

ELEMENTE AJUTĂTOARE PENTRU UTILIZAREA METODEI „GRADE-ZILE” ÎN ROMÂNIA

Conf. dr. ing. Viorel BĂDESCU*, Dr. fiz. Elena ZAMFIR**

*UNIVERSITATEA POLITEHNICA Bucureşti, **SPERIN Bucureşti

Abstract. The distribution of hourly average ambient temperature was represented analytically. The regression coefficients were obtained by fitting the distribution function to the existing meteorological data. Temperature distribution functions have been produced and tested. From such functions, the degree-hour numbers can be calculated easily.

1. INTRODUCERE

O proiectare corectă a sistemelor de încălzire și/sau climatizare a clădirilor presupune efectuarea în prealabil a unor evaluări privind necesarul de energie. În acest scop au fost dezvoltate programe de calcul sofisticate (a se vedea de exemplu [1] și lucrările citate acolo). Pentru evaluări de primă aproximatie au fost propuse însă metode mai simple, utile îndeosebi în fazele incipiente ale proiectării sistemelor termice. Una dintre aceste ultime metode se bazează pe noțiunea de „grade-zile” (folosirea sa este standardizată și în cazul României [2]).

Scopul principal al acestei lucrări este de a sintetiza și extinde rezultatele prezentate de noi în [3,4], rezultate care pot constitui instrumente utile pentru folosirea metodei grade-zile în România. S-au parcurs următoarele etape. Au fost create, în primul rând, trei minibaze de date meteorologice. În al doilea rând, a fost propusă o reprezentare analitică pentru variația medie orară a temperaturii ambiante, stabilind coeficienți de regresie valabili în cazul țării noastre. În al treilea rând, au fost obținute și testate mai multe curbe de frecvențe cumulate pentru temperatura ambiantă. Folosind astfel de curbe se poate evalua ușor numărul de grade-zile.

2. BAZA DE DATE METEOROLOGICE

Principala bază de date elaborată (MONTHRO) se referă la valori medii lunare ale temperaturii maxime, medii și minime zilnice, pentru 29 localități din țară. Datele au fost culese din [5]. Detalii privind tehnica de măsurare și prelucrare a datelor primare pot fi găsite în [6]. Rezultatele sunt prezentate în Tabelele 2 și 3 din [4]. A doua bază de date (HOURMED) se referă la medii multianuale ale temperaturii medii orare observate la Iași. Datele se regăsesc în tabelul 19, p. 58 din [7]. Anii de colectare sunt 1947–75. A treia bază de date (HOURREAD) se referă la citiri orare ale temperaturii, efectuate la București și Iași [8]. Anii de colectare au fost: București (ianuarie): 1960–71; București (iulie): 1960–69; Iași (ianuarie și iulie): 1964–67; 69–73. Datele constau în valori măsurate la orele 6.00, 9.00, 12.00, 15.00 și 18.00 în iulie și la orele 9.00, 12.00 și 15.00 în ianuarie.

3. VARIATIA MEDIE ZILNICĂ A TEMPERATURII AMBIANTE

Variația zilnică a temperaturilor medii orare a fost studiată în multe lucrări. Urmând procedura propusă în [9] se poate calcula valoarea medie lunărie a temperaturii orare $T_{a,h}$ pornind de la valoarea medie lunărie a temperaturii \bar{T}_a și valoarea medie lunărie a amplitudinii zilnice a temperaturii, \bar{A} , folosind

$$\bar{T}_{a,h} = \bar{T}_a + \bar{A} \sum_{k=1}^4 a_k \cos(k t' + b_k) \quad (1)$$

Aici \bar{T}_a se calculează cu

$$\bar{T}_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \langle T_a \rangle_i \quad (2)$$

n fiind numărul de zile din lună iar $\langle T_a \rangle_i$ fiind temperatura medie a zilei i . \bar{A} se calculează cu :

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (T_{max,i} - T_{min,i}) \quad (3)$$

unde $T_{max,i}$, $T_{min,i}$ = temperaturile maximă și respectiv minimă din ziua i . De asemenea, $t' = 2\pi(t-1)/24$, t = ora din zi (12 la amiază).

Folosind baza de date HOURMED (Iași) am calculat variația temperaturii medii zilnice normalizată $(\bar{T}_{a,h} - \bar{T})/\bar{A}$ pentru toate lunile; apoi, prin folosirea unei tehnici de regresie neliniară am obținut valori ale coeficienților a_k și b_k ($a_1 = 0,4672$; $a_2 = 0,0787$; $a_3 = 0,0227$; $a_4 = 0,0102$; $b_1 = -3,6700$; $b_2 = -0,0428$; $b_3 = -0,3407$; $b_4 = -0,5070$). Eroarea medie patratnică a ecuației (1) în raport cu datele de la Iași este $0,6508^\circ C$.

4. CURBA DE FRECVENTE CUMULATE A TEMPERATURII AMBIANTE

Curba de frecvențe cumulate (CFC) a temperaturii ambiante va fi notată aici cu $Q(T)$. Teoria modernă a metodei grade-zile folosește intens acest mijloc de compactizare a informației [9]. Odată ce o CFC este cunoscută, numărul de grade-zile poate fi obținut prin integrare (a se vedea ecuația (12)). Dacă N este numărul de ore pe lună, $NQ(T)$ este numărul de ore din lună

pentru care temperatura ambiantă a fost mai mică decât T . Curba CFC obținută prin folosirea datelor din 9 localități din SUA a fost folosită în [9] pentru a stabili urmatoarea relație uni-parametrică:

$$Q(T) = [1 + \exp(-3,396 h)]^{-1} \quad (4)$$

unde parametrul h este definit ca:

$$h = (T - \bar{T}_a) / (\sqrt{n} \sigma_m) \quad (5)$$

Aici σ_m este deviația standard a valorii medii lunare \bar{T}_a .

4.1. CFC a temperaturii medii lunare la Iași

Prin metoda celor mai mici pătrate am obținut următoarea ecuație de regresie, folosind baza de date HOURMED

$$\sigma_m = 0.1602 + 0.1871\bar{T}_a - 0.4043\bar{T}_{min} + 0.2272\bar{T}_{max} \quad (6)$$

Eroarea medie pătratică (EMP) a ecuației (6) este 0,0101 °C.

4.2. CFC pentru temperaturi medii lunare în România

Un alt tip de CFC pentru temperatura ambiantă poate fi construit folosind baza de date MONTTHRO. O CFC astfel obținută prezintă două avantaje. În primul rând, lărgeste aria geografică a aplicațiilor viitoare, deoarece curba a fost obținută folosind un set de date acoperind întreaga suprafață a țării. În al doilea rând, se pot obține CFC mai netede, datorită faptului că este folosită o bază de date mai bogată. Apare însă o dificultate. Trebuie să înlocuim σ_m din (5) cu un alt indicator, mai accesibil, care să descrie împrăștierea datelor. O tentativă poate fi facută folosind următorul nou indicator de împrăștiere:

$$\Delta' \equiv (\bar{T}_{max} - \bar{T}_{min}) / 2 \quad (7)$$

Regresia de mai jos este obținută folosind baza de date MONTTHRO:

$$\Delta' = 1.479 + 0.1101\bar{T}_a + 0.2803\sigma_{yr} \quad (8)$$

Aici σ_{yr} reprezintă deviația standard a valorilor temperaturilor medii lunare, în raport cu temperatura medie anuală. Eroarea pătratică medie pentru valorile Δ' estimate folosind ecuația (8) este 1,001 °C. Este de așteptat ca ecuația (8) să poată fi folosită pentru evaluarea lui Δ' și în alte locuri din țară unde sunt disponibile numai valorile medii lunare ale temperaturii. Când Δ' înlocuiește σ_m , parametrul h'

$$h' \equiv (T - \bar{T}_a) / (\sqrt{n} \Delta') \quad (9)$$

trebuie să îl înlocuiască pe h .

O regresie la aceste date folosind baza de date MONTTHRO este dată de

$$Q(h') = \sum_{i=1}^7 \alpha'_i h'^{i-1} \quad (10)$$

unde $Q(h')$ este un număr subunitar iar $\alpha'_1 = 0,5480661$; $\alpha'_2 = 2,648215$; $\alpha'_3 = -7,489481$; $\alpha'_4 = -9,308743$; $\alpha'_5 = 185,1135$; $\alpha'_6 = -12,60897$; $\alpha'_7 = 1221,874$.

5. METODE PENTRU EVALUAREA NUMĂRULUI DE GRADE-ZILE

Metoda cea mai recomandată pentru a evalua numărul de „grade-ore” pentru o localitate particulară este de a folosi temperaturile orare măsurate T și de a evalua deficitul de temperatură în raport cu o temperatură de referință (notată aici T_b). Acest deficit este aşa numitul număr de grade-ore (notat aici $D_H(T_b)$). Deficitul este zero când $T = T_b$ și este $(T_b - T)$ când $T < T_b$. Numărul de grade-zile (notat aici $D_D(T_b)$) se obține printr-o sumare a valorilor orare din cursul unei zile și prin împărțirea rezultatului la 24.

Cea mai mare parte a posibilităților utilizatori nu au acces la date orare, ci, cel mult, la valori medii lunare ale temperaturii. În această situație pot fi folosite mai multe metode simple. De exemplu, numărul de grade-zile poate fi evaluat folosind [10]

$$D_D(T_b) = n \{ T_b - (\bar{T}_{max} + \bar{T}_{min}) / 2 \} \quad (14)$$

Curba de frecvențe cumulate $Q(T_b)$ poate fi întrebuiată pentru evaluarea numărului de grade-zile folosind [9] :

$$D_D(T_b) = n \int_{\bar{T}_{min}}^{T_b} Q(T_b) dT_b \quad (15)$$

Aici trebuie folosite ecuațiile (4) și (5). De notat că atunci când $T_b > T_{max}$ avem $Q(T)=1$ și domeniul de integrare trebuie separat în două regiuni.

7. CONCLUZII

Principalele concluzii ale lucrării sunt următoarele:

1) A fost propusă o relație (ecuația (1)) pentru evaluarea variației medii zilnice a temperaturii la nivelul întregii suprafețe a României. Relația folosește ca mărimi de intrare valori medii lunare ale temperaturii minime, medii și maxime zilnice.

2) Au fost propuse expresii analitice pentru curba de frecvențe cumulate a temperaturii ambiante atât pentru Iași (ecuația (6)) cât și pentru întreg teritoriul țării (ecuația (10)). Ultima ecuație necesită ca mărimi de intrare valorile medii lunare ale temperaturii medii, minime și maxime zilnice. Aceeași ecuație poate fi folosită având ca intrare o singură mărime, și anume temperatura medie lunară, dacă parametrul ce descrie împrăștierea datelor de măsură este descris folosind ecuația (10). Aceste rezultate completează studiul nostru prezentat în [11].

3) A fost obținută o expresie analitică (ecuația (8)) pentru evaluarea deviației standard σ_m a temperaturii medii lunare la Iași. Această ecuație poate fi folosită în primă aproximare și pentru localități românești cu indice climatic comparabil.

Mulțumiri. Autorii mulțumesc domnului Dr. fiz. Ion Ciocoiu de la Institutul Național de Meteorologie și Hidrologie, pentru sprijinul acordat în timpul elaborării bazei de date meteorologice HOUREAD. De asemenea, sunt aduse mulțumiri domnului Prof. dr. ing. Dan Constantinescu (INCERC și Universitatea Tehnică de Construcții București) pentru comentarii și sugestii.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Cannistrato G., Giaconia C., Pietrafesa M., Rizzo G., *Reduced weather data for building climatization and application to 29 European locations*, Energy Int. J., vol. 20, 637-646, 1995.
- [2] SR 4839-1997. *Instalații de încălzire. Numărul mediu de grade zile*. Institutul Român de Standardizare. București, mai 1997.
- [3] Bădescu V., Zamfir E., *Adapting the degree-day method to Romania*, Renewable Energy, vol. 16, 1374-1377, 1998.
- [4] Bădescu V., Zamfir E., *Degree-days, degree-hours and ambient temperature bin data from monthly-average temperatures (Romania)*, Energy Conversion and Management, vol. 40, 885-900, 1999.
- [5] INMH, *Anuarul meteorologic*, Institutul Național de Meteorologie și Hidrologie, București, 1964-1972
- [6] Bădescu V., *Studies concerning the empirical relationship of cloud shade to point cloudiness (Romania)*, Theor. Appl. Climatol., vol. 44, 187-200, 1991.
- [7] Erhan E., *Clima și microclimale din zona orașului Iași*, Junimea, Iași, 1979.
- [8] INMH, *Baze de date privind temperatura ambiantă*, Institutul Național de Meteorologie și Hidrologie, București, 1975
- [9] Erbs D., Klein S., Beckman W., *Estimation of degree-days and ambient temperature bin data from monthly-average temperatures*, ASHRAE J., vol. 25, 60-65, 1983.
- [10] Keith F., Kreider F., *Principles of Solar Engineering*, McGraw-Hill, New York, 1978, pp 410-411
- [11] Bădescu V., Zamfir E., *Proceduri de stabilire a numărului de grade-zile. Analiza comparativă a unor metode actuale*. Construcții, Nr. 1 (ianuarie-februarie), 29-36, 1999.

IN MEMORIAM

Născut pe plaiuri vrâncene, după absolvirea cursurilor primare și secundare, urmează studiile liceale în Brașov și universitare la Școala Politehnică din București, pe care a absolvit-o în 1942 ca inginer mecanic.

A lucrat ca inginer în Direcția Planificării C.F.R., apoi ca secretar general la Ministerul Asigurărilor Sociale. Din 1947 a început activitatea în învățământul superior la Institutul Politehnic din București, unde a funcționat ca profesor (1962-1978); șef al Catedrei de Motoare cu Ardere Internă (1964-1978); prorector (1964-1968); rector (1968-1972). În paralel a predat ca profesor și la Academia Tehnică Militară din București (1950-1954); „visiting professor” la Illinois Institute of Technology-Chicago, S.U.A. (1982-1983) și la University of Illinois-Chicago, S.U.A. (1988).

A desfășurat o bogată și variată activitate științifică: colaborator științific (1949-1950), cercetător științific (1950-1964), șef al Secției de Termoenergetică (1964-1968) la Institutul de Energetică al Academiei Române; „senior scientist” la Departamentul de Știință și Tehnologie al companiei americane International Harvester (1980-1982); fondator și președinte al corporației ATR (Advanced Technology and Research) dedicată expertizei și cercetării conceptelor noi în motoare cu ardere internă. Doctor inginer (1968), doctor docent în științe (1970) și „distinguished fellow” al Societății Internaționale pentru Intercomunicarea de Idei Noi (1995).

În 1963, la 21 martie a fost ales la numai 44 ani membru corespondent al Academiei Române. Este autorul a peste 130 lucrări științifice publicate atât în țară, cât și în străinătate, care abordează probleme variante din domeniile: conservarea energiei, protecția mediului înconjurător, folosirea combustibililor neconvenționali, procese de ardere, termodinamica, gazodinamica, hidrodinamica, dinamica motoarelor cu ardere internă, analiza tensiunilor termice etc. și a patru invenții patentate în S.U.A. și în alte țări; invențiile includ concepte de motoare cu ardere internă având capacitatea de conservare a energiei, toleranță la combustibili și emisii poluante reduse. Aceste concepte sunt printre cele mai avansate în domeniile respective. Sunt și vor rămâne lucrări de referință și tratatele sale: *Calculul proceselor de ardere* (1955), *The Balance Improvement of the Moment of Inertia Forces by a two Bank Arrangement* (1967), *Teoria echilibrului motoarelor cu ardere internă în linie* (1973) și a. Lucrarea *A Heat Engine with Unique Characteristics* (1992) a fost premiată cu medalia de aur la al treilea Congres Internațional „Energia, mediul înconjurător și inovația tehnologică” (Caracas, 1995). și-a manifestat interesul și pentru domeniul termodinamicii teoretice publicând lucrări ca *A new perspective in Thermodynamics* (1992) și *A general Natural Principle* (1991).

A fost membru al Societății Internaționale pentru Intercomunicarea de Idei Noi, al Societății Inginerilor de Automobile (SAE International), al Societății Americane a Inginerilor Mecanici (ASME).

Dispariția profesorului George Bărănescu înseamnă o pierdere greu de evaluat pentru știința românească dar și pentru cea universală.



George S. BĂRĂNESCU
(13.05.1919 – 6.04.2001)