

## Cladiri reabilitate termic – Consecinte energetice

Thermally rehabilitated buildings - Energy constellations

Prof. dr. ing. Florin Iordache – UTCB-FII <sup>1</sup>

Drd. ing. Cristina Stanisteanu – UTCB-FII

<sup>1</sup>Universitatea Tehnica de Constructii Bucuresti

Facultatea de Inginerie a Instalatiilor

Bdul. Pache Protopopescu, 66, Romania

[fliord@yahoo.com](mailto:fliord@yahoo.com)

### Rezumat

Reabilitarea termica a cladirilor este implementata in scopul reducerii consumului de energie termica pe perioada sezonului rece. In lucrare se evalueaza beneficiile energetice aferente functiei de gradul de reabilitare. Se prezinta insa faptul ca aceasta reabilitare termica trebuie continuata cu reabilitarea instalatiei de incalzire centrala si se argumenteaza cu valori concrete cresterile beneficiilor energetice care rezulta in consecinta. Rezultate sunt prezentate numeric in tabele si totodata grafic, pentru a se intelege cat mai clar dependenta beneficiilor energetice de cele doua categorii de reabilitari termice.

**Cuvinte cheie:** reabilitare termica, consum, beneficii

### Abstract

Thermal rehabilitation of buildings is implemented in order to reduce thermal energy consumption during the cold season. The paper evaluates energy related benefits depending on the degree of rehabilitation. It shows however that it should continue with the rehabilitation of thermal rehabilitation of central heating installation and argue with actual energy benefits resulting increases accordingly. Results are presented in tables and also numeric chart, to understand more clearly the benefits of energy dependence of the two thermal rehabilitation categories.

**Keywords:** thermal rehabilitation, consumption, benefits

## 1. Introducere

Reabilitarea termica a cladirilor colective din mediul urban a inceput sa fie o actiune din ce in ce mai sustinuta a autoritatilor locale, astfel incat la ora actuala o o cota destul de importanta din cladirile colective vechi au fost deja reabilitate termic prin izolarea termica suplimentara aplicata anvelopei opace a scadirilor si prin inlocuirea tamplariei vechi de lemn sau metal cu tamplarie noua termoizolanta.

Consecintele benefice aferente reabilitării acestor cladiri nu au întârziat să apară prin reducerea consumurilor de energie termică la nivelul bransamentului instalațiilor de încălzire al acestor cladiri și deci prin reducerea costului facturilor către fiecare din apartamentele din aceste cladiri. Totuși trebuie să nu uităm că acest palier de reabilitare a cladirilor colective menționat, nu este decât unul intermediar și în consecință și reducerile termoeconomice nu sunt și ele decât parțiale.

Ne referim practic la două etape de reabilitare, aferente instalațiilor de încălzire centrală din aceste cladiri, instalații care nu au fost și ele reabilitate și care în consecință nu au posibilitatea de a răspunde situației noi în care sunt obligate să funcționeze. Concret ne referim la faptul că prin reabilitarea termică a anvelopei clădirii, caracteristica termică a spațiului încălzit, reprezentată prin factorul de cuplaj termic hibrid  $H$ , al acestuia a scăzut, în timp ce suprafața de încălzire instalată a rămas aceeași. Aceste cladiri, racordate la sistemul de alimentare centralizată cu energie termică fac parte din grupuri de mai multe cladiri racordate la un același punct sau centrală termică de cartier, care prepară agentul termic la un nivel de temperatură corespunzător cladirilor nereabilitate termic. În consecință, reglajul termic fiind necorespunzător în clădirile reabilitate termic la nivel de anvelopă, nivelul temperaturii interioare va crește și consumul de energie termică va suferi un grad de diminuare. Dacă însă reabilitarea clădirii continuă și în ceea ce privește instalația interioară de încălzire centrală diminuarea consumului energetic va continua într-o proporție comparabilă cu cea rezultată datorită reabilitării termice a anvelopei clădirii. Reabilitarea instalației interioare de încălzire centrală constă în principal în 2 măsuri și anume : corectarea graficului de reglaj termic calitativ centralizat la bransamentul instalației de încălzire și montarea de robinete termostactice la fiecare din corpurile de încălzire din cadrul instalației. Ambele măsuri oferă posibilitatea reglării puterii termice livrate de către suprafața de încălzire în corelare cu necesarul efectiv de putere aferent spațiului încălzit.

În lucrarea de față se urmărește evaluarea cotelor de diminuare a consumurilor energetice rezultate ca urmare a realizării celor 2 categorii de reabilitare menționate : reabilitare termică anvelopă și reabilitare termică instalație de încălzire. Cele 2 categorii de reabilitări nu sunt independente în sensul că dacă prima categorie poate fi făcută independent de cea de a doua, aceasta din urmă își are sensul de a fi realizată numai dacă prima a fost realizată (ne referim numai la măsura de corectare a graficului de reglaj termic calitativ, montarea de robinete termostactice fiind o măsură oportună în orice situație).

## **2. Formularea problemei realizării unui confort termic ambiental normat**

Așa cum s-a prezentat în primul capitol în cazul în care clădirea a beneficiat de reabilitarea termică a anvelopei spațiului încălzit însă nu și de reabilitarea instalației de încălzire centrală în sensul corectării graficului de reglaj termic centralizat, temperatura interioară care se va realiza va fi de regulă sensibil superioară celei normate (de ex. 20 °C). Consumul de energie termică va fi mai scăzut decât în cazul aceleiași clădiri

nereabilitate. Pentru evaluarea diminuării consumului energetic se va apela la relațiile generalizate de reglaj termic calitativ, relații care au făcut obiectul unei lucrări publicate [1] :

$$\begin{aligned}
 t_T &= \left( 1 + \frac{t_{T0} - t_{i0}}{t_{i0} - t_{e0}} \cdot \frac{1 - E_0}{1 - E} \cdot \frac{H}{H_0} \right) \cdot t_{i0} - \frac{t_{T0} - t_{i0}}{t_{i0} - t_{e0}} \cdot \frac{1 - E_0}{1 - E} \cdot \frac{H}{H_0} t_e \\
 t_R &= \left( 1 + \frac{t_{R0} - t_{i0}}{t_{i0} - t_{e0}} \cdot \frac{(1 - E_0) \cdot E}{(1 - E) \cdot E_0} \cdot \frac{H}{H_0} \right) \cdot t_{i0} - \frac{t_{R0} - t_{i0}}{t_{i0} - t_{e0}} \cdot \frac{(1 - E_0) \cdot E}{(1 - E) \cdot E_0} \cdot \frac{H}{H_0} t_e
 \end{aligned} \tag{1}$$

unde :

$$E_0 = \exp(-NTU_0) = \exp\left(-\frac{k_0 S}{G \cdot \rho c}\right) = \frac{t_{R0} - t_{i0}}{t_{T0} - t_{i0}} \tag{2}$$

$$E = E_0^{k/k_0}$$

$$\frac{k}{k_0} = \left( \frac{\Delta t_{ml}}{\Delta t_{ml0}} \right)^{0.3} \tag{3}$$

$$\Delta t_{ml} = \frac{t_T - t_R}{\ln \frac{t_T - t_{i0}}{t_R - t_{i0}}}$$

### 3. Analize functionale si energetice. Concluzii

Utilizand relațiile prezentate, s-au evaluat fluxurile termice transmise de la instalatia de incalzire spatiului incalzit si de aici disipat in mediul exterior. Evaluarea acestora a presupus stabilirea temperaturilor agentului termic si a temperaturii interioare din spatiul incalzit.

S-a urmarit analiza efectului pe care cativa parametrii ii au asupra consumurilor eneretice anuale si deci asupra diminuarilor realizate de cele 2 categorii de reabilitari prezentate. Parametrii testati in cadrul acestei analize sunt : gradul de reducere al factorului de cuplaj termic hibrid,  $H/H_0$ , si cuplul temperaturilor nominale ale agentului termic. Pentru evaluarea consumului energetic annual s-a considerat o situatie de iarna medie in zona climatica 2. De asemenea s-a considerat practic cazul unei cladiri caracterizate de un necesar de caldura de calcul de 1 MW.

Se prezinta mai in detaliu analiza efectuata pe cladirea mentionata, in situatia in care:  $H/H_0 = 0.6$  si  $t_{T0}/t_{R0} = 90/70$  °C. Mai intai, in tabelul 1, se prezinta consumurile necesare lunare si anual in cazul cladirii complet nereabilitate :  $H/H_0 = 1$  si  $t_{T0}/t_{R0} = 90/70$  °C.

Putere $P_0 = 1$ MW		$t_T$	$t_R$	P	Q
Nr. Zile	$t_e$ (°C)	°C	°C	MW	MWh
2	-15	90.000	70.000	1.000	<b>48.000</b>
11	-10	81.831	64.688	0.857	<b>226.302</b>
32	-5	73.403	59.117	0.714	<b>548.646</b>
60	0	64.644	53.215	0.571	<b>822.869</b>
53	5	55.459	46.888	0.429	<b>545.151</b>
24	10	45.654	39.940	0.286	<b>164.580</b>
					<b>2355.547</b>

Daca se considera acum ca se opereaza numai reabilitarea termica a anvelopei cladirii atunci rezulta situatia prezentata in tabelul 2 :  $H/H_0 = 0.6$  si  $t_{T0}/t_{R0} = 90/70$  °C

Tabel 2

Putere $P_0 = 1$ MW		$t_T$	$t_R$	P	Q	$t_i$
Nr. Zile	$t_e$ (°C)	°C	°C	MW	MWh	°C
2	-15	90.000	74.028	0.799	<b>38.340</b>	31.585
11	-10	81.831	68.092	0.687	<b>181.390</b>	30.074
32	-5	73.403	61.905	0.575	<b>441.599</b>	28.537
60	0	64.644	55.398	0.462	<b>665.787</b>	26.967
53	5	55.459	48.478	0.349	<b>444.040</b>	25.361
24	10	45.654	40.956	0.235	<b>135.322</b>	23.703
					<b>1906.478</b>	
					<b>449.069</b>	

Din tabelul 2 trebuie remarcat urmatoarele :

- Temperaturile interioare rezultate sunt sensibil mai mari decat valorile normate ( $t_i = 20$  °C);
- Consumurile energetice lunare sunt mai scazute decat cele omoloage din tabelul 1, valoarea anuala fiind cu 449 MWh mai scazuta decat cea stabilita pentru cladirea nereabilitata (Tabel 1), reprezentand o diminuare de 19%;
- Temperaturile pe retur ale agentului termic sunt mai ridicate decat in cazul cladirii nereabilitate (Tabel 1).

Daca acum in continuare se opereaza si a doua categorie de reabilitare termica efectuata asupra reglajului termic calitativ rezulta :

Putere P0 = 1 MW		t <sub>T</sub>	t <sub>R</sub>	P	Q
Nr. Zile	te (°C)	°C	°C	MW	MWh
2	-15	66.425	54.425	0.600	<b>28.800</b>
11	-10	61.030	50.744	0.514	<b>135.773</b>
32	-5	55.459	46.888	0.429	<b>329.146</b>
60	0	49.669	42.812	0.343	<b>493.720</b>
53	5	43.588	38.445	0.257	<b>327.089</b>
24	10	37.086	33.658	0.171	<b>98.744</b>
					<b>1413.272</b>
					<b>942.275</b>
					<b>493.206</b>

Din tabelul 3 trebuie remarcat urmatoarele :

- Temperaturile de tur si retur ale agentului termic rezultate in urma corectarii reglajului termic calitativ sunt sensibil mai scazute decat in variantele anterioare;
- Consumurile de energie termica lunare si total anual sunt sensibil mai scazute decat in cazul cladirii nereabilitate (cu 40%) dar si decat in cazul cladirii reabilitate numai pe parte de anvelopa (cu 26%);

Practic se poate spune ca, reabilitarea instalatiei de incalzire centrala are consecinte benefice energetice de aceeasi pondere cu cele ale reabilitarii anvelopei cladirii inasa cu costuri de investitie posibil mai reduse.

Aceleasi analize s-au efectuat si in variantele in care gradul de reabilitare termica a anvelopei cladirii este  $H/H_0 = 0.4$  si  $H/H_0 = 0.8$ , cuplul de temperaturi nominale ale agentului termic pentru dimensionarea instalatiei de incalzire fiind tot  $t_T/t_R = 90/70$  °C.

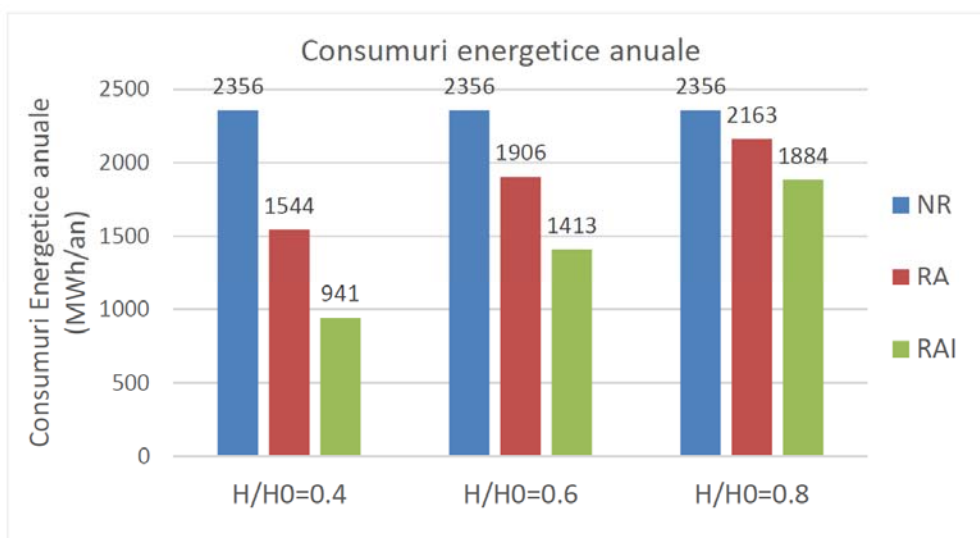


Fig. 1

In fig. 1 se prezinta 3 grupuri de 3 bare : barele albastre fiind consumurile de energie termica anuala corespunzatoare cladirii nereabilitate (NR), barele rosii fiind consumurile de energie termica anuala corespunzatoare cladirii reabilitate pe parte de anvelopa (RA), iar barele verzi fiind consumurile de energie termica anuala corespunzatoare cladirii reabilitate atat pe parte de anvelopa cat si pe parte de instalatie de incalzire (RAI). Din aceasta figura se poate remarca cum gradul de reabilitare pe parte de anvelopa a cladirii ofera si reabilitarii pe parte de instalatie de incalzire centrala posibilitatea de a avea o pondere pe masura.

In fig. 2 se prezinta numai valorile reducerilor de consumuri energetice ca urmare a reabilitarii termice a anvelopei cladirii sau a reabilitarii atat a anvelopei cat si a instalatiei de incalzire prin corectarea reglajului termic calitativ. Barele de culoare rosie reprezinta reducerile de consumuri energetice datorate numai reabilitare a anvelopei cladirii, iar barele de culoare verde reprezinta reducerile de consumuri energetice datorate atat reabilitarii anvelopei cat si a instalatiei de incalzire.

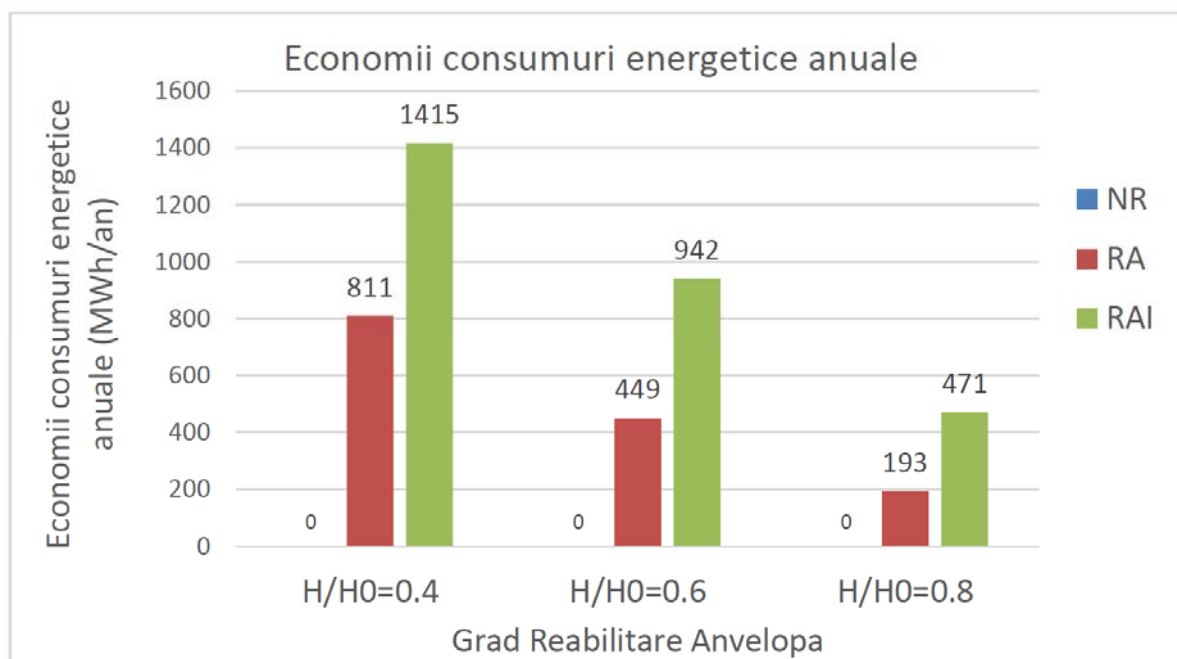


Fig.2

Asa cum s-a mentionat o alta analiza intreprinsa a vizat valorile cuplului de temperaturi nominale a agentului termic utile dimensionarii instalatiei de incalzire si totodata reglajului termic calitativ. Noul cuplu de valori nominale ale temperaturii agentului termic este  $t_{T0}/t_{R0} = 60/40$  °C. Analiza energetica s-a efectuat numai pentru un grad de reabilitare a anvelopei cladirii  $H/H_0 = 0.6$ .

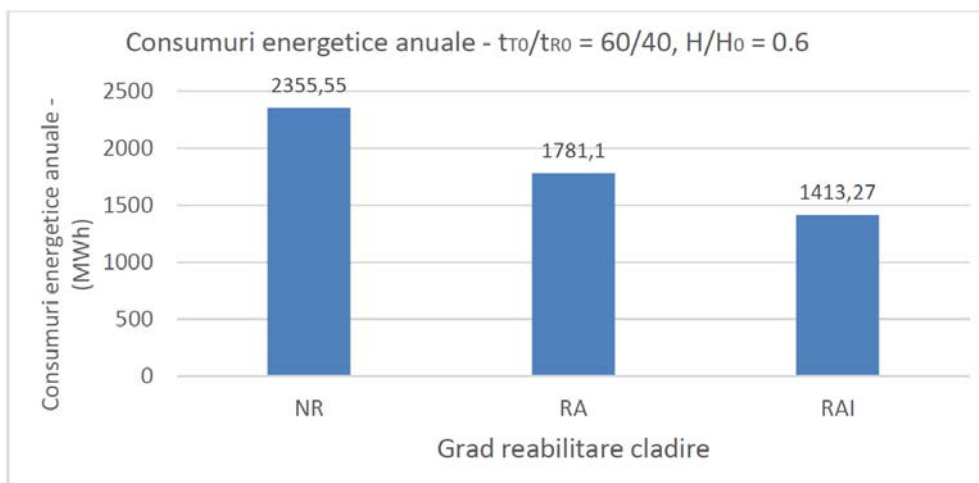


Fig. 3

Dupa cum se observa din fig. 3 analizata comparativ cu fig.1, prin scaderea cuplului de temperaturi nominale ale agentului termic creste ponderea primei trepte de reabilitarea adica a reabilitarii anvelopei cladirii si scade ponderea celei de a doua trepte (reabilitarea instalatiei de incalzire). Acesta poate fi un argument pentru adoptarea unei opinii favorabile in privinta scaderii valorilor de dimensionare a temperaturilor agentului termic. Dupa cum este foarte bine cunoscut scaderea temperaturilor nominale ale agentului termic are drept consecinta cresterea suprafetei de incalzire instalate.

Concluziile prezentate referitor la gradul de reabilitare termica a cladirilor existente si la cuplul de temperaturi nominale ale agentului termic sunt valabile si in situatia cladirilor noi care dupa cum este cunoscut sunt din ce in ce mai bine izolate termic.

### Lista de Notatii

- $t_{i0}$  – temperatura interioara nominala, °C;
- $t_i$  – temperatura interioara curenta, °C;
- $t_{e0}$  – temperatura exterioara nominala, °C;
- $t_e$  – temperatura exterioara curenta, °C;
- $t_{T0}$  – temperatura nominala a agentului termic pe tur, °C;
- $t_T$  – temperatura curenta agent termic, pe tur, °C;
- $t_{R0}$  – temperatura nominala a agentului termic pe retur, °C;
- $t_R$  – temperatura curenta agent termic, pe retur, °C;
- $t_{m10}$  – temperatura medie logaritmica nominala pe instalatia de incalzire centrala, °C;
- $\Delta t_{m10}$  – diferenta medie logaritmica de temperatura nominala, pe instalatia de incalzire centrala, °C;
- $\Delta t_{ml}$  – diferenta medie logaritmica de temperatura, pe instalatia de incalzire

centrala, °C;

$G_0$  – valoarea nominala a debitului de agent termic, m<sup>3</sup>/s;

$G$  – valoarea curenta a debitului de agent termic, m/s;

$\Phi_0$  – necesarul de caldura nominal al consumatorului, W;

$\Phi$  - necesarul curent de caldura al consumatorului, W;

$k_0$  – valoarea nominala a coeficientului global de transfer termic al instalatiei de incalzire centrala, W/m<sup>2</sup>.K;

$k$  – valoarea curenta a coeficientului global de transfer termic al instalatiei de incalzire centrala, W/m<sup>2</sup>.K;

$S$  – suprafata instalatiei de incalzire centrala, m<sup>2</sup>;

$H$  – factorul de cuplaj termic hibrid (transmisie-ventilatie) al cladirii reabilitate, W/K;

$H_0$  - factorul de cuplaj termic hibrid (transmisie-ventilatie) al cladirii nereabilitate, W/K;

NTU – numarul de unitati de transfer termic al instalatiei de incalzire centrala,-;

$E$  – modulul termic al instalatiei de incalzire centrala, -;

$E_0$  – modulul termic nominal al instalatiei de incalzire centrala, -;

### **Bibliografie :**

[1] – Florin Iordache – Instalatii de incalzire centrala. Reglajul termic calitativ centralizat – Revista Romana de Inginerie Civila volumul 8 (2017) nr.1 – ISSN 2068-3987 – ed. Matrixrom 2017, Bucuresti.;

[2] – Florin Iordache – Comportamentul dinamic al echipamentelor si sistemelor termice – ed. Matrixrom 2008, Bucuresti;





**REVISTA ROMÂNĂ DE INGINERIE CIVILĂ INCLUDE ARTICOLE DIN URMĂTOARELE DOMENII**

**ROMANIAN JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING INCLUDE ARTICLES FROM THE FOLLOWING AREAS**

- |  |   |
|--|---|
| . Mecanica structurilor                            | . Mechanics of structures                       |
| . Inginerie seismică și siguranța construcțiilor   | . Seismic engineering and construction safety   |
| . Inginerie urbană și dezvoltare regională         | . Urban engineering and regional development    |
| . Construcții civile                               | . Civil buildings                               |
| . Căi de comunicații, poduri și tunele             | . Communication ways, bridges and tunnels       |
| . Căi ferate                                       | . Railways                                      |
| . Drumuri și aeroporturi                           | . Roads and airports                            |
| . Construcții din beton armat                      | . Reinforced concrete buildings                 |
| . Construcții metalice                             | . Metal constructions                           |
| . Geotehnică și fundații                           | . Geotechnics and foundations                   |
| . Alimentări cu apă și canalizare                  | . Water supply and sanitation                   |
| . Tratarea apei                                    | . Water treatment                               |
| . Epurarea apelor uzate                            | . Wastewater treatment                          |
| . Construcții hidrotehnice                         | . Hydro construction                            |
| . Îmbunătățiri funciare                            | . Land improvements                             |
| . Hidraulică și mecanica fluidelor                 | . Hydraulics and Fluid Mechanics                |
| . Hidrologie, hidrogeologie și gospodărirea apelor | . Hydrology, hydrogeology and water management  |
| . Protecția mediului în inginerie civilă           | . Environmental protection in civil engineering |
| . Instalații pentru construcții                    | . Building services                             |
| . Management în construcții                        | . Construction Management                       |
| . Calitatea mediului interior                      | . Indoor environmental quality                  |
| . Acustica clădirilor și a instalațiilor           | . Acoustic of buildings and installations       |
| . Energetica clădirilor și instalațiilor           | . Energy of buildings and installations         |
| . Geodezie, fotogrammetrie, cartografie            | . Geodesy, photogrammetry, cartography          |
| . Termotehnică                                     | . Thermotechnics                                |
| . Mașini și utilaje pentru construcții             | . Constructions machinery                       |
| . Mecanică tehnică și vibrații                     | . Technical mechanics and vibrations            |
| . Electrotehnică                                   | . Electrotechnics                               |
| . Ingineria calității                              | . Quality engineering                           |
| . Științe fundamentale în inginerie civilă         | . Fundamental science in civil engineering      |

## **INFORMATION FOR AUTHORS**

- For the works proposed for publication in the Romanian Journal of Civil Engineering, there are no costs for the author to analyze the manuscript and / or publish the article
- The publication of the article is conditional on its analysis in a peer-review process, as mentioned at <http://www.rric.ro/etica.php>; the author is required to participate in the peer-review process
- The article proposed for publication in the Romanian Journal of Civil Engineering has not been published and can no longer be published in another journal. If portions of content overlap with published content or for publication in another journal, the author must recognize and quote these sources
- Send to publish of an article implies that the study described in the article is original and does not infringe copyright. In the necessary circumstances, the author has to recognize and quote content reproduced from other sources after having previously obtained permission to reproduce the required content from other sources
- If there are more than one author, the content of the article is known and approved by all authors who contributed to writing the article and / or performing the research described in the paper
- All authors of an article should make a significant contribution to its writing
- The proposed article for publication will contain bibliographical references, as well as references to financial support, if any
- In the event of an error being reported in the paper after its publication, the author is required to cooperate with the Editorial Board and the publisher to publish an errata, an addendum, a corrigendum notice, or to withdraw the work if this is considered necessary.

At [http://www.rric.ro/template/rric\\_template.doc](http://www.rric.ro/template/rric_template.doc) there is the template where the proposed article should be sent for publication; the article is sent by email to [office@matrixrom.ro](mailto:office@matrixrom.ro) or uploaded directly from the journal's website <http://www.rric.ro/autori.php>.

## **INFORMAȚII PENTRU AUTORI**

- Pentru lucrările propuse spre publicare în Revista Română de Inginerie Civilă nu există costuri ale autorului pentru analiza manuscrisului și/sau pentru publicarea articolului
- Publicarea articolului este condiționată de analiza acestuia într-un peer-review proces, așa cum este menționat la <http://www.rric.ro/etica.php>; autorul este obligat să participe la procesul de peer-review
- Articolul propus pentru publicare în Revista Română de Inginerie Civilă nu a mai fost și nu mai poate fi publicat într-o altă revistă. Dacă porțiuni de conținut se suprapun cu conținut publicat sau trimis spre publicare la o altă revistă, autorul trebuie să recunoască și să citeze aceste surse.
- Trimiterea către publicare a unui articol implică faptul că studiul descris în articol este original și nu încalcă drepturile de autor. În situațiile necesare autorul trebuie să recunoască și să citeze conținutul reprodus din alte surse, după ce a obținut anterior permisiunea de a reproduce conținutul necesar din alte surse.
- În cazul în care există mai mulți autori, conținutul articolului este cunoscut și aprobat de toți autorii care au contribuit la scrierea articolului și/sau la realizarea cercetării descrise în lucrare.
- Toți autorii unui articol trebuie să aibă o contribuție semnificativă la elaborarea acestuia
- Articolul propus pentru publicare va conține referințe bibliografice, precum și mențiuni referitoare la suportul financiar, dacă este cazul
- În cazul semnării unor erori în lucrare, după publicarea acesteia, autorul este obligat să coopereze cu Colegiul Editorial și cu editura pentru a publica o erată, o addendum, o notificare de corrigendum sau pentru a retrage lucrarea, în cazul în care acest lucru este considerat necesar.

La adresa [http://www.rric.ro/template/rric\\_template.doc](http://www.rric.ro/template/rric_template.doc) se găsește formatul (template) în care trebuie trimis articolul propus pentru publicare; articolul se trimite prin email la adresa [office@matrixrom.ro](mailto:office@matrixrom.ro) sau se încarcă (upload) direct din website-ul revistei, secțiunea pentru autori <http://www.rric.ro/autori.php>.