

ESTIMAREA ANALITICĂ A PERFORMANȚEI ENERGETICE A CLĂDIRILOR DE LOCUIT EXISTENTE – METODA SIMPLIFICATĂ

*Dan Constantinescu, Constanța Marin-Perianu, Horia Petran, Cristian Petcu**

REZUMAT

Lucrarea prezintă o analiză a unui studiu întreprins în cadrul proiectului european CA2, având ca subiect estimarea ponderii activităților efectuate în scopul elaborării certificatului de performanță energetică al clădirilor de locuit și publice, noi și existente. Rezultă că simplificarea metodelor de calcul al Performanței Energetice a Clădirilor reprezintă o țintă reală a activității de certificare energetică a clădirilor, susținută, în special, în cazul clădirilor existente de locuit individuale și colective. Analiza statistică a fondului existent de clădiri și a trendului realizării clădirilor în ultimii 5 ani conduce la concluzia necesității abordării în egală măsură a certificării atât a clădirilor colective, cât și a celor individuale. Simplificările propuse în studiul de față se bazează pe prelucrarea datelor din cataloagele autohtone de punți termice, precum și pe utilizarea datelor furnizate de prelucrarea modelului de calcul aferent blocului convențional aplicat unor localități reprezentative din zonele climatice ale țării.

ABSTRACT

This paper presents an analysis of a study carried out within the CA2 European project, the topic of which is the estimation of the rate of the activities carried out in view of the issuing of the new and existing dwelling and public buildings energy performance certificate. It results that the simplification of the methods of calculation of the Buildings Energy Performance is a real target of the activity devoted to the buildings certification activity, especially supported in the case of the individual and collective dwelling buildings. The statistical analysis of the existing building stock and of the trend in building performance in the last 5 years in Romania leads to the conclusion that it is necessary to equally approach the certification of the collective and of the individual buildings. The simplifications proposed in this paper are based on the processing of the data provided by the thermal bridges catalogues as well as on the use of the data provided by the processing of the calculation model corresponding to the conventional block of flats, used in the case of some representative localities in the climatic zones of the country.

1. Introducere

Este cunoscut faptul că, un obiectiv major al politicilor tuturor statelor îl constituie scăderea consumului de energie pentru protejarea resurselor naturale și corelat cu aceasta, scăderea emisiilor de CO₂ în atmosferă.

Acestea sunt și obiectivele Directivei 91/2002/CEE referitoare la Performanța Energetică a Clădirilor – transpusă în țara noastră prin Legea 372/2005 – și a Directivei 32/006/CEE privind eficiența energetică la utilizatorii finali și serviciile energetice.

Pentru implementarea acestor directive și a Planului Național de Acțiune în Domeniul Eficienței Energetice, este necesară sporirea activității de evaluare a performanțelor energetice ale clădirilor și realizarea condițiilor de monitorizare a economiilor obținute prin aplicarea măsurilor de creștere a performanței energetice a clădirilor noi și existente, rezultate din auditurile energetice efectuate.

În prezent, în țara noastră, prin Legea 372/2005 s-a instituit obligativitatea evaluării performanței energetice a clădirilor noi și existente, acțiune laborioasă care implică existența unui număr mare de auditori energetici pentru clădiri și a unor reglementări privind metode pentru certificarea energetică a clădirilor.

Practica de până acum a arătat că activitatea de certificare energetică este foarte complexă și că este necesară simplificarea metodelor pentru categorii de clădiri cu impact mare asupra consumului de energie, de tipul clădirilor de locuit și reducerea costurilor acestui serviciu.

Având în vedere toate aceste aspecte, lucrarea de față tratează:

- analiza costul activității de certificare energetică a clădirilor – evaluare la nivelul Uniunii Europene;
- analiza potențialului de reducere a consumului de căldură pentru încălzirea clădirilor de locuit și comparație între clădirile colective și clădirile individuale;

- analiză statistică a fondului de clădiri existent cu referire la clădirile de locuit;
- metodă simplificată de determinare a performanței energetice a clădirilor de locuit existente.

2. Analiza costului activității de certificare energetică a clădirilor – evaluare la nivel UE

Directiva europeană 91/2002/CE stabilește bazele pentru implementarea la nivelul clădirilor a schemelor de certificare energetică, bazate pe activitatea auditorilor energetici pentru clădiri. Practic, certificarea reprezintă un serviciu efectuat de auditor la solicitarea celor care utilizează clădirile (proprietar, administrator etc.). Ca și în cazul altor servicii care se adresează unor mulțimi de utilizatori, costul acestor servicii reprezintă un parametru de interes care, asociat calității și duratei rezolvării obiectivelor specifice, condiționează atingerea scopului propus, respectiv evaluarea Performanței Energetice a Clădirilor, încadrarea în clasele energetice, notarea energetică a clădirilor și elaborarea listei de posibile soluții tehnice având ca țintă reducerea consumului de energie și implicit a cantității de noxe asociate proceselor de asigurare a utilităților în spațiile ocupate.

O recentă analiză desfășurată în cadrul proiectului european CA2 cu suportul specialiștilor din cadrul țărilor membre ale Uniunii Europene a scos în evidență câteva repere ale activității de certificare energetică a clădirilor mai noi și existente, a căror pondere condiționează costul activității menționate. În țările în care nu funcționează un sistem de tarifyare a certificării energetice a clădirilor, reacția pieții la valoarea costului poate deveni una determinantă. Este și cazul României unde se semnalează atât tendința de utilizare a unor costuri nejustificat de reduse cât și costuri neatractiv de ridicate ca rezultat al utilizării unor metode de calcul și de investigare a clădirilor existente de complexitate și dificultate ridicată.

Din totalul celor 24 de țări care au dat curs analizei la nivel european a costurilor certificării energetice a clădirilor s-au desprins următoarele

câteva concluzii interesante cu privire la mecanismele de generare a costurilor, concluzii care se prezintă în cele ce urmează.

O variabilă care are pondere deosebită în stabilirea costurilor o reprezintă timpul necesar elaborării certificatului energetic, prin aceasta înțelegând toate activitățile necesare subsumate elaborării certificatului de performanță energetică al clădirilor. S-a elaborat o scală cu 5 repere care atestă influența activității asupra costului certificării, după cum urmează:

- 1 – influență foarte redusă;
- 2 – influență redusă;
- 3 – influență moderată;
- 4 – influență importantă;
- 5 – influență foarte importantă.

În raport cu aceste repere s-au elaborat sinteze privind estimarea influenței activității depuse atât în cazul clădirilor noi cât și al celor existente.

A. Clădiri noi

1. Metode de calcul/utilizare software: de locuit (R) – 3,2; publice (NR) – 3,1;
2. Analiza informațiilor:
R – 2,8; NR – 2,75;
3. Colectarea datelor:
R – 2,6; NR – 2,55;
4. Vizite/expertize:
R – 1,8; NR – 1,9;
5. Recomandări:
R – 1,7; NR – 1,8;
6. Elaborarea certificatului:
R – 1,5; NR – 1,4.

B. Clădiri existente

1. Colectarea datelor:
R – 4; NR – 3,9;
2. Analiza informațiilor:
R – 3,5; NR – 3,45;
3. Vizite/expertize:
R – 3,4; NR – 3,5;
4. Recomandări:
R – 3,2; NR – 3,3;
5. Metode de calcul/utilizare software:
R – 2,9; NR – 2,95;
6. Elaborarea certificatului:
R – 1,5; NR – 1,4.

Rezultă că, în cazul clădirilor existente, calculul este situat pe poziția a 5-a față de poziția întâia, în cazul clădirilor noi. Acest fapt demonstrează că, în cazul clădirilor existente, există tendința utilizării unor metode simplificate de calcul astfel încât activitatea de expertiză capătă o pondere superioară. Un alt aspect este cel implicit, respectiv diferențierea dintre clădiri noi și clădiri existente, care trebuie să își găsească loc și în practica certificării din România. O vechime a unei clădiri de maxim 2 ani, este recomandabil să definească *clădirea nouă*. Elaborarea certificatului este o activitate cu slabă influență asupra costului acestuia.

O analiză a activității tehnice, desfășurate în scopul elaborării CPE cu referire la cost, având ca reper o scală cu 5 repere valorice similare cu cele susmenționate, conduce la alte câteva concluzii interesante:

A. Clădiri de locuit noi (R noi)

1. Metodologia utilizată	3,2
2. Geometria clădirii	3,1
3. Calificarea auditorului	3,1
4. Mărimea clădirii	2,8
5. Caracteristicile sistemului de instalații	2,7
6. Zonele de microclimat	2,6
7. Taxe către autorități	1,5

B. Clădiri nerezidențiale noi (NR noi)

1. Metodologia utilizată	3,8
2. Zonarea microclimatică a clădirii	3,6
3. Caracteristicile sistemului de instalații	3,5
4. Geometria clădirii	3,4
5. Calificarea auditorului	3,2
6. Mărimea clădirii	3,1
7. Taxe către autorități	1,6

C. Clădiri existente

1. Calificarea auditorului:	R – 3,4 NR – 3,5
2. Mărimea clădirii:	R – 3,1 NR – 3,2
3. Geometria clădirii:	R – 3,4 NR – 3,2
4. Metodologia utilizată:	R – 3,1 NR – 3,2
5. Caracteristicile instalațiilor:	R – 2,8 NR – 3,1
6. Zonarea microclimatică:	R – 2,2 NR – 2,3
7. Taxe către autorități:	R – 1,5 NR – 1,5

Se observă câteva caracteristici ale analizei, după cum urmează:

• Clădiri noi

a) Metodologia de calcul adoptată este considerată de maximă importanță;

b) Zonarea microclimatică și caracteristicile instalațiilor sunt parametrii puternici în cazul clădirilor nerezidențiale;

c) În ambele cazuri calificarea auditorului are un impact considerabil asupra rezultatului final atât ca și calitate cât și din punct de vedere al costului certificării;

d) Anvelopa este considerată a avea un impact superior în cazul clădirilor de locuit.

• Clădiri existente

a) Nu apar diferențe notabile între clădirile de locuit și nerezidențiale;

b) Calificarea auditorului este de maximă importanță pentru ambele categorii de clădiri.

Față de cele de mai sus se desprind câteva concluzii utile studiului, după cum urmează:

1. Se impune o abordare diferențiată în ceea ce privește clădirile noi (definite prin vechimea maximă de 2 ani) și clădirile existente;

2. În cazul clădirilor existente, care formează marea majoritate a clădirilor cu impact major asupra consumului de combustibili fosili în România, activitățile de expertiză și de analiză dețin pondere majoră în activitatea de certificare energetică;

3. În cazul clădirilor existente metoda de calcul deține penultima pondere cu influență moderată asupra costului certificării energetice;

4. Din punctul de vedere al etapelor tehnice specifice certificării clădirilor existente nu se poate face o diferențiere notabilă între activități care implică anvelopa, instalațiile și metoda de calcul, toate acestea având o pondere relativ importantă fiind devansate de certificarea auditorilor.

Considerăm că, în paralel cu utilizarea unui algoritm corect din punct de vedere al proceselor fizice, se impune simplificarea activităților care produc datele necesar a fi incluse în algoritmul de lucru, și aceasta în mod special în cazul clădirilor de locuit cu pondere ridicată în activitatea de certificare energetică a clădirilor.

Combinarea caracteristicilor susmenționate are ca scop reducerea punctajului acordat atât activităților cât și aspectelor tehnice proprii activităților care privesc clădirile de locuit existente, cu scopul final de a reduce costul dar și timpul aferent certificării energetice a clădirilor de locuit existente.

3. Analiza potențialului de reducere a consumului de căldură pentru încălzirea clădirilor de locuit. Comparație între clădiri colective și clădiri individuale

Pentru a se putea face o comparație a potențialului de reducere a consumului de căldură pentru încălzirea locuințelor din clădiri colective și din clădiri individuale s-au efectuat audituri energetice pe clădiri reprezentative amplasate virtual în zonele climatice din România.

În cele de mai jos sunt prezentate concluziile rapoartelor de audit energetic elaborate:

1. Clădire de locuit colectivă:

Soluții de modernizare energetică a clădirii:

1. Modernizarea tâmplăriei exterioare (etanșare rosturi mobile, dotare ferestre cu geam termoizolant)
2. Izolarea termică a pereților exteriori cu 10 cm polistiren expandat
Izolarea termică terasei cu 10 cm polistiren extrudat
Izolarea termică a planșeului peste subsol cu 5 cm polistiren expandat
Modernizarea tâmplăriei exterioare

2. Clădire de locuit individuală:

Soluții de modernizare energetică a clădirii:

1. Izolarea termică a pereților exteriori cu 10 cm polistiren expandat

2. Modernizarea tâmplăriei exterioare (etanșare rosturi mobile, dotare ferestre cu geam termoizolant)

3. Izolarea termică a pereților exteriori cu 5 cm polistiren expandat

Izolarea termică a planșeului sub pod cu 14 cm polistiren expandat

Modernizarea tâmplăriei exterioare

Modernizarea instalației de încălzire

Sinteza rezultatelor vizând Performanța Energetică a clădirilor de locuit existente analizate este următoarea:

A. Clădire colectivă (bloc de locuințe) – 1 Ap. ~ 60 m²

A.1. Stare Actuală

$$Q_A \in [128; 191] \text{ kWh/m}^2\text{an}$$

A.2 Modernizare 1

$$Q_1 \in [90; 140] \text{ kWh/m}^2\text{an}$$

$$N_s = 15 \text{ ani};$$

$$N_{R1} \in [14,6 ; 11] \text{ ani} - \text{durata de recuperare a investitiei}$$

A.3 Modernizare 2

$$Q_2 \in [56; 90] \text{ kWh/m}^2\text{an}$$

$$N_s = 15 \text{ ani};$$

$$N_{R1} \in [15 ; 11] \text{ ani}$$

B. Clădire individuală – 1 ap. ~ 75 m²

B.1 Stare Actuală

$$Q_A \in [469; 694] \text{ kWh/m}^2\text{an}$$

B.2 Modernizare 1

$$Q_1 \in [233; 355] \text{ kWh/m}^2\text{an}$$

$$N_s = 25 \text{ ani};$$

$$N_{R1} \in [9,4 ; 7,5] \text{ ani}$$

B.3 Modernizare 2

$$Q_2 \in [430; 638] \text{ kWh/m}^2\text{an}$$

$$N_s = 15 \text{ ani};$$

$$N_{R2} \in [11,1 ; 14,8] \text{ ani}$$

B.4 Modernizare 3

$$Q_3 \in [124; 190] \text{ kWh/m}^2\text{an}$$

$$N_s = 15 \text{ ani};$$

$$N_{R3} \in [10,9 ; 8,5] \text{ ani}$$

Din analiza efectuată au reieșit următoarele concluzii principale:

• Locuințele din clădirile individuale sunt caracterizate de un consum de căldură pentru încălzire de aproape 3-3,5 ori mai mare decât consumul de energie aferent locuințelor din clădirile colective;

• Prin adoptarea soluțiilor de modernizare rezultate din auditurile energetice, consumul de căldură pentru încălzire se poate reduce cu 50- 75% la locuințele din clădirile individuale și se limitează la 30-45% la locuințele din clădirile colective. Limitarea este fixată de durata de viață a soluțiilor comparată cu durata de recuperare a investiției suplimentare.

Prin urmare clădirile individuale au un potențial de reducere a consumul de căldură pentru încălzire ridicat, ceea ce constituie un argument serios pentru stimularea activității de certificare energetică și modernizare în vederea creșterii performanței energetice și pentru acest tip de clădiri, în prezent ignorate din statistici și din politicile de modernizare energetică a fondului de clădiri existent. În acest scop se impune reducerea costurilor de certificare și a

timpului aferent acestei activități prin aplicarea unor metode simplificate de calcul și în funcție de tipul datelor de intrare, de simplificare a activității de experiză.

4. Analiza statistică a fondului de clădiri existente cu referire la clădirile de locuit

Pentru analiză au fost utilizate date cuprinse în documentele statistice elaborate de Institutul Național de Statistică obținute atât din prelucrarea datelor recesământului din 7.01.1992 cât și din prelucrarea datelor anuale referitoare la evoluția fondului de locuințe din România.

Pentru scopul lucrării au fost selectate următoarele tipuri de date statistice:

- Numărul de clădiri în funcție de tipul acestora:

- clădiri individuale cu o locuință;

- clădiri cu 2 sau mai multe locuințe, înșiruite, cuplate etc.;

- clădiri tip bloc.

- Numărul de locuințe în funcție de localizarea lor în diferite tipuri de clădiri (clădiri individuale cu o locuință; clădiri cu 2 sau mai multe locuințe, înșiruite, cuplate etc.; clădiri tip bloc).

Informațiile selectate au cuprins date la nivelul întregii țări și date la nivelul fiecărui județ precum și date privind clădirile/locuințele aflate în mediul urban, acestea fiind categoriile de clădiri care se supun legislației referitoare la certificarea energetică a clădirilor.

Din analiza acestor date au rezultat următoarele:

- Din totalul clădirilor de locuit din România, ponderea cea mai mare o au clădirile individuale cu o locuință (95,1%), urmate de clădirile cu două sau mai multe locuințe, înșiruite, cuplate etc. (3,1%), pe ultimul loc aflându-se clădirile de tip bloc (1,8%);

- Aceeași situație se regăsește și la clădirile din mediul urban: 83,8% clădiri individuale cu o locuință; 8,9% clădiri cu

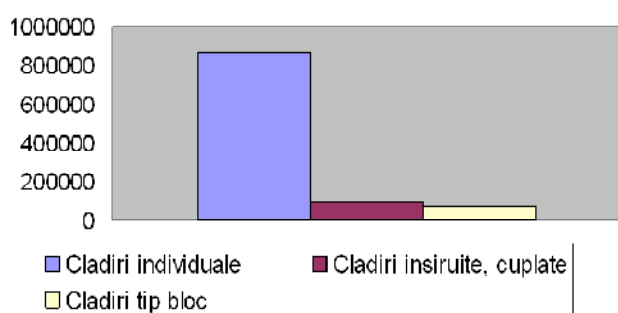


Figura 1. Fondul de clădiri de locuit din mediul urban pe tipuri de clădiri

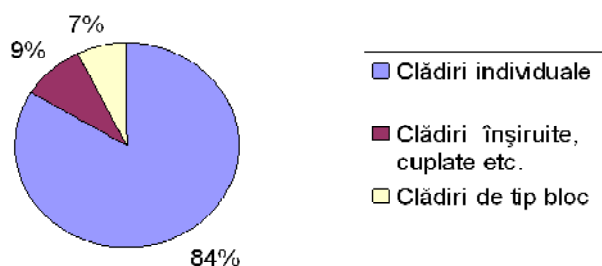


Figura 2. Repartizarea procentuală, a numărului de clădiri din mediul urban, în funcție de tipul clădirii

două sau mai multe locuințe, înșiruite, cuplate etc.; 7,3% clădiri tip bloc;

– Din totalul de locuințe din România, locuințele aflate în clădiri individuale cu o locuință au ponderea cea mai mare (55,7%), urmate de locuințele aflate în clădiri de tip bloc (39,2%), ultimele fiind locuințele aflate în clădiri cu două sau mai multe locuințe, înșiruite, cuplate etc. (5,1%);

– În mediul urban, cea mai mare pondere o au locuințele aflate în clădiri de tip bloc (71,7%), urmate de locuințele aflate în clădiri individuale cu o locuință (21,5%) și apoi de locuințele aflate în clădiri cu două sau mai multe locuințe, înșiruite, cuplate etc. (6,8%).

Deși la nivel urban numărul de locuințe aflate în clădiri individuale este mai redus decât numărul de locuințe din clădiri de tip bloc, totuși această categorie de locuințe reprezintă un procent important. Trebuie avut în vedere și faptul că, la această categorie de locuințe este mult mai ușor de implementat măsuri de îmbunătățire a performanței energetice. De altfel, practica din ultimii ani a dovedit că, deși s-au depus eforturi considerabile pentru realizarea planului de lucrări de reabilitare la clădiri de tip bloc de locuințe, rezultatele sunt slabe.

De mare interes în adoptarea unei strategii privind măsurile pe termen lung ce pot fi luate pentru creșterea performanței energetice a clădirilor este și modul în care evoluează fondul de locuințe din țara noastră. Din analiza datelor privind numărul de locuințe construite în ultimii cinci ani (2003...2007), în mediul urban, rezultă că locuințele din clădirile individuale au cea mai mare pondere (65,65%), comparativ cu locuințele din clădirile colective (34,35%),

Trebuie subliniat faptul că atât Legea 372/2005 cât și Directiva 91/2002/CE fac apel la Performanța Energetică a Clădirilor motiv pentru care ponderea însemnată a clădirilor individuale asociată potențialului energetic foarte ridicat, orientează scopul lucrării alături de clădirile colective, și către acest segment de clădiri.

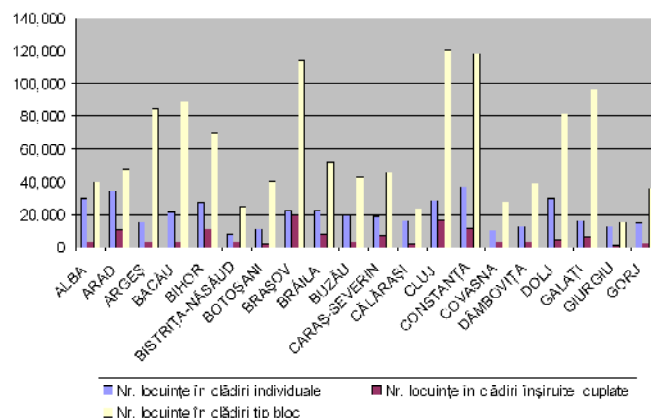


Figura 3.1. Repartizarea fondului de locuințe din mediul urban, pe județe, în funcție de tipul clădirii

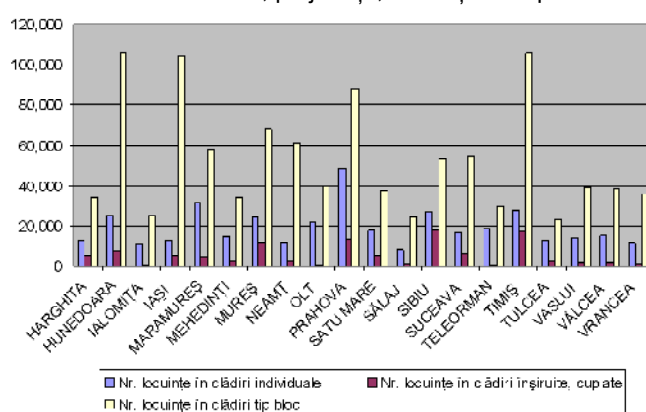


Figura 3.2. Repartizarea fondului de locuințe din mediul urban, pe județe

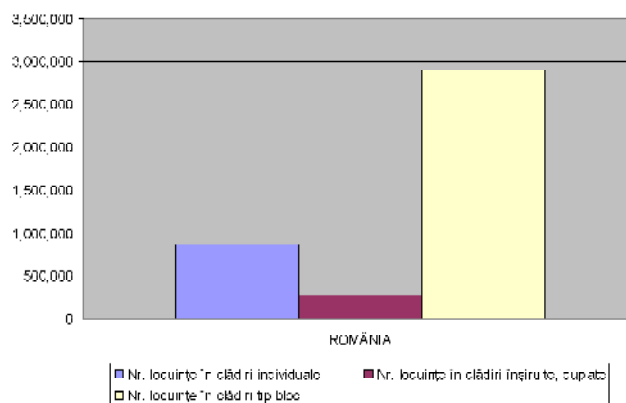


Figura 3.3. Repartizarea fondului total de locuințe din mediul urban

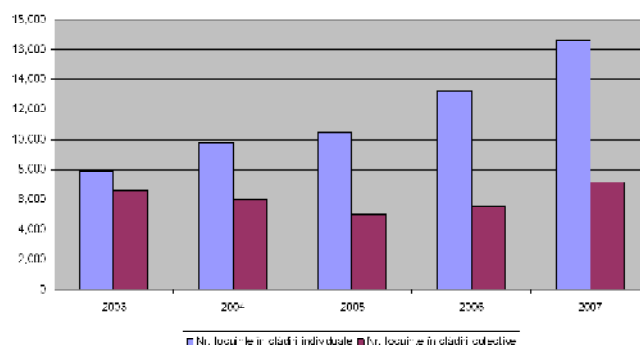


Figura 4. Dinamica creșterii numărului de locuințe din mediul urban, în ultimii 5 ani, în funcție de tipul clădirii

5. Metodă simplificată de determinare a PEC a clădirilor de locuit existente, cu referire la încălzirea continuă a spațiilor locuite

Având în vedere algoritmul de calcul al PEC [1], [2], [3], [4], subsumat fidelității în raport cu fenomenul fizic, scopul lucrării de față capătă dimensiuni de dificultate crescută, astfel încât se impun câteva criterii care să delimiteze o zonă a opțiunilor posibile fără a se genera un domeniu artificial de lucru nereprezentativ și generator de informații false.

O primă restricție se referă la geometria clădirilor și, pentru închiderile opace, este consecința rezolvărilor proprii structurii constructive foarte diferențiate în timp, ca rezultat al faptului că proiectarea antiseismică reprezintă principala opțiune care conduce la detalii structurale care generează punți termice cu efect semnificativ asupra PEC. Ne referim la clădirile de locuit colective, indiferent de intervalul de realizare. Prin urmare acest tip de clădire nu poate fi evaluată din punct de vedere energetic fără o corectă definire a anvelopei opace a clădirii.

Rezistența termică corectată a elementelor de anvelopă opace se determină cu relația cunoscută:

$$R_c \equiv \left(\frac{1}{R} + \frac{\sum_j L_j \Psi_j}{S} \right)^{-1} \quad (1)$$

în care R_c este rezistența termică corectată și R este rezistența termică în zona de câmp. Se determină coeficientul de corectare a rezistenței termice din zona de câmp:

$$r_c = 1 + \frac{R}{\dot{R}} = \frac{R}{R_c} \quad (2)$$

Complexul dimensional:

$$\dot{R} = \frac{S}{L \overline{\Psi}} \quad (3)$$

definește o rezistență termică echivalentă punților termice.

Diferențele de rezolvare structurală dintre clădirile individuale și cele colective generează două căi de abordare a problemei caracteristicii termice a anvelopei, diferențiate atât în funcție de elementele de expertiză, cât și în funcție de diversitatea cazurilor reale.

Clădiri de locuit individuale existente

Față de cele de mai sus, pe baza catalogului de punți termice din reglementarea C107/3-2005, s-au determinat situațiile în care se pot utiliza valori unice pentru Ψ , independent de caracteristicile geometrice și de proprietățile termofizice de material. Prin urmare s-au propus următoarele valori Ψ (numerotarea vizează tabelele 1...73 din reglementarea menționată).

Tabelul 1.

Nr. tabel C 107/3-2005	Cazul	Ψ_1	Ψ_2
1	Intersecție pereți interiori-exteriori	0,00	0,07
2	Idem cu termoizolație	0,00	0,00
3	Colț pereți (fără stâlpișori)	0,09	0,09
3	Colț pereți (cu stâlpișori)	0,17	0,17
5	Colț pereți b.c.a.	0,07	0,07
6	Colț pereți b.c.a.+ b.a.	0,12	0,12
10	Colț pereți b.c.a.+ stâlpi b.a.	0,00	0,00
21	Centură ziduri	0,05	0,17
23	Centură în pereți termoizolați	0,15	0,25
51	Tâmplărie dublă • cărămidă • b.c.a	0,10 0,07	
61	Tâmplărie cuplată • cărămidă • b.c.a	0,20 0,18	
31	Atic pod	0,30	

Pe baza valorilor din tabelul nr. 1 și în funcție de situația concretă specifică configurației clădirii se determină:

$$R_{Pecj} \equiv \left[\frac{1}{R_{Pej}} + 3 \cdot \Psi_F + \frac{\sum_k (\Psi_k \cdot L_{pk})}{\sum_j S_{Pek}} \right]^{-1} \quad (4)$$

în care:

k – indice de însumare în funcție de tipul de punte termică (Tabelul 1)

Valorile $\Psi_{k,F}$ se preiau din tabelul nr. 1 și au semnificația din reglementarea C107/3-2005.

Coeficientul global de transfer de căldură se determină conform relației pentru placa plan paralelă infinită cu $\alpha_i = 8 \text{ W/m}^2\text{K}$; $\alpha_i = 17 \text{ W/m}^2\text{K}$

și valorile λ_c corectate în funcție de vechimea și expunerea structurii la intemperii și inundații. Se poate utiliza un coeficient mediu de multiplicare de 1,08 astfel încât:

$$\lambda_c = 1,08 \cdot \lambda_{\text{catatog}} \quad (5)$$

pentru materiale relativ stabile (cărămidă, beton, b.c.a.).

În cazul transferului de căldură prin pardoseală se vor utiliza valorile rezistențelor termice corectate din tabelul 2 [$\text{m}^2\text{K/W}$]:

Tabelul 2.

Tip pardoseală	Planșeu neizolat	Planșeu izolat
pe sol	3.35	4.60
peste subsol neîncălzit	3.00	4.00

O simplificare acceptabilă a calculelor rapide constă în utilizarea modelului de calcul monozonal pentru clădirile individuale. În cazul în care clădirea este prevăzută cu pod, temperatura în spațiul podului se determină cu relația:

$$\bar{t}_{Pd} = \frac{\frac{S_{PL}}{R_{PLc}} \cdot t_{i0} + \left[\left(1 + \frac{3}{\bar{t}_e} \right) \cdot \frac{S_{AC}}{R_{AC}} + n_{aPd} \cdot V_{Pd} \cdot \rho \cdot c_{pa} \right] \cdot \bar{t}_e}{\frac{S_{PL}}{R_{PLc}} + \frac{S_{AC}}{R_{AC}} + n_{aPd} \cdot V_{Pd} \cdot \rho \cdot c_{pa}} \quad (6)$$

Cu aceasta fluxurile termice disipate către exterior se vor exprima cu relațiile:

1. Elemente de construcție opace și transparente supraterane (pereți laterali, ferestre și uși exterioare):

$$Q_E = 0.88 \cdot \left(\frac{S_{Pe}}{\bar{R}_{Pe}} + \frac{S_F}{\bar{R}_F} \right) \cdot (t_{i0} - \bar{t}_e) \quad (7)$$

în care:

$$\bar{R}_{Pe} = \frac{S_{Pe}}{\sum_j \frac{S_{Pej}}{R_{Pecj}}}; \quad \bar{R}_F = \frac{S_F}{\sum_j \frac{S_{Fj}}{R_{Fj}}}$$

2. Planșeu sub pod:

$$Q_{Pd} = \frac{S_{Pl}}{R_{PLc}} (t_{i0} - \bar{t}_{Pd}) \quad (8)$$

în care:

$\bar{t}_{Pd}$ este dat de relația (6);

$R_{PLc} = 0,90 \cdot R_{PL}$ (R_{PL} – rezistența termică în zona de câmp).

3. Planșeu peste sol/subsol:

$$Q_{SOL} = \frac{S_S}{R_{Sc}} (t_{i0} - \bar{t}_e) \quad (9)$$

în care valorile R_{Sc} se aleg din tabelul 2.

4. Fluxul termic necesar încălzirii aerului proaspăt se determină cu relația:

$$Q_{inf} = B_1 \cdot n_a \cdot V \cdot \rho \cdot c_{pa} \cdot (t_{i0} - \bar{t}_e) \quad (10)$$

în care:

$$B_1 = 1 + 0,025 \cdot \frac{6 - N_{Pi}}{\bar{R}}$$

în care:

N_{Pi} numărul mediu de pereți interiori dintr-o incintă medie din zona principală;

$\bar{R}$ rezistența termică medie a anvelopei zonei principale (include elementele opace și transparente supraterane, planșeul către sol/subsol, planșeul către pod).

Numărul mediu de pereți interiori rezultă ca medie a valorilor N_{Pi} pentru fiecare incintă inclusă în zona principală a clădirii.

2. Aporturile datorate activității umane se determină cu relația:

$$Q_a = 5 \cdot S_{Loc} \quad (11)$$

Rezultă următorul algoritm de calcul al PEC (încălzire spații) pentru clădiri de locuit individuale:

1. Necesarul de căldură, cu referire la valorile medii lunare, se obține prin utilizarea relației:

$$Q_{nec} = \left(\frac{S_E}{\bar{R}} + B_1 \cdot n_a \cdot V \cdot \rho \cdot c_{pa} \right) (\bar{t}_{iR} - \bar{t}_{eR}) \text{ [W]}$$

în care:

$$S_E = S_{Pe} + S_F + S_{Pd} + S_{S/Sb}$$

$$\bar{t}_{iR} = t_{i_o} - \frac{5 \cdot S_{Loc}}{\frac{S_E}{\bar{R}} + B_1 \cdot n_a \cdot V \cdot \rho \cdot c_{pa}}$$

$$\bar{t}_{eR} = \frac{\left(\frac{S_E}{\bar{R}} - \beta_{Pd} + B_1 \cdot n_a \cdot V \cdot \rho \cdot c_{pa} \right) \cdot \bar{t}_e + \beta_{Pd} \cdot \bar{t}_{Pd}}{\left(\frac{S_E}{\bar{R}} + B_1 \cdot n_a \cdot V \cdot \rho \cdot c_{pa} \right)}$$

$$\bar{R} = \frac{S_E}{\frac{S_{Pe}}{\bar{R}_{Pe}} + \frac{S_F}{R_F} + \beta_{Pd} + \frac{S_S}{R_S}}$$

$$\bar{R}_{Pe} = \frac{S_{Pe}}{\sum_j \frac{S_{Pe_j}}{R_{Pe_j}}}; \quad S_{Pe} = \sum_j S_{Pe_j}$$

$$\bar{R}_F = \frac{S_F}{\sum_k \frac{S_{F_j}}{R_{F_j}}}; \quad S_F = \sum_j S_{F_j}$$

$$B_1 = 1 + 0,025 \cdot \frac{6 - N_{Pi}}{\bar{R}}$$

$$\beta_{Pd} = \frac{S_{PL}}{R_{PLc}}$$

Notatii utilizate:

S_{Pe_j} suprafața de transfer de căldură a pereților exteriori verticali cu orientarea cardinală “j”, [m²];

S_{F_j} suprafața de transfer de căldură a ferestrelor exterioare (ramă și vitraj) cu orientarea cardinală “j”, [m²];

S_{AC} suprafața de transfer de căldură a acoperișului peste pod, [m²];

S_{PL} suprafața de transfer de căldură a planșeului dintre spațiul locuit și pod, [m²];

S_S suprafața pardoselii, [m²];

R_{Pe_j} rezistența termică a pereților exteriori cu orientarea cardinală “j”, [m²K/W];

$\bar{t}_e$ temperatura exterioară medie lunară, [°C].

Valoarea R_{Pecj} se determină cu relația (4), în care valorile Ψ_k se preiau din tabelul 1 iar R_{Pej} este valoarea rezistenței termice în zona de câmp a pereților asemenea.

R_{F_j} - rezistența termică a închiderilor mobile (ferestre, uși) cu orientare cardinală “j” (ramă și vitraj) [m²K/W];

R_{AC} - rezistența termică a acoperișului peste pod determinată cu relația de “câmp”

$$R_{AC} = 0.131 + \sum_{AC} \left(\frac{\delta}{\lambda} \right);$$

R_S rezistența termică a elementelor de închidere la partea inferioară a clădirii, conform tabelului 2;

$\bar{t}_e$ temperatura exterioară medie lunară, [°C];

n_a, n_{aPd} rata de ventilare a spațiului locuit (zona principală) respectiv a podului [s⁻¹];

V, V_{Pd} volumul liber al zonei principale, respectiv al podului [m³];

$\bar{t}_{iR}$ temperatura interioară redusă, [°C];

$\bar{t}_{eR}$ temperatura exterioară de referință, [°C].

Condiția de definire a sezonului de încălzire este:

$$t_{iR} = t_{eR}$$

2. Consumul de căldură aferent încălzirii spațiului se determină cu relația:

$$\dot{Q} = 0,024 \left(\frac{S_E}{R} + B_1 \cdot n_a \cdot V \cdot \rho_{c_{pa}} \right) \cdot N_{GZC} \cdot \eta^{-1} \text{ [kWh]}$$

în care:

N_{GZC} - numărul corectat de grade-zile,
rezultat ca suprafață cuprinsă între
 $\bar{t}_{i_R}(\tau)$ și $\bar{t}_{e_R}(\tau)$ în diagrama termică a
clădirii;

η - randamentul de furnizare a căldurii:

$$\eta = \eta_R \cdot \eta_S$$

η_R - randamentul de reglare;

η_S - randamentul sursei.

Modelul de calcul prezentat se pretează la realizarea unei file de calcul extrem de simplă astfel încât calculul nu poate depăși 2 ore (inclusiv introducerea datelor și verificările de parcurs).

1. Performanța Energetică a Clădirii se determină cu relația:

$$q = \frac{\dot{Q}}{S_{UTIL}} \text{ [kWh/m}^2 \cdot \text{an]}$$

2. Elaborarea Certificatului de Performanță Energetică implică determinarea PEC **referință** care va fi caracterizată de valori ale rezistențelor termice ale elementelor de închidere conform clădirilor noi (C107/1-2005) cu excepția transferului de căldură prin pardoseală în care se adoptă valorile din tabelul nr. 3 pentru cazul izolării termice.

3. CPE ține seama de penalizări, iar procedura este cea din MC 001/2006.

Clădiri de locuit colective existente

În cazul condominiilor deciziile privind simplificarea metodei de calcul a PEC sunt însoțite de o cotă de risc sporit în comparație cu cazul clădirilor individuale. Principalele elemente care diferențiază din punct de vedere

termotehnic cele două clase de clădiri sunt următoarele:

- utilizarea obligatorie a modelului multizonal în cazul clădirilor colective, ceea ce implică diferențierea parametrilor termodinamici intensivi și extensivi proprii zonelor principală și secundare;
- rezolvările structurale ale anvelopei opace care implică o mare diversitate de tipuri de punți termice cu impact semnificativ asupra PEC;
- utilizarea panourilor mari prefabricate al căror răspuns termic depinde de rezolvarea structurală proprie și de conexiunile cu elementele de închidere opace și transparente adiacente.

Elaborarea unei metode simplificate de calcul, ca și în cazul clădirilor individuale, nu se rezumă la simplificarea algoritmului de calcul ci include, ca prioritate, determinarea caracteristicilor de transfer de căldură ale anvelopei zonei principale, dar și ale anvelopelor zonelor secundare (casa scărilor, subsol tehnic și pod). Metodologia aplicată pentru a sintetiza rezultate cu grad acceptabil de aplicabilitate constă în prelucrarea catalogului de punți termice din reglementarea C 107/3-2005, ținând seama de caracteristici geometrice virtuale ale clădirilor, ca multiplu geometric al blocului convențional definit pe baze statistice, precum și utilizarea indicilor de răspuns termic ai blocului convențional, în diverse ipoteze de funcționare.

Elemente de închidere opace analizate. Panouri mari prefabricate

Procedura practică de determinare a rezistenței termice corectate constă în parcurgerea a doi pași, după cum urmează:

1. Identificarea dimensiunilor în plan ale panoului mare și ale elementului transparent mobil / fix (fereastra, usa) inclus în panou. Determinarea suprafețelor și a raportului de vitrare R_v ca raport între suprafața elementului transparent și suprafața totală a panoului mare;

2. Determinarea din graficul din fig. 5 a rezistenței termice corectate a părții opace din panoul mare.

Elemente de închidere opace executate pe lantier

Se prezintă valori sintetizate ale coeficienților specifici punctelor termice liniare, la fel ca și în cazul clădirilor individuale, cu referire la rezolvările constructive prezentate în reglementarea C 107/3 – 2005, și cu particularitățile specifice clădirilor de locuit (în special cu privire la închiderile practicate curent).

Rezistența termică corectată a părții opace a anvelopei se determină cu relația (4), în funcție de valorile din Tabelul 3.

În ceea ce privește determinarea temperaturilor din zonele secundare (casa scărilor și subsol tehnic) ale clădirii, procedura de calcul ține seama de funcționarea corpurilor de încălzire în spațiul casei scărilor, respectiv de gradul de izolare termică a conductelor prin care circulă fluide calde, amplasate în subsolul tehnic al clădirii. Rezultatele sunt prezentate în tabelul 4, împreună cu valorile fluxurilor termice specifice cedate de instalațiile termice din subsol.

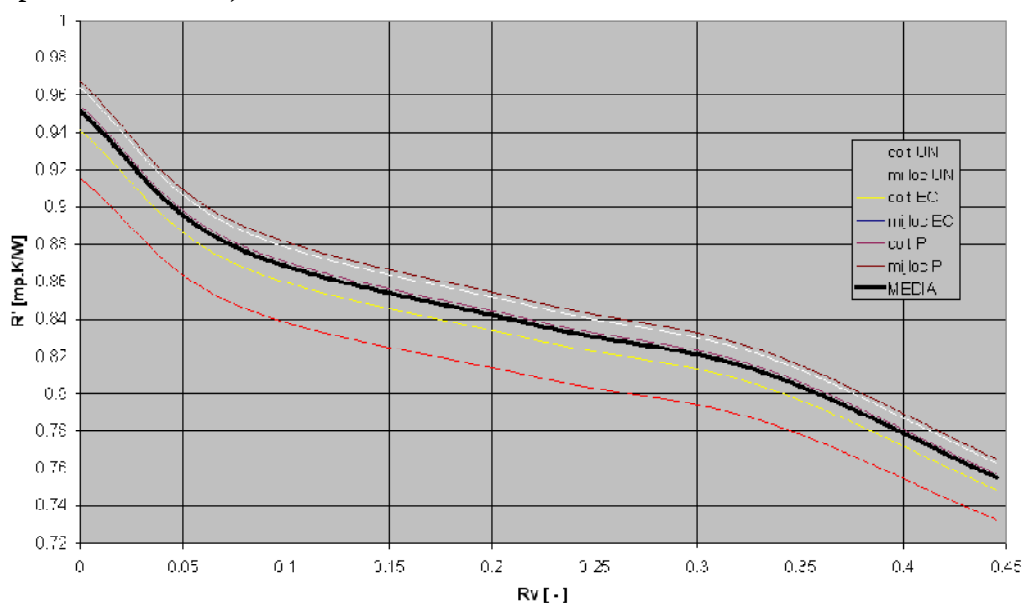


Figura 5. Variația rezistenței termice corectate în funcție de raportul de vitrare al panoului mare, prefabricat și de poziționarea panoului în cadrul anvelopei clădirii

Ținând seama de cele de mai sus, fluxul termic necesar în luna „k” se obține cu ușurință cu relațiile elementare:

- Pentru zona principală:

$$Q_{\text{NEC.ZPk}} = (t_{iR} - t_{eRk}) \cdot \left[\beta \cdot \left(\frac{S_{PE}}{R_{PE}} + \frac{S_F}{R_F} + \frac{S_T}{R_T} \right) + \frac{S_{CS}}{R_{CS}} + \frac{S_{SB}}{R_{SB}} + n_a \cdot V \cdot \rho \cdot c_{pa} \cdot B_1 \right]$$

în care:

$$t_{iR} = t_{i0} - \frac{a \cdot S_{LOC}}{\beta \cdot \left(\frac{S_{PE}}{R_{PE}} + \frac{S_F}{R_F} + \frac{S_T}{R_T} \right) + \frac{S_{CS}}{R_{CS}} + \frac{S_{SB}}{R_{SB}} + n_a \cdot V \cdot \rho \cdot c_{pa} \cdot B_1}$$

$$t_{eRk} = \frac{\left[\beta \cdot \left(\frac{S_{PE}}{R_{PE}} + \frac{S_F}{R_F} + \frac{S_T}{R_T} \right) + n_a \cdot V \cdot \rho \cdot c_{pa} \cdot B_1 \right] \cdot t_{ek} + \frac{S_{CS}}{R_{CS}} \cdot t_{CSk} + \frac{S_{SB}}{R_{SB}} \cdot t_{SBk}}{\beta \cdot \left(\frac{S_{PE}}{R_{PE}} + \frac{S_F}{R_F} + \frac{S_T}{R_T} \right) + \frac{S_{CS}}{R_{CS}} + \frac{S_{SB}}{R_{SB}} + n_a \cdot V \cdot \rho \cdot c_{pa} \cdot B_1}$$

Tabelul 3.

Nr. tabel C 107/3- 2005	Cazul	Ψ_1	Ψ_2
1	Intersecție pereți interiori-exteriori	0,04	0,040
2	Idem cu termoizolație	0,02	0,020
3	Colț iesind	0,145	0,145
13	Colț intrand	0,35	-0,250
21	Centură ziduri caramidă	0,05	0,200
22	Centură ziduri caramidă (cu termoizolație)	0,15	0,250
25	Grinda b.a si perete b.c.a. (consolă sus)	0,07	0,270
27	Grinda b.a si perete b.c.a. (consolă jos)	0,05	0,250
51	Tâmplărie dublă • cărămidă • b.c.a	0,20 0,15	
61	Tâmplărie cuplată • cărămidă • b.c.a	0,23 0,18	
31	Atic terasă	0,35	0,200
41	Soclu subsol perete caramidă	0,22	
44	Soclu subsol perete b.c.a si b.a	0,05	
46	Perete interior pe placa peste subsol • b.a • caramidă • b.c.a.	0,35 0,22 0,10	

Tabelul 4.

Fără corpuri statice în casa scărilor			Fără corpuri statice în casa scărilor		Cu corpuri statice în casa scărilor			Cu corpuri statice în casa scărilor	
Luna	tsb.k [°C]	tcs.k [°C]	Luna	q.inst.sb.k [W/m]	Luna	tsb.k [°C]	tcs.k [°C]	Luna	q.inst.sb.k [W/m]
I	13.55	14.31	I	3.89	I	14.96	15.93	I	19.43
II	13.57	14.78	II	3.76	II	14.93	16.27	II	18.78
III	14.57	15.90	III	3.38	III	15.77	17.10	III	16.88
IV	15.79	17.38	IV	2.88	IV	16.77	18.20	IV	14.42
V	17.11	18.64	V	2.44	V	17.90	19.16	V	12.20
VI	18.02	19.47	VI	2.15	VI	18.69	19.78	VI	10.74
VII	18.64	19.92	VII	1.98	VII	19.25	20.13	VII	9.90
VIII	18.76	19.77	VIII	2.01	VIII	19.39	20.02	VIII	10.05
IX	18.05	18.81	IX	2.33	IX	18.81	19.30	IX	11.63
X	16.80	17.41	X	2.80	X	17.76	18.25	X	14.00
XI	15.59	16.12	XI	3.24	XI	16.74	17.28	XI	16.21
XII	14.33	14.94	XII	3.66	XII	15.65	16.40	XII	18.29

- Pentru spațiul casei scărilor:

$$Q_{CSk} = \delta_{cs} \cdot Q_{0CS} \cdot [(0.00012 \cdot t_{ek} - 0.014) \cdot t_{CSk} - (0.016 \cdot t_{ek} - 0.62)]$$

în care:

δ_{cs} – operatorul Kronecker – Weierstrass

- Pentru instalațiile termice din spațiul subsolului, fluxul termic disipat se determină cu relația:

$$Q_{Lk} = q_{Lk} \cdot L$$

în care q_{Lk} se preia din Tabelul 4.

Diagrama termică permite determinarea numărului corectat de grade-zile și durata sezonului de încălzire. Cantitatea de căldură se determină utilizând procedura prezentată în cazul clădirilor individuale.

5. Concluzii

1. Studiul efectuat la nivelul statelor UE demonstrează tendința specialistilor de a simplifica metodele de calcul a PEC în scopul reducerii costurilor specifice activității de certificare energetică a clădirilor de locuit existente.

2. Principalele categorii de clădiri beneficiare ale unei metodologii rapide și ieftine de evaluare a PEC sunt clădirile de locuit individuale și colective cu referire la încălzirea spațiilor.

3. Lucrarea prezintă elementele de fundamente și metodologice de aplicare a două metodologii de evaluare rapidă a performanței termice a celor două categorii de clădiri menționate.

4. Algoritmul de calcul poate fi inclus într-un sistem rapid de calcul tabelar, iar durata de calcul, inclusiv introducerea și verificarea datelor de intrare, nu va depăși 2 ore.

5. Corelat cu simplificările metodelor de calcul se produc și câteva simplificări ale etapei de expertiză dar această etapă rămâne determinantă în furnizarea unor date reale necesare chiar și în cazul metodelor simplificate de calcul.

6. Studiul se va finaliza cu o testare în paralel cu metodele consacrate (NP 048-2000, Mc 001/2006 și cu programul de calcul dinamic al INCERC, validat experimental pe suportul unor clădiri individuale și colective).

BIBLIOGRAFIE

- [1] Constantinescu D., Petran H., Petcu Cr., *Performanța energetică a clădirilor noi și existente – Fundamentare teoretică și aplicații*, Ed. Universitară „Ion Mincu”, București, 2008
- [2] Constantinescu D., *Termotehnica în construcții, Fundamentare teoretică și aplicații*, vol. 1 – *Fundamentare teoretică*, Ed. AGIR (în curs de apariție)
- [3] * * * *Metodologia de calcul a Performanței energetice a clădirilor*, Mc 001/2006
- [4] * * * *Normativ privind calculul termotehnic al elementelor de construcție ale clădirilor*, C107/2005