

APLICAREA METODEI EVALUĂRII NEDISTRUCTIVE PENTRU ZIDĂRIA CLĂDIRILOR ISTORICE DIN OR. CHIȘINĂU: METODA INDICELUI DE CALITATE A ZIDĂRIEI

Doina-Cezara ALBU, ORCID ID: 0000-0001-8099-8584

doinacezara.albu@emi.utm.md

Ion ALBU, ORCID ID: 0000-0003-2134-7065

ion.albu@fcgc.utm.md

***Abstract:** Preserving and protecting historic buildings presents many challenges for those who aim to preserve the architectural heritage of Chisinau. In this field, knowledge of the condition of masonry is fundamental. However, destructive testing is not always a solution that can be applied to historic masonry structures. In order to overcome this type of problem the authors of this paper, propose a non-destructive - visual evaluation method for estimating some critical parameters of masonry material. Starting from the fact that the behaviour of masonry material depends on several factors, such as the strength of components like mortar and masonry elements, the unit shape, and the volumetric ratio between elements and their weaving, which is the result of applying a series of constructive solutions that form the "rule of art". Given the complexity of the problem due to a large number of variables, a visual estimate of the mechanical parameters of the walls can be made on the basis of an evaluation of the qualitative criteria. In this paper, it is proposed to apply this visual method to the urban mansion of S.L. Starov, at 42 Tricolor Street, town. Chisinau.*

***Keywords:** masonry quality index, non-destructive method, historic building, evaluation, deterioration*

Introducere

De-a lungul secolelor, clădirile din zidărie au reprezentat tipul de bază al clădirilor edificate în Moldova. Pentru construcția acestora au fost folosite diverse materiale și tehnologii. Structurile de zidărie au fost edificate în conformitate cu tehnologiile tradiționale dezvoltate de generații succesive de constructori. Ca urmare a durabilității și rezistenței lor considerabile, multe clădiri arhitectural-istorice din zidărie au supraviețuit până în zilele noastre în centrul istoric din Chișinău. Unele dintre acestea se află în stare tehnică bună și continuă să își îndeplinească cu succes funcțiile. În cazul în care condițiile tehnice ale acestor clădiri sunt adecvate și nu ridică nicio obiecție, de obicei nu sunt necesare

analize detaliate ale structurilor lor și examinarea condițiilor de fiabilitate ale acestora. O situație diferită există în cazul clădirilor planificate pentru renovare și reconstrucție. În astfel de cazuri, este necesar să se efectueze teste și calcule care să demonstreze că, după finalizarea construcției, structura de zidărie existentă poate fi utilizată în siguranță.

Pereții și stâlpii de zidărie supuși la compresiune sunt cele mai importante elemente ale clădirilor istorice din zidărie. Este necesar să se ia în considerare metode de fiabilitate pentru a obține materialele cu rezistență corectă la compresiune pe care au fost ridicate structurile. Din cauza caracterului istoric al multor structuri de zidărie, posibilitățile de prelevare a unui număr corespunzător de probe sunt limitate. Din acest motiv, capacitatea de a evalua distribuția rezistenței zidăriei este, de asemenea, limitată.

În 2003, cercetătorii din Umbria, Italia au realizat un șir de încercări asupra zidărilor clădirilor istorice și au realizat o metodă nedistructivă de apreciere a zidăriei. Metoda Indicelui de Calitate a Zidăriei (ICZ) constă în evaluarea prezenței, prezenței parțiale sau absenței anumitor parametri care definesc "regula artei", respectiv un ansamblu de dispozitive constructive care, dacă sunt executate în timpul construcției unui perete, asigură o bună comportare și asigură compactitatea și monolitismul. Acest indice numeric a fost inclus, deși într-o versiune simplificată, într-o lege regională, Legea regională Umbria nr. 18 din 2002 privind "Prevenirea seismică". Ulterior, ICZ a fost perfecționat în cadrul proiectului ReLUIS 2008, cu contribuția unităților de cercetare ReLUIS ale Politehnicii din Milano și ale IUAV din Veneția. [1]

Indicele de Calitate a Zidăriei a fost ulterior aplicat în Portugalia [2, 3], Iran [4], Albania [5], Croația [6], Spania [7], Maroc [8].

Lucrarea rezumă o metodologie de analiză a zidăriei și a calității acesteia bazată pe determinarea unui Indice de Calitate a Zidăriei pentru o clădire istorică din or. Chișinău, Republica Moldova.

Indicele de Calitate a Zidăriei

Indicele de Calitate a Zidăriei (ICZ) pentru evaluarea calității mecanice a zidăriei a luat naștere în 2002, la Universitatea din Perugia, și a fost perfecționată în anii următori datorită cercetărilor efectuate în cadrul programului ReLUIS. [9]

Aceasta constă în determinarea unui indice numeric care depinde de îndeplinirea sau nu a anumitor condiții referitoare la instalarea corectă și eficientă a zidăriei: așa numiții parametri "regula artei" (Figura 1). [9]

CM	calitatea mortarului / contactul efectiv între elemente / panouri
ȚZ	tipul de țesere a zidăriei
FER	forma elementelor rezistente
DER	dimensiunea elementelor rezistente
RV	decalajul rosturilor verticale / angajarea în planul peretelui
RO	caracteristica rosturilor orizontale
RE	rezistența elementelor

Figura 1. Parametrii „regulii artei” luați în considerație față de zidărie

Metoda ICZ se bazează pe examinarea vizuală a zidăriei a cărei calitate mecanică urmează să fie evaluată. Este simplă și ușor de aplicat și permite obținerea, fără a efectua teste experimentale, a unor indicații privind caracteristicile mecanice care pot fi așteptate de la zidăria analizată. [9]

Calitatea mecanică a unei zidării este diferită pentru fiecare dintre cele trei direcții posibile ale acțiunii care solicită panoul de zidărie; prin urmare, există, în general, trei indici de calitate a zidăriei diferiți: ICZ pentru acțiuni verticale, ICZ pentru acțiuni orizontale în afara planului și ICZ pentru acțiuni orizontale în plan.

Pe baza observării paramentului și a secțiunii peretelui, se evaluează conformitatea sau neconformitatea cu regulile de artă: aprecierile posibile pentru fiecare parametru sunt:

R - respectat;

PR - parțial respectat;

NR - nerespectat.

Calificativele acordate pentru fiecare parametru corespund unor scoruri care, atunci când sunt combinate, conduc la cele trei valori urmărite: ICZ pentru acțiuni verticale, ICZ pentru acțiuni orizontale în afara planului și ICZ pentru acțiuni orizontale în plan. Prin intermediul

acestor valori, este posibilă clasificarea zidăriei în cauză într-una dintre cele trei categorii de calitate posibile: A, B sau C, având astfel o indicație sintetică: de la o zidărie din categoria A, se poate aștepta o bună comportare structurală; de la o zidărie din categoria B, o comportare de calitate medie; de la o zidărie din categoria C, se poate aștepta, în mod logic, un răspuns nesatisfăcător la solicitări. [9]

În plus, datorită corelațiilor bune care au fost observate între valorile ICZ și principalii parametri mecanici ai zidăriei, se pot obține estimări ale valorilor de rezistență și deformabilitate.

ICZ poate avea valori între 0 și 10. Acest lucru reflectă comportamentul diferit pe care îl poate avea același panou de zidărie în funcție de direcția de solicitare: un panou de zidărie poate fi optim pentru a rezista la sarcini verticale și total nepotrivit pentru a rezista la acțiuni orizontale în plan sau în afara planului. [9]

$$ICZ = m \cdot g \cdot r \cdot RE \cdot (CM + \overline{TZ} + FER + DER + RV + RO) \quad (1)$$

Formula 1 se referă la blocuri de calcar, piatră brută și cărămidă plină. Coeficientul de corecție r depinde de parametrul zidăriei și ia valorile prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1. Coeficientul de corecție r

Parametru	r pe încărcare verticală	r pe încărcare orizontală în plan	r pe încărcare orizontală în afara planului
NR	0.2	0.1	1
PR	0.6	0.85	1
R	1	1	1

Se aplică coeficientul de corecție "m":

$m = 0,7$ în cazul unui mortar slab ($f_m < 0,7 \text{ N/mm}^2$);

$m = 1,0$ în toate celelalte cazuri.

Se aplică coeficientul de corecție "g":

$g = 0,7$ în cazul zidăriei masive cu rosturi mari de mortar (grosime $> 13 \text{ mm}$);

$g = 1,0$ în toate celelalte cazuri.

Tabelul 2 prezintă punctajele care trebuie atribuite fiecărui parametru al „regulii de artă” în funcție de R, PR sau NR și în funcție de direcția acțiunii forței luată în considerare. Scorurile obținute din tabelul 2 se introduc apoi în formula 1, obținându-se un scor global, denumit ICZ pentru fiecare tip de forță de solicitare.

Tabelul 2. Punctajele care se acordă parametrilor „regulii de artă” în funcție de gradul de conformitate și de direcția forței de solicitare

Încărcare verticală	Încărcare orizontală în plan			Încărcare orizontală în afara planului					
	NR	PR	R	NR	PR	R	NR	PR	R
RO	0	1	2	0	0.5	1	0	1	2
ȚZ	0	1	1	0	1	2	0	1.5	3
FER	0	1.5	3	0	1	2	0	1	2
RV	0	0.5	1	0	1	2	0	0.5	1
DER	0	0.5	1	0	0.5	1	0	0.5	1
CM	0	0.5	2	2	0	1	0	0.5	1
RE	0.3	0.7	1	1	0.3	0.7	0.5	0.7	1

Metoda IQM este, de asemenea, adecvată pentru clasificarea zidăriei în funcție de răspunsul său la solicitări verticale, orizontale în afara planului și orizontale în plan.

De altfel, se remarcă faptul că determinarea comportamentului mecanic al unui panou de zidărie supus la acțiuni orizontale (atât în plan, cât și în afara planului) reprezintă baza pentru aplicarea metodei de analiză la limită.

În tabelul 3, se introduc cele trei valori ICZ determinat din formula 1 de mai sus și se citește direct categoria de zidărie cu referire la cele trei acțiuni de solicitare.

Tabelul 3. Metoda de punctare: alocarea categoriilor de pereți

Direcția de acțiune	Categorია de zidărie		
	A	B	C
Acțiuni verticale	$5 \leq ICZ \leq 10$	$2,5 \leq ICZ < 5$	$0 \leq ICZ < 2,5$
Acțiuni ortogonale	$7 \leq ICZ \leq 10$	$4 < ICZ < 7$	$0 \leq ICZ \leq 4$
Acțiuni coplanare	$5 < ICZ \leq 10$	$3 < ICZ \leq 5$	$0 \leq ICZ \leq 3$

Cea mai bună categorie este A, iar cea mai proastă este C. Categoria B include zidăria de calitate intermediară.

Rezultate

Evaluarea prin metoda nedistructivă – ICZ, a fost efectuată față de Conacul urban al lui S.L. Starov, de pe strada Tricolorului 42, or.

Chişinău. Monument de arhitectură de valoare locală datează din prima jumătate a secolului al XIX-lea.

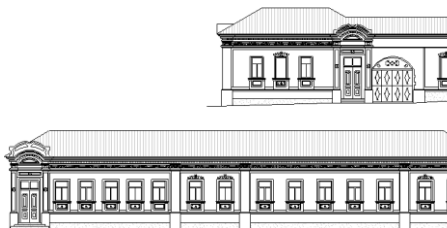
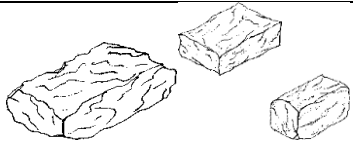

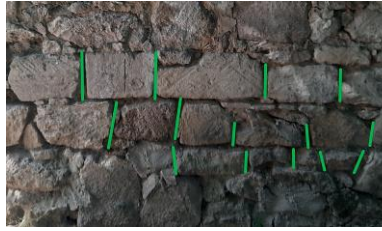
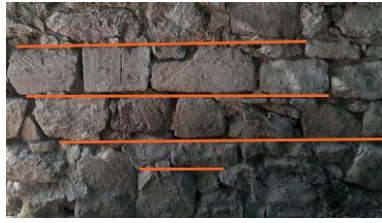



Figura 1. Conacul urban al lui S.L. Starov, de pe strada Tricolorului 42, or. Chişinău [9]

Pentru a face o apreciere asupra calităţii zidăriei este indispensabil să se evalueze măsura în care sunt respectaţi parametrii care caracterizează „regula artei”, prezentaţi în tab. 3.

Tabelul 3. Evaluarea vizuală a zidăriei Conacul urban al lui S.L. Starov, de pe strada Tricolorului 42, or. Chişinău

Parametri	Aprecierea	Demonstrație
Calitatea mortarului - CM	<u>PR</u> Mortar de calitate intermediară, cu rosturi nu excesiv de erodate. Zidărie cu elemente neregulate și mortar degradat, dar cu denivelări introduse eficient în spațiile dintre elemente.	
Tipul de țesere a zidăriei - ȚZ	<u>R</u> Linia minimă în interiorul (LMI) secțiunii de perete este de 1.60 m Țeserea zidăriei este neregulată	

<p>Forma elementelor rezistente - FER</p>	<p><u>R</u> Prezența elementelor pătrate sau cioplite</p>	 <p>Blocuri de calcar</p>
<p>Dimensiunea elementelor de rezistență - DER</p>	<p><u>PR</u> Prevalența elementelor cu cea mai mare dimensiune între 20 și 40 cm. Prezența elementelor de dimensiuni variabile.</p>	
<p>Decalajul rosturilor verticale - RV</p>	<p><u>PR</u> Apariția îmbinărilor verticale într-o poziție intermediară între zona centrală a elementului inferior și marginea acestuia. Prezența îmbinărilor verticale eșalonate în mod corespunzător și a îmbinărilor verticale aliniate. Linia minimă în interiorul (LMI) secțiunii de perete este de 1.60 m</p>	
<p>Caracteristica rosturilor orizontale - RO</p>	<p><u>R</u> Rânduri orizontale pe o mare parte a peretelui, fără întreruperi de continuitate pentru secțiuni de aproximativ 100 cm lungime și pe ambele fețe ale peretelui.</p>	

Rezistența elementelor - RE	<p>PR Unele elemente de zidărie sunt degradate (aproximativ între 10% și 50%) Elemente – blocuri de calcar oolitic și cochilifer</p>	
--------------------------------	---	--

În baza tabelului 2 s-au atribuit puncte fiecărui criteriu descris în tabelul 3, utilizând formula 1 s-au primit următoarele rezultate prezentate în tabelul 4.

Tabelul 4. Determinarea ICZ în funcție de gradul de conformitate și de direcția forței de solicitare a zidăriei Conacul urban al lui S.L. Starov, de pe strada Tricolorului 42, or. Chișinău

Încărcare verticală	Încărcare orizontală în plan			Încărcare orizontală în afara planului					
	NR	PR	R	NR	PR	R	NR	PR	R
RO	0	1	2	0	0.5	1	0	1	2
ȚZ	0	1	1	0	1	2	0	1.5	3
FER	0	1.5	3	0	1	2	0	1	2
RV	0	0.5	1	0	1	2	0	0.5	1
DER	0	0.5	1	0	0.5	1	0	0.5	1
CM	0	0.5	2	2	0	1	0	0.5	1
RE	0.3	0.7	1	1	0.3	0.7	0.5	0.7	1
r	0.6			0.85			1		
m	0.7								
g	0.7								
ICZ	1.54			0.81			2.92		

În baza tabelului 3 și rezultatelor ICZ, se poate de constatat că zidăria Conacul urban al lui S.L. Starov, de pe strada Tricolorului 42, or. Chișinău este de categoria C.

Acest tip de zidărie din punct de vedere a acțiunii verticale are o probabilitate mare de a se deteriora sau de a se deplasa din cauza fenomenului de instabilitate, mai ales dacă are o grosime limitată și este puternic încărcată și mai ales la sarcini concentrate. În condiții extreme,

este posibilă prăbușirea. Această categorie de zidărie trebuie să fie considerată de calitate slabă.

Zidăria din punct de vedere a acțiuni orizontale în afara planului are o probabilitate ridicată de destabiliza în caz de cutremur; prăbușirea este foarte probabilă, chiar și în prezența unor conexiuni eficiente. O astfel de zidărie este considerată a fi de calitate slabă.

Zidăria din punct de vedere a acțiuni orizontale din plan este foarte probabil să fie deteriorată în planul pereților, iar deteriorările pe care le-a suferit vor fi extinse.

Concluzie:

În acest articol este ilustrată metoda de evaluare nedistructivă a calității zidăriei ICZ aplicată față de zidăria conacul urban al lui S.L. Starov, de pe strada Tricolorului 42, or. Chișinău. Rezultând un ICZ scăzut a zidăriei din punct de vedere a celor 3 acțiuni ce sunt exercitate față de planul zidăriei analizate. Zidăria slabă a conacului se datorează mai multor factori precum: cutremurele de pe parcursul anilor, acțiunile climatice, degradarea materialelor constructive datorită ne întreținerii corespunzătoare a construcției.

Conservarea monumentelor istorice ale patrimoniului cultural din centrul istoric al Chișinăului trebuie să fie o prioritate a statului. Din motiv că conacul urban al lui S.L. Starov este proprietate privată în ultimii ani nu a fost întreținut ce duce spre o degradare continuă.

Referințe:

- [1] A. Borri și A. De Maria, INDICE DI QUALITÀ' MURARIA. Applicazioni nell'ambito delle NTC 2008. Su L'Edolizia, De Lettera, 2009.
- [2] A. F. PINTO, B. S. DA FONSECA and D. V. SILVA, "Mechanical characterization of historical rubble stone masonry and its correlation with the masonry quality assessment," *Construction and Building Materials*, vol. 281, p. 122168, 2021.
- [3] H. Van Eldere, L. F. Ramos, E. Verstrynge, N. Shetty, K. Van Balen, C. E. Barroso and D. V. Oliveira, "The application of sonic testing on double-leaf historical Portuguese masonry to obtain morphology and mechanical properties," in *Structural Analysis of*

Historical Constructions: An Interdisciplinary Approach, Springer International Publishing, 2019, pp. 661-668.

- [4] E. Aminifar, F. Akhondi and P. B. Lourenço, "Verification of Mechanical Properties of Historical Brick Masonry Walls with Masonry Quality Index Method in Iran," *International Journal of Architectural Heritage*, pp. 1-11, 2022.
- [5] E. Mustafaraj, E. Luga, M. Corradi, A. Borri, Y. Muceku and A. Zharkalli, "Physical-Mechanical Properties of Stone Masonry of Gjirokastrër, Albania," *Materials*, vol. 14, no. 5, p. 1127, 2021.
- [6] I. Hafner, T. Kišiček, T. Renić and K. Ožić, "An insight into The Masonry Quality Index (MQI) method for the visual assessment of existing masonry structures," in *1st Croatian Conference on Earthquake Engineering*, Zagreb, 2021.
- [7] M. TENA, L. TODISCO and J. LEÓN, "Calibration of the ageing process of masonry bridges based on field inspections and construction quality," *Structural Engineering International*, vol. 28, no. 3, pp. 325-337, 2018.
- [8] L. ROVERO and F. FRATINI, "The Medina of Chefchaouen (Morocco): A survey on morphological and mechanical features of the masonries," *Construction and Building Materials*, vol. 47, pp. 465-479, 2013.
- [9] A. Borri and A. D. Maria, "IQMIndex implementa il metodo dell'Indice di Qualità Muraria," 2021. [Online]. Available: <https://www.iqmindex.com/>. [Accessed 2023].
- [10] Centrul SITE, "Centrul Istoric al Chişinăului. Patrimoniul arhitectural al capitalei," Centrul SITE, 2006-2008. [Online]. Available: <http://www.monument.sit.md/tricolorului/42/>. [Accessed 2023].

Articolul a fost realizat în cadrul proiectului de cercetare nr. 20.80009.0807.34 „*Sporirea valorii patrimoniului cultural din Republica Moldova*”.