

Studiu privind impactul reabilitărilor termice asupra consumurilor energetice ale școlilor din România

Study on the impact of thermal rehabilitation on energy consumption of schools in Romania

Tiberiu Catalina^{1,2}, Marian Grigore¹, Alexandra Ene¹

¹ Universitatea Tehnică de Construcții București, Facultatea de Inginerie a Instalațiilor

² Universitatea Babeș Bolyai, Facultatea de Știința și Ingineria Mediului

B-dul Pache Protopopescu nr. 66, sector 2, București, Romania

E-mail: tiberiu.catalina@gmail.com, sergiu85_ro@yahoo.com, alexandra.angelescu17@gmail.com

Rezumat. Reabilitarea termică a clădirilor educaționale este foarte importantă din mai multe puncte de vedere: sporirea confortului termic, reducerea consumului energetic și mai ales reducerea emisiilor de dioxid de carbon. Lucrarea prezintă cazuri de succes unde eficientizarea energetică a fost una considerabilă. În partea a doua a prezentului articol se prezintă informații noi și interesante privind analiza energetică a 13 clădiri educaționale la care s-au propus măsuri de reabilitare termică majore, de la anveloparea termică până la instalarea de panouri solare fotovoltaice. S-a putut constata că cel mai mare consumator energetic este încălzirea cu un procent de peste 80% din totalul de energie iar iluminatul cu aprox. 15%. Prin aplicarea măsurilor de eficientizare energetică s-a realizat o reducere medie de 63%. Pe baza datelor statistice privind suprafața totală aferentă clădirilor educaționale avem o valoare de 17,4 mil. m² care dacă ar fi renoați în întregime am obține economii de 172 mil.€/an și un nivel de emisii de 131 022 tone CO₂/an. La costurile actuale de renovare estimăm că renovarea completă s-ar rentabiliza între 18-28 ani în funcție de investițiile efectuate. Dacă totuși timpul de retur al investiției nu este unul mic trebuie totuși avut în vedere faptul că emisiile de CO₂, prin urmare efectul benefic asupra mediului, vor fi mult scăzute.

Cuvinte cheie: reabilitare termică, școli, consumuri de energie

Abstract. The thermal rehabilitation of educational buildings is very important from many points of view: increased thermal comfort, reducing energy consumption and especially reducing carbon dioxide emissions. The study shows successful cases where energy efficiency has been considerable. The second part of this article presents new and interesting information on the energy analysis of 13 educational buildings where major thermal rehabilitation measures have been proposed, from thermal envelope to the installation of photovoltaic solar panels. It has been found that the largest energy consumer is heating with more than 80% of the total energy and the lighting with approx. 15%. By applying the energy efficiency measures an average reduction of 63% was achieved. Based on the statistical data on the total area of educational buildings, we have a value of 17.4 million m² which, if fully renovated, would achieve savings of 172 million €/year and an emission level of 131 022 tonnes/year. At the current renovation costs, we estimate that the return on the investment on the full renovation of the entire buildings park would be between 18-28 years. If, however, the return time of the

investment is not a small one, it should nevertheless be taken into account that CO₂ emissions, and thus the beneficial effect on the environment, will be very low.

Key words: *thermal refurbishment, Romanian schools, energy consumptions*

1. Introducere

Evoluția și dezvoltarea unei societăți se bazează pe utilizarea energiei iar acest lucru este esențial în producerea de bunuri și servicii care contribuie la obținerea bunăstării. În prezent, UE este dependentă de importarea de combustibili fosili (peste 90% din petrol și peste 66% din gazele naturale). Îngrijorată de această situație, UE a demarat în 2014 Comisia Europeană elaborarea Strategiei de Securitate Energetică, care are ca scop asigurare o aprovizionare sigură și stabilă a energiei. Această strategie urmărește reducerea consumului de energie la nivel european prin îmbunătățirea eficienței energetice, creșterea producției de energie atât din resurse tradiționale, cât și din surse regenerabile [1].

Marea majoritate a clădirilor terțiare din România sunt, în general, ineficiente din punct de vedere energetic și acest lucru se datorează unor standardel de construcție de proastă calitate, o lipsă de reglementări în construcții, o izolare termică insuficientă, practici de întreținere insuficiente sau necorespunzătoare. Clădirile nerezidențiale reprezintă 18% din totalul de clădiri a României [8]. Administrația publică, clădirile comerciale și școlile împreună reprezintă aproximativ 75% din consumul de energie nerezidențial fiecare reprezentând 20-25% din total. Printre clădirile terțiare școlile au fost identificate ca un mare sector al acestor clădiri. Un număr de aproximativ 6000 de școli au fost înființate în România între anii 1946 și 1970. În ceea ce privește performanța energetică, clădirile educaționale au consumuri mari de energie (270-350 kWh/m²/an) comparativ cu alte sectoare care se situează în intervalul 200-250 kWh/m²/an.

Majoritatea acestor școli au probleme cu încălzirea, inclusiv imposibilitatea monitorizării energiei sau a contabilizării acesteia, probleme privind sistemul de distribuție apă caldă menajeră, cazane cu eficiență scăzută fără reglarea corectă a arzătorului sau pierderi excesive de căldură datorate unei izolări termice insuficientă.

Clădirile se află în centrul strategiei energetice UE de a realiza o scădere inteligentă a consumurilor de energie coroborată cu utilizarea tot mai mare a surselor de energie regenerabilă. UE a afirmat în mod constant că investiția în renovarea eficientă din punct de vedere energetic a clădirilor este o soluție câștigătoare. Renovarea energetică fiind costisitoare finanțarea este cheia succesului. Există surse importante de finanțare europene care sunt disponibile în domeniul eficienței energetice și sunt concepute astfel încât să fie ușor pentru toți consumatorii să investească în renovarea clădirilor (exemple de programe - Programul Operațional Regional și altele).

Clădirile comerciale reprezintă cea mai mare pondere din suprafața totală a sectorului terțiare (31%). Sunt urmate de clădirile educaționale (29%), sănătate (16%),

birouri (13%) și hoteluri și restaurante (9%). Un procent de 2% reprezintă clădirile din categoria "altele", care includ logistica, clădirile industriale etc. În sectorul terțiar, încălzirea reprezintă 55% din consumul total și încălzirea apei 10%. Iluminatul (9%) și aerul condiționat (6%) sunt mai importante decât în sectorul rezidențial. [7]

Sunt de un mare interes intervențiile și procesele efectuate asupra clădirilor educaționale cu scopul economiei de energie în condițiile asigurării unui microclimat confortabil. Toate aceste proceduri au fost denumite măsuri de eficientizare energetică a clădirii. Prin aplicarea acestor măsuri, pe langa economia de resurse primare se realizează și reducerea de emisii poluante. Există mai multe metode prin care se poate spori eficiența energetică, începând de la educarea ocupanților imobilului în spiritul economiei de energie, până la efectuarea unei expertize și a unui audit energetic în urma cărora expertul oferă un pachet de soluții tehnice de modernizare. Soluțiile respective sunt influențate de tipul construcției, vechime și destinație. Reabilitarea termică a unei clădiri înseamnă îmbunătățirea ei în scopul păstrării căldurii în interior, sau în funcție de anotimp, la exterior. La nivel național, în anul școlar 2017-2018, își desfășoară activitatea un număr de 8300 de școli în sectoarele urban și rural conform website Inspectorate Școlare județene. Considerând că dintre acestea numai o mică parte au fost reabilite energetice, este lesne de înțeles importanța care trebuie acordată modernizării.

Reglementările europene impun tuturor școlilor să reducă consumul de energie și costurile. În ultimii ani, costurile de energie ale școlilor au fost imprevizibile. În mod obișnuit, vremea rece crește încălzirea și facturile la electricitate.

Au fost implementate următoarele măsuri demonstrative de economisire a energiei în câteva școli [8]

Școala 1: Înlocuirea unui cazan vechi și ineficient cu ulei. Această măsură cu costuri ridicate era așteptată să economisească aproximativ 250 MWh/an (aproape 11% din costuri), oferind economii anuale mai mari de 7000 de euro și un timp de retur al investiției de 6,5 ani.

Școala 2: Modernizarea sistemului de iluminat prin înlocuirea a 72 de corpuri de iluminat cu o reducere de aproximativ 30% (950 de euro) astfel un timp de retur al investiției de doar 3 ani.

Școala 3: Reabilitarea unui sistem de încălzire cu combustibil lichid. Această măsură cu costuri ridicate era de așteptat să economisească 20151 kg de combustibil pe an, rezultând economii financiare anuale de peste 14.000 de euro, care oferă un retur al investiției în doar 3 ani. Instalarea a aproximativ 520 m² de ferestre eficiente a redus pierderile de căldură cu 50% și economisirea a aproximativ 5700 de euro pe an astfel investiția s-a rambursat în doar 3,4 ani.

Școala 4: 535 m² de ferestre eficiente au redus pierderile de căldură până la 43%, economisind aproximativ 3.000 de euro pe an și rezultând o perioadă de amortizare de aproximativ 6 ani.

Cercetările privind performanța energetică și gestionarea energiei în clădirile publice, în special școli, au făcut obiectul mai multor publicații semnificative în ultimii 15 ani. Butala și Novak constată că în clădirile școlare din Slovacia capacitatea

nominală de încălzire este de 57% supradimensionată, iar pierderile de căldură sunt cu 89% mai mari decât valorile recomandate. Într-un alt studiu [9-10] au fost efectuate audituri energetice pe 238 de clădiri școlare din Grecia, legate de încălzire, răcire, iluminat și sisteme mecanice și electrice, pentru a verifica indicatorii consumului de energie și oportunitățile de a face economii de energie. Acest studiu a constatat că consumul total mediu anual de energie este de 93 kWh/m²; din care aproximativ 72% sunt consumate pentru încălzirea spațiului. Evaluarea diferitelor tehnici de conservare a energiei prezintă un potențial de conservare a energiei totale de 20%. Dimoudi și Kosterala [11] au avut o altă abordare prin evaluarea performanței energetice a clădirilor școlare din zona climatică rece a Greciei, o regiune cu temperatură mai scăzută a aerului în perioada de iarnă.

Prin intermediul datelor monitorizate au evaluat potențialul măsurilor de conservare a energiei. Constatările lor au estimat un consum mediu anual de energie de 123,31 kWh/m² pentru toate clădirile școlare, clădirile neizolate având un consum mediu peste 139,16 kWh/m² și clădirile izolate lejer de doar 115,38 kWh/m². Prin îmbunătățirea izolației termice, beneficiul net care a rezultat a fost o reducere a consumului de energie de până la 13,34%. Un alt studiu realizat în orașul Kozani (Grecia - zonă climatică rece) a fost realizat în grădinița publică și în școala primară, utilizând atât măsurători de teren, cât și chestionare. Printre principalii parametri studiați sunt eficiența energetică, mediul termic și calitatea aerului. Controlul incorect al sistemelor de încălzire și iluminare, lipsa unor măsuri legislative adecvate și, mai presus de toate, lipsa de interes față de eficiența acestor clădiri au fost principalii factori care afectează performanța generală a clădirilor investigate [12].

Mai mult, o altă lucrare de cercetare, care vizează îmbunătățirea performanței energetice în clădirile școlare, asigurând în același timp ventilarea aerului în interior, a fost propusă de [13]. În acest studiu, a fost folosit un proces pas cu pas pentru a satisface soluțiile de proiectare care se confruntă cu dilema EE-TC-IAQ (eficiența energetică-confort termic-calitatea aerului interior). Rezultatele indică faptul că implementarea schemelor optimizate de ventilație are ca rezultat economii de 28-30% și, respectiv, 17-18% pentru orientările de clasă din nord și sud. [14]

Atunci când se calculează evaluarea energetică a unei școli, aceasta se face pe baza EPBD (Energy Performance of Buildings Directive) folosind oricare dintre cele două modele posibile de calcul. Primul constă în pornirea de la caracteristicile cunoscute ale clădirii (abordare în perspectivă) [15], în timp ce cea din urmă (abordare inversă) utilizează contoare de energie pentru a evalua consumul de energie. (Balaras și colab., 2000) [16]. Prin urmare, există standarde de benchmarking pentru performanța energetică a școlilor în multe țări ale UE. [17] Mai multe studii au examinat, de asemenea, utilizarea tipică de încălzire în clădirile școlare. O investigație în Italia a relevat că există o cantitate considerabilă de consum de petrol care poate fi redusă semnificativ dacă se folosesc tehnici de economisire a energiei și surse regenerabile. [18]

Având în vedere că sectorul școlar consumă cantități mari de energie pentru încălzire și electricitate, măsurile de economisire a energiei sunt vitale. În medie, 13%

din consumul total de energie în SUA, 4% în Spania și 10% în Marea Britanie sunt consumate de sectorul școlar. [19]

Școlile reprezintă 10% din consumul total de energie în România. Din totalul unităților educaționale 16.817 (74%) utilizează sobe cu lemne și numai 5.863 (26%) au încălzire centralizată. Consumul de energie în școli este destul de tipic - clădirile nu sunt folosite, de obicei, seara și noaptea, nici în săptămânile și în sărbătorile școlare. De fapt, clasele sunt utilizate mai mult sau mai puțin 180 de zile pe an, de la ora 8.00 până la ora 16.00, ceea ce înseamnă aproximativ 1 440 ore / an.

Din considerentele menționate anterior este clar că problema îmbunătățirii performanței energetice a clădirilor publice și, în special, a clădirilor școlare, este un subiect de actualitate. Problema este și mai relevantă astăzi, de vreme ce statele membre trebuie să definească strategii și să decidă acțiunile de modernizare energetică pe care le-ar putea întreprinde în ceea ce privește stocurile publice de clădiri existente în punerea în aplicare a Directivei 2012/27 / UE.

O mare parte din școli au fost deja reabilitate în București astfel Conform prefecturii București avem următoarele cifre: sector 1 (11 unități de învățământ recepționate), sector 2 (24 unități de învățământ recepționate – 19 școli generale și 5 colegii), sector 3 (11 unități de învățământ recepționate – 7 școli generale, 1 școală specială și 1 colegiu), sector 4 (23 unități de învățământ recepționate -21 școli generale, 2 școli speciale), sector 5 (13 unități de învățământ recepționate -5 școli generale, 1 școală specială, 4 colegii și 2 grădinițe), sector 6 (19 unități de învățământ recepționate -15 școli generale, 2 școli speciale, 1 grup școlar și 1 grădiniță).

În lucrarea de față vor fi tratate clădirile destinate învățământului, în speță, cele destinate învățământului preuniversitar prin prezentarea unor studii de caz de succes dar și rezultate privind analiza consumului energetic a mai multor școli și măsurile de reabilitare termică care s-au aplicat .

2. Studii de caz

Un studiu de caz interesant [2] este construcția unei școli de 4000 m² care are o capacitate de 450 studenți și 65 profesori. Unul dintre principale obiective ale construcției a fost eliminarea punților termice. Școala s-a dorit a fi eficientizată energetic printr-o serie de măsuri importante: izolarea termică a pereților exteriori cu 15 cm de vată minerală, 25 cm de vată de minerală la nivelul podului și instalarea de ferestre tip tripan. Pentru sisteme de încălzire s-a folosit o pompă de căldură de 75 kW care asigură un climat corect atât iarna cât și vara. Pentru asigurarea calității aerului un sistem de ventilare cu recuperare de căldură cu o eficiență estimată de 70% a fost folosit. S-a pus un accent important pe etanșizarea la aer pentru reducerea infiltrațiile de aer rece nedorite și care ar putea mări consumurile energetice.



Fig. 1. Fațadă școlii, izolarea termică a pereților și a fundațiilor [2]

Un alt caz de succes este cel de la Sibiu unde la Liceul “Constantin Noica” prin intermediul unei finanțări europene va fi implementat și un sistem de tip BMS (“Building Management System”) care va urmări toate procesele energetice și de confort din liceu ameliorând atât consumul energetic dar și nivelul de confort. La fel ca și la studiul de caz prezentat anterior liceul va dispune de o pompă de căldură, iluminat LED și panouri fotovoltaice.

Prin programul REGIO – Programul Operațional Regional 2014-2020 Axa 3.1 Sprijinirea eficienței energetice, a gestionării inteligente a energiei și a utilizării energiei din surse regenerabile în infrastructurile publice, inclusiv în clădirile publice, și în sectorul locuințelor B Clădiri publice s-a finanțat reabilitarea școlii gimnaziale Nagy Imre din Miercurea Ciuc. Consumul de energie primară s-a redus de la 295,64 kWh/m²/an la 163,82 kWh/m²/an iar din punct de vedere al emisiilor de CO₂ de la 63,31 kg/m²/an la 33,53 kg/m²/an (scădere de 29,78 tone CO₂). Principalele investiții au fost alocate izolării anvelopei, schimbării sistemului de încălzire și a furnizării de apă caldă și instalarea de panouri fotovoltaice policristaline care reprezintă 11,03% din total energiei utilizate la finalul renovărilor. Beneficiarii proiectului sunt cele 66 cadre

didactice și cei 864 copii, costul investiției fiind de aprox. 1,4 milioane euro. Acest cost dacă îl raportăm la număr de beneficiar avem 1500 euro/persoană o valoare considerabilă. Reabilitarea Scolii Gimnaziale I.Gh. Duca Rm. Valcea unde activează aproximativ 29 de profesori și 350 elevi investiția a fost de 370 000 euro sau 976 euro/persoană. La Școala Gimnazială nr. 22 Galați investiția a fost de aprox. 600 000 euro sau 907 euro/persoană. S-au instalat și 40 de panouri fotovoltaice de 250 Wp fiecare cu o putere totală instalată de 10 kWp.

Avantajele majore ale reabilitărilor termice sunt asigurarea confortului termic prin intermediul de centrale noi care fiind automatizate permit încălzirea școlii pe tot parcursul zilei inclusiv noaptea sau în weekend. Mai mult pot încălzi diferite zone ale clădirii în funcție de necesitate. Cum majoritatea școlilor din mediul rural se încălzesc cu centrale termice pe lemne, schimbarea acestora cu unele eficiente/automatizate pe peleți ar aduce mai multe beneficii: optimizarea costurilor pentru achiziția combustibilului, ardere mai eficientă deoarece se va folosi un lemn cu o umiditate scăzută, reducerea efortului fizic necesar fochistului școlii de a transporta lemnul de la locul de stocare la centrala termică, reducerea zgomotelor datorate tăierii lemnului și care pot perturba procesul educațional dar și reducerea spațiului de stocare.

În vederea reducerii emisiilor de gaze cu efect de seră trebuie adoptate măsuri și procese tehnologice dintre care se pot menționa:

- ✓ Reducerea necesarului de energie electrică și termică pe baza pierderilor (de exemplu: transportul și distribuția energiei electrice la tensiuni optime, implementarea unor sisteme de iluminat cu eficiență luminoasă ridicată – surse Led în detrimentul celor incandescente sau fluorescente; izolarea termică a anvelopei inclusiv schimbarea tâmplăriei existente cu unele eficiente energetic).
- ✓ Îmbunătățirea randamentelor de conversie a sistemelor de producere a electricității – centrale electrice, turbine cu gaz, etc.
- ✓ Creșterea ponderei energiei nucleare și regenerabile (sisteme termosolare, sisteme integrate PV, eoliene, geotermale, etc.).
- ✓ Reducerea emisiilor de CO₂ prin captarea lor parțială.

mai bună din perspectiva comunității devenind un exemplu de urmat.

3. Analiza energetică

În vederea evaluării performanței energetice a clădirilor și instalațiilor aferente, țara noastră beneficiază de o metodologie de calcul care are la bază legea 372/2005 care are ca scop promovarea creșterii performanței energetice a clădirilor, ținându-se cont de condițiile climatice exterioare și de amplasament, de cerințele de temperatură interioară și de eficiență economică. Această metodologie este alcătuită din cinci părți: I, II, III, IV, V. Deasemenea există normativ C107/2 pentru calculul coeficientului global de izolare termică a clădirilor cu altă funcțiune decât cea rezidențială.

Pentru a analiza impactul reabilitărilor termice s-au studiat 13 clădiri educaționale situate în județele Mureș, București și Prahova. Unele dintre ele aveau nevoie de o reabilitare completă, altele având deja implementate anumite măsuri, de exemplu ferestrele vechi de lemn erau înlocuite deja cu unele de tip termopan. Clădirile educaționale analizate sunt diverse ca destinație (școală, grădiniță, liceu, sală sport, atelier) și ca număr de elevi de la școli mici (30-50 elevi) până la licee mari (802 elevi). Majoritatea clădirilor analizate din județul Mureș se află situate în zone rurale iar sursa de încălzire sunt centralele termice cu lemne. Pentru București și Prahova sursa principală utilizează gazele naturale.

Tabelul 1

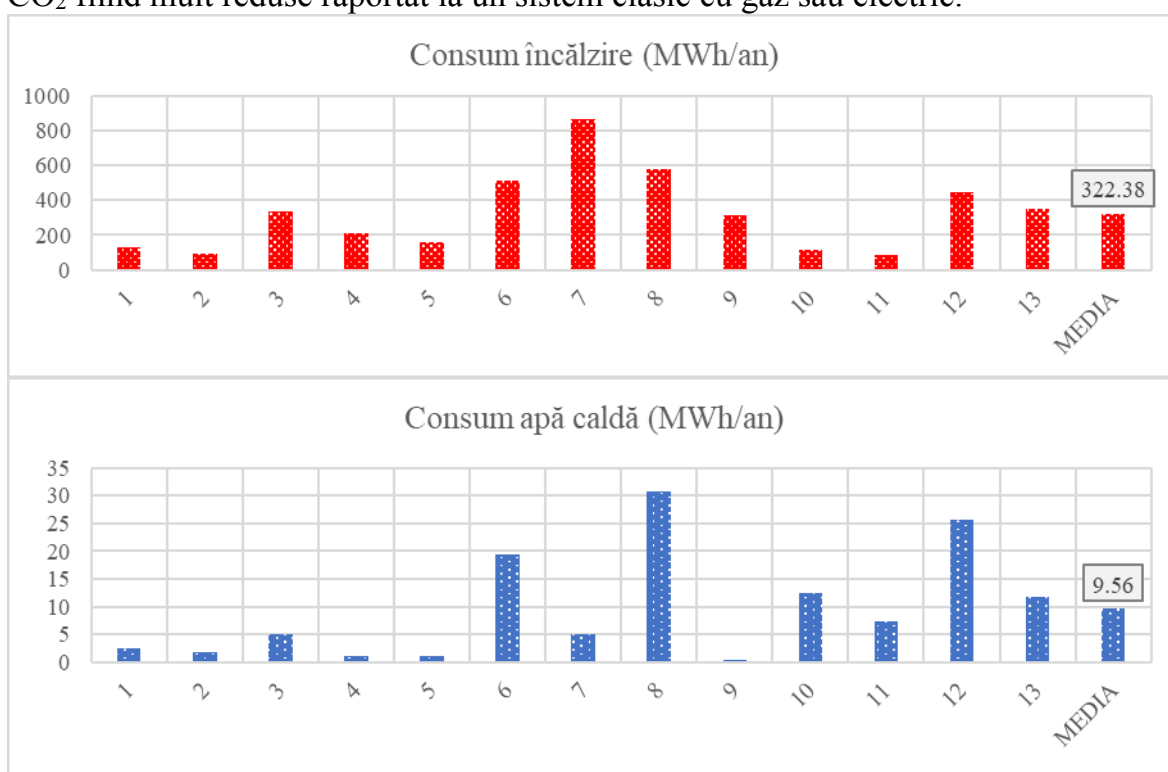
Detalii clădiri educaționale studiate din punct de vedere energetic

Nr.	Tip	Județ	S utilă (m ²)	S desfășurată (m ²)	Volum (m ³)	Nr. elevi și personal
1	Școală	Mureș	561.47	689	2756	82
2	Grădiniță	Mureș	358.26	412	1648	67
3	Școală	Mureș	1001.74	1152	4608	150
4	Sală sport	Mureș	412.17	474	1896	50
5	Atelier	Mureș	311.3	358	1432	50
6	Liceu	Mureș	1924	2179	8716	515
7	Liceu	Mureș	2290	2500	10000	150
8	Liceu	Mureș	2570	3028	12112	802
9	Liceu	Mureș	1200	1332	5328	30
10	Grădiniță	București	1423.9	1637.47	6549.88	334
11	Școală	București	886.95	1020	4080	208
12	Liceu	Prahova	2154	2364	9456	670
13	Liceu	Prahova	1458.38	2364	9456	320

Din figura de mai jos putem observa că avem consumuri de energie diferite pentru încălzire sunt diferite pentru cele 13 clădiri studiate în funcție de gradul lor de izolare, poziția geografică, aporturile de căldură, tipul de sistem de încălzire și evident în funcție de volum de încălzit. Trebuie precizat faptul că în medie avem o pondere de peste 80% aferentă încălzirii raportată la consumul total. Al doilea consumator după încălzire este iluminatul cu un procent de 10%÷15% și în cele din urmă apa caldă care reprezintă 3%÷5%. Media consumului total este una care am regăsit-o și în alte studii, mai exact 315 kWh/m²/an fapt care clasează clădirile educaționale printre cei mai mari consumatori de energie raportat la m². Acest lucru se datorează nu numai lipsei de izolare termică sau a unui sistem de încălzire inefficient dar și lipsei de control asupra temperaturii interioare din săli care în multe cazuri depășesc cu mult temperatura stabilită (19°C÷20 °C) ajungând lejer la valori de peste 24 °C.

Măsurile principale de eficientizare energetică au fost anveloparea clădirilor care nefiind izolate aveau rezistențe termice mici (pereți valori inferioare < 1 m²K/W planșeu pod valori inferioare < 0,5 m²K/W sau ferestre valori inferioare < 0,4 m²K/W). În majoritatea cazurilor renovarea s-a propus a se face prin creșterea rezistenței termice a pereților exterior prin adăugarea unui strat de izolație termică (polistiren

expandat ignifugat sau vată bazaltică) cu o grosime de 10 cm. Astfel rezistențele termice au crescut în medie cu aprox. $2,5 \text{ m}^2\text{K/W}$. Pentru tâmplărie s-au propus ferestre de tip triplu vitraj cu rezistențe termice minime de $0,77 \text{ m}^2\text{K/W}$ până spre $1,2 \text{ m}^2\text{K/W}$). În ceea ce privește sistemele de încălzire s-a propus înlocuirea cazanelor termic vechi cu unele performante astfel că randamentele au crescut la peste 95%. În paralel schimbarea instalației de încălzire interioară (distribuție, radiatoare, robineti termostatați) a redus consumul energetic. Din punct de vedere al iluminatului principalele măsuri de reducere au fost schimbarea corpurilor de iluminat cu unele de tip LED și instalarea de panouri fotovoltaice în anumite situații în funcție de tipul de finanțare. Puterile maxime propuse au fost până în 27 kWp pentru a putea beneficia de noua lege promulgată recent privind posibilitatea injectării de curent electric în rețeaua națională. Astfel pe perioadele de vară școlile pot deveni prosumatori reușind astfel să reducă timpul de recuperare al investiției sub 10 ani, participând în același timp la reducerea emisiilor cu efect de seră. Pentru apa caldă menajeră măsurile propuse au fost instalarea de panouri solare termice dar impactul lor din punct de vedere energetic nu va fi cel așteptat pentru că randamentul lor este maxim vara când școala nu funcționează. Rolul lor este mai degrabă de conștientizare asupra comunității și a elevilor privind necesitatea reducerii consumului de energie și investirea în sisteme care folose surse regenerabile de energie, care chiar dacă au un timp de retur al investiției peste 10 ani au marele avantaj ca sunt prietenoase cu mediul emisiile de CO_2 fiind mult reduse raportat la un sistem clasic cu gaz sau electric.



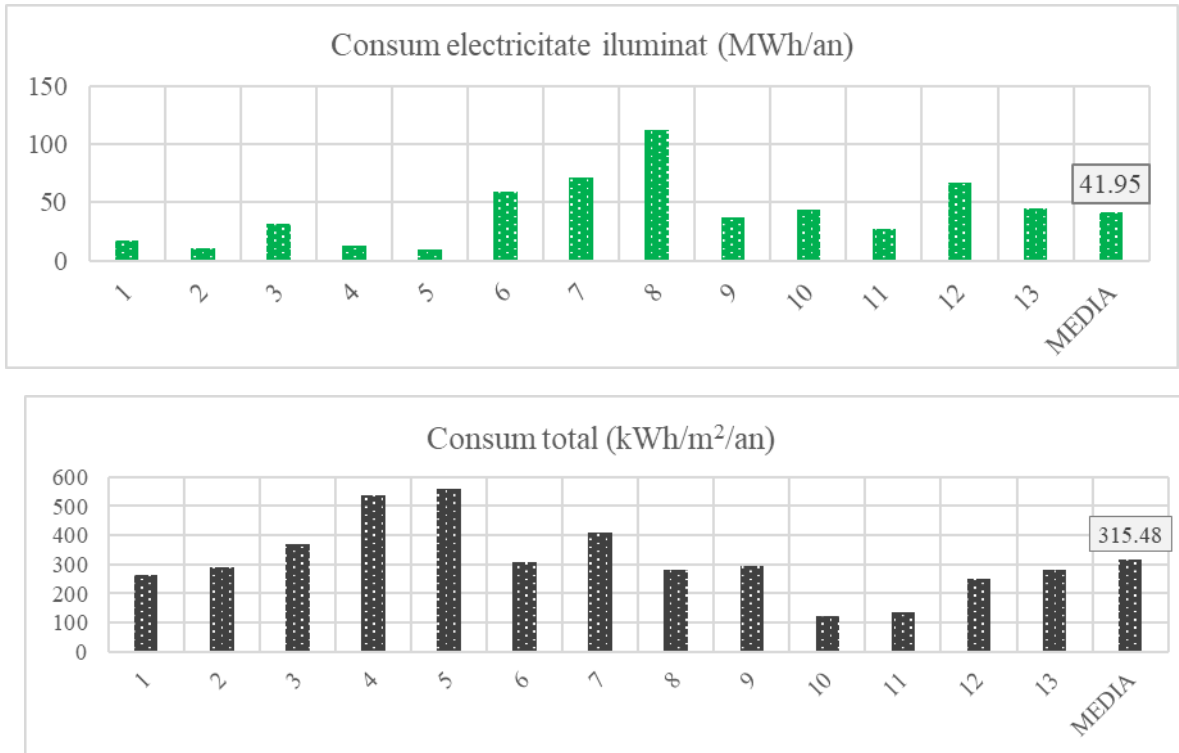
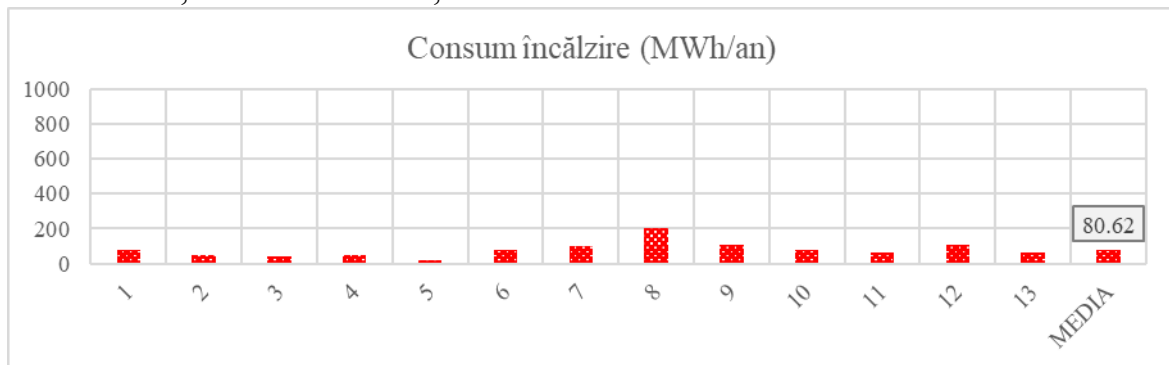


Figura 1. Consumuri energetice pentru cele 13 clădiri studiate înainte de reabilitarea termică

Calcululele privind reducerea consumului de energie prin implementarea măsurilor mai sus prezentate au fost realizate pe baza metodologiei de audit energetic dar și prin utilizarea de simulări numerice. La fel ca și în situație dinainte reabilitării termice încălzirea reprezintă în continuare consumatorul preponderent. Din punct de vedere al mediei pentru cele 13 școli avem o reducere de la 322 MWh/an la 80,62 MWh/an. Pentru apa caldă anumite școli (ex. 2,9,10) au beneficiat și de un aport solar prin instalarea de captatori solari termici astfel consumul lor energetic s-a redus cu 22% până la 33%. Iluminatul fiind al doilea mare consumator de energie după încălzire măsurile de eficientizare au ajutat foarte mult astfel consumul mediu s-a redus de la 41,95 MWh/an la 21,31 MWh/an.



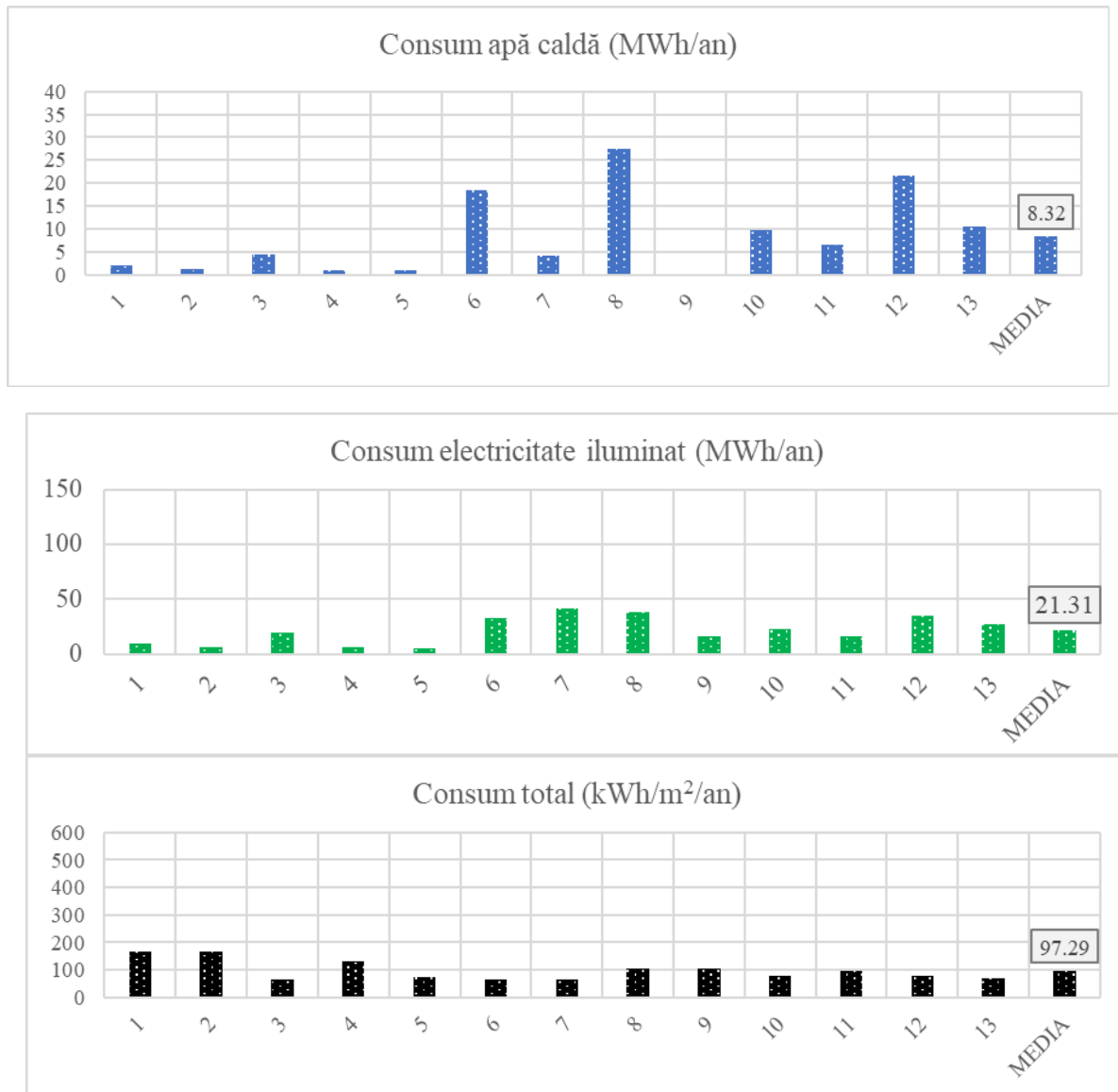


Figura 2. Consumuri energetice pentru cele 13 clădiri studiate după reabilitarea termică - calcule teoretice

În tabelul 2 sunt prezentate economiile de energie realizate pentru fiecare școală după implementarea măsurilor de eficientizare energetică. Pentru încălzire avem valori între 37% și chiar 89% explicabile astfel: reduceri mici s-au calculat acolo unde școlile aveau deja implementate anumite soluții (prezența ferestrelor cu $R > 0,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ sau înlocuirea deja a centralei termice) și economii importante acolo unde școala era degradată sever (tencuiala căzută, tâmplărie de lemn, infiltrații importante, consum excesiv de combustibil datorită randamentului foarte scăzut – sub 60% a surselor de căldură). Pentru apa caldă media economiei de energie se regăsește în jurul valorii de 16%. Avantajele implementării corpurilor de iluminat cu LED le regăsim imediat astfel că economiile datorate lor sunt de peste 40% timpul de recuperare al investiției fiind sub 5 ani. La școlile unde au fost propuse sisteme fotovoltaice reducerea

consumului crește până la 66%. În medie pentru cele 13 școli avem o reducere de 46%. Per total eficientizarea energetică a avut un impact pozitiv și care se dorea astfel ca media economiei de energie totală este peste 60%.

Tabelul 2

Economiile de energie realizate prin reabilitarea termică

Nr.	Economie energie încălzire (%)	Economie energie apă caldă (%)	Economie energie iluminat (%)	Economie energie total (%)
1	37.00	11.99	45.40	37.59
2	43.62	33.10	41.44	43.21
3	87.28	15.22	38.26	82.20
4	77.32	15.34	47.66	75.30
5	89.58	15.34	48.45	86.81
6	84.83	5.08	45.64	78.24
7	87.90	17.19	41.55	84.01
8	64.63	10.79	66.10	62.56
9	65.65	24.72	55.65	64.55
10	30.33	22.20	48.98	34.50
11	28.49	11.72	39.64	30.01
12	75.07	15.27	47.31	68.76
13	82.45	11.77	39.16	75.66
MEDIA	65.70	16.13	46.56	63.34

În tabelul 3 sunt prezentate reducerile emisiilor de CO₂ realizate prin implementarea măsurilor de eficiență energetică. S-au folosit factorii de conversie din energie finală în energie primară și mai departe coeficienții de conversie în kgCO₂/kWh energie primară.

Tabelul 3

Reducerea emisiilor de CO₂ realizate prin reabilitarea termică

Nr.	Emisii CO ₂ (kgCO ₂ /an) înainte	Emisii CO ₂ (kgCO ₂ /m ² /an) înainte	Emisii CO ₂ (kgCO ₂ /an) după reabilitare	Emisii CO ₂ (kgCO ₂ /m ² /an) după reabilitare
1	16267.58	28.97	10864.13	4.55
2	10583.34	29.54	7282.678	4.06
3	31271.08	31.22	16886.38	3.33
4	14301.31	34.70	7247.084	6.46
5	10951.49	35.18	4643.314	4.14
6	57241.82	29.75	28847.83	1.48
7	73331.72	32.02	36949.25	7.28
8	99535.56	38.73	38591.31	1.25
9	35575.89	29.65	17464.82	52.59
10	65497.33	46.00	39428.42	3.20
11	43768.19	49.35	29193.98	3.96
12	164966.2	76.59	59331.12	2.32
13	123094.8	84.41	38932.08	3.30
MEDIA	57414.34	42.01	25820.18	7.53

4. Concluzii

Implementarea măsurilor de eficiență energetică în școlile din România are mai multe aspecte pozitive:

- ✓ Directorii școlilor ar beneficia de costuri reduse și medii de învățare îmbunătățite.
- ✓ Personalul și elevii ar studia într-un mediu îmbunătățit și performanțele intelectuale s-ar ameliora
- ✓ Mediul ar beneficia, de asemenea, de reducerea consumului de energie și emisiile de carbon ar fi reduse
- ✓ Școala va beneficia de o imagine

Pe lângă economia de energie realizată prin reabilitarea clădirii, cel mai important aspect îl reprezintă reducerea emisiilor de CO₂. Astfel, după aplicarea metodelor de eficientizare energetică, având în vedere că în România avem 17,4 milioane de m² aferente clădirilor educaționale prin aplicarea măsurilor de reabilitare se va obține o reducere semnificativă a consumului de energie și implicit a emisiilor de CO₂ la nivel național.

Dacă am realiza un calcul rapid la scară națională plecând de la valoarea prezentată de Institutul European pentru Performanța Clădirilor (BPIE) că avem o suprafață de 17,4 milioane de m² aferente școlilor și considerând valoarea medie de 315 kWh/m²/an avem un consum total de 5 481 000 MWh/an. Din punct de vedere al emisiilor pe baza unei medii de 42 kgCO₂/m² vom avea 730 800 tone CO₂/an. Prin reabilitarea completă a celor 17,4 milioane de m² am reduce consumul energetic la 1 687 800 MWh/an și emisiile la 131 022 tone CO₂/an. Din [8] știm că 74% dintre școli folosesc încălzire cu lemne și restul de 26% gazele naturale. Astfel din consumul total de 5 481 000 MWh/an (valoare care presupune că nici o școală nu este renovată termic) vom avea 3 447 549 MWh/an a fi acoperiți cu combustibili solizi și 2 551 186 MWh/an a fi acoperiți cu gaze naturale pentru încălzire/apă caldă iar restul de 822 150 MWh/an pentru iluminat. La un cost mediu de 0,5 RON/kg lemn clasic și o putere calorifică medie de 4,46 kWh/kg (depinde de tipul de lemn și gradul de umiditate) vom avea un cost de aprox. 0,024 €/kWh. Pentru electricitate și gaze putem presupune în prezent un cost de 0,128 €/kWh (electricitate) și 0,026 €/kWh (gaze naturale). Prin urmare pentru tot parcul de clădiri educaționale nerehabilitate avem costuri de 82 mil.€/an pentru școlile încălzite cu lemne clasice, 66 mil. €/an pentru școlile încălzite cu gaze naturale și 105 mil. €/an pentru iluminat. Dacă toate clădirile ar fi reabilitate costurile s-ar reduce semnificativ astfel am avea nevoie de 29 mil.€/an pentru școlile încălzite cu peleți (presupunând ca vor face toate tranziția de la lemne la peleți), 20 mil.€/an pentru școlile încălzite cu gaze naturale și 32 mil. €/an pentru iluminat. Deci costurile totale vor fi reduse de la 253 mil.€/an la 81 mil.€/an adică o reducere de 67% sau o economie de 172 mil.€/an. Din analiza școlilor deja reabilitate termic am constatat costuri de investiție de 900-1400 €/persoană. Potrivit Institutului Național de Statistică avem în anul universitar 2016-2017 un număr de 3 597 300 elevi și studenți astfel costurile de reabilitare termică pentru toate clădirile se vor situa între 3237 mil. € și 50362 mil. € astfel investiția se va amortiza între 18 și 29 ani.

Din [6] am obținut tabelul 4 care clasifică gradul de renovare în patru mari categorii și prezintă costurile de eficientizare energetică. La un grad de renovare mare avem

costuri de 200 €/m² adică un total de 3480 mil.€/an similar cu valoarea estimată de noi (3237 mil. €) iar pentru o renovare de tip NZEB (panouri solare, etc) costurile totale se ridică la 6090 mil. €.

Tabelul 4

Costuri pentru renovarea clădirilor

Grad de renovare	Costuri în prezent (€/m ²)	Costuri în anul 2050 (€/m ²)	Economie de energie (kWh/m ² /an)	Performanța finală (kWh/m ² /an)
Renovare Minoră - 15%	25	21	32	179
Renovare Medie - 45%	90	63	95	116
Renovare Mare - 75%	200	97	158	53
Renovare NZEB (Nearly Zero Energy Building) – 95%	350	117	200	11

5. Mulțumiri

Acest articol a fost sprijinit de proiectul ID P_37_229, SMIS 103427, Contract Nr. 22/01.09.2016, cu titlul „Smart Systems for Public Safety through Control and Mitigation of Residential Radon linked with Energy Efficiency Optimization of Buildings in Romanian Major Urban Agglomerations SMART-RAD- EN” sprijinit de Programul Operational Competitivitate 2014-2020, POC-A.1- A.1.1.4 -E- 2015 competitie.

Referințe

- [1] Evelina GRADINARU, Lorant BUCS, Gabriel BRĂTUCU, Statistical analysis regarding energy supply and demand in the EU and Romania between 1990 and 2014, Bulletin of the Transilvania University of Braşov, Series V: Economic Sciences • Vol. 9 (58) No. 1 – 2016
- [2] Soim Horatiu, UVVG Arad, Education and energy efficiency 2008 in Romanian schools / Intelligent Energy Europe contract n.IEE/07/710/SI2.499412 - https://www.umweltschulen.de/download/20100308_energy_efficiency_in_romanian_schools.pdf
- [3] I. BOROS, T. NAGY-GYÖRGY, D. DAN, ENERGY EFFICIENT SCHOOL BUILDING CONCEPT AND CONSTRUCTIVE SOLUTIONS, Int. Rev. Appl. Sci. Eng. 6 (2015) 2, 101–110, DOI: 10.1556/1848.2015.6.2.4
- [4] BPIE(2012). Implementing nearly Zero-Energy Buildings in Romania. Towards a definition and roadmap, ISBN: 9789491143045, Brussels 2012. Available at www.bpie.eu
- [5] Bertoli, P. and Atanasiu, B.: Electricity Consumption and Efficiency Trends in the En-larged European Union – Status Report 2006. European Commission: DG Joint Re-search Centre 2007.
- [6] Dan Staniaszek Renovating Romania, A Strategy for the energy Renovation of Romania’s Building Stock, Buildings Performance Institute Europe BPIE
- [7] Institutul European pentru Performanța Clădirilor (BPIE), Bogdan Atanasiu (BPIE), Implementarea clădirilor cu consum de energie aproape zero (nzeb) în românia definire și foaie de parcurs, http://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/10/Full_Report_nZEB-Romania.pdf
- [8] PHARE ENERGY PROJECTS IN ROMANIA, Decembrie 1999, http://www.minind.ro/domenii_sectoare/energy.pdf

- [9] Santamouris, M., G. Mihalakakou, P. Patargias, N. Gaitani, K. Sfakianaki, and M. Papaglastra. "Using intelligent clustering techniques to classify the energy performance of school buildings." *Energy and Buildings*, 2007: 45-51.
- [10] Santamouris, M., C.A Balaras, E. Dascalki, A. Argirious, and A. Gaglia. "Energy consumption and the potential for energy conservation in school buildings in Hellas." *Energy* 19 (June 6), 1994 : 653-660.
- [11] Dimoudi, A., and P. Kostarela. "Energy monitoring and conservation potential in school buildings in the C climatic zone of Greece." *Renewable Energy* 34, 2009: 289-296.
- [12] Theodosiou, T.G., and K.T. Ordoumpozanis. "Energy, comfort and indoor air quality in nursery and elementary school buildings in the cold climatic zone of Greece." *Energy and Buildings* 40, 2008: 2207-2214.
- [13] Becker, R., I. Goldberger, and M. Paciuk. "Improving energy performance of school buildings while ensuring indoor air quality ventilation." *Building and Environment* 42, 2007: 3261-3276 (September Pages).
- [14] Becker, Rachel, Itamar Goldberger, and Monica Paciuk. "Improving energy performance of school buildings while ensuring indoor air quality ventilation." *Building and Environment*, 2006: 3261–3276.
- [15] Zhu, Y. "Applying computer-based simulation to energy auditing: a case study." *Energy and Buildings* 38 (2006): 421-428.
- [16] Westergren, K, H Hogberg, and U Norlen. "Monitoring energy in single family houses." *Energy and buildings* 29 (1999): 247-257.
- [17] Hernandez, P, K Burke, and J.O Lewis. "Development of energy performance benchmarks and building energy ratings for non-domestic buildings: and example of Irish primary Schools." *Energy and Buildings* 40 (2008): 249-254.
- [18] Desideri, U, and S Proietti. "Analysis of energy consumption in the high schools of a province in central Italy." *Energy and Buildings* 34 (2002): 1003-1016.
- [19] Perez-Lombard, L, J Ortiz, and C Pout. "A review on buildings energy consumption information." *Energy and Buildings* 40 (2008): 394-398.