



Universitatea Tehnică
de Construcții București

MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE
UNIVERSITATEA TEHNICĂ DE CONSTRUCȚII BUCUREȘTI
ȘCOALA DOCTORALĂ

Raport de cercetare nr. 3

**Analiza energetică și economică privind implementarea
sistemelor neconvenționale în alimentarea cu energie
termică a consumatorilor civili**

Conducător de doctorat

Prof. dr. ing. Iordache Florin

Student doctorand

Drd. ing. Dragne Horatiu

2019

CUPRINS

1.INTRODUCERE.....	3
2. METODOLOGII DE EVALUARE UTILIZATE.....	4
2.1 Metodologia de calcul folosită pentru evaluarea energetică.....	4
2.2 Metodologia de calcul folosită pentru evaluarea economică a rentabilității sistemului.....	7
3. REZULTATELE ENERGETICE.....	11
3.1 Evaluarea consumurilor de energie lunare.....	11
3.2 Rezultate energetice pentru sisteme de instalații utilizând surse regenerabile pentru 5 orașe reprezentative România.....	12
3.2.1 Rezultate energetice lunare pentru sisteme de instalații utilizând surse regenerabile pentru 5 orașe reprezentative România.....	12
3.2.2 Rezultate energetice anuale pentru sisteme de instalații utilizând surse regenerabile pentru 5 orașe reprezentative România.....	23
3.3 Rezultate energetice pentru sisteme de instalații utilizând surse regenerabile pentru 79 orașe din România.....	30
3.4 Rezultate energetice pentru sisteme de instalații utilizând surse regenerabile folosind o metodă de calcul inovativă.....	71
4. EVALUARE ECONOMICĂ- STUDIU DE CAZ	80
5. CONCLUZII	85
Lista de notații.....	100
BIBLIOGRAFIE.....	103
ANEXE.....	105
ANEXA 1- Grafice economice pentru cazuri din 79 de orașe.....	106

1. INTRODUCERE

Resursele energetice contribuie la baza economiei oricărei țări și joacă un rol important în îmbunătățirea nivelului de trai. Importanța resurselor energetice se evidențiază în aproape toate aspectele dezvoltării și istoricul arată faptul că este o relație foarte strânsă între gestionarea resurselor energetice și activitatea economică. Folosirea energiilor din surse regenerabile, îndeosebi energia solară în aplicațiile clădirilor rezidențiale a câștigat o mare popularitate la nivel global ce îndeplinește scopurile dezvoltării sustenabile și de conservare a mediului [28]. Politicile Uniunii Europene suportă dezvoltarea tehnologiilor ce utilizează surse regenerabile și introduc anumite praguri minime de utilizare a acestora [10]. Ca țară membră a Uniunii Europene, România are obligația să le respecte și să investească în dezvoltarea acestui segment energetic.

Interesul ridicat în energiile regenerabile [13] a crescut datorită politicii globale de înlocuirea resurselor “clasice” epuizabile de materii prime. Din acest motiv, provocarea constă în a obține o rată mai bună de conversie a radiației solare în energie.

Cresterea randamentului global al unui sistem de panouri solare [12] prin îmbunătățirea captării energiei dar și prin stocarea acesteia mai eficient va determina înlocuirea sistemelor de energie neregenerabile cu noile surse.

Cu alte cuvinte problema de bază a sistemelor actuale o reprezintă stadiul încă insuficient de bine dezvoltat tehnologic pentru a realiza un raport cost/beneficiu bun.

Cu toate acestea, la nivel de țară nu există nicio evaluare energetică ce poate conduce către o evaluare la nivel național a potențialului termic pentru diverse configurații de panouri solare termice.

În rapoartele precedente ale tezei de doctorat, s-au arătat limitele teoretice și practice ale folosirii instalațiilor ce utilizează panouri solare termice. Acestea au arătat că panourile solare pot fi folosite cu succes în prepararea energiei termice deservind un consumator rezidențial. Cu toate acestea, pe teritoriul României există 5 zone climatice de calcul, iar valorile temperaturii exterioare și a intensităților solare diferă de la zonă la zonă. Acest lucru a subliniat necesitatea efectuării unui studiu la nivel național pentru a oferi o privire de ansamblu asupra țării. În aceeași măsură se pune problema rentabilității acestor sisteme solare în comparație cu alte sisteme ce utilizează surse neconvenționale de energie sau surse clasice de combustibili fosili.

Acest raport își propune să estimeze capacitatea folosirii sistemelor de panouri solare pentru producerea energiei termice necesară unui consumator rezidențial. Din punct de vedere termic, acest lucru este realizat prin determinarea gradelor de acoperire ale instalației solare și a randamentelor instalației solare și din punct de vedere economic au fost determinate costurile specifice instalației și timpii de recuperare ai investiției în panouri solare.

2.. METODOLOGII DE EVALUARE UTILIZATE

2.1 Metodologia de calcul folosită pentru evaluarea energetică

Reglementări tehnice naționale și standarde europene referitoare la utilizarea energiei solare pentru panouri termice solare sunt următoarele:

SR EN 15316 / 4-3 - Performanța energetică a clădirilor - Metoda de calcul a cerințelor energetice și a randamentelor sistemelor - Partea 4-3: Sisteme de generare de căldură, sisteme termice solare și sisteme fotovoltaice Modul M3-8-3, M8-8-3, M11-8-3

SR EN 15316 / 6-6 - Performanța energetică a clădirilor - Metoda de calcul a performanței energetice a sistemului și a eficienței sistemului - Partea 6-6: Explicarea și justificarea EN 15316-4-3 Modulul M3-8-3 M8-8-3

MC 001/2006- Metodologie de Calcul privind performanța energetică

Pentru determinarea parametrilor climatici și evaluarea perioadei de încălzire au fost folosite:

SR 4839/2014- Instalații de încălzire, Numărul anual de grade-zile

Anexele MC 001/2006- Metodologie de Calcul privind performanța energetică

În cadrul acestui raport, pentru determinările energetice a fost folosită o propunere îmbunătățită a MC-001 revizuită pentru determinarea sistemelor solare.

Metoda de calcul folosită se aplică în cazul clădirilor rezidențiale sau nerezidențiale dotate cu instalații de captare și utilizare a energiei solare pentru încălzirea spațiilor și prepararea apei calde de consum.

Instalația de captare și utilizare a energiei solare este compusă de regulă dintr-o buclă conținând suprafața de captare a energiei solare și un schimbător de căldură imersat într-un rezervor de acumulare sau plasat exterior rezervorului. Dacă schimbătorul de căldură al buclei solare este plasat la partea inferioară a rezervorului, la partea superioară a acestuia se află schimbătorul de căldură al sursei de rezervă bazată pe combustibil clasic. Agentul termic preparat în rezervorul de acumulare este agentul termic utilizat în instalația de încălzire centrală a consumatorului dacă utilitatea este încălzirea spațiilor consumatorului sau apa caldă livrată consumatorului.

Captatoarele solare utilizate pot fi captatoare plane cu placa absorbantă sau captatoare solare cu tuburi vidate. Rezervorul de acumulare are, în general, un volum care să permită consumatorului fructificarea întregii energii termice captate diurn de către bucla solară.

Metoda de evaluare a performanțelor energetice pentru o instalație ce utilizează energia solară folosită este o metodă lunară descrisă în [19] care permite, pe fiecare lună din an și pe întreg anul sau sezonul respectiv, să se evalueze performanțele energetice.

Metoda presupune în prima etapă prelevarea unei serii de informații de natură constructiv-funcțională despre suprafața de captare a energiei solare, pompa și

schimbătorul de căldură din cadrul buclei solare. De asemenea sunt necesare informații despre consumatorul de apă caldă sau de încălzire a spațiilor, informații cum ar fi consumurile zilnice, suprafața de încălzire și temperaturile de dimensionare a instalației. O categorie importantă și distinctă de date necesare sunt datele climatice referitoare la temperaturile exterioare și intensitățile radiației solare.

Odată cunoscute aceste date se trece la etapa a doua - aplicarea metodei propriu-zise, prin evaluarea unor parametri intermediari care vor permite în continuare evaluarea efectivă a performanțelor energetice ale instalației de utilizare a energiei solare pe fiecare lună din an și pe fiecare sezon și întreg anul. Etapa a treia constă în evaluarea performanțelor energetice ale sistemului care sunt reprezentate de randamentul de captare al buclei solare, gradul de acoperire energetică oferit consumatorului și energiile lunare, sezoniere și anuale captate. Ompele de caldura utilizează sursa de caldura regenerabila din jurul nostru.

Metoda de evaluare a performanțelor energetice ale instalației solare pentru încălzirea spațiilor și metoda de evaluare a performanțelor energetice ale instalației solare pentru prepararea apei calde de consum au o serie de elemente comune în fiecare din cele trei etape menționate însă în continuare se vor prezenta independent.

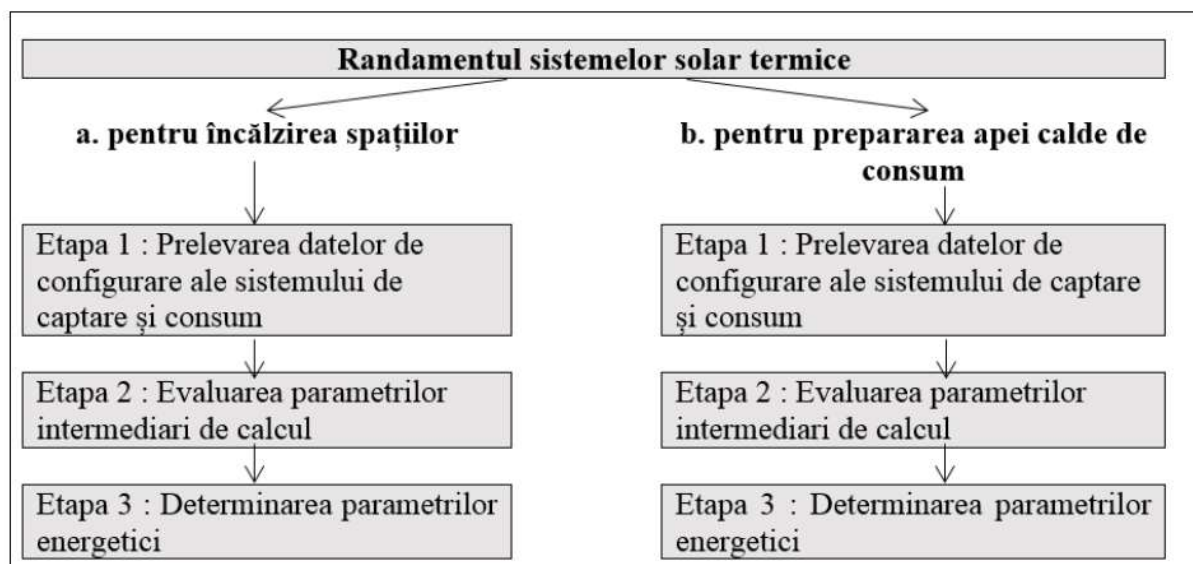


Fig. 1- Schema etapelor conform metodologiei de calcul MC 001/2006

Metoda de evaluarea performanțelor energetice ale instalației de utilizare a energiei solare este o așa numită metodă lunară care permite, pe fiecare lună din an și pe întreg anul sau sezonul respectiv, să se evalueze performanțele energetice.

Metoda presupune în prima etapă prelevarea unei serii de informații de natură constructiv-funcțională despre suprafața de captare a energiei solare, pompa și schimbătorul de căldură din cadrul buclei solare. De asemenea sunt necesare informații despre consumatorul de apă caldă sau de încălzire a spațiilor, informații cum ar fi consumurile zilnice, suprafața de încălzire și temperaturile de dimensionare a instalației, etc. O categorie importantă și distinctă de date necesare sunt datele climatice referitoare la temperaturile exterioare și intensitățile radiației solare.

Odată cunoscute aceste date se trece la etapa a doua - aplicarea metodei propriu-zise, prin evaluarea unor parametri intermediari care vor permite în continuare evaluarea efectivă a performanțelor energetice ale instalației de utilizare a energiei solare pe fiecare lună din an și pe fiecare sezon și întreg anul. Etapa a treia constă în evaluarea performanțelor energetice ale sistemului care sunt reprezentate de randamentul de captare al buclei solare, gradul de acoperire energetică oferit consumatorului și energiile lunare, sezoniere și anuale captate.

Metoda de evaluare a performanțelor energetice ale instalației solare pentru încălzirea spațiilor și metoda de evaluare a performanțelor energetice ale instalației solare pentru prepararea apei calde de consum au o serie de elemente comune în fiecare din cele trei etape menționate însă în continuare se vor prezenta independent.

În cadrul etapei 1- Prelevarea datelor de configurare ale sistemului de captare și consum s-au folosit următoarele date:

- a. Suprafața de captare solară S_c -variabilă în funcție de raportul $H/(k_c \cdot S_c)$ (constant);
- b. Factorul geometric de corecție a fluxului termic captat, $F'=0,9$;
- c. Coeficientul global de transfer termic al captatoarelor solare, $k_c=2\div4 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- d. Coeficientul de absorbție al plăcii captatoare, $\alpha = 0.9$;
- e. Coeficientul de transparență al elementului vitrat al captatoarelor, $\tau = 0.85$;
- f. Unghiul înclinare față de planul orizontal, al captatoarelor, $\phi_i=45^\circ$;
- g. Unghiul deviere al orientării suprafeței de captare față de SUD, $\phi_a=0^\circ$;
- h. Suprafața schimbătorului de căldură din cadrul buclei solare, $S_s=0,1 \cdot S_c$;
- i. Volumul rezervorului de acumulare, $V_a = V/S_c = 50 \text{ l/m}^2$;
- j. Coeficientul global de transfer termic al schimbătorului de căldură din cadrul buclei solare, $k_s= 600 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- k. Debitul de agent termic vehiculat în bucla solară, $G_c= 50 \text{ l/m}^2\text{h}$;
- l. Suprafața instalației de încălzire centrală a consumatorului, S_{inc} -corespunzătoare a 80 de apartamente;
- m. Temperaturile nominale ale agentului termic la dimensionarea instalației, t_{T0} , t_{R0} în funcție de tipul instalației folosite, respectiv $50^\circ\text{C} / 30^\circ\text{C}$ sau $70^\circ\text{C} / 50^\circ\text{C}$, temperatura apei calde, în funcție de caz a avut valoarea de $50\div60^\circ\text{C}$, iar temperatura apei reci a fost considerată constantă pe tot timpul anului la 15°C ;
- n. Intensitățile radiației solare, medii lunare, pentru o suprafață de captare orizontală, I_0 , pentru lunile sezonului rece din an, conform metodologiei Mc001 din 2006;
- o. Temperaturile exterioare medii lunare pentru lunile sezonului rece, t_e , conform SR 4839/2014;

În cadrul etapei 2 de evaluarea a parametrilor intermediari de calcul, se determină următorii factori pentru calculul cazului de încălzire:

$$E_c = \exp\left(\frac{F' \cdot k_c \cdot S_c}{1,163 \cdot G_c}\right) \quad (1)$$

$$E_s = \exp\left(\frac{k_s \cdot S_s}{1,163 \cdot G_c}\right) \quad (2)$$

$$E_{cs} = \frac{E_c \cdot (1 - E_s) + E_s \cdot (1 - E_c)}{1 - E_c \cdot E_s} \quad (3)$$

$$t_{m0} = \frac{t_{T0} + t_{R0}}{2} \quad (4)$$

$$R_{t1} = \frac{t_{m0} - t_{i0}}{t_{i0} - t_{e0}} \quad (5)$$

$$R_{t2} = \frac{t_{m0} - t_{i0}}{t_{T0} - t_{R0}} \quad (6)$$

$$H = \frac{S_{inc}}{R_{INC}} \cdot R_{t1} \quad (7)$$

$$G_{INC} = \frac{S_{inc}}{R_{INC}} \cdot \frac{R_{t2}}{1.163} \quad (8)$$

$$F_R^B = \frac{1.163 \cdot G_C}{k_C \cdot S_C} \cdot (1 - E_{CS}) \quad (9)$$

$$F_R^C = 2 \cdot \frac{H}{S_C \cdot k_C} \cdot \frac{t_{i0} - t_{e0}}{t_{T0} - t_{R0}} \quad (10)$$

$$F_R^{BC} = \left(\frac{1}{F_R^B} + \frac{1}{F_R^C} \right)^{-1} \quad (11)$$

$$F_{INC} = \frac{t_{R0} - t_{e0}}{t_{i0} - t_{e0}} \quad (12)$$

$$f_u = 0.35 + 0.71836 \cdot \exp \left[-0.1 \cdot \left(\frac{V_a}{75 \cdot S_C} \right) \right] \quad (13)$$

Similar se calculează factori pentru cazul de preparare a apei calde menajere.

În etapa a 3a de calcul (determinarea parametrilor energetici) se fac calcule pentru a determina gradul de acoperire lunar și randamentul global al instalației utilizând relațiile:

$$\beta_{REF} = \frac{t_{i0} - t_e}{I} \quad (14)$$

$$\eta_{CC} = F_R^{BC} \cdot [(\alpha \cdot \tau) - k_C \cdot F_{INC} \cdot \beta_{REF}] \quad (15)$$

$$P_{CONS} = H \cdot (t_{i0} - t_e) \quad (16)$$

$$P_{CP} = S_C \cdot I \cdot \eta_{CC} \cdot f_u \quad (17)$$

$$E_{CP} = P_{CP} \cdot 24 \cdot N_{zl} \quad (18)$$

$$P_{EL} = 0.25 \cdot P_P \quad (19)$$

$$P_{CONS} = 1.163 \cdot G_{CONS} \cdot (t_c - t_r) \quad (20)$$

Pentru încălzire:

$$G_{aee} = \frac{P_{cp}}{P_{cons}} \quad (21)$$

$$RND = \frac{P_{cp}}{P_I} \quad (22)$$

Pentru prepararea apei calde menajere:

$$G_{ae} = \frac{P_{cp}}{P_{cons} + P_{el}} \quad (23)$$

$$RND = \frac{P_{cp}}{P_I} \quad (24)$$

În cadrul acestei metodologii se determină energiile captate și livrate consumatorului de bucla solara pentru încălzire și prepararea apei calde menajere, energiile incidente solare, energiile necesare suplimentare pentru a satisface nevoile consumatorului.

2.2 Metodologia de calcul folosită pentru evaluarea economică a rentabilității sistemului

În cadrul normelor și metodologiilor existente sau în curs de propunere, există descris un calcul economic ce se adresează în ansamblu tuturor soluțiilor de îmbunătățire bazate pe resurse regenerabile. Acesta este prezentat în cadrul acestui capitol. Studiul economic a particularizat formulele de calcul de la acest capitol și le-a adaptat la cerințele obiectivelor raportului de cercetare.

Analiza economică a unei noi investiții solare pentru clădiri existente se realizează prin intermediul indicatorilor economici ai investiției. Dintre aceștia cei mai importanți sunt următorii:

- valoarea netă actualizată aferentă investiției suplimentare datorată aplicării unui proiect de reabilitare/modernizare energetică și economiei de energie rezultată prin aplicarea proiectului menționat, $\Delta VNA_{(m)}$ (lei) ;
- durata de recuperare a investiției suplimentare datorată aplicării unui proiect de reabilitare/modernizare energetică, N_R (ani), reprezentând timpul scurs din momentul realizării investiției în modernizarea energetică a unei clădiri și momentul în care valoarea acesteia este egalată de valoarea economiilor realizate prin implementarea măsurilor de modernizare energetică, adusă la momentul inițial al investiției;
- costul unității de energie economisită, e [lei/kWh], reprezentând raportul dintre valoarea investiției suplimentare datorată aplicării unui proiect de reabilitare/modernizare energetică și economiile de energie realizate prin implementarea acestuia pe durata de recuperare a investiției.

În funcție de valorile indicatorilor economici susmenționați, rezultate prin analiza diverselor măsuri de modernizare energetică a unei clădiri, vor fi alese acele măsuri caracterizate de:

- valoare netă actualizată, $\Delta VNA_{(m)}$, cu valori negative pentru durata de viață estimată pentru măsurile de modernizare energetică analizate;
- durată de recuperare a investiției, N_R , cât mai mică și nu mai mare decât o perioadă de referință, impusă din considerente economico-financiare (de către creditor sau investitor) sau tehnice (durată de viață estimată a soluției de modernizare energetică);
- costul unității de căldură economisită, e , cât mai mic și nu mai mare decât proiecția la momentul investiției a costului actual a unității de căldură.

Procedura de bază pentru compararea efectelor tehnice și economice ale aplicării diverselor soluții de utilizare eficientă a energiei în construcții o constituie analiza valorii nete actualizate a costurilor implicate de realizarea investițiilor și de exploatarea instalațiilor aferente acestora.

Valoarea Netă Actualizată (VNA) reprezintă proiecția la momentul "0" a tuturor costurilor menționate, funcție de rata de depreciere a monedei considerate – sub forma deprecierei medii anuale.

Considerând că rata de depreciere anuală a monedei este constantă și că se produce și o creștere uniformă a prețului energiei, VNA caracteristică sistemului este dată de relația:

$$VNA = C_0 + \sum_{k=1}^3 C_{E_k} \sum_{t=1}^N \left(\frac{1+f_k}{1+i} \right)^t + C_M \sum_{t=1}^N \left(\frac{1}{1+i} \right)^t \quad (25)$$

Conform structurii relației (1) se impune ca performanța energetică a sistemului să se mențină la aceeași valoare pe întreaga durată de viață, N . Această ipoteză este valabilă cu condiția asigurării unor verificări periodice ale performanței energetice în cadrul activității de monitorizare a clădirii, verificări care vor conduce și la intervenții de remediere a unor eventuale defecțiuni.

Rata de creștere a costului căldurii se consideră a avea o valoare constantă pe durata de viață a tehnică a sistemului.

Pentru proiectele destinate sectorului public, (clădiri sociale, culturale, administrative) rata de depreciere a monedei variază între 0,1 și 0,07 cu tendința de fixare pe cea de a doua valoare. În cazul sectorului privat (mari corporații, bănci) rata de depreciere asumată depășește 0,1. În sfârșit, în cazul construcțiilor de locuințe rata anuală de depreciere a monedei se situează în plaja valorii 0,04 – 0,07. Diferențele semnificative între valorile menționate, relevă clar o politică națională de promovare a unor proiecte de conservare a energiei în special la consumatorii casnici. Valori reduse ale ratei de depreciere a monedei favorizează promovarea rapidă a unor soluții tehnice cu caracter energetic conservativ. Așadar valorile ridicate ale ratei de depreciere a monedei aferente investițiilor în sectorul public sau în sectorul privat care înregistrează cifre de afaceri importante, compensează valoarea relativ scăzută (0,04) aplicată sectorului de locuințe.

Costurile aferente mentenanței reprezintă o cotă puțin importantă în structura relației (1) și în situația în care nu pot fi apreciate, acestea pot fi ignorate.

Ținând seama de cele de mai sus, relația (25) s-a folosit în calculul VNA sub forma simplificată:

$$VNA = C_0 + \sum_k C_{E_k} X_k \quad (26)$$

în care:

$$X_k = \sum_{t=1}^N \left(\frac{1+f_k}{1+i} \right)^t \quad (27)$$

Pentru a determina durata de recuperare a investiției sistemului solar, se analizează în paralel două valori VNA specifice unei rezolvări clasice și unei rezolvări cu caracter energetic conservativ și având (ambele soluții) dotări cu durata de viață egală, N, se obține VNA aferentă investiției suplimentare datorată aplicării proiectelor de modernizare energetică și economiei de energie rezultată prin aplicarea proiectelor menționate:

$$\Delta VNA_{(m)} = C_{(m)} - \sum_k \Delta C_{E_k} \cdot X_k \quad (28)$$

în care:

$$\Delta C_{E_k} = c_k \cdot \Delta E_k \quad (29)$$

Condiția ca o investiție (în soluția de modernizare energetică) să fie eficientă este următoarea:

$$\Delta VNA_{(m)} < 0 \quad (30)$$

Durata de recuperare a investiției suplimentare datorată aplicării unui proiect de modernizare energetică, N_R , se determină prin înlocuirea duratei de viață estimată cu N_R ca valoare necunoscută în relația (28) explicată conform relației (25), și prin punerea condiției de recuperare a investiției: $\Delta VNA_{(m)} = 0$:

$$C_{(m)} - \sum_{k=1}^k c_k \cdot \Delta E_k \cdot \sum_{t=1}^{N_R} \left(\frac{1+f_k}{1+i} \right)^t = 0 \quad (31)$$

Costul unității de energie economisită prin implementarea sistemului solar (sau costul unui kWh economisit) se determină cu relația:

$$e = \frac{C_{(m)}}{N \cdot \Delta E} \quad , \quad [\text{Euro/kWh}] \quad (32)$$

În ceea ce privește investiția suplimentară $C_{(m)}$, proiectată la nivelul anului "0" se pot imagina două scenarii posibile după cum urmează:

- Beneficiarul de investiție dispune de întreaga sumă la momentul "0", caz în care VNA, corespunzătoare investiției, coincide cu valoarea $C_{(m)}$;
- Beneficiarul de investiție nu dispune de suma necesară realizării investiției, caz în care se apelează la un credit, rambursabil într-o perioadă de N_c ani cu o dobândă anuală fixă, d . Condiția necesară angajării creditului este $N_c < N$, urmând ca pe durata $(N - N_c)$ să se manifeste beneficiul net al aplicării soluțiilor de modernizare energetică.

Indicatorii economici pe care se bazează analiza eficienței economice a soluțiilor de modernizare energetică aplicate clădirilor existente sunt reprezentați de costul specific.

- Costul specific al cantității de căldură economisită care se determină cu relația:

$$e = \frac{C_{INV(m)} \cdot \Delta\beta}{N_S \cdot \Delta E_t} \quad [\text{Euro/kWh}] \quad (33)$$

Relația (33) a fost folosită pentru estimarea costului de modernizare la instalațiile solare, fiind ca o completare a concluziei ce rezultă din evaluarea duratei de recuperare a investiției.

3. REZULTATELE ENERGETICE

3.1 Evaluarea consumurilor de energie lunare

Pentru efectuarea studiului s-a stabilit un consumator de energie termică pentru încălzire și pentru prepararea apei calde menajere. Acesta este reprezentat de 80 de apartamente ce formează o clădire rezidențială ce constă în 4 scări de bloc a 20 de apartamente.

Pentru calculul H al acestui imobil s-a efectuat următorul scenariu (cu ipoteze de calcul):

- Fiecare apartament gazduiește în medie 2,5 persoane;
- Fiecare persoană are un consum de 72 l de apă caldă pe zi;
- Rezultă un consum mediu de 180 l/zi pentru fiecare apartament;
- Ceea ce determină un $H_{acm} = 689 \text{ W/K}$ pentru tot imobilul;
- $H_{inc} = 16000 \text{ W/K}$ s-a determinat estimând un necesar termic de încălzire; pentru fiecare apartament corespunzător unui $Q = 7000 \text{ W}$.

Acest consumator are prevăzută o încălzire prin pardoseală ce funcționează cu următoarele temperaturi: $t_{T0} = 50^\circ\text{C}$, $t_{R0} = 30^\circ\text{C}$. Pentru a observa cum se comportă sistemele solare la diverse temperaturi de furnizare, a fost simulat un al doilea tip de consumator ce funcționează cu temperaturile: $t_{T0} = 70^\circ\text{C}$, $t_{R0} = 50^\circ\text{C}$. Temperatura de distribuție a apei calde a variat în intervalul $50 \div 60^\circ\text{C}$.

Pentru această instalație de încălzire a fost prevăzut un sistem de schimb de căldură pentru circuitul primar al panourilor solare cu boiler. Acesta e caracterizat de un $k_S = 600 \text{ W/m}^2\text{K}$ și are un volum de acumulare raportat la suprafața de captare, $V_a = V/S_c = 50 \text{ l/m}^2$.

Consumurile de energie lunare pentru situația de încălzire și preparare a apei calde menajere sunt suplinite de un al doilea sistem ce produce energie termică pentru a satisface nevoile consumatorului.

3.2 Rezultate energetice pentru sisteme de instalații utilizând surse regenerabile pentru 5 orașe reprezentative România

3.2.1. Rezultate energetice lunare pentru sisteme de instalații utilizând surse regenerabile pentru 5 orașe reprezentative România

Pentru efectuarea studiului următor, s-a folosit metodologia de calcul MC001 prezentată la punctul 2.1 și s-a ales reprezentativă clădirea rezidențială cu 80 de apartamente de la punctul 3.1 cu transmitanța clădirii, $H_{inc}= 16000 \text{ W/K}$. Pentru apă caldă a fost ales un $H_{acm}=689 \text{ W/K}$ corespunzător consumului de apă caldă al acelei clădiri.

Valorile parametrilor folosiți la acest calcul au fost următoarele:

- a. Raportul $H/(k_c \cdot S_c)=5$ pentru încălzire și $H/(k_c \cdot S_c)=1$ pentru prepararea apei calde;
- b. Factorul geometric de corecție a fluxului termic captat, $F'=0,9$;
- c. Coeficientul global de transfer termic al captatoarelor solare, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- d. Coeficientul de absorbție al plăcii captatoare, $\alpha = 0.9$;
- e. Coeficientul de transparență al elementului vitrat al captatoarelor, $\tau = 0.85$;
- f. Unghiul înclinare față de planul orizontal, al captatoarelor, $\varphi_i=45^\circ$;
- g. Unghiul deviere al orientării suprafeței de captare față de SUD, $\varphi_a=0^\circ(\text{SUD})$;
- h. Suprafața schimbătorului de căldură din cadrul buclei solare, $S_s=0,1 \cdot S_c$;
- i. Volumul rezervorului de acumulare, $V_a = V/S_c = 50 \text{ l/m}^2$;
- j. Coeficientul global de transfer termic al schimbătorului de căldură din cadrul buclei solare, $k_s= 600 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- k. Debitul de agent termic vehiculat în bucla solară, $G_c= 50 \text{ l/m}^2\text{h}$;
- l. Suprafața instalației de încălzire centrală a consumatorului, S_{inc} -corespunzătoare a 80 de apartamente;
- m. Temperaturile nominale ale agentului termic la dimensionarea instalației, $t_{T0}=50^\circ\text{C}$ $t_{R0}=30^\circ\text{C}$, temperatura apei calde a avut valoarea de 55°C , iar temperatura apei reci a fost considerată constantă pe tot timpul anului la o temperatură de 15°C ;
- n. Intensitățile radiației solare, medii lunare, pentru o suprafață de captare orizontală, I_0 , pentru toate lunile din an, conform metodologiei Mc001 din 2006;
- o. Temperaturile exterioare medii lunare pentru toate lunile anului, t_e , conform SR 4839/2014;

Folosind aceste valori, s-au obținut grade de acoperire și randamente lunare, pentru fiecare zonă climatică de calcul, reprezentate de orașele următoare: Constanța (zona 1), București (zona 2), Cluj Napoca (zona 3), Predeal (zona 4), Târgul Secuiesc (zona 5).

Au fost calculate și valorile energiei captate, energiei consumate de sursa clasică și energiei incidente solare pentru fiecare oraș.

Valorile lunare au fost reprezentate prin grafice pentru fiecare caz în parte, respectiv pentru fiecare oraș și pentru fiecare caz de încălzire sau preparare apă caldă menajeră.

Diagramale obținute pentru pentru situația de încălzire corespunzătoare fiecărui oraș sunt următoarele:

A1.Constanța

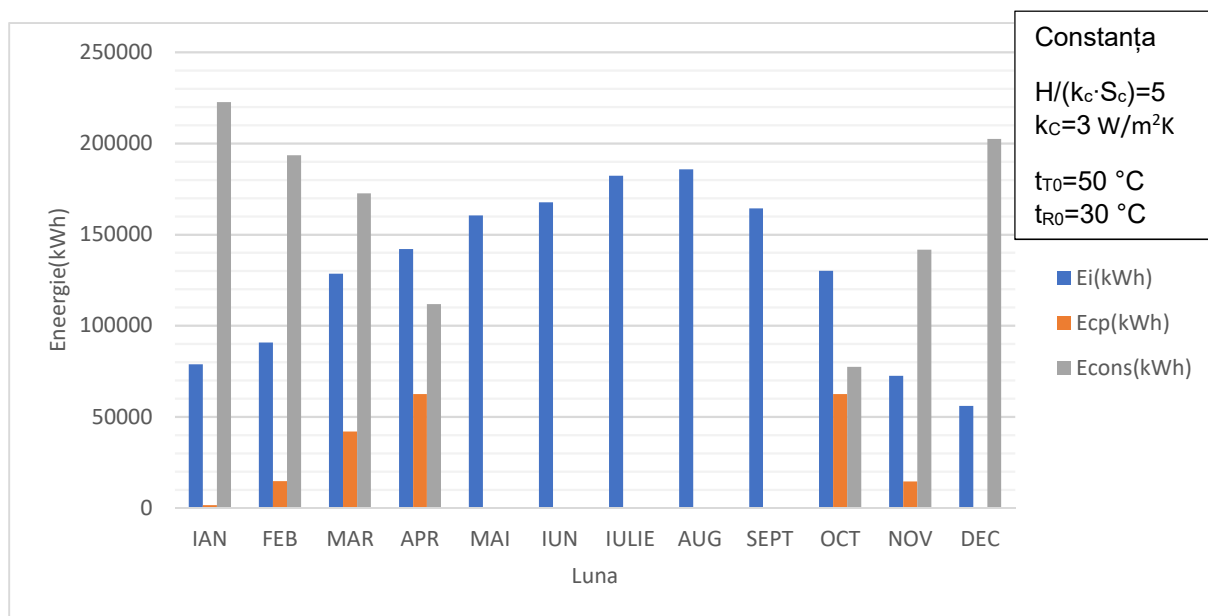


Fig. 2- Energiile lunare calculate pentru încălzire, oraș Constanța

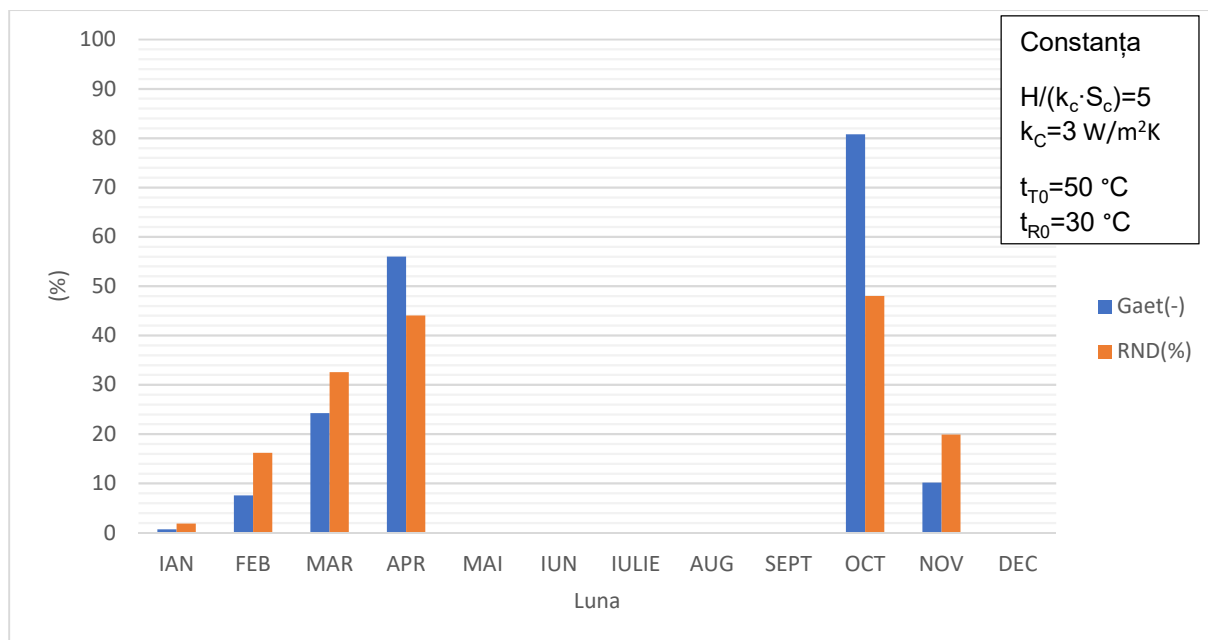


Fig. 3- Randament și grad de acoperire calculat pentru încălzire, oraș Constanța

B1.București

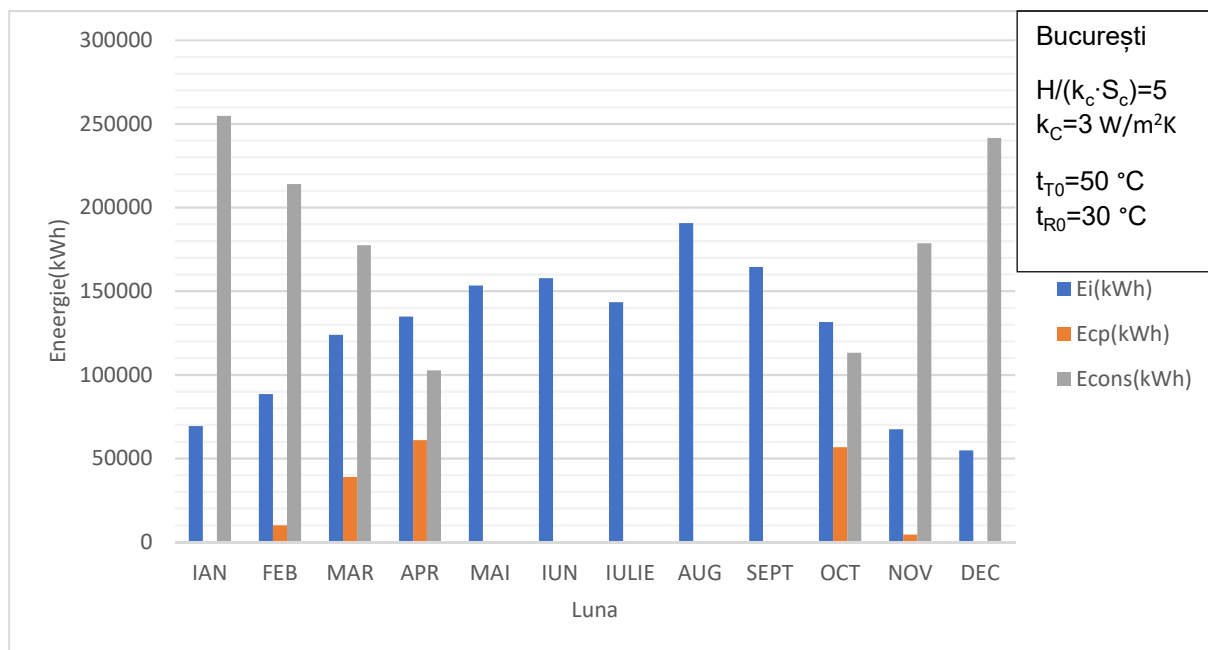


Fig. 4- Energiile lunare calculate pentru încălzire, oraș București

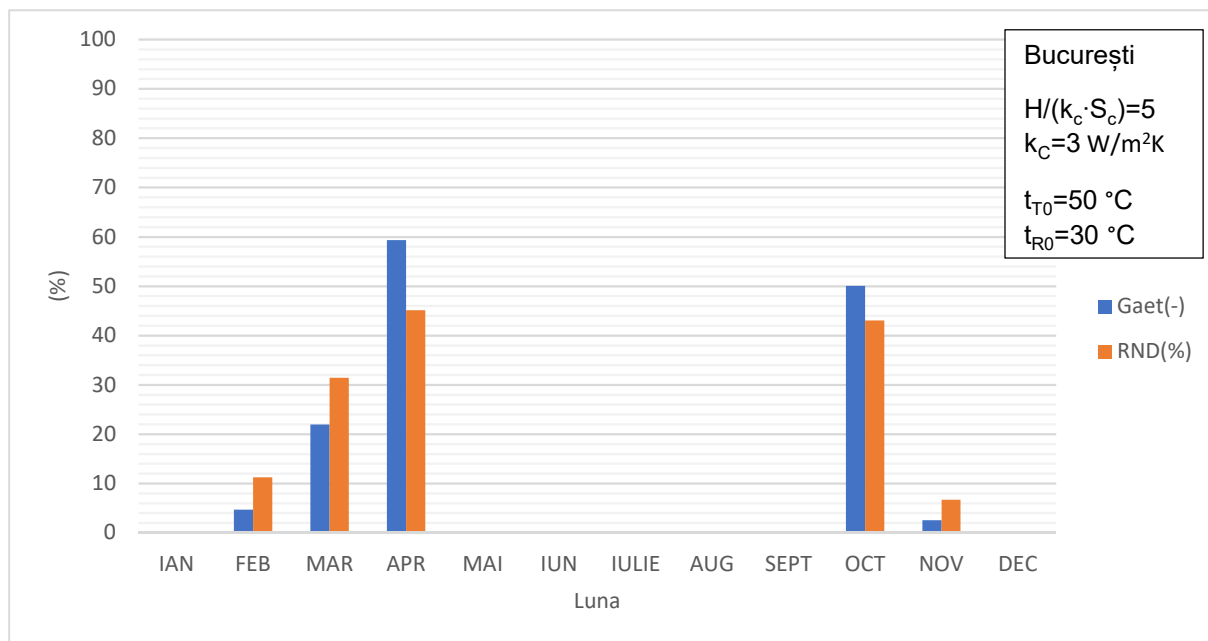


Fig. 5- Randament și grad de acoperire calculat pentru încălzire, oraș București

C1.Cluj Napoca

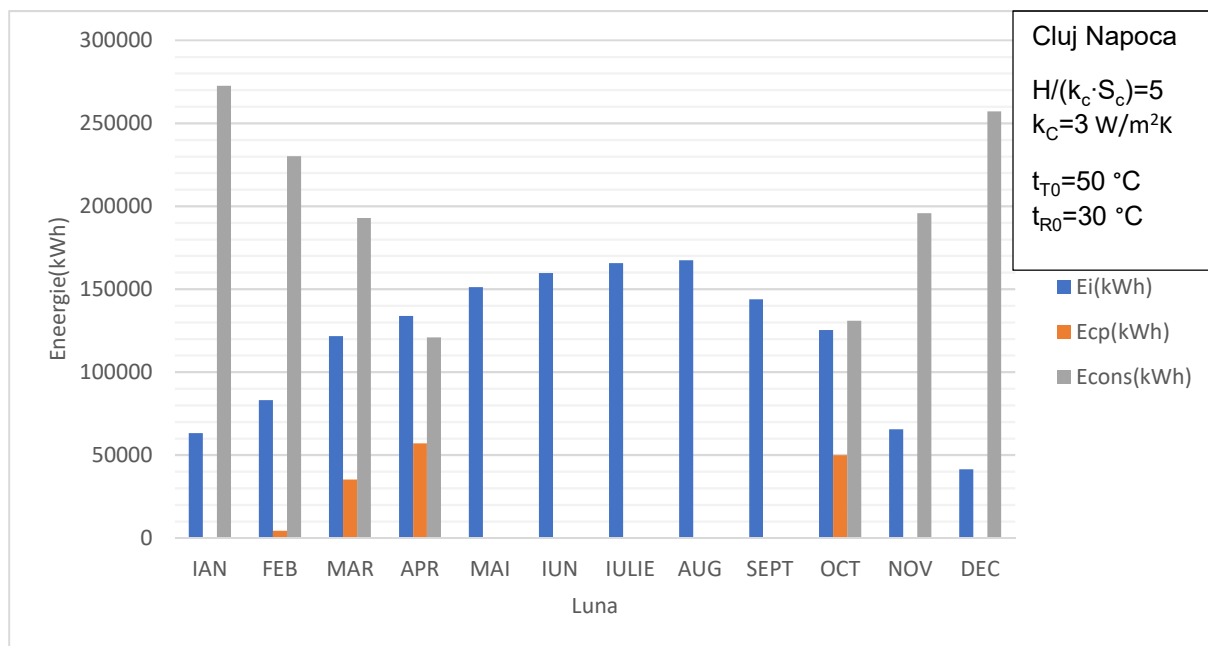


Fig. 6- Energiile lunare calculate pentru încălzire, oraș Cluj Napoca

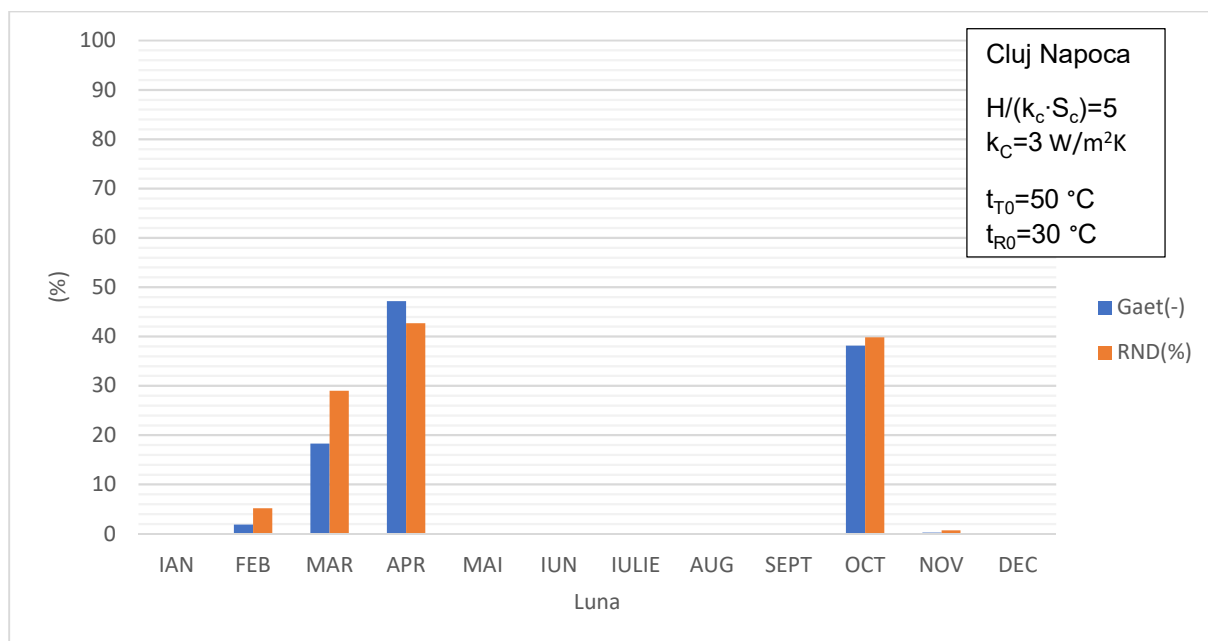


Fig. 7- Randament și grad de acoperire calculat pentru încălzire, oraș Cluj Napoca

D1.Predeal

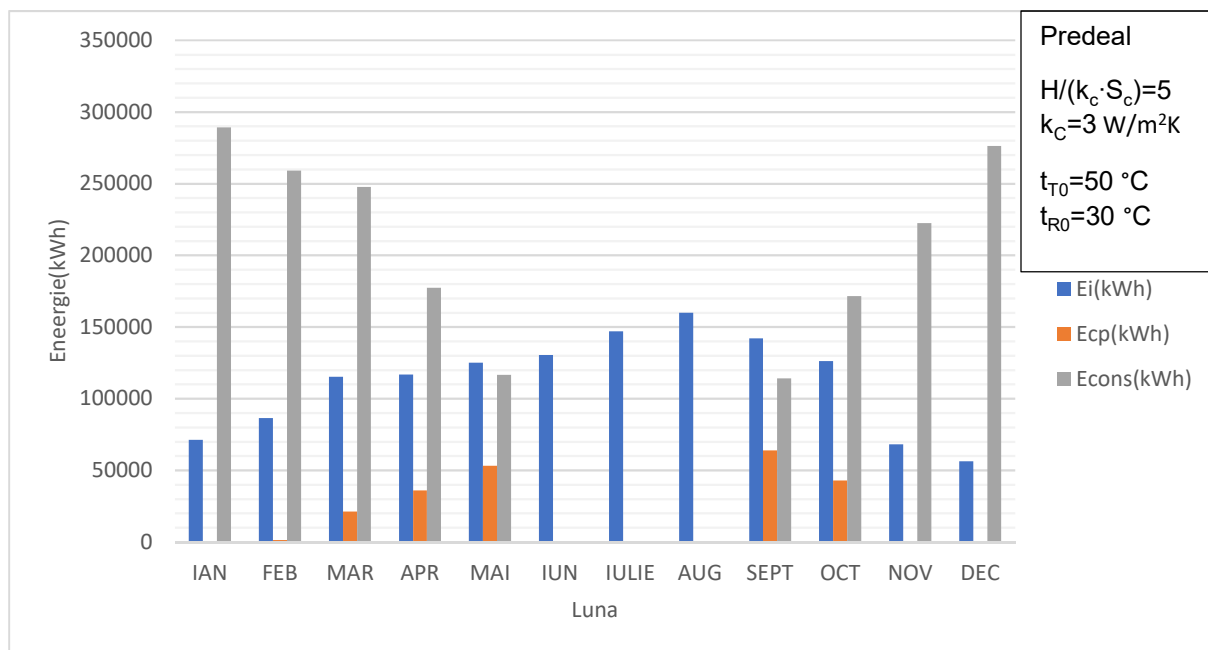


Fig. 8- Energiile lunare calculate pentru încălzire, oraș Predeal

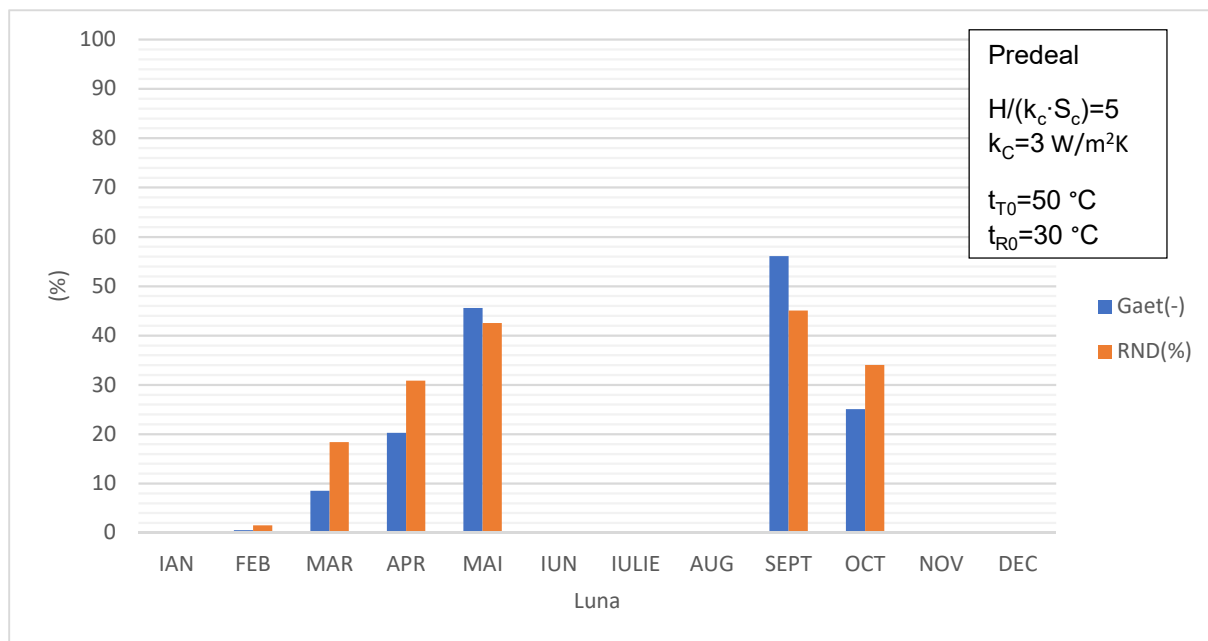


Fig. 9- Randament și grad de acoperire calculat pentru încălzire, oraș Predeal

E1.Târgul Secuiesc

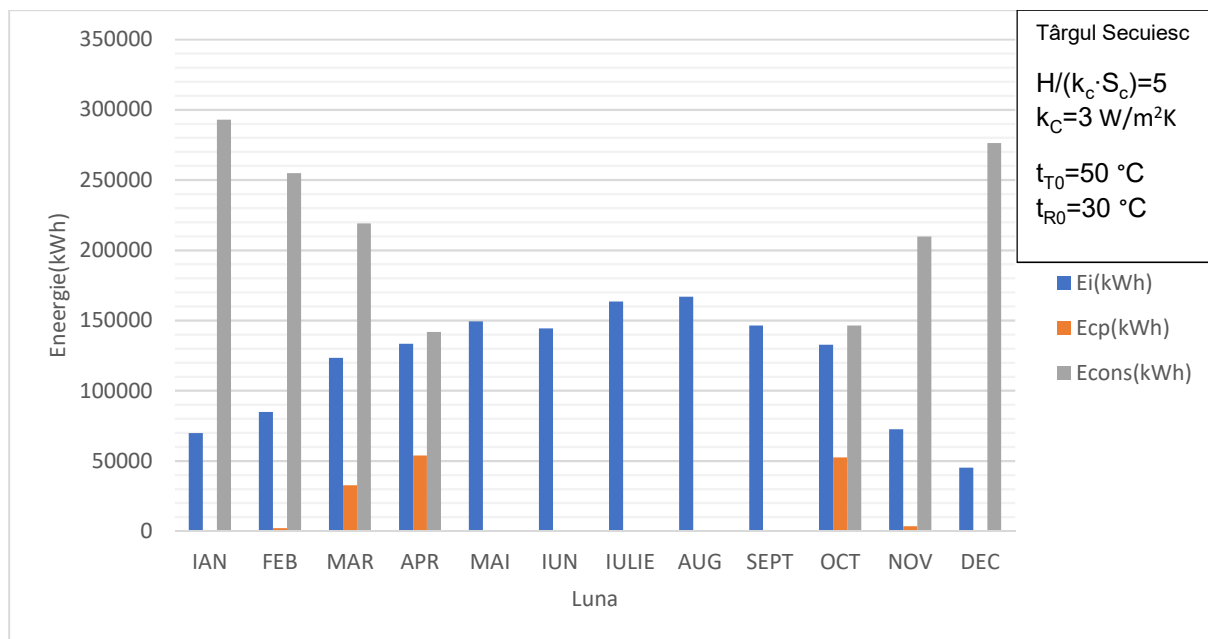


Fig. 10- Energiile lunare calculate pentru încălzire, oraș Târgul Secuiesc

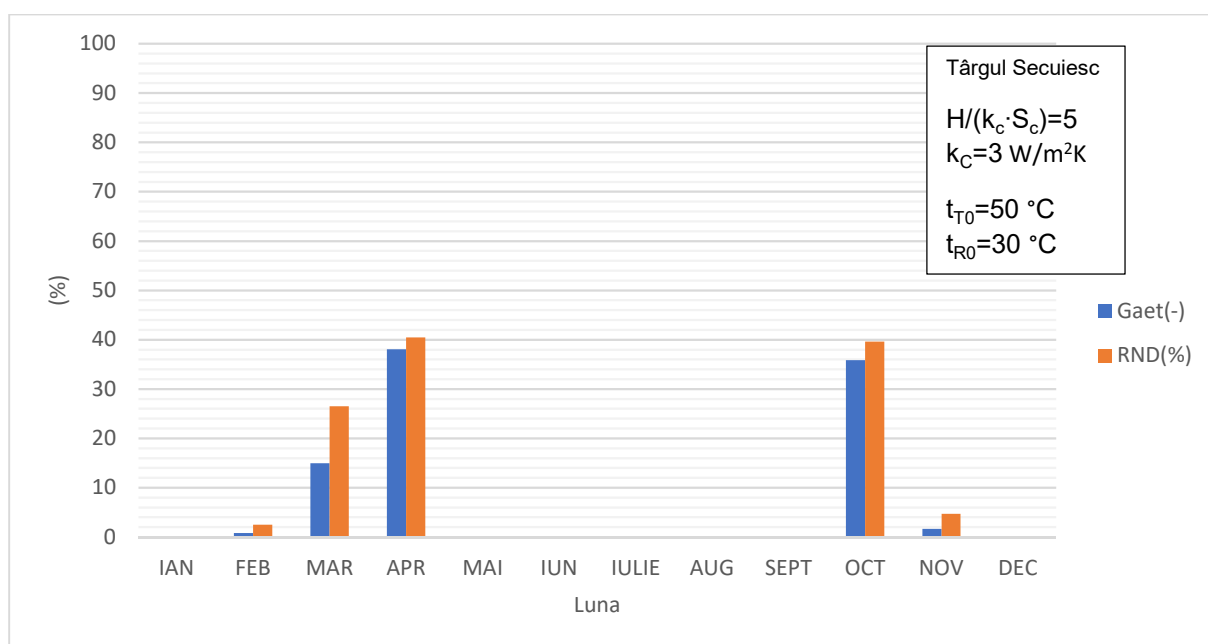


Fig. 11- Randament și grad de acoperire calculat pentru încălzire, oraș Târgul Secuiesc

Diagramale obținute pentru prepararea apei calde menajere corespunzătoare fiecărui oraș sunt următoarele:

A1.Constanța

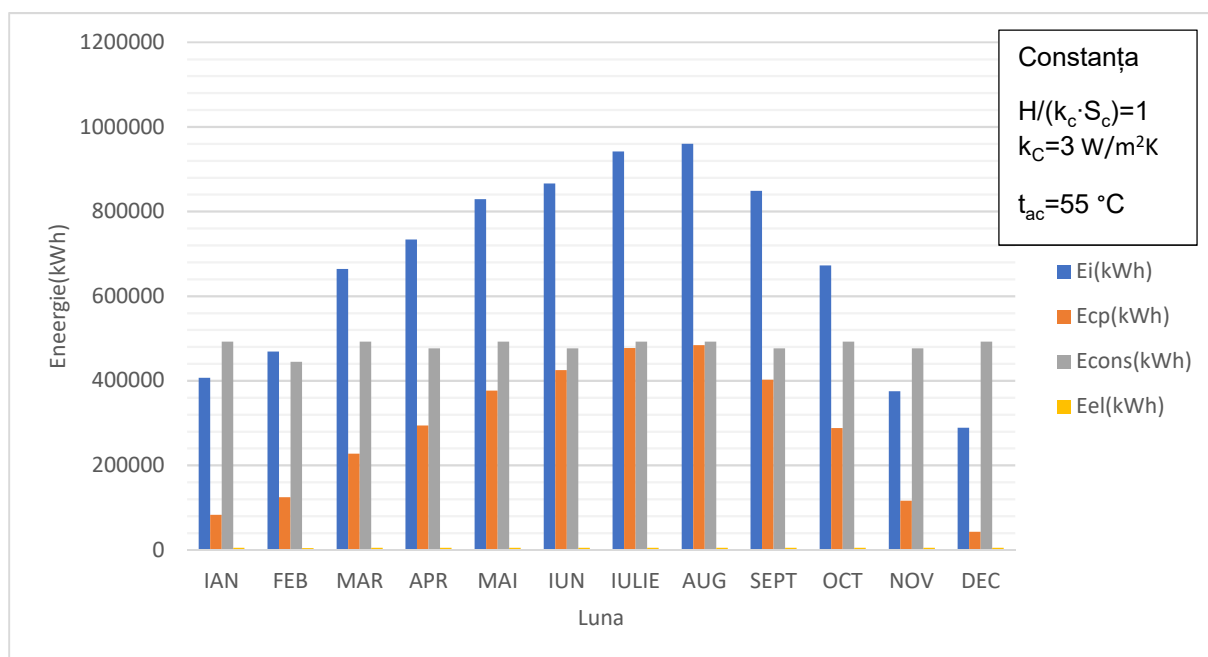


Fig. 12- Energiile lunare calculate pentru prepararea apei calde menajere, oraș Constanța

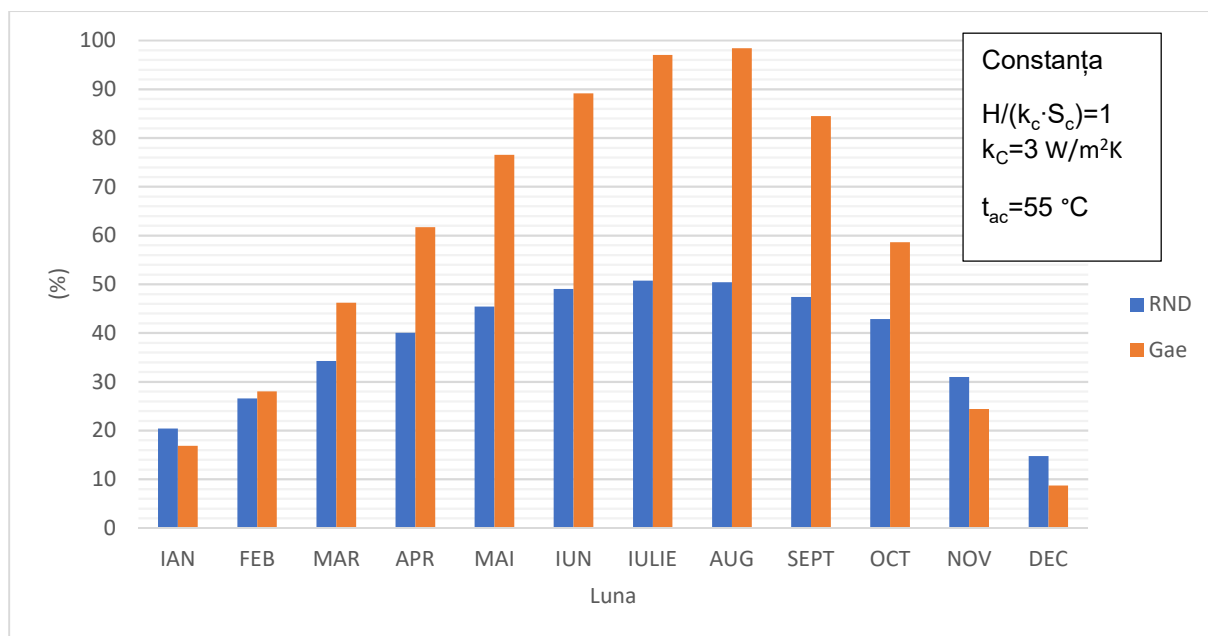


Fig. 13- Randament și grad de acoperire calculat pentru prepararea apei calde menajere, oraș Constanța

B2.București

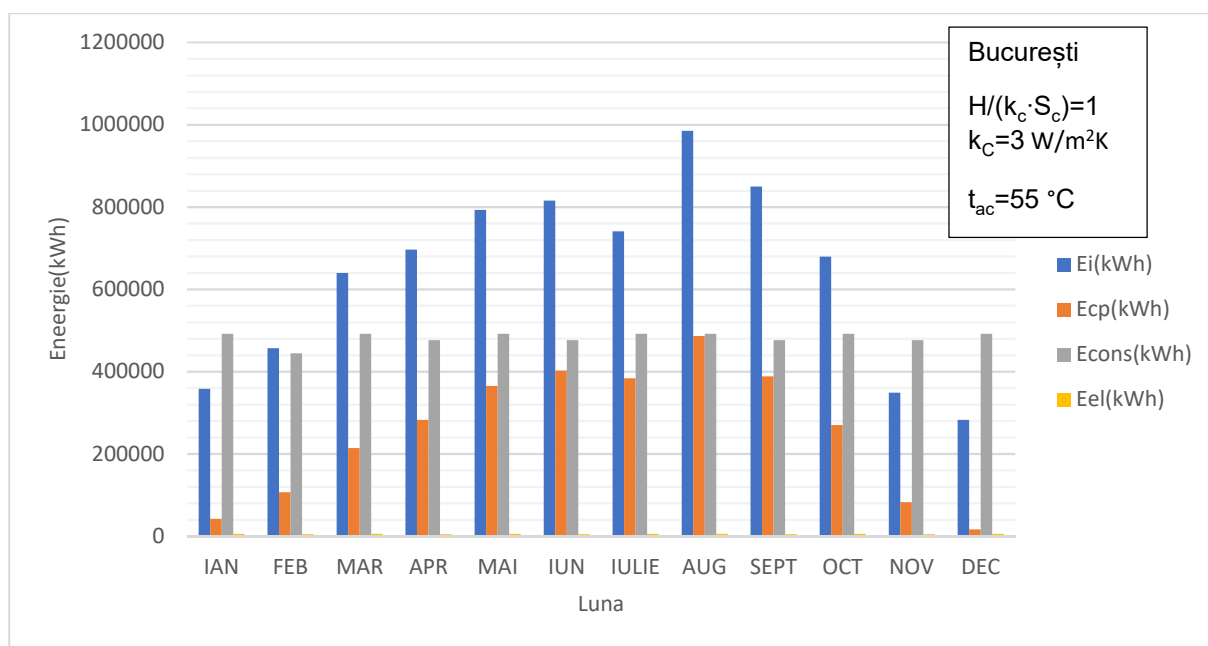


Fig. 14- Energiile lunare calculate pentru prepararea apei calde menajere, oraș București

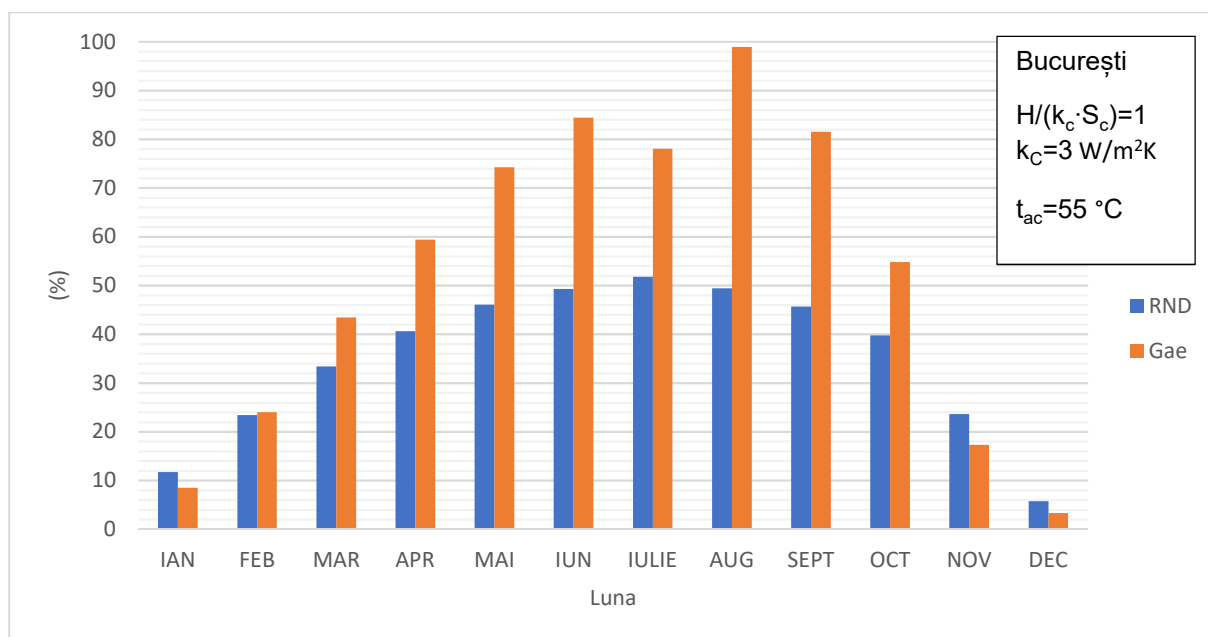


Fig. 15- Randament și grad de acoperire calculat pentru prepararea apei calde menajere, oraș București

C2.Cluj Napoca

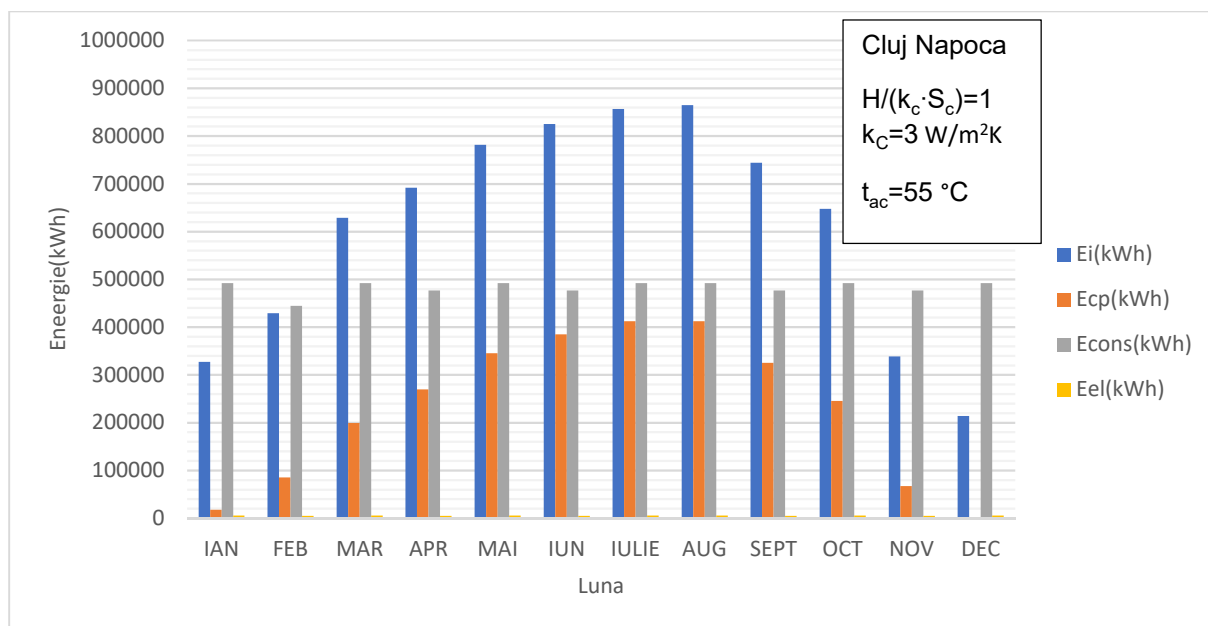


Fig. 16- Energiile lunare calculate pentru prepararea apei calde menajere, oraş Cluj Napoca

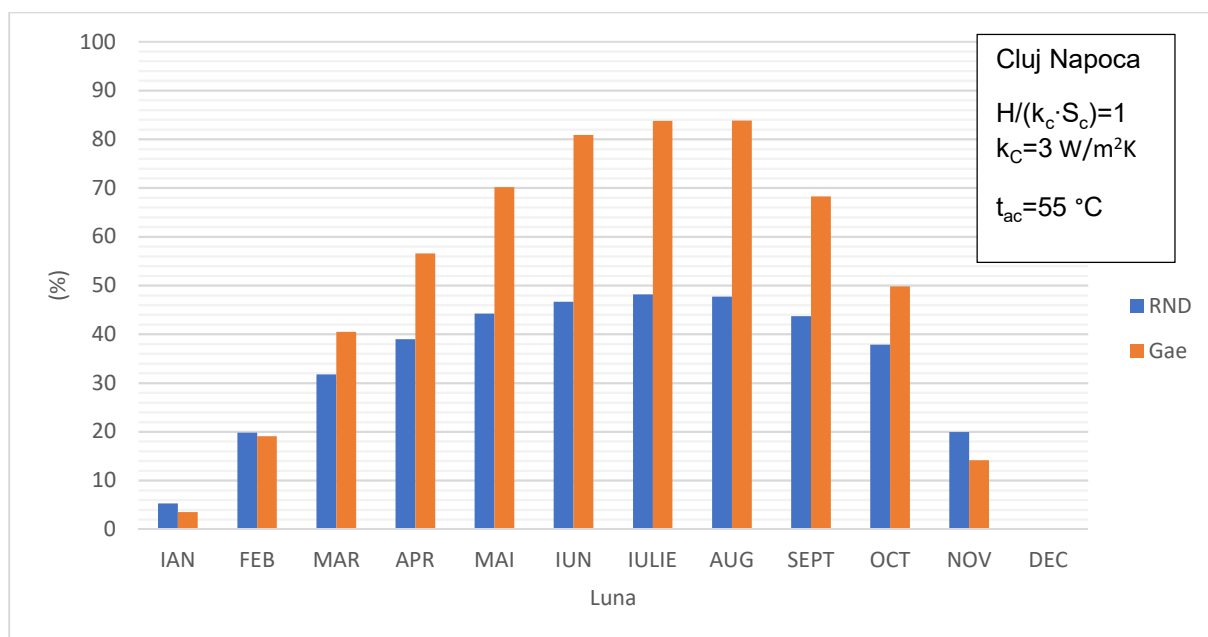


Fig. 17- Randament şi grad de acoperire calculat pentru prepararea apei calde menajere, oraş Cluj Napoca

D2.Predeal

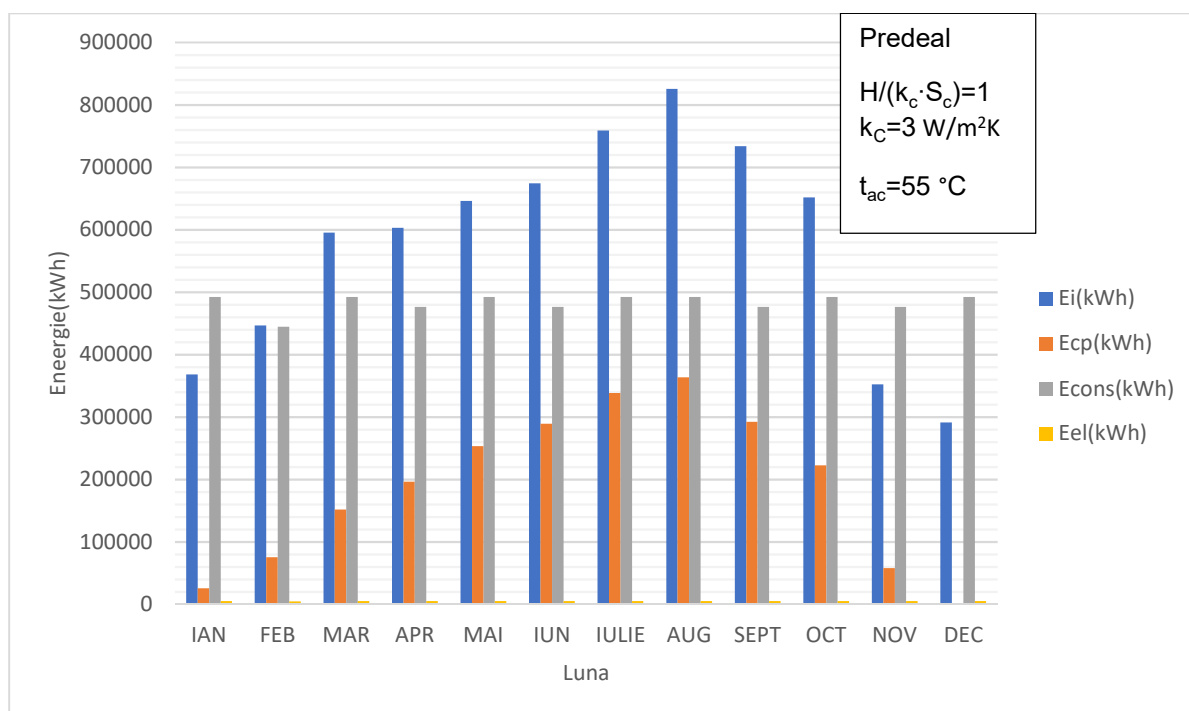


Fig. 18- Energiile lunare calculate pentru prepararea apei calde menajere, oraș Predeal

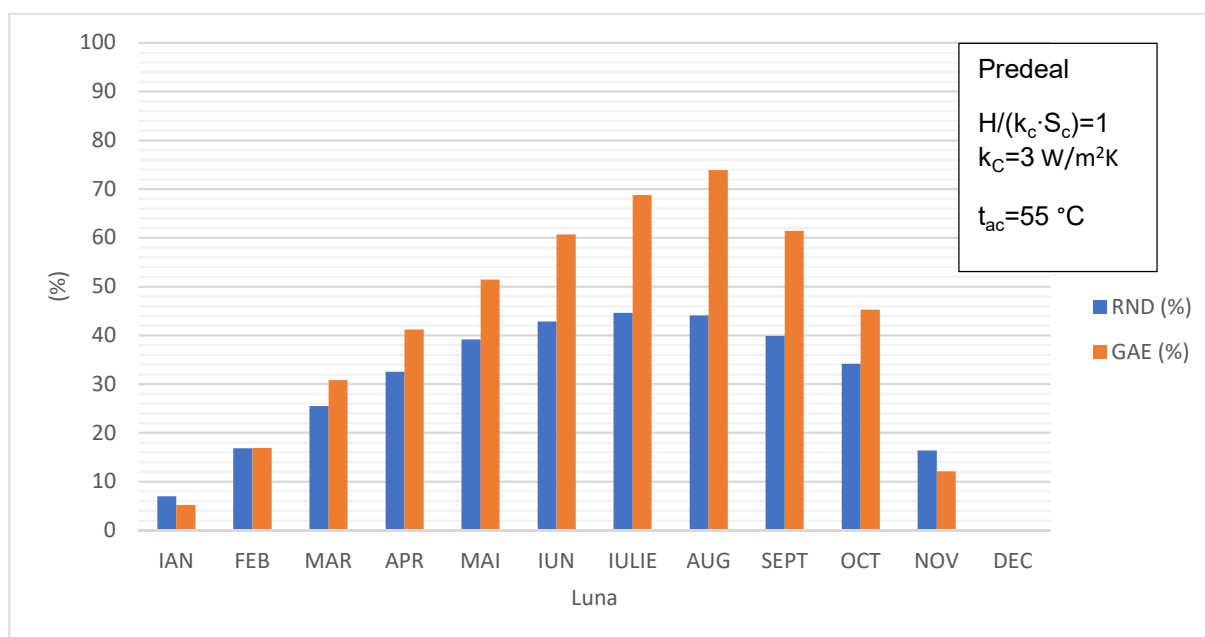


Fig. 19- Randament și grad de acoperire calculat pentru prepararea apei calde menajere, oraș Predeal

E2.Târgul Secuiesc

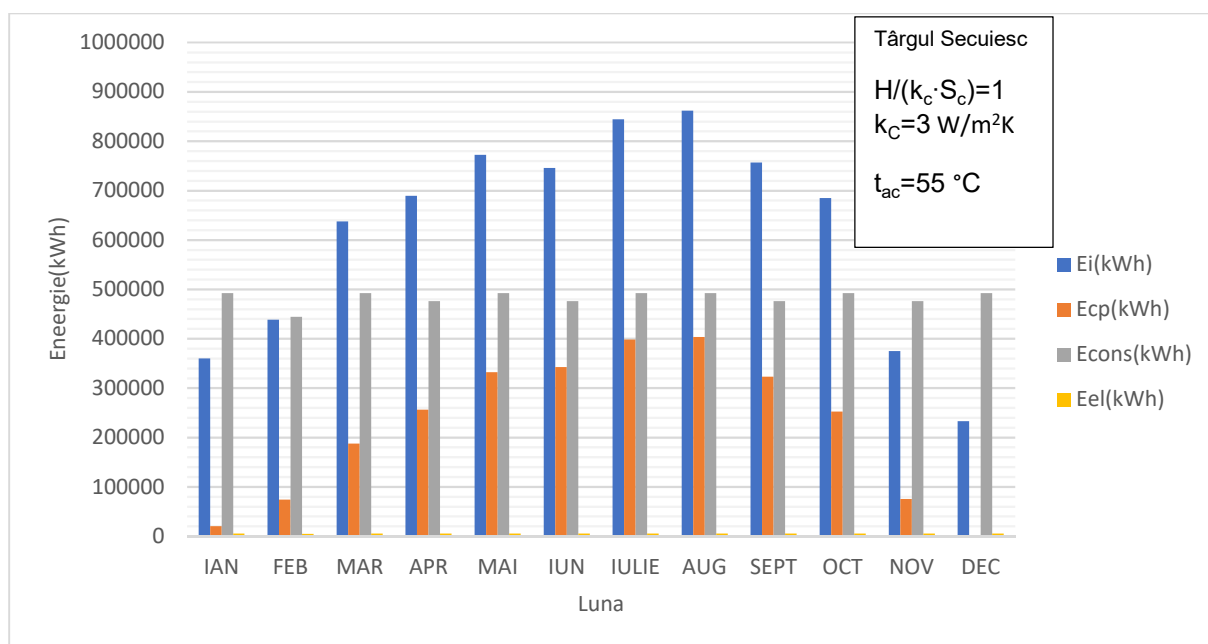


Fig. 20- Energiile lunare calculate pentru prepararea apei calde menajere, oraș Târgul Secuiesc

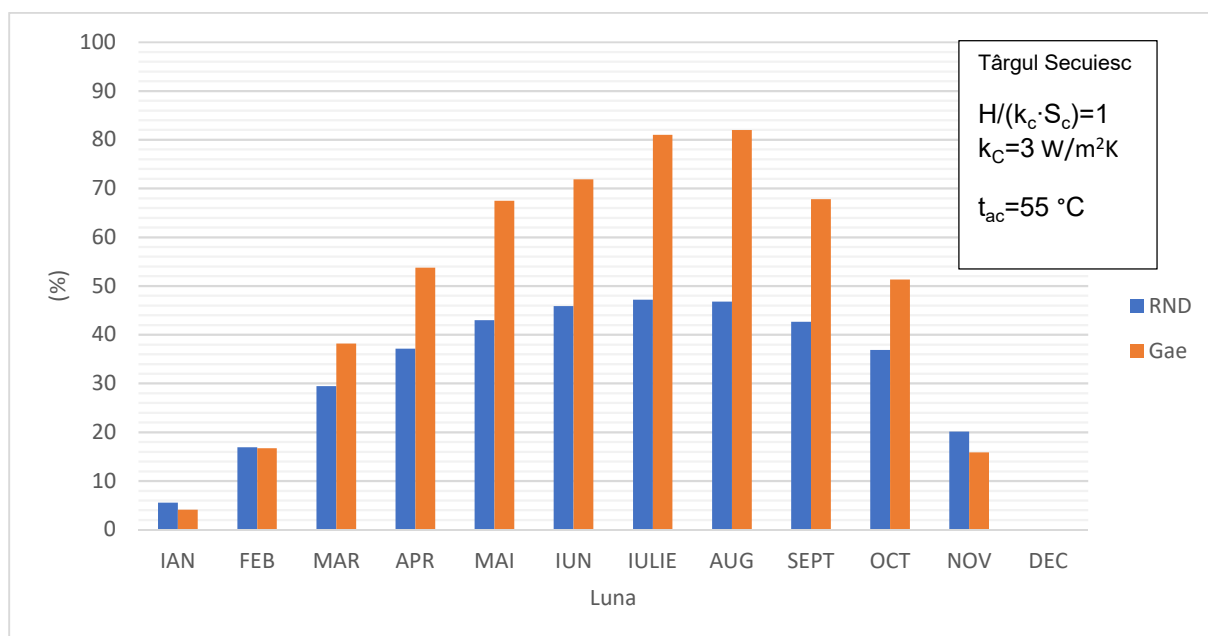


Fig. 21- Randament și grad de acoperire calculat pentru prepararea apei calde menajere, oraș Târgul Secuiesc

3.2.2 Rezultate energetice lunare pentru sisteme de instalații utilizând surse regenerabile pentru 5 orașe reprezentative România

Pentru efectuarea studiului următor, s-a folosit metodologia de calcul MC001 prezentată la punctul 2.1 și s-a ales reprezentativă o clădire rezidențială cu 80 de apartamente de la punctul 3.1, cu transmitanța clădirii, $H_{inc}= 16000 \text{ W/K}$. Pentru apă caldă a fost ales un $H_{acm}=689 \text{ W/K}$ corespunzător consumului de apă caldă al acelei clădiri.

Valorile parametrilor folosiți la acest calcul au fost următoarele:

- a. Raportul $H/(k_c \cdot S_c)=7, 5$ și 3 pentru încălzire și $H/(k_c \cdot S_c)=3, 2$ și 1 pentru prepararea apei calde;
- b. Factorul geometric de corecție a fluxului termic captat, $F'=0,9$;
- c. Coeficientul global de transfer termic al captatoarelor solare, $k_c=1,5 \div 4 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- d. Coeficientul de absorbție al plăcii captatoare, $\alpha = 0.9$;
- e. Coeficientul de transparență al elementului vitrat al captatoarelor, $\tau = 0.85$;
- f. Unghiul înclinare față de planul orizontal, al captatoarelor, $\phi_i=45^\circ$;
- g. Unghiul deviere al orientării suprafeței de captare față de SUD, $\phi_a=0^\circ$ (SUD);
- h. Suprafața schimbătorului de căldură din cadrul buclei solare, $S_s=0,1 \cdot S_c$;
- i. Volumul rezervorului de acumulare, $V_a = V/S_c = 50 \text{ l/m}^2$;
- j. Coeficientul global de transfer termic al schimbătorului de căldură din cadrul buclei solare, $k_s= 600 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- k. Debitul de agent termic vehiculat în bucla solară, $G_c= 50 \text{ l/m}^2\text{h}$;
- l. Suprafața instalației de încălzire centrală a consumatorului, S_{inc} -corespunzătoare a 80 de apartamente;
- m. Temperaturile nominale ale agentului termic la dimensionarea instalației, $t_{T0}=50^\circ\text{C}$ $t_{R0}=30^\circ\text{C}$, temperatura apei calde a avut valoarea de 55°C , iar temperatura apei reci a fost considerată constantă pe tot timpul anului la o temperatură de 15°C ;
- n. Intensitățile radiației solare, medii lunare, pentru o suprafață de captare orizontală, I_0 , pentru toate lunile din an, conform metodologiei Mc001 din 2006;
- o. Temperaturile exterioare medii lunare pentru toate lunile anului, t_e , conform SR 4839/2014;

Folosind aceste valori, s-au obținut grade de acoperire și randamente anuale, pentru fiecare zonă climatică de calcul, reprezentate de orașele următoare: Constanța (zona 1), București (zona 2), Cluj Napoca (zona 3), Predeal (zona 4), Târgul Secuiesc (zona 5).

Valorile anuale au fost reprezentate prin grafice pentru fiecare caz în parte, grupând cele 5 orașe pentru fiecare valoare $k_c=1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4 \text{ W/m}^2\text{K}$ și pentru fiecare caz de încălzire sau preparare apă caldă menajeră. Reprezentarea grafică pentru diferite valori ale coeficientul de transfer termic al panourilor solare oferă o vedere de ansamblu pentru toate tipurile de panouri ce se comercializează pe piața românească.

Alegerea raportului $H/(k_c \cdot S_c)$ pentru diferitele cazuri de încălzire și preparare apă caldă a fost făcută pentru a reprezenta cât mai realist investiții solare posibile.

Diagramale obținute pentru situația de încălzire corespunzătoare fiecărui caz (în funcție de raportul $H/(k_c \cdot S_c)$) sunt următoarele:

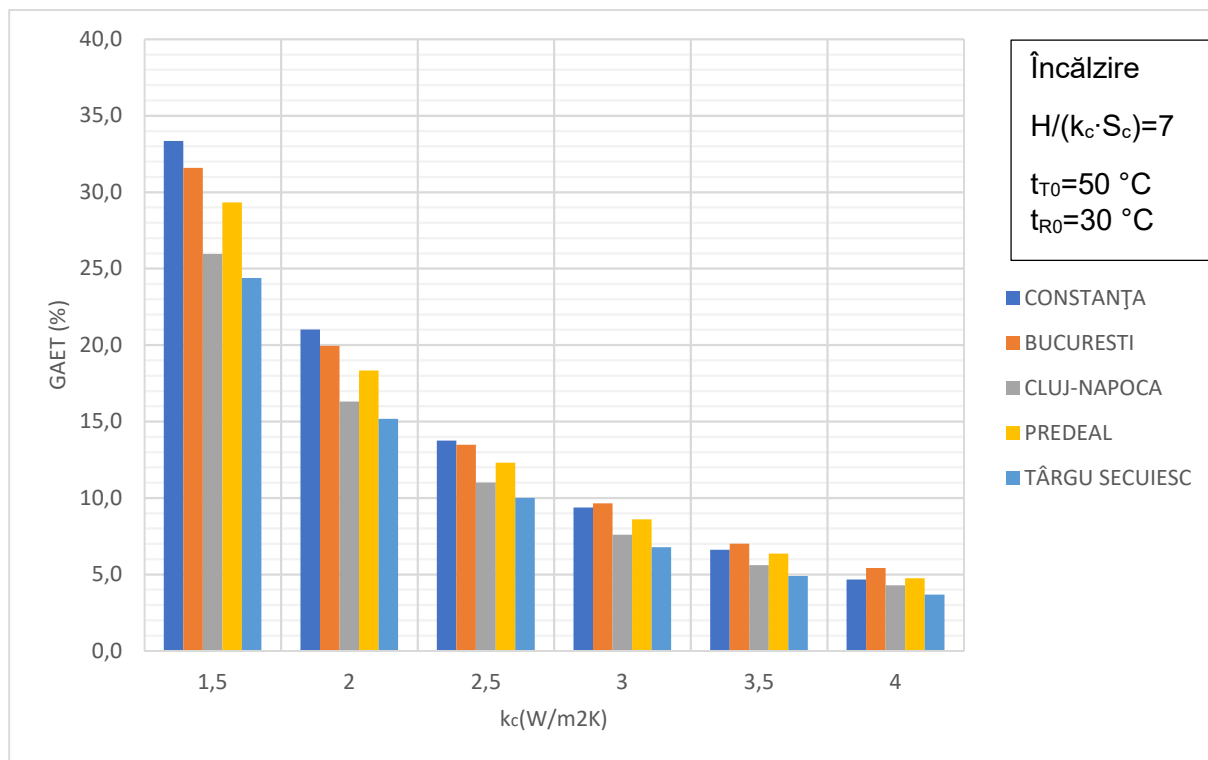


Fig. 22- Grad de acoperire calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 7$

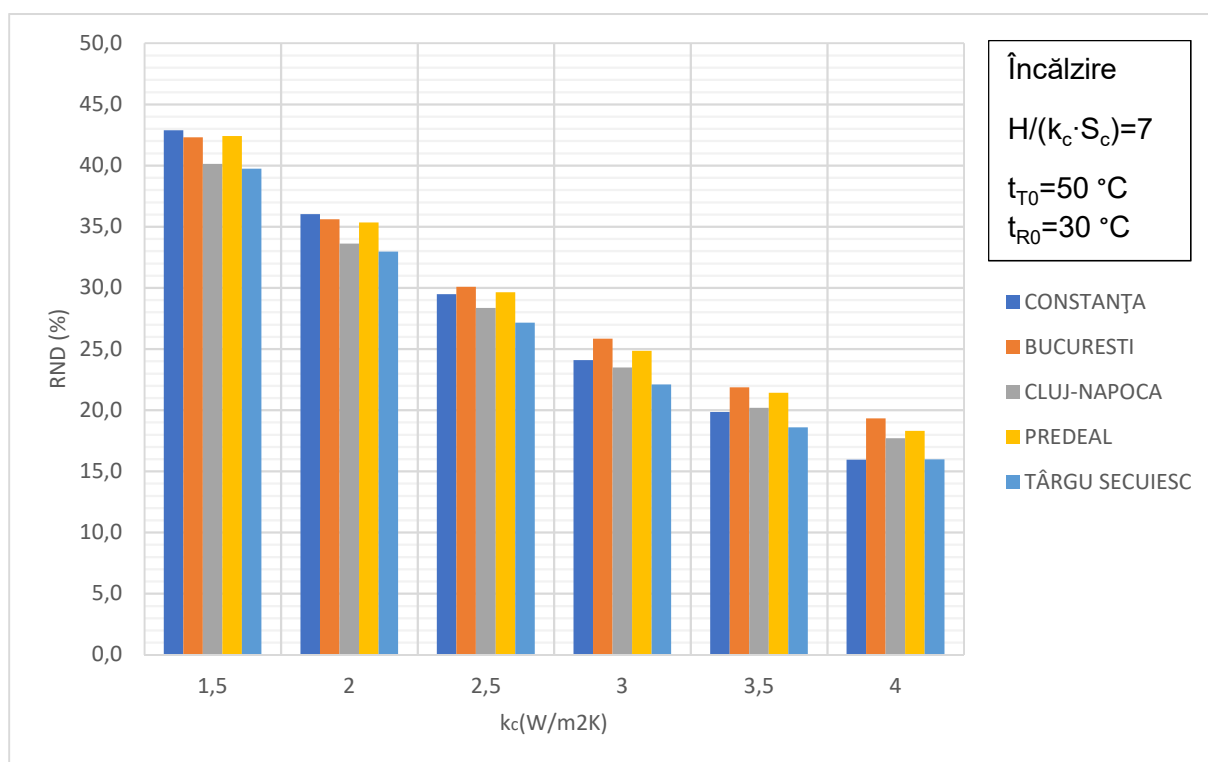


Fig. 23- Randament calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 7$

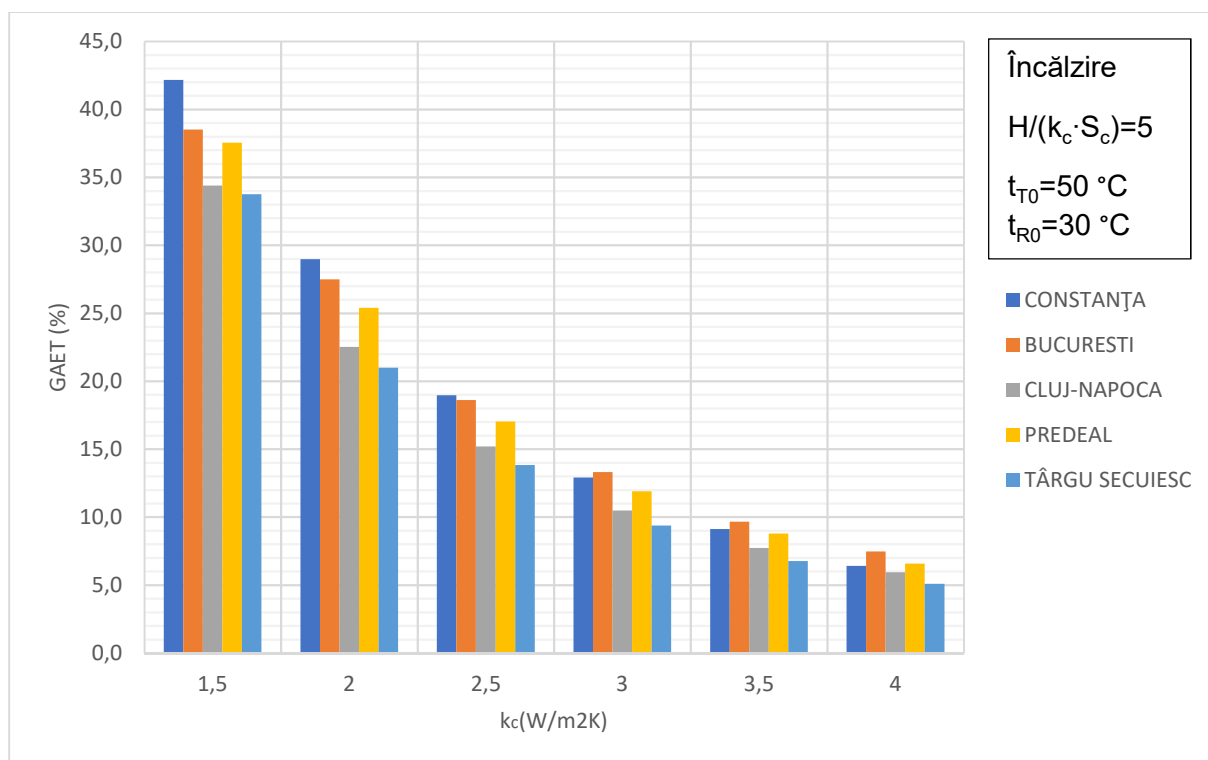


Fig. 24- Grad de acoperire calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 5$

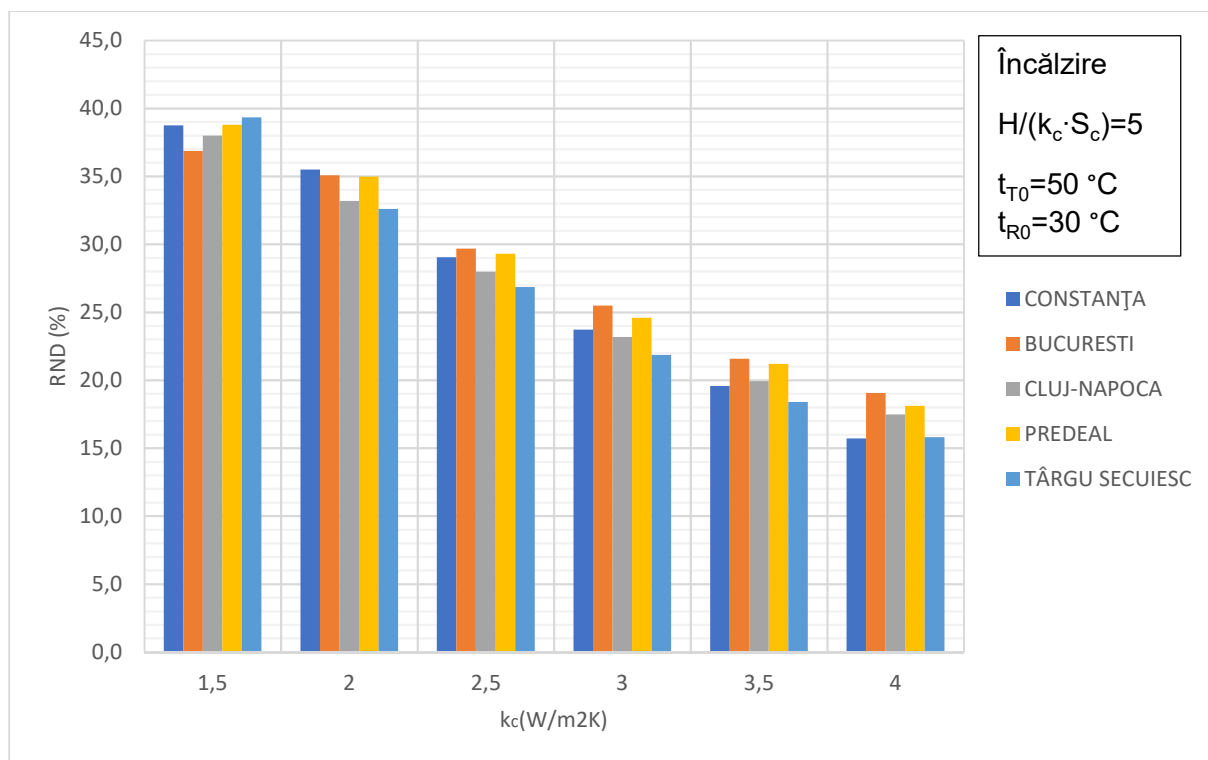


Fig. 25- Randament calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 5$

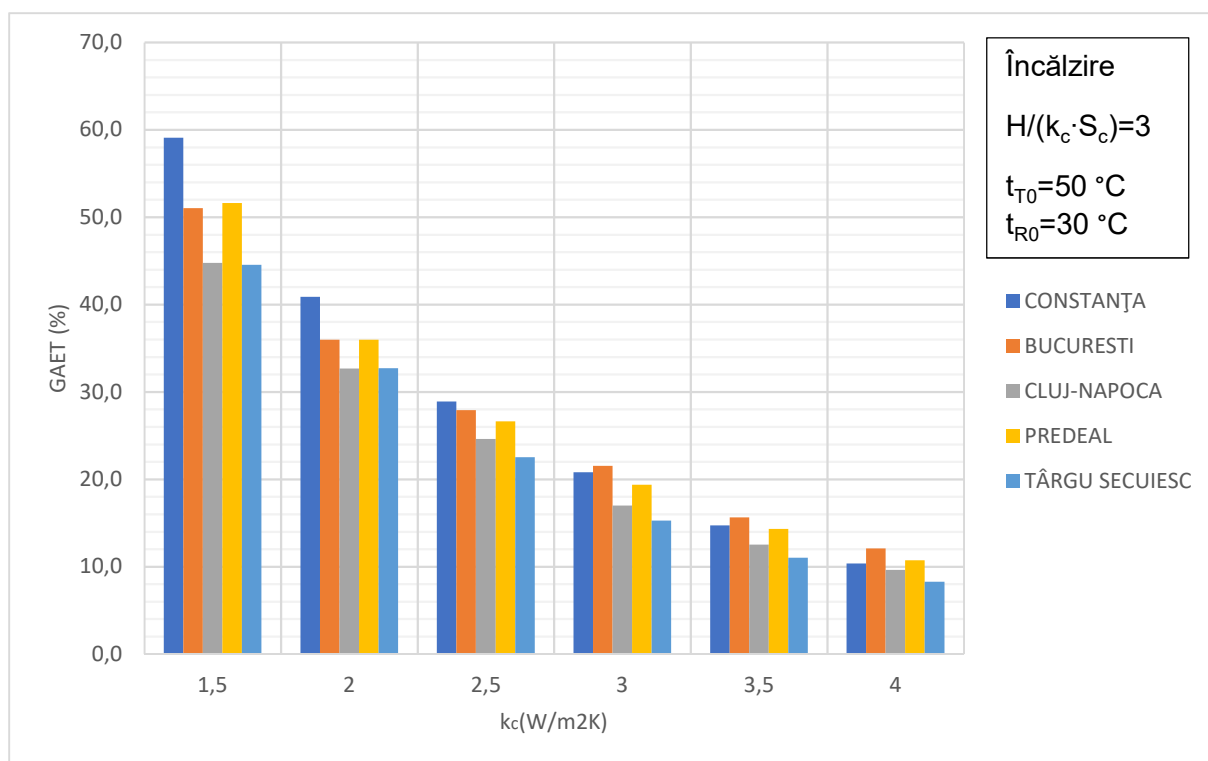


Fig. 26- Grad de acoperire calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 3$

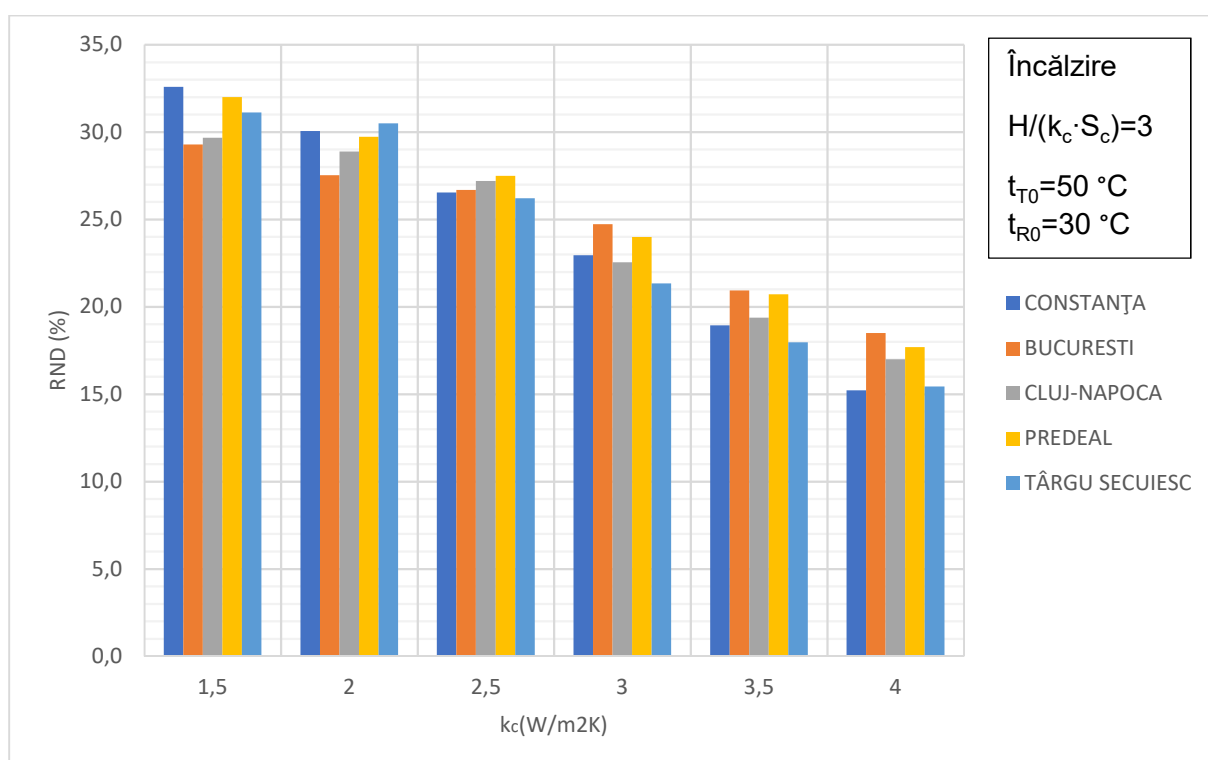


Fig. 27- Randament calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 3$

Diagramale obținute pentru prepararea apei calde menajere corespunzătoare fiecărui caz (în funcție de raportul $H/(k_c \cdot S_c)$) sunt următoarele:

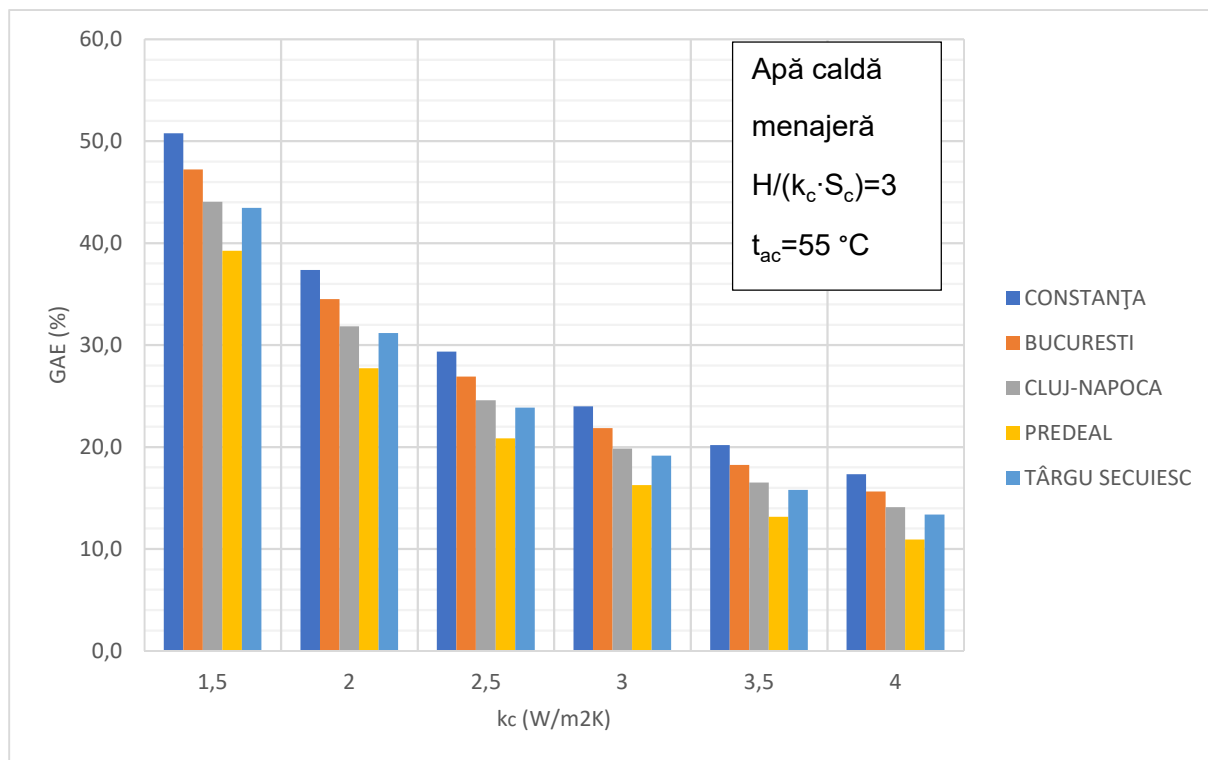


Fig. 28- Grad de acoperire calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c=3$

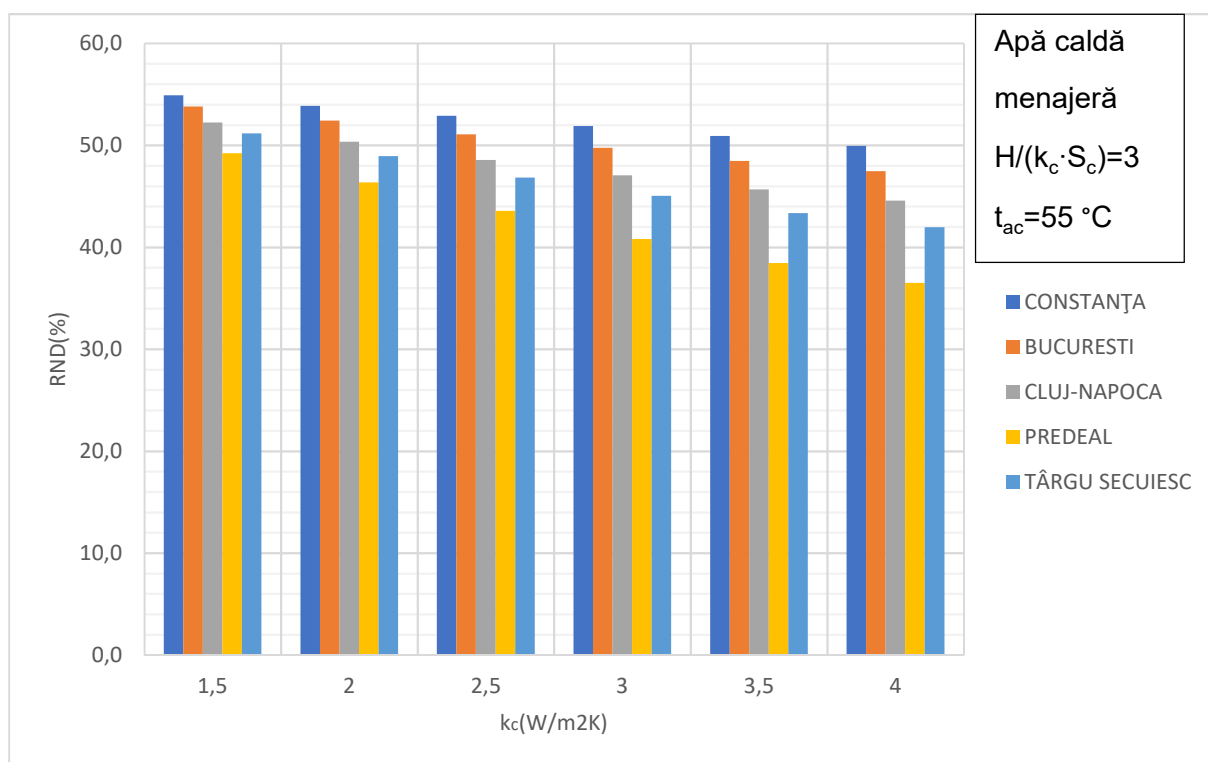


Fig. 29- Randament calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c=3$

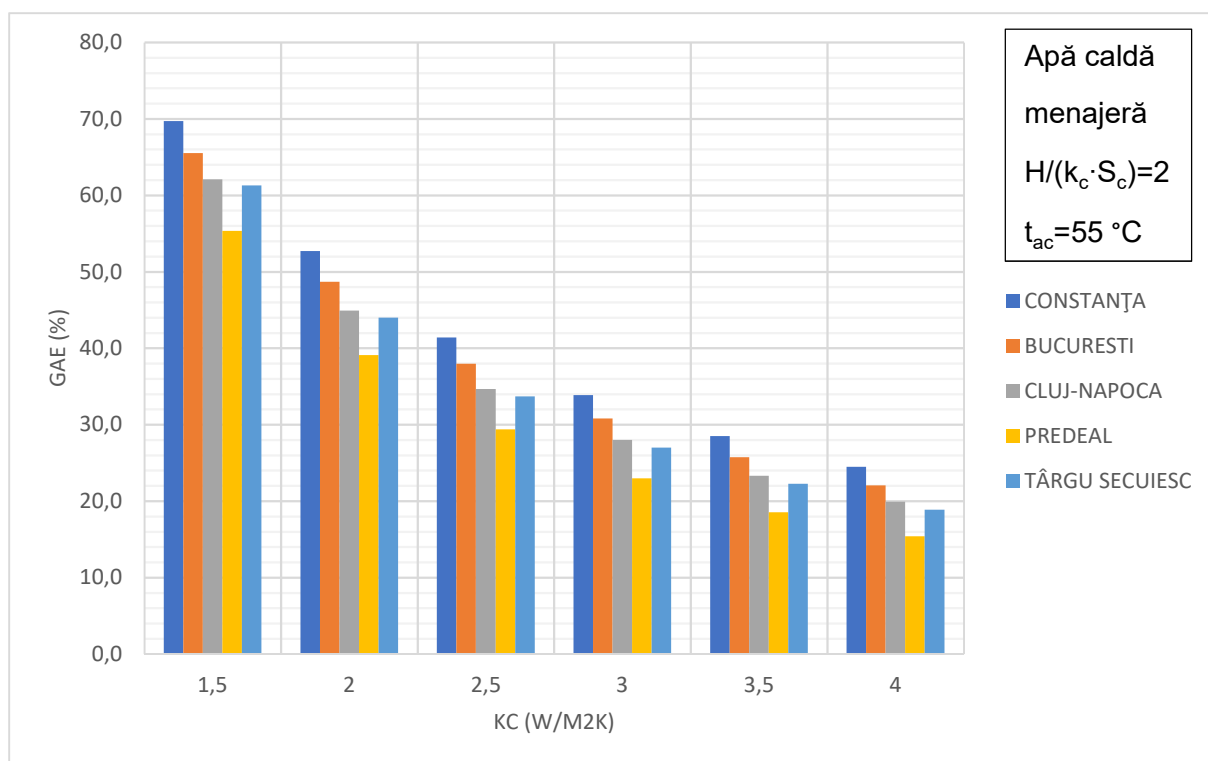


Fig. 30- Grad de acoperire calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c=2$

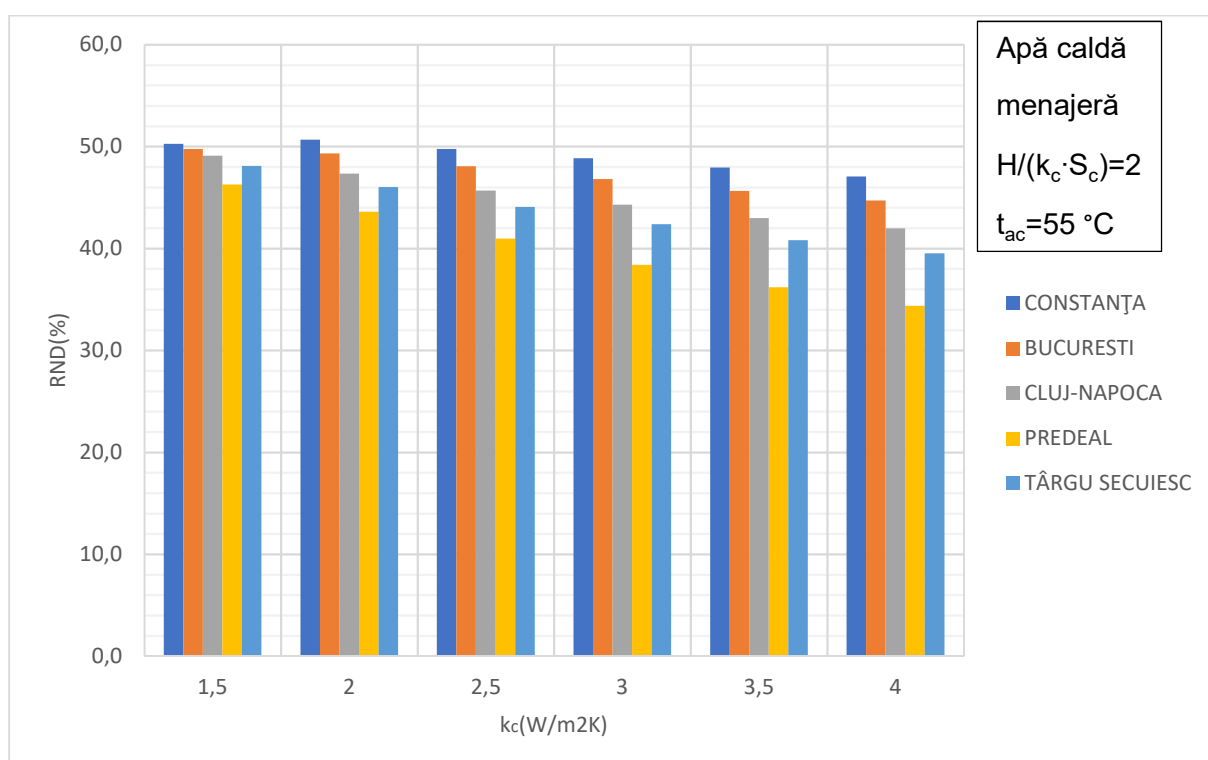


Fig. 31- Randament calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c=2$

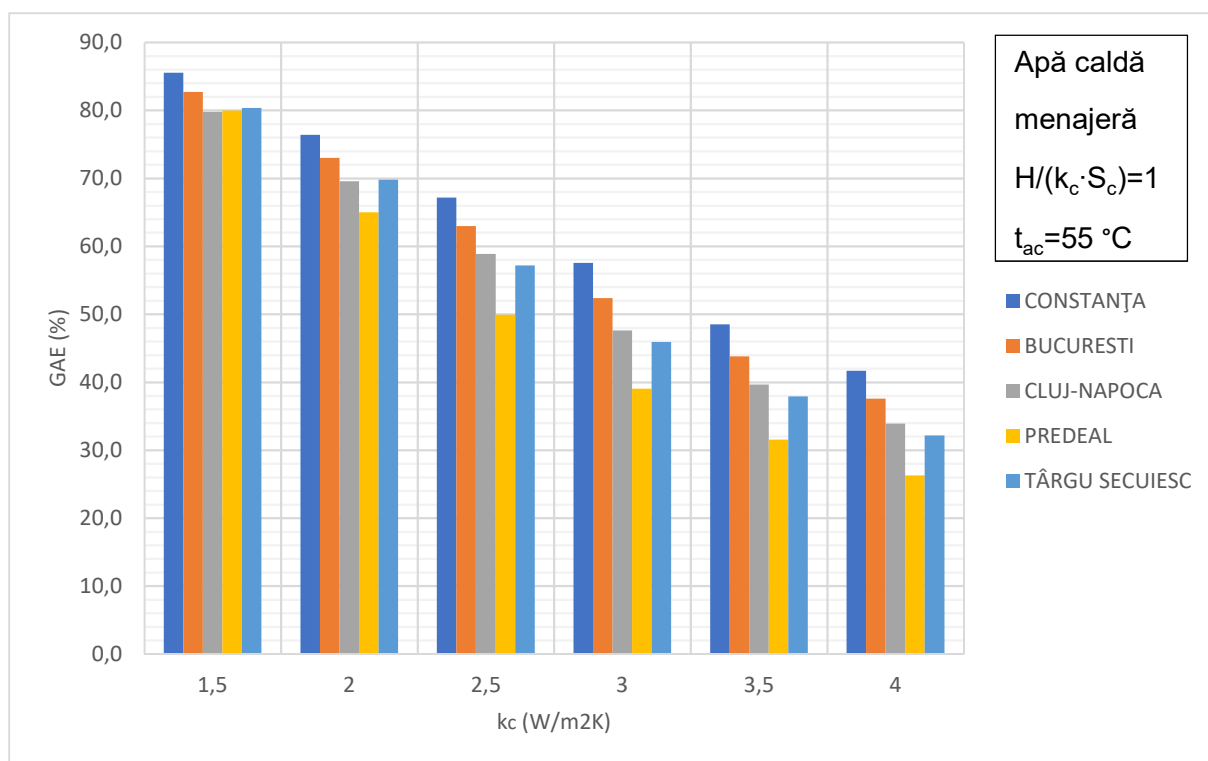


Fig. 32- Grad de acoperire calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c=1$

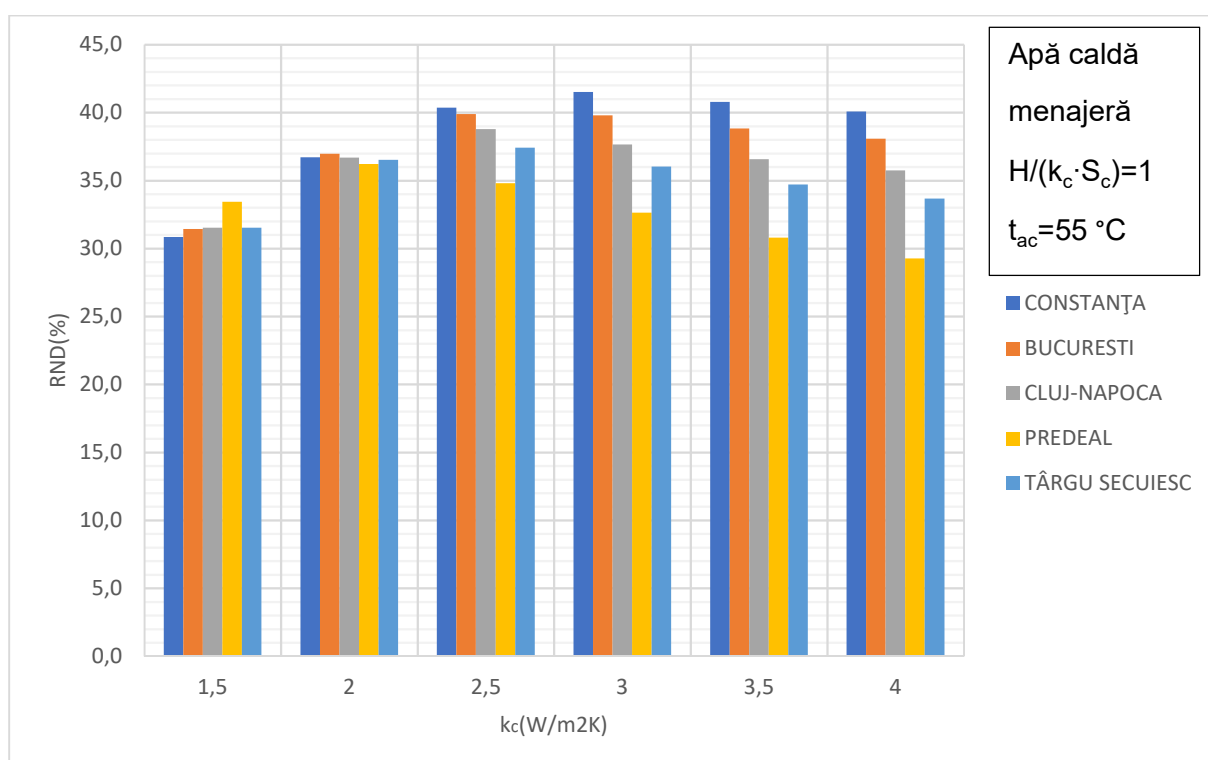


Fig. 33- Randament calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c=1$

3.3 Rezultate energetice pentru sisteme de instalații utilizând surse regenerabile pentru 79 orașe din România

Pentru efectuarea studiului următor s-a folosit metodologia de calcul MC001 prezentată la punctul 2.1 și s-a ales reprezentativă o clădire rezidențială cu 80 de apartamente de la punctul 3.1, cu transmitanța clădirii, $H_{inc}=16000 \text{ W/K}$. Pentru apă caldă a fost ales un $H_{acm}=689 \text{ W/K}$ corespunzător consumului de apă caldă al acelei clădiri.

Valorile parametrilor folosiți la acest calcul au fost următoarele:

- a. Raportul $H/(k_c \cdot S_c)=7, 5$ și 3 pentru încălzire și $H/(k_c \cdot S_c)=3, 2$ și 1 pentru prepararea apei calde;
- b. Factorul geometric de corecție a fluxului termic captat, $F'=0,9$;
- c. Coeficientul global de transfer termic al captatoarelor solare, $k_c=2\div4 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- d. Coeficientul de absorbție al plăcii captatoare, $\alpha = 0,9$;
- e. Coeficientul de transparență al elementului vitrat al captatoarelor, $\tau = 0,85$;
- f. Unghiul înclinare față de planul orizontal, al captatoarelor, $\phi_i=45^\circ$;
- g. Unghiul deviere al orientării suprafeței de captare față de SUD, $\phi_a=0^\circ$ (SUD);
- h. Suprafața schimbătorului de căldură din cadrul buclei solare, $S_s=0,1 \cdot S_c$;
- i. Volumul rezervorului de acumulare, $V_a = V/S_c = 50 \text{ l/m}^2$;
- j. Coeficientul global de transfer termic al schimbătorului de căldură din cadrul buclei solare, $k_s= 600 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- k. Debitul de agent termic vehiculat în bucla solară, $G_c= 50 \text{ l/m}^2\text{h}$;
- l. Suprafața instalației de încălzire centrală a consumatorului, S_{inc} -corespunzătoare a 80 de apartamente;
- m. Temperaturile nominale ale agentului termic la dimensionarea instalației, $t_{T0}=50^\circ\text{C}$ $t_{R0}=30^\circ\text{C}$ pentru un caz, $t_{T0}=70^\circ\text{C}$ $t_{R0}=50^\circ\text{C}$ pentru al doilea caz; temperatura apei calde a avut valoarea de 60°C pentru un caz și 50°C pentru al doilea caz, iar temperatura apei reci a fost considerată constantă pe tot timpul anului la o temperatură de 15°C ;
- n. Pentru 27 de orașe, intensitățile radiației solare, medii lunare, pentru o suprafață de captare orizontală, I_o , pentru toate lunile din an, conform metodologiei Mc001 din 2006. Iar pentru restul de 52 au fost calculate luând în calcul mediile ponderate ale intensităților cu inversele distanțelor de la cele mai apropiate 3 orașe pentru care se cunoșteau datele;
- o. Temperaturile exterioare medii lunare pentru toate lunile anului, t_e , conform SR 4839/2014 pentru 77 de orașe, iar pentru orașele ce nu au avut valori cunoscute au fost calculate luând în calcul mediile ponderate ale temperaturilor cu inversele distanțelor de la cele mai apropiate 3 orașe pentru care se cunoșteau datele;

Datorită faptului că în România nu exista decât o bază de date restrânsă pentru valorile climatice de temperaturi și intensități ale radiației solare, a fost necesar să se construiască o bază de date prezentată în tabelul 1. Acestea au fost determinate cu relațiile de calcul (34) și (35).

$$t_0 = \frac{\frac{1}{d_1} \cdot t_1 + \frac{1}{d_2} \cdot t_2 + \frac{1}{d_3} \cdot t_3}{\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} + \frac{1}{d_3}} \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (34)$$

Tabelul 1

Nr. Crt.	ORAȘ	Temperatură exterioară	Intesitatea radiației solare
1	Z3 ALBA IULIA	DA	NU
2	Z2 ALEXANDRIA	DA	DA
3	Z2 ARAD	DA	NU
4	Z3 BACĂU	DA	DA
5	Z3 BAIA-MARE	DA	NU
6	Z3 BÂRLAD	DA	DA
7	Z4 BISTRIȚA	DA	NU
8	Z3 BOTOȘANI	DA	DA
9	Z4 BRAȘOV	DA	NU
10	Z2 BRĂILA	DA	NU
11	Z4 BUCIN	DA	NU
12	Z2 BUCUREȘTI	DA	DA
13	Z2 BUZĂU	DA	NU
14	Z1 CALAFAT	DA	DA
15	Z2 CĂLĂRAȘI	DA	DA
16	Z2 CAMPINA	NU	DA
17	Z2 CARANSEBEȘ	DA	DA
18	Z3 CLUJ-NAPOCA	DA	DA
19	Z1 CONSTANȚA	DA	DA
20	Z2 CRAIOVA	DA	DA
21	Z2 CURTEA DE ARGEȘ	DA	DA
22	Z3 DEJ	DA	NU
23	Z2 DEVA	DA	NU
24	Z4 DOROHOI	NU	DA
25	Z2 DRĂGĂȘANI	DA	DA
26	Z1 DROBETA TURNU SEVERIN	DA	DA
27	Z3 DUMBRAVENI	DA	NU
28	Z3 FOCȘANI	DA	NU
29	Z3 GALAȚI	DA	DA
30	Z2 GIURGIU	DA	NU
31	Z2 GORGOVA	DA	NU
32	Z2 GRIVITA	DA	NU
33	Z1 GURA PORTIȚEI	DA	NU
34	Z3 HOLOD	DA	NU

Tabelul 1- Continuare

Nr. Crt.	ORAȘ	Temperatură exterioară	Intesitatea radiației solare
35	Z3 IASI	DA	DA
36	Z5 JOSENI	DA	NU
37	Z1 LUGOJ	DA	NU
38	Z1 MANGALIA	DA	NU
39	Z2 MEDGIDIA	DA	NU
40	Z5 MIERCUREA CIUC	DA	NU
41	Z1 MOLDOVA VECHE	DA	DA
42	Z2 ORADEA	DA	NU
43	Z3 PĂTĂRAGELE	DA	NU
44	Z3 PETROSANI	DA	NU
45	Z3 PIATRA NEAMȚ	DA	NU
46	Z2 PITEȘTI	DA	NU
47	Z2 PLOIEȘTI	DA	NU
48	Z4 PREDEAL	DA	DA
49	Z4 RADAUTI	DA	NU
50	Z2 RÂMNICU SĂRAT	DA	DA
51	Z2 RÂMNICU VÂLCEA	DA	NU
52	Z1 REȘIȚA	DA	NU
53	Z3 ROMAN	DA	NU
54	Z2 ROȘIORI DE VEDE	DA	DA
55	Z1 SAMNICOLAU MARE	DA	DA
56	Z3 SATU MARE	DA	NU
57	Z1 SFÂNTU GHEORGE DELTA	DA	NU
58	Z5 SFÂNTU GHEORGHE MUNTE	DA	NU
59	Z3 SIBIU	DA	DA
60	Z3 SIGHETUL MARMATIEI	DA	DA
61	Z3 SINAIA	DA	NU
62	Z2 SLATINA	DA	NU
63	Z2 SLOBOZIA	DA	NU
64	Z4 SUCEAVA	DA	NU
65	Z1 SULINA	DA	NU
66	Z2 TÂRGOVIȘTE	DA	NU
67	Z2 TÂRGU JIU	DA	DA
68	Z4 TÂRGU MUREȘ	DA	DA
69	Z3 TÂRGU OCNA	DA	NU
70	Z5 TÂRGU SECUIESC	DA	DA
71	Z3 TECUCI	DA	NU
72	Z2 TIMIȘOARA	DA	DA
73	Z2 TITU	DA	NU
74	Z2 TULCEA	DA	NU

Tabelul 1-Continuare

Nr. Crt.	ORAȘ	Temperatură exterioară	Intesitatea radiației solare
75	Z2 TURNU MĂGURELE	DA	DA
76	Z2 URZICENI	DA	NU
77	Z3 VASLUI	DA	NU
78	Z2 VIDELE	DA	NU
79	Z2 ZALĂU	DA	NU

$$I_0 = \frac{\frac{1}{d_1} \bullet I_1 + \frac{1}{d_2} \bullet I_2 + \frac{1}{d_3} \bullet I_3}{\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} + \frac{1}{d_3}} \quad [\text{W/m}^2] \quad (35)$$

Folosind valorile din normative și calculând restul valorilor specifice climatice, s-au obținut grade de acoperire și randamente anuale, pentru 79 de orașele uniforme distribuite pe tot teritoriul României (figura 34) pentru cele 5 zone de calcul climatic:

Zona 1: Calafat, Constanța, Drobeta Turnu Severin, Gura Portiței, Lugoj, Mangalia
Moldova Veche, Resita, Sâmnicolau Mare, Sfântul Gheorghe (Deltă), Sulina;

Zona 2: Alexandria, Arad, Brăila, București, Buzău, Caransebeș, Călărași, Câmpina, Craiova, Curtea De Argeș, Deva, Drăgășani, Giurgiu, Gorgova, Grivița, Medgidia, Oradea, Pitești, Ploiești, Râmnicu Sărat, Râmnicu Vâlcea, Roșiorii De Vede, Slatina, Slobozia, Târgoviște, Târgu Jiu, Timișoara, Titu, Tulcea, Turnu Măgurele, Urziceni, Videle, Zalău;

Zona 3: Alba Iulia, Bacău, Baia-Mare, Bârlad, Botoșani, Cluj-Napoca, Dej, Dumbraveni, Focșani, Galați, Holod, Iași, Pătrăgele, Petroșani, Piatra Neamț, Roman, Satu Mare, Sibiu, Sighetul Marmatiei, Sinaia, Târgu Ocna, Tecuci, Vaslui;

Zona 4: Bistrita, Brasov, Bucin, Dorohoi, Predeal, Rădăuți, Suceava, Târgu Mureș;

Zona 5: Joseni, Miercurea Ciuc, Sfântul Gheorghe (Munte), Târgu Secuiesc.

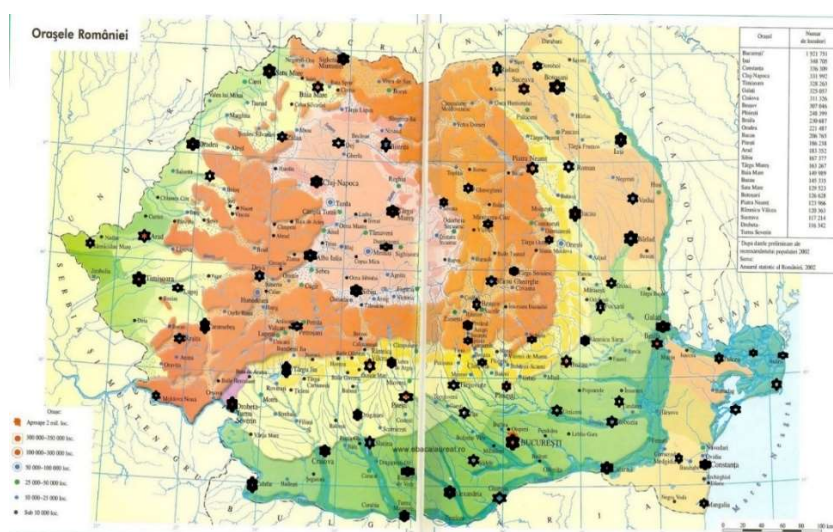


Fig. 34- Harta României cu cele 79 de orase ale studiului

Valorile anuale au fost reprezentate prin grafice pentru fiecare caz în parte, constând în 18 cazuri distincte și pentru fiecare situație de încălzire sau preparare apă caldă menajeră. Variația coeficientul de transfer termic al panourilor solare oferă o vedere de ansamblu pentru toate tipurile de panouri ce se comercializează pe piața românească. Panourile solare cu tuburi vidate au un coeficient de transfer termic apropiat de valoarea 2, în timp ce panourile solare cu placă plană au un coeficient de transfer termic apropiat de 4. Acest studiu a inclus folosirea ambelor tipuri de panouri solare atât pentru încălzire cât și pentru prepararea apei calde menajere.

Alegerea raportului $H/(k_c \cdot S_c)$ pentru diferitele cazuri de încălzire și preparare apă caldă a fost făcută pentru a reprezenta cât mai realist investițiile solare posibile pentru obiectivul ales (clădire rezidențială cu 80 de apartamente). Astfel, pentru încălzire, datorită suprafețelor de captare rezultate foarte mari, s-au ales valori ale raportului mai mari (3,5,7) ceea ce implică un grad de acoperire mai mic. Pentru apa caldă menajeră s-au ales valori de 1,2 și 3 pentru a asigura un grad de acoperire mai mare.

Variația temperaturilor de furnizare a agentului termic de încălzire permite studierea a două soluții de încălzire diferite, una de joasă temperatură ($t_{T0}=50\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{R0}=30\text{ }^{\circ}\text{C}$) și una de medie temperatură ($t_{T0}=70\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{R0}=50\text{ }^{\circ}\text{C}$). Această variație este independentă de rezistența de încălzire a consumatorului datorită faptului că s-a ales un H constant pentru toate cazurile de încălzire.

Variația temperaturii de furnizare a apei calde menajere arată posibile scenarii posibile de furnizare a apei calde, de la $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ la $60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Alegerea neîntâmplătoare a orașelor (figura 34) asigură o omogenitate pentru toate regiunile din România. Diferențele între diversele orașe alese stau atât în datele climatice prezentate în tabelul 1, dar și în zonele climatice diferite ce implică temperaturi exterioare de calcul diferite.

Metoda de determinare lunară folosită a folosit numărul de grade zile din SR 4839/2014 corespunzător valorii N^{20}_{12} . Astfel au fost determinate lunile de calcul corespunzătoare pentru încălzire pentru fiecare oraș în parte.

Diagramale obținute pentru pentru situația de încălzire corespunzătoare fiecărui caz (în funcție de raportul $H/(k_c \cdot S_c)$, variația k_c , variația temperaturilor de furnizare) sunt următoarele:

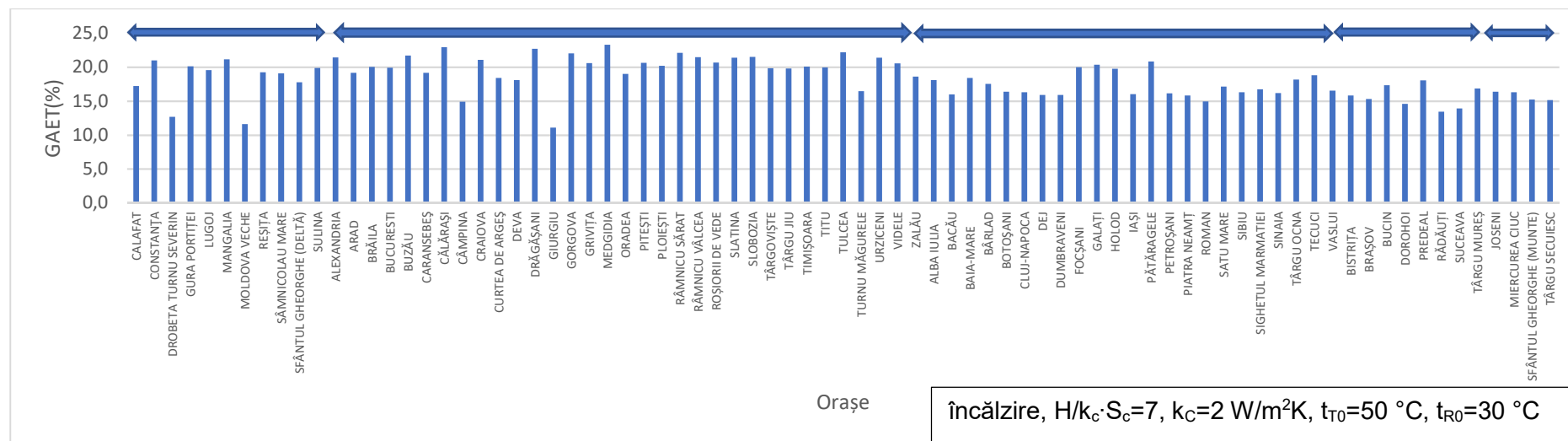


Fig. 35- Grad de acoperire calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=7$, $k_c=2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=50 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0}=30 \text{ }^\circ\text{C}$

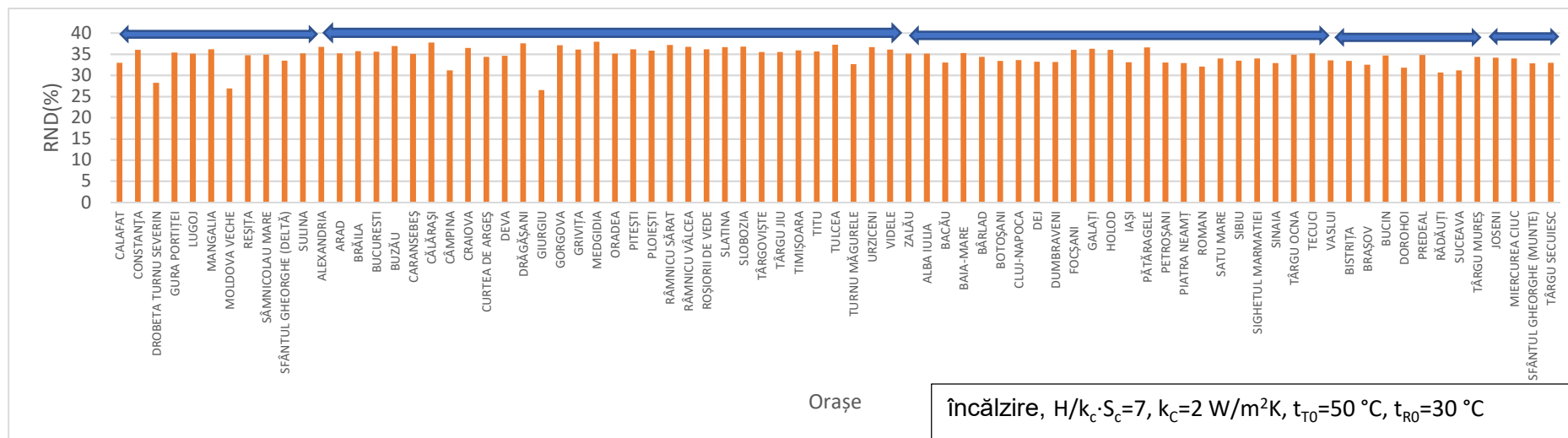


Fig. 36- Randament calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=7$, $k_c=2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=50 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0}=30 \text{ }^\circ\text{C}$

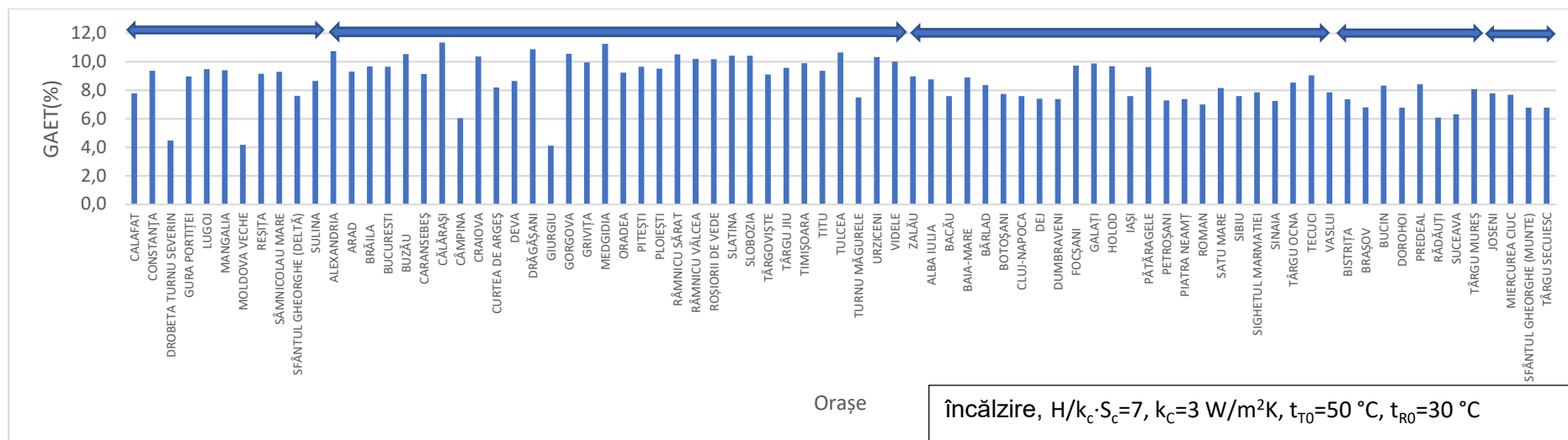


Fig. 37- Grad de acoperire calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 7$, $k_c = 3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$

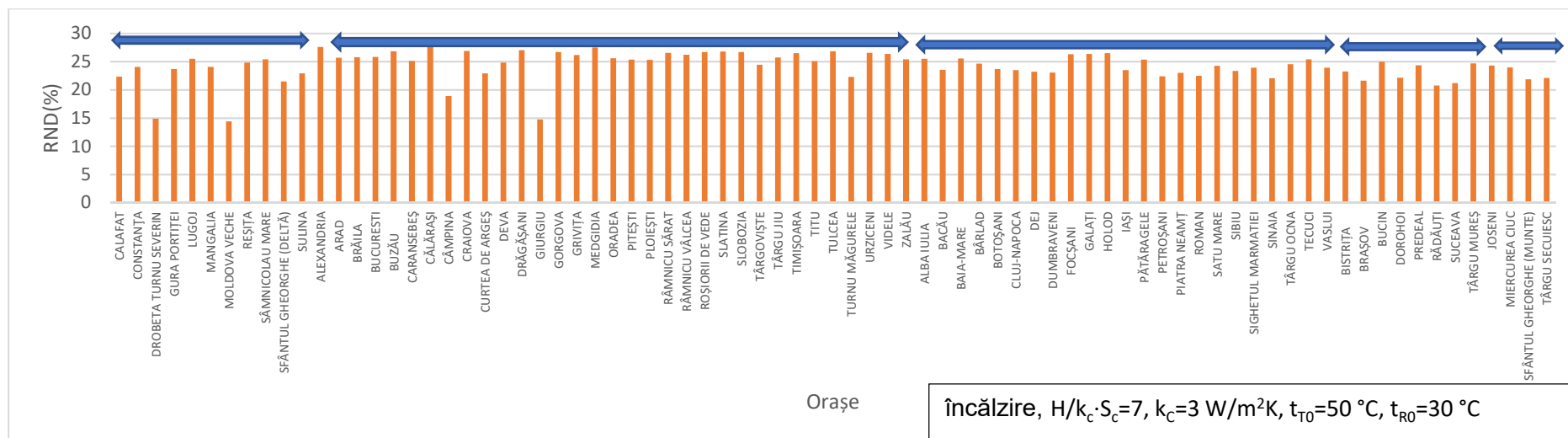


Fig. 38- Randament calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 7$, $k_c = 3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$

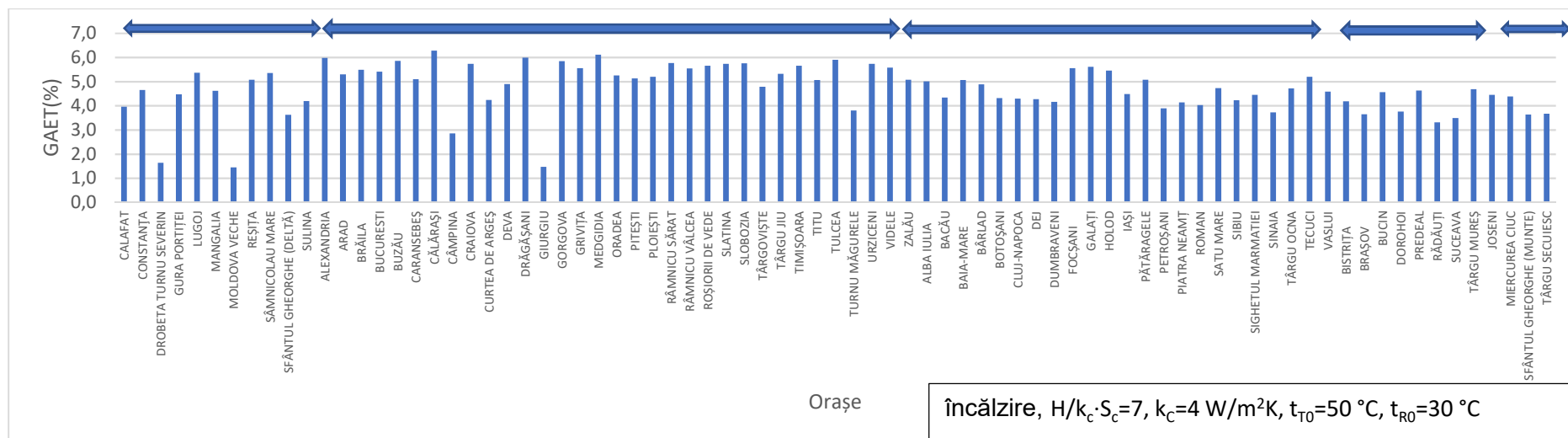


Fig. 39- Grad de acoperire calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 7$, $k_c = 4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$

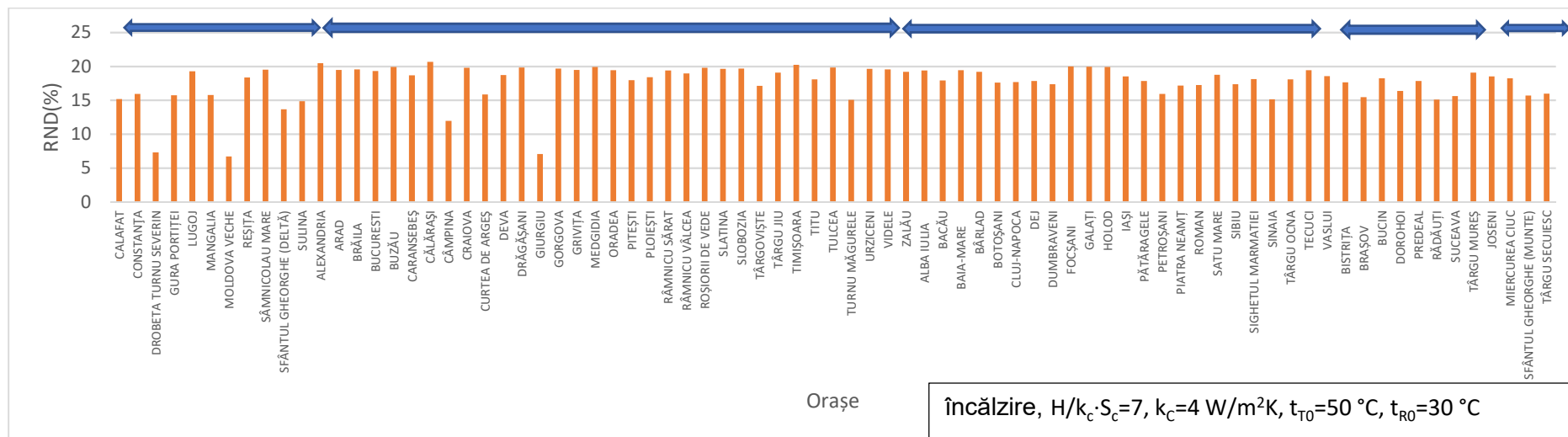


Fig. 40- Randament calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 7$, $k_c = 4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$

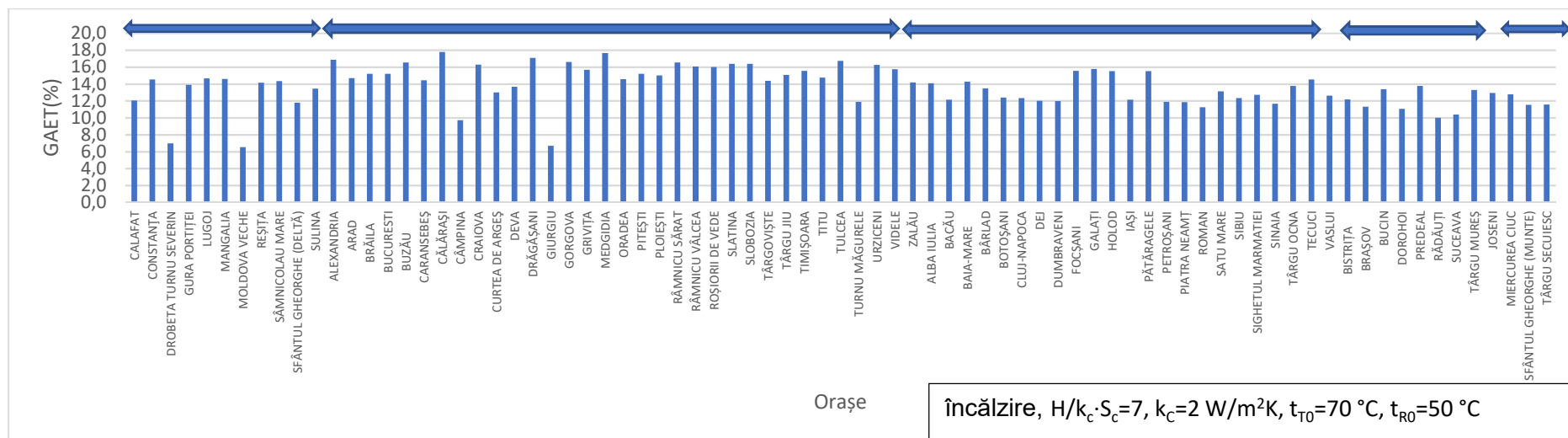


Fig. 41- Grad de acoperire calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 7$, $k_c = 2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$

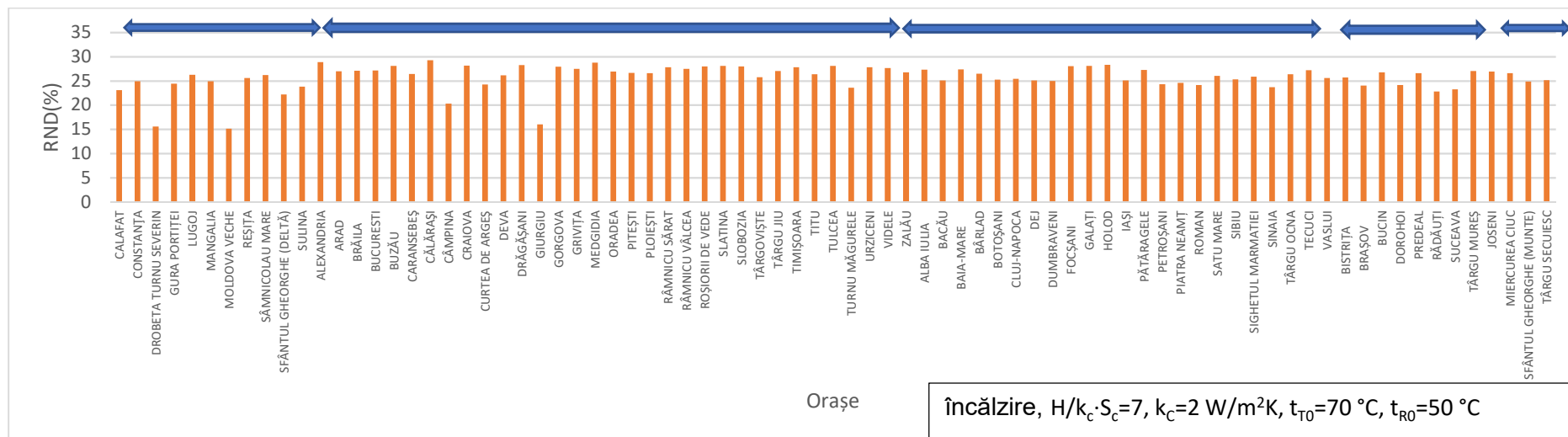


Fig. 42- Randament calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 7$, $k_c = 2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$

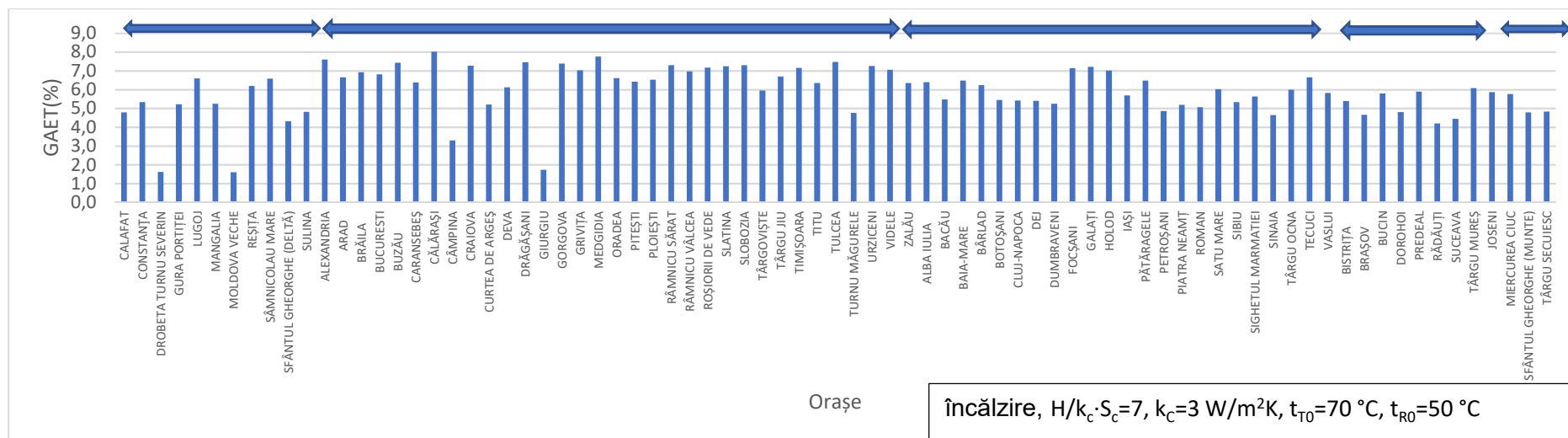


Fig. 43- Grad de acoperire calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 7$, $k_c = 3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$

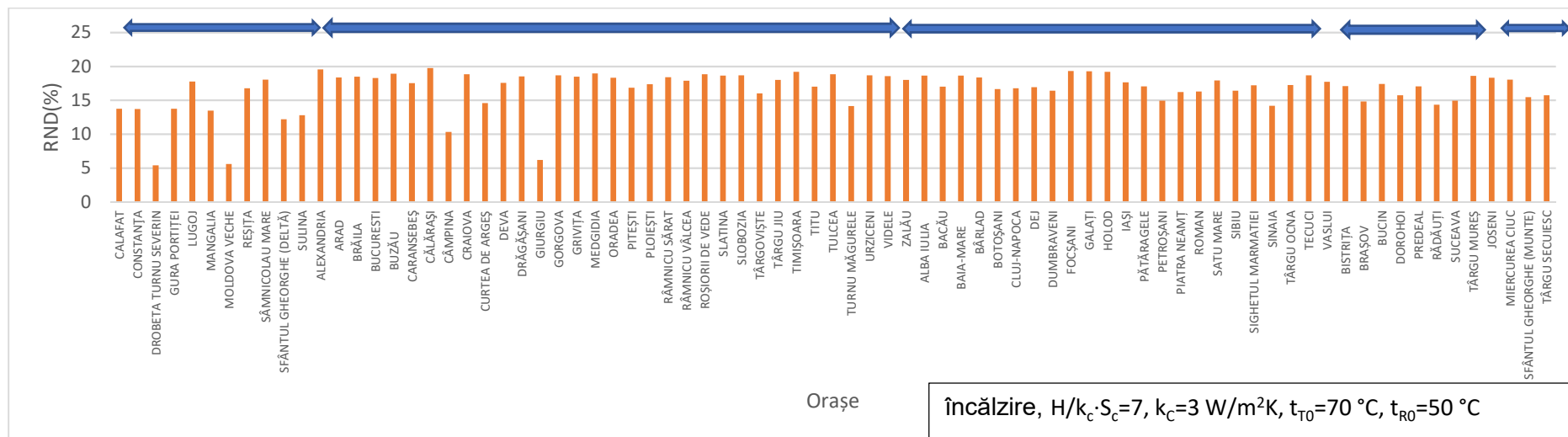


Fig. 44- Randament calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 7$, $k_c = 3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$

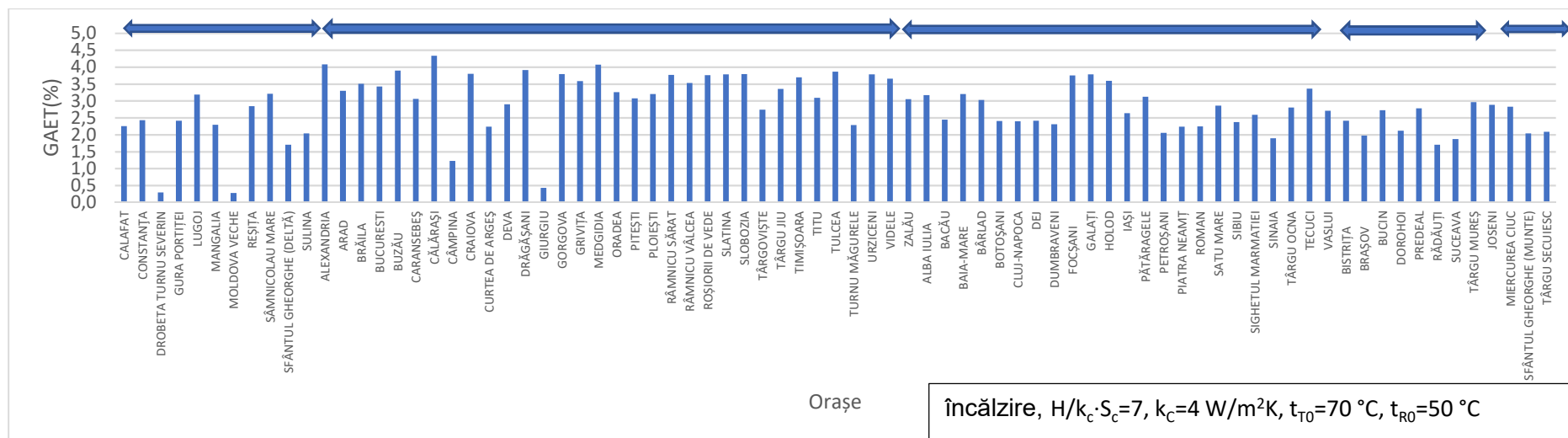


Fig. 45- Grad de acoperire calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 7$, $k_c = 4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$

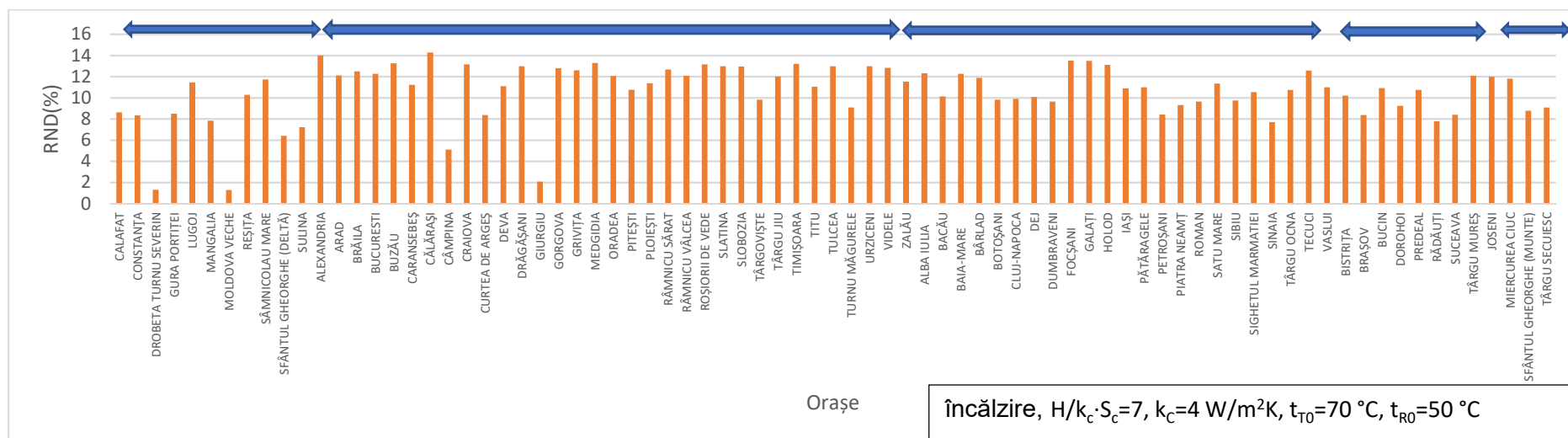


Fig. 46- Randament calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 7$, $k_c = 4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$

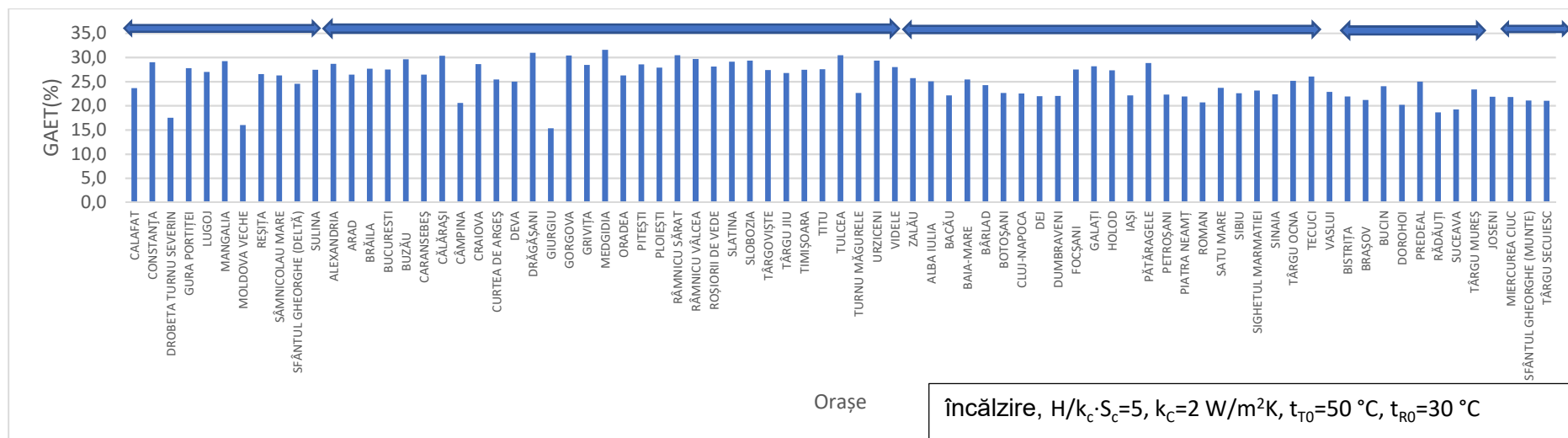


Fig. 47- Grad de acoperire calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 5$, $k_c = 2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0} = 50^\circ\text{C}$, $t_{R0} = 30^\circ\text{C}$

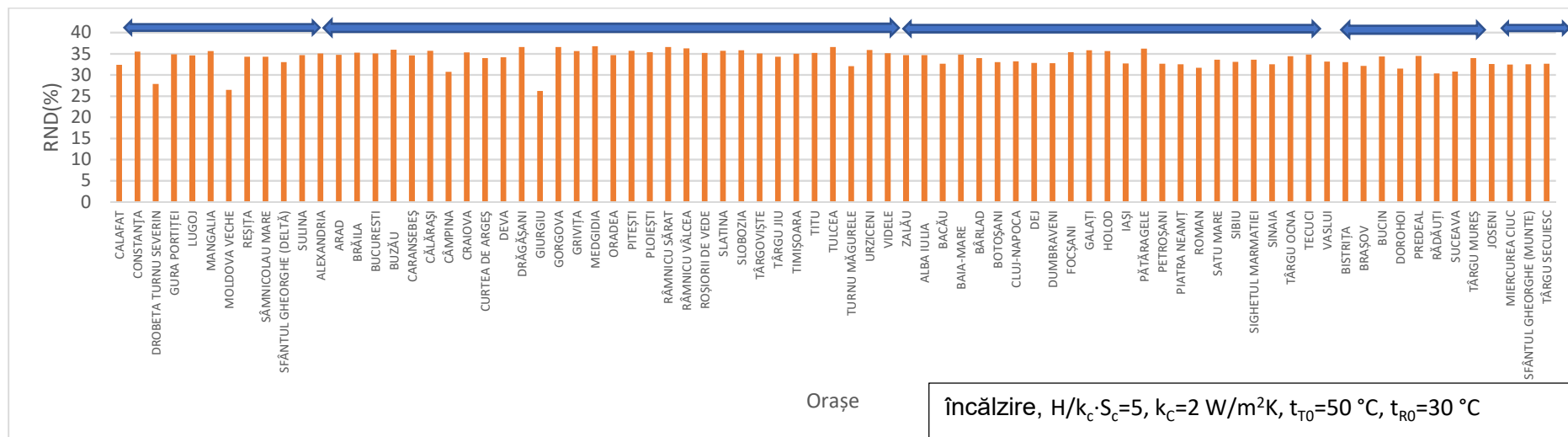


Fig. 48- Randament calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 5$, $k_c = 2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0} = 50^\circ\text{C}$, $t_{R0} = 30^\circ\text{C}$

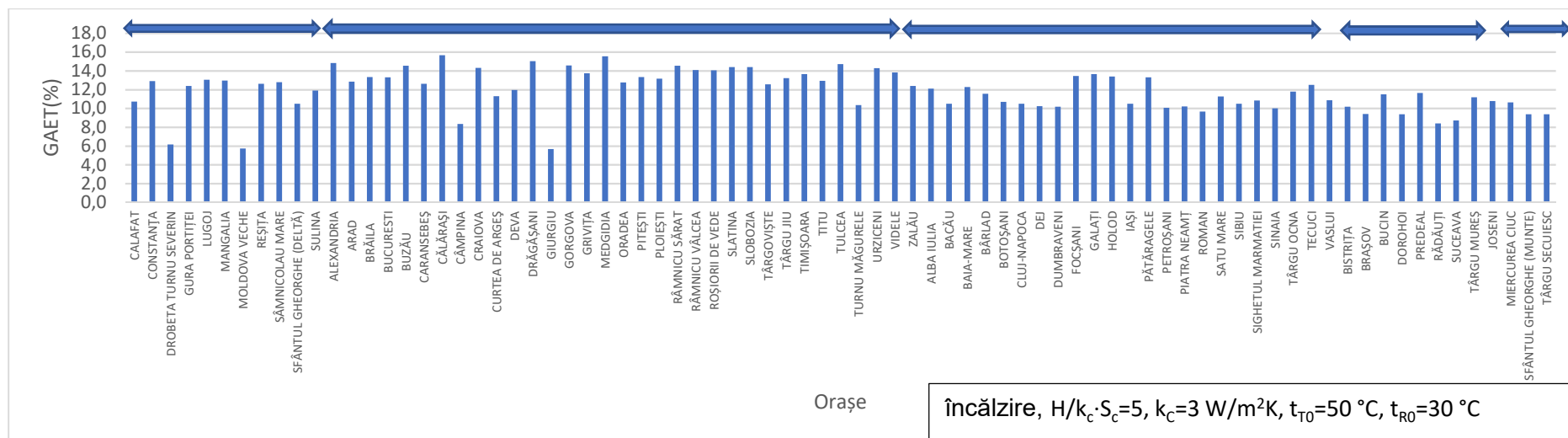


Fig. 49- Grad de acoperire calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=5$, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=50 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0}=30 \text{ }^\circ\text{C}$

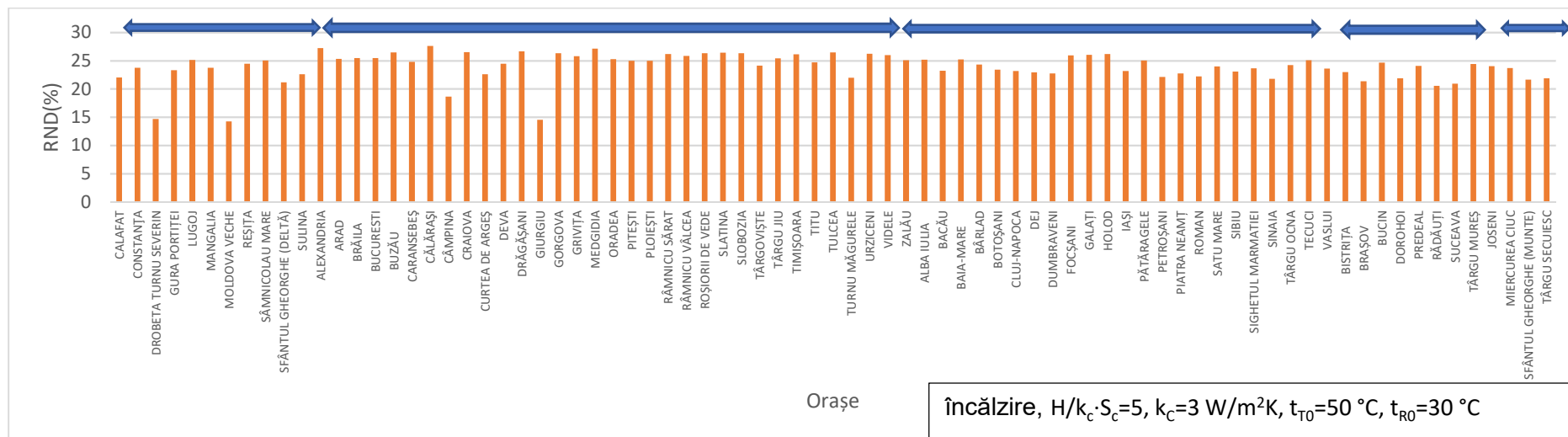


Fig. 50- Randament calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=5$, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=50 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0}=30 \text{ }^\circ\text{C}$

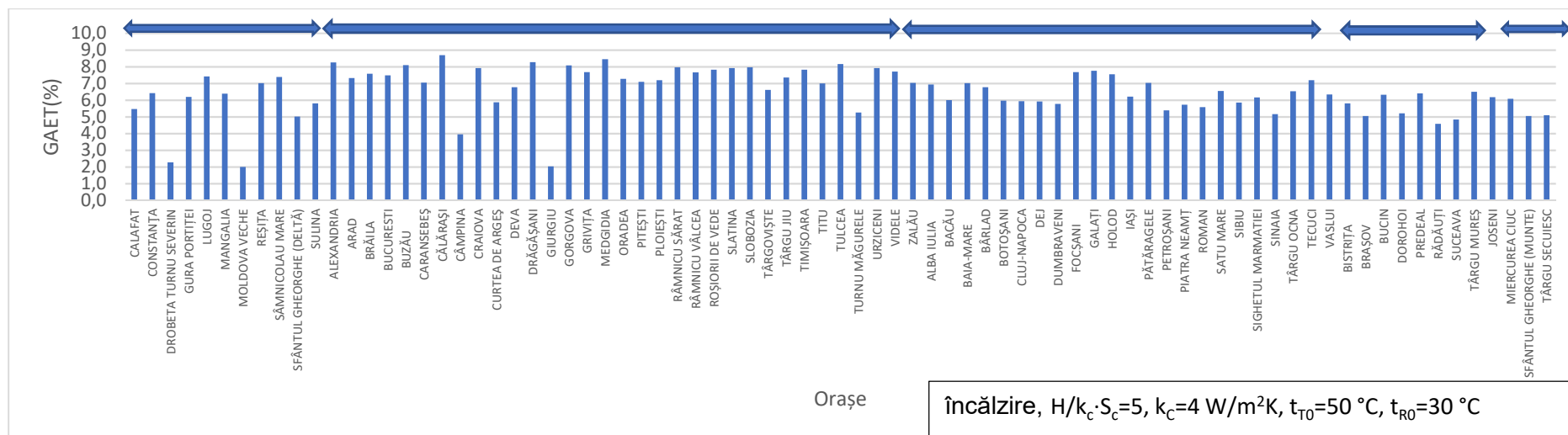


Fig. 51- Grad de acoperire calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 5$, $k_c = 4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0} = 50^\circ\text{C}$, $t_{R0} = 30^\circ\text{C}$

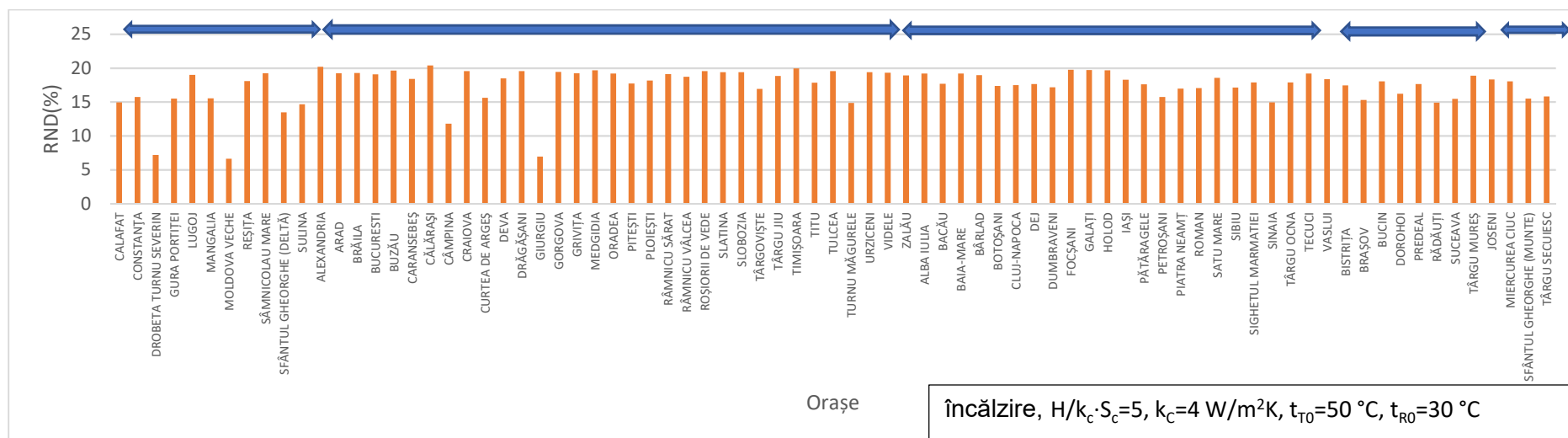


Fig. 52- Randament calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 5$, $k_c = 4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0} = 50^\circ\text{C}$, $t_{R0} = 30^\circ\text{C}$

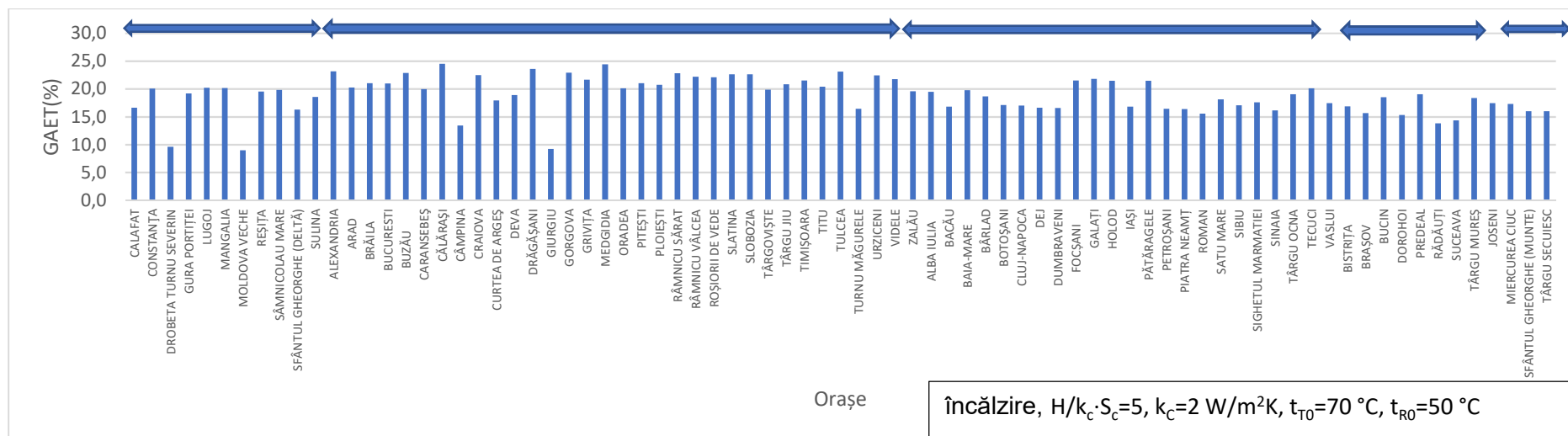


Fig. 53- Grad de acoperire calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 5$, $k_c = 2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0} = 70^\circ\text{C}$, $t_{R0} = 50^\circ\text{C}$

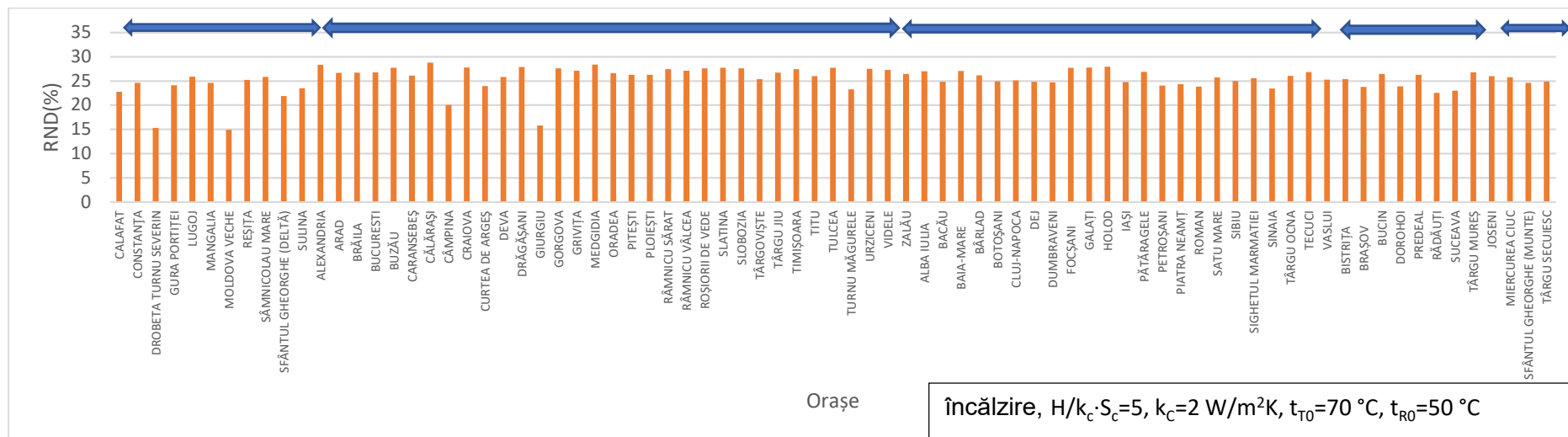


Fig. 54- Randament calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 5$, $k_c = 2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0} = 70^\circ\text{C}$, $t_{R0} = 50^\circ\text{C}$

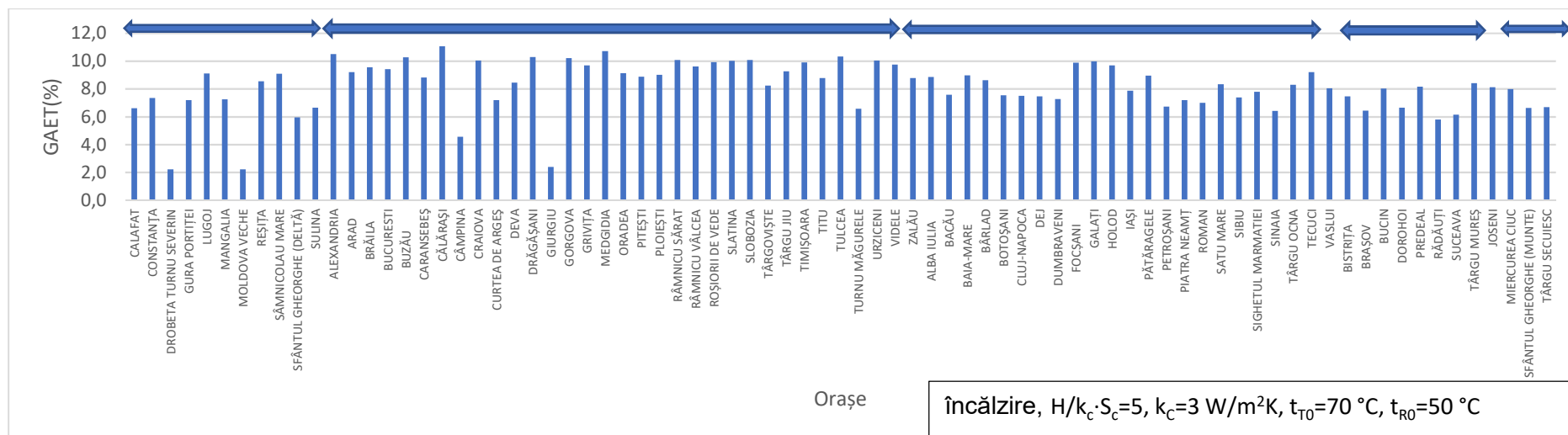


Fig. 55- Grad de acoperire calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 5$, $k_c = 3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0} = 70^\circ\text{C}$, $t_{R0} = 50^\circ\text{C}$

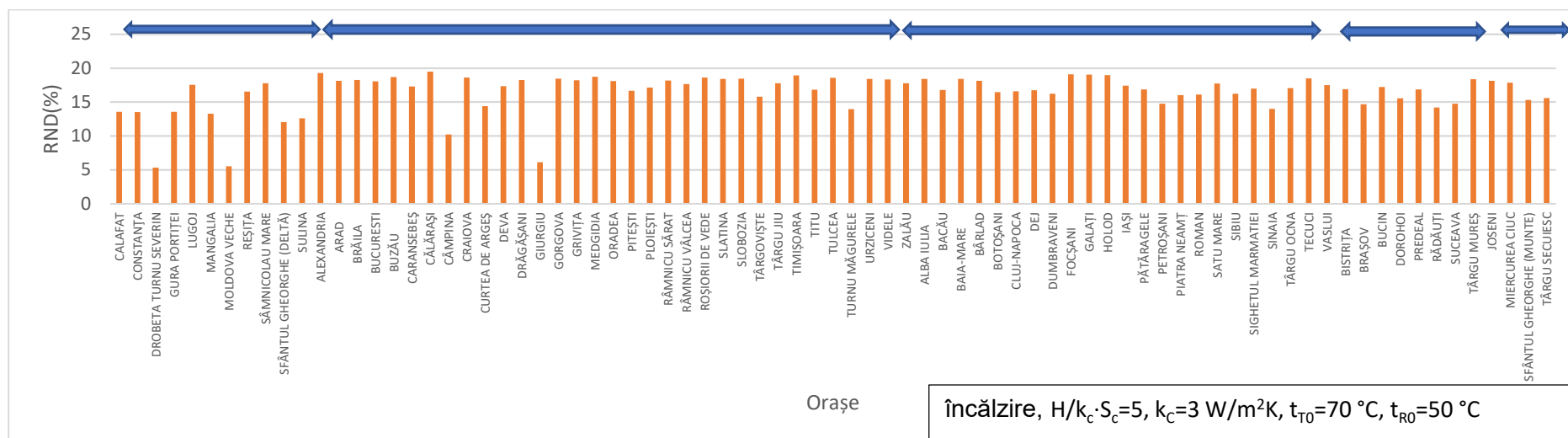


Fig. 56- Randament calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 5$, $k_c = 3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0} = 70^\circ\text{C}$, $t_{R0} = 50^\circ\text{C}$

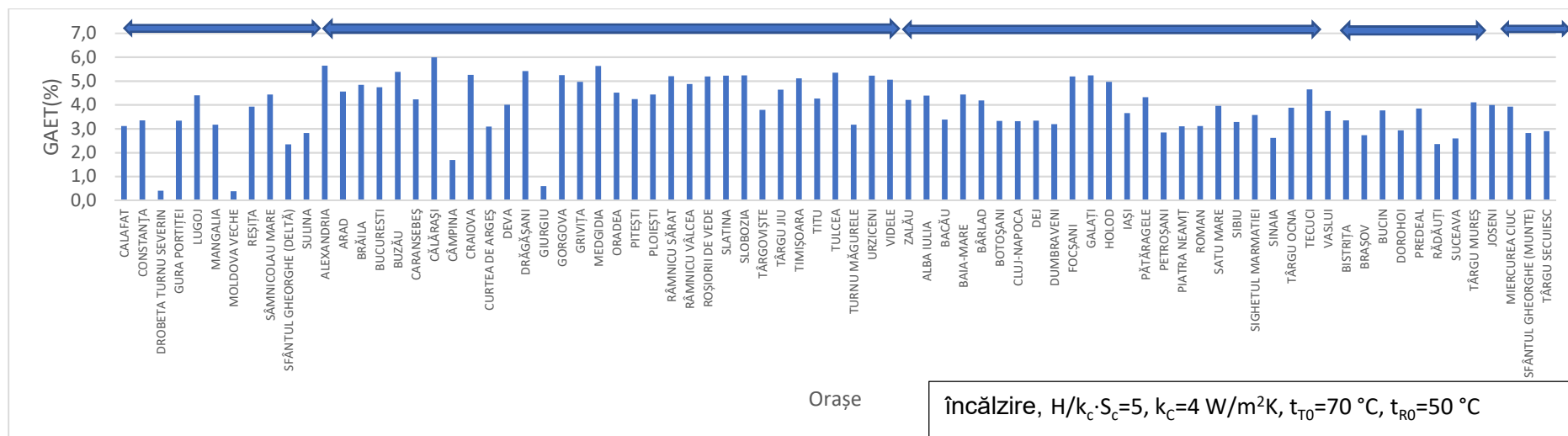


Fig. 57- Grad de acoperire calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 5$, $k_c = 4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0} = 70^\circ\text{C}$, $t_{R0} = 50^\circ\text{C}$

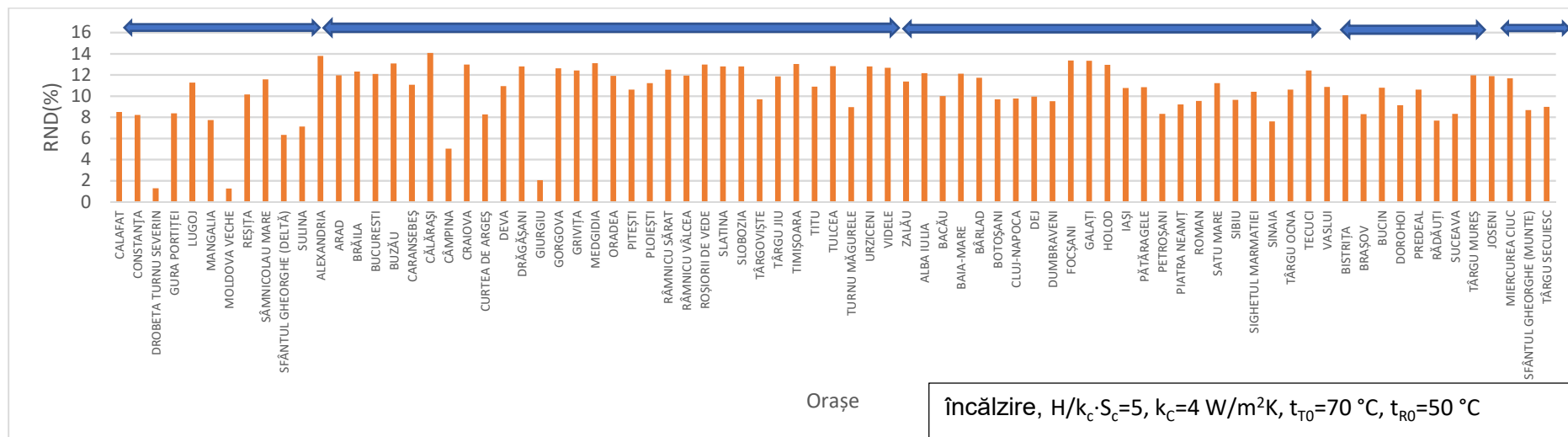


Fig. 58- Randament calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 5$, $k_c = 4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0} = 70^\circ\text{C}$, $t_{R0} = 50^\circ\text{C}$

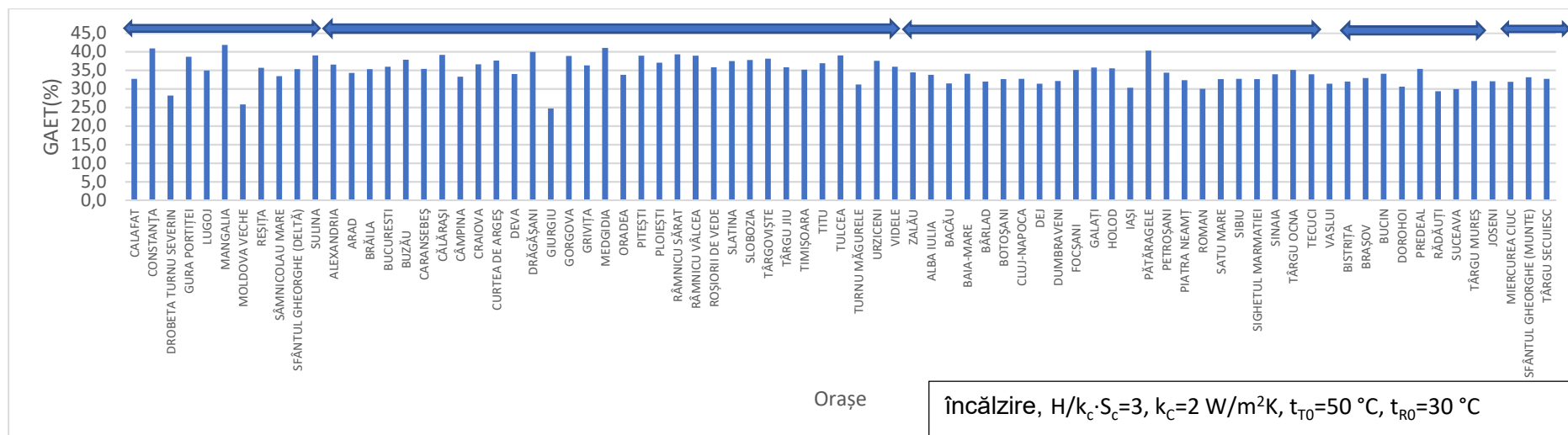


Fig. 59- Grad de acoperire calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=3$, $k_c=2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=50 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0}=30 \text{ }^\circ\text{C}$

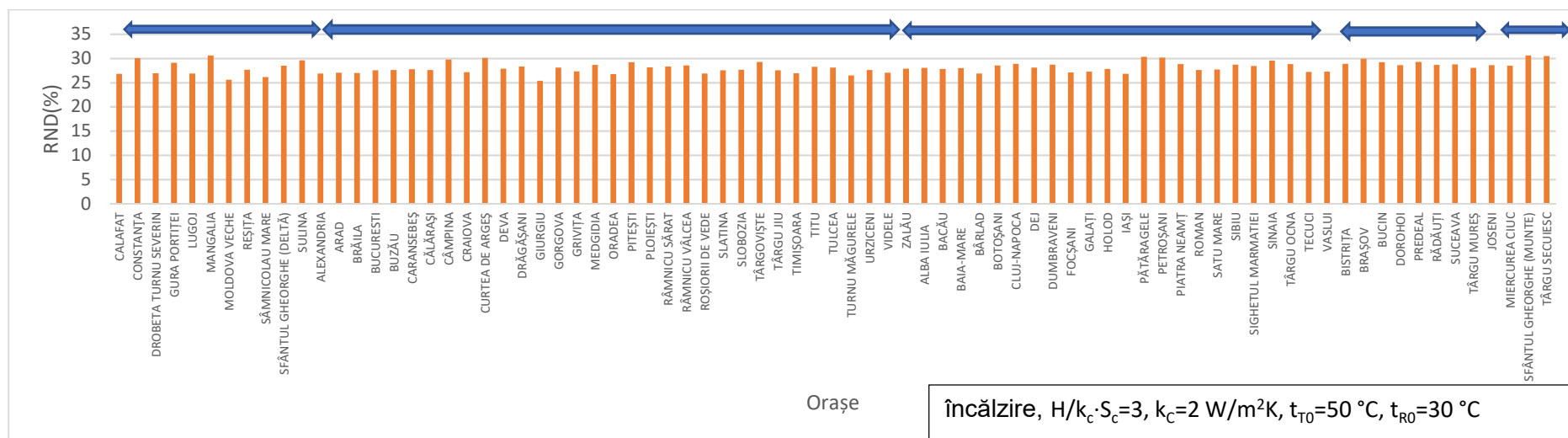


Fig. 60- Randament calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=3$, $k_c=2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=50 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0}=30 \text{ }^\circ\text{C}$

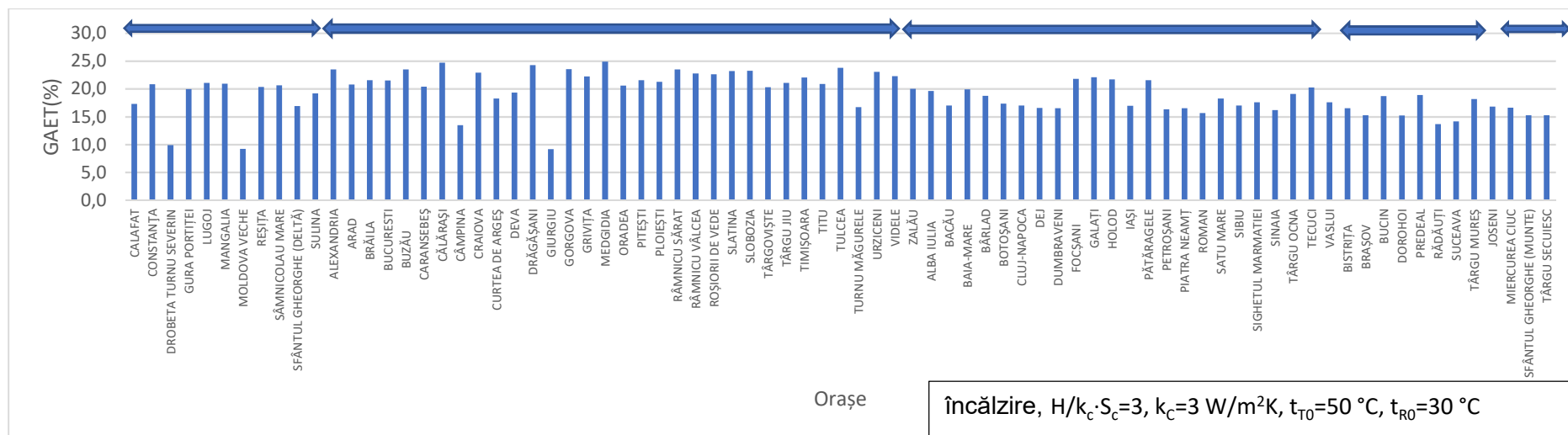


Fig. 61- Grad de acoperire calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=3$, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=50 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0}=30 \text{ }^\circ\text{C}$

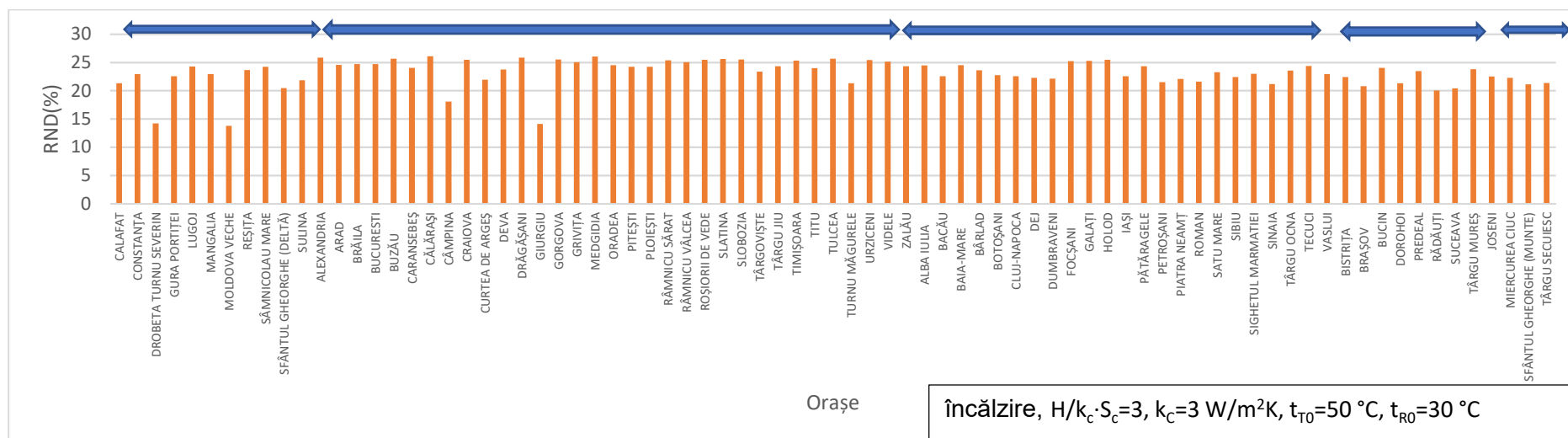


Fig. 62- Randament calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=3$, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=50 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0}=30 \text{ }^\circ\text{C}$

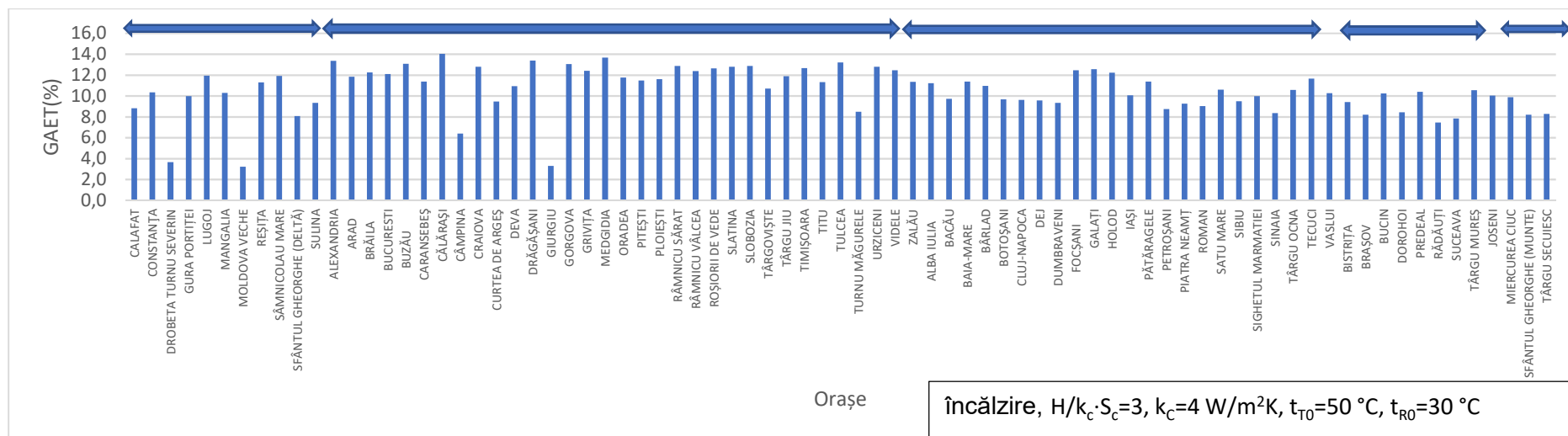


Fig. 63- Grad de acoperire calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=3$, $k_c=4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=50 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0}=30 \text{ }^\circ\text{C}$

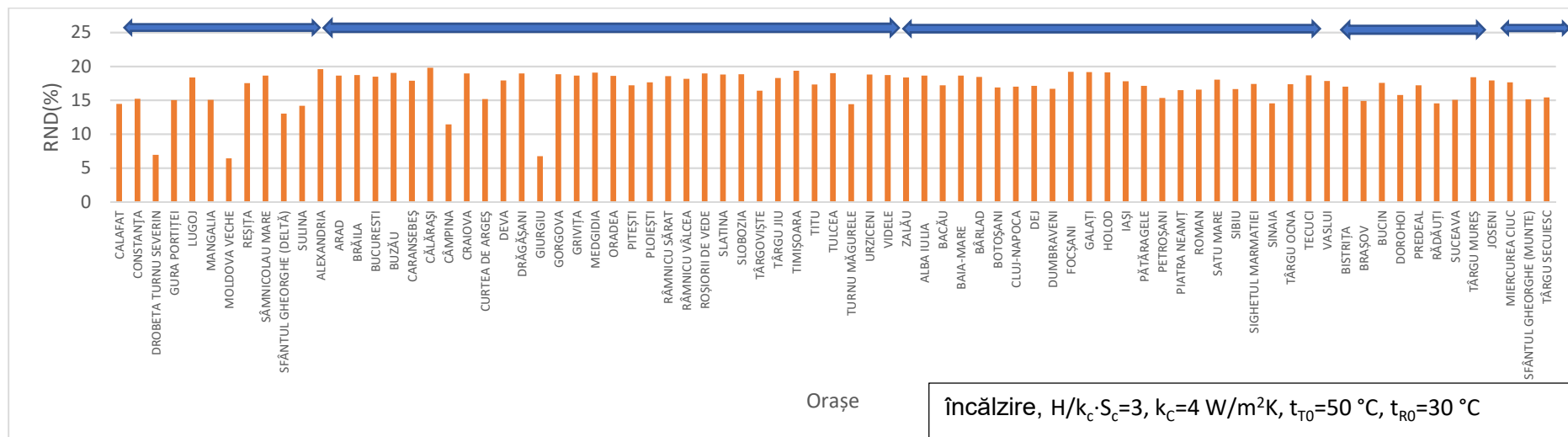


Fig. 64- Randament calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=3$, $k_c=4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=50 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0}=30 \text{ }^\circ\text{C}$

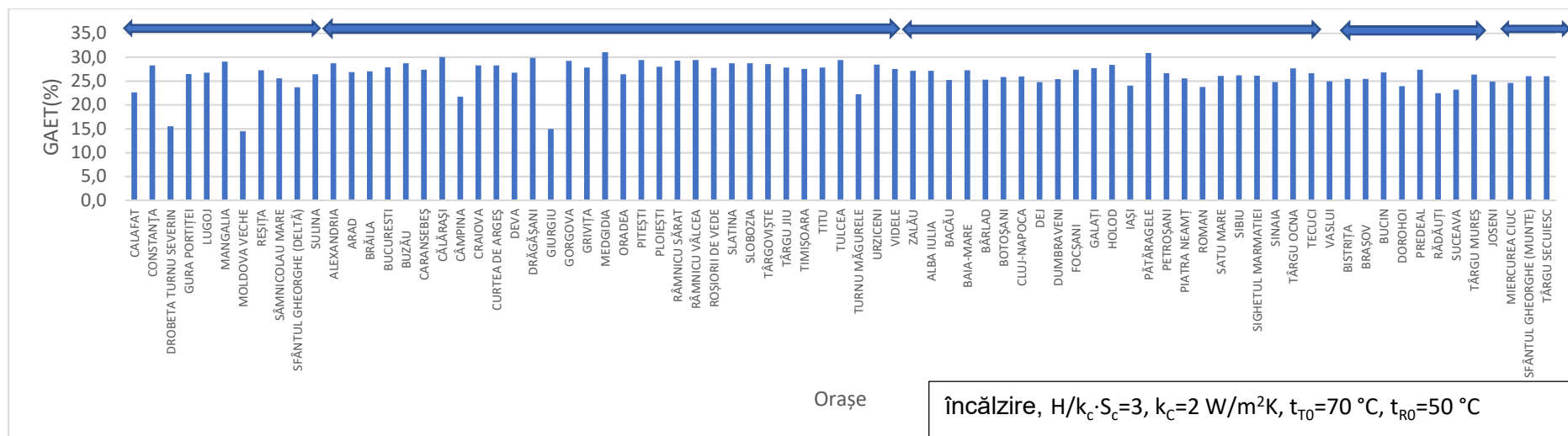


Fig. 65- Grad de acoperire calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 3$, $k_c = 2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0} = 70^\circ\text{C}$, $t_{R0} = 50^\circ\text{C}$

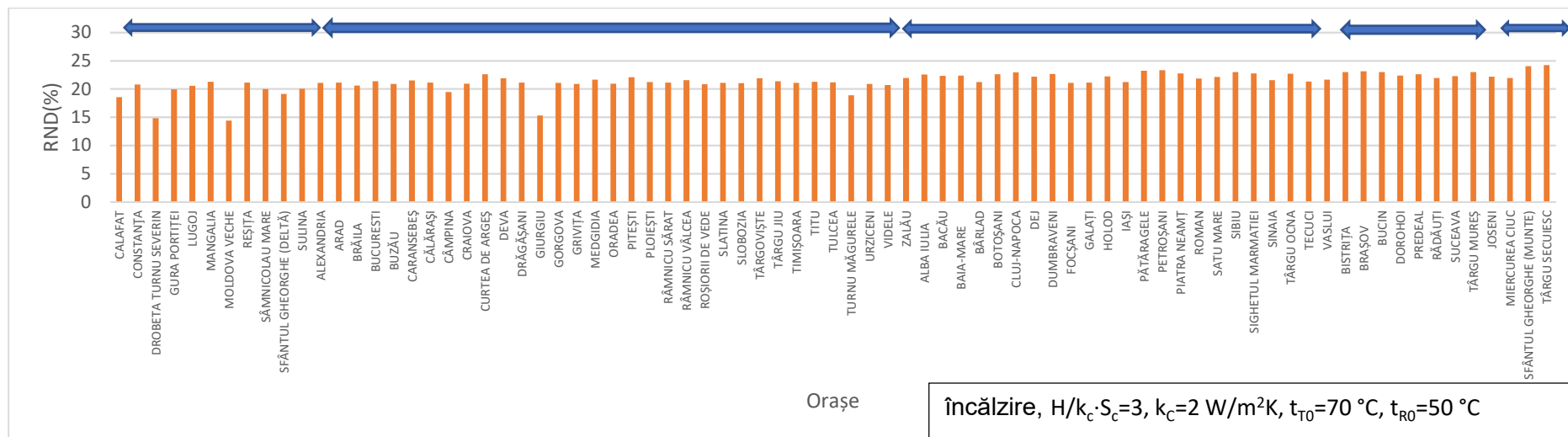


Fig. 66- Randament calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 3$, $k_c = 2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0} = 70^\circ\text{C}$, $t_{R0} = 50^\circ\text{C}$

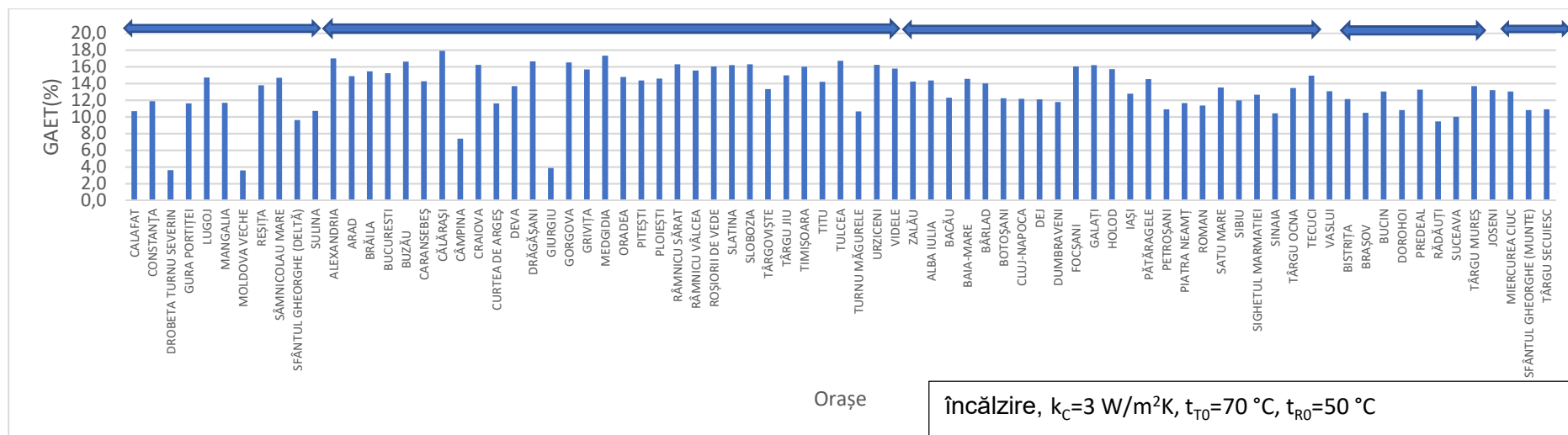


Fig. 67- Grad de acoperire calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=3$, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=70 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0}=50 \text{ }^\circ\text{C}$

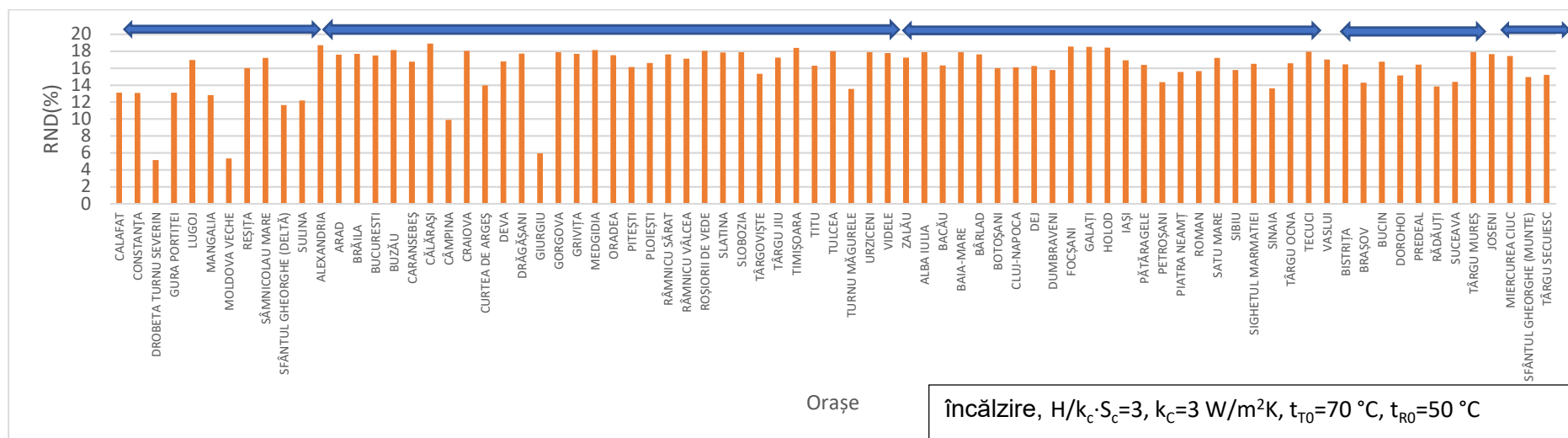


Fig. 68- Randament calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=3$, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=70 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0}=50 \text{ }^\circ\text{C}$

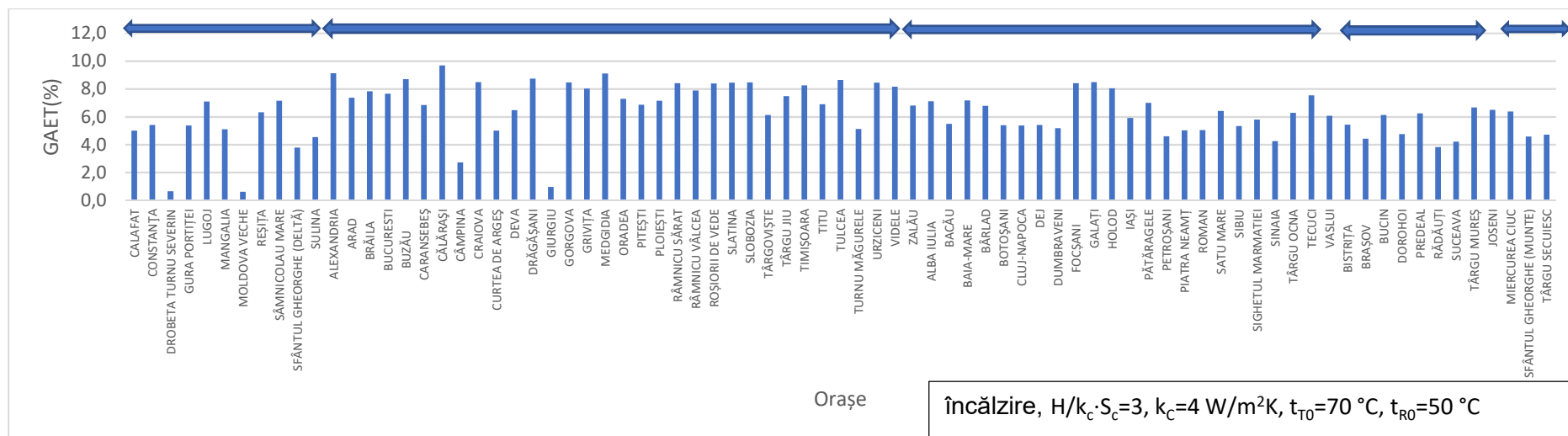


Fig. 69- Grad de acoperire calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=3$, $k_c=4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=70 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0}=50 \text{ }^\circ\text{C}$

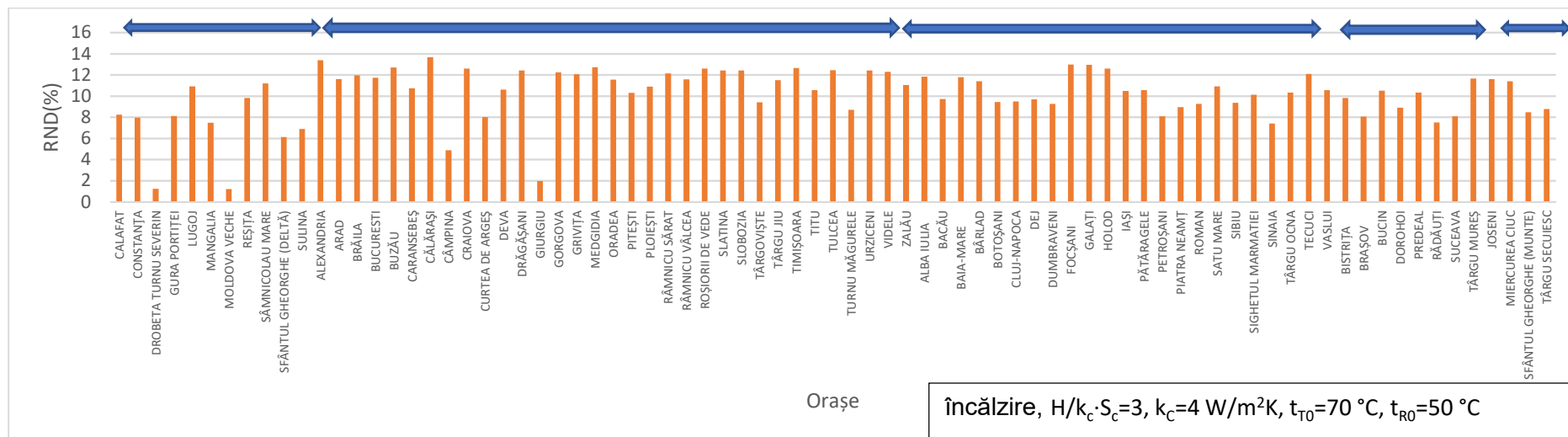


Fig. 70- Randament calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=3$, $k_c=4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=70 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0}=50 \text{ }^\circ\text{C}$

Diagramale obținute pentru prepararea apei calde menajere corespunzătoare fiecărui caz (în funcție de raportul $H/(k_c \cdot S_c)$, variația k_c , variația temperaturilor de furnizare) sunt următoarele:

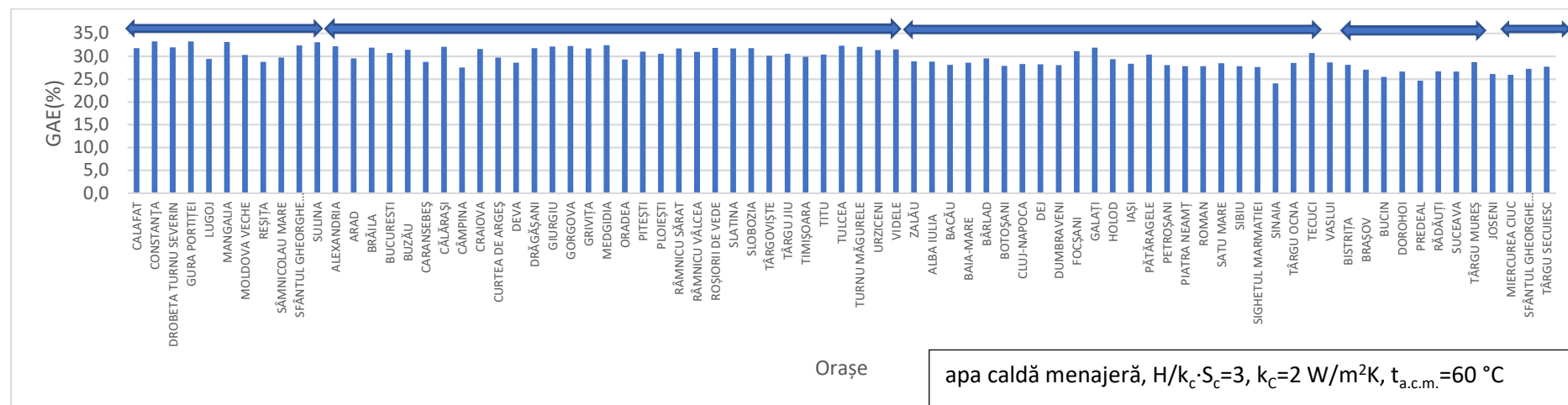


Fig. 71- Grad de acoperire calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c=3$, $k_c=2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=60^\circ \text{C}$

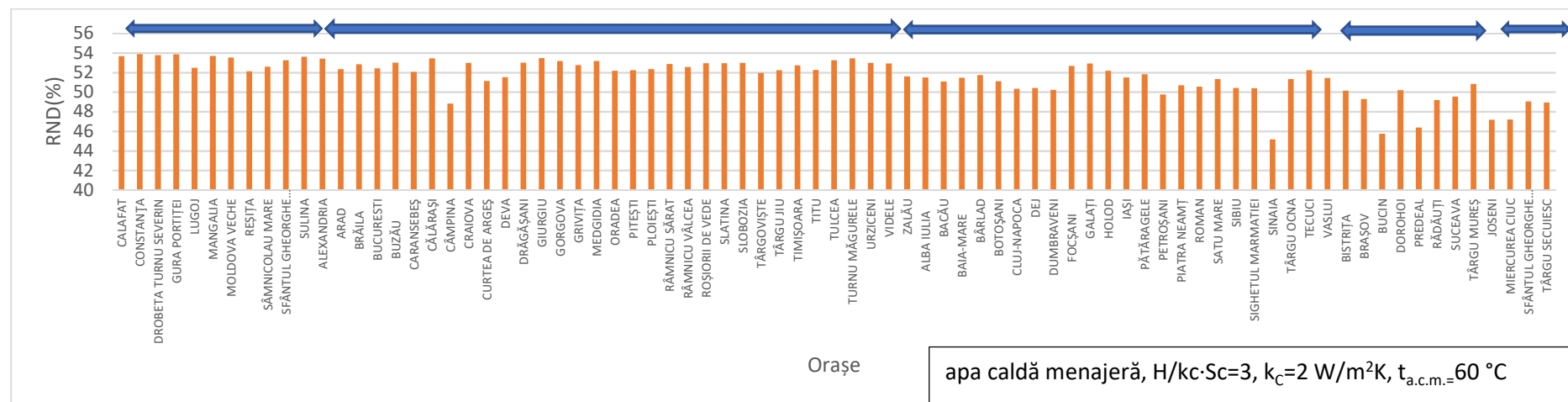


Fig. 72- Randament calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c=3$, $k_c=2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=60^\circ \text{C}$

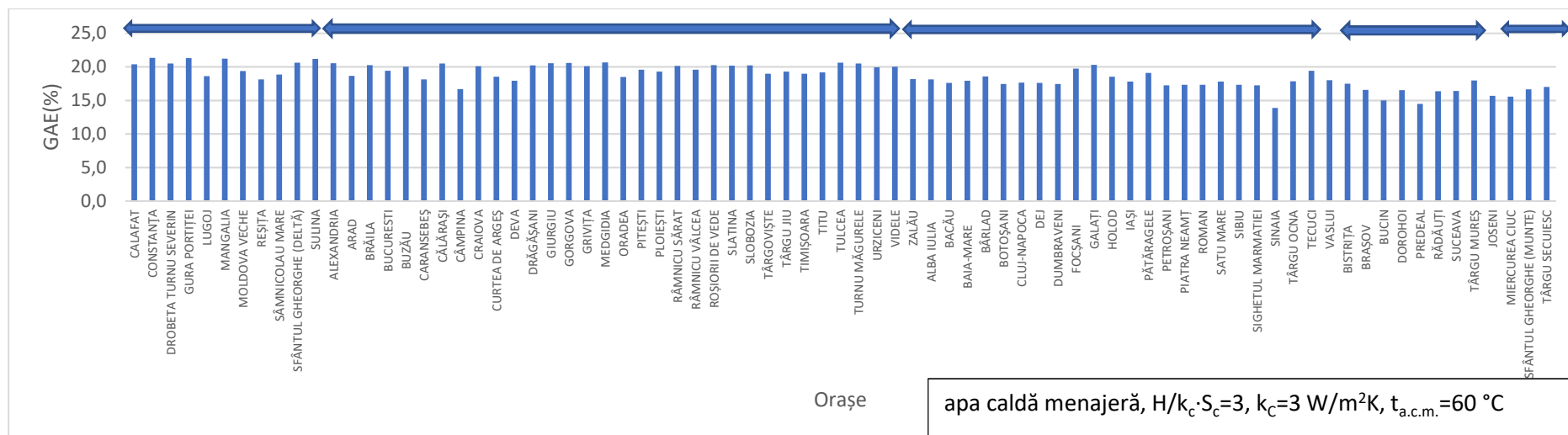


Fig. 73- Grad de acoperire calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c = 3$, $k_c = 3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.} = 60^\circ \text{C}$

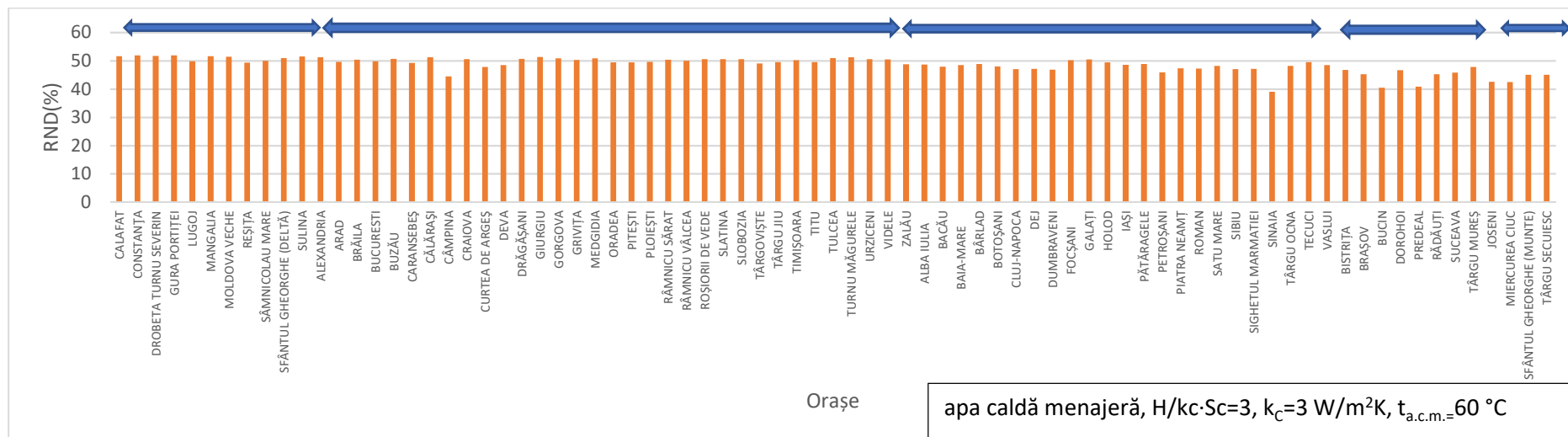


Fig. 74- Randament calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c = 3$, $k_c = 3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.} = 60^\circ \text{C}$

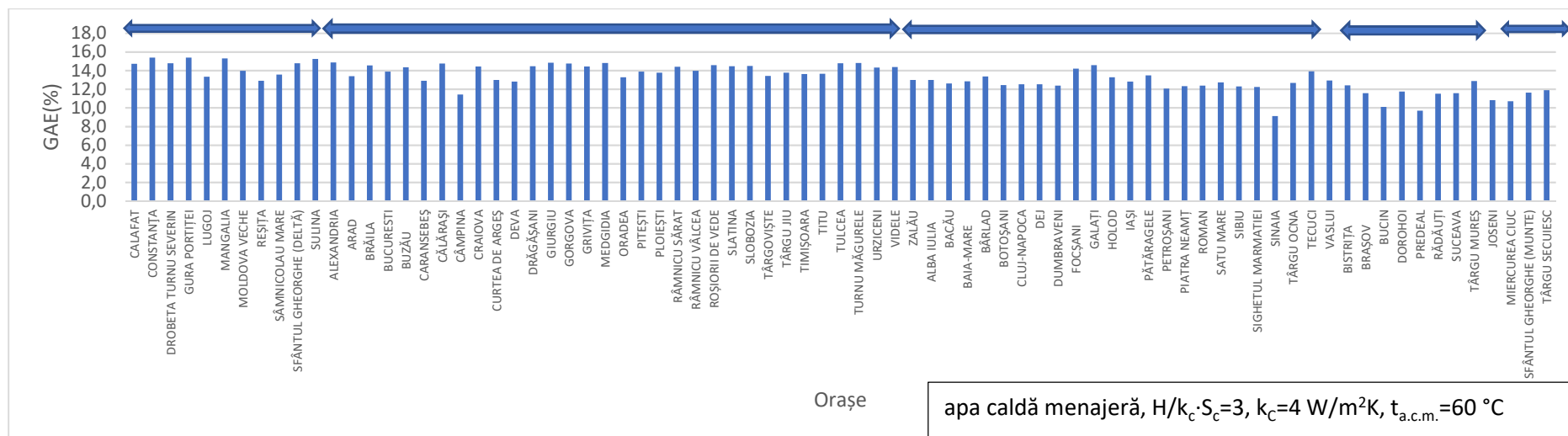


Fig. 75- Grad de acoperire calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c=3$, $k_c=4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=60 \text{ }^\circ\text{C}$

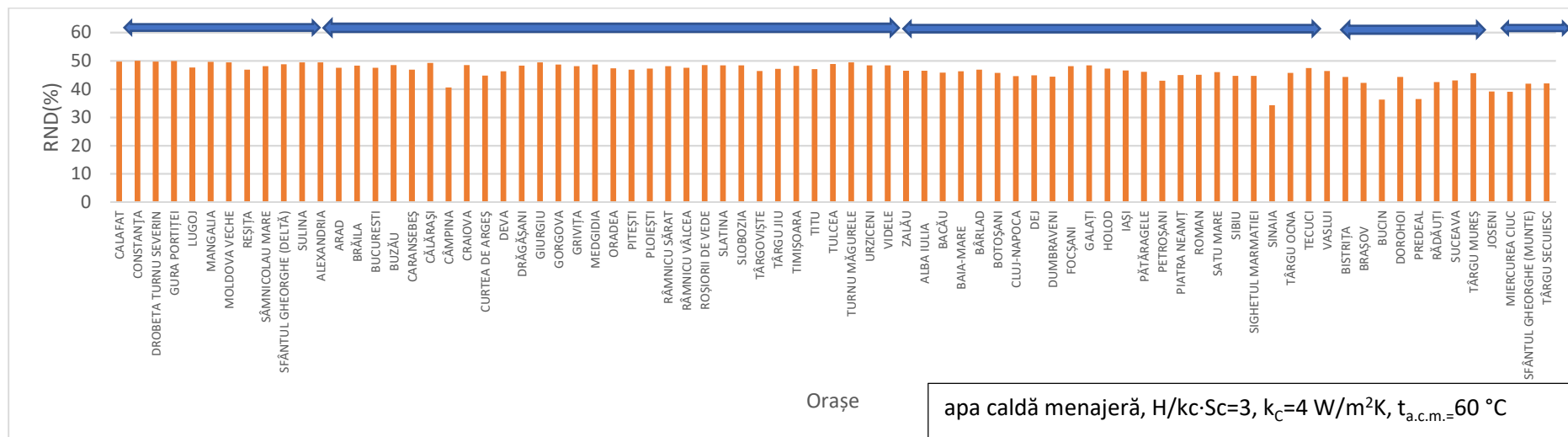


Fig. 76- Randament calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c=3$, $k_c=4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=60 \text{ }^\circ\text{C}$

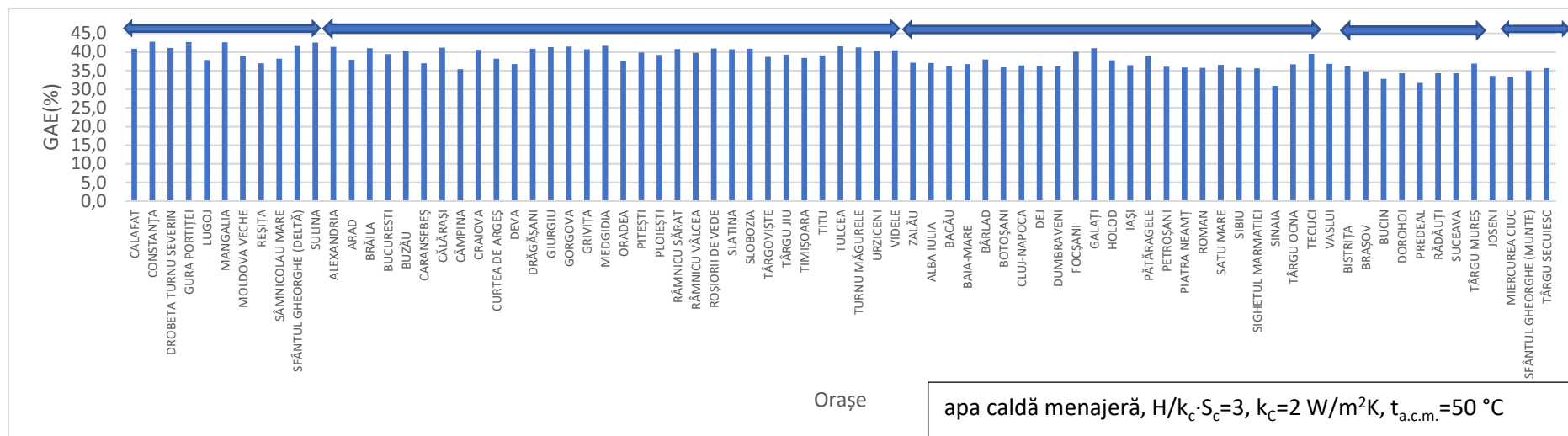


Fig. 77- Grad de acoperire calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c=3$, $k_c=2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=50 \text{ }^\circ\text{C}$

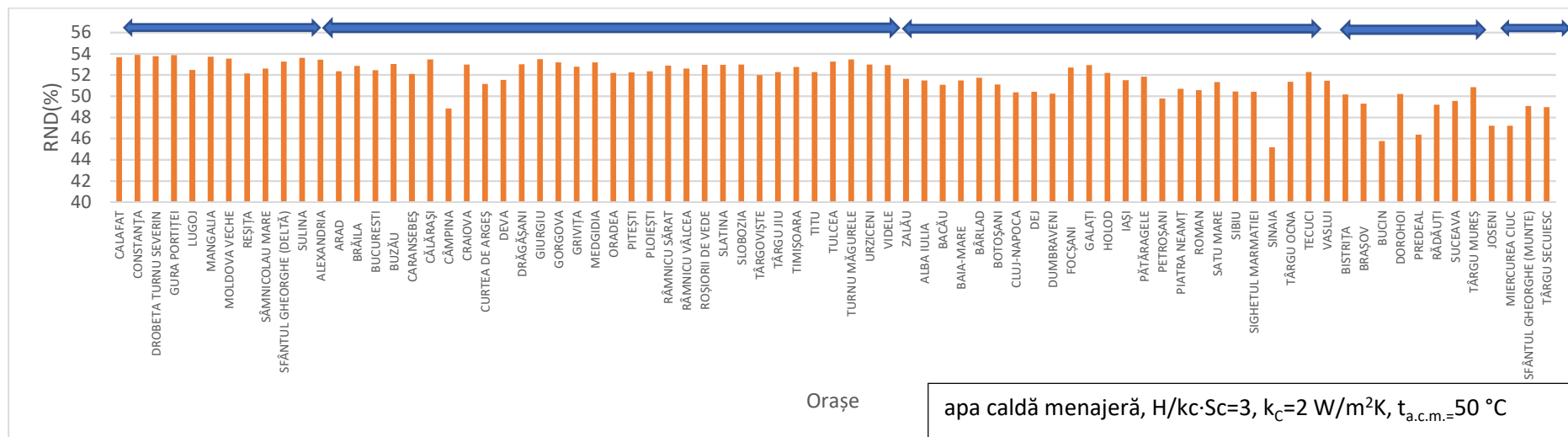


Fig. 78- Randament calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c=3$, $k_c=2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=50 \text{ }^\circ\text{C}$

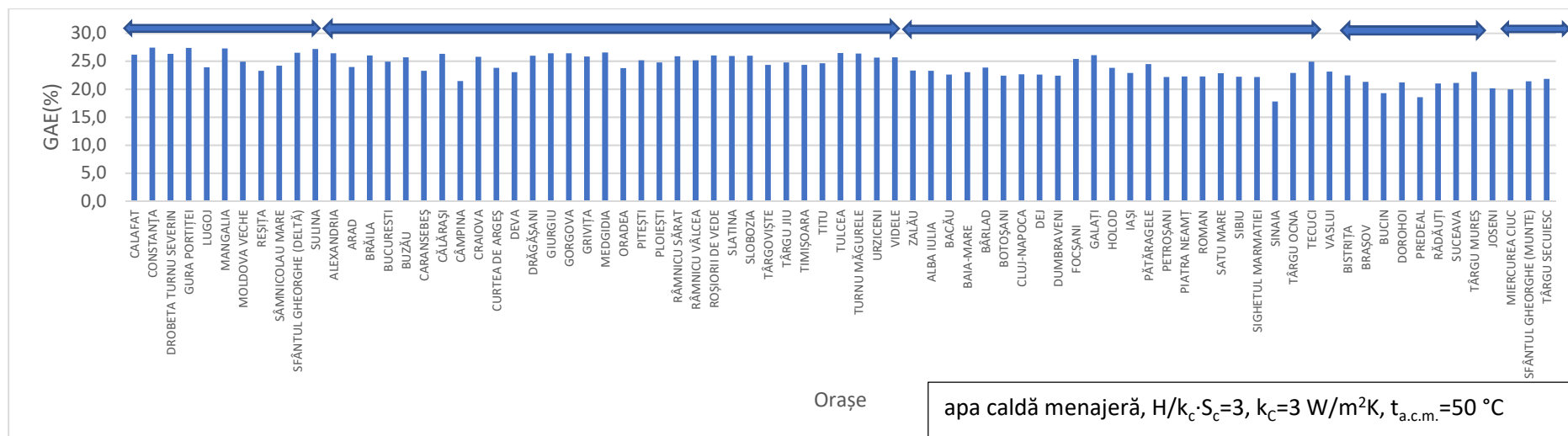


Fig. 79- Grad de acoperire calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c = 3$, $k_c = 3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.} = 50^\circ \text{C}$

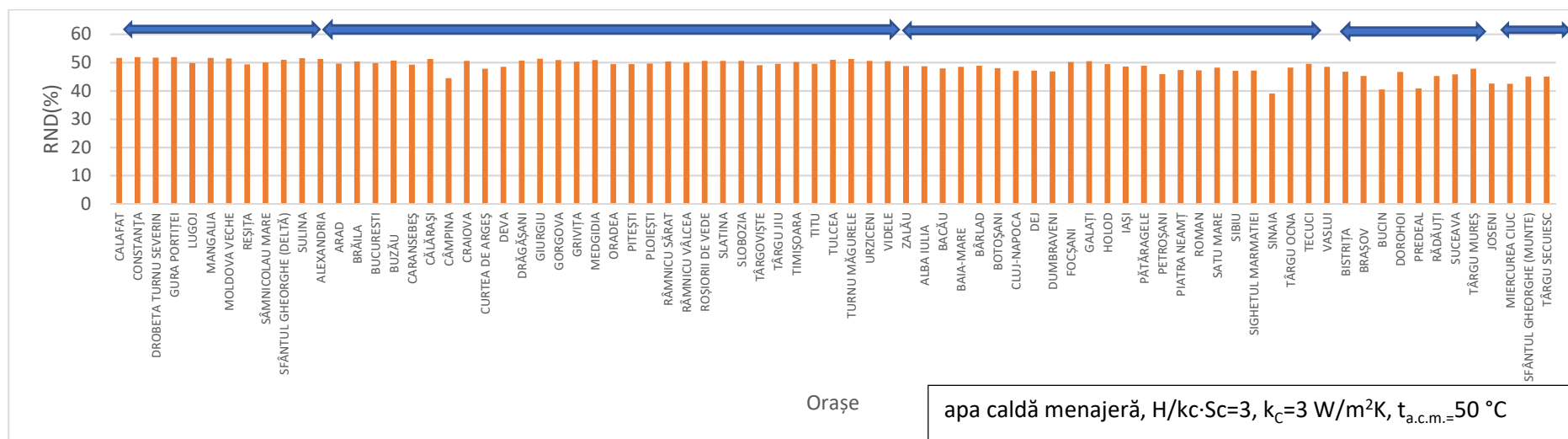


Fig. 80- Randament calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c = 3$, $k_c = 3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.} = 50^\circ \text{C}$

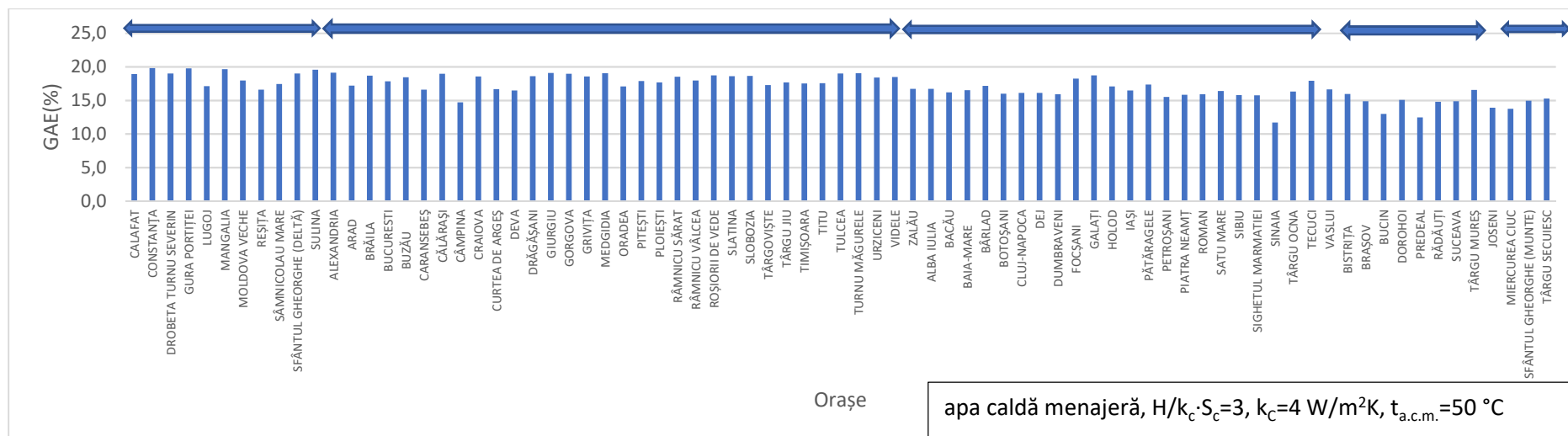


Fig. 81- Grad de acoperire calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c=3$, $k_c=4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=50 \text{ }^\circ\text{C}$

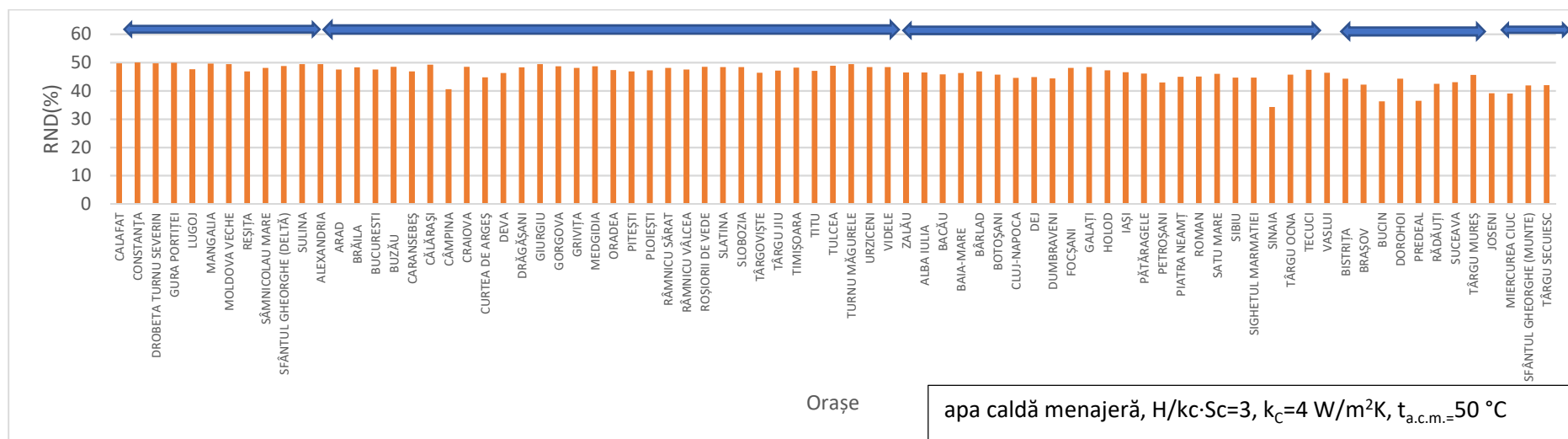


Fig. 82- Randament calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c=3$, $k_c=4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=50 \text{ }^\circ\text{C}$

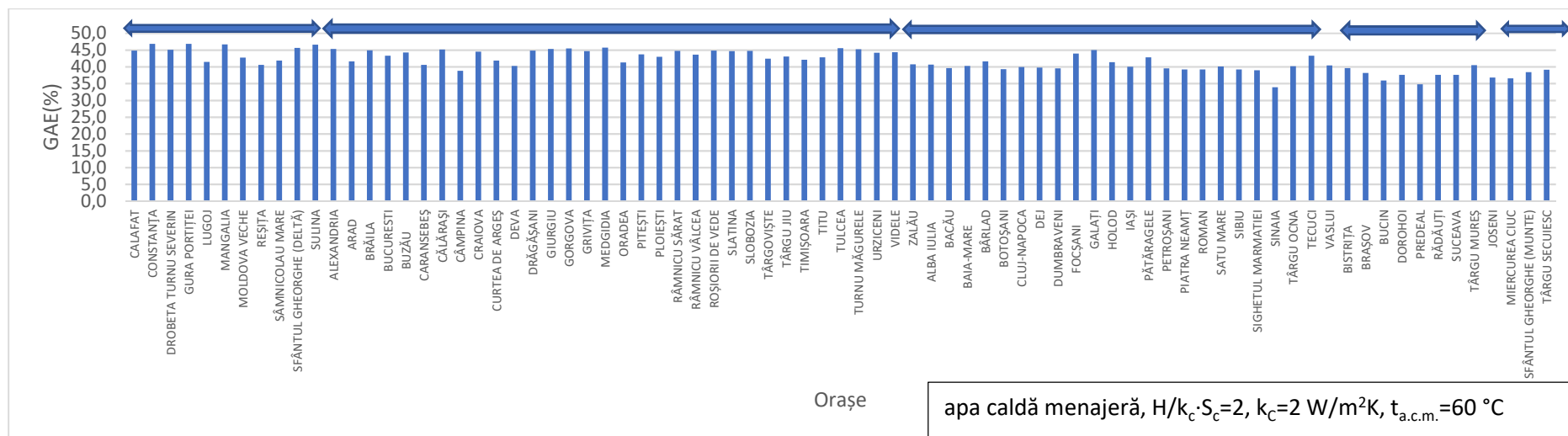


Fig. 83- Grad de acoperire calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c=2$, $k_c=2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=60^\circ\text{C}$

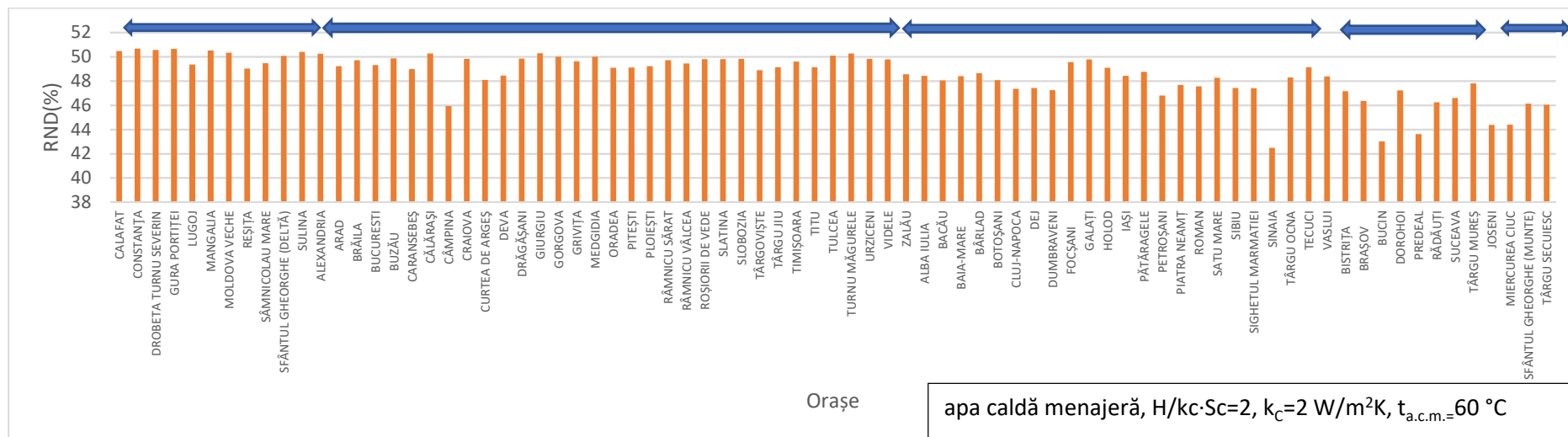


Fig. 84- Randament calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c=2$, $k_c=2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=60^\circ\text{C}$

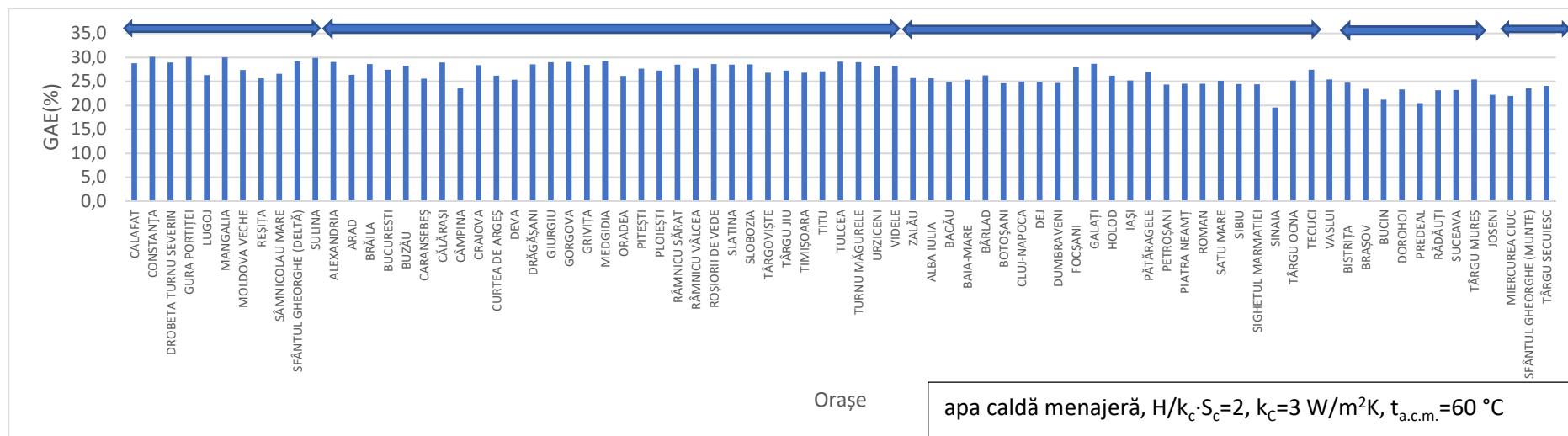


Fig. 85- Grad de acoperire calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c = 2$, $k_c = 3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.} = 60^\circ \text{C}$

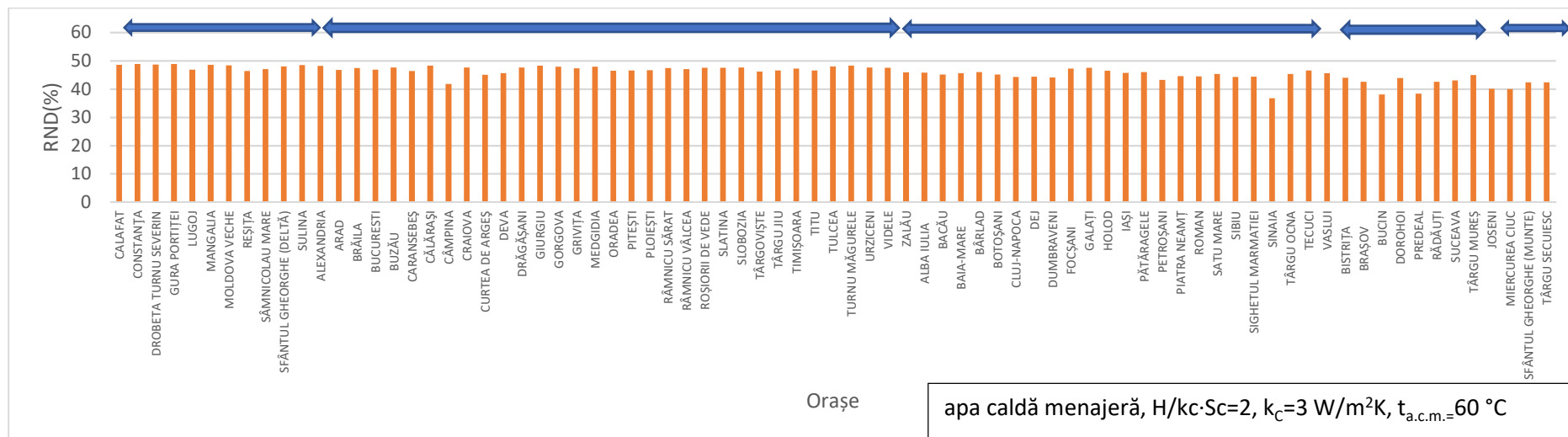


Fig. 86- Randament calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c = 2$, $k_c = 3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.} = 60^\circ \text{C}$

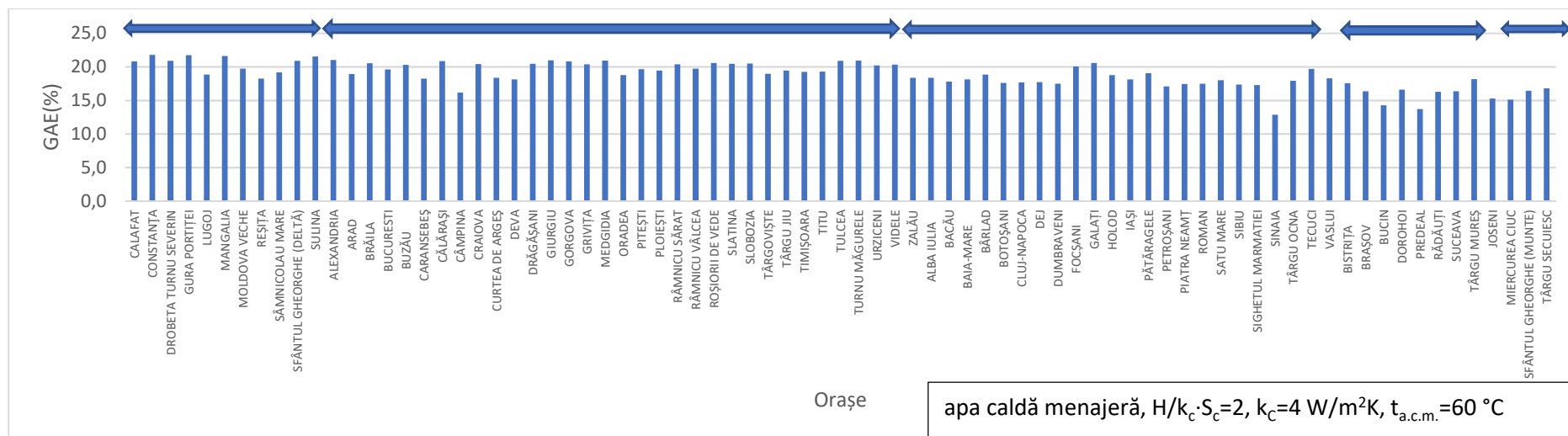


Fig. 87- Grad de acoperire calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c=2$, $k_c=4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=60^\circ\text{C}$

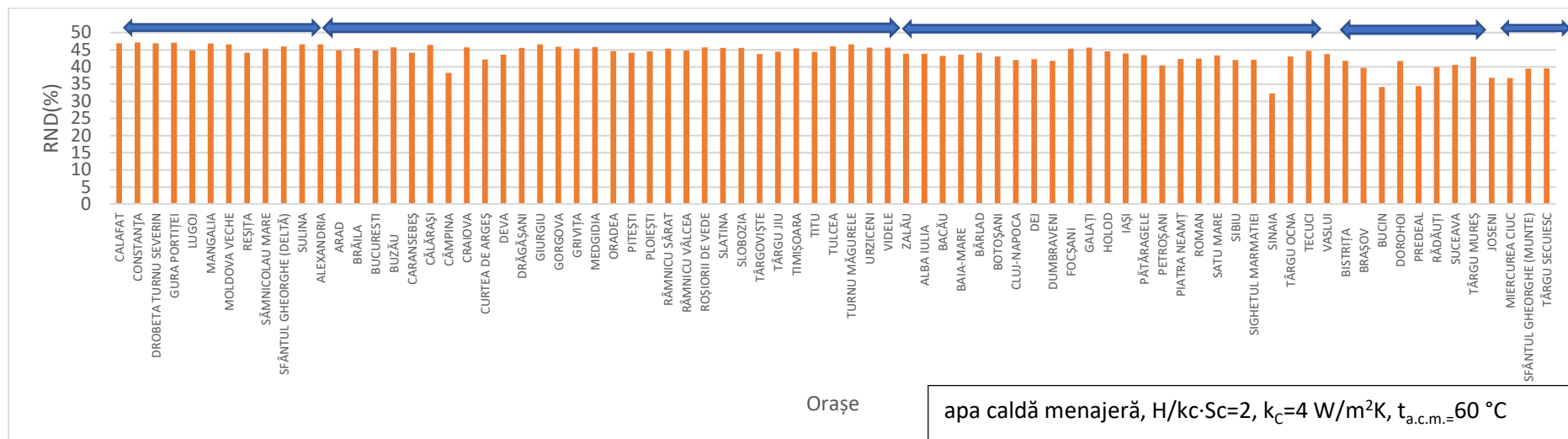


Fig. 88- Randament calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c=2$, $k_c=4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=60^\circ\text{C}$

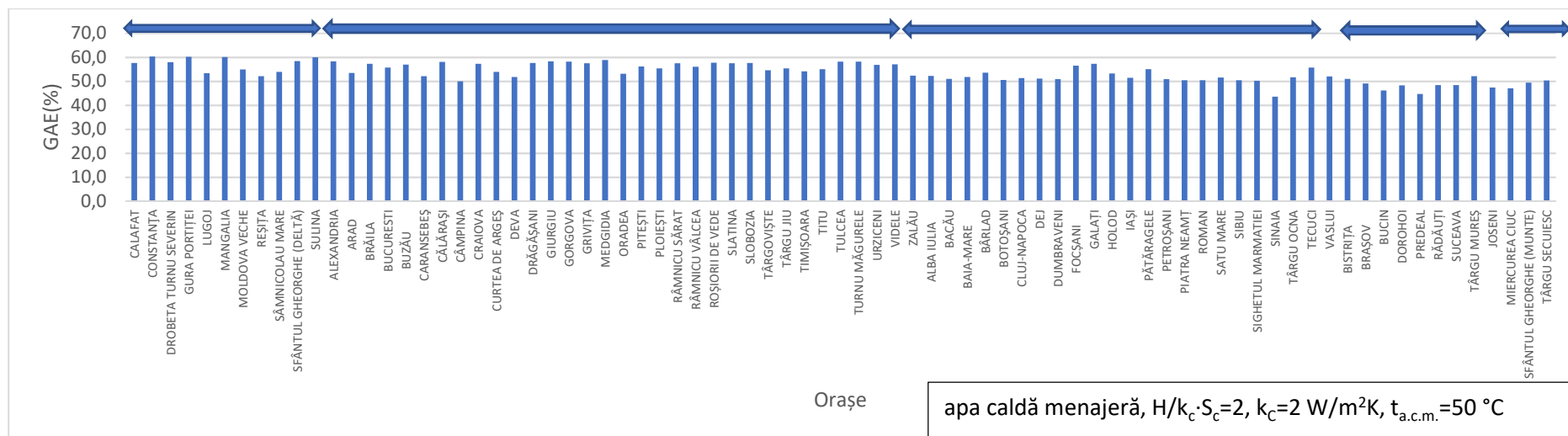


Fig. 89- Grad de acoperire calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c=2$, $k_c=2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=50 \text{ }^\circ\text{C}$

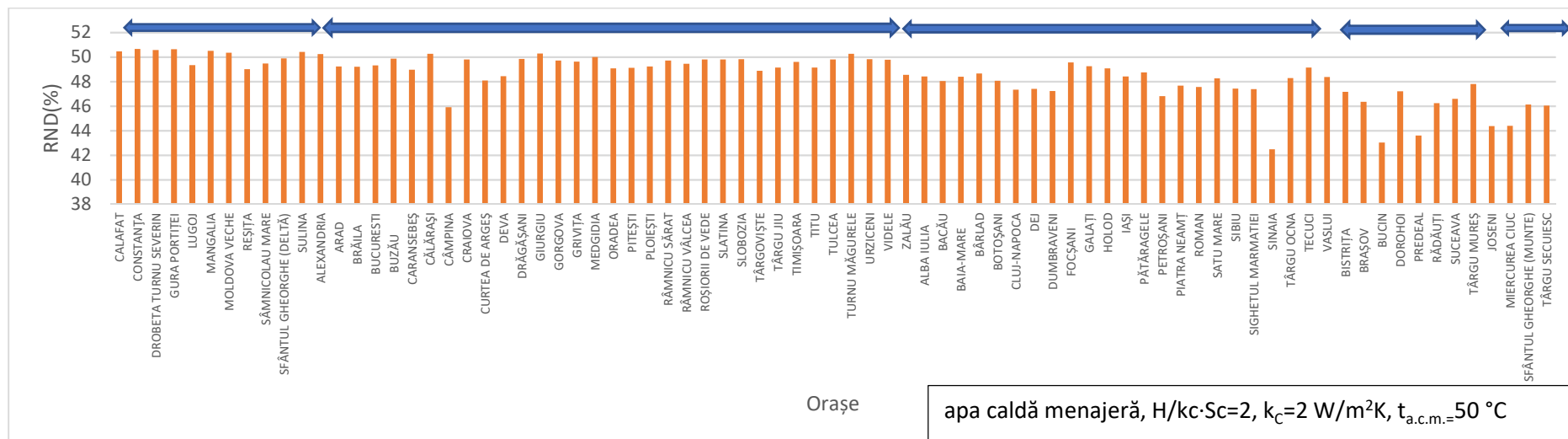


Fig. 90- Randament calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c=2$, $k_c=2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=50 \text{ }^\circ\text{C}$

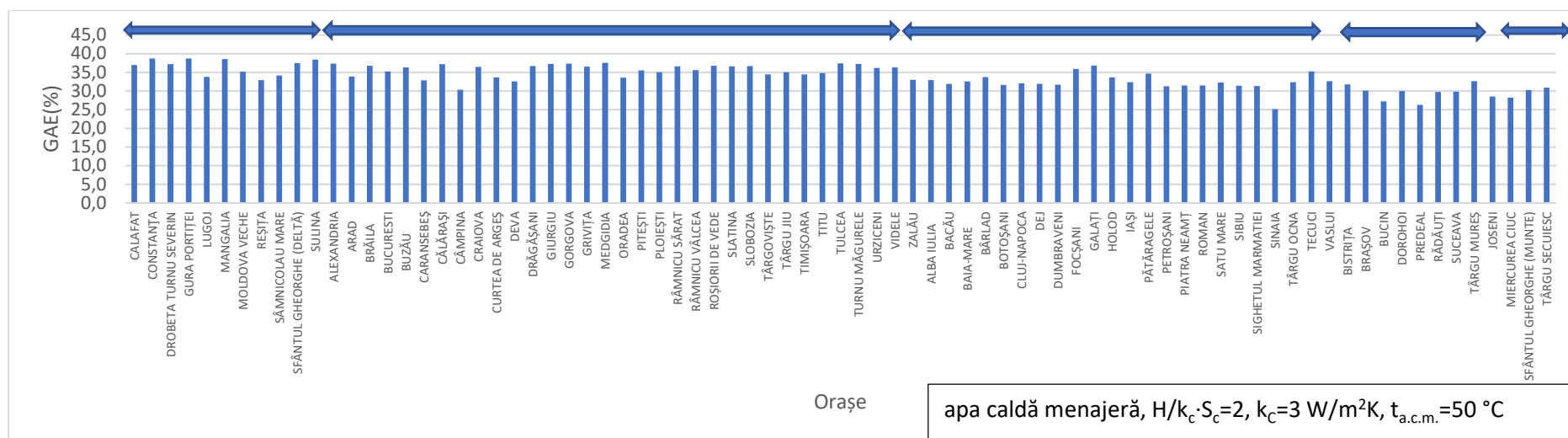


Fig. 91- Grad de acoperire calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c=2$, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=50 \text{ }^\circ\text{C}$

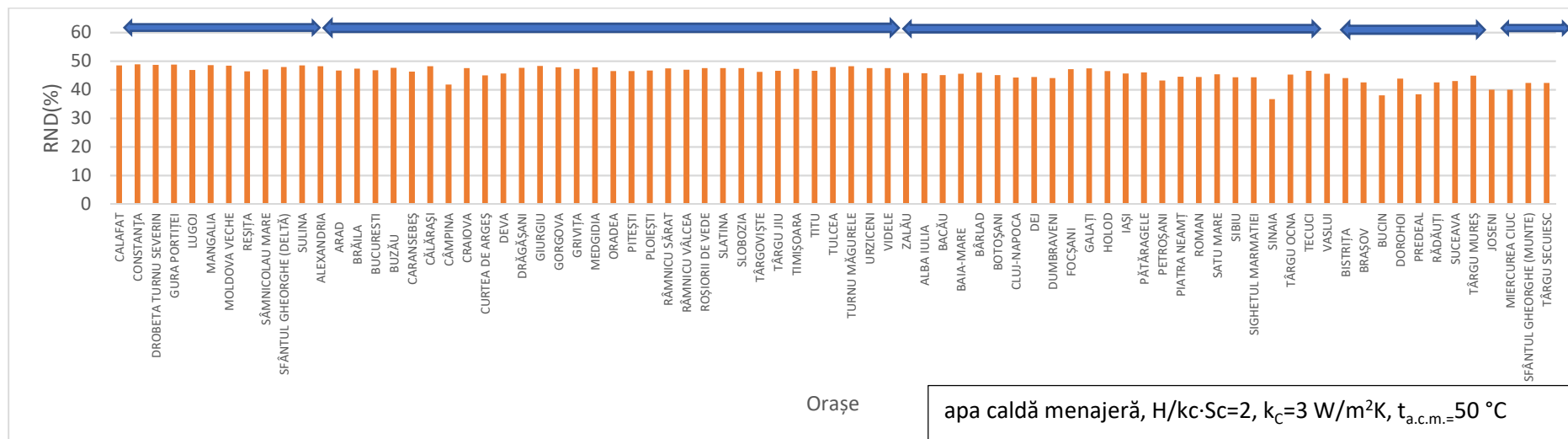


Fig. 92- Randament calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c=2$, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=50 \text{ }^\circ\text{C}$

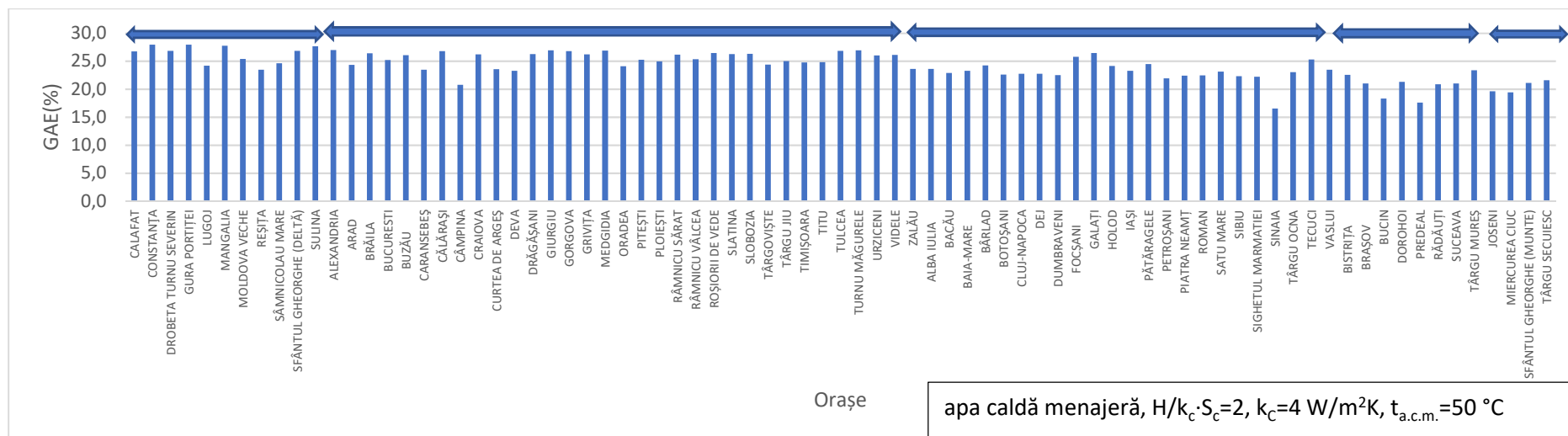


Fig. 93- Grad de acoperire calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c=2$, $k_c=4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=50 \text{ }^\circ\text{C}$

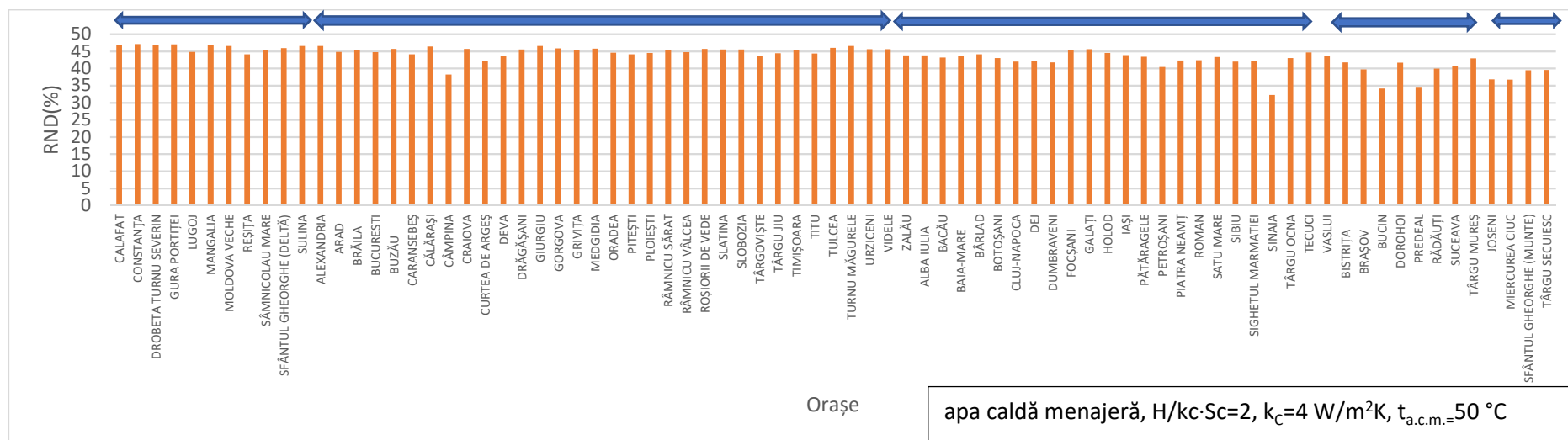


Fig. 94- Randament calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c=2$, $k_c=4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=50 \text{ }^\circ\text{C}$

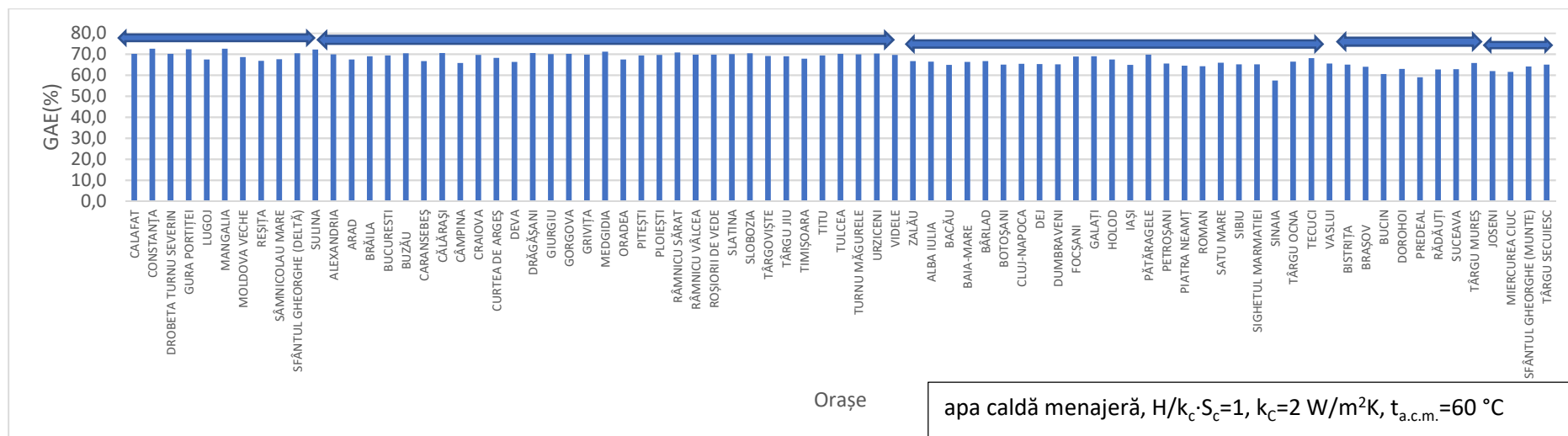


Fig. 95- Grad de acoperire calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c=1$, $k_c=2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=60^\circ \text{C}$

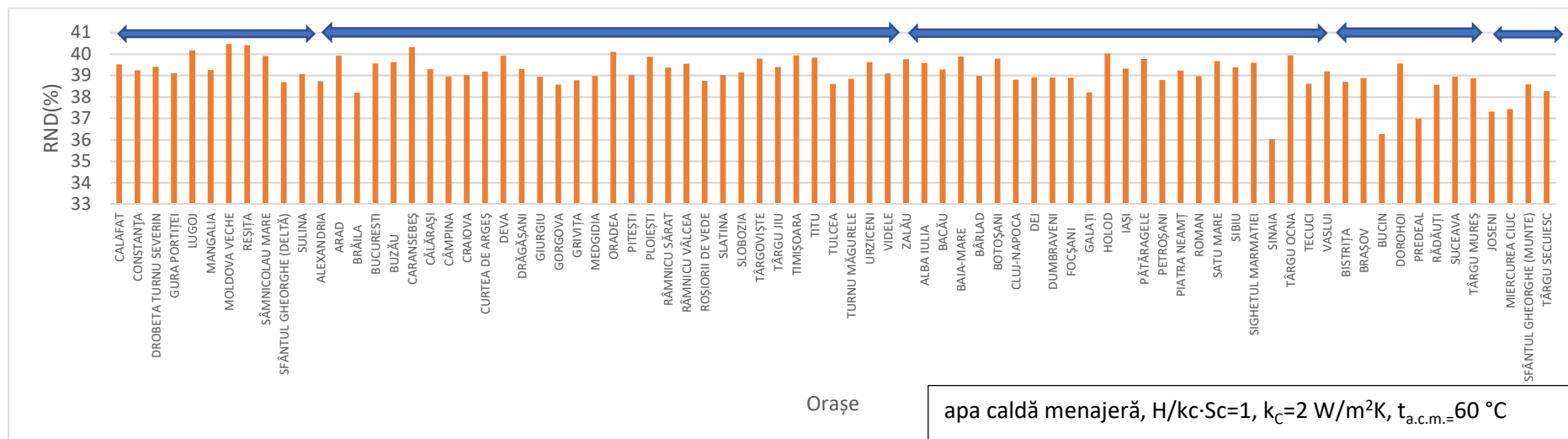


Fig. 96- Randament calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c=1$, $k_c=2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=60^\circ \text{C}$

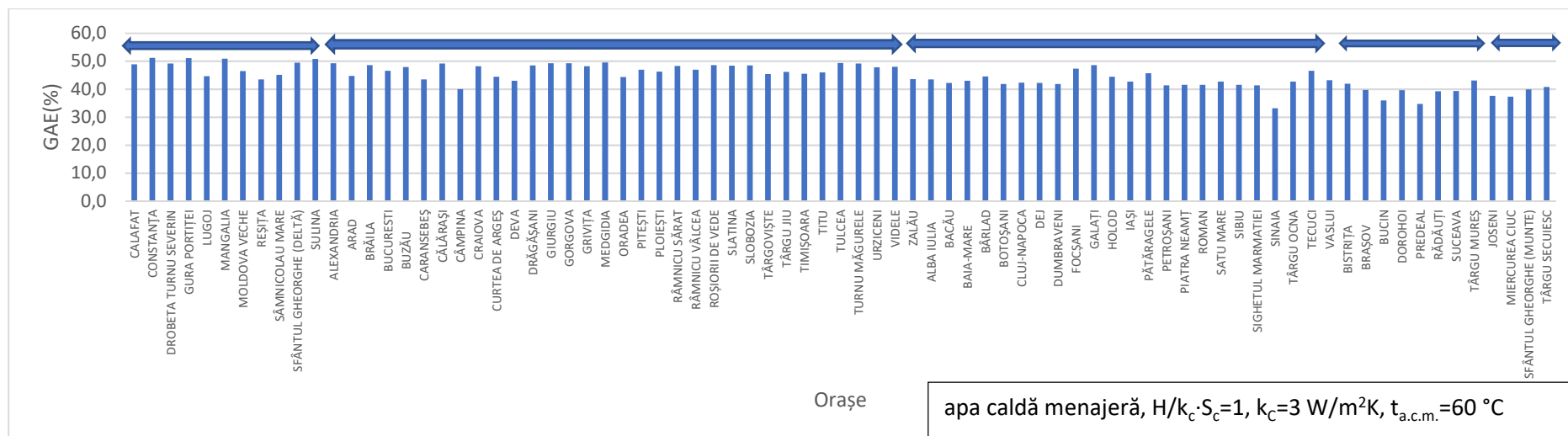


Fig. 97- Grad de acoperire calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c=1$, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=60^\circ \text{C}$

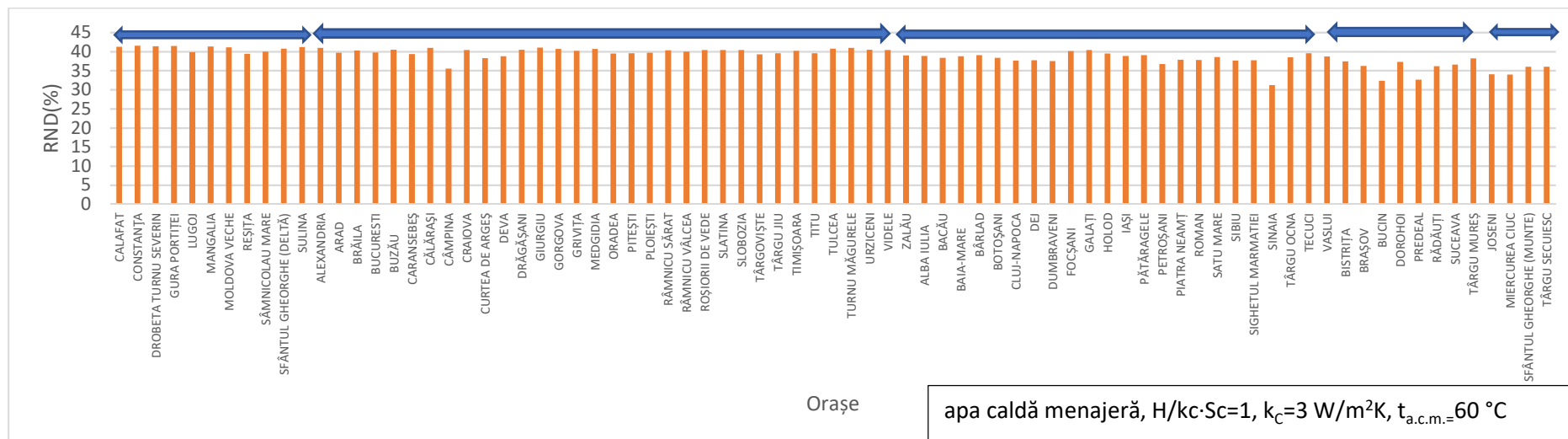


Fig. 98- Randament calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c=1$, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=60^\circ \text{C}$

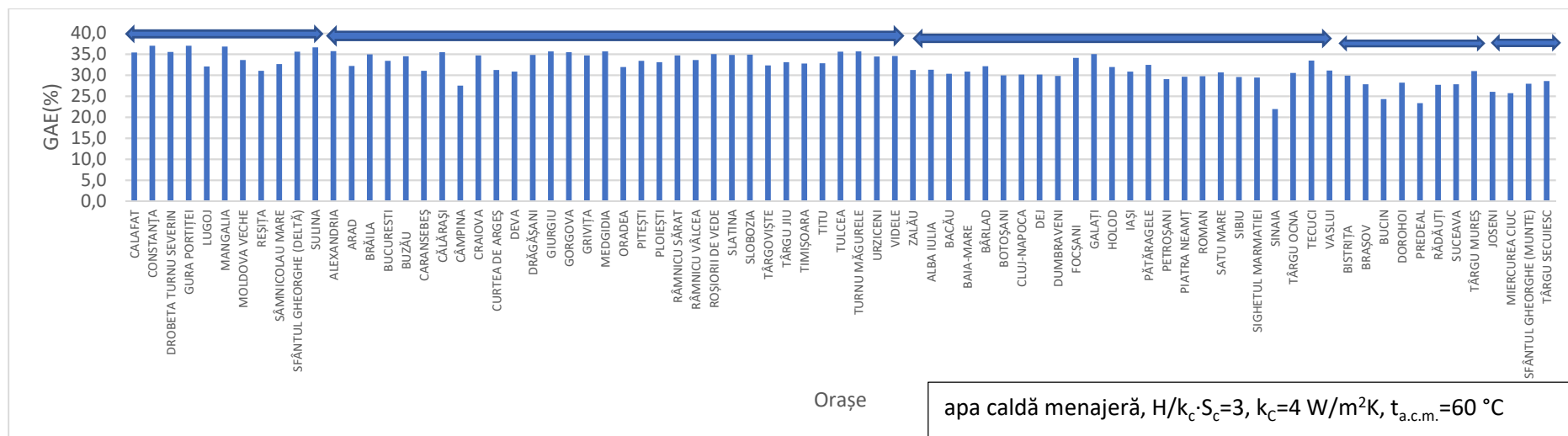


Fig. 99- Grad de acoperire calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c=3$, $k_c=4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=60^\circ \text{C}$

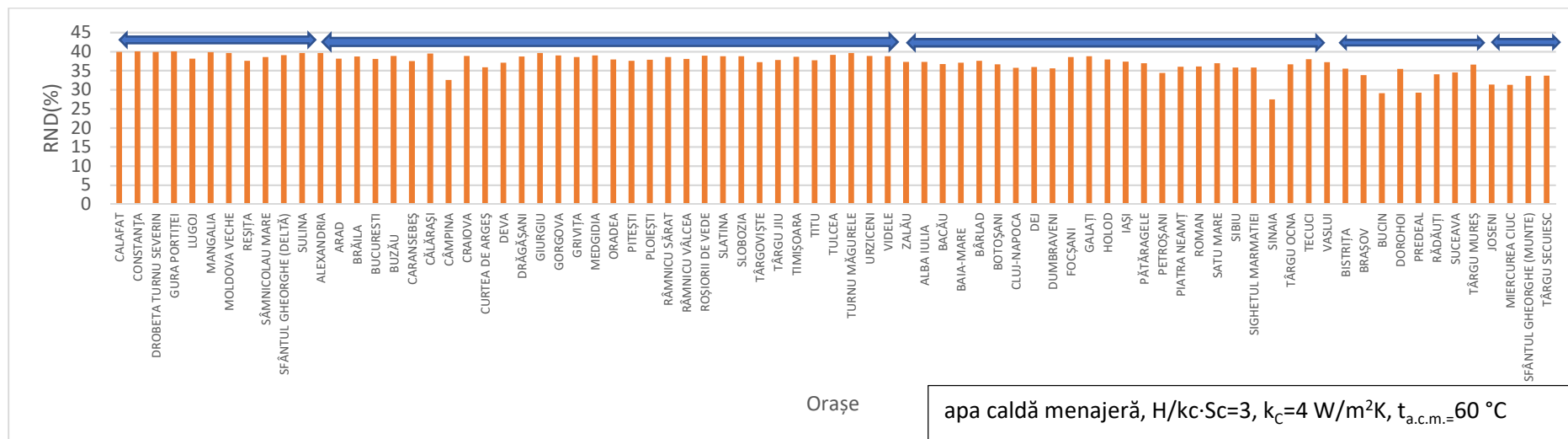


Fig. 100- Randament calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c=3$, $k_c=4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=60^\circ \text{C}$

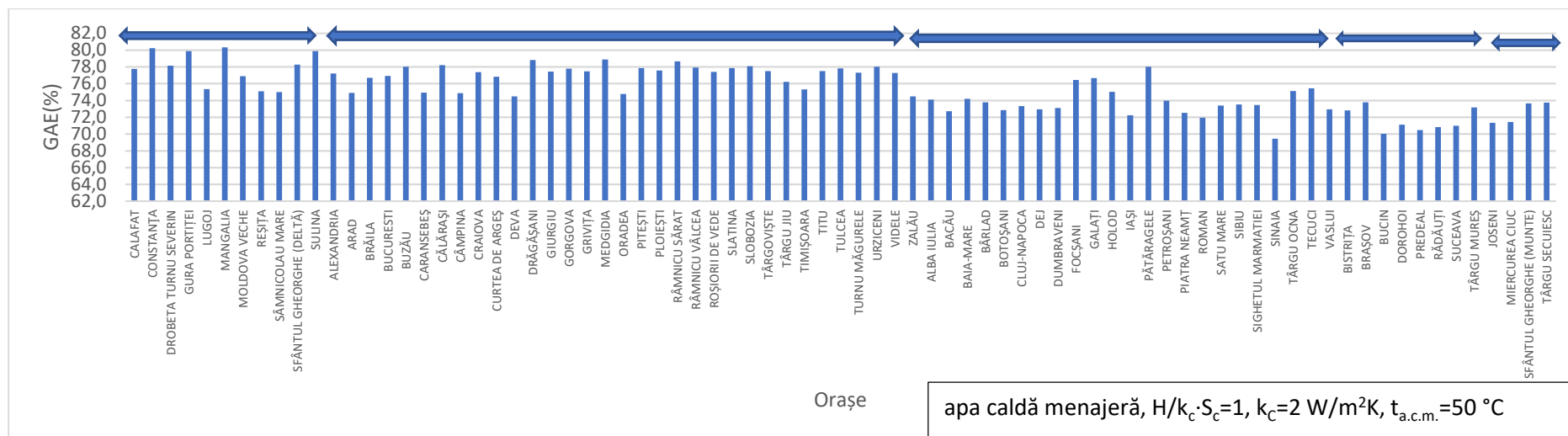


Fig. 101- Grad de acoperire calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c = 1$, $k_c = 2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.} = 50^\circ \text{C}$

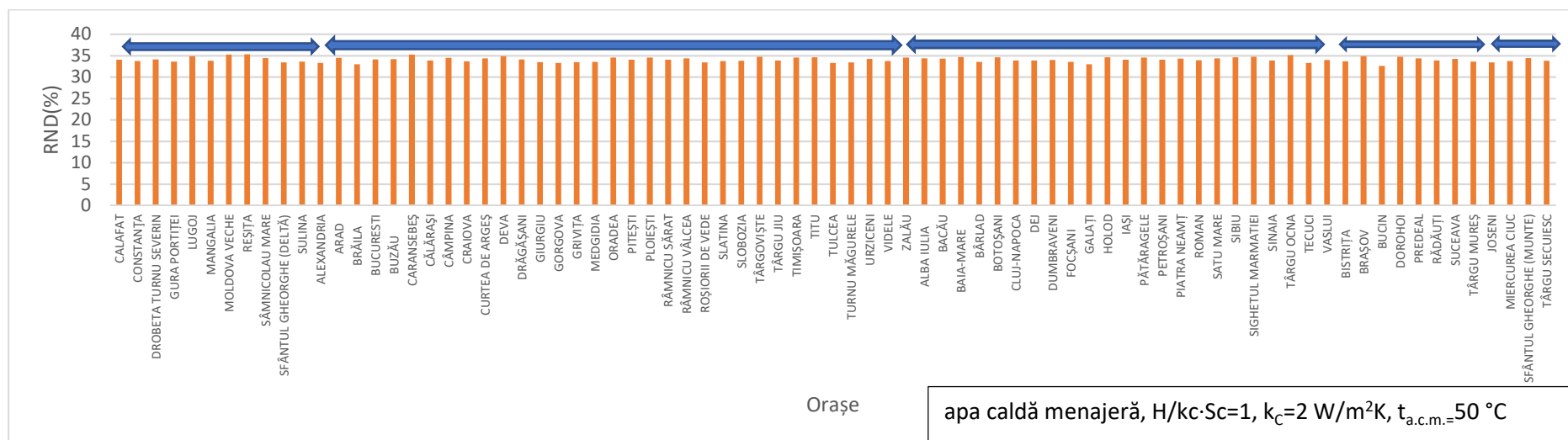


Fig. 102- Randament calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c = 1$, $k_c = 2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.} = 50^\circ \text{C}$

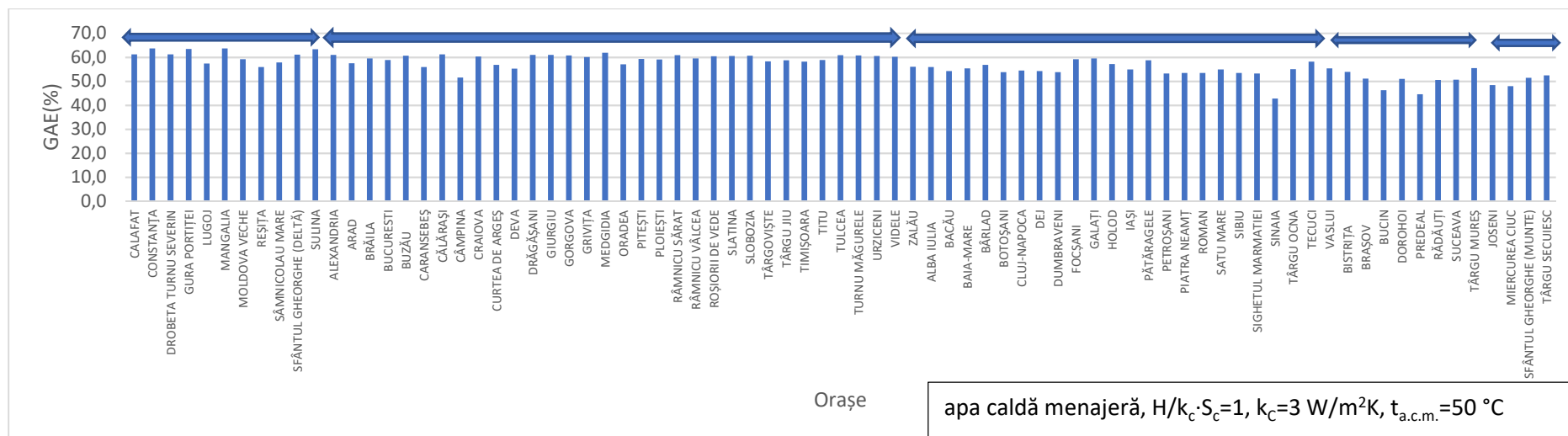


Fig. 103- Grad de acoperire calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c=1$, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=50^\circ\text{C}$

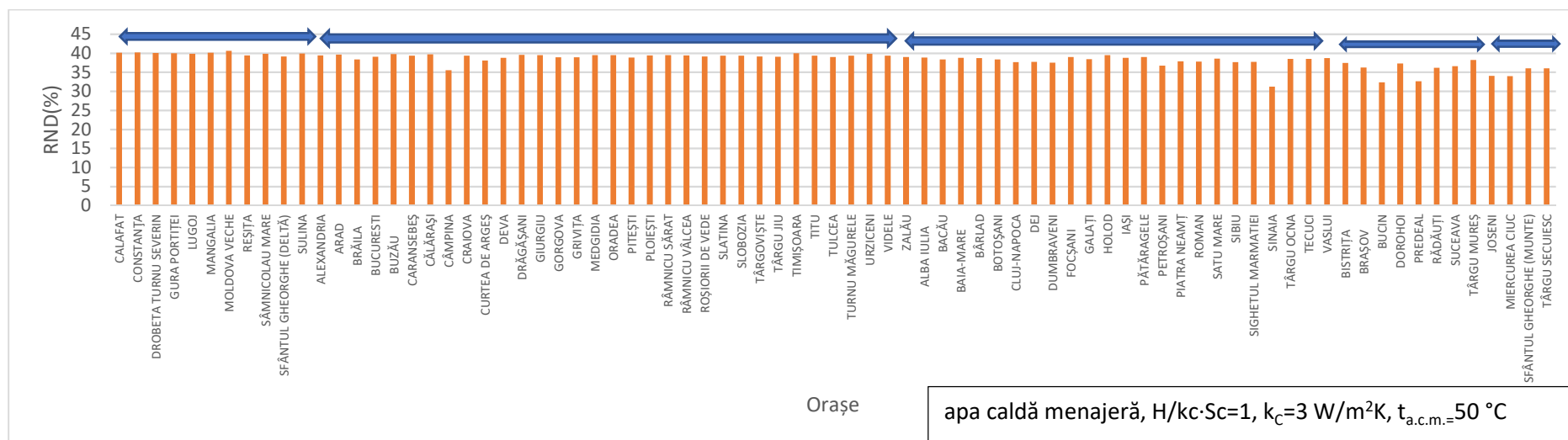


Fig. 104- Randament calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c=1$, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=50^\circ\text{C}$

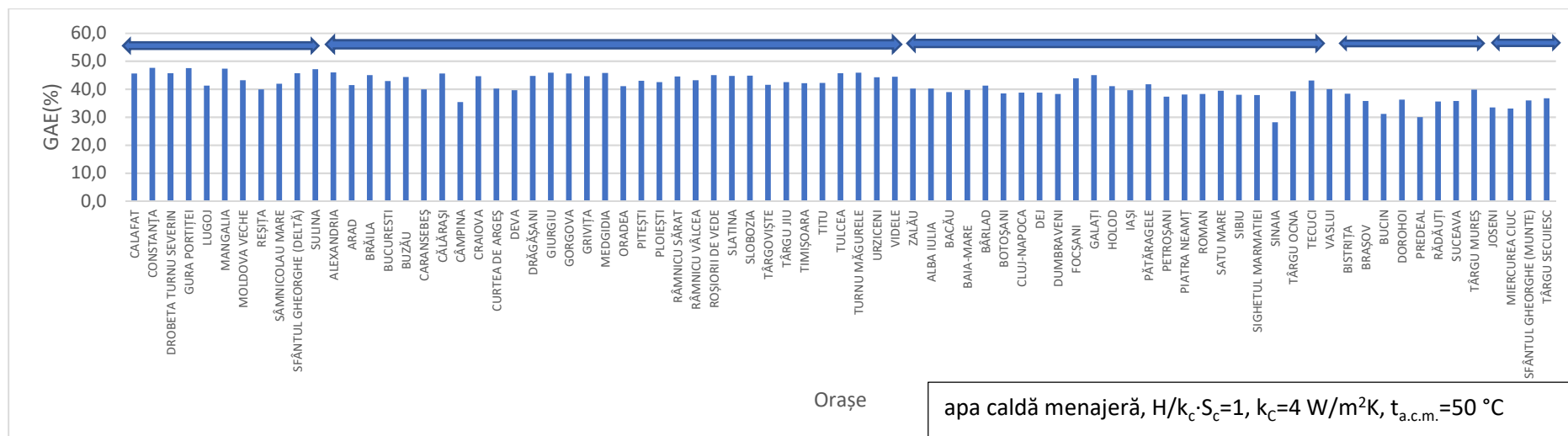


Fig. 105- Grad de acoperire calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c = 1$, $k_c = 4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.} = 50^\circ\text{C}$

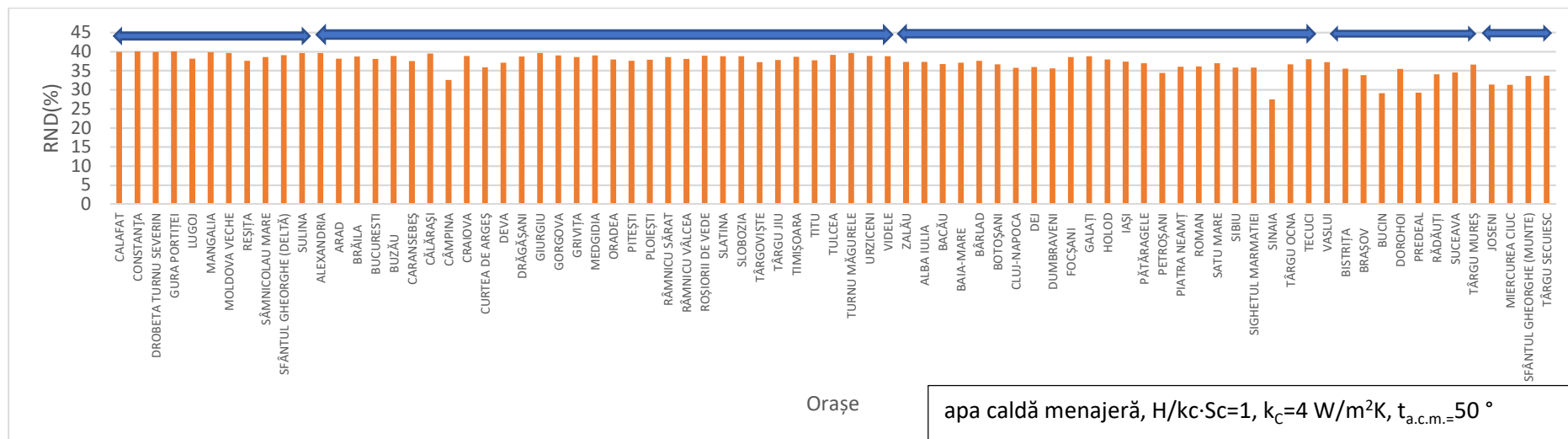


Fig. 106- Randament calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot S_c = 1$, $k_c = 4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.} = 50^\circ$

3.4 Rezultate energetice pentru sisteme de instalații utilizând surse regenerabile folosind o metodă de calcul inovativă

În următorului studiu, s-a dorit să se realizeze o îmbunătățire calitativă a metodologiei de calcul actuală din varianta îmbunătățită a MC001 din 2018 (propunere) pentru situația de preparare de agent termic pentru încălzire. Astfel au fost propuse următoarele etape:

a. Se stabilește un necesar de caldura de calcul pentru încălzire și se împarte acesta la diferența de potențial termic de calcul, și rezultă H-ul casei :

$$H = \varphi_0 / (t_{i0} - t_e); \quad (36)$$

b. Se stabilește tipul captatorilor solari fixand valoarea lui k_c ;

c. Se stabilește valoarea raportului $H/(k_c \cdot S_c)$;

d. Se stabilește în consecința valoarea suprafeței de captare S_c ;

h. Se stabilește orașul de calcul cu valorile;

i. Se stabilește necesarul de energie lunar pentru încălzire în fiecare din lunile sezonului de încălzire (în kWh); lunile acestea sunt definite prin ($t_{eml} < 12$ oC) :

$$Q_k = H \cdot (t_{i0} - t_{eml}) \cdot Nz_k \cdot 0,024 \quad (37)$$

j. Se stabilește energia solară incidentă în fiecare din lunile sezonului de încălzire (în kWh):

$$Esi_k = f_{cap} \cdot Io_k \cdot Sc \cdot Nz_k \cdot 0,024 \quad (38)$$

k. Se stabilește durata (în ore), zilnică de ore cu soare pentru fiecare lună din sezonul de încălzire (aproximativ 5 ore/zi);

l. Se stabilește valoarea medie a intensității radiației solare incidente pe fiecare lună din sezonul de încălzire;

m. Se stabilește randamentul mediu lunar de captare a energiei solare, utilizând relația (15) din propunerea metodologiei pentru sisteme solare din Mc001;

n. Se stabilește energia solară captată prin aplicarea randamentului de captare la energia solară lunară incidentă pe suprafața de captare:

$$Esc_k = \eta_{BC} \cdot Esi_k \quad (39)$$

o. Se stabilește gradul de acoperire lunar prin raportarea energiei solare captate lunară la necesarul de energie al consumatorului:

$$Gae_k = \frac{Esc_k}{Q_k} \quad (40)$$

p. Se stabilește gradul de acoperire pe întreg sezonul rece ca o vakoare medie ponderată a gradelor de acoperire lunara cu valorile necesarurilor energetice lunare respective sau cu formula:

$$Gae_{an} = \frac{\sum_k Esc_k}{\sum_k Q_k} \quad (41)$$

Pentru calculul intensității radiației solare incidente pe fiecare lună din sezonul de încălzire s-au estimat orele de însorire astfel:

- S-a determinat durata maximă a zilei pe fiecare lună de încălzire N_{ozm} ;
- S-au aproximat orele necesare soarelui să ajungă la nivelul suprafeței de captare a panoului solar, N_{osc} ;
- S-au aproximat numărul de ore cu cer acoperit, N_{oca} ;
- S-au calculat numărul de ore de însorire zilnice:

$$N_{oz} = N_{ozm} - N_{osc} - N_{oca} \quad (42)$$
- A fost comparat rezultatul cu numărul minim de ore de însorire conform NP 057-02.

Astfel, s-au făcut următoarele estimări:

Tabelul 2

LUNA	IAN	FEB	MAR	APR	MAI	IUN	IULIE	AUG	SEPT	OCT	NOV	DEC
Nozm	10	11	12	13	14	15	14	13	12	11	10	9
Nosc	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3
Noca	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2
Noz	5	6	8	9	10	12	10	9	8	6	5	3

Aceste intensități calculate utilizând tabelul 2 și formula (43) pot estima valorile orare pentru randamentele instalației solare. Calcularea acestor intensități solare și introducerea lor în formula de calcul a β_{ref} (relația 14) determină valori corectate ale gradului de acoperire și ale randamentelor solare.

$$I = f_{cap} \cdot I_0 \cdot 24 / N_{oz} \quad (43)$$

Astfel, valorile energetice (energiei captate și energiei incidente solare) pot fi calculate doar pe perioada de timp pentru care va exista însorirea.

Pentru o metodă lunară simplificată, se poate opta pentru determinarea intensității radiației solare incidente ca în MC001 (propunere inițială), folosind valori medii lunare. Aceasta are ca inconvenient imposibilitatea calculării randamentelor reale ale instalației solare.

Introducerea calcului de ore de însorire printr-un raport $24/N_{oz}$ (f_s) în determinarea I , duce la obținerea randamentului real al instalației solare, ce estimează care este eficiența instalației solare pentru orele de funcționare efective. Estimarea gradului de acoperire și a randamentului sistemului solar prin înlocuirea doar în β_{ref} a acestui I modificat este îmbunătățită. Astfel, în propunerea îmbunătățită a metodologiei este folosit un factor f_s ce are rolul de a include perioada de însorire (relația 44).

$$\beta_{ref} = \frac{t_{i0} - t_e}{I \cdot f_s} \quad (44)$$

Valorile parametrilor folosiți la acest calcul au fost următoarele:

- Raportul $H/(k_c \cdot S_c) = 5$;
- Factorul geometric de corecție a fluxului termic captat, $F' = 0,9$;
- Coeficientul global de transfer termic al captatoarelor solare, $k_c = 3 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- Coeficientul de absorbție al plăcii captatoare, $\alpha = 0,9$;

- e. Coeficientul de transparență al elementului vitrat al captatoarelor, $\tau = 0.85$;
- f. Unghiul înclinare față de planul orizontal, al captatoarelor, $\varphi_i = 45^\circ$;
- g. Unghiul deviere al orientării suprafeței de captare față de SUD, $\varphi_a = 0^\circ$ (SUD);
- h. Suprafața schimbătorului de căldură din cadrul buclei solare, $S_s = 0,1 \cdot S_c$;
- i. Volumul rezervorului de acumulare, $V_a = V/S_c = 50 \text{ l/m}^2$;
- j. Coeficientul global de transfer termic al schimbătorului de căldură din cadrul buclei solare, $k_s = 600 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- k. Debitul de agent termic vehiculat în bucla solară, $G_c = 50 \text{ l/m}^2\text{h}$;
- l. Suprafața instalației de încălzire centrală a consumatorului, S_{INC} -corespunzătoare a 80 de apartamente;
- m. Temperaturile nominale ale agentului termic la dimensionarea instalației, $t_{T0} = 50^\circ\text{C}$ $t_{R0} = 30^\circ\text{C}$;
- n. Intensitățile radiației solare, medii lunare, pentru o suprafață de captare orizontală, I_0 , pentru toate lunile din an, conform metodologiei Mc001 din 2006;
- o. Temperaturile exterioare medii lunare pentru toate lunile anului, t_e , conform SR 4839/2014;

S-a ales reprezentativă aceeași clădire rezidențială cu 80 de apartamente, ce are un necesar de căldură pentru orașul Constanța de 512 MWh. Este vorba de aceeași clădire cu un $H_{\text{inc}} = 16000 \text{ W/K}$, menținut constant pentru toate orașele studiului descrisă la punctul 3.1.

În cazul în care β_{ref} este calculat conform metodologiei în vigoare, folosind metoda nouă simplificată de calcul se obțin aceleași valori ca cele obținute la capitolul 3.2.

Folosind valorile corectate pentru I ce intervin în calculul lui β_{ref} (conform tabelului 2 și al relației 43) se determină grade de acoperire și randamente lunare, pentru orașul Constanța.

Au fost calculate și valorile energiei captate, energiei consumate de sursa clasică și energiei incidente solare pentru orașul Constanța.

Adițional, a fost calculat și randamentul de producere a energiei termice pentru situația de încălzire (deservind consumatorului descris) exclusiv pentru orele de încălzire estimate în tabelul 2 (figura 109). În calculul acestui randament s-a înlocuit I determinat cu cel calculat prin formula 43 și s-a micșorat timpul de funcționare al instalației (număr de ore lunar) la numărul efectiv de ore de funcționare estimate în tabelul 2. Acest randament efectiv de producție în timpul orelor de însorire nu depinde de nevoile consumatorului.

Pentru a extinde studiul, s-au obținut grade de acoperire și randamente anuale, introducând o variație a $k_c = 2 \div 4 \text{ W/m}^2\text{K}$, a raportului $H/(k_c \cdot S_c) = 7, 5$ și 3 și a temperaturilor de reglaj $t_{T0} = 50^\circ\text{C}$, $t_{R0} = 30^\circ\text{C}$ și $t_{T0} = 70^\circ\text{C}$, $t_{R0} = 50^\circ\text{C}$, pentru fiecare zonă climatică de calcul, reprezentate de orașele următoare: Constanța (zona 1), București (zona 2), Cluj Napoca (zona 3), Predeal (zona 4), Târgul Secuiesc (zona 5).

Diferența între acest calcul și calculul de la capitolul 3.2.2 ar fi fost nulă dacă nu ar fi existat modificarea în calculul lui β_{ref} (formula 44), deoarece s-a menținut constant același H (transmitanța clădirii). Valorile obținute prin utilizarea unui I aproximat pentru

un anumit număr de ore de funcționare doar în calculul β_{ref} estimează mai bine modul de funcționare real al acestor instalații solare. Rezultatele prezentate utilizând această metodă îmbunătățită de calcul sunt prezentate în figurile 110-115. A fost prezentată și o comparație cu valorile obținute utilizând propunerea precedentă a MC001 în figurile 116-121.

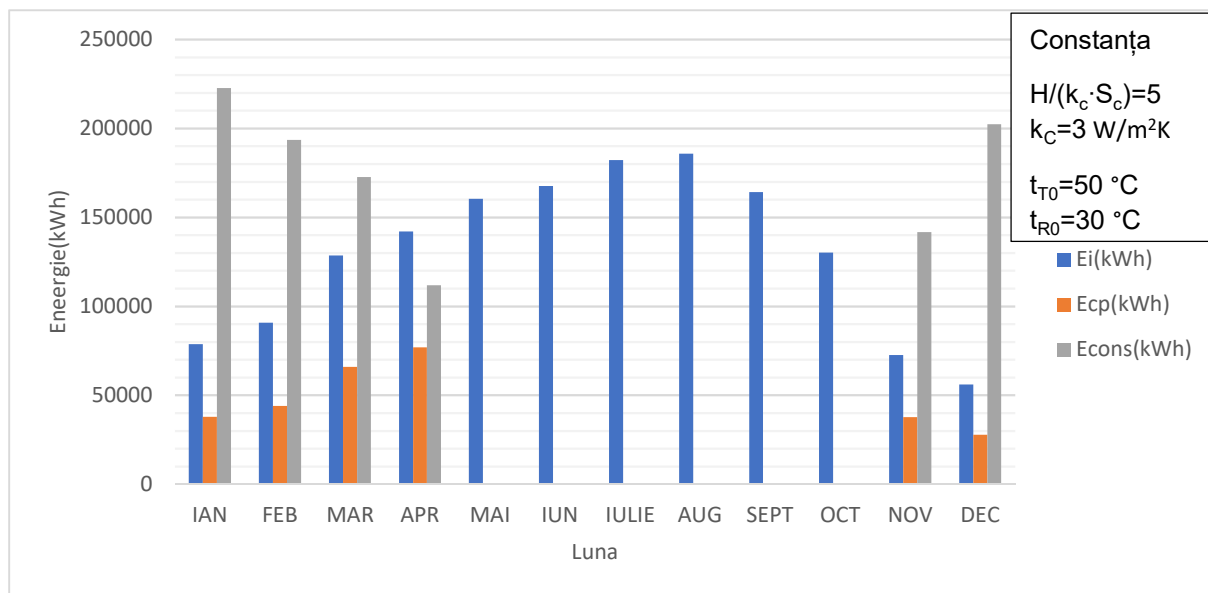


Fig. 107- Energiile lunare de încălzire, calculate pentru orașul Constanța utilizând o nouă metodologie de calcul

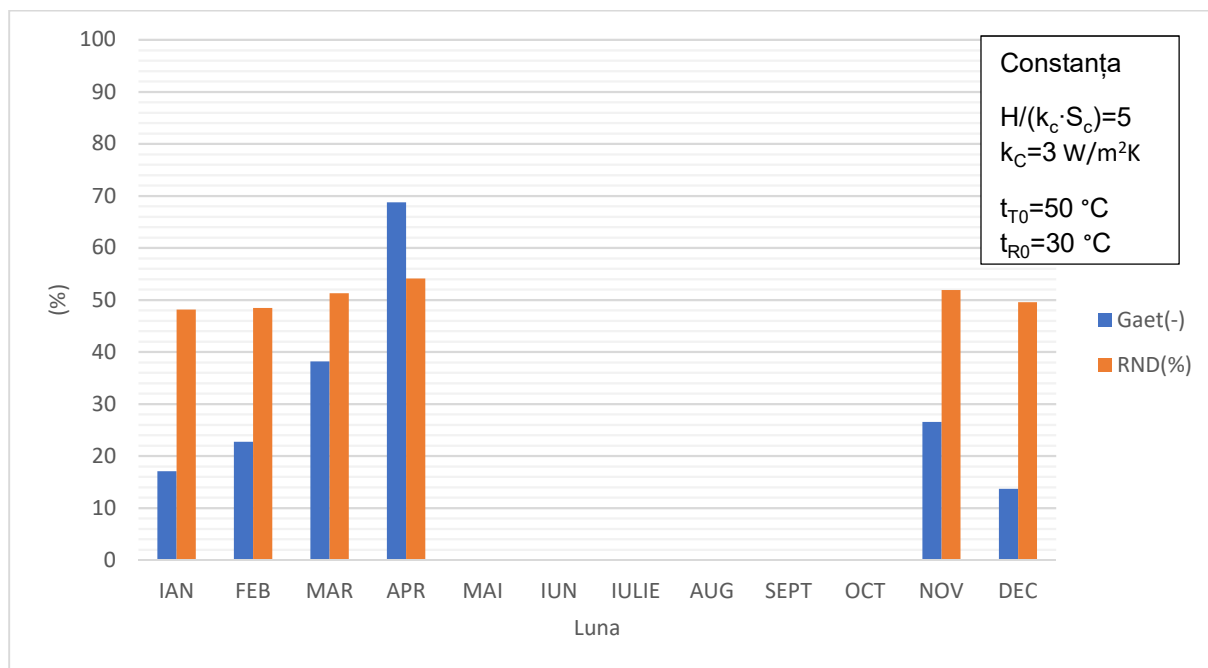


Fig. 108- Randament și grad de acoperire de încălzire, calculat pentru orașul Constanța utilizând o nouă metodologie de calcul

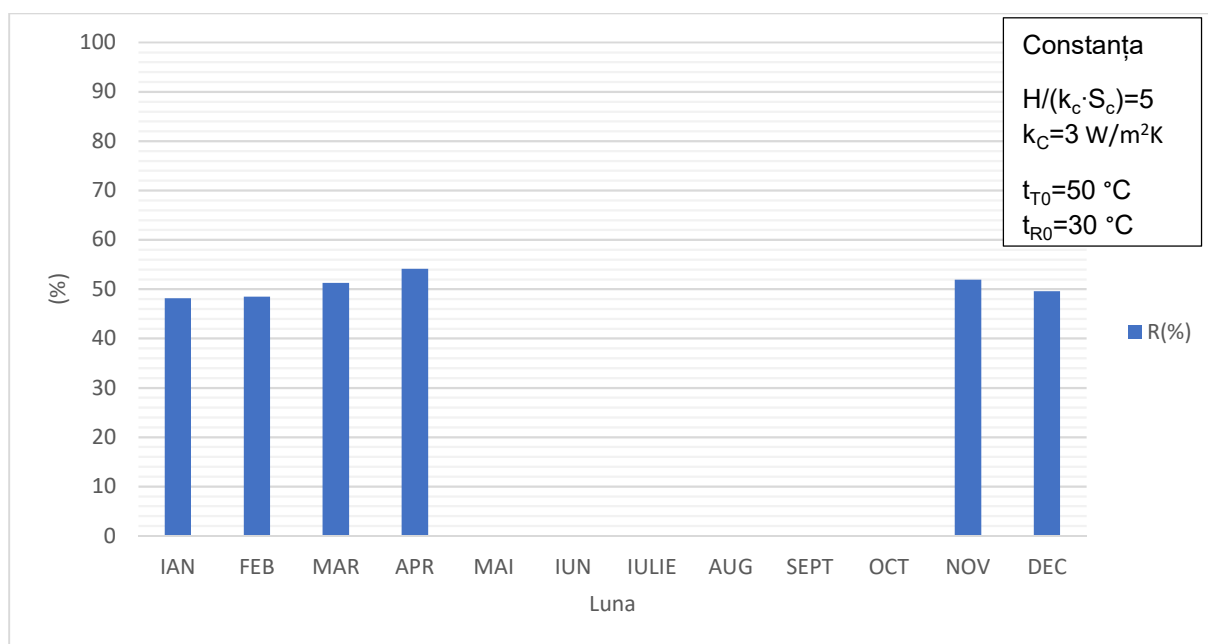


Fig. 109- Randament instalației pe perioada de însorire pentru încălzire, calculat pentru orașul Constanța utilizând o nouă metodologie de calcul

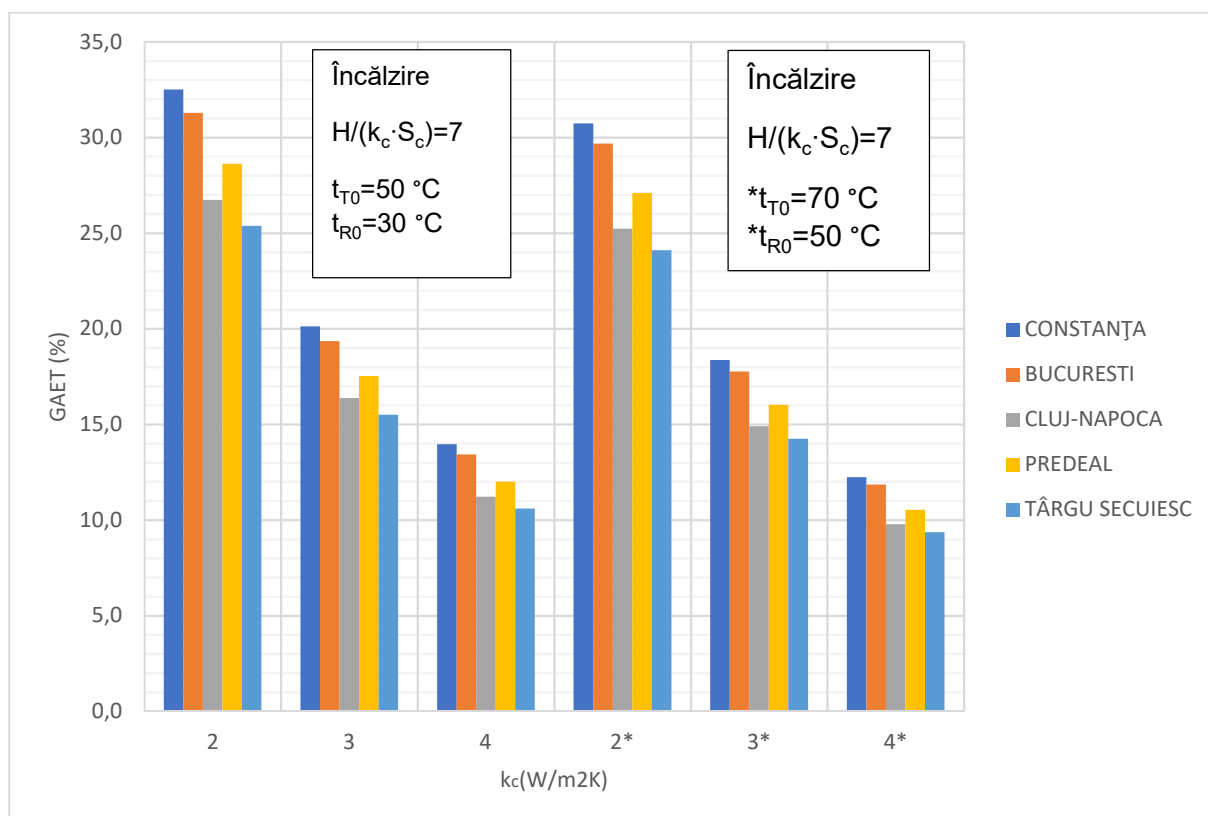


Fig. 110- Grad de acoperire calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 7$, utilizând o nouă metodologie de calcul

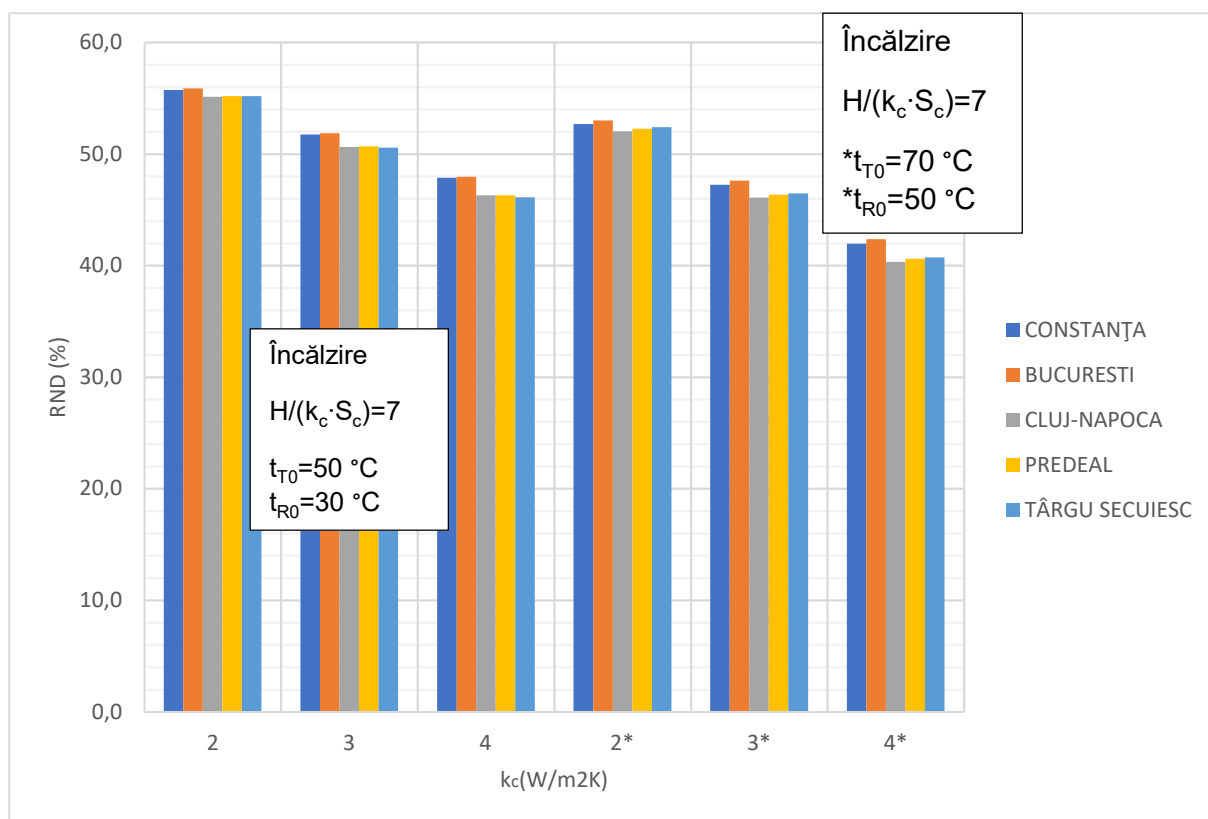


Fig. 111- Randament calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 7$, utilizând o nouă metodologie de calcul

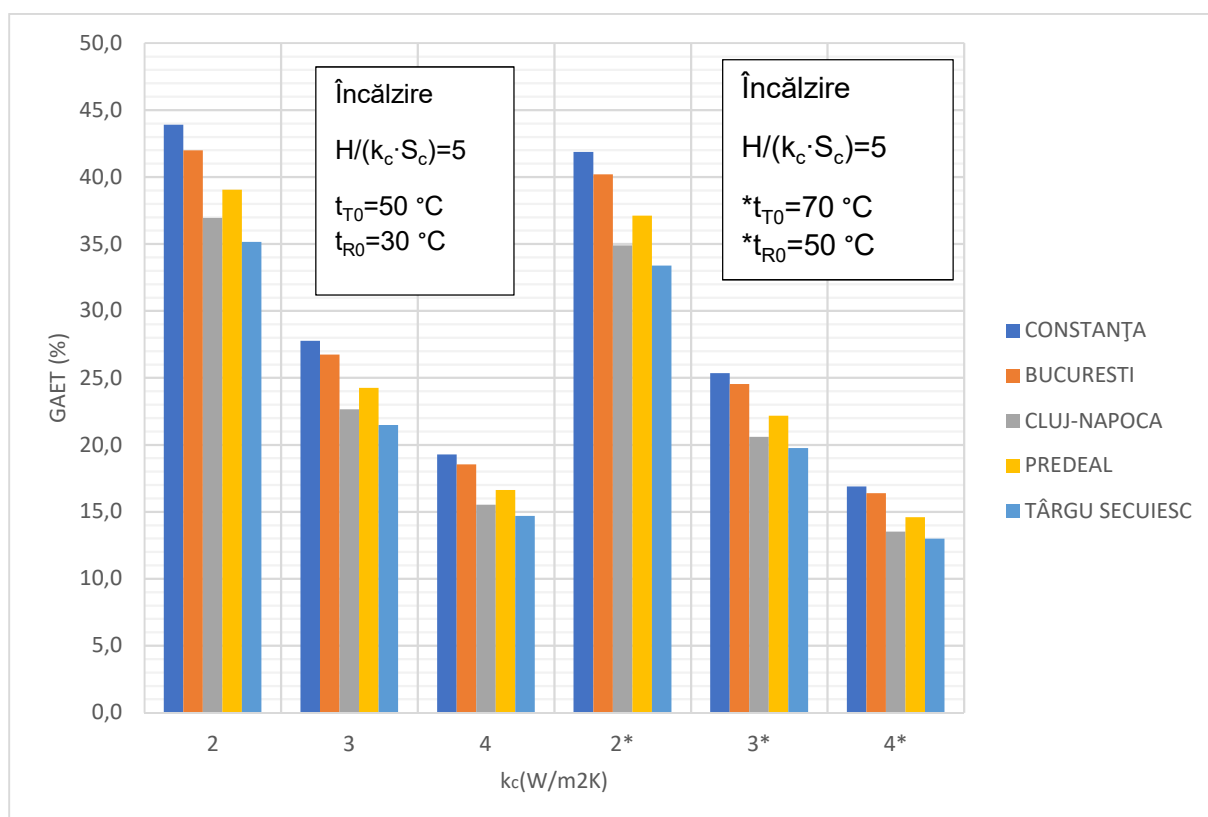


Fig. 112- Grad de acoperire calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 5$, utilizând o nouă metodologie de calcul

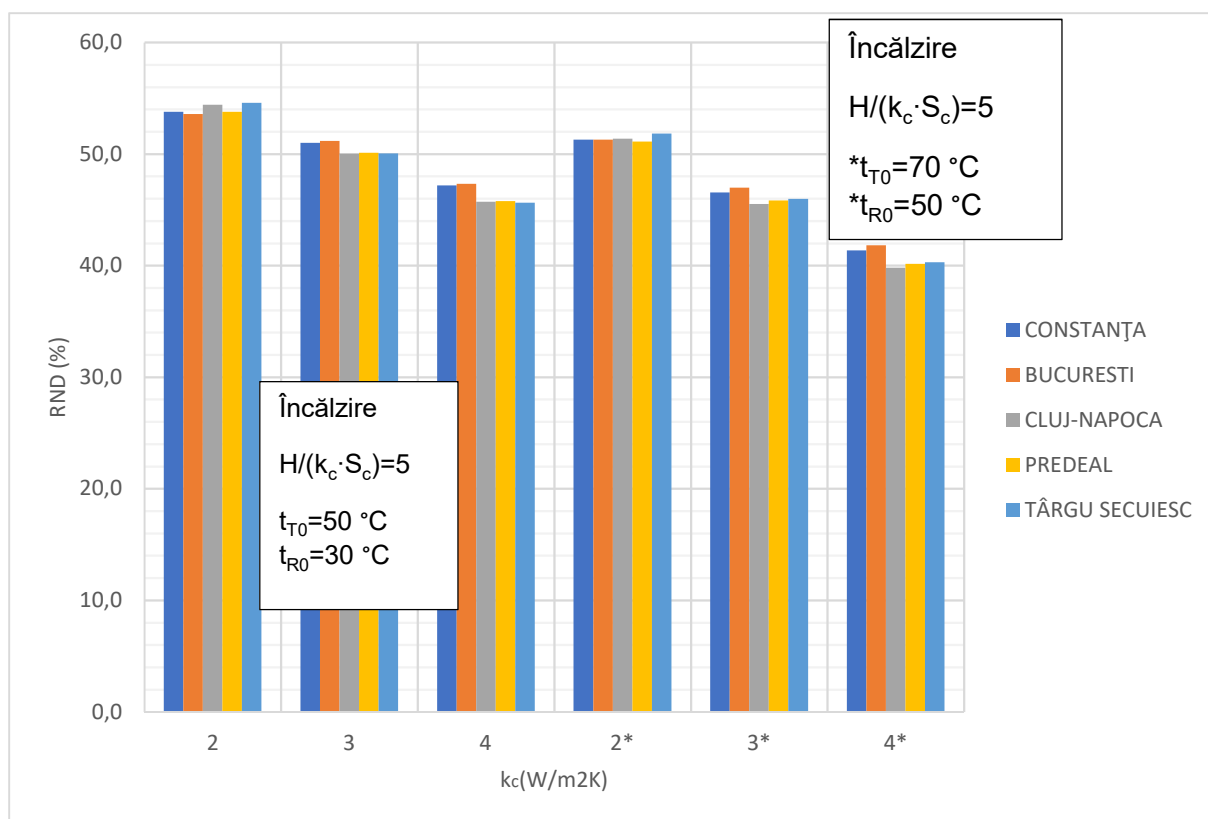


Fig. 113- Randament calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 5$, utilizând o nouă metodologie de calcul

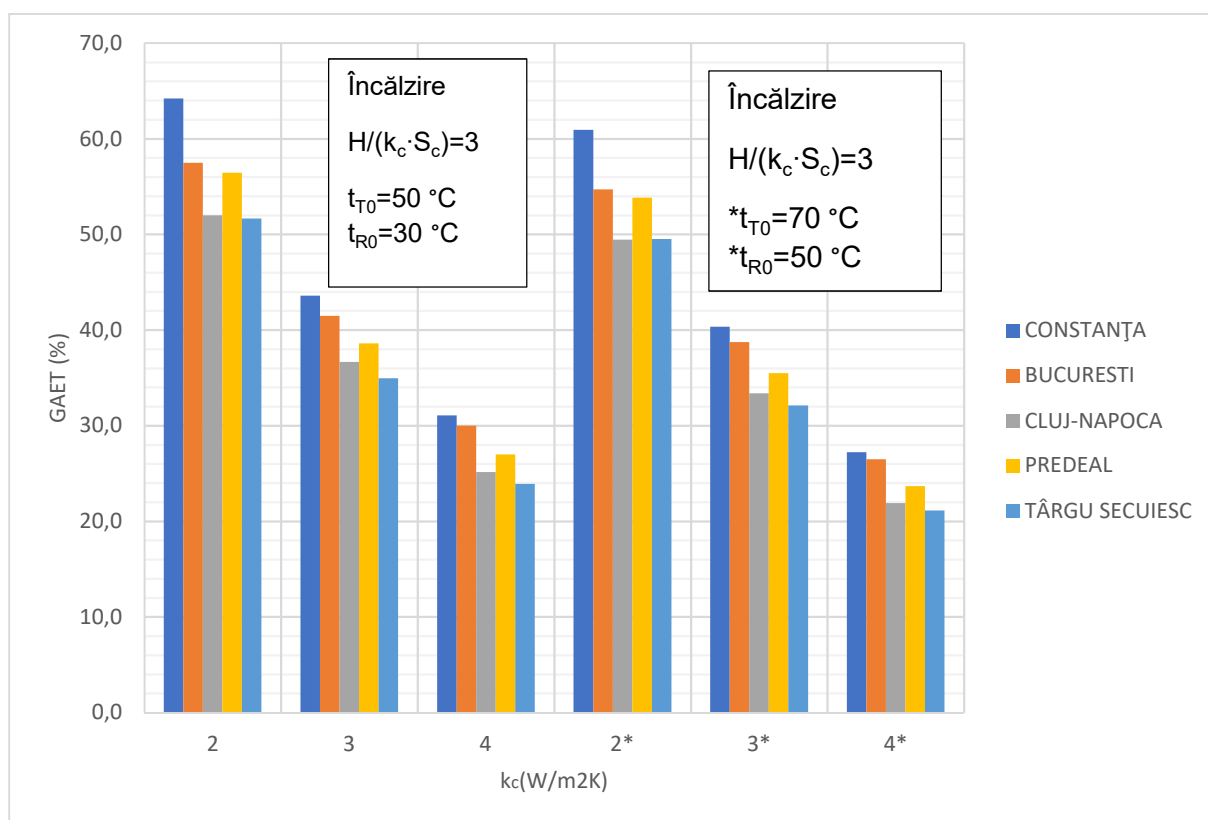


Fig. 114- Grad de acoperire calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 3$, utilizând o nouă metodologie de calcul

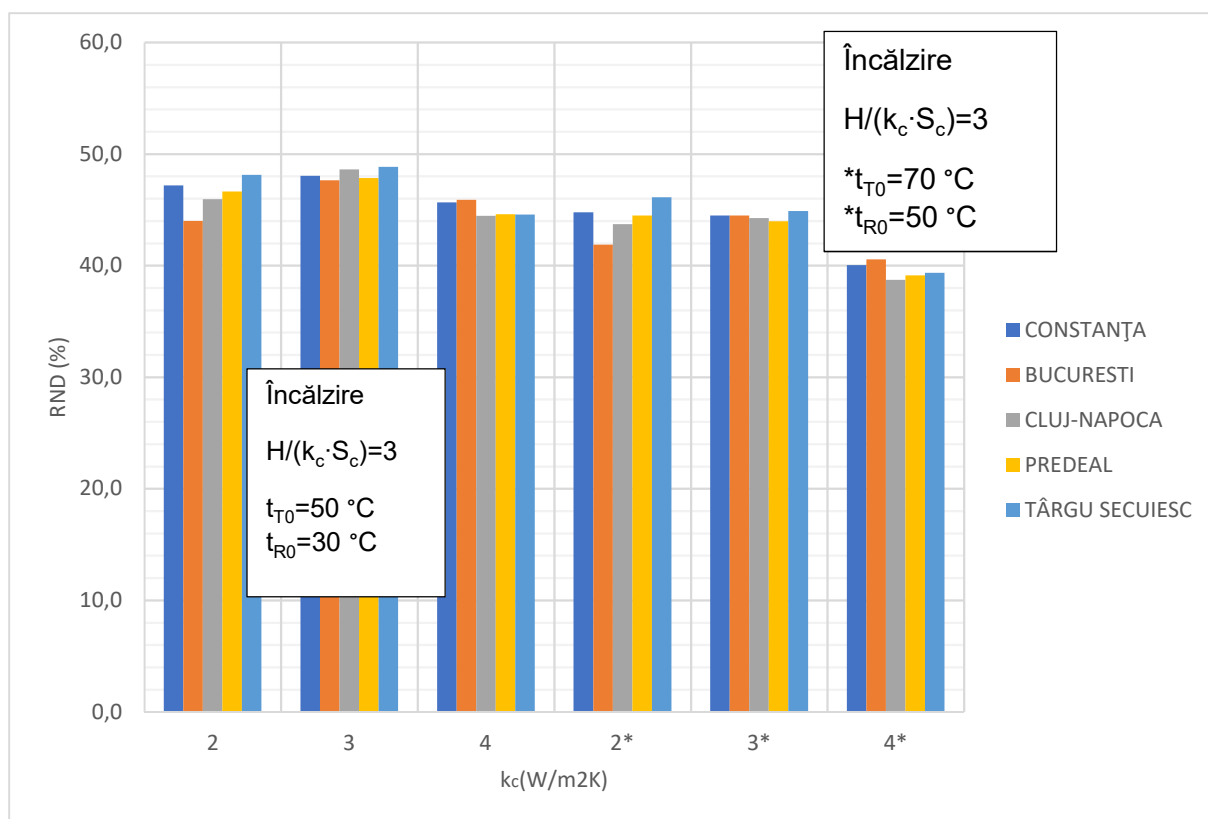


Fig. 115- Randament calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 3$, utilizând o nouă metodologie de calcul

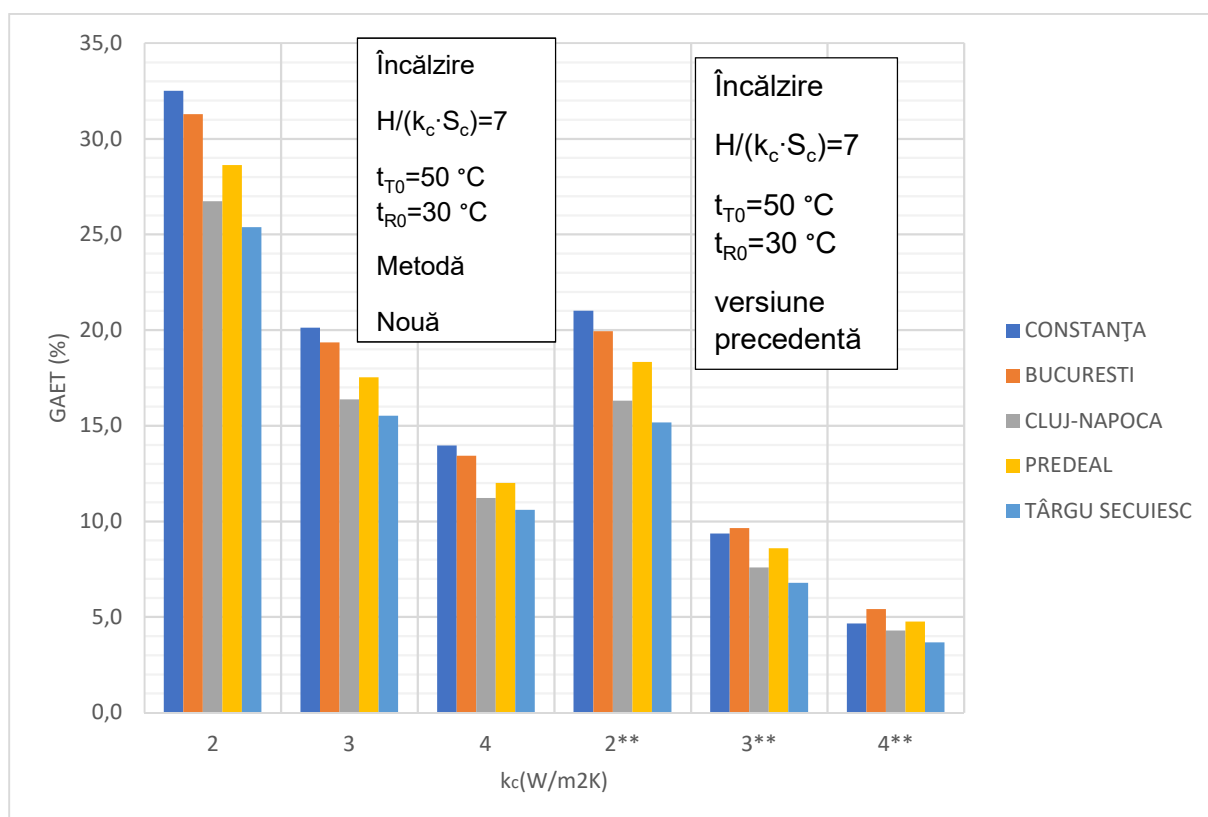


Fig. 116- Comparație a gradelor de acoperire calculate pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 7$, utilizând o nouă metodologie de calcul și fosta propunere pentru metodologia MC001 (caz **)

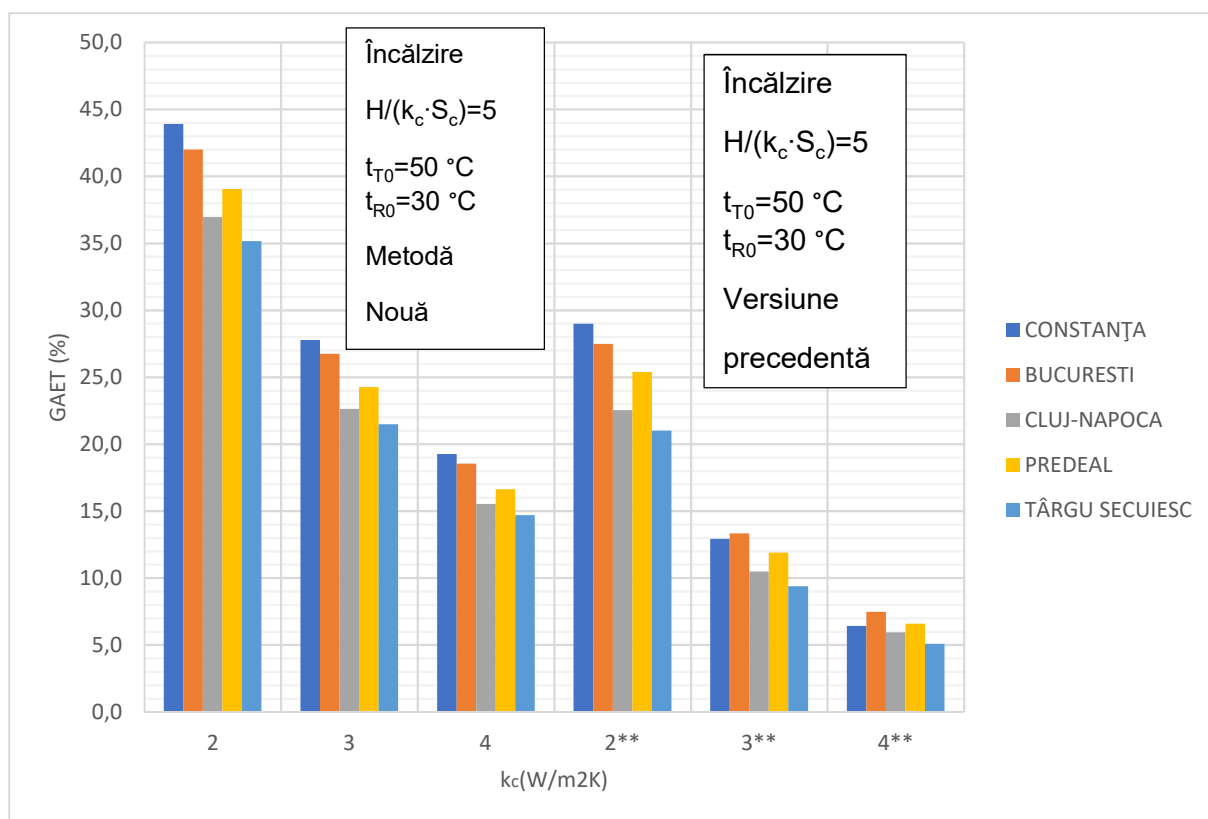


Fig. 117- Comparație a gradelor de acoperire calculate pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 5$, utilizând o nouă metodologie de calcul și fosta propunere pentru metodologia MC001 (caz **)

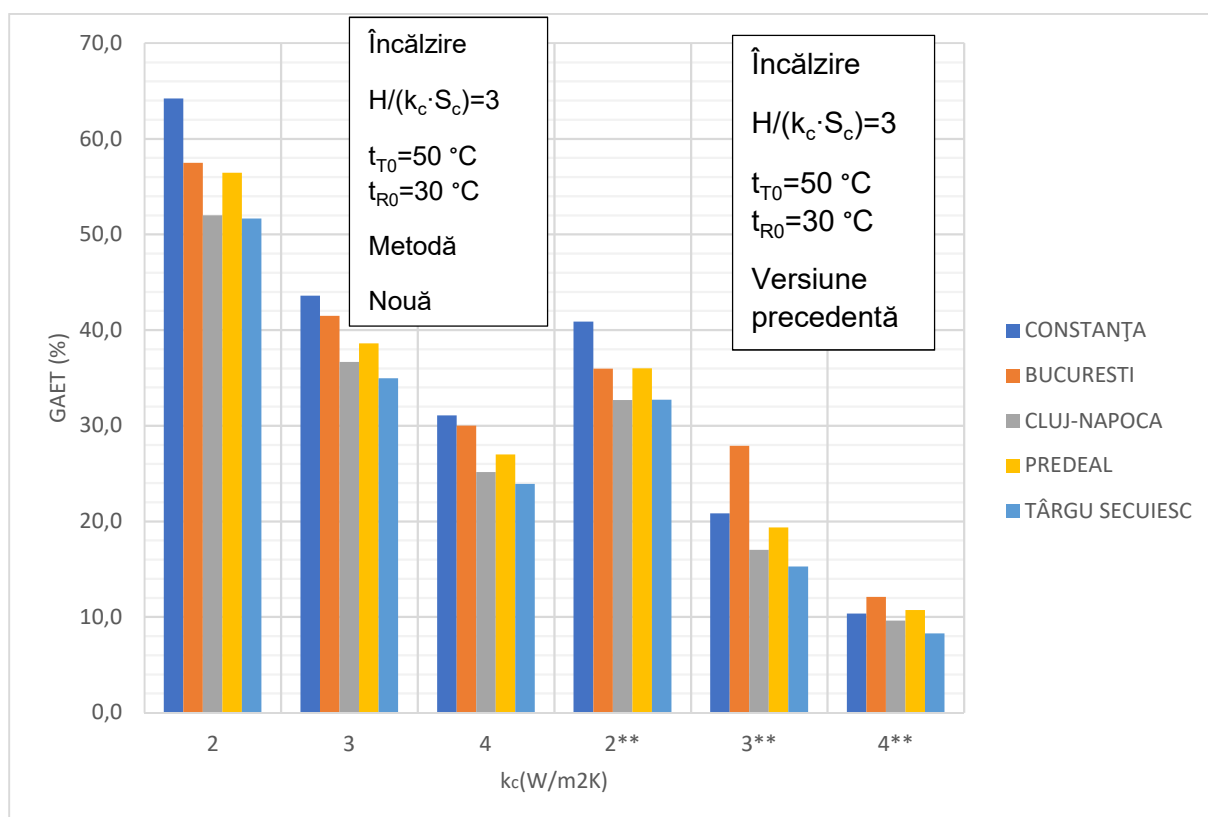


Fig. 118- Comparație a gradelor de acoperire calculate pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 3$, utilizând o nouă metodologie de calcul și fosta propunere pentru metodologia MC001 (caz **)

4. EVALUARE ECONOMICĂ- STUDIU DE CAZ

În continuarea studiului de la punctul 3, a fost realizată o analiză economică adaptată la investiția în panouri solare, bazată pe unele din formulele din metodologia de calcul MC001 prezentată la punctul 2.2 pentru aceeași clădire rezidențială cu 80 de apartamente (descrisă la 3.1) pentru care a fost făcută analiza energetică.

Astfel, pe baza unei metodologii adresate tuturor investițiilor în sistem ce conduc la recuperare de energie, a fost particularizat un model de calcul ce se adresează exclusiv investițiilor în panourilor solare termice.

Calculul economic a determinat un cost investițional inițial ce depinde nelinier de suprafața de captare (au fost alese panouri de 2,5 m²). Datorită faptului că prețul per bucată al unui panou solar depinde de numărul de panouri achiziționate, situația reală este simulată printr-o reducere de preț în funcție de suprafața de captare prezentată în figura 119. Astfel s-a obținut relația de calcul între costul unitar al unui panou solar și numărul de panouri solare achiziționate (reprezentat de suprafața de captare). Această relație a fost introdusă în determinarea costurilor inițiale de investiție plecând de la costurile per bucată atunci când se achiziționează o singură bucată de panou solar.

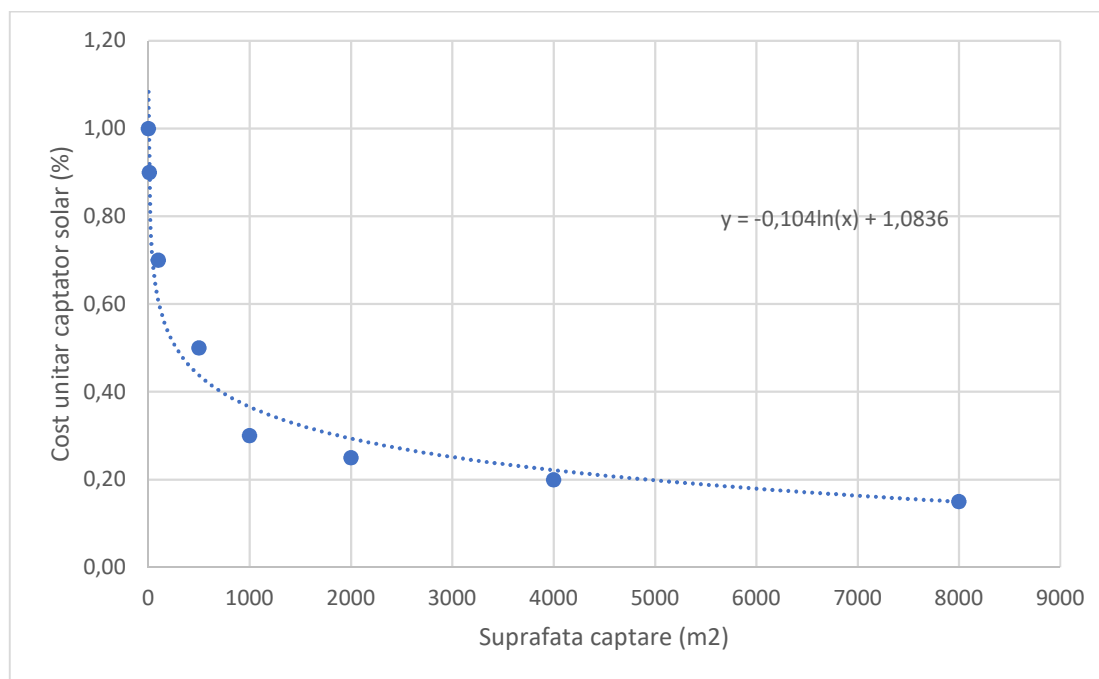


Fig. 119- Dependenta prețului unitar al unui panou solar de numărul de panouri achiziționate

Costurile inițiale de investiție per bucată de la care s-au plecat pentru cele trei tipuri de panouri corespunzătoare $k_c = 2, 3$ și 4 au fost următoarele: 3000, 2000 și 1500 de euro (corespunzătoare achiziției unui singur produs). Acestea cuprind atât costul panoului solar, cât și manopera de montaj pentru panou (ce este fixă, reprezentând 800 de euro pentru fiecare panou și inclusă în suma totală prezentată anterior). Prețurile alese sunt prețuri medii alese pentru piața din România la momentul inițierii studiului.

Durata estimată de viață a instalației solare este de 20 de ani.

Costurile de mentenanță și întreținere au fost neglijate în acest calcul, fiind ne semnificative în raport cu valoarea investiției.

Acest cost investițional s-a actualizat cu rata inflației de 7 % și rata creșterii energiei termice de 7 %. Astfel s-a obținut Valoarea Netă Actualizată a investiției.

Pentru a calcula prețul per MWh s-a folosit ultimul plan de tarificare al RADET (figura 120). S-a efectuat transformarea în euro la cursul BNR și astfel s-a obținut un preț de 126,9121875 euro pentru 1 MWh. Acest tarif a fost înmulțit cu valoarea anuală de energie utilizabilă, produsă de sistemul solar și s-a obținut valoarea anuală a economiei de căldură.



Fig. 120- Cost Gcal actualizat pentru anul 2019 folosit în calcule

A fost calculat timpul de recuperare și costul specific pentru fiecare caz în parte corespunzător celor 79 de orașe de la punctul 3.3. Acestea au fost reprezentate grafic în anexa 1. Timpul de recuperare ce depășește durata de viață a investiției a fost precizat deoarece s-a intenționat să se arate diferența între diferitele cazuri ce sunt nefavorabile investiției.

Valorile obținute nu includ o subvenție posibilă oferită de statul român sau de Uniunea Europeană. În cazul aplicării unei subvenții, putem aproxima că timpul de recuperare se reduce cu valoarea (în procente) subvenției. Astfel în cazul unei subvenții de 50%, timpii de recuperare ai investiției se reduc la jumătate.

A fost făcută o analiză detaliată pentru fiecare an (figura 121 și 122) pentru orașul București, în cazul: $H/k_c \cdot S_c = 3$, $k_c = 3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$.

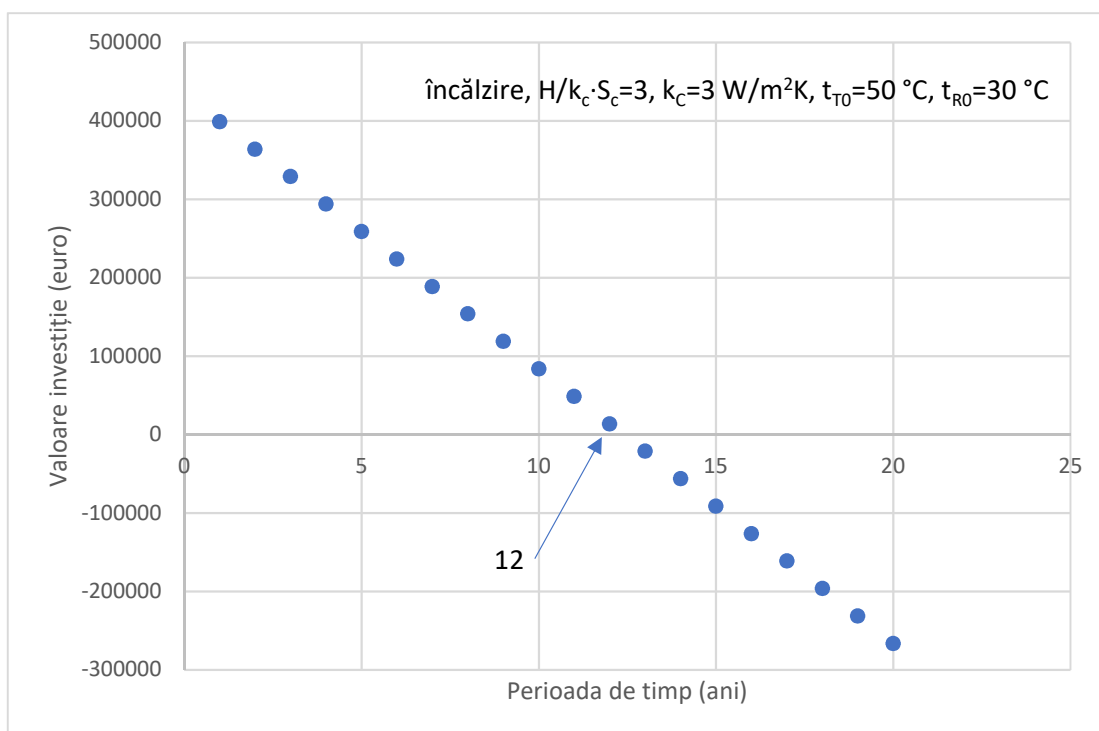


Fig. 121- Timp de recuperare calculat pentru încălzire,

$$H/(k_c \cdot S_c)=3, k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}, t_{T0}=50 \text{ }^\circ\text{C}, t_{R0}=30 \text{ }^\circ\text{C}$$

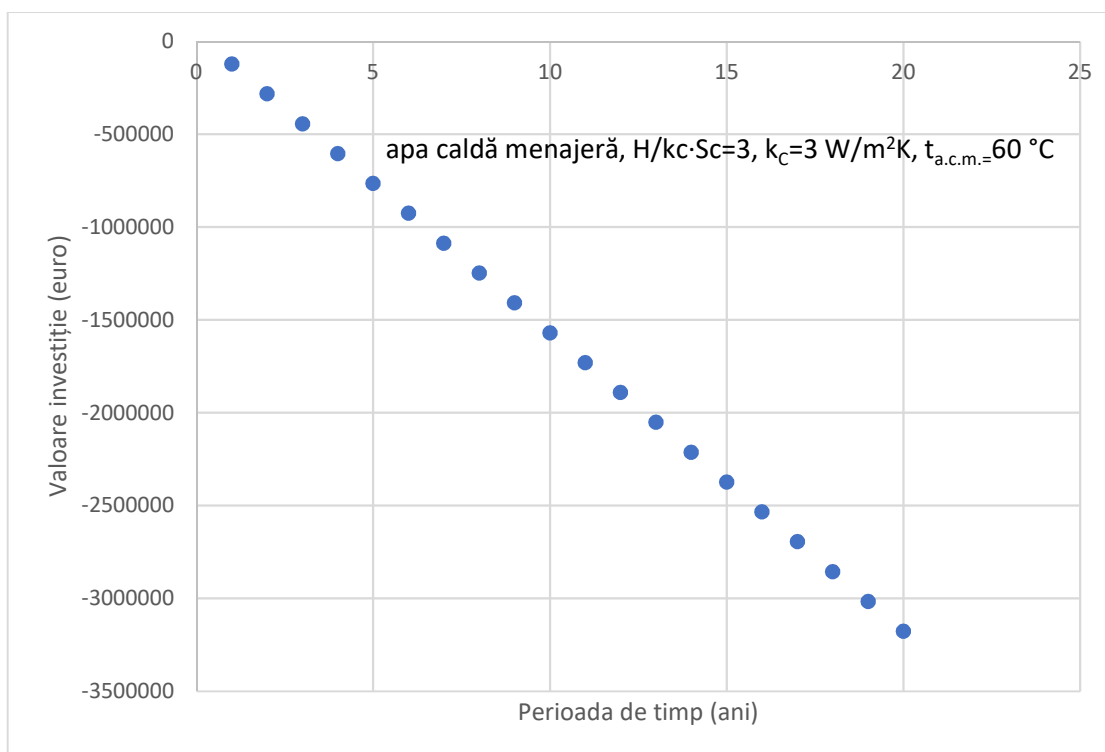


Fig. 122- Timp de recuperare calculat pentru prepararea apei calde menajere,

$$H/(k_c \cdot S_c)=3, k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}, t_{a.c.m.}=60 \text{ }^\circ\text{C}$$

Diagramale obținute pentru acest caz ($H/(k_c \cdot S_c)=3$, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=50 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0}=30 \text{ }^\circ\text{C}$) pentru toate cele 79 de orașe sunt următoarele:

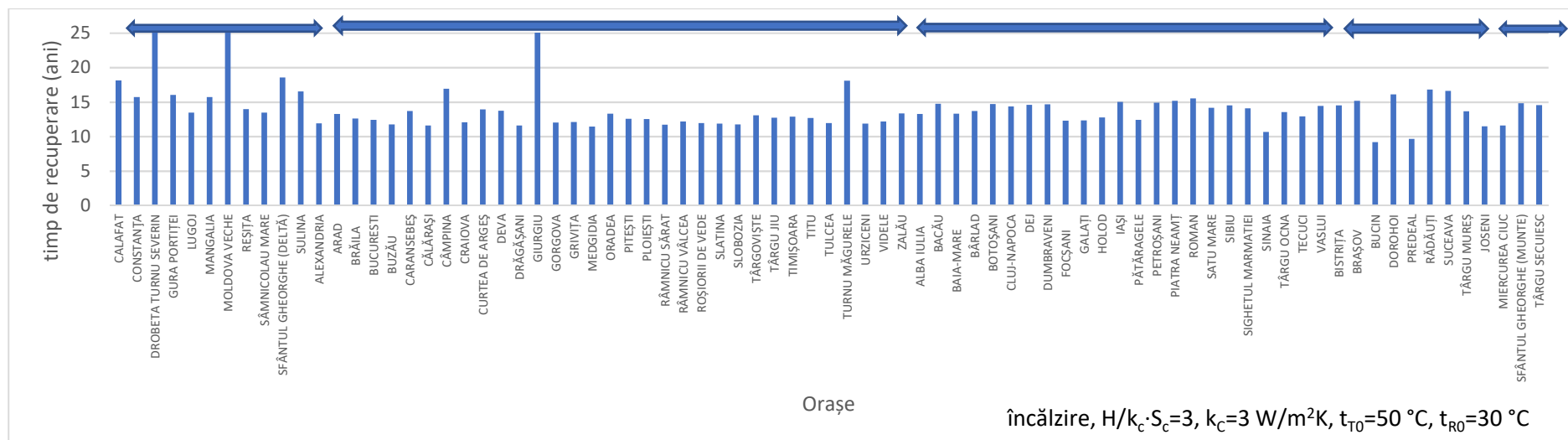


Fig. 123- Timp de recuperare calculat pentru încălzire, $H/(k_c \cdot S_c)=3$, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=50 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0}=30 \text{ }^\circ\text{C}$

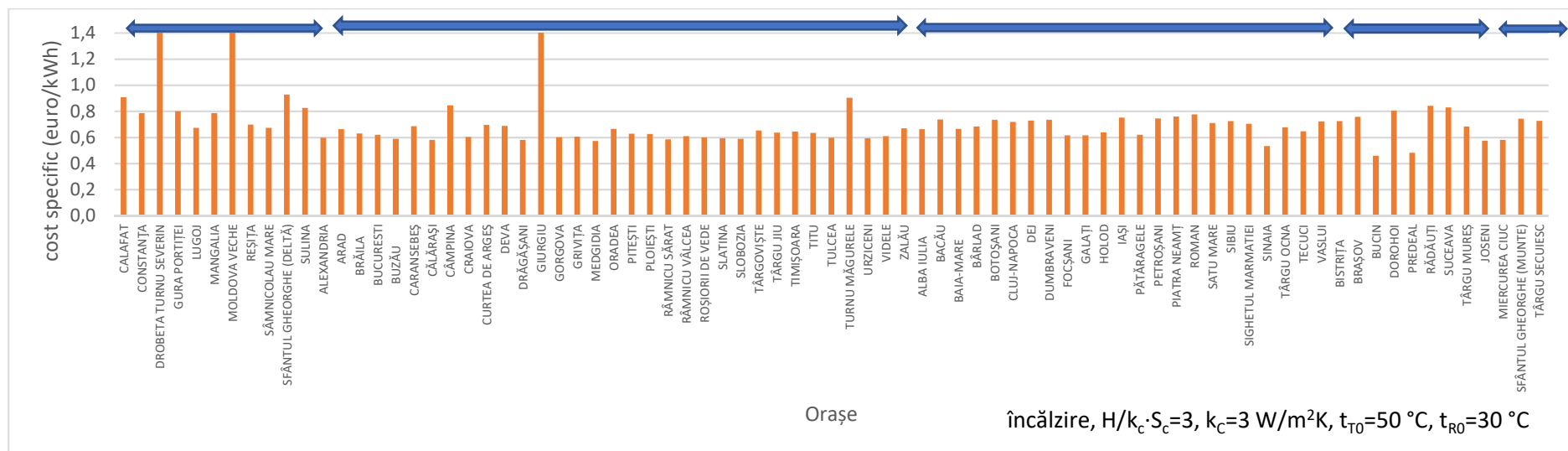


Fig. 124- Cost specific pentru investiție calculat pentru încălzire, $H/(k_c \cdot S_c)=3$, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=50 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0}=30 \text{ }^\circ\text{C}$

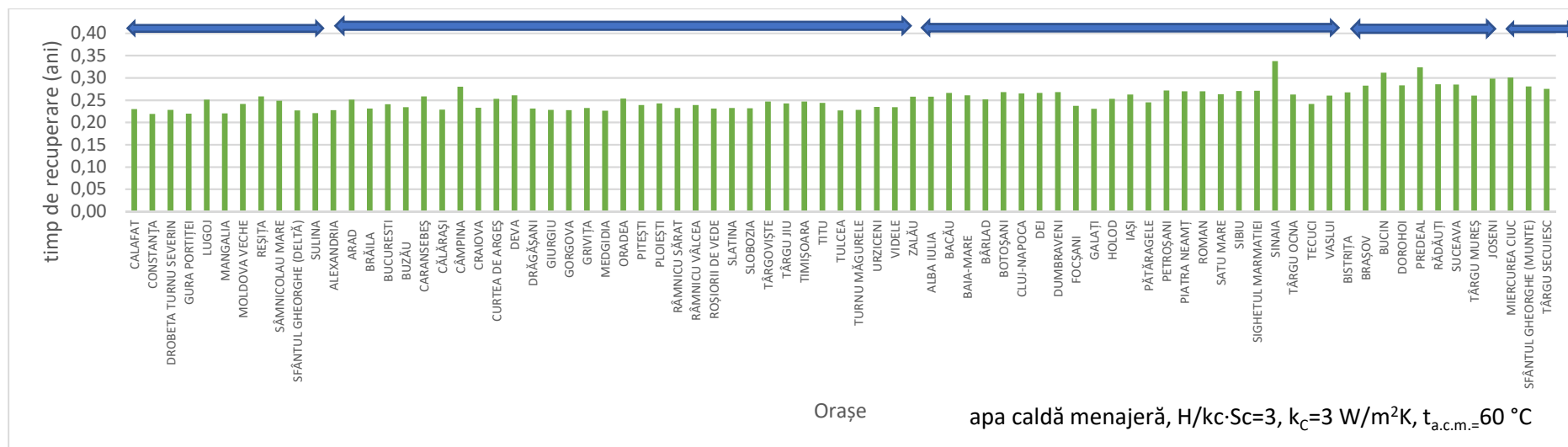


Fig. 125- Tim de recuperare calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/(k_c \cdot Sc)=3$, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=60^\circ \text{C}$

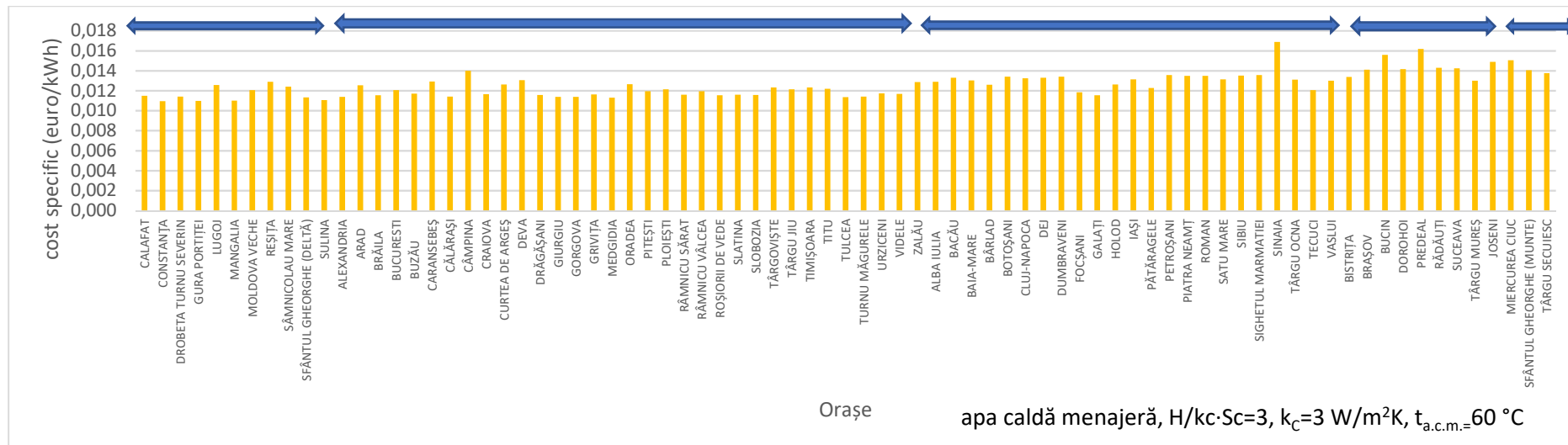


Fig. 126- Cost specific al investiției calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/(k_c \cdot Sc)=3$, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=60^\circ \text{C}$

4. CONCLUZII

Primul studiu prezentat în acest raport de cercetare a identificat setul de parametri ce trebuie controlați pentru obținerea unor rezultate energetice ce exprimă performanța captatoarelor solare în ceea ce privește încălzirea locuințelor și prepararea apei calde menajere. Aceștia sunt:

- k_C – coeficientul global de transfer termic al captatoarelor solare, W/m^2K ;
- $H/(k_C S_C)$ - raportul adimensional dintre transmitanța clădirii și indicatorii suprafeței de captare;
- T_{tur}/T_{retur} sau T_{ac} - temperaturile de reglaj termic, $^{\circ}C$.

Pentru cele 5 orașe de referință alese la punctul 3.1, se arată că panourile solare pot asigura producerea energiei termice destinată unui consumator rezidențial. Valorile lunare arată că un panou cu un coeficient de transfer de căldură de $3 W/m^2K$ are probleme în a asigura un aport pentru încălzire pentru lunile ianuarie și februarie ale anului, pentru toate cele 5 orașele studiate. Situația este asemănătoare și în cazul preparării apei calde menajere, în aceste luni se recomandă utilizarea unui alt sistem complementar ce poate asigura necesarul termic. Pentru orașele din zona 4 și 5, acest tip de panou nu poate asigura agent termic pentru încălzire în lunile noiembrie-februarie ale anului.

Gradele de acoperire pentru cazul de încălzire în perioada de primăvară și toamnă sunt satisfăcătoare, ating valori de 20-50%. Cu toate acestea, pentru perioada de iarnă nu se recomandă folosirea acestei configurații, în principal datorită folosirii unui panou solar mai neperformant.

În cazul preparării apei calde menajere se remarcă o eficiență lunară mai mare a acestor panouri deoarece ele funcționează pe perioada de vară atunci când valorile intensităților solare sunt maxime.

Se observă o diferență destul de mică între parametri lunari energetici calculați între orașele din zona 1, 2 și 3 de calcul. Aceasta sugerează faptul că instalațiile solare se vor comporta similar pentru aceste regiuni. Pentru orașul Predeal, reprezintă un avantaj faptul că acesta are nevoie de încălzire cu două luni în plus față de București, captatorul solar ce funcționează mai slab în timpul iernii față de celelalte orașe, reușește să capteze energie termică pentru încălzire în timpul verii, iar aportul adus în cele 2 luni suplimentare este considerabil.

În ceea ce privește producția lunară de apă caldă a sistemelor solare amplasate în cele 5 orașe, se observă că zonele climatice cele mai calde, produc și cea mai însemnată cantitate de energie termică, ceea ce era de așteptat. Gradele de acoperire al instalațiilor pentru cazul de producere a apei calde, au valori de până la 90% ceea ce indică faptul că în anumite luni, configurația acestui sistem este aproape suficientă în a deservi nevoile consumatorului.

Toate graficele destinate cazului de producție de apă caldă menajeră au o formă de clopot similară cu cea din literatura de specialitate.

Randamentele instalației au valori de 20-40% pentru cazul de preparare a apei calde menajere, fiind mai mari în timpul sezonului cald, dar pentru cazul de încălzire sunt mult mai mici în majoritatea lunilor de încălzire.

Valorile anuale prezentate la punctul 3.2 au rolul de a extinde studiul precedent și a arată variația performanțelor sistemului în funcție de principalii parametri de calcul menționați anterior. Astfel, prin variația $H/(k_c S_c)$, raportul adimensional dintre transmitanța clădirii și indicatorii suprafeței de captare, se arată mai multe configurații posibile în funcție de bugetul inițial de investiție, dar mai important în funcție de posibilitățile de construcție ale spațiului construit în funcție de regimul de înălțime. Acest lucru este determinat de suprafața terasei sau a acoperișului obiectivului ales, ce de multe ori reprezintă suprafața maximă de amplasare a panourilor solare. Astfel, pentru clădiri cu un regim de înălțime P+2, se poate opta pentru o valoare a raportului $H/(k_c S_c)=3$ și se pot obține grade de acoperire de 40-60% pentru încălzire. În schimb, pentru valori ale acestui raport $H/(k_c S_c)=7$, corespunzătoare unui regim de înălțime P+5, gradele de acoperire posibile sunt mai mici, respectiv de 24-33% pentru încălzire. Acest lucru recomandă folosirea acestor sisteme pentru clădirile rezidențiale dezvoltate mai mult pe orizontală decât pe verticală. În schimb, în cazul preparării apei calde menajere, suprafețele sunt suficiente și depind doar de valoarea investiției, 40-50% pentru o investiție minimă și peste 80% pentru o investiție medie.

În cazul gradelor de acoperire obținute pentru încălzire, se remarcă că acestea scad odată cu scăderea temperaturii medii lunare de calcul. Cu toate acestea, Predealul este un caz special, datorită celor două luni suplimentare de încălzire reușește să obțină grade de acoperire surprinzător de mari. Se poate trage o concluzie și afirma că în general, gradele de acoperire pentru încălzire scad în funcție de zona climatică, de la zona 1 la zona 5. În cazul preparării apei calde, este evident că acestea scad odată cu scăderea temperaturii medii lunare de calcul, cele mai mici fiind înregistrate de orașul Predeal deoarece acesta are cele mai mici temperaturi dintre cele 5. Această afirmație este completată și de randamentele instalației solare pentru prepararea apei calde, ce au aceeași variație și scad odată cu scăderea temperaturii medii lunare de calcul.

Pentru cazul de încălzire valorile obținute în funcție de k_c , coeficientul global de transfer termic al captatoarelor solare, recomandă folosirea exclusiv a panourilor ce au acest coeficient peste $2 \text{ W/m}^2\text{K}$. La valori mai mici, se obțin grade de acoperire mici (sub 25%) ce sunt insuficiente pentru astfel de aplicații. Acest lucru este susținut și de randamentul instalațiilor ce scade odată cu creșterea k_c . Astfel, diferențele între panourile cu tuburi vidate și cele cu placă plană sunt notabile, doar cele cu tuburi vidate (cu grade de acoperire de peste 30%) fiind recomandate pentru realizarea încălzirii. Utilizarea unor panouri solare foarte performante (cu randamente ale instalației de peste 25%) duce la atingerea unor grade de acoperire de 40-60% în cazul investiției maxime permisă de spațiul construit. Acest lucru arată că aceste sisteme bazate doar pe aportul solar au nevoie de o sursă alternativă de căldură. În schimb, pentru prepararea apei calde, aceste sisteme pot produce suficientă energie termică pentru a asigura un grad de acoperire de 80% chiar și pentru o investiție medie. În acest caz, se pot utiliza și panouri cu placă plană, mai puțin performante termic, prin mărirea suprafeței de captare. Deși pentru cazul de încălzire, se remarcă că cele mai bune

randamente ale instalației se obțin de panourile cu tuburi vidate, în cazul preparării apei calde menajere, nu există aceeași scădere odată cu creșterea k_c . Acest lucru este în principal determinat de consumator ce nu poate utiliza o mare parte din aportul termic produs de sistem. Cu alte cuvinte, cu cât gradul de acoperire crește, cu atât scade randamentul sistemului în raport cu consumatorul deoarece acesta este limitat de necesarul termic pentru apă caldă menajeră. Astfel, cele mai bune randamente ale sistemului se pot obține pentru valorile k_c corespunzătoare colectoarelor solare cu placă plană.

Studiul de la capitolul 3.3 a făcut posibilă realizarea unei imagini de ansamblu a posibilităților sistemelor solare pentru întreaga Românie. Pe lângă aceasta, s-au variat și temperaturile de reglaj termic, arătând influența acestora asupra parametrilor sistemului.

Variația temperaturii de distribuție a agentului termic pentru încălzire a arătat că aceste sisteme sunt recomandate pentru echipamentele de încălzire de joasă temperatură. Pentru un cuplu de temperaturi, $t_{T0}=70\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{R0}=50\text{ }^{\circ}\text{C}$, se reduce gradul de acoperire cu aproximativ 30-50%, față de distribuția la temperaturi de $t_{T0}=50\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{R0}=30\text{ }^{\circ}\text{C}$. În mod similar, se reduce și randamentul sistemului.

Graficele de la capitolul 3.3, pentru cazul de încălzire arată o variație relativ constantă a gradului de acoperire și al randamentului instalației solare calculat utilizând metodologia de calcul existentă. Excluzând câteva orașe, se remarcă o scădere a acestor parametri de calcul în funcție de zona de calcul. Cu toate acestea, gradele de acoperire medii cele mai mari se află în zona 2 climatică, iar gradele de acoperire medii cele mai mici se află în zona 4 de calcul. Acest lucru se datorează faptului că în zona 1 există în general mai puține luni de încălzire față de zona 2, iar zonele 4 și 5 de calcul au temperaturi medii exterioare similare și pot avea luni de încălzire în plus față de zona 2 și 3. Există și anumite orașe ce fac excepție de la regulă și înregistrează valori ale gradelor de acoperire foarte mici, datorate în special unei durate de încălzire foarte mici (impusă de condițiile de calcul lunare). Astfel se recomandă folosirea unor grade de acoperire medii pentru fiecare zonă de calcul în cazul orașelor ce au valori diferite față de restul din zona 1 și 2 de calcul (Drobeta Turnu Severin, Moldova Veche, Câmpina, Giurgiu). Orașele cele mai expuse unor erori de calcul datorate metodei lunare sunt cele din Sudul extrem al țării (Lunca Dunării).

Pentru prepararea apei calde menajere, randamentele și gradele de acoperire pentru toate cele 79 de orașe din România depind de valorile temperaturilor medii exterioare de calcul, scăzând odată cu acestea. Astfel, pentru orașul Sinaia (cota 1400), s-au obținut cele mai mici valori datorită acestei variații. Se poate deci concluziona, că în acest caz, cea mai favorizată zonă climatică este zona 1, iar cele mai defavorizate sunt zonele 4 și 5.

Valorile randamentelor și gradelor de acoperire au variat foarte mult în funcție de caz, evoluția principalilor parametri prezenți fiind determinantă pentru performanțele sistemului. Astfel există configurații de sisteme, ce realizează încălzirea, ce asigură grade de acoperire de peste 30% (panourile cu tuburi vidate), dar și configurații ce asigură grade de acoperire de sub 5% (panourile cu placă plană). În mod similar, configurații de sisteme ce prepară apa caldă menajeră pot ajunge la grade de

acoperire de peste 60% și alte configurații pot ajunge la grade de acoperire de sub 20%. La nivel național, se poate determina o medie pentru fiecare zonă de calcul a fiecărui caz studiat. Astfel studiul se poate extinde prin nomograme ce fac determinarea gradelor de acoperire grafic.

Crearea unei baze de date pentru întreaga Românie, în funcție de variația principalilor factori generează premisa folosirii acestor date de către toți cei interesați în folosirea sistemelor solare (statul român, utilizatorii, proiectanții, etc). Acest studiu demonstrează posibilitatea folosirii diverselor configurații de panouri solare termice pe teritoriul României. Pentru cazul de preparare a apei calde menajere, studiul a demonstrat că metoda lunară folosită este suficientă pentru dimensionarea sistemelor ce folosesc energia solară. Cu toate acestea, s-a arătat vulnerabilitatea folosirii metodei lunare pentru anumite orașe pentru cazul de încălzire și s-a arătat necesitatea îmbunătățirii acestei metode.

Astfel, metoda inovativă de calcul folosită la punctul 3.4 simplifică calculul prezent în metodologia existentă, dar și răspunde printr-o abordare nouă la problema determinării comportamentului real de funcționare al sistemului ce utilizează panouri solare în timpul orelor efective de însorire. Această metodă propusă, cu ipotezele simplificatoare (sistemele solare captează energie termică doar în timpul orelor de însorire prestabilite lunare) poate îmbunătăți metoda lunară de calcul prin obținerea unor valori mai apropiate de realitate. Aceasta are ca avantaj determinarea unor grade de acoperire și a unor randamente anuale mai precise (rezultate în urma cercetării) pentru cazul de încălzire și poate fi folosită cu succes și pentru prepararea apei calde menajere.

Rezultatele identice obținute în urma cercetării validează noua metodă de calcul în cazul folosirii unor principii identice de calcul (același I mediu lunar), având ca avantaj simplificarea metodei existente. Prin modificarea intensității medii orare de calcul se generează noi posibilități de evaluare a randamentului orar real al instalațiilor solare. Astfel, se poate observa că deși randamentul orar real al instalației crește pe durata anului, randamentul orar al sistemului ce include nevoile de încălzire ale consumatorului scade datorită limitării energiei termice orare necesare. Aceste concluzii conferă o nouă viziune în ceea ce privește felul în care sunt tratate sistemele solare și sugerează anumite modificări ce trebuie făcute în dimensionarea sistemelor solare. Astfel, datorită unui aport termic considerabil mai mare pe o anumită perioadă a zilei, se concluzionează că aceste sisteme funcționează mult mai bine în cazul stocării suplimentare a acestei energii (rezervor de acumulare mai mare) sau prin introducerea unor temperaturi de reglaj mai mari (prin intermediul unor automatizări) în timpul acestui regim de încărcare solară.

Valorile gradelor de acoperire anuale ale instalației utilizând perioada lunară de însorire sunt mai mari cu 40-50%, iar diferențele ce se obțin între diferitele temperaturi de reglare scad. Randamentele anuale cresc în aceeași măsură, considerabil în special pentru perioada de iarnă, datorită faptului că instalația funcționează mai bine pe o perioadă mai scurtă de timp, iar energia este stocată în rezervorul de acumulare. Compararea dintre randamentele obținute folosind cele două moduri inovative de

determinare, indică faptul că această metodă de calcul are un grad de acuratețe mai bun decât metoda descrisă în prezent în MC001.

În cadrul studiului energetic se concluzionează că pot exista configurații solare ce generează o economie de energie termică necesară încălzirii clădirilor rezidențiale de aproximativ 30-40% la nivel național în cazul instalării cu ușurință a acestor sisteme în majoritatea locuințelor. Această valoare este una considerabilă și poate conduce la o mai mare independență energetică a României. Pentru prepararea apei calde, sistemele de panouri solare pot asigura în întregime necesarul de energie termică, fiind mai eficiente și având condiții mai puțin restrictive decât în cazul încălzirii.

Studiul economic de la capitolul 4 și din anexa 1, prezintă o nouă modalitate simplificată de calcul ce a fost adaptată și poate fi folosită exclusiv pentru determinarea principalilor indicatori economici necesari în calculul sistemelor solare. Aceasta vine ca o completare la metodologia existentă și are rol în a îi ajuta pe toți cei co-interesați în folosirea sistemelor solare (statul român, utilizatorii, proiectanții, etc).

Timpii de recuperare ai investiției pentru cazul de încălzire depășesc în majoritatea cazurilor 10 ani ceea ce arată necesitatea acordării unei subvenții din partea statului român pentru a încuraja dezvoltarea unor astfel de aplicații. În schimb, pentru cazul de preparare a apei calde menajere, timpii de recuperare sunt de până într-un an în majoritatea cazurilor, ceea ce impulsionează folosirea acestor sisteme.

O analiză economică ce utilizează metoda inovativă de determinare energetică a instalațiilor solare termice, poate conduce la timpii de recuperare mult mai mici pentru cazul de încălzire. Acest lucru ar încuraja investițiile în astfel de sisteme la nivel național, atât pentru cazul de încălzire cât și pentru cel de preparare al apei calde menajere.

Analiza energetică și cea economică prezentată în acest raport ce se adresează folosirii sistemelor ce utilizează energia solară pentru prepararea energiei termice deservită unui consumator rezidențial a demonstrat atât capabilitățile, cât și limitările ale acestor sisteme folosite pe teritoriul României. Acest raport stă la baza îmbunătățirii metodologiei existente și oferă o bază de date suficientă pentru a dezvolta noi metode de calcul simplificate pentru calculul energetic și economic al sistemelor solare termice. Noua metodă poate include nomograme simplificate ce reduc din timpii de calcul și din complexitate, beneficiind de o acuratețe în ceea ce privește valorile de calcul obținute față de metoda actuală folosită în metodologie. Aceasta poate fi dezvoltată în continuare, înlocuind sursa termică suplimentară bazată pe combustibili fosili cu o sursă termică ce se bazează tot pe energii din surse regenerabile de căldură.

Baza de date expusă în acest raport încurajează administrațiile locale (a 79 de orașe și a zonelor aferente acestora) pentru a investi în sisteme solare termice, oferind concret datele necesare pentru inițierea de noi investiții ce asigură consumatorii rezidențiali cu energie termică.

Lista de Notatii

α – coeficientul de absorbtie al placii captatoare, -;

τ – coeficientul de transparenta, -;

ΔE_t – economia de căldură proprie clădirii realizată prin aplicarea soluțiilor de modernizare energetică, în anul mediu, reprezentativ pentru localitatea în care este amplasată clădirea supusă activității de audit energetic, kWh/an;

1.163 – factor de transformare, W.h/l.K;

a – debitul specific de agent termic, m³/s;

ACM- apă caldă menajeră;

a_R^* - debitul specific de referinta (debitul de proiectare), l/m²h;

$C_{(m)}$ – costul lucrărilor de modernizare energetică, Euro;

$C_{(m)}$ – costul investiției aferente proiectului de modernizare energetică, la nivelul anului “0”, [Euro];

C_0 – costul investiției totale în anul “0”, Euro;

C_E – costul anual al energiei consumate, la nivelul anului de referință [Euro/an];

C_k - reprezintă costul actual al unității de energie k, Euro / kWh;

C_M – costul anual al operațiunilor de mentenanță, la nivelul anului de referință [Euro/an];

COP- coeficient de performanță , -;

C_p - căldura specifică, J/kgK;

d_1, d_2, d_3 – distanțele între orașe;

E – caracteristica intrinseca, constructiv-functionala, a suprafetei de captare,-;

E -energie, Wh;

E_C – modulul termic al suprafetei de captare, -;

E_{CONS} – energia solicitată de consumator, kWh;

E_{CP} – energia termică captată de bucla solară, kWh;

E_{CS} – modulul termic al buclei de captare solară, -;

E_I – energia solară incidentă pe suprafața de captare, kWh;

E_s - modulul termic al schimbătorului de căldură al buclei solare, -;

$E_{t(m),(a)}$ – consumul de căldură propriu clădirii modernizată/nemodernizată pentru realizarea condițiilor de confort termic și fiziologic (încălzirea spațiilor și prepararea apei calde de consum), în anul mediu, reprezentativ pentru localitatea în care este amplasată clădirea supusă activității de audit energetic [kWh/an];

f – rata anuală de creștere a costului căldurii, -;

F' – factor de eficiența a captoarelor solare, -;

F_C – factorul caracteristic aporturi-pierderi al captatorului solar, m^2K/W ;

f_{cap} – factor de corecție al intensității globale a radiației solare datorat unghiului de înclinare al captatorilor solari și unghiului de deviație de la orientarea SUD al captatorilor solari, -;

F_{INC} – factor adimensional de corecție, -;

flux exergetic, W ;

F_R – eficiența de captare -;

F_{RB} – factor de corecție a fluxului termic captat de bucla solară, -;

F_{RBC} – factor de corecție a fluxului termic captat de sistemul compus din bucla solară și consumator, -;

F_{RC} – factor de corecție al fluxului termic captat datorat consumatorului, -;

GAE – gradul de acoperire energetică al buclei solare, -;

$GAET$ – gradul de acoperire energetică termic al buclei solare, -;

G_{CONS} – debitul orar mediu zilnic de consum de apă caldă, l/h ;

G_{INC} – debitul de agent termic vehiculat în instalația de încălzire, l/h ;

H – transmitanța clădirii, W/K ;

I – intensitatea radiației solare, W/m^2 ;

i – rata anuală de depreciere a monedei (Euro), - ;

k - coeficientul de transfer de căldură global, W/m^2K ;

k_C – coeficientul global de transfer termic al captoarelor solare, $W/m^2.K$;

N – durata fizică de viață a sistemului analizat, ani;

N_s – durata de viață a soluțiilor de modernizare energetică, esențiale pentru realizarea performanței tehnice, ani;

N_{zl} – numărul de zile din lună, zi/lună;

p - presiune, bar;

P_{CONS} – puterea termică solicitată de consumator, W ;

P_{CP} – puterea termică captată și livrată consumatorului, W ;

P_e - puterea electrică, W;

P_{EL} – puterea medie zilnică a pompei din bucla solară, W;

P_P – puterea pompei din bucla solară, W;

Q -putere termică, W;

R_{INC} – rezistența termică a instalației de încălzire a consumatorului, $m^2.K/W$;

S_{INC} – suprafața instalației de încălzire centrală a consumatorului, m^2 ;

t - temperatură , °C;

T - temperatură ,K;

t_c – temperatura apei calde, °C;

t_E – temperatura echivalentă, °C;

t_e – temperatura exterioară, °C;

t_m – temperatură medie a agentului termic în suprafața de captare, °C;

t_r – temperatura apei reci. °C;

$VNA_{(m),(a)}$ – valoarea netă actualizată a lucrărilor de investiții și de exploatare a clădirii modernizate/nemodernizate, pe durata de calcul de N ani, Euro;

ΔC_E – reducerea costurilor de exploatare anuale urmare a aplicării proiectelor de modernizare energetică la nivelul anului de referință, Euro/an;

ΔE_k - reprezintă economia anuală de energie k estimată, obținută prin implementarea unei măsuri de modernizare energetică, kWh/an;

θ – temperatura exterioară de calcul, °C;

φ_{NEC0} – necesarul de căldură de calcul al clădirii consumatorului, W.

BIBLIOGRAFIE

- (1) A critical review on application of solar energy as renewable regeneration heat source in solid desiccant – vapor compression hybrid cooling system -D.B. Jania, Manish Mishrab, Pradeep Kumar Sahooc, 2018
- (2) Advancement of solar adsorption cooling by means of heat storage- Rifat Ara Roufa, K. C. Amanul Alamb, M. A. Hakim Khanc, Bidyut Baran Sahad, F. Meuniere, M. Abdul Alimc, K. M. Ariful Kabira, 2013
- (3) Air-conditioning in residential buildings through absorption systems powered by solar collectors.- function for a long-term district heat demand forecast -I. Andrića, A. Pinaa, P. Ferrãoa, J. Fournierb., B. Lacarrièrec, O. Le Correc, 2017
- (4) Analysis of system improvements in solar thermal and air source heat pump combisystems- Stefano Poppi, Chris Bales, Andreas Heinz, Franz Hengel, David Chèze, Igor Mojic, Catia Cialani, 2016
- (5) Aspecte termo-energetice în domeniul clădirilor și sistemelor de alimentare cu căldură al acestora- Florin lordache, ed. MatrixRom, 2015
- (6) Combined solar heating and air-source heat pump system with energy storage: thermal performance analysis and optimization- Zhang Yin, Long Enshen, Zhao Xinhui, Jin Zhenghao, Liu Qinjian, Liang Fei, Ming Yang, 2017
- (7) Comportamentul dinamic al echipamentelor și sistemelor termice- Florin lordache, ed. MatrixRom, 2008
- (8) Comportamentul dinamic al echipamentelor și sistemelor termice- Florin lordache, Bogdan Caracaleanu, ed. MatrixRom 2003
- (9) Development and performance of a dual tank solar-assisted heat pump system- Carsen J. Banister, Michael R. Collins, 2015
- (10) Directiva europeana EU-28
- (11) Dynamic thermal modeling for a system that uses a compression heat pump- Florin lordache, Horatiu Dragne, 2016
- (12) Echipamente și sisteme termice, metode de evaluare energetică și funcțională- Florin lordache, ed. MatrixRom 2017
- (13) Energiile regenerabile si utilizarea acestora – Natalia Burchiu, V. Burchiu, V. Dragan, I. Gheorghiu, Editura Atlas Press, 2012
- (14) Energy and exergy analyses of various typical solar energy applications: A comprehensive review- Sunil Kumar Sansaniwal, Vashimant Sharma, Jyotirmay Mathur, 2017
- (15) Experimental investigation and feasibility analysis on a capillary radiant heating system based on solar and air source heat pump dual heat source- M. Zhao a,b, Z.L. Gu a, W.B. Kang a,b, X. Liu a,†, L.Y. Zhang a, L.W. Jin a, Q.L. Zhang, 2015
- (16) Influenta negativa a dezechilibrării hidraulice în campurile de captatoare solare asupra performanțelor energetice -Florin lordache, Horatiu Dragne, 2015

- (17) Investigating the performance of a combined solar system with heat pump for houses- Muhammad Waseem Ahmada, Mahroo Eftekharia,*, Thomas Steffenb, Abdulhameed Mambo Danjumaa, 2013
- (18) MC 001/2006- Metodologie de Calcul privind performanța energetică
- (19) MC 001/2018- Propunere a Metodologiei de calcul privind performanța energetică
- (20) Modelarea și simularea proceselor dinamice de transfer termic- Florin Iordache, Florin Băltărețu, ed. MatrixRom 2002
- (21) SR 1907-1:2014
- (22) SR 4839/2014- Instalații de încălzire, Numărul anual de grade-zile
- (23) SR EN 15316 / 6-6 - Performanța energetică a clădirilor - Metoda de calcul a performanței energetice a sistemului și a eficienței sistemului - Partea 6-6: Explicarea și justificarea EN 15316-4-3 Modulul M3-8-3 M8-8-3
- (24) System evaluation of combined solar & heat pump systems- Ralf Dotta, Andreas Genkingera, Thomas Afjeia, 2012
- (25) TEZA DE DOCTORAT dr. ing. Mihai Teodor MARIN "Soluții de utilizare a surselor regenerabile pentru reducerea consumului de energie în clădiri", 2011
- (26) The negative influence of the hydraulic imbalance to the system performance in solar panels- Florin Iordache, Horatiu Dragne, 2016
- (27) Thermo-economic and environmental optimization of solar assisted heat pump by using multi-objective particle swarm algorithm- Ehsan Khorasaninejad, Hassan Hajabdollahi, 2014

ANEXE

ANEXA 1- Grafice economice pentru cazuri din 79 de orașe

Diagramale obținute pentru situația de încălzire corespunzătoare fiecărui caz (în funcție de raportul $H/(k_c \cdot S_c)$, variația k_c , variația temperaturilor de furnizare) sunt următoarele:

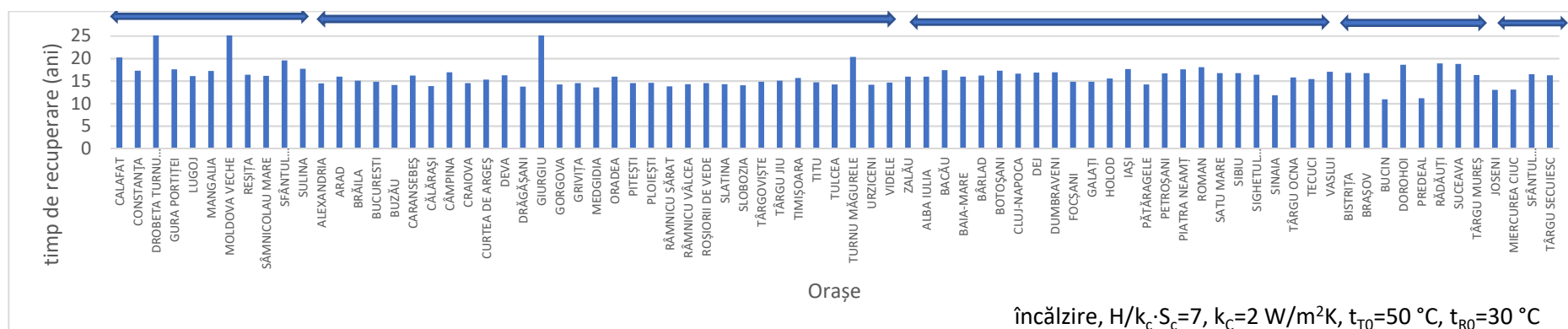


Fig. 127- Timp de recuperare calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=7$, $k_c=2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=50 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0}=30 \text{ }^\circ\text{C}$

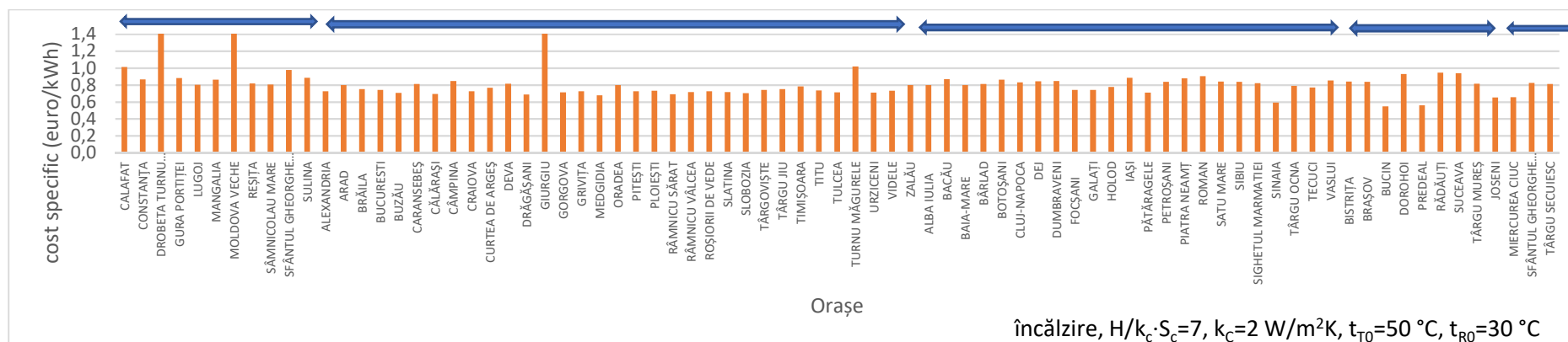


Fig. 128- Cost specific pentru investiție calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=7$, $k_c=2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=50 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0}=30 \text{ }^\circ\text{C}$

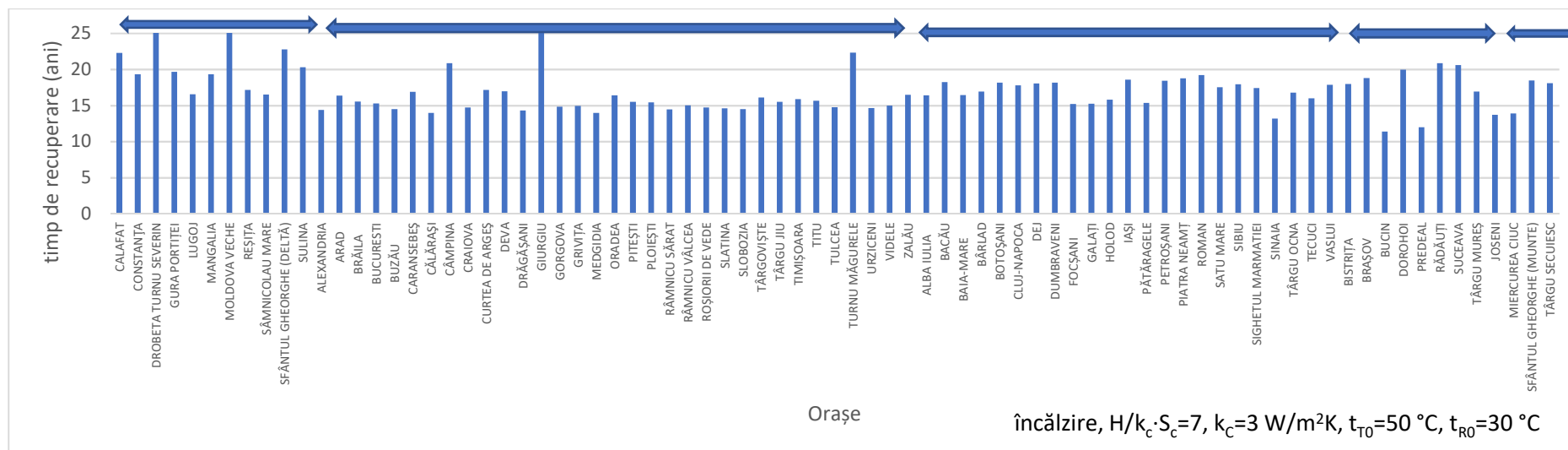


Fig. 129- Timp de recuperare calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=7$, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=50 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0}=30 \text{ }^\circ\text{C}$

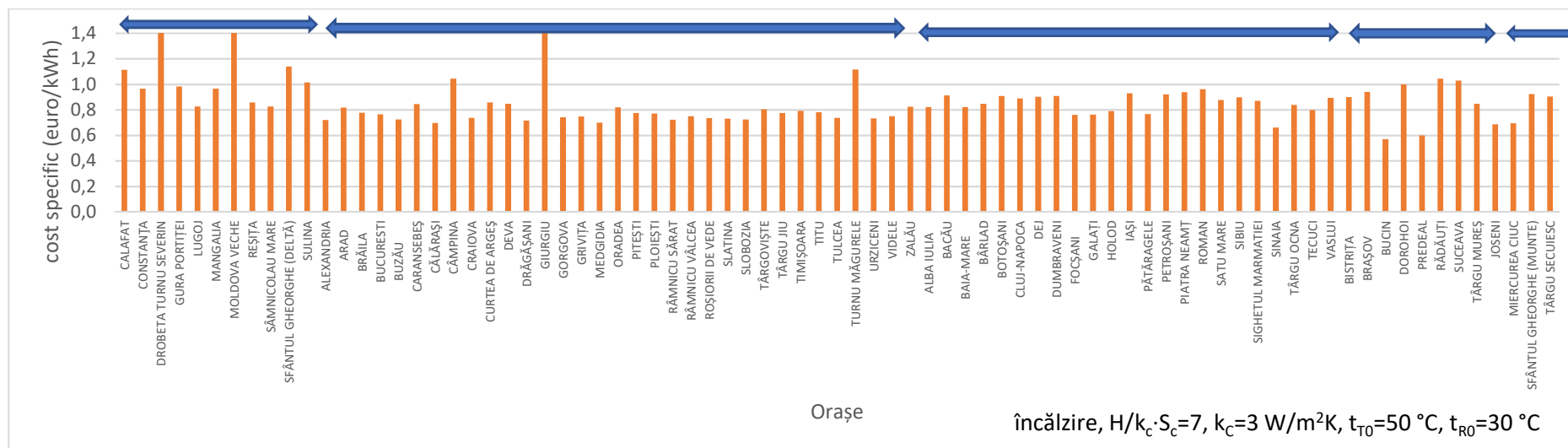


Fig. 130- Cost specific pentru investiție calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=7$, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=50 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0}=30 \text{ }^\circ\text{C}$

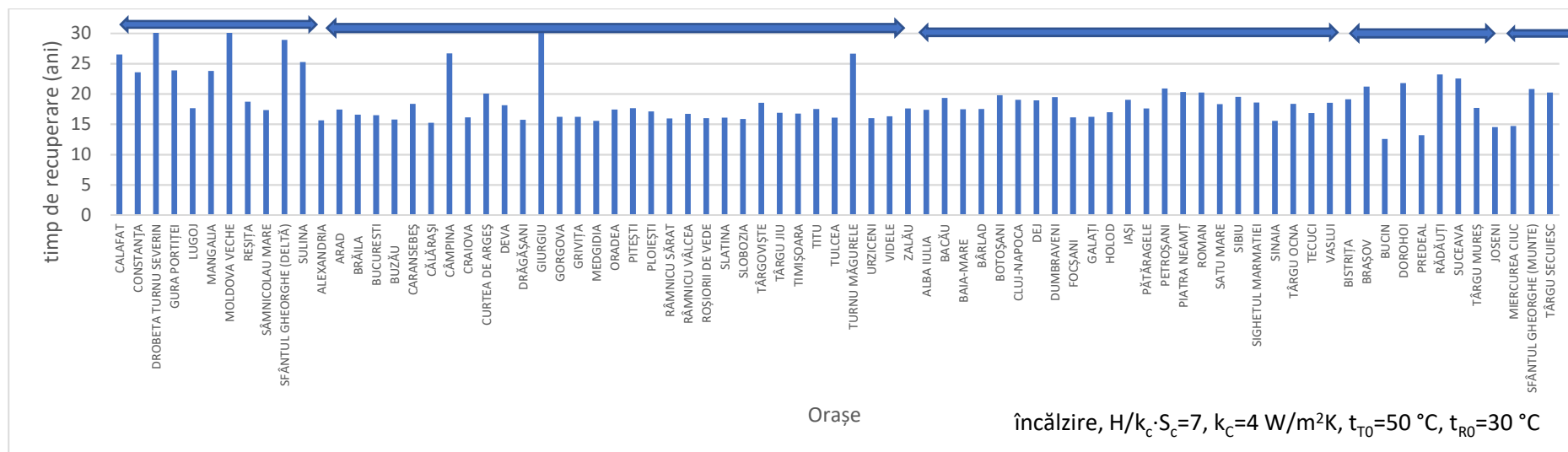


Fig. 131- Timp de recuperare calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=7$, $k_c=4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_0=50 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{r0}=30 \text{ }^\circ\text{C}$

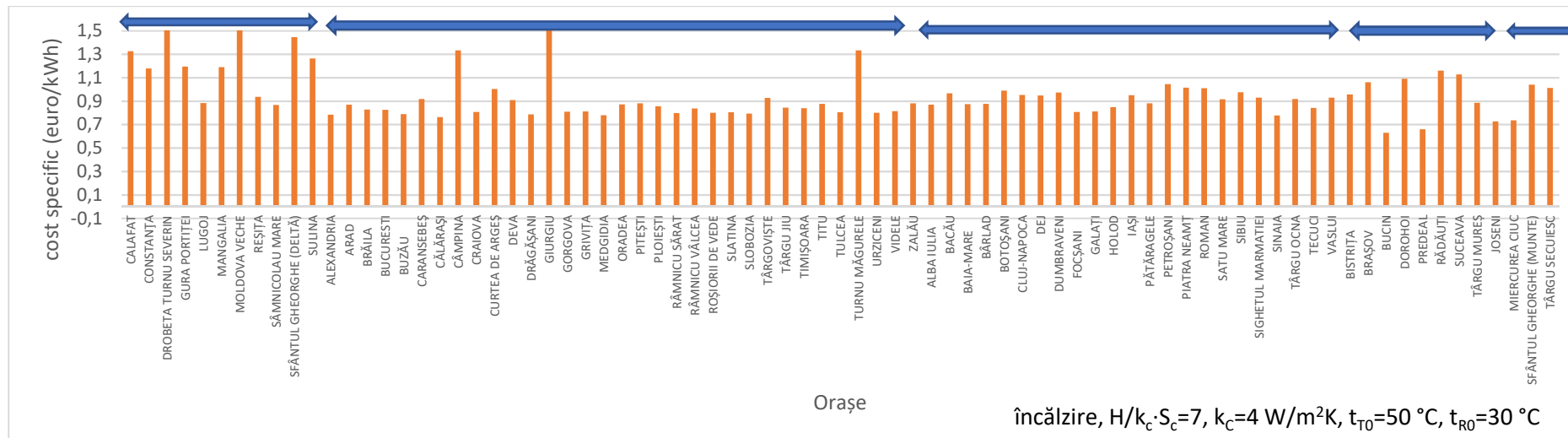


Fig. 132- Cost specific pentru investiție calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=7$, $k_c=4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_0=50 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{r0}=30 \text{ }^\circ\text{C}$

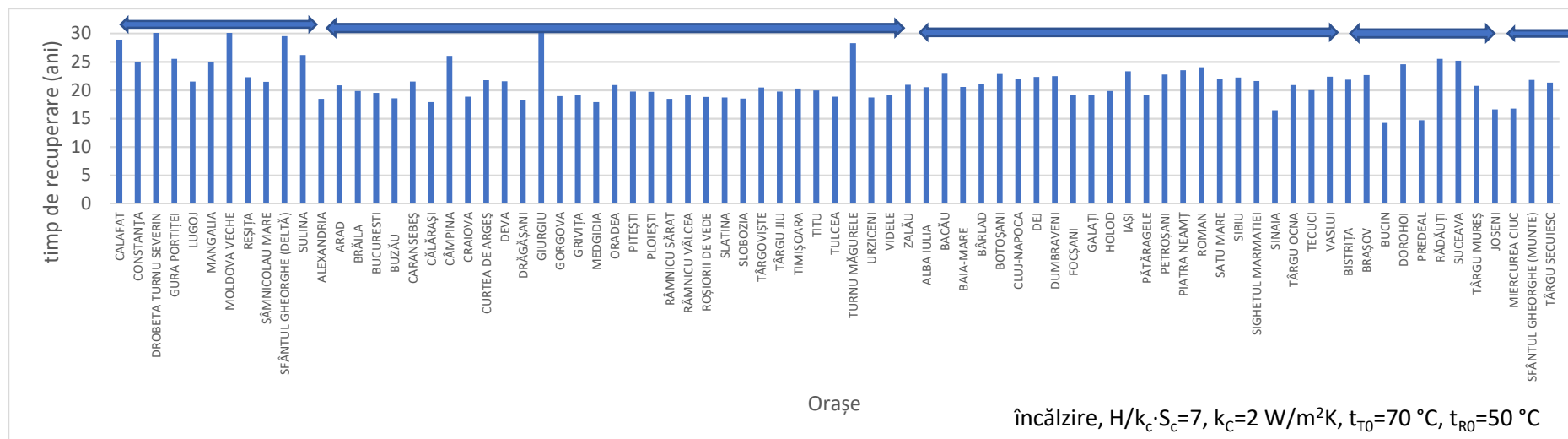


Fig. 133- Timp de recuperare calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 7$, $k_c = 2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0} = 70^\circ\text{C}$, $t_{R0} = 50^\circ\text{C}$

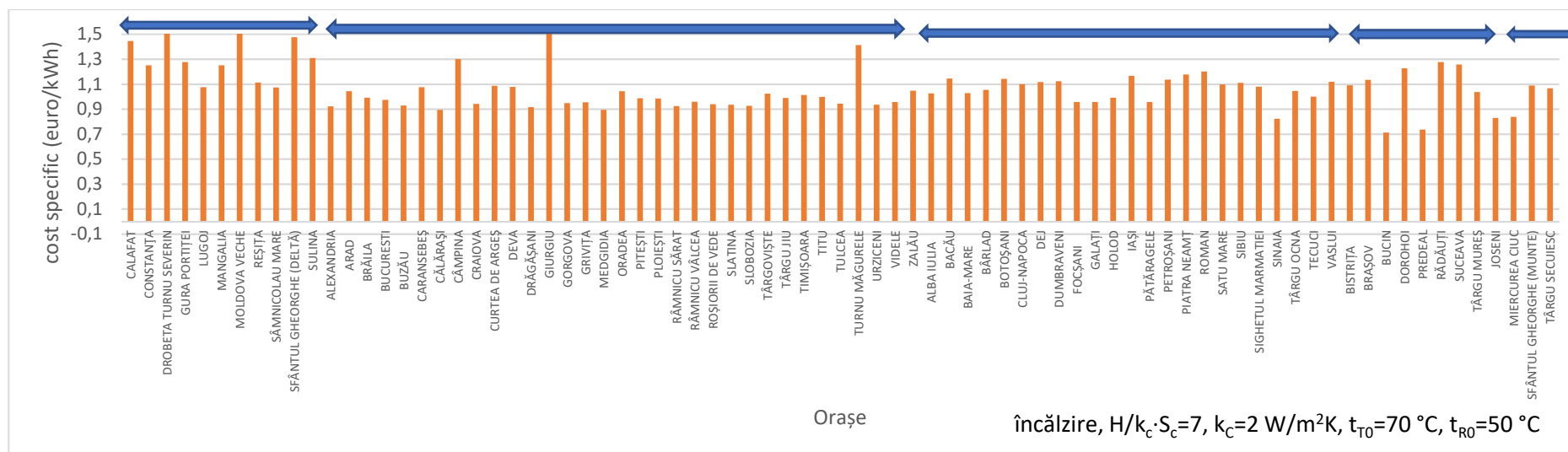


Fig. 134- Cost specific pentru investiție calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 7$, $k_c = 2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0} = 70^\circ\text{C}$, $t_{R0} = 50^\circ\text{C}$

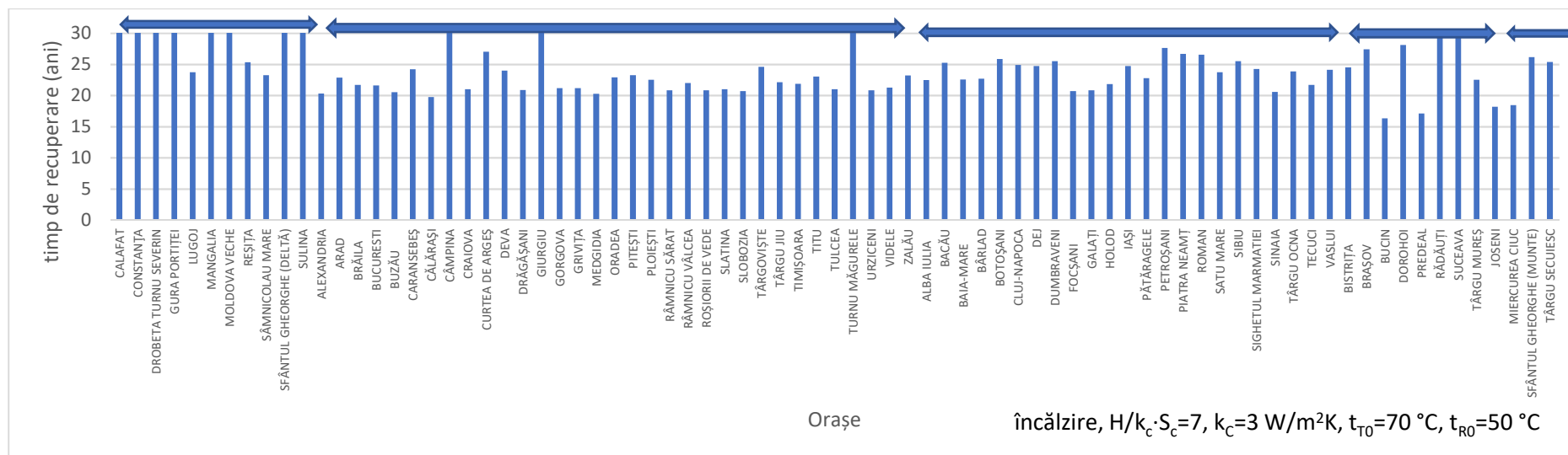


Fig. 135- Timp de recuperare calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=7$, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=70^\circ\text{C}$, $t_{R0}=50^\circ\text{C}$

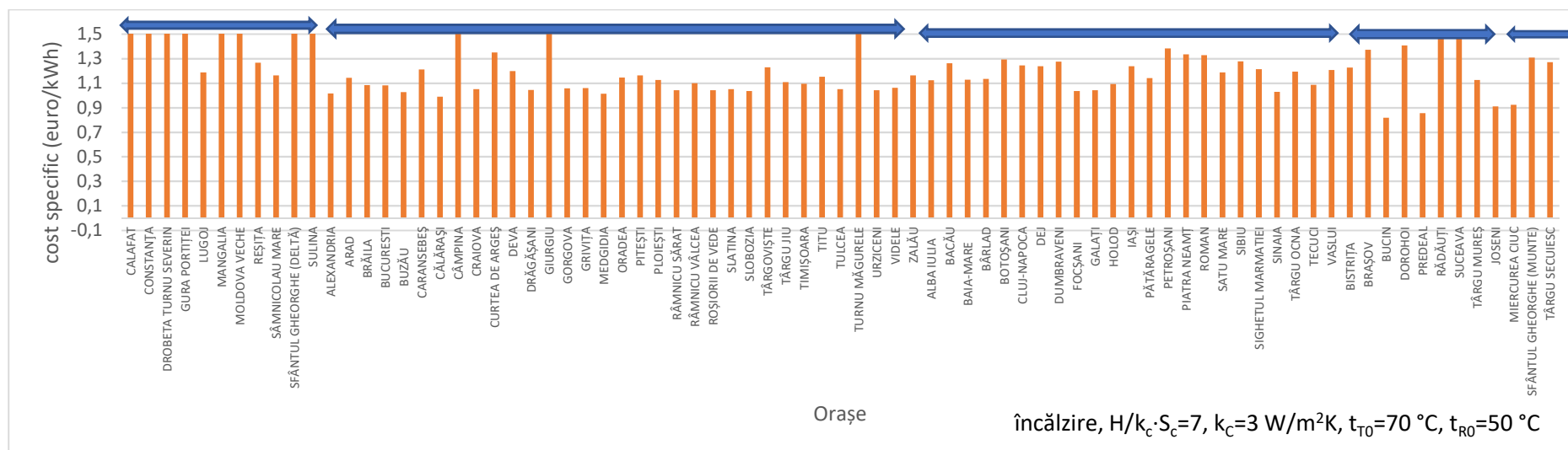


Fig. 136- Cost specific pentru investiție calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=7$, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=70^\circ\text{C}$, $t_{R0}=50^\circ\text{C}$

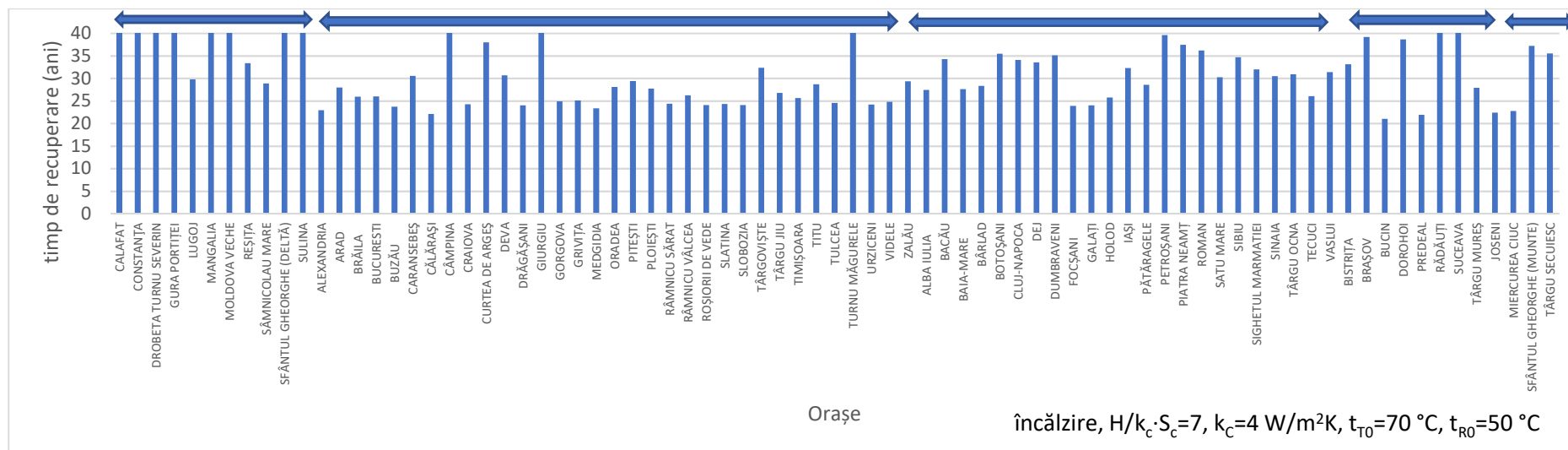


Fig. 137- Timp de recuperare calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=7$, $k_c=4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=70^\circ\text{C}$, $t_{R0}=50^\circ\text{C}$

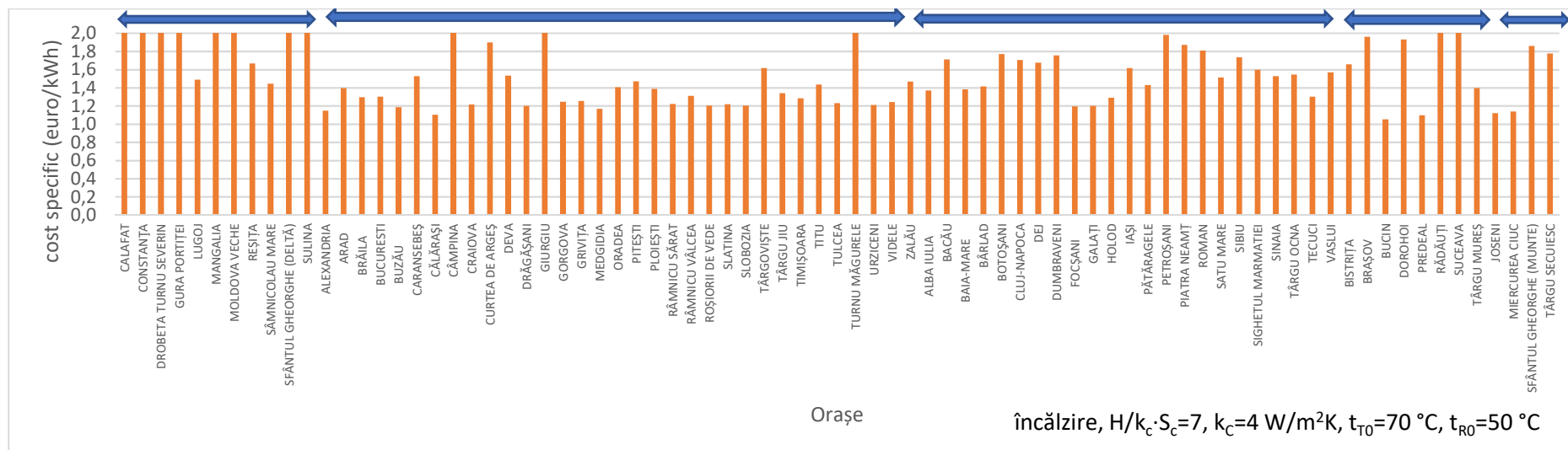


Fig. 138- Cost specific pentru investiție calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=7$, $k_c=4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=70^\circ\text{C}$, $t_{R0}=50^\circ\text{C}$

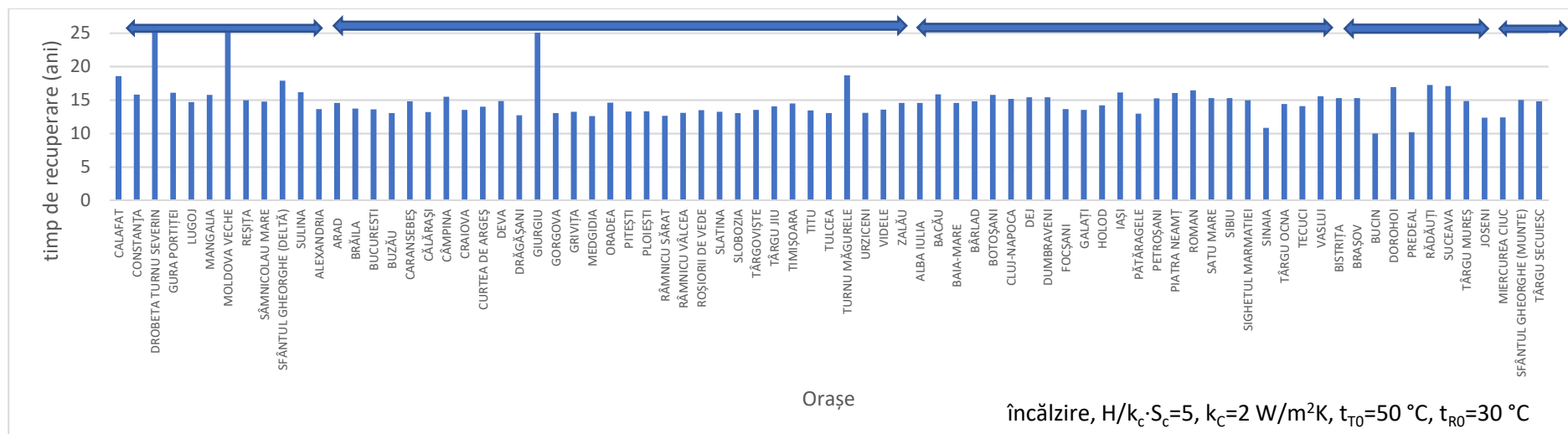


Fig. 139- Timp de recuperare calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 5$, $k_c = 2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0} = 50^\circ\text{C}$, $t_{R0} = 30^\circ\text{C}$

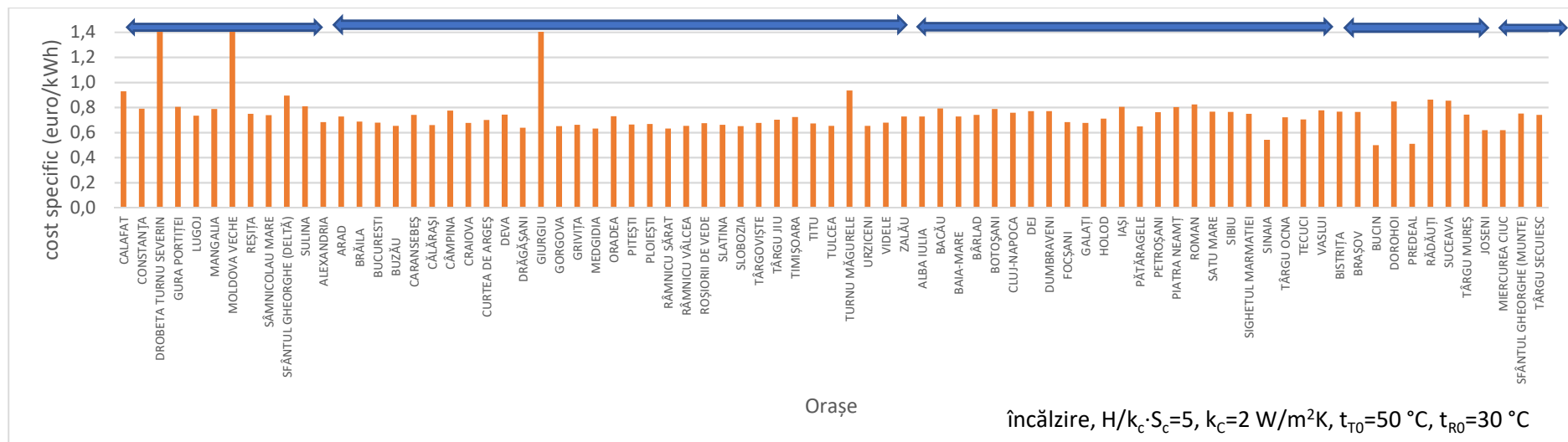


Fig. 140- Cost specific pentru investiție calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 5$, $k_c = 2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0} = 50^\circ\text{C}$, $t_{R0} = 30^\circ\text{C}$

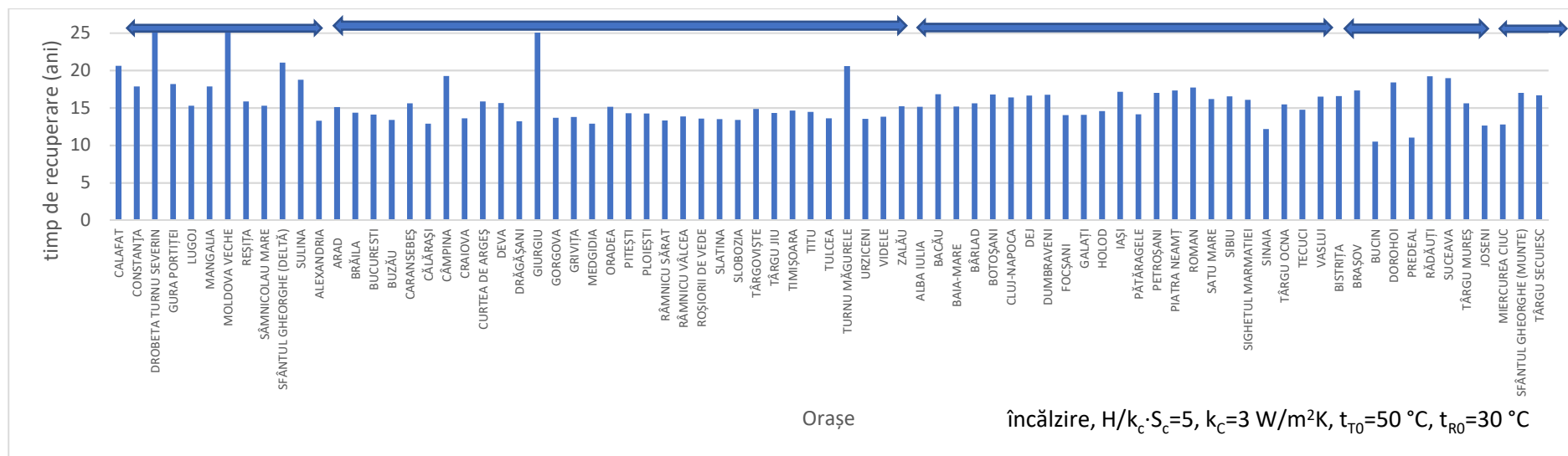


Fig. 141- Timp de recuperare calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=5$, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=50 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0}=30 \text{ }^\circ\text{C}$

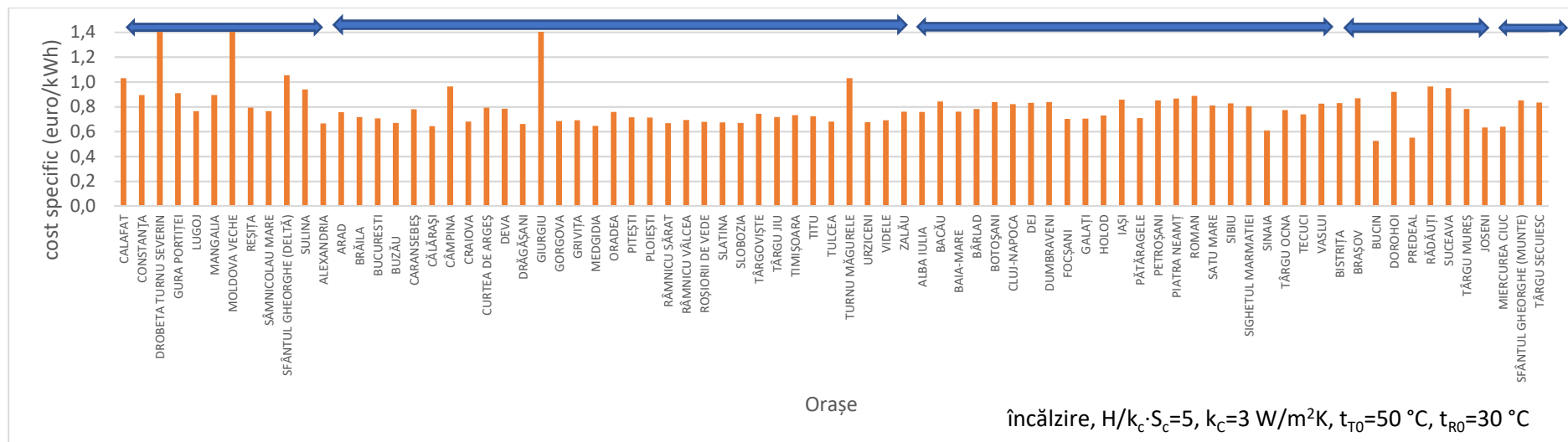


Fig. 142- Cost specific pentru investiție calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=5$, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=50 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0}=30 \text{ }^\circ\text{C}$

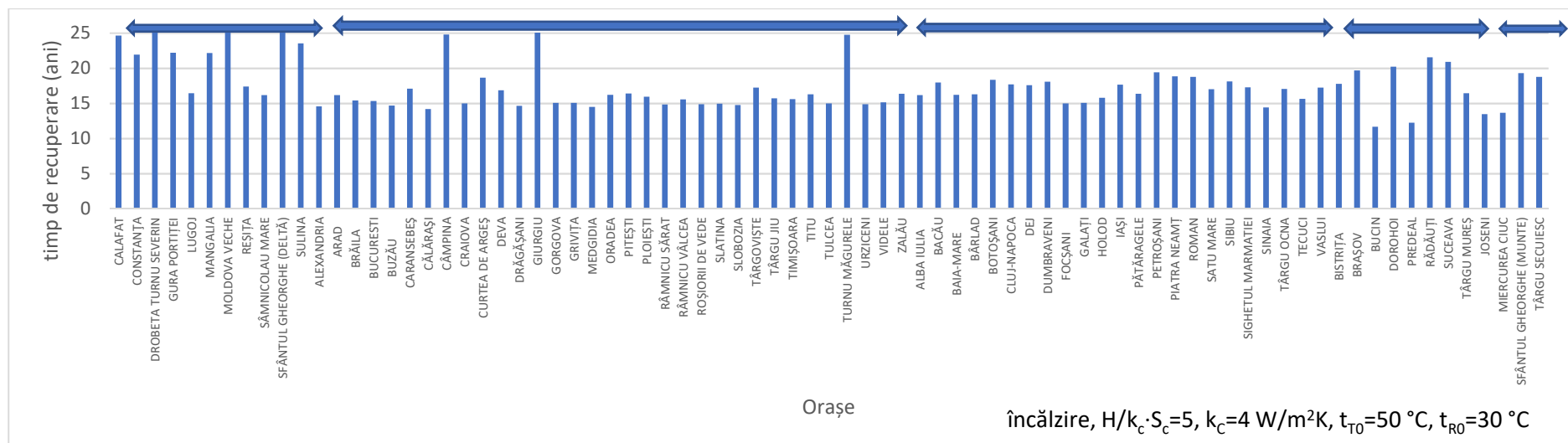


Fig. 143- Timp de recuperare calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=5$, $k_c=4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=50 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0}=30 \text{ }^\circ\text{C}$

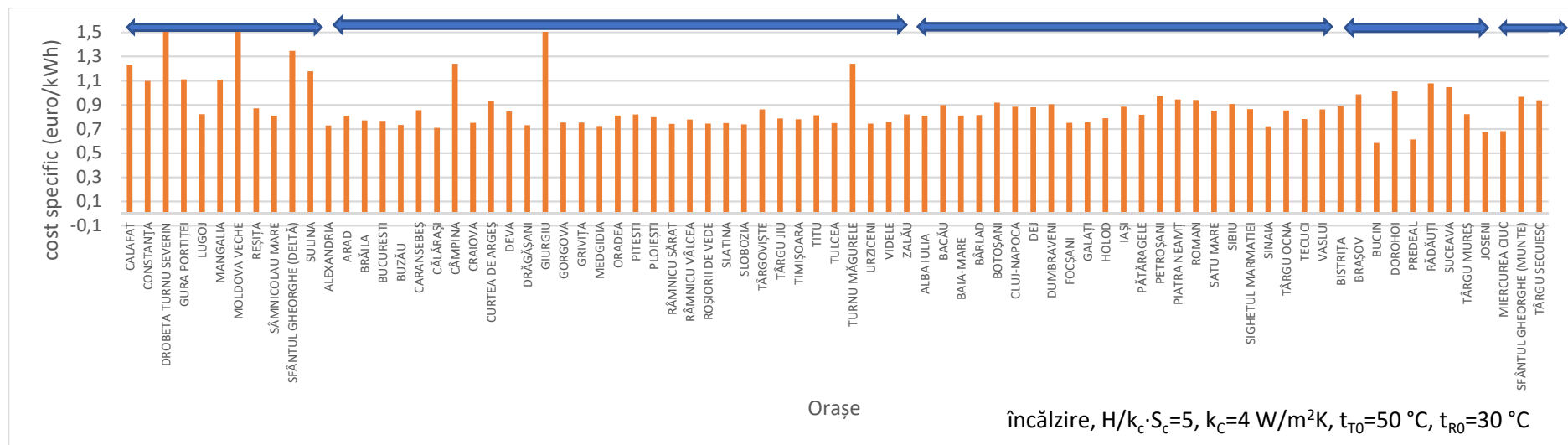


Fig. 144- Cost specific pentru investiție calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=5$, $k_c=4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=50 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0}=30 \text{ }^\circ\text{C}$

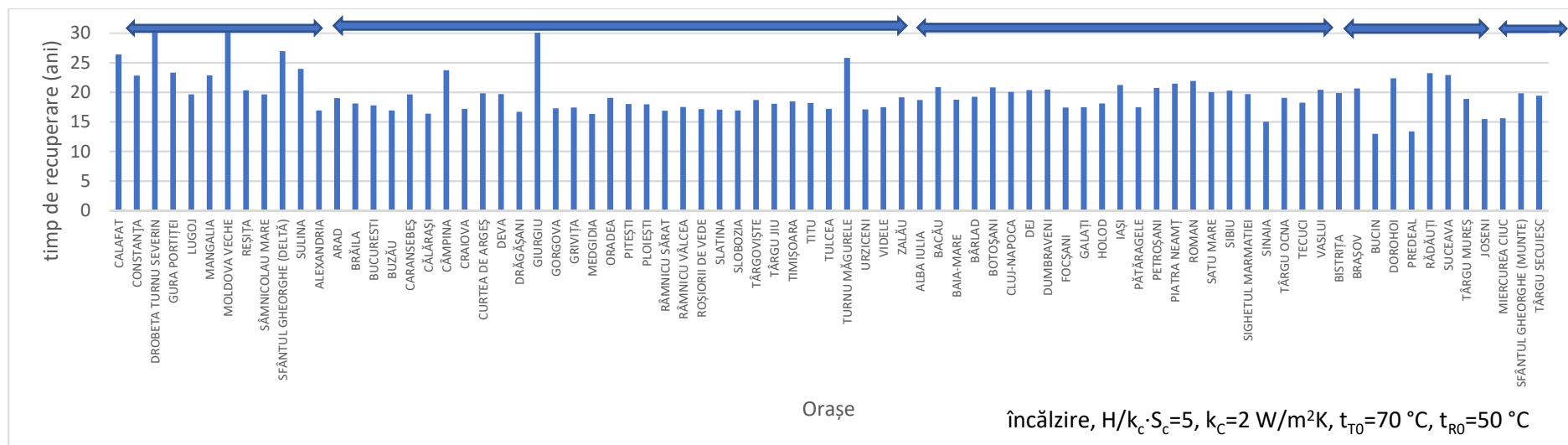


Fig. 145- Timp de recuperare calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=5$, $k_c=2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=70 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0}=50 \text{ }^\circ\text{C}$

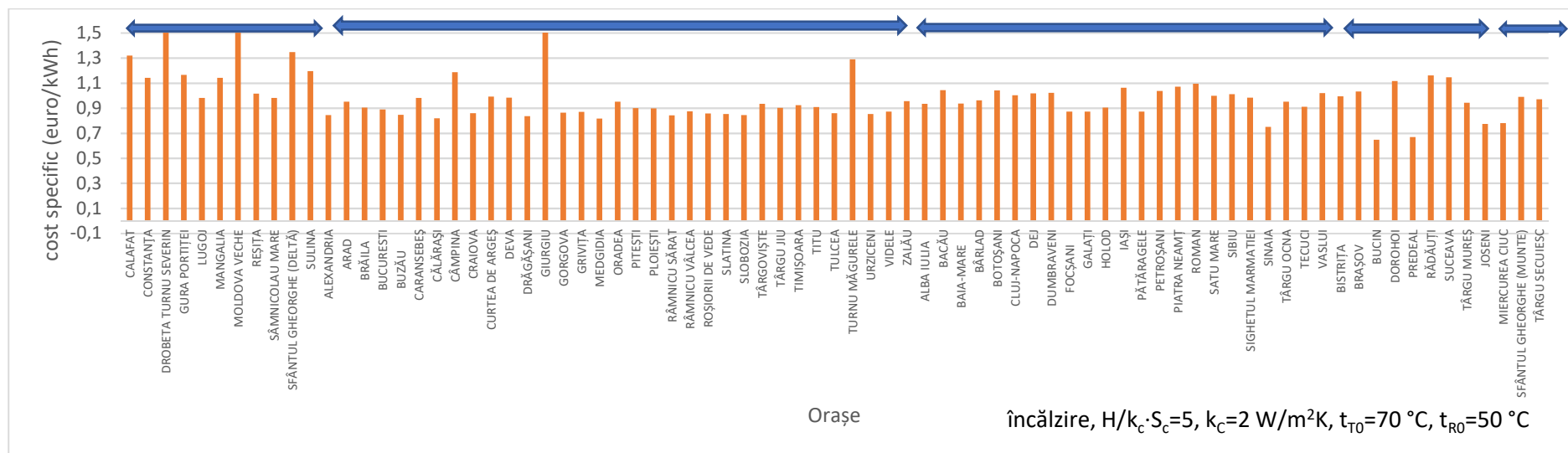


Fig. 146- Cost specific pentru investiție calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=5$, $k_c=2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=70 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0}=50 \text{ }^\circ\text{C}$

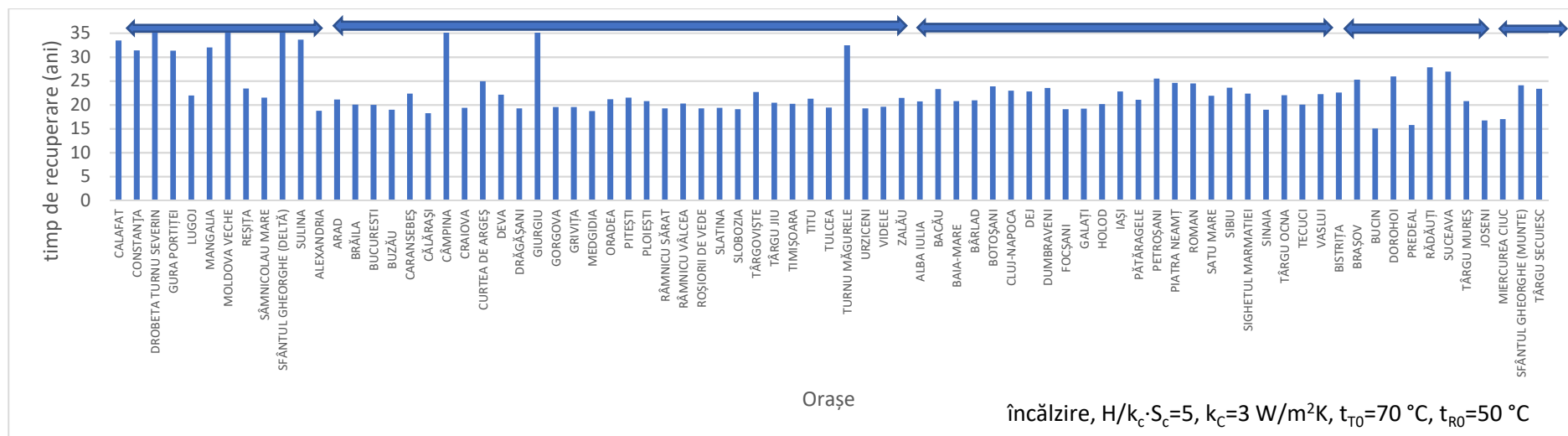


Fig. 147- Timp de recuperare calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=5$, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=70^\circ\text{C}$, $t_{R0}=50^\circ\text{C}$

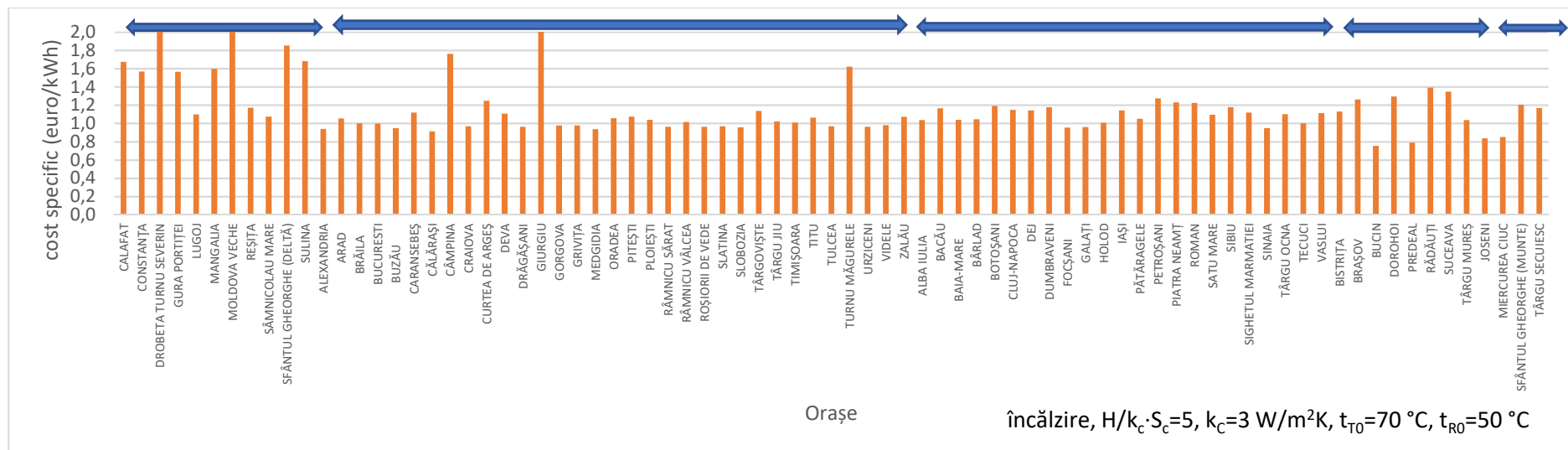


Fig. 148- Cost specific pentru investiție calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=5$, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=70^\circ\text{C}$, $t_{R0}=50^\circ\text{C}$

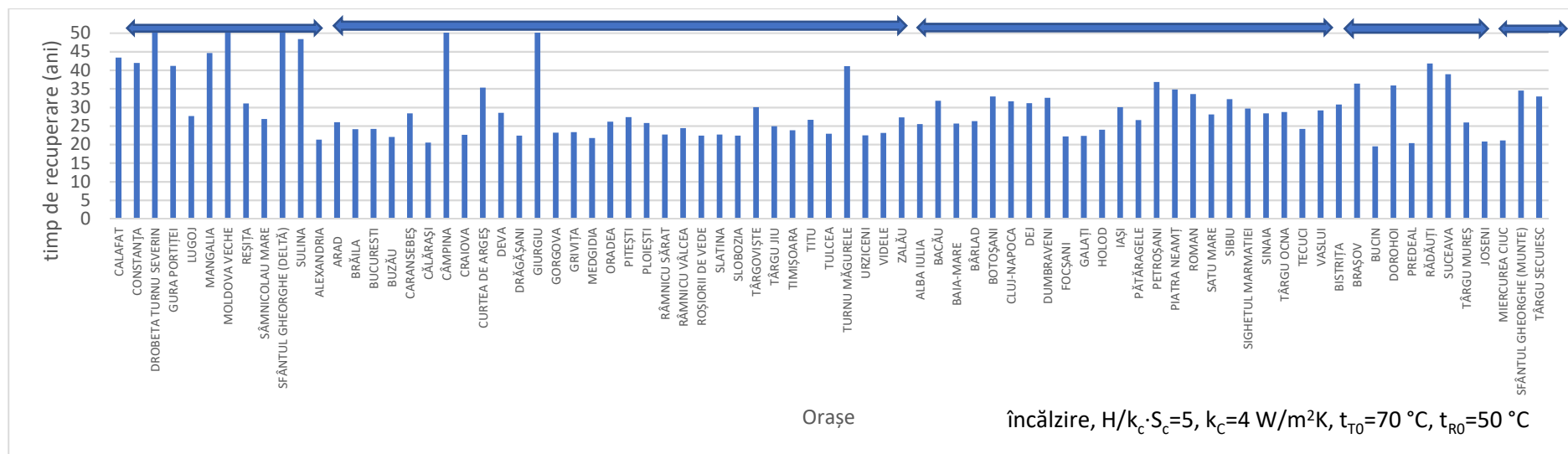


Fig. 149- Timp de recuperare calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=5$, $k_c=4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_0=70^\circ\text{C}$, $t_{R0}=50^\circ\text{C}$

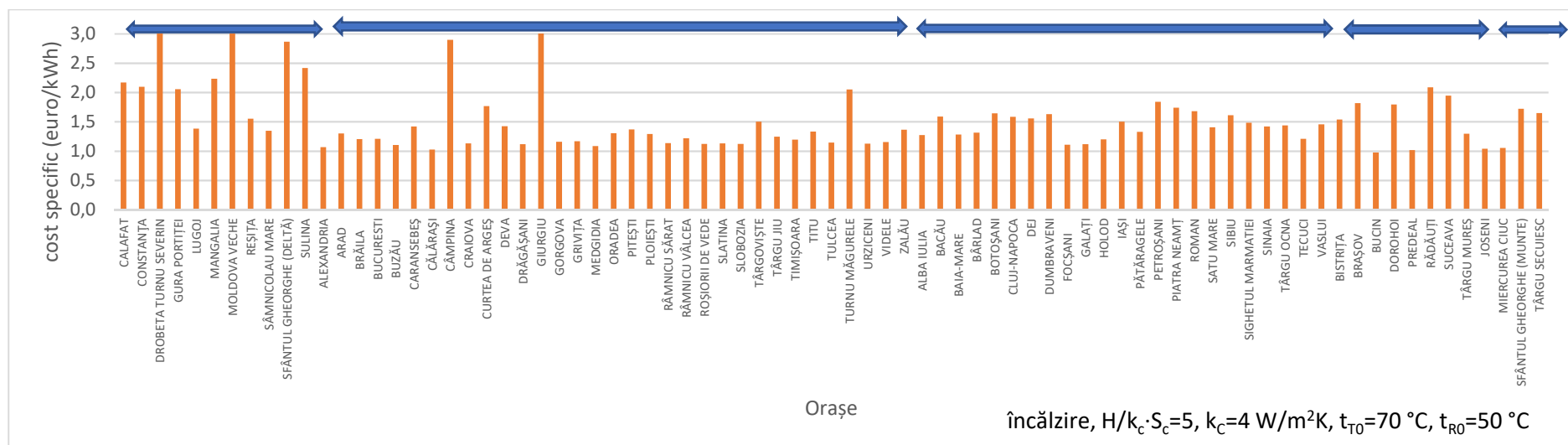


Fig. 150- Cost specific pentru investiție calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=5$, $k_c=4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_0=70^\circ\text{C}$, $t_{R0}=50^\circ\text{C}$

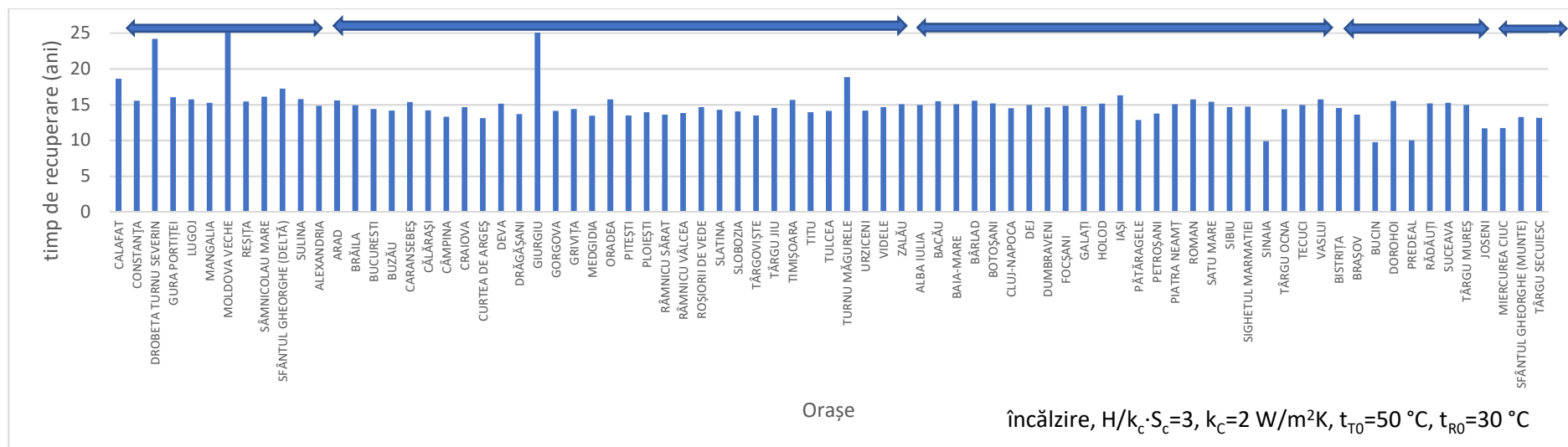


Fig. 151- Timp de recuperare calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=3$, $k_c=2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=50 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0}=30 \text{ }^\circ\text{C}$

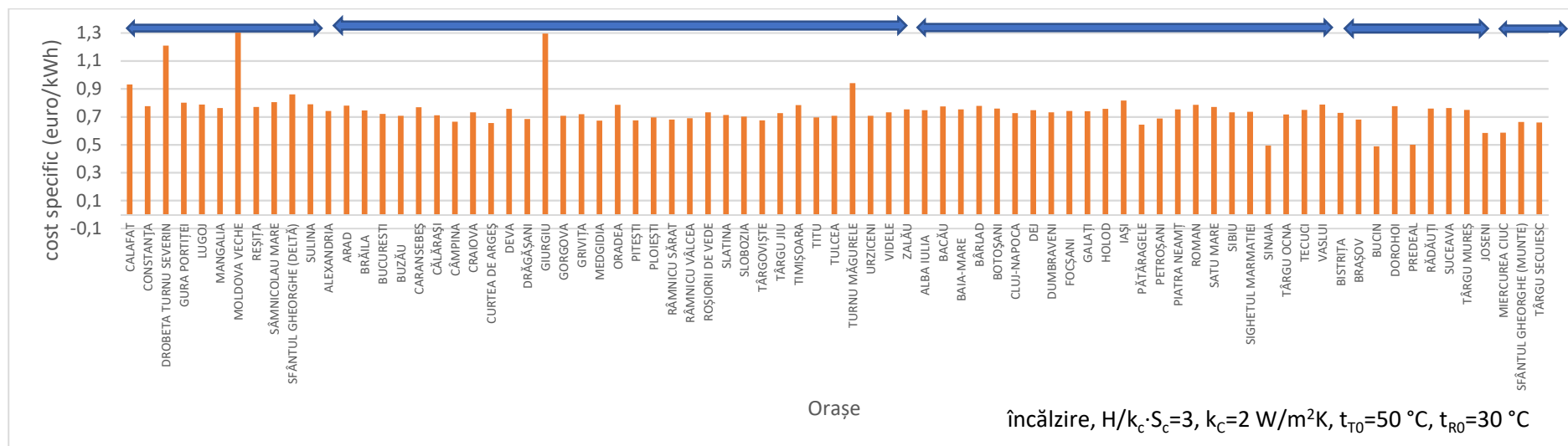


Fig. 152- Cost specific pentru investiție calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=3$, $k_c=2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=50 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0}=30 \text{ }^\circ\text{C}$

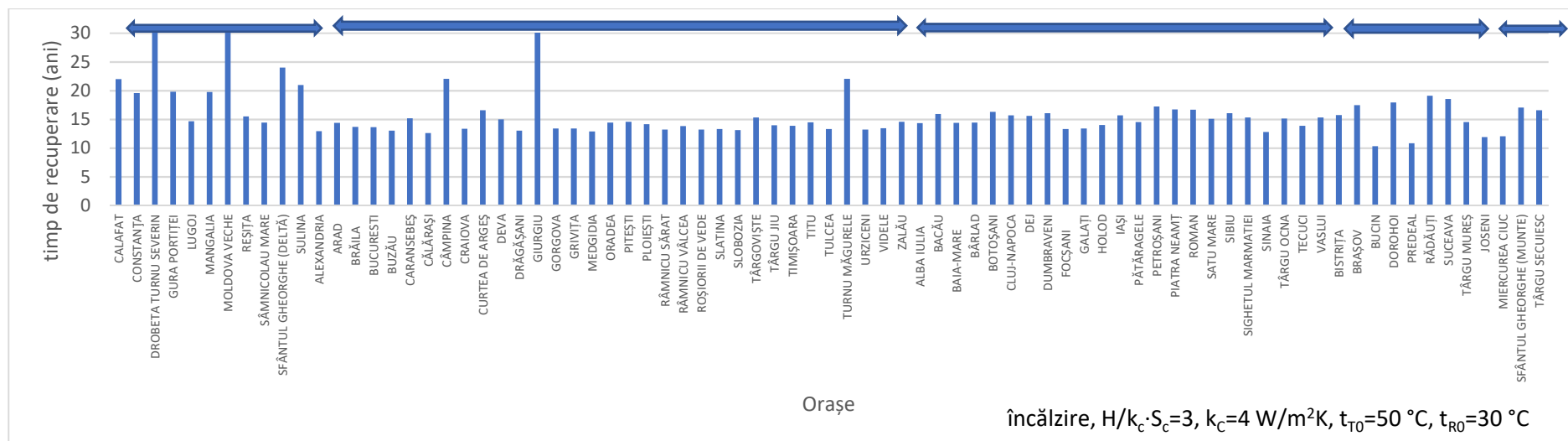


Fig. 153- Timp de recuperare calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=3$, $k_c=4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=50 ^\circ\text{C}$, $t_{R0}=30 ^\circ\text{C}$

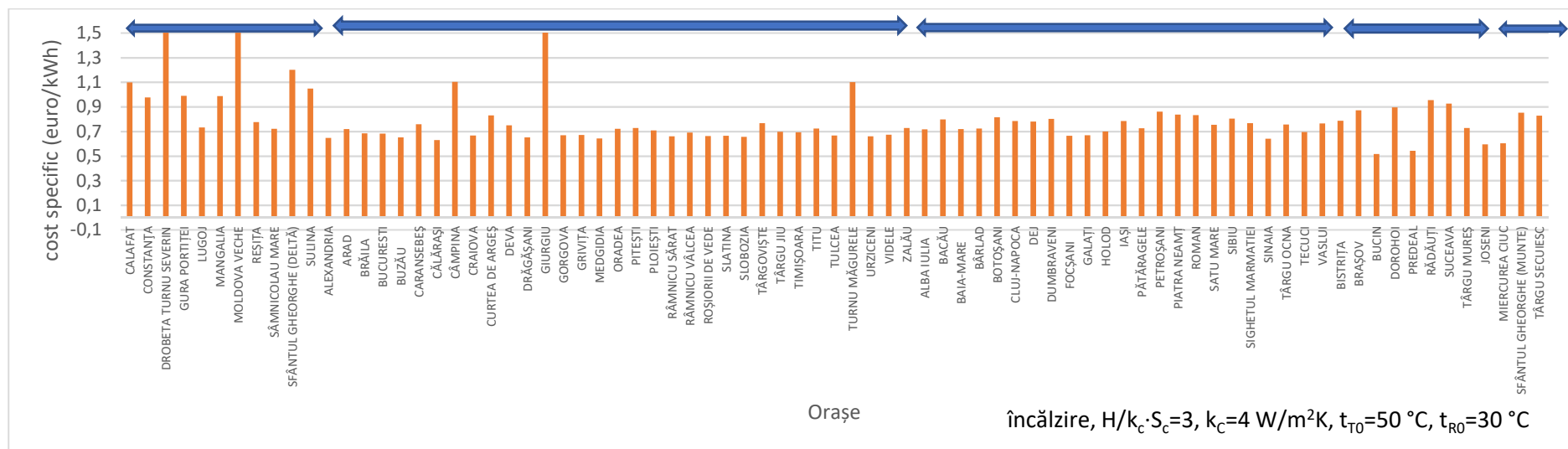


Fig. 154- Cost specific pentru investiție calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=3$, $k_c=4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=50 ^\circ\text{C}$, $t_{R0}=30 ^\circ\text{C}$

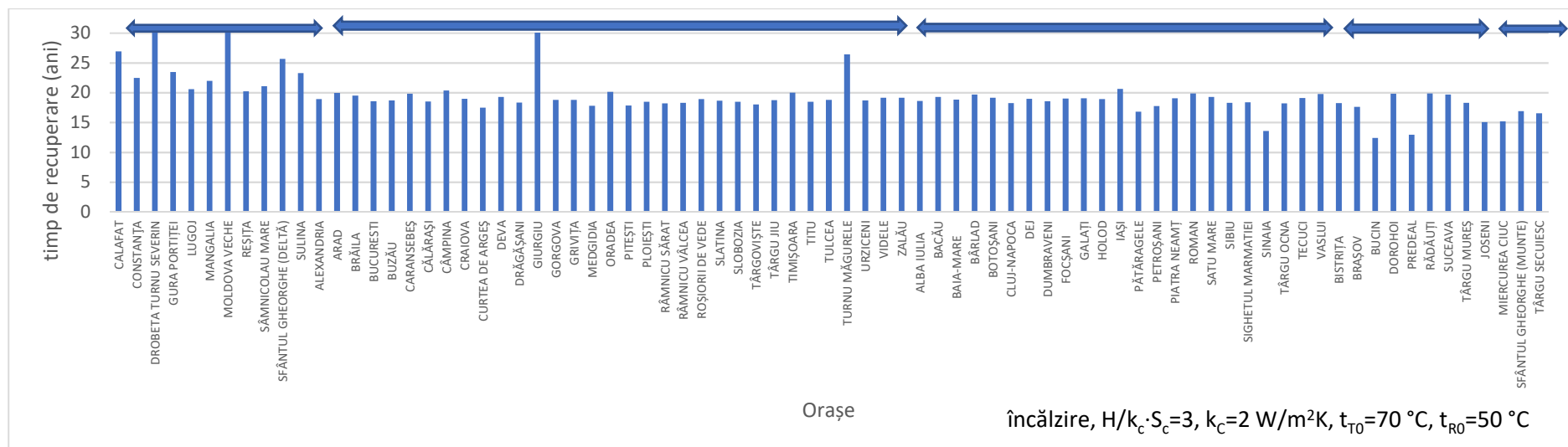


Fig. 155- Timp de recuperare calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=3$, $k_c=2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=70 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0}=50 \text{ }^\circ\text{C}$

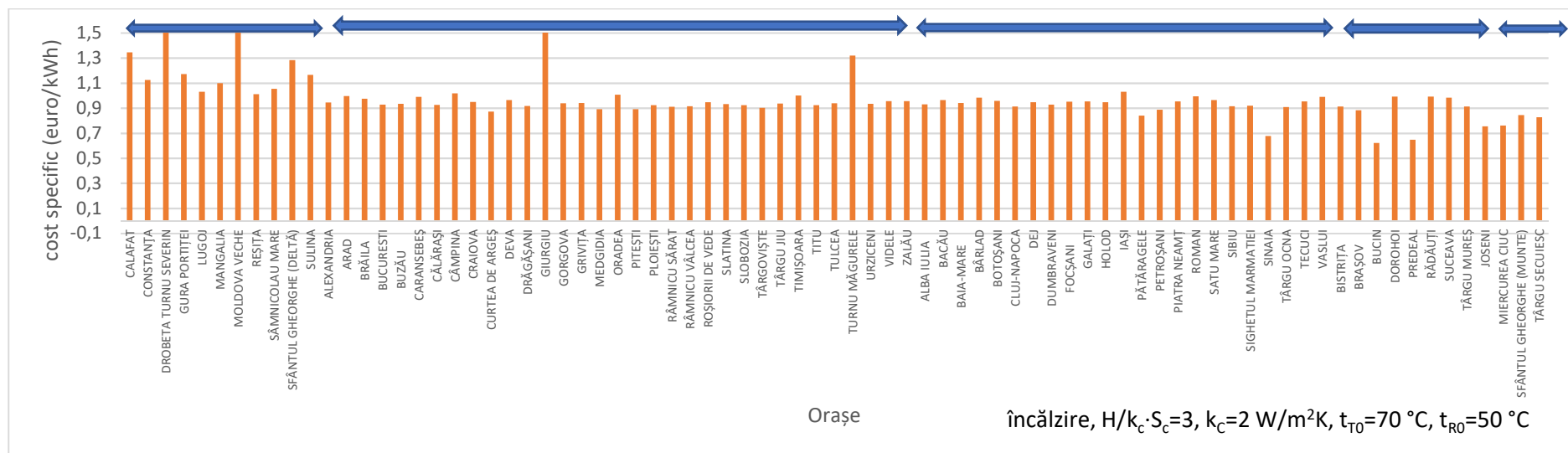


Fig. 156- Cost specific pentru investiție calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=3$, $k_c=2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=70 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0}=50 \text{ }^\circ\text{C}$

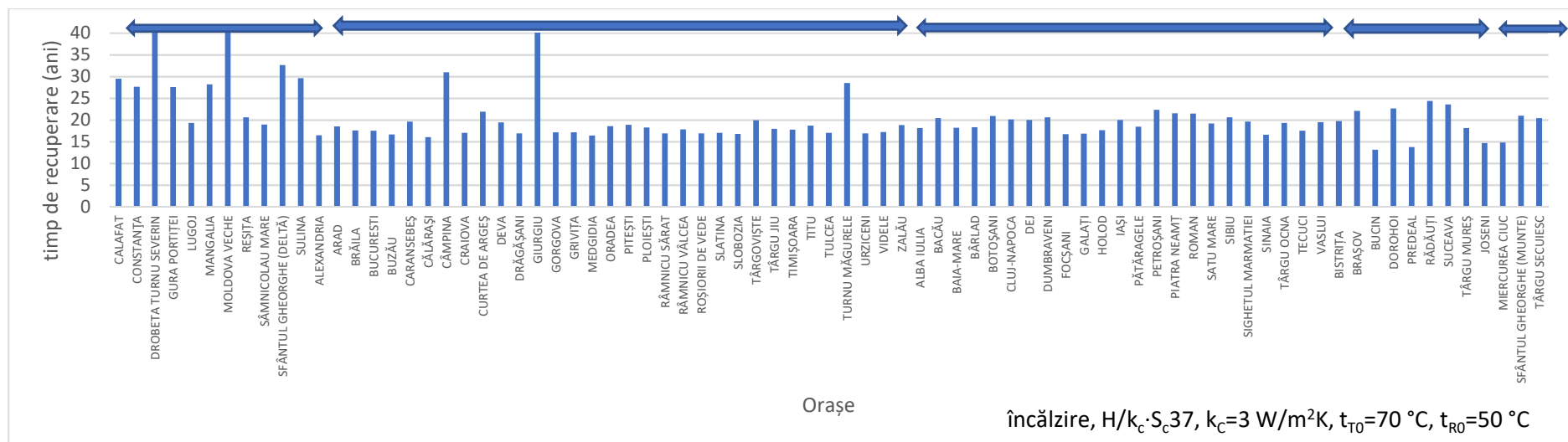


Fig. 157- Timp de recuperare calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=3$, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=70 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0}=50 \text{ }^\circ\text{C}$

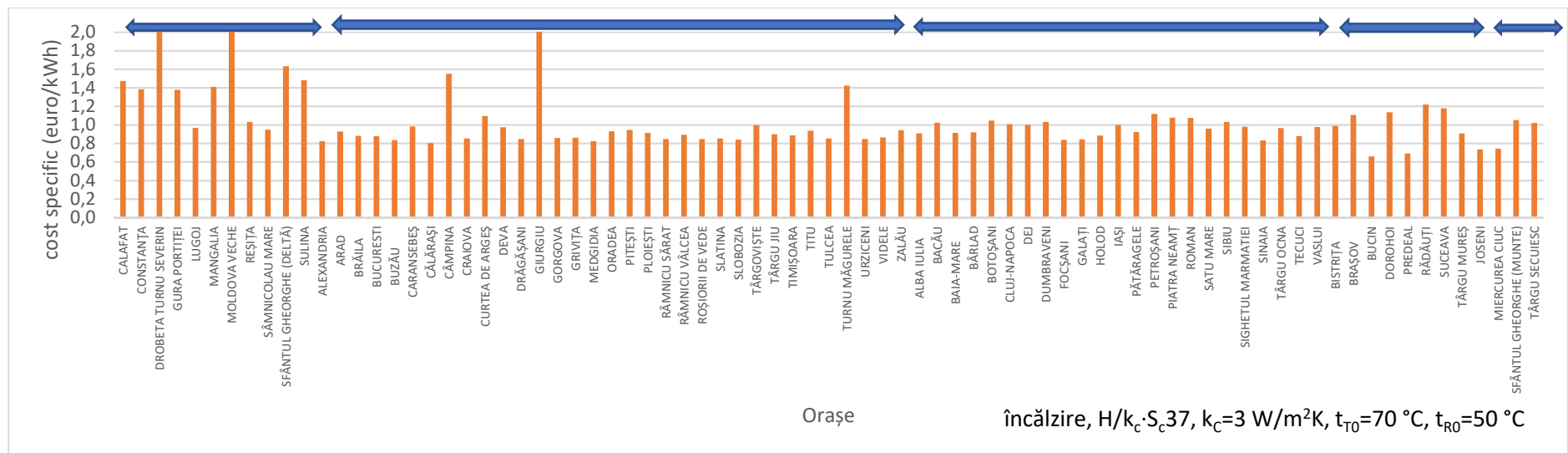


Fig. 158- Cost specific pentru investiție calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c=3$, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0}=70 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{R0}=50 \text{ }^\circ\text{C}$

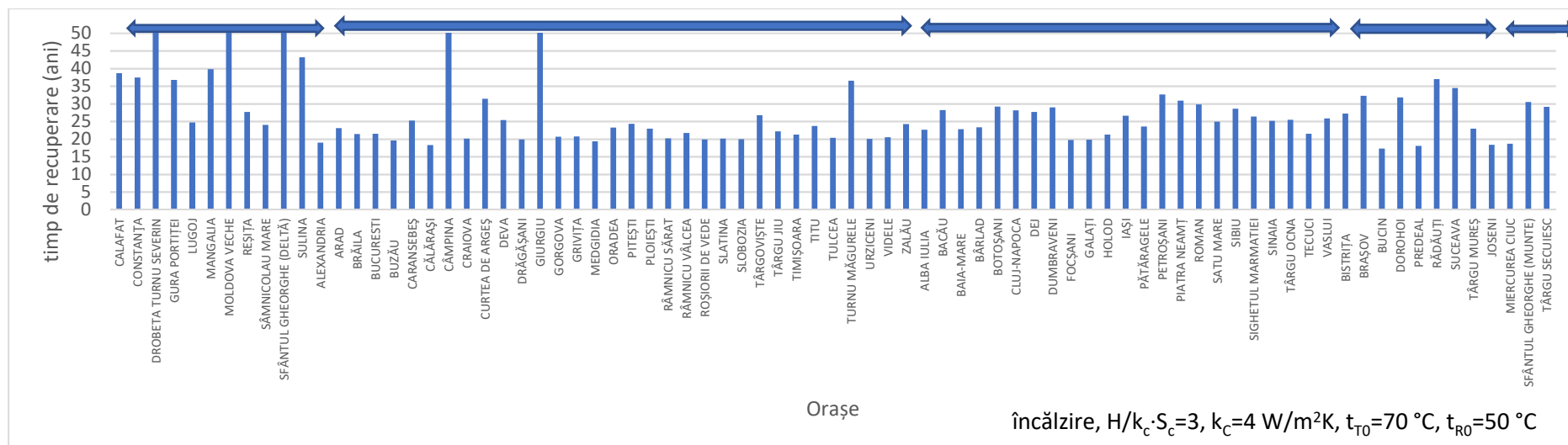


Fig. 159- Timp de recuperare calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 3$, $k_c = 4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0} = 70^\circ\text{C}$, $t_{R0} = 50^\circ\text{C}$

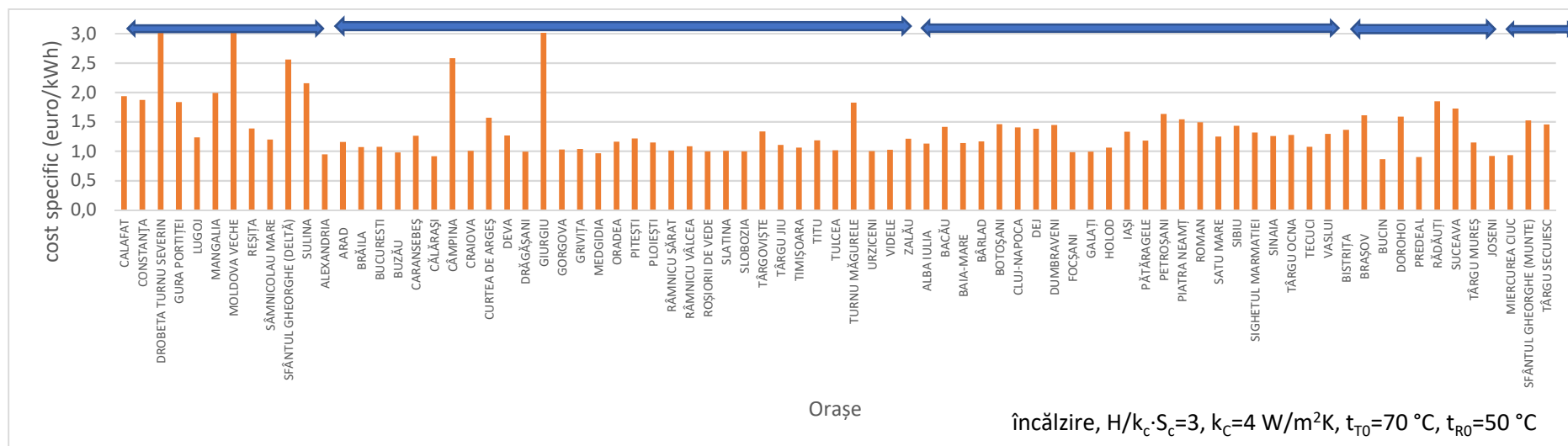


Fig. 160- Cost specific pentru investiție calculat pentru încălzire, $H/k_c \cdot S_c = 3$, $k_c = 4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{T0} = 70^\circ\text{C}$, $t_{R0} = 50^\circ\text{C}$

Diagramale obținute pentru prepararea apei calde menajere corespunzătoare fiecărui caz (în funcție de raportul $H/(k_c \cdot Sc)$, variația k_c , variația temperaturilor de furnizare) sunt următoarele:

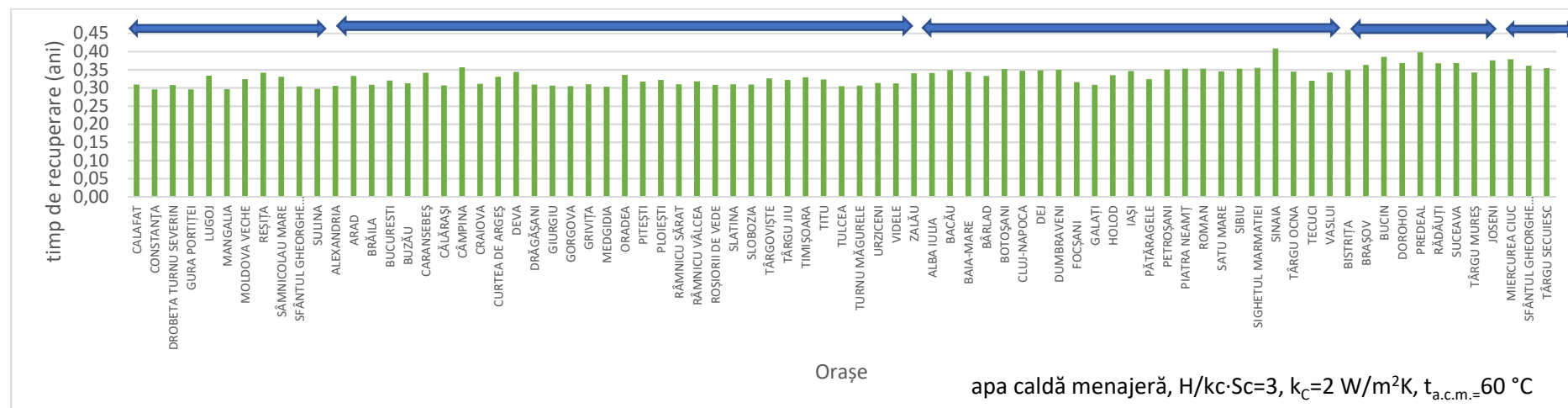


Fig. 161- Timp de recuperare calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot Sc=3$, $k_c=2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=60^\circ\text{C}$

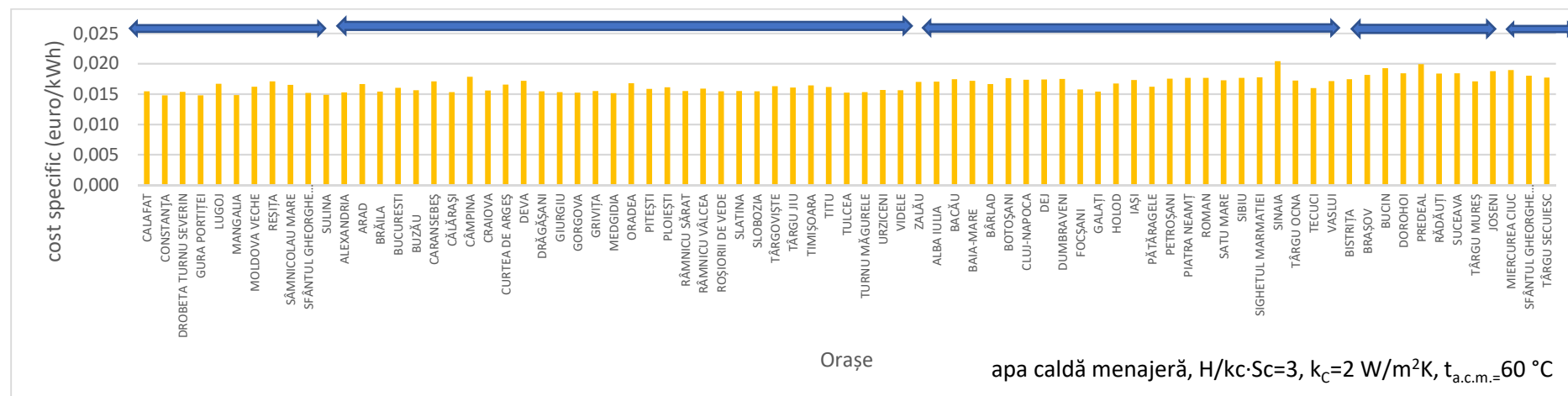


Fig. 162- Cost specific al investiției calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot Sc=3$, $k_c=2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=60^\circ\text{C}$

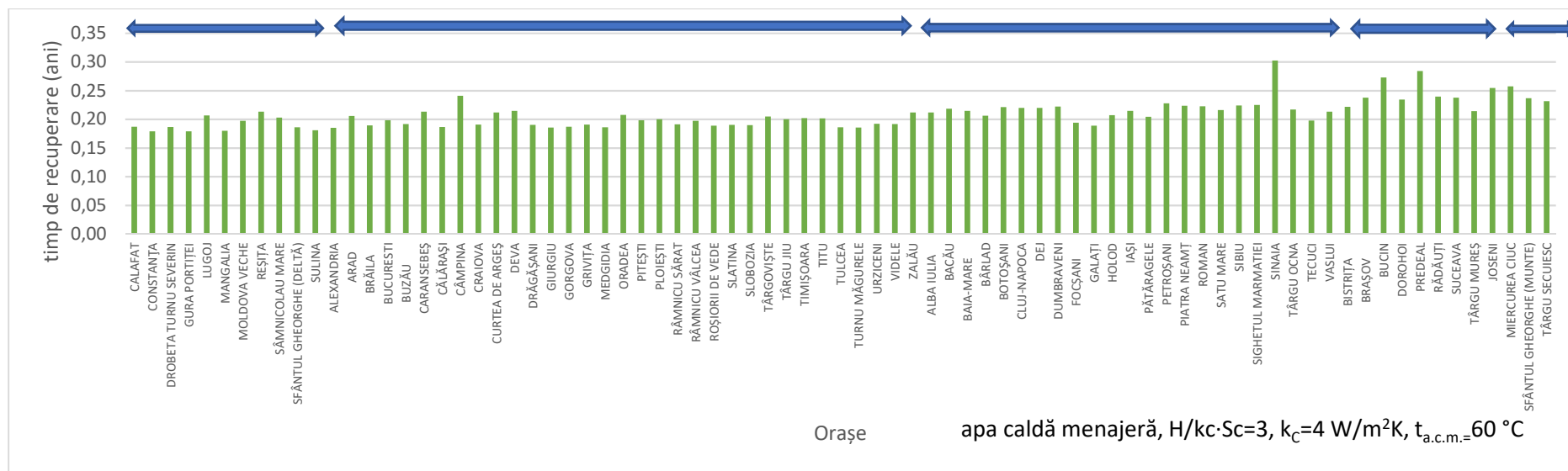


Fig. 163- Timp de recuperare calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot Sc=3$, $k_c=4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=60^\circ\text{C}$

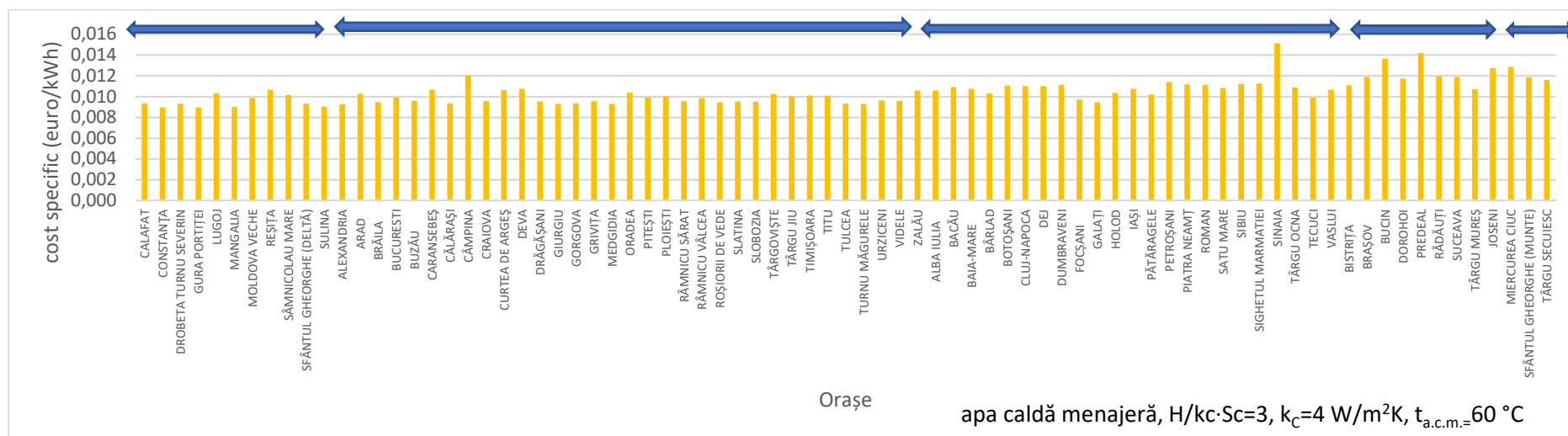


Fig. 164- Cost specific al investiției calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot Sc=3$, $k_c=4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=60^\circ\text{C}$

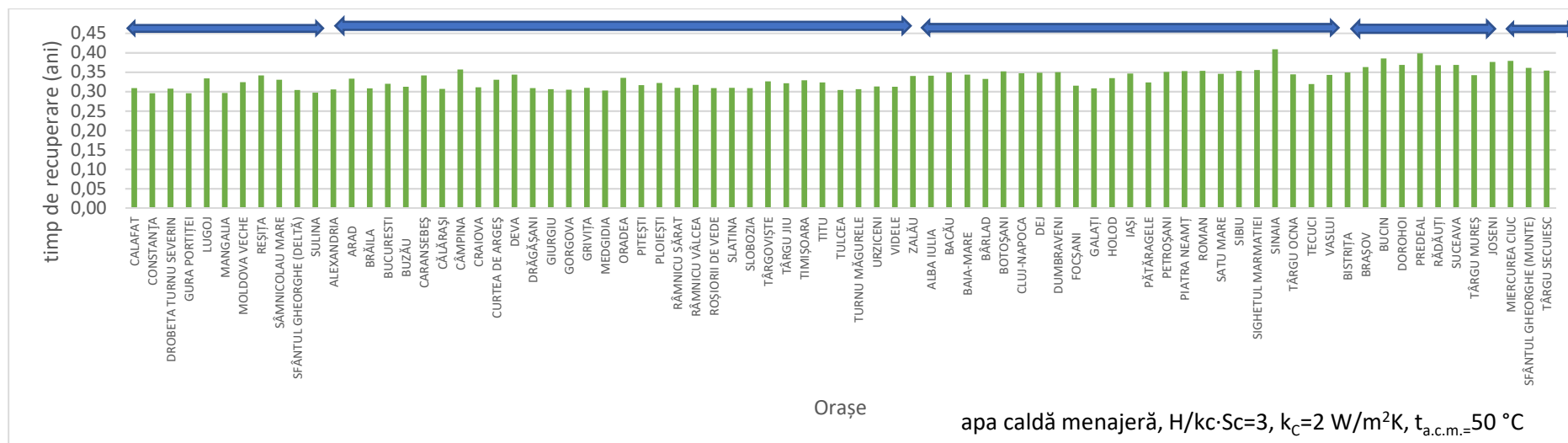


Fig. 165- Timp de recuperare calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/kc \cdot Sc=3$, $k_c=2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=50 \text{ }^\circ\text{C}$

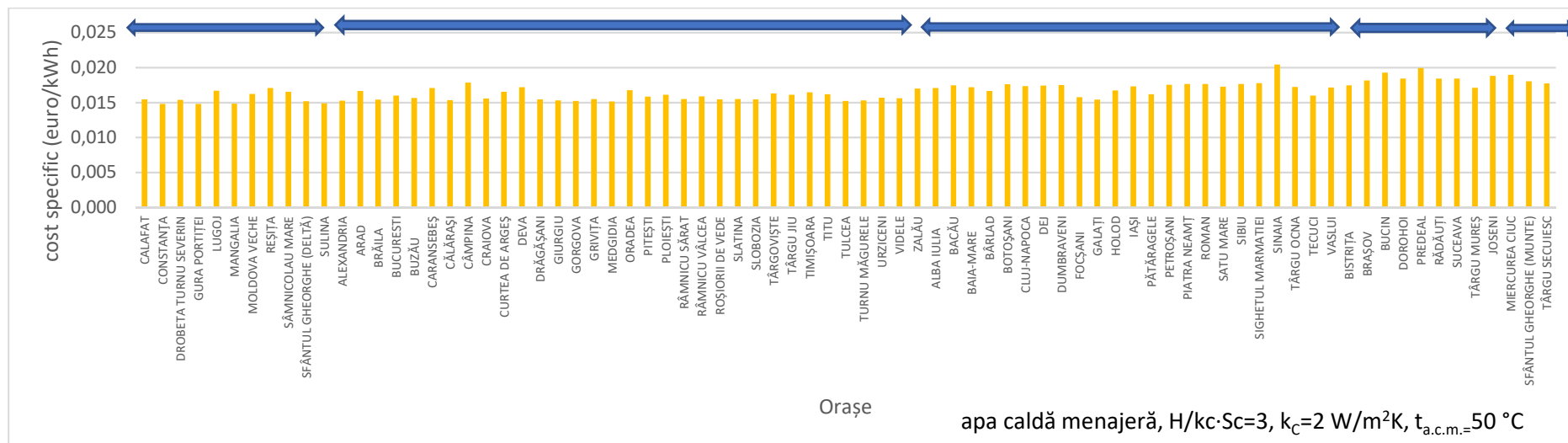


Fig. 166- Cost specific al investiției calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/kc \cdot Sc=3$, $k_c=2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=50 \text{ }^\circ\text{C}$

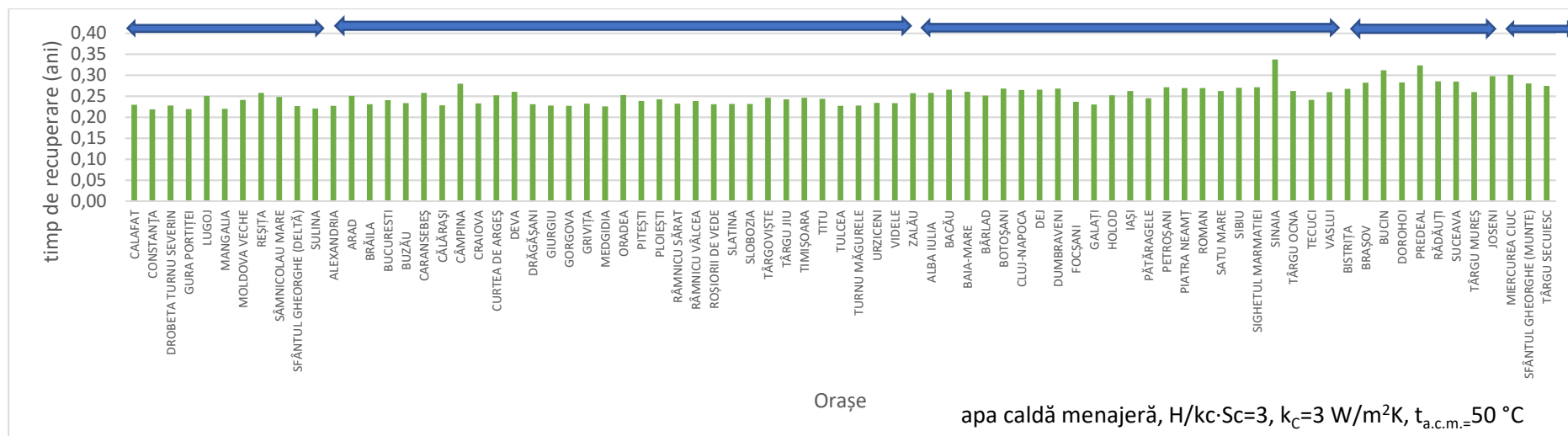


Fig. 167- Timp de recuperare calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot Sc=3$, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=50^\circ\text{C}$

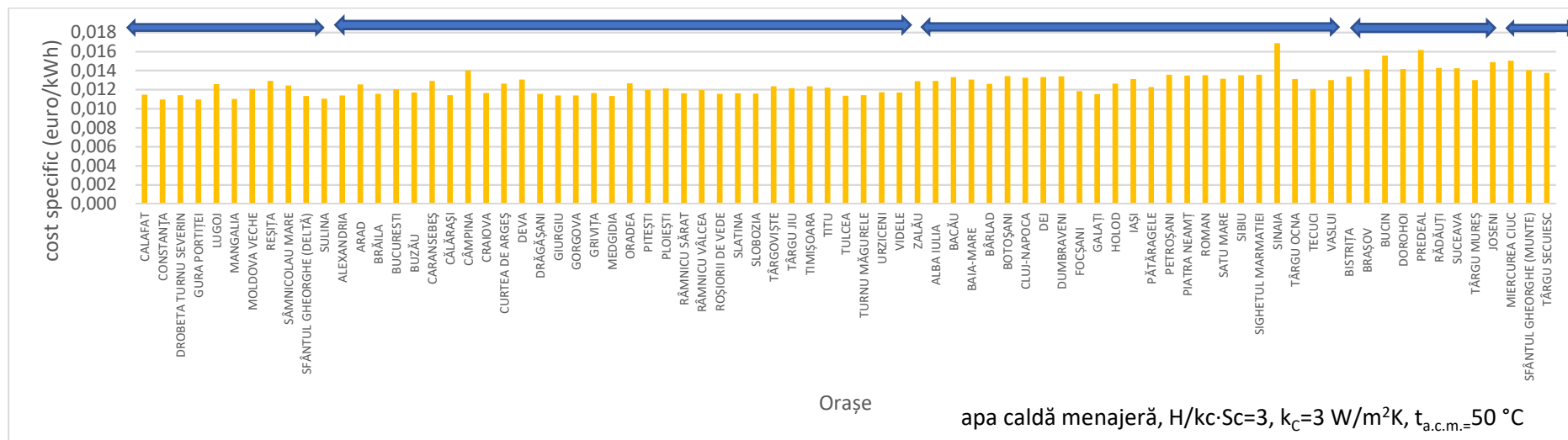


Fig. 168- Cost specific al investiției calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot Sc=3$, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=50^\circ\text{C}$

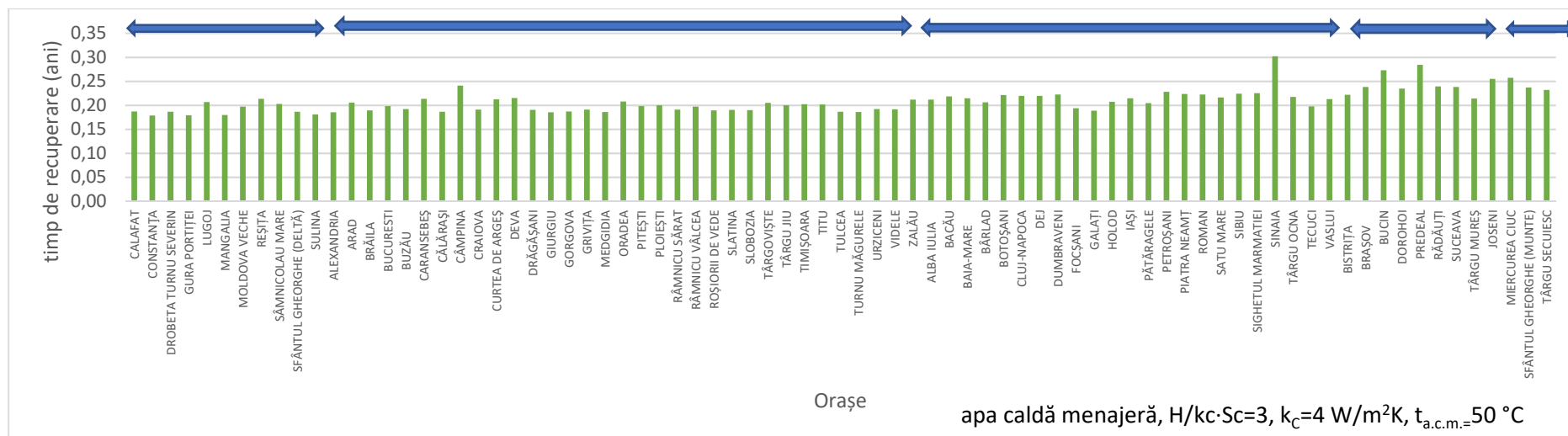


Fig. 169- Timp de recuperare calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot Sc=3$, $k_c=4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=50^\circ\text{C}$

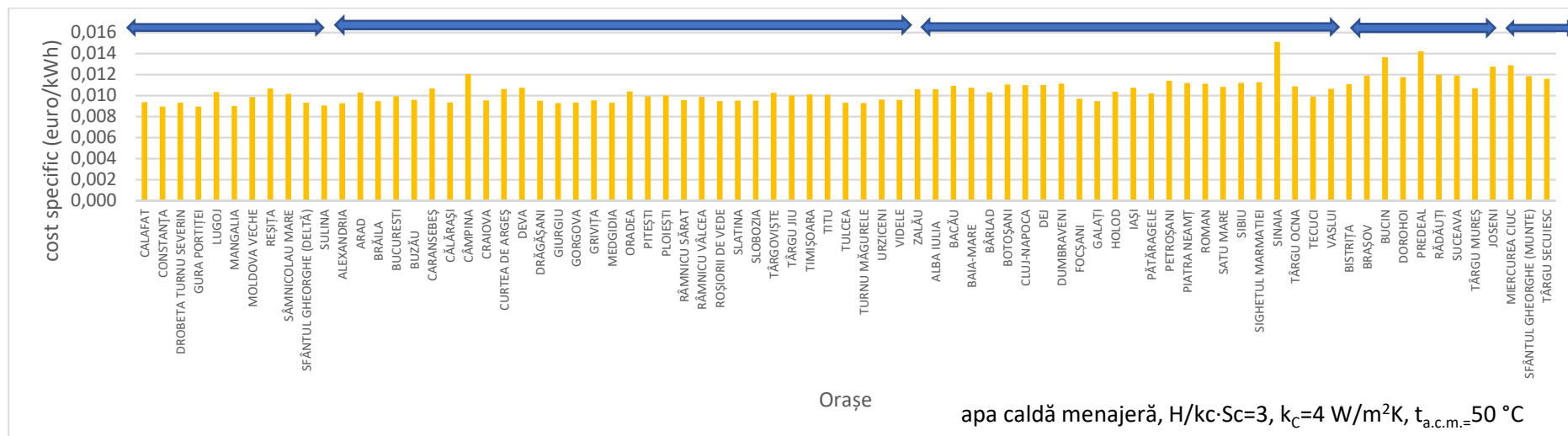


Fig. 170- Cost specific al investiției calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot Sc=3$, $k_c=4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=50^\circ\text{C}$

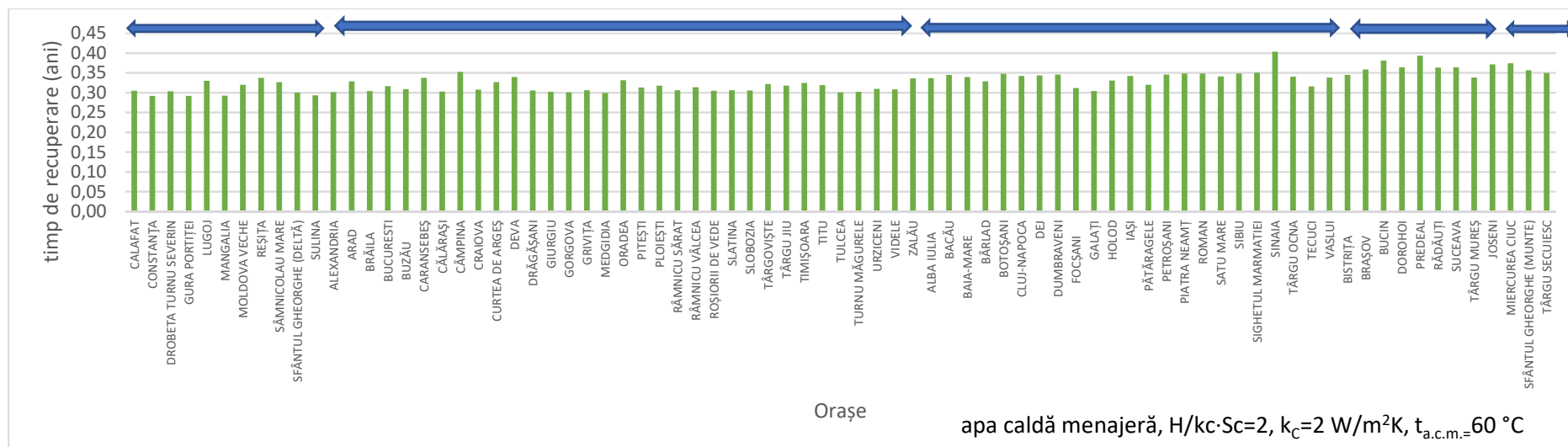


Fig. 171- Timp de recuperare calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot Sc=2$, $k_c=2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=60^\circ \text{C}$

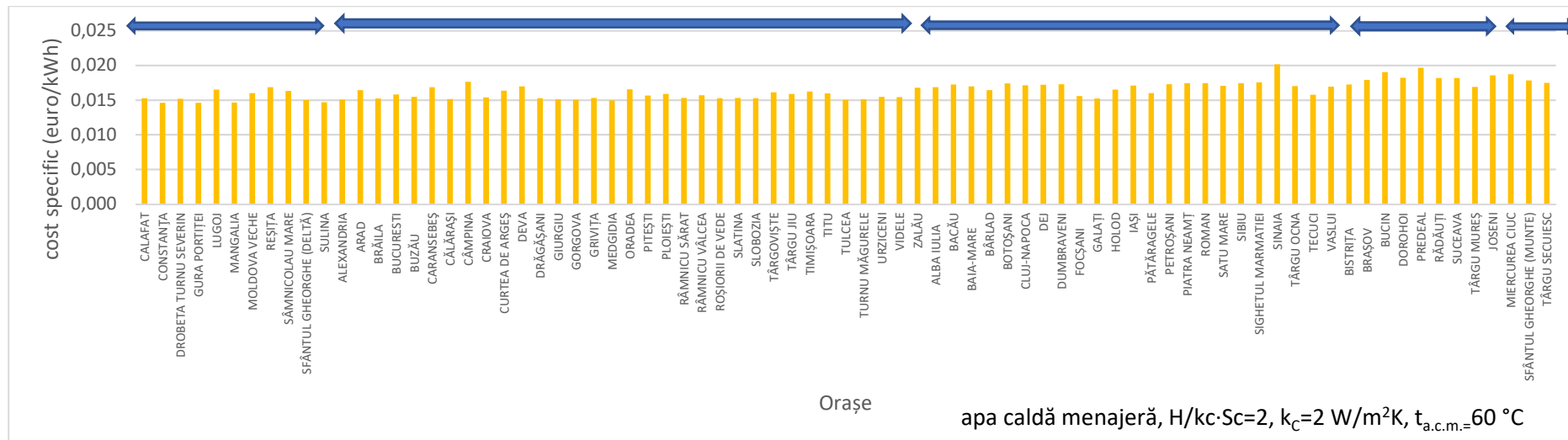


Fig. 172- Cost specific al investiției calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot Sc=2$, $k_c=2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=60^\circ \text{C}$

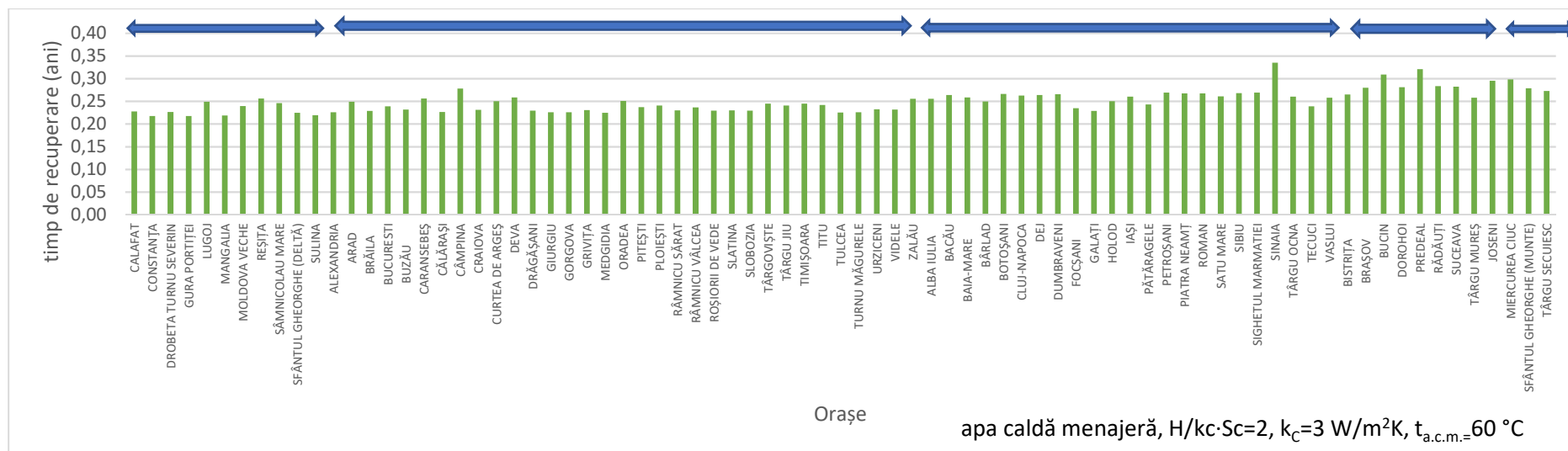


Fig. 173- Timp de recuperare calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot Sc=2$, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=60^\circ\text{C}$

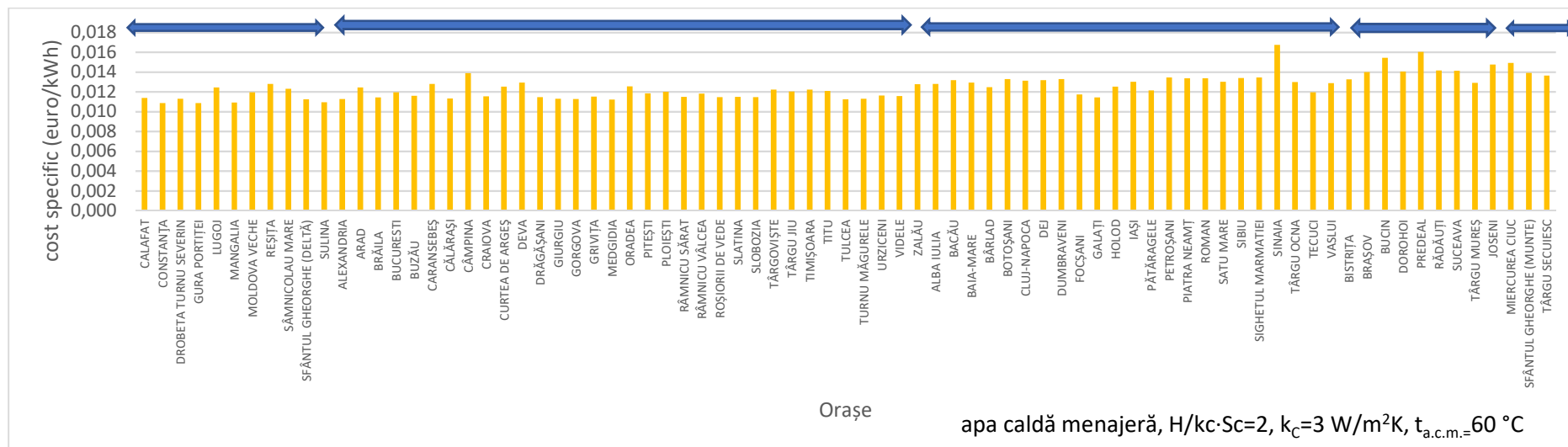


Fig. 174- Cost specific al investiției calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot Sc=2$, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=60^\circ\text{C}$

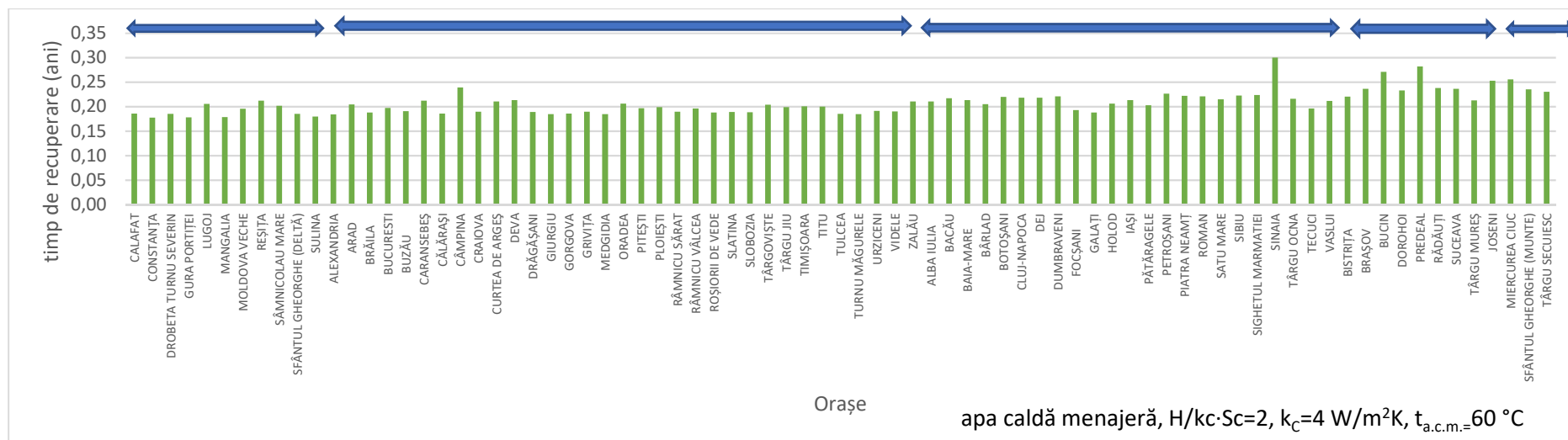


Fig. 175- Timp de recuperare calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot Sc=2$, $k_c=4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=60^\circ\text{C}$

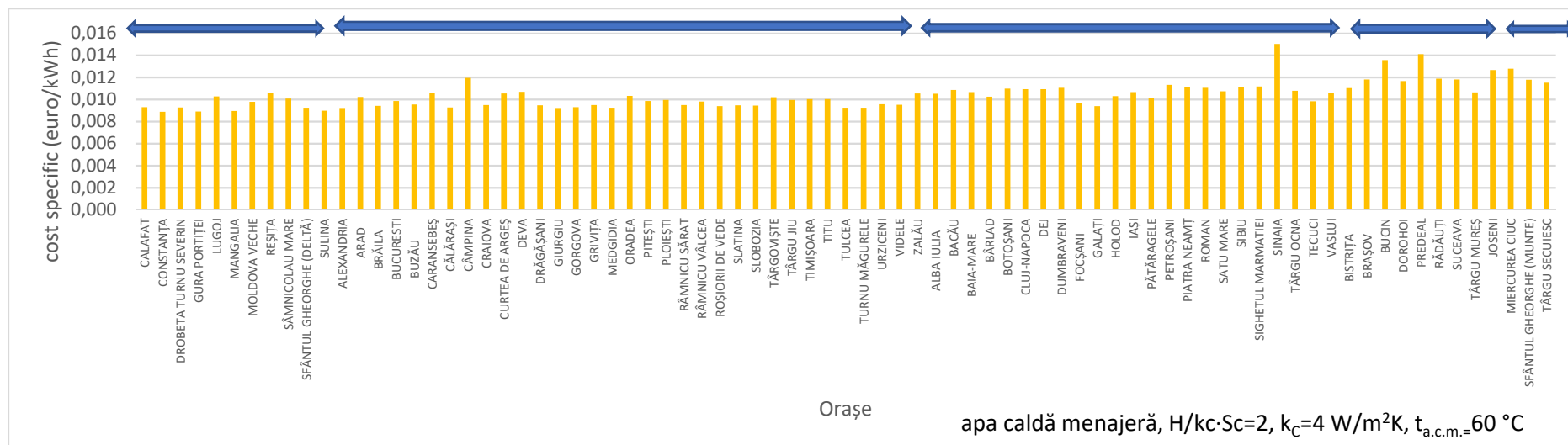


Fig. 176- Cost specific al investiției calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot Sc=2$, $k_c=4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=60^\circ\text{C}$

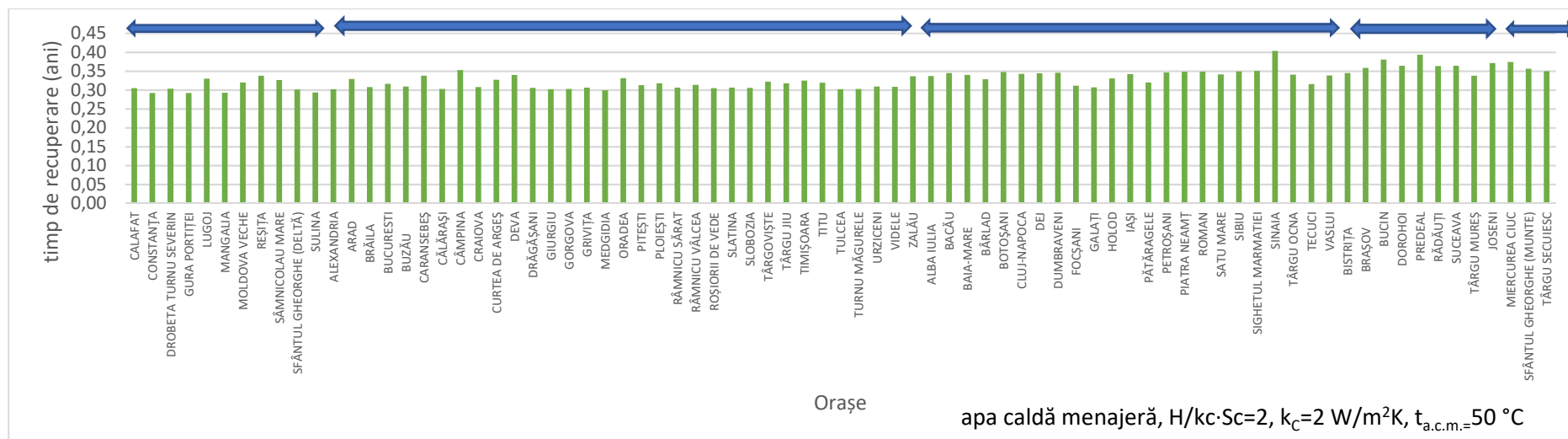


Fig. 177- Timp de recuperare calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot Sc=2$, $k_c=2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=50^\circ\text{C}$

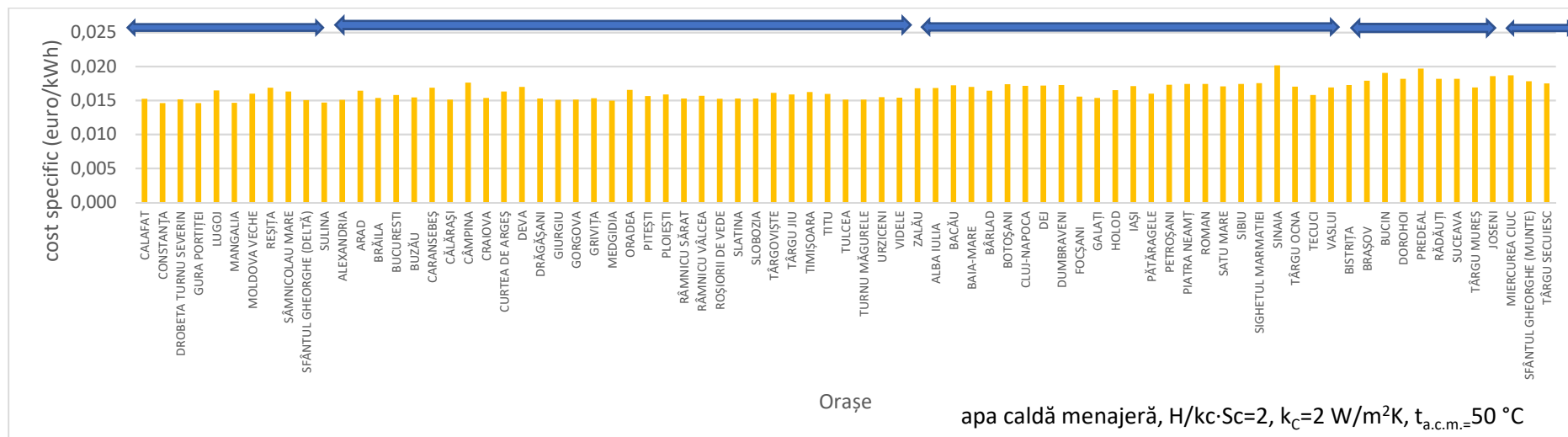


Fig. 178- Cost specific al investiției calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot Sc=2$, $k_c=2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=50^\circ\text{C}$

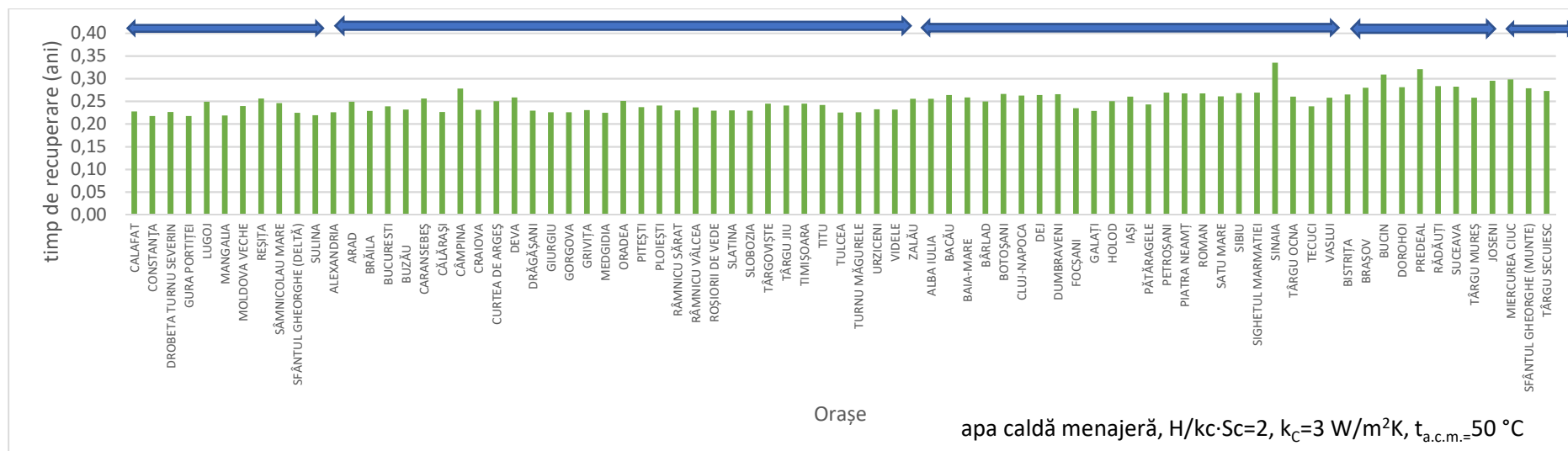


Fig. 179- Timp de recuperare calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot Sc=2$, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=50^\circ\text{C}$

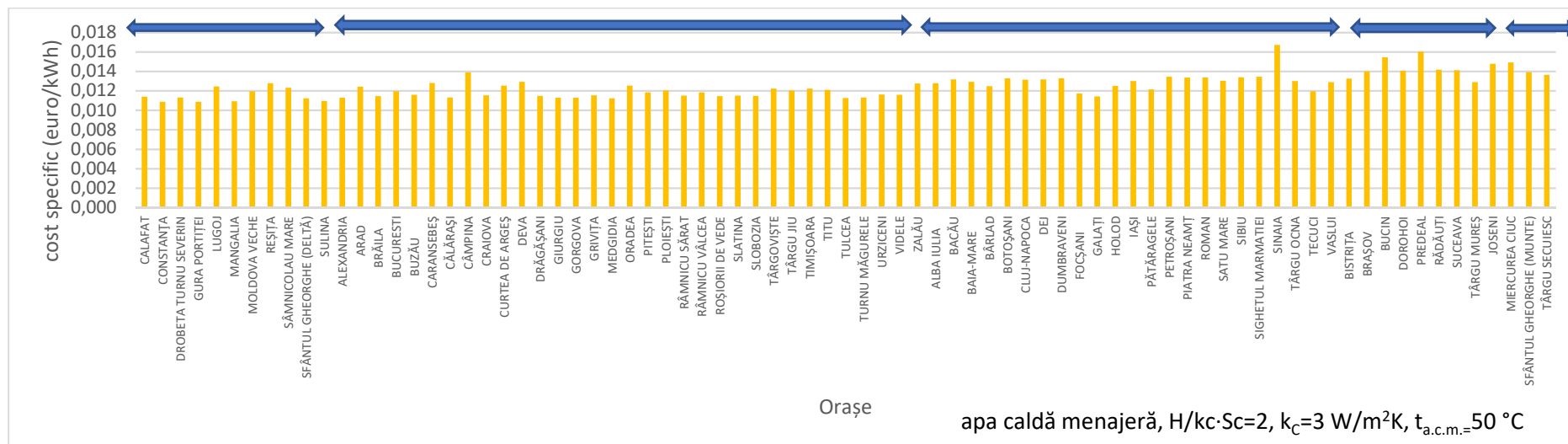


Fig. 180- Cost specific al investiției calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot Sc=2$, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=50^\circ\text{C}$

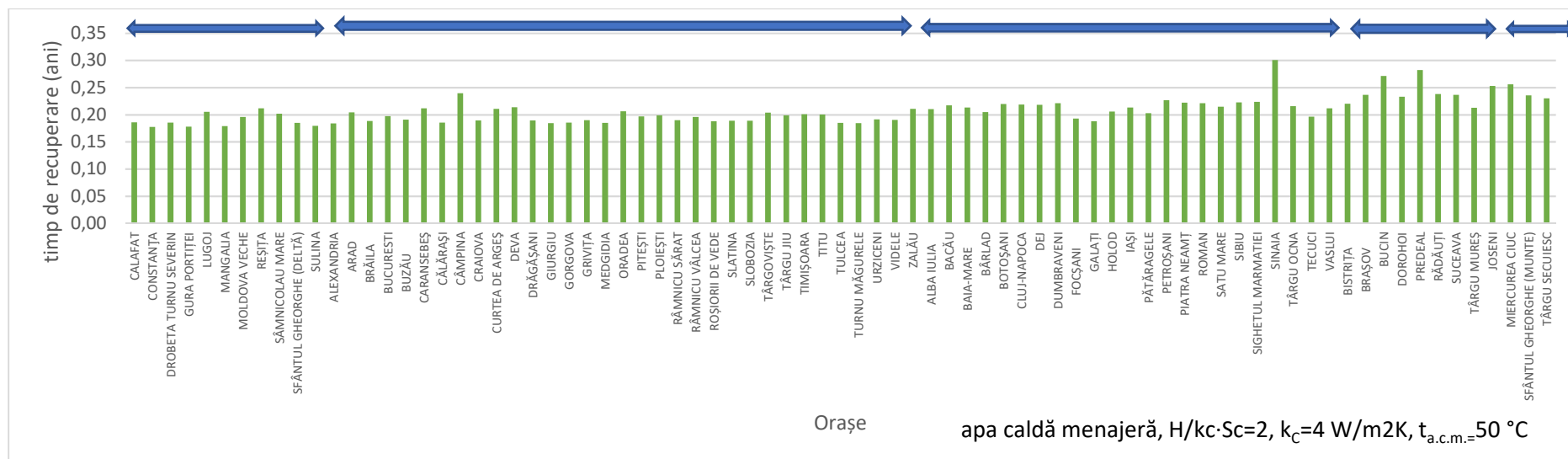


Fig. 181- Timp de recuperare calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot Sc=2$, $k_c=4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=50^\circ\text{C}$

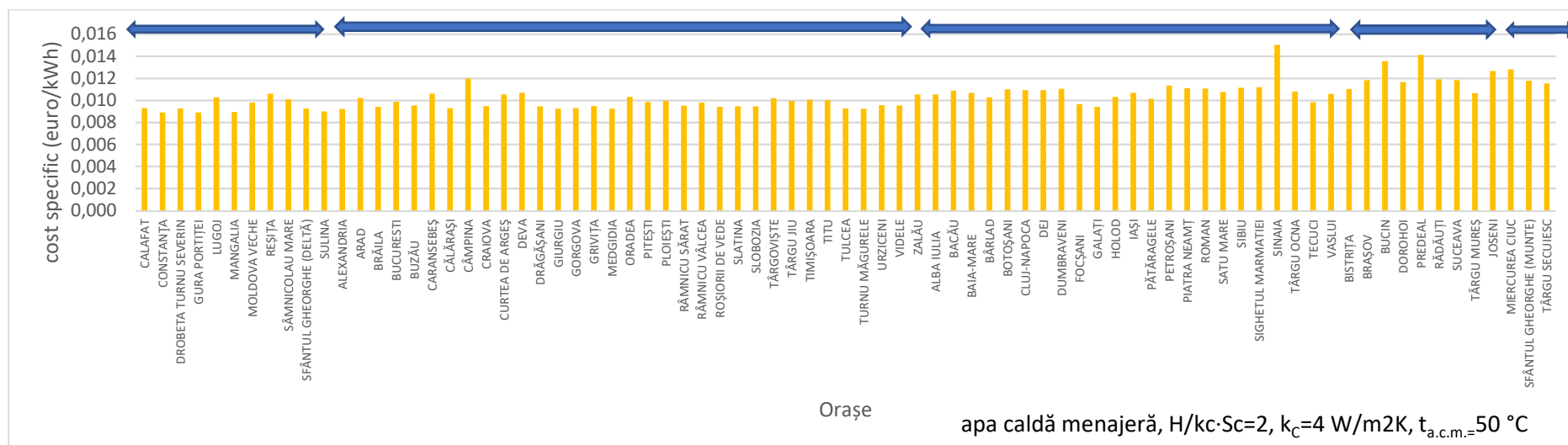


Fig. 182- Cost specific al investiției calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot Sc=2$, $k_c=4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=50^\circ\text{C}$

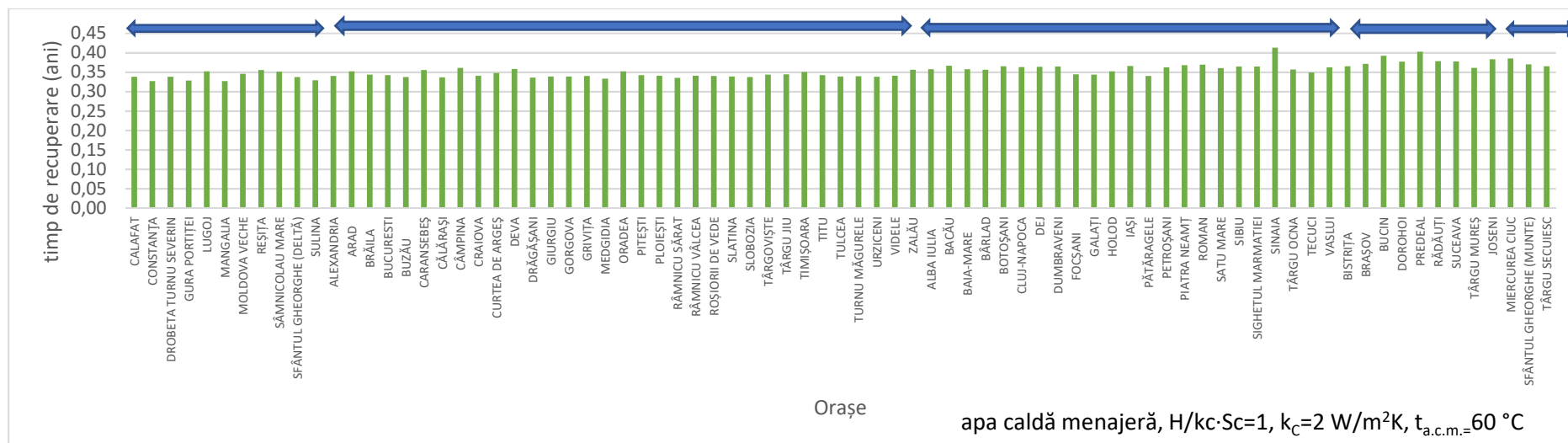


Fig. 183- Timp de recuperare calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot Sc=1$, $k_c=2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=60^\circ\text{C}$

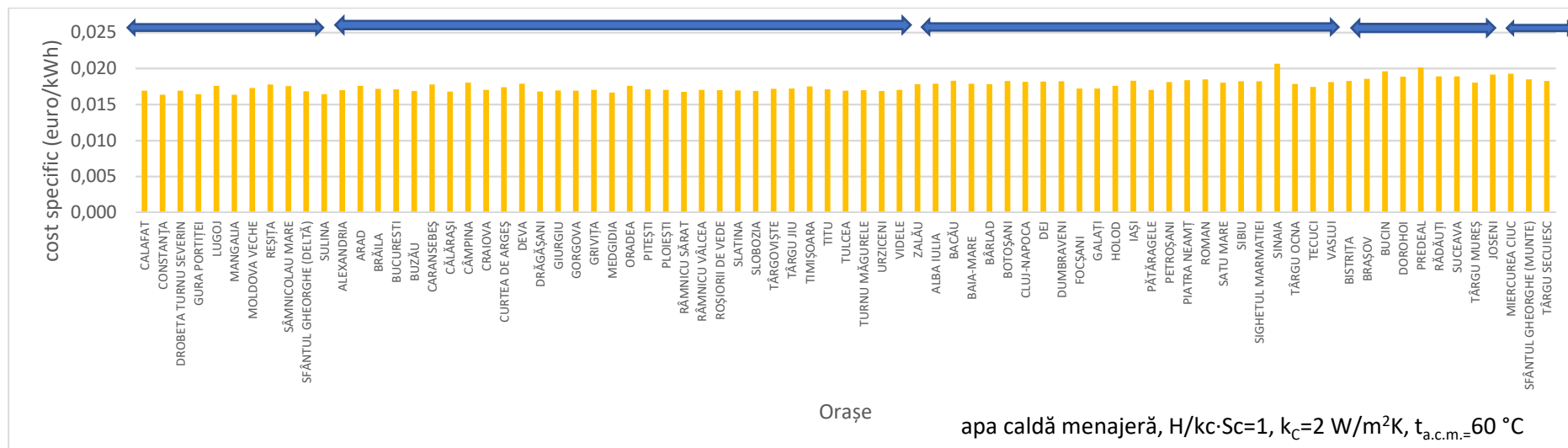


Fig. 184- Cost specific al investiției calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot Sc=1$, $k_c=2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=60^\circ\text{C}$

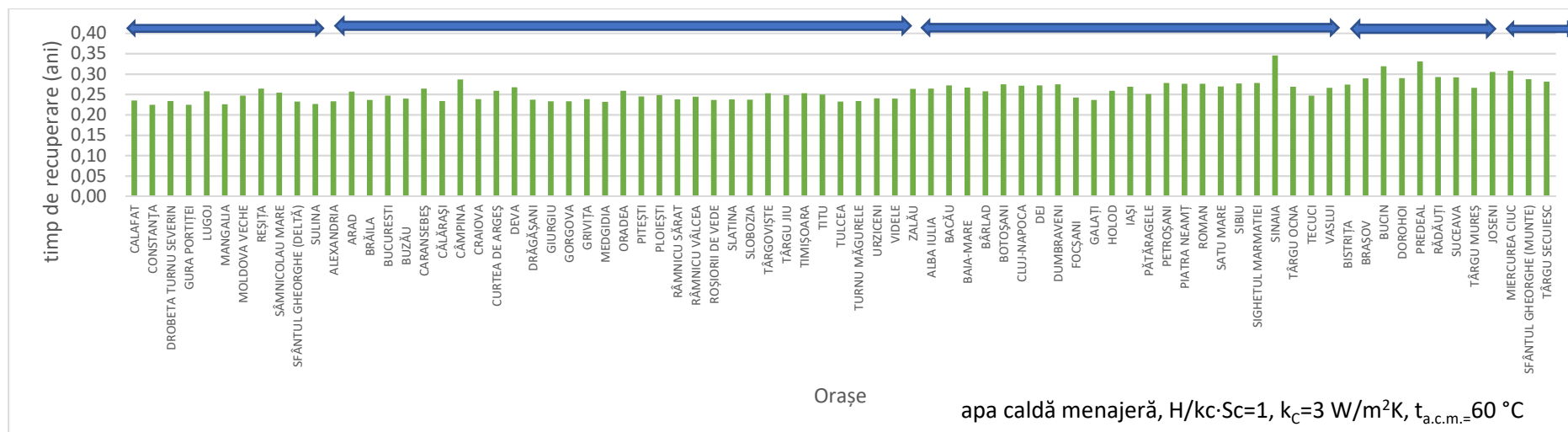


Fig. 185- Timp de recuperare calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot Sc=1$, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=60^\circ\text{C}$

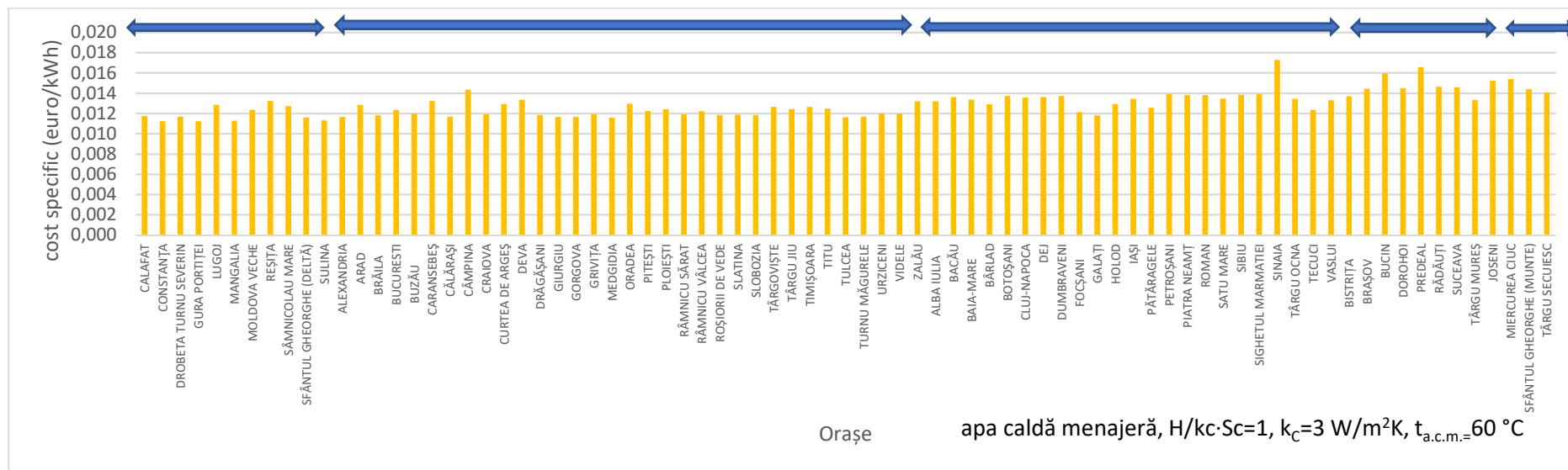


Fig. 186- Cost specific al investiției calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot Sc=1$, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=60^\circ\text{C}$

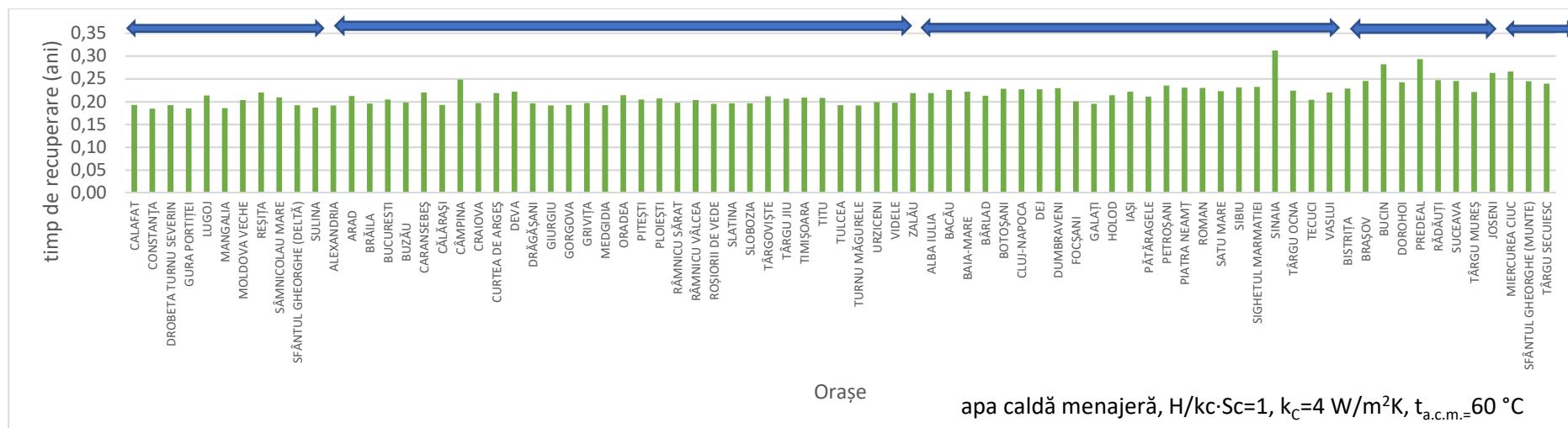


Fig. 187- Timp de recuperare calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot Sc=1$, $k_c=4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=60^\circ\text{C}$

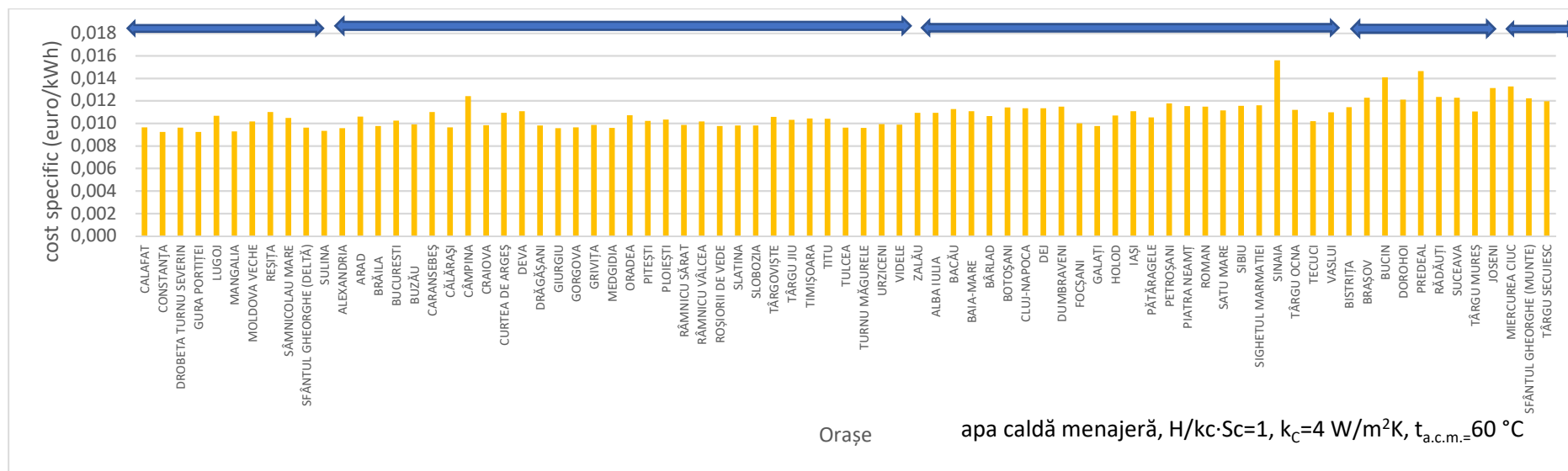


Fig. 188- Cost specific al investiției calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot Sc=1$, $k_c=4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=60^\circ\text{C}$

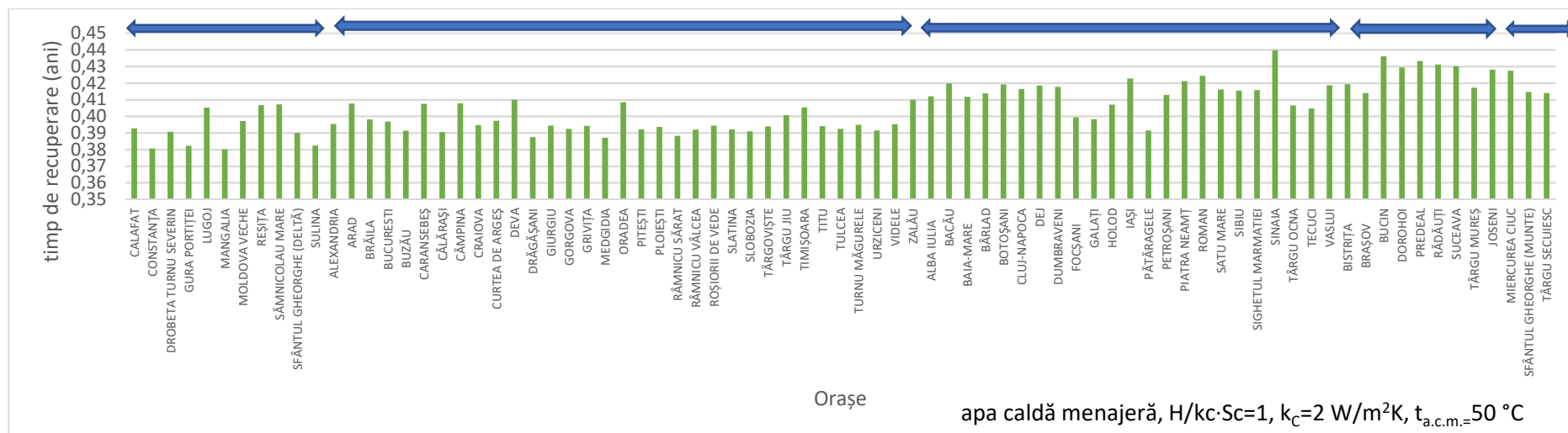


Fig. 189- Timp de recuperare calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/kc \cdot Sc=1$, $k_c=2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=50^\circ\text{C}$

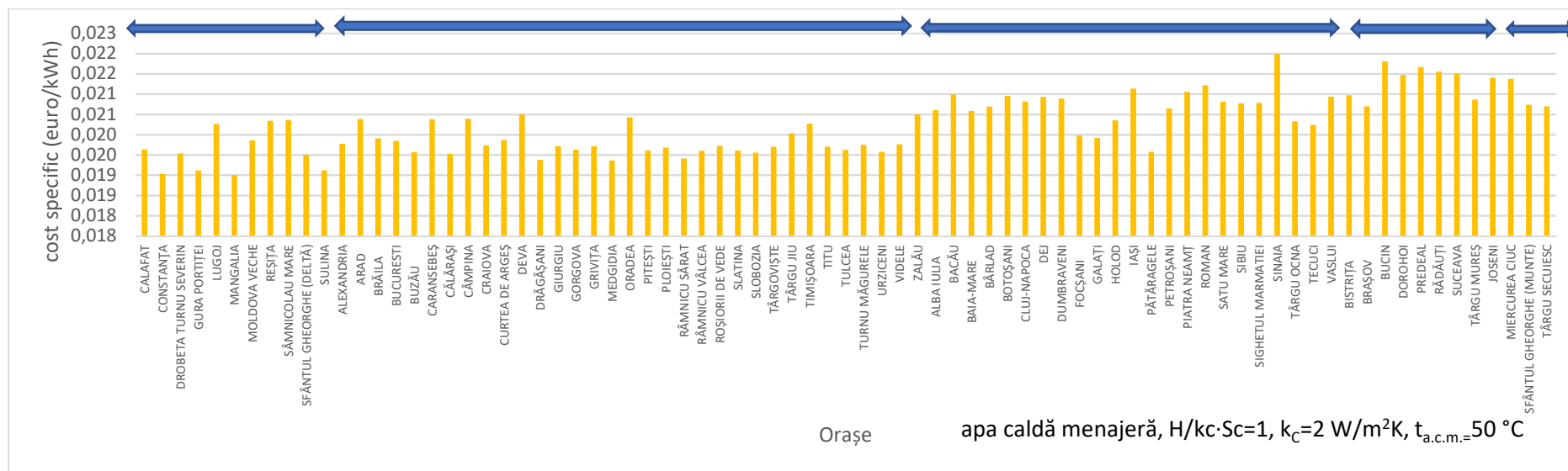


Fig. 190- Cost specific al investiției calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/kc \cdot Sc=1$, $k_c=2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=50^\circ\text{C}$

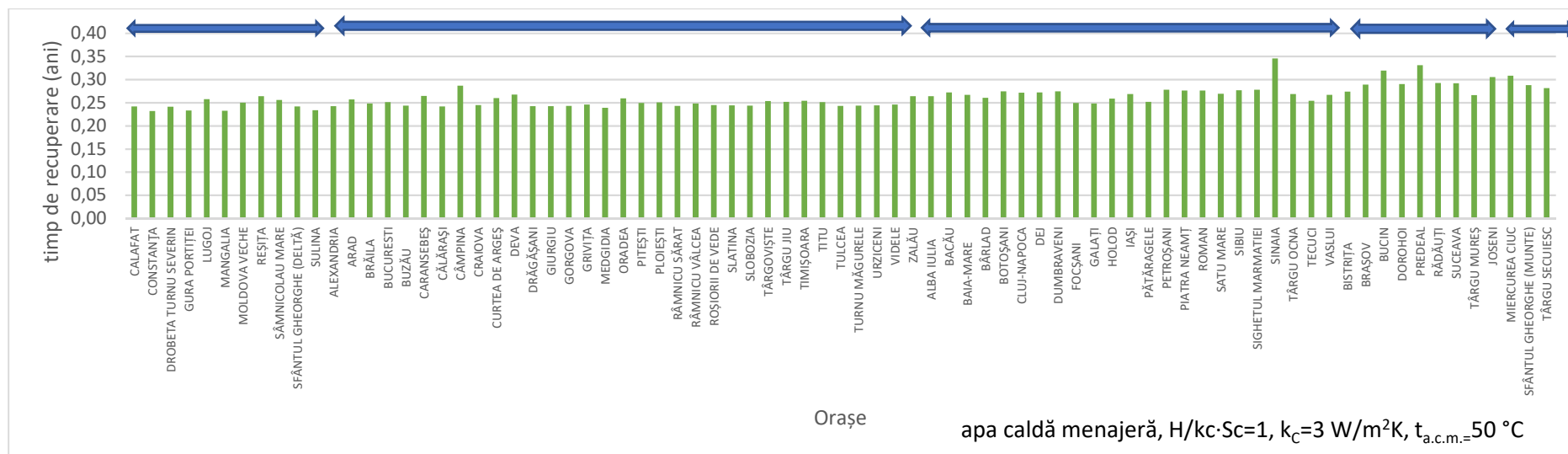


Fig. 191- Timp de recuperare calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot Sc=1$, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=50^\circ\text{C}$

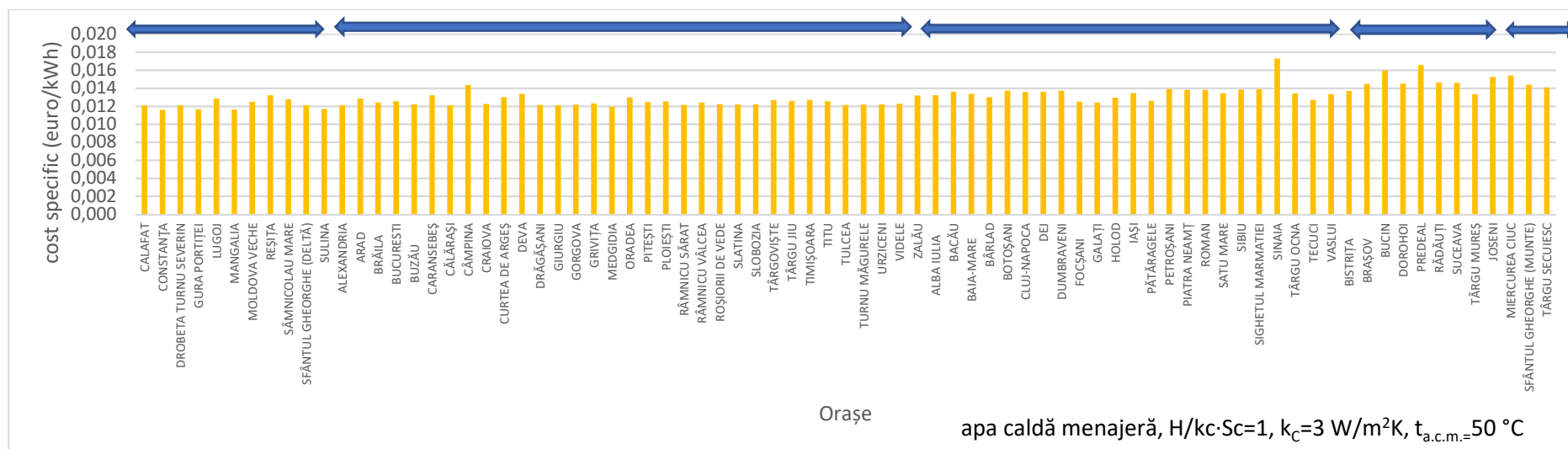


Fig. 192- Cost specific al investiției calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot Sc=1$, $k_c=3 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=50^\circ\text{C}$

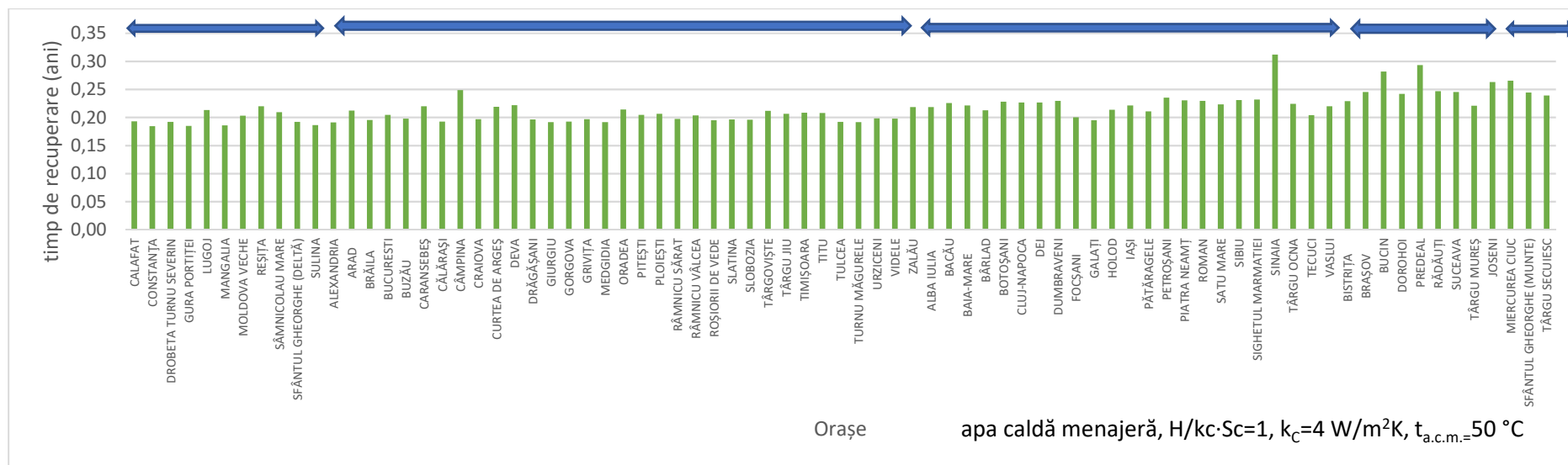


Fig. 193- Timp de recuperare calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot Sc=1$, $k_c=4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=50^\circ\text{C}$

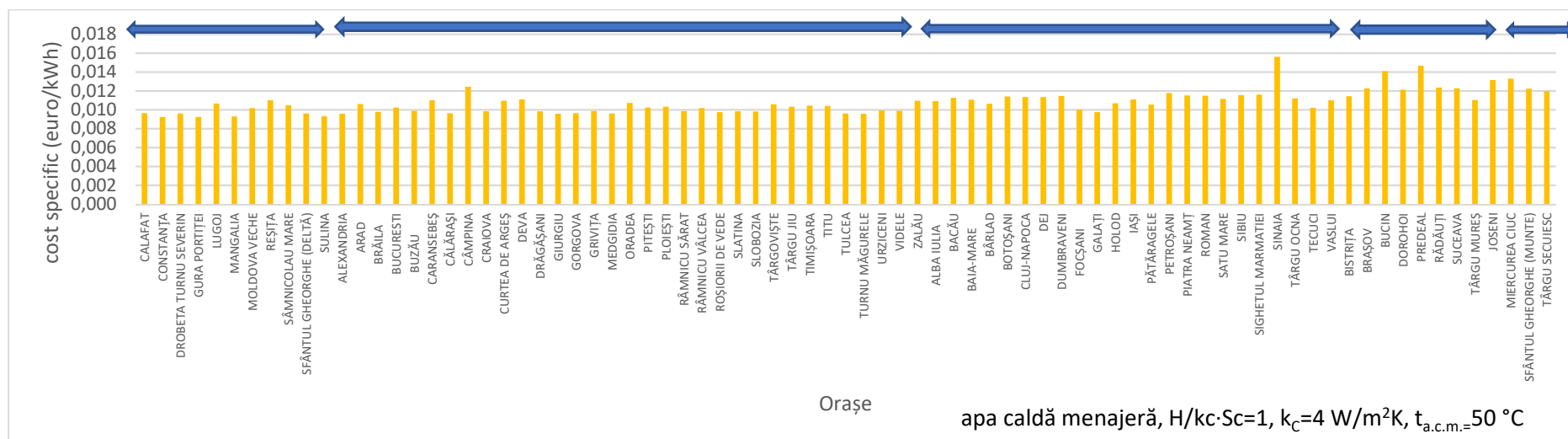


Fig. 194- Cost specific al investiției calculat pentru prepararea apei calde menajere, $H/k_c \cdot Sc=1$, $k_c=4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_{a.c.m.}=50^\circ\text{C}$

