

Influența tipului de casă de scară asupra consumurilor energetice ale unei clădiri

Staircase type influence on the energy consumption of a building

Margareta-Irina Țipel¹, Ștefan Crețeanu², Vlad Iordache³

¹ Universitatea Tehnică de Construcții București

Adresă: Pache Protopopescu, nr 66, sector 2, Bucuresti, ROMANIA

E-mail: irinatpl@yahoo.com

² Universitatea Tehnică de Construcții București

Adresă: Pache Protopopescu, nr 66, sector 2, Bucuresti, ROMANIA

E-mail: creiteanustef@yahoo.com

³ Universitatea Tehnică de Construcții București

Adresă: Pache Protopopescu, nr 66, sector 2, Bucuresti, ROMANIA

E-mail: viordach@yahoo.com

Rezumat: În ultimii ani, mai multe studii au avut ca obiectiv determinarea celor mai importanți factori care influențează consumul de energie termică, dar niciunul dintre studii nu a vizat compararea de diferite structuri arhitecturale. În acest studiu am comparat trei tipuri diferite de casa scării, în scopul de a înțelege care este arhitectura ce conduce la cel mai mic consum de căldură și cea mai bună clasă energetică. Această comparație a fost realizată pentru parametrii diferiți ai clădirii (numărul de etaje, rezistența termică a pereților exteriori și ferestre) și parametrii legați de destinația clădirilor (temperatura interioară, aporturi interne de căldură și rata de infiltrare a aerului). În urma calcului consumului și clasei energetice pentru fiecare structură arhitecturală a reieșit că tipul casei scării poate aduce o schimbare de maxim 40% din consumul anual specific dar nu aduce nici o schimbare a clasei energetice.

Cuvinte cheie: performanța energetică a clădirilor, eficiență energetică, consum de energie pentru încălzire

Abstract: Over the last decade several studies aimed to find the most important factors that influence the thermal energy consumption, but none of them were carried out to compare different architectural structures. In this study we compared three different types of stairwell in order to understand which architecture leads to the smallest heat consumption and the best energy class. This comparison was carried out for different building parameters (number of floors, thermal resistance of the external walls and windows) and building operation condition (indoor temperature, indoor heat gains and air infiltration rate). The architectural structure of the stairwell was found to bring a maximum 40% change of thermal consumption but no change of the energy class.

Key words: building energy performance,, energy efficiency, thermal energy consumption

1. Introducere

Consumul de energie finală pentru clădirile de locuit construite după anul 2000 variază între 120-230 kWh/m²an, iar aceasta variație poate fi explicată funcție de caracteristicile termice ale elementelor de anvelopă [1]. În diferite studii anterioare au fost evidențiați factorii care au un impact important asupra performanței energetice a clădirilor [2]: rezistența termică a pereților exteriori, rezistența termică a ferestrelor, temperatura interioară, degajările de la sursele interioare și rata de ventilare/infiltrații. Alte studii au pus în evidență alți factori complexi care regroupează în interiorul lor influența mai multor alți factori [3, 4]: coeficientul global de izolare termică a clădirii, factorul de compactitate sau suprafața echivalentă sud. Dar nici un alt studiu nu a pus în evidență influența factorilor de tip arhitectural.

În acest studiu ne propunem să determinăm influența pe care o are un astfel de factor de tip arhitectural (modificarea tipului de casă de scară a unei clădiri) asupra consumului energetic, în condițiile în care se variază factorii enunțați anterior și regimul de înălțime al clădirii. Au fost vizate în acest studiu trei tipuri principale de casă de scară diferite din punct de vedere arhitectural. Această modificare conduce și la modificarea valorii temperaturii casei scării, determinată pe baza ecuației de bilanț termic de fluxuri.

Obiectivul studiului constă în compararea influenței tipului de casei scării prin intermediul consumului specific de energie pentru încălzire [kWh/m²an] și al clasei energetice.

În continuare, articolul prezintă metoda aplicată în vederea determinării influenței tipului casei scării și rezultatele referitor la care structura de casă de scară are influența cea mai ridicată asupra consumului și clasei energetice a clădirii.

2. Metodă

Efectul tipului de casă de scară asupra consumului energetic este diferit funcție de starea celorlalți parametri care influențează consumul energetic. Astfel efectul casei scării a fost analizat pentru mai multe configurații ale aceleiași clădiri (aceeași geometrie, arhitectură, și orientare).

Influența casei de scară asupra consumurilor energetice ale clădirii este studiată pentru trei situații în care clădirea analizată are regimuri de înălțime diferite, și anume: S+P+1E, S+P+6E și S+P+14E. Suplimentar pentru fiecare regim de înălțime, au fost analizate trei tipuri diferite de anvelopă și de exploatare a clădirii. În total, au fost analizate 27 de clădiri, obținute în urma asocierii cazurilor prezentate în studiu (trei tipuri de casă de scară, trei regimuri de înălțime și trei tipuri de anvelopă).

Pentru fiecare dintre aceste cazuri a fost calculat consumul energetic al clădirii, pe baza metodologiei de calcul al performanțelor energetice a clădirilor Mc 001 : 2006 [5].

2.1. Descrierea tipurilor de casă de scară utilizate în studiu

În acest studiu sunt utilizate trei tipuri arhitectural diferite de casă de scară neîncălzite spre care apare un flux energetic de la spațiul încălzit al clădirii. Cel mai des întâlnite tipuri de casă de scară, folosite de noi în acest studiu, sunt caracterizate de suprafețe diferite prin care se realizează pierderile de căldură de la spațiile încălzite spre casa scării, dar și prin suprafețe diferite prin care se realizează pierderile de căldură de la casa scării spre exterior.

Primul tip de casă de scară (CS1) are suprafața de transfer termic de la interiorul spațiului încălzit foarte mare, iar pierderile de căldură se realizează prin pereții de la intrarea în casa scării și prin terasa casei scării (**Figura 1a**). Pentru al doilea tip de casă de scară (CS2) suprafața de transfer termic de la interiorul spațiului încălzit scade, iar suprafața de pereți exteriori ai casei scării crește procentual (**Figura 1b**). Al treilea tip de casă de scară (CS3) păstrează dimensiunile întâlnite în cazul CS2, dar suprafața de transfer de căldură către exterior este mult mai mare (**Figura 1c**).

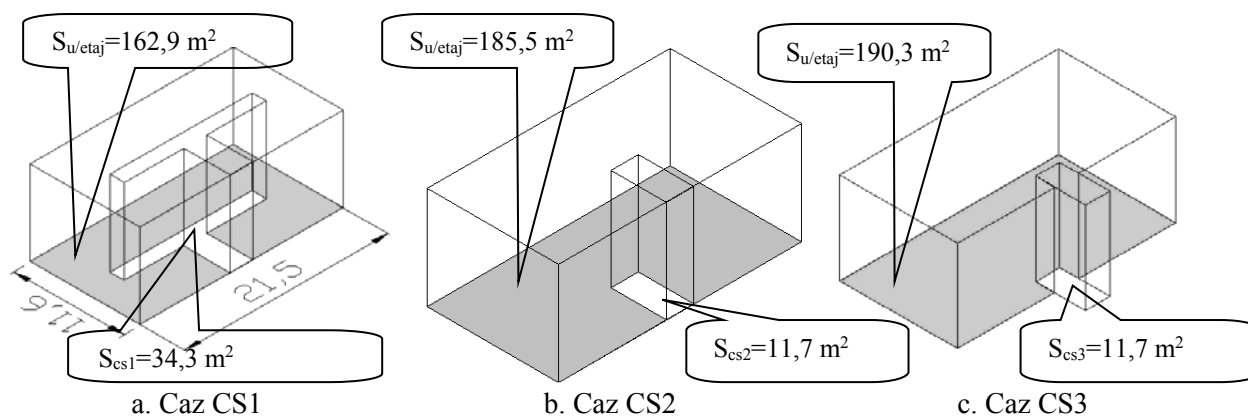


Figura 1. Cele trei cazuri de casă de scară analizate

2.2. Descrierea elementelor de anvelopă și a condițiilor interioare și de exploatare a clădirii

Pentru o clădire colectivă de locuințe cei mai importanți parametri care influențează consumul energetic sunt: rezistențele termice ale pereților exteriori și ai ferestrelor (parametri constructivi ai clădirii) și temperatura interioară, aporturile interne și rata de ventilare/infiltrații (parametri de exploatare ai clădirii) [2]. Astfel, pentru a pune în evidență influența casei scării pentru o gamă cât mai largă de situații de anvelopă și de exploatare a clădirii, vom lua în considerare în această analiză două situații extreme și una intermediară pentru care vom determina consumurile energetice ale clădirii și influența pe care o are tipul de casă de scară.

Cele trei situații diferite sunt definite prin valori diferite ale parametrilor (Tabelul 1): rezistența termică a pereților exteriori R'_{PE} [m^2K/W], rezistența termică a ferestrelor R'_{FE} [m^2K/W], temperatura interioară θ_i [$^{\circ}C$], rata de infiltrații n_a [$1/h$], aporturile interne φ_i [W/m^2].

Pentru fiecare dintre situații a fost determinată temperatura casei scării prin ecuație de bilanț și apoi consumul energetic al spațiului încălzit de la interiorul clădirii respectându-se metodologia națională de calcul Mc 001 [4].

Tabelul 1

Gruparea parametrilor ce descriu anvelopa clădirii și condițiile interioare și de exploatare a clădirii

Situație clădire (anvelopă + exploatare)	R' _{PE} [m ² K/W]	R' _{FE} [m ² K/W]	θ _i [°C]	φ _i [W/m ²]	n _a [1/h]
S1: anvelopă eficiență energetică ridicată	2,42	0,9	18	16	0,5
S2: anvelopă eficiență energetică medie	1,11	0,51	21	8	1,1
S3: anvelopă eficiență energetică scăzută	0,46	0,17	24	4	1,7

2.3. Breviar de calcul

Calculul consumurilor energetice se realizează pentru fiecare din cele 27 clădiri în două etape: determinarea temperaturii casei scării privită ca și spațiu neîncălzit și determinarea necesarului de căldură conform metodologiei Românești.

Temperatura casei de scară se determină pe baza ecuației de bilanț termic de fluxuri de caldura:

$$\theta_{cs} = \frac{\theta_i \left(\frac{S_{PI}}{R'_{PI}} + \frac{S_{UI}}{R'_{UI}} + V_{cs} \cdot n_{a_ics} \cdot \rho_{aer} \cdot c_{aer} \right) + \theta_e \left(\frac{S_{PE}}{R'_{PE}} + \frac{S_{FE}}{R'_{FE}} + \frac{S_{TE}}{R'_{TE}} + \frac{S_{UE}}{R'_{UE}} + V_{cs} \cdot n_{a_ecs} \cdot \rho_{aer} \cdot c_{aer} \right)}{\frac{S_{PI}}{R'_{PI}} + \frac{S_{UI}}{R'_{UI}} + V_{cs} \cdot n_{a_ics} \cdot \rho_{aer} \cdot c_{aer} + \frac{S_{PE}}{R'_{PE}} + \frac{S_{FE}}{R'_{FE}} + \frac{S_{TE}}{R'_{TE}} + \frac{S_{UE}}{R'_{UE}} + V_{cs} \cdot n_{a_ecs} \cdot \rho_{aer} \cdot c_{aer}}, \quad (1)$$

unde:

- θ_{cs} reprezintă temperatura casei de scară [°C];
- θ_i reprezintă temperatura interioară [°C];
- θ_e reprezintă temperatura exterioară de calcul [°C];
- S_{PI} reprezintă suprafața pereților interiori prin care se realizează transferul termic de la spațiul încălzit către casa de scară [m²];
- S_{UI} reprezintă suprafața ușilor interioare prin care se realizează transferul termic de la spațiul încălzit către casa de scară [m²];
- S_{PE} reprezintă suprafața pereților exteriori prin care se realizează transferul termic de la casa de scară către exterior [m²];
- S_{FE} reprezintă suprafața ferestrelor prin care se realizează transferul termic de la casa de scară către exterior [m²];
- S_{TE} reprezintă suprafața terasei prin care se realizează transferul termic de la casa de scară către exterior [m²];
- S_{UE} reprezintă suprafața ușilor exterioare prin care se realizează transferul termic de la casa de scară către exterior [m²];
- R'_{PI} reprezintă rezistența termică corectată a pereților interiori [m²K/W];
- R'_{PE} reprezintă rezistența termică corectată a pereților exteriori [m²K/W];
- R'_{TE} reprezintă rezistența termică corectată a terasei [m²K/W];
- R'_{UI} reprezintă rezistența termică a ușilor interioare [m²K/W];

- R_{UE} reprezintă rezistența termică a ușilor exterioare [m^2K/W];
- R_{FE} reprezintă rezistența termică a ferestrelor [m^2K/W];
- $n_{a_{ics}}$ reprezintă rata de infiltrații de la casa de scară către apartamente [$1/h$] și are valoarea de 0,5 $1/h$;
- $n_{a_{ecs}}$ reprezintă rata de infiltrații de la exteriorul clădirii către casa de scară [$1/h$] și are valoarea considerată în ipoteza de calcul (**Tabel 1**);
- V_{cs} reprezintă volumul casei de scară [m^3];
- ρ_{aer} reprezintă densitatea aparentă a aerului [kg/m^3];
- c_{aer} reprezintă capacitatea termică volumică a aerului [Ws/kgK].

Valoarea acestei temperaturi a spațiului casei scării reprezintă o „dată de intrare” în calculul necesarului anual de căldură pentru încălzire al clădirii analizate.

Metoda de calcul pentru stabilirea necesarului anual de căldură pentru încălzire al unei clădiri [5-8] are la bază întocmirea unui bilanț energetic care include următorii termeni:

- pierderile de căldură prin transmisie și ventilare de la spațiul încălzit către mediul exterior;
- pierderile de căldură prin transmisie și ventilare între zonele învecinate;
- degajările interne de căldură;
- aporturile solare;
- pierderile de căldură aferente producerii, distribuției, și reglajului instalației de încălzire;
- energiile introduse în instalația de încălzire, inclusiv energia recuperată [5].

S-a realizat calculul monozonă al clădirii, încălzită la o anumită temperatură interioară. Parametri climatici sunt caracteristice municipiului București și se utilizează sub forma valorilor medii lunare [5][9].

Pierderile de căldură ale clădirii, pentru o perioadă de calcul sunt:

$$Q_L = H \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot t, \quad (2)$$

unde:

- H reprezintă coeficientul de pierderi termice al clădirii [W/K];
- θ_i reprezintă temperatura interioară de calcul [$^{\circ}C$];
- θ_e reprezintă temperatură exterioară medie pentru perioada de calcul [$^{\circ}C$];
- t reprezintă numărul de ore din perioada de calcul [h].

Coeficientul de pierderi termice se determină cu relația:

$$H = H_T + H_V, \quad (3)$$

unde:

- H_T reprezintă coeficientul de pierderi termice prin transmisie [W/K];
- H_V reprezintă coeficientul de pierderi termice cauzate de permeabilitatea la aer a anvelopei [W/K].

Aporturile de căldură se obțin din însumarea degajărilor interioare de căldură cu aporturile radiației solare:

$$Q_g = Q_i + Q_s, \quad (4)$$

unde:

- Q_i reprezintă cantitatea de căldură generată în spațiul încălzit de sursele interioare $[W]$;
- Q_s reprezintă aporturile solare prin suprafețele vitrate $[W]$.

Cantitatea de căldură generată în spațiul încălzit de sursele interioare se determină cu relația:

$$Q_i = \varphi_i \cdot A_{inc} \cdot t, \quad (5)$$

unde:

- φ_i reprezintă fluxul termic mediu lunar $[W/m^2]$;
- A_{inc} reprezintă aria încălzită $[m^2]$.

Aporturile solare prin suprafețele vitrate se determină cu relația:

$$Q_s = \left(\sum_j I_{sj} \sum_n A_{snj} \right) t = \left(\sum_j I_{sj} \sum_n A_{nj} \cdot F_{sn} \cdot F_F \cdot g_n \right) t, \quad (6)$$

unde:

- I_{sj} reprezintă radiația solară totală medie pe perioada de calcul pe o suprafață de $1 m^2$, având orientarea j $[W/m^2]$;
- A_{nj} reprezintă aria totală a elementului vitrat n , având orientarea j $[m^2]$;
- F_{sn} reprezintă factorul de umbră al suprafeței n ;
- F_F reprezintă factorul de reducere pentru ramele vitrajelor, fiind exprimat prin raportul dintre aria suprafețelor transparente și aria totală a elementului vitrat;
- g_n reprezintă transmitanța totală la energia solară a suprafeței n .

Factorul de utilizare al aporturilor de căldură se determină cu relația:

$$\eta = \begin{cases} \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}} & \text{pentru } \gamma \neq 1 \\ \frac{a}{a+1} & \text{pentru } \gamma = 1 \end{cases} \quad (7)$$

$$\gamma = \frac{Q_g}{Q_L},$$

unde:

- a reprezintă un parametru numeric $[h]$;
- γ reprezintă un coeficient adimensional $[-]$;

Perioada de încălzire se stabilește în funcție de temperatura de echilibru a clădirii, care se determină cu relația:

$$\theta_{ed} = \theta_i - \frac{\eta \cdot \phi_g}{H}, \quad (9)$$

unde:

- θ_i reprezintă temperatura interioară $[^\circ C]$;
- η_1 reprezintă factorul de utilizare al aporturilor de căldură determinat la prima iterație $[-]$;
- ϕ_g reprezintă aportul de căldură pentru perioada de calcul $[W]$;
- H reprezintă coeficientul de pierderi de căldură al clădirii $[W/K]$.

Necesarul de căldură al clădirii pentru încălzire se determină pentru fiecare perioadă de calcul cu relația:

$$Q_h = Q_L - \eta \cdot Q_g, \quad (10)$$

unde:

- Q_L reprezintă pierderile de căldură ale clădirii, determinate pentru perioada de calcul [kWh];
- Q_g reprezintă aporturile de căldură, determinate pentru perioada de calcul [kWh];
- η reprezintă factorul de utilizare al aporturilor de căldură.

Necesarul de căldură specific pentru încălzire al clădirii se determină cu relația:

$$q_h^c = \frac{Q_h}{A_{inc}}, \quad (11)$$

unde:

- Q_h reprezintă necesarul anual de căldură al clădirii [kWh/an];
- A_{inc} reprezintă aria încălzită [m²].

Consumul de căldură pentru încălzire la bransament, considerandu-se recuperările de caldura nule, se determină pentru fiecare perioadă de calcul cu relația:

$$Q_h^B = \frac{Q_h}{\eta_r \eta_d \eta_g}, \quad (12)$$

unde:

- Q_h reprezintă necesarul anual de căldură al clădirii [kWh/an];
- η_c reprezintă eficiența sistemului de reglare [-];
- η_d reprezintă eficiența sistemului de distribuție [-];
- η_g reprezintă eficiența sistemului de generare [-].

Cele trei randamente variază foarte puțin de la o clădire la cealaltă, ca urmare aceste trei randamente au fost considerate cu aceeași valoare pentru toate clădirile analizate.

Consumul anual specific de energie pentru încălzire la bransament se determină cu relația:

$$q_h^B = \frac{Q_h^B}{A_{inc}}, \quad (13)$$

unde:

- Q_h^B reprezintă consumul total de căldură pentru încălzire la bransament [kWh/an];
- A_{inc} reprezintă aria încălzită [m²].

Pe baza consumului specific de energie pentru încălzire se realizează încadrarea în clase de performanță energetică conform metodologiei de calcul MC001/III:2006.

Consumul energetic și clasele energetice au fost determinate pentru clădirea analizată pentru trei situații diferite de anvelopă și exploatare, trei cazuri diferite de casa scării și trei regimuri diferite de înălțime, deci în total 27 cazuri diferite.

3. Rezultate

Breviarul de calcul prezentat în capitolul anterior a stat la baza determinării consumurilor energetice pentru toate clădirile obținute în urma asocierii tipului de casă de scară cu regimul de înălțime al clădirii și cu tipul de anvelopă și condițiile de exploatare al clădirii.

Pe baza valorilor obținute ale temperaturii casei scării și a consumurilor anuale specifice pentru încălzire, se compară influența tipului de casă de scară asupra acestor valori.

În primul rând, vom urmări modul în care variază temperatura casei de scară în funcție de tipul de casă de scară. Această temperatură a fost determinată pe baza ecuației de bilanț termic al fluxurilor (Ecuația 1). Temperatura casei de scară are pentru toate tipurile de anvelopă o variație descrescătoare de la tipul de casă de scară 1 (CS1 – suprafața de transfer termic de la interior mai mare) la tipul de casă de scară 3 (CS3 – suprafața de transfer termic de la interior minimă și suprafața de transfer termic către exterior maximă) (**Figura 2**).

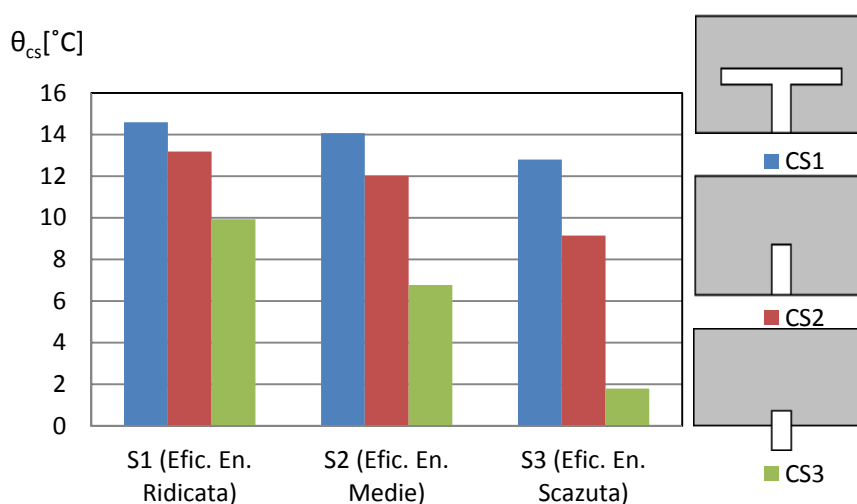


Figura 2. Variația temperaturii casei de scară pentru regimul de înălțime S+P+14E

În continuare vom prezenta influența tipului casei scării asupra consumurilor energetice pentru diferitele situații de anvelopă și exploatare (S1, S2, S3) și diferitele regimuri de înălțime a clădirii (S+P+1E, S+P+6E, S+P+14E).

Pentru cazul clădirii de regim de înălțime S+P+1E consumul maxim de energie pentru încălzire corespunde tipului de casă de scară CS1. Față de acesta, consumurile de energie pentru încălzire determinate pentru celelalte două tipuri de casă de scară scad cu 11-17% (pentru CS2) și 13-19% (pentru CS3), această valoare depinzând de tipul de anvelopă al clădirii (**Figura 3**).

Influența tipului de casă de scară asupra consumurilor energetice ale unei clădiri

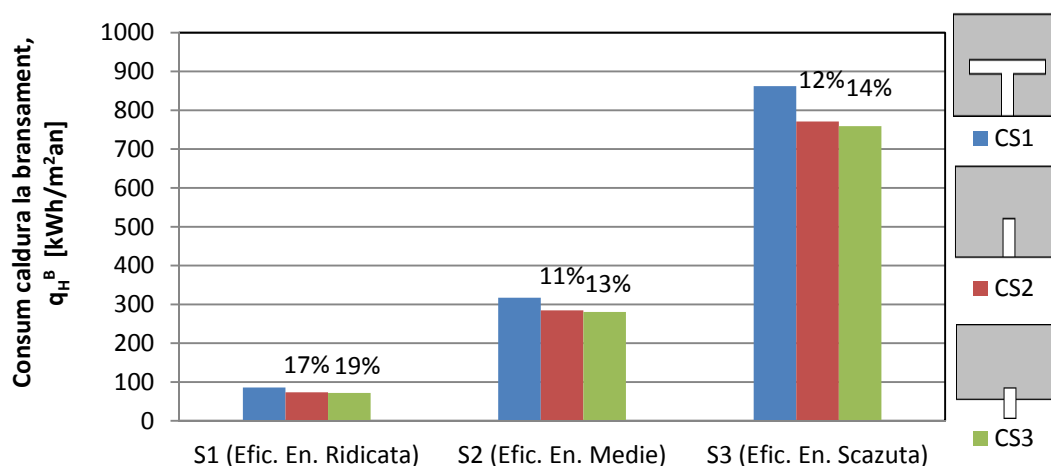


Figura 3. Influența tipului casei scării asupra consumului specific de energie pentru încălzire determinat pentru clădirea cu regim de înălțime S+P+1E

Pentru cazul în care clădirea are regimul de înălțime S+P+6E, asemănător clădirii de regim de înălțime S+P+1E, consumul maxim de energie pentru încălzire este cel pentru tipul de casă de scară CS1. Față de această casă de scară, consumurile de energie pentru încălzire determinate pentru celelalte două tipuri de casă de scară scad cu 13-40% (pentru CS2) și 15-40% (pentru CS3), această valoare depinzând de tipul de anvelopă al clădirii (**Figura 4**).

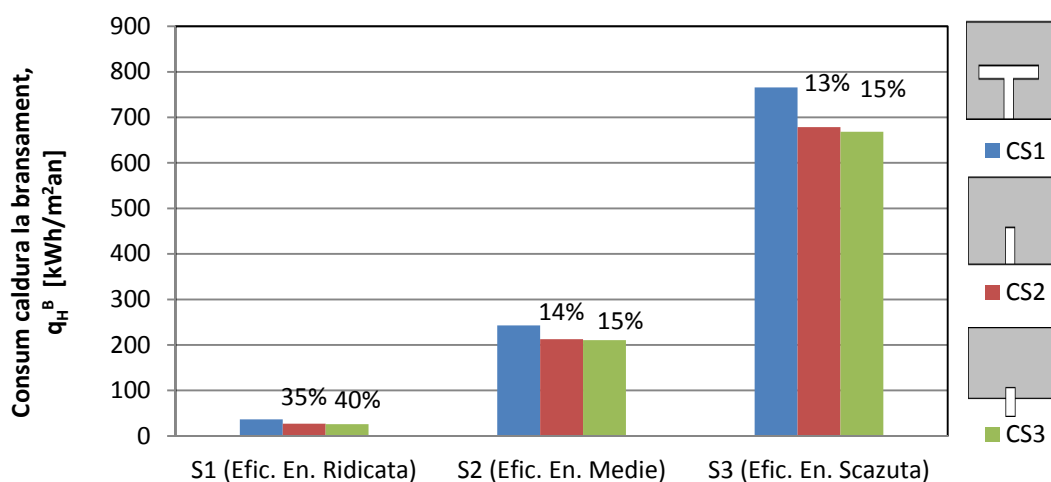


Figura 4. Influența tipului casei scării asupra consumului specific de energie pentru încălzire determinat pentru clădirea cu regim de înălțime S+P+6E

Pentru cazul în care clădirea are regimul de înălțime S+P+14E, asemănător celorlalte două clădiri de regim de înălțime mai scăzut, consumul maxim de energie pentru încălzire este cel pentru tipul de casă de scară CS1. Față de acesta, consumurile de energie pentru încălzire determinate pentru celelalte două tipuri de casă de scară scad cu 13-38% (pentru CS2) și 15-39% (pentru CS3), această valoare depinzând de tipul de anvelopă al clădirii (**Figura 5**).

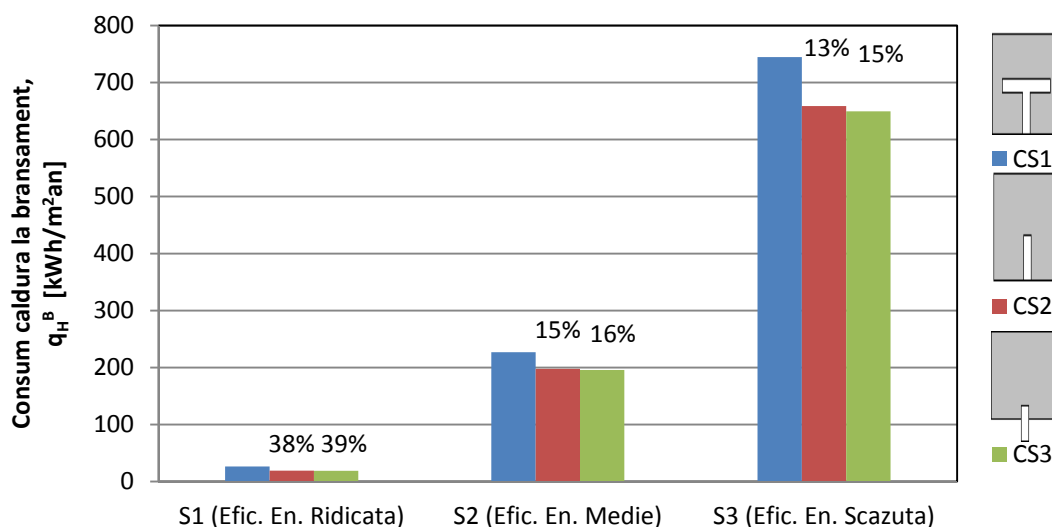


Figura 5. Influența tipului casei scării asupra consumului specific de energie pentru încălzire determinat pentru clădirea cu regim de înălțime S+P+14E

Pentru cazul în care clădirea este caracterizată de o anvelopă de eficiență energetică ridicată, față de consumul maxim de energie pentru încălzire obținut pentru primul tip de casă de scară, consumurile de energie pentru încălzire se reduc față de aceasta cu 35-40% pentru regimul de înălțime S+P+1E (**Figura 6**).

Pentru celelalte asocieri ale tipului de anvelopă cu regimul de înălțime se obține o scădere a consumului de energie pentru încălzire, însă aceasta are aproximativ aceleași valori independent de regimul de înălțime al clădirii.

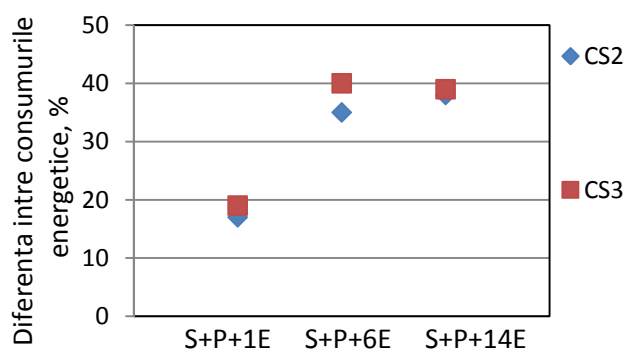


Figura 6. Valoarea procentuală a scăderii consumului de energie pentru CS2 și CS3 față de CS1, pentru anvelopa de eficiență energetică ridicată

Dacă influența tipului casei scării asupra consumului energetic poate ajunge spre 40% (pentru clădirile foarte bine izolate termic), totuși influența pe care o are tipul casei scării asupra clasei energetice este nulă. Pentru aceeași clădire (același regim de înălțime și aceeași situație de calcul) clasa energetică este aceeași. (**Figura 7**).

Influența tipului de casă de scară asupra consumurilor energetice ale unei clădiri

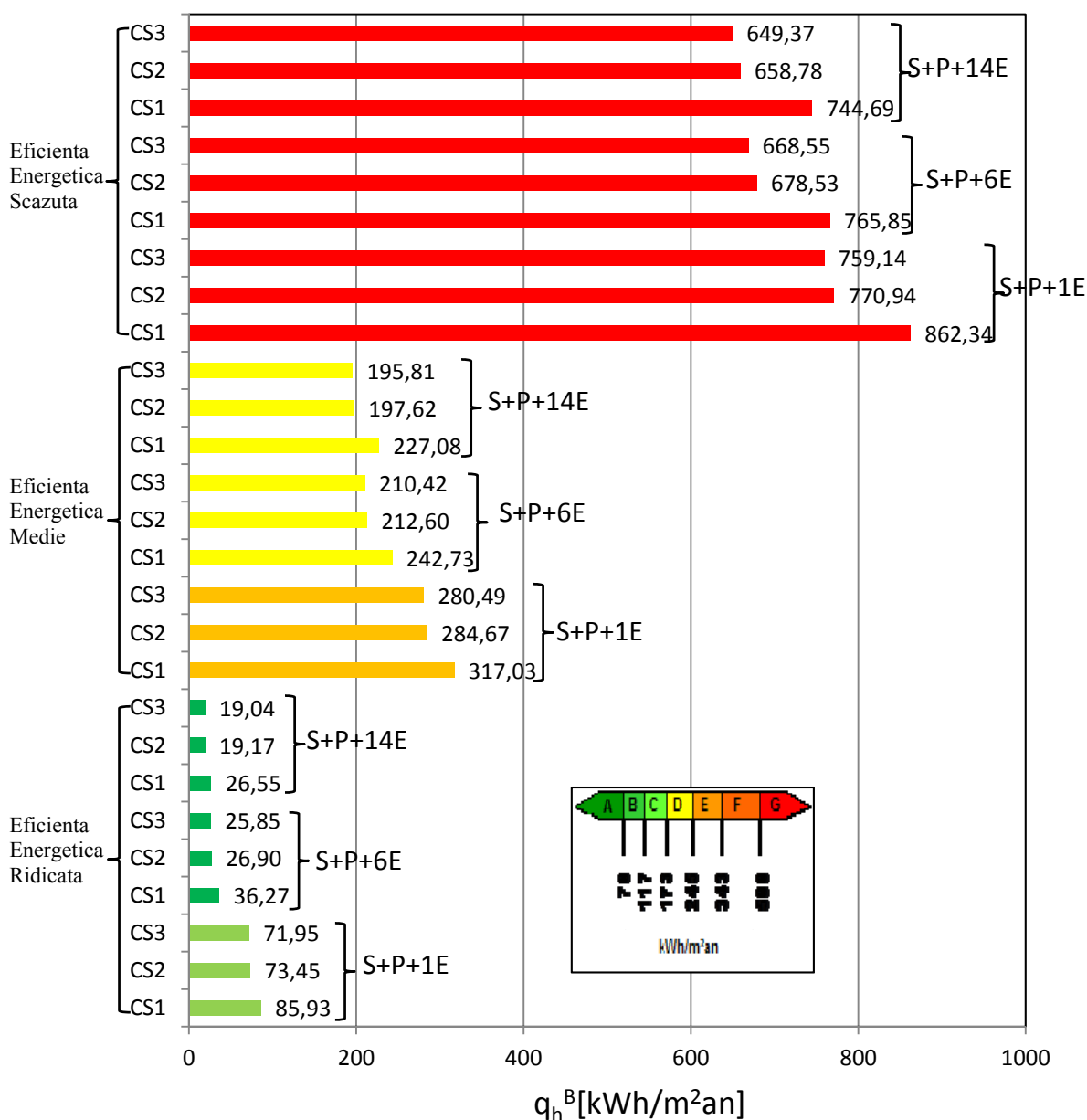


Figura 7. Consumuri și clase energetice pentru încălzire pentru cele 27 clădiri

În continuare vom prezenta consumul specific de energie pentru încălzire la bransament pentru toate situațiile de anvelopă și exploatare (S1, S2, S3), toate regimurile de înălțime a clădirii (S+P+1E, S+P+6E, S+P+14E) și toate tipurile de casă de scară.

Pentru fiecare situație de anvelopă și fiecare regim de înălțime al clădirii consumul specific de energie pentru încălzire la bransament cel mai mare se obține pentru primul tip de casă de scară analizat (CS1); iar consumurile specifice de energie pentru încălzire la bransament pentru al doilea și al treilea tip de casă de scară (CS2 și CS3) au valori apropiate.

4. Concluzii

Primul tip de casă de scară analizat (CS1) duce la determinarea temperaturii casei de scară maxime față de celelalte două tipuri de casă de scară, pentru toate regimurile de înălțime și toate tipurile de anvelopă analizate, datorită suprafeței de transfer de căldură maxime de la interiorul spațiului încălzit către casa de scară. La cealaltă extremă, temperatura minimă a casei de scară se obține pentru al treilea tip de casă de scară (CS3), datorită suprafeței de transfer mare dintre casa de scară și exteriorul clădirii. Temperatura medie a casei de scară se obține pentru al doilea tip de casă de scară.

Din punct de vedere al clasei energetice, nu s-a constatat nici o diferență între cele trei tipuri de casa de scara; cladirile sunt incadrate in aceeași clasa energetica indiferent de regimul de înălțime, de caracteristicile anvelopei și de condițiile interioare și de exploatare ale clădirii.

Din punct de vedere al consumului de energie pentru incalzire, valorile maxime au fost obținute pentru același tip de casă de scară CS1 indiferent de tipul clădirii, de regimul de înălțime sau de tipul anvelopei și exploatarea clădirii datorită unei suprafețe foarte mare de pereți interiori între spațiile încălzite și casa scarii. Diferența de consum energetic între tipurile CS2 și CS3 față de CS1 este de până în 20% pentru clădirile neizolate termic și spre 40% pentru clădirile bine izolate termic.

În concluzie, considerăm că forma arhitecturală a casei scării are o importanță semnificativă în special pentru clădirile bine izolate termic.

Referințe

- [1] Raport de analiză a stării actuale, proiect BUILD UP Skills – România, august 2012
- [2] Iordache V, Iordache F, Performanța energetică a clădirilor. Analiza factorilor determinanți. Energy performance of the building. Factors analysis. Buletinul Stiintific, an XLIX, nr 2, 2006, pp 66-75
- [3] Catalina T, Iordache V, Caracaleanu, B, Multiple regression model for fast prediction of the heating energy demand, Energy and Building, vol 57, february 2013, p 302-312
- [4] Florin Iordache, Tiberiu Catalina, Vlad Iordache , Rapid Assessment Procedure of the energy performance of a building's heating system, Mathematical Modelling in Civil Engineering, Anul 2012, Volum 2, ISSN 2066-6926
- [5] Mc 001:2006 - Metodologie de calcul al performanțelor energetice a clădirilor –
- [6] NP 048:2000 - Normativ pentru expertizarea termică și energetică a clădirilor existente și a instalațiilor de încălzire și preparare a apei calde de consum aferente acestora
- [7] C107:2010 - Normativ privind calculul termotehnic al elementelor de construcție ale clădirilor
- [8] EN ISO 13790:2005 - Performanța termică a clădirilor. Calculul necesarului de energie pentru încălzirea spațiilor – SR
- [9] SR 4839 - Numărul anual de grade-zile