

$$u_c = Q_{TOTAL} / U_{TOTAL} \quad (\text{kWh}) \quad (20)$$

Consumatorul individual primește la plată un număr de unități de consum U_j :

$$U_j = \alpha_j \times U_{COM} + (0,85 \times K_{Q COLj} \times N_{COM}) + U_{RADj} \quad (-) \quad (21)$$

unde α_j reprezintă cota indiviză de proprietate a apartamentului “j” iar coeficientul 0,85 este introdus pentru a corecta faptul că repartitorul comun înregistrează numai temperatura tur a agentului termic. El a rezultat din compararea rapoartelor (90-20)/60

și $(80-20)/60$. De remarcat însă că s-a omis ridicarea la puterea n (exponentul folosit de repartitor), a acestei valori.

4. Observații asupra metodei aplicate în prezent:

- Demersul de a evalua căldura cedată de părțile comune ale instalației unui condominiu precum și a coloanelor de distribuție, prin utilizarea unui singur dispozitiv de tip repartitor, atașat conductei de branșament, induce erori majore de repartizare a costurilor. Nu se ține cont de căderea de temperatură pe traseele de distribuție și nici de faptul că aceste trasee (coloane), au un regim variabil de funcționare, dictat de acțiunea combinată a robinetelor termostactice.
- Căldura cedată de coloanele verticale de distribuție în fiecare apartament în parte, nu este supusă în niciun fel controlului ocupanților apartamentului și de aceea încadrarea ei în categoria “costuri individuale” este impropriu făcută de către Ordinul 343/2010, chiar și în situația în care ar fi corect determinată. Conceptul este similar cu normele elvețiene dar conduce din nefericire și spre deosebire de acestea din urmă, la o supraevaluare a căldurii cedate de coloane.

5. Efectele aplicării Ordinului 343/2010

- Evaluarea consumului total al radiatoarelor în condominii, a ajuns să atingă cote de 30% sau chiar mai mici, din consumul total înregistrat la branșament, în intervale de maximă sarcină termică, contrazicând astfel chiar și normativele energetice de proiectare și construcție a clădirilor existente. Acest lucru este de cele mai multe ori mascat în centralizatoarele de consum pe condominiu, prin înglobarea în consumul individual global, a căldurii cedate de coloanele de distribuție, centralizatoare care constituie singura parte a repartizării, vizibilă tuturor;
- S-a produs o decredibilizare a sistemului de repartizare a costurilor bazat pe folosirea robinetelor termostactice și a repartitoarelor electronice de costuri și a apărut un curent de opinie favorabil întoarcerii la sistemul pașal.
- Maniera de tratare a consumului produs pe coloanele de distribuție, a condus la o tendință de izolare a acestor coloane de către proprietarii individuali, ajungându-se astfel în situația anormală de a se investi pentru a nu intra căldura într-o locuință, în loc de a limita pierderile de căldură spre exterior. Izolarea coloanelor, nu împiedică schimbul de căldura prin pereți, ci dimpotriva, îl favorizează.
- Pentru a-și păstra clienții nemulțumiți de proporțiile de consum induse de aplicarea normativului, unele firme de repartizare a costurilor au început să afișeze în notele individuale de consum, procente extrem de mici pentru consumul comun într-un condominiu, aflate în plaja 2%-5% din consumul înregistrat la branșament. Această practică contrazice chiar norma tehnică de aplicare a Ordinului 343/2010. Efectul imediat este acela ca apartamentele debranșate care și-au izolat și coloanele individuale de distribuție, ajung să contribuie cu extrem de puțin la căldura livrată de SACET.

- Colectarea de informații în scopul studierii impactului de aplicare a normei, se lovește de atributul de “date cu caracter personal” purtat de acest gen de informații. Această “confidențializare”, a condus și la încurajarea unui comportament incorect în cadrul asociațiilor de proprietari, prin neinventarierea corespunzătoare a corpurilor de încălzire. Prin contrast, contorul individual de energie electrică este plasat pe casa scării și vizibil tuturor.

Pentru rezolvarea acestei situații, întrevădem ca posibile soluții următoarele:

Pasul 1: trecerea la sistemul occidental, în care o cotă fixă din consumul total este repartizat pe cotă indiviză. Stabilirea acestui procent este destul de problematică, iar individualizarea lui în funcție de particularitățile constructive ale fiecărei clădiri, deși este indicată, se poate dovedi neproductivă.

Pentru început însă, stabilirea lui în intervalul: 30%-50%, conduce la rezultate mult mai apropiate de realitate decât cele prezente. Semnificația împărțirii costurilor în fixe și variabile trebuie explicată corect consumatorului. Metoda “repartitorului comun” trebuie abandonată.

Pasul 2: trebuie cunoscut consumul total de căldură într-un condominiu, indiferent din ce sursă ar proveni aceasta. Este posibil de imaginat un sistem în care posesorii de centrale termice de apartament furnizează în mod direct sau automat, consumul lor lunar de energie termică pentru încălzire. Cota fixă definită la pasul 1, se va aplica bilanțului de căldură livrată în condominiu de către SACET și de către centralele termice de apartament.

6. Concluzii:

Repartitorul electronic de costuri constituie un principiu secundar de determinare a căldurii cedate de corpurile de încălzire. Dimensiunea fizică a indicațiilor sale este aceea de timp, în timp ce pentru unitățile de consum este kWh. În condițiile utilizării lor conform normativului EN 834, suma unităților de consum într-un condominiu, nealterate de factorii de amplasare, oferă o buna indicație asupra căldurii totale cedate de radiatoare într-un imobil racordat la SACET.

Referințe

- [1] European Committee for Standardization, European Standard EN834, Ref. n° prEN 834: 2010
- [2] ANRSC, Norma tehnica de aplicare a Ordinului nr. 343/2010, MO 501 / 20 iulie 2010.
- [3] ANRSC, Prezentare ordin 343, <http://www.docstoc.com/docs/119829644/PREZENTARE-ORDIN-343-F>.
- [4] Legea 372/2005, privind performanța energetică a clădirilor, MO Part I no. 1144/2005 .
- [5] Frunzulică R, Toropoc M, Dinescu M, 2013, The influence of thermostatic valves utilization and their impact on rehabilitated built environment, RCEPB 2013
- [6] Sontex SA, Manual EHCA 555-556 rev. 01-08-2012, 2605 Sonceboz, Schweiz
- [7] SIEMENS Schweiz AG, WHE5 family System Complete Manual, Version 2.11 / 14.02.2012
- [8] INNOTAS Elektronik GmbH, Electronic Heat Cost Allocator EURIS II Documentation, Apr.02/2013