

Sisteme moderne de fatade metalice. Analize termice si de impact asupra mediului

RC revistaconstructiilor.eu/index.php/2020/02/01/sisteme-moderne-de-fatade-metalice-analize-termice-si-de-impact-asupra-mediului/

February 1, 2020

In contextul accentului care se pune în prezent pe impactul construcțiilor asupra mediului, am supus analizei comparative patru sisteme modulare de închidere de tip sandwich adaptabile unei structuri metalice. Acestea ofera o solutie constructiva flexibila, modulara, cu fabricare rapida, perioada scurta de executie si dezasamblare usoara.



Studiul prevede o analiza a transferului termic ce include schimbarea de faza, gradul de atenuare a amplitudinii, raportul dintre aceasta si temperatura (TAV) si bilantul energetic. Considerand o abordare sustenabila, studiul este completat de o analiza de impact asupra mediului ce ia în considerare materialele din faza de productie pana în faza finala a ciclului de viata.

Desi sistemele analizate au caracteristici similare, rezultatele demonstreaza o anumita variatie a parametrilor. Bilantul energetic arata ca energia furnizata este data primordial de necesarul de incalzire, prepararea apei calde menajere si aportul solar. Energia totala emisa este în egala masura formata din energia generata prin transmisie, ventilare si energia apelor reziduale. Scenariul pentru ciclul de viata (LCA) arata ca fazele finale ale ciclului pentru fiecare sistem, au un rol important în impactul asupra mediului inconjurator, inversand clasamentul initial al sistemelor.

Diversi autori au demonstrat ca în prezent sectorul construcțiilor este responsabil pentru o buna parte din cantitatea totala de energie consumata, a emisiilor de dioxid de carbon si a deseurilor [1-3]. În ultima decada de timp procentul a crescut pana la valori importante de aproximativ 50% din valoarea totala. Energia necesara functionarii la parametrii optimi a unei cladiri reprezinta aproximativ 90% din total, restul fiind energia inmagazinata a diverselor materiale. Prin urmare, tendintele actuale sunt de a reduce energia operationala, chiar daca creste cantitatea energiei inmagazinate.

Pornind de la conceptul dezvoltarii durabile [4] structurile metalice din profile cu pereti subtiri formate la rece reprezinta o varianta structurala atractiva deoarece imbina prefabricarea, greutatea redusa, executia rapida cu posibilitatea de reutilizare sau

reciclare [5]. Sistemele metalice de fatada se incadreaza in tendintele actuale, in sectorul constructiilor oferind solutii robuste si sustenabile, ce corespund nevoilor din prezent oferind un confort termic interior adecvat.

Panourile moderne de tip sandwich puse la dispozitie de catre producatori indeplinesc conditiile actuale de performanta atat din punct de vedere energetic cat si termic prin variatii ale grosimii si tipului de material termoizolant ce se pot adapta diverselor sisteme structurale. Aspectele arhitecturale sunt indeplinite de o gama destul de larga de finisaje exterioare si interioare. Alte avantaje ale unui astfel de sistem sunt date de posibilitatea industrializarii, panourile fiind elemente prefabricate, modulare, permitand o executie rapida. De asemenea, ele sunt adaptabile diferitelor forme si pot fi demontate si reutilizate usor.

Lucrarea prezinta analiza a patru solutii moderne de elemente de fatada, ce pot fi adaptate pe o structura metalica din profile cu pereti subtiri formate la rece. Sistemele alese ofera rezistente termice similare.

Analiza termica considera transferul termic si bilantul energetic. Studiul este completat de o analiza de impact asupra mediului considerand elementul din faza de productie, utilizare, pana faza de sfarsit a ciclului de viata.

Descrierea sistemelor de fatada

In cadrul analizei au fost considerate patru sisteme de fatada de tip panou sandwich oferite de diversi producatori de pe piata actuala. Alegerea sistemelor s-a bazat pe doua criterii importante: (i) modularitate si (ii) timpul scurt de instalare. Sistemele au fost subimpartite pe doua categorii in functie de tipul materialului termoizolant. Ele sunt prezentate in **Tabelul 1**, in functie de stratificatie, grosime totala, rezistenta termica (R) si transmitanta termica ($U=1/R$).

Toate sistemele de inchidere propuse sunt de tip panou sandwich, ele putand fi adaptate usor unei structuri metalice usoare cu elemente din profile cu pereti subtiri. Alegerea sistemelor integrate contribuie la proiectarea sustenabila a cladirilor actuale atat in faza de fabricare cat si in faza finala a ciclului de viata (End of Life – EOL) considerand multiple avantaje:

- modularitate;
- adaptabilitate;
- prefabricarea atat pentru elementele structurale cat si pentru cele de inchidere;
- timp redus de executie;
- dezasamblare rapida si posibilitatea de a colecta separat deseurile la finalul ciclului de viata, conducand la reutilizarea si reciclarea materialelor.

Astfel, sistemul permite dezasamblarea in totalitate a componentelor originale, pe diferite scenarii EOL: deoarece elementele metalice structurale pot fi cu usurinta reciclate sau chiar reutilizate, scenariul final pentru componentele de inchidere este mai complex datorita foilor de tabla si a materialului termoizolant sau a tuturor elementelor

necesare montajului. In consecinta, studiul prezentat este concentrat pe analiza performantei la transfer termic si a impactului asupra mediului pentru sistemele de fatada alese.

Analiza transferului termic

Sistemul modular de baza ales are dimensiunile in plan de 5 m x 5 m (**fig. 1** si **2**). Cladirea reprezinta un spatiu pe doua nivele cu un acoperis in doua ape capabil sa acomodeze o retea de panouri fotovoltaice. Fatada sudica (**fig. 1**) se constituie aproape in totalitate dintr-un element vitrat pentru a asigura iluminatul natural al spatiului interior. Pentru a controla radiatia solara, vitrajul este completat de elemente de umbrire formate din lamele cu celule fotovoltaice inglobate.

Calculul eficientei termice a unei incinte este determinat de o serie de factori, in principal de radiatia solara directa receptata prin golurile fatadei si de capacitatea de inmagazinare a caldurii la nivelul elementelor de invelitoare. Alti factori importanti in echilibrul energetic sunt:

- schimbul de faza;
- amplitudine;
- raportul temperatura / amplitudine (TAV).

Analiza termica a fost efectuata cu ajutorul platformei online de calcul Ubakus [6] si componenta de evaluare energetica inglobata a Graphisoft Archicad 21 [7].

Urmatoarele date au fost introduse si aplicate asupra modelului de baza prezentat mai sus, amplasat in Timisoara:

- Temperatura interioara: 20°C cu umiditate 40%;
- Temperatura exterioara: -5°C cu umiditate 60%;
- Arie construita: 30,37 m²;
- Arie utila: 24,60 m²;
- Suprafata anvelopei: 124,44 m²;
- Procentaj suprafata vitrata: 6%.

Vata minerala 1 (MW1)

Simularea cu programul de analiza (**fig. 3a**) a aratat ca transmitanta elementului are valoarea $U = 0,168 \text{ W/m}^2\text{K}$. Astfel, cantitatea maxima de caldura inmagazinata este de 47 kJ/m²K cu o capacitate termica a straturilor interioare de 19,7 kJ/m²K si o rezistenta termica totala de 5,943 m²K/W. Aceasta valoare este aproximativ de trei ori mai mare decat cea prevazuta in normativele actuale din Romania. Schimbarea de faza (**fig. 3b**) se petrece dupa 6,7 ore cu o atenuare a amplitudinii de 7,9 si TAV 0,126.

Vata minerala 2 (MW2)

Cel de-al doilea sistem, MW2 (**fig. 4a**), arata o valoare a transmitantei de $U = 0,161 \text{ W/m}^2\text{K}$. Caldura inmagazinata atinge $47 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ cu o capacitate de stocare termica a straturilor interioare de $19,8 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ si avand per total o rezistenta termica de $6,193 \text{ m}^2\text{K/W}$. Schimbarea de faza are loc dupa 6,7 ore (**fig. 4b**) cu o atenuare a amplitudinii de 8,3 si raportul TAV de 0,12.

Poliizocianurat 1 (PIR1)

In cazul sistemului PIR1 (**fig. 5a**), rezulta o transmitanta $U = 0,171 \text{ W/m}^2\text{K}$. Caldura inmagazinata atinge $46 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ cu o capacitate de stocare termica a straturilor interioare de $21 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ si demonstrand o rezistenta termica totala de $5,850 \text{ m}^2\text{K/W}$. Schimbarea de faza are loc dupa 8,2 ore (**fig. 5b**) cu o atenuare a amplitudinii de 8,3 si TAV de 0,122. Avantajul principal pentru folosirea unui miez de poliizocianurat este o reducere considerabila a grosimii totale a straturilor exterioare.

Poliizocianurat 2 (PIR2)

Pentru sistemul PIR 2 (**fig. 6a**), transmitanta atinge $0,167 \text{ W/m}^2\text{K}$. Caldura inmagazinata a elementului atinge $46 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ cu o capacitate de stocare termica a straturilor interioare de $21 \text{ kJ/m}^2\text{K}$. Rezistenta termica totala este de $6,001 \text{ m}^2\text{K/W}$. Schimbarea de faza are loc dupa 6,7 ore (**fig. 6b**) cu o atenuare a amplitudinii de 7,2 si TAV de 0,117.

Bilantul energetic

Pentru evaluarea energetica a celor patru sisteme, urmatoarele date operationale au fost considerate in programul de calcul:

- aportul de caldura uman: 70 W/utilizator ;
- apa calda de consum: $60 \text{ l/zi/utilizator}$
- umiditate: $2 \text{ g/zi/utilizator}$;
- utilizare spatiu: 6.264 ore/an ;
- iluminat: sistem LED;
- incalzire: 1.500 W capacitate nominala corp de incalzire electric inclusiv pentru incalzirea apei calde menajere. Tip control: control temperatura cu senzor interior – temperatura interioara: 20°C cu umiditate 40%.

Rezultatele analizei sunt prezentate in **Tabelele 2** si **3**. Graficele prezinta cantitatea de energie emisa de cladire (partea inferioara) cat si energia necesara/primita de fiecare sursa in parte; energia absorbita din mediul inconjurator precum si din surse interne (parte superioara), pe parcursul unei luni (in cazul prezentat) sau saptamani, conform alegerii.

Conform ecuatiei de echilibru, graficele pentru cantitatea de energie emisa (output) si pentru energia primita (input) trebuie sa fie egale. Axa verticala a graficului arata cantitatea de energie iar cea orizontala arata saptamanile anului.

În general cantitatea de energie necesară provine în mare parte din necesarul de încălzire (peste 50% din total), aport solar și apă caldă menajeră. Alte surse reprezintă sub 7% din totalul necesar. Energia emisă se bazează în principal pe transmisie – 30%, ventilație – 45% și pierderile conexe – 10%. Aceste procentaje arată felul în care aceste valori ar putea fi optimizate. În acest caz, sursele cu recuperare de căldură pot reduce cantitatea de energie necesară.

Se poate observa că MW2 are necesarul net de energie pentru încălzire a spațiului cel mai scăzut, 3.597 kWh/a (anual) spre deosebire de PIR2 unde valoarea netă este cea mai mare 3.658,2 kWh/a. Mai mult decât atât, sistemele cu miez de vată minerală (MW1 și MW2) au un grad de etanșeitate sporit față de soluțiile PIR, având mai puține infiltrații sau pierderi de căldură.

Tabelul 3 sintetizează performanțele sistemelor alese. Ca o concluzie generală, toți parametrii evaluați prezintă valori similare, cu variații de 5-6%. Soluția MW2 prezintă rezistența termică cea mai bună (transmitanța cea mai mică) și implicit consumul de energie și valoarea TAV cele mai reduse. În contrast, soluția PIR2 are amplitudinea și capacitatea termică a straturilor interioare cele mai ridicate.

Analiza impactului asupra mediului

Analiza de impact asupra mediului a fost realizată prin Abordarea pe Ciclu de Viață a sistemelor de fațadă (LCA), luând în considerare toate etapele parcurse de către un produs până ajunge în faza de sfârșit a ciclului de viață (începând cu extracția de materii prime, producția, punerea în opera și ajungând la dezasamblare, procesarea deșeurilor și debarasarea acestora după demontarea/demolarea clădirii).

Analiza LCA pentru sistemele de fațadă a fost realizată folosind programul software SimaPro (8) plecând de la anumite condiții de margine cum ar fi materiale termoizolante identice sau cu proprietăți identice:

- temperatura interioară: 20°C cu umiditate 40%;
- sistemele de închidere sunt alcătuite din panouri sandwich cu aceeași valoare a transmitanței de 0,17 W/m²K;
- excluderea din calcul a energiei utilizate în timpul procesului de construire (de exemplu, energia provenită din consumul de combustibil al mașinilor și utilajelor tehnologice);
- excluderea din calcul a consumului de energie datorat transportului panourilor sandwich (de la producător în șantier) și montării acestora pe structură;
- includerea în calcul a emisiilor pe termen lung.

Scenariul pentru Ciclu de Viață include, ca date de intrare, aceleași materiale componente și aceleași cantități utilizate precum în cazul analizei transferului termic. Datele referitoare la faza de Sfârșit a Ciclului de Viață, reprezentând scenariul pentru reciclarea, reutilizarea și eliminarea deșeurilor la sfârșitul ciclului de viață al clădirii, au fost apreciate în funcție de condițiile actuale din România pentru eliminarea

materialelor de închidere pentru structuri. **Tabelul 4** prezintă componentele fiecărei soluții de fatadă analizată, precum și cantitățile aferente și scenariul de eliminare a fiecărui strat component din panourile sandwich.

Figura 7 prezintă impactul asupra mediului în stadiul de producție al soluțiilor analizate, în timp ce **figura 8** face referire la impactul asupra mediului al celor patru soluții analizate rezultat din analiza LCA la sfârșitul ciclului de viață. Impactul asupra mediului este exprimat prin eco-puncte, definite de metoda pentru LCA, Eco-indicator 99 [8].

Rezultatele sunt grupate în trei categorii principale de impact: impactul asupra resurselor naturale (de asemenea divizat în utilizarea terenurilor, a mineralelor și utilizarea combustibililor fosili), calitatea ecosistemului (împartită în schimbări climatice, radiații, afectarea stratului de ozon, eco-toxicitate și acidificare / eutrofizarea apelor) și sănătatea umană (împartită în conținut de substanțe cancerigene, conținut de substanțe organice respiratorii și conținut de substanțe anorganice respiratorii).

Scorul total pentru fiecare sistem de închidere analizat este prezentat în **Tabelele 5 și 6**. Sistemele de închidere cu scorul cel mai mare sunt soluțiile cu cel mai mare impact asupra mediului. Toate cele patru sisteme de fatade au obținut valori similare ale scorului total.

Comparând rezultatele obținute după încheierea fazei de producție cu cele obținute în urma LCA, se poate observa că luând în considerare EOL, scorul total al fiecărui sistem de fatade este redus, fapt datorat reutilizării și reciclării diferitelor materiale componente în proporție de până la 30%. Mai mult, analiza pe Ciclu de Viață a sistemelor poate schimba clasificarea soluțiilor ca impact asupra mediului: soluția PIR1 prezintă un scor total mai mare în stadiul de producție, în timp ce analiza LCA releva scoruri PIR1 și PIR2 egale.

Rezultatele mai demonstrează faptul că, în ansamblu, toate cele patru sisteme de fatade se dovedesc scoruri asemănătoare, atât în stadiul de producție, cât și la sfârșitul ciclului de viață. Cu toate acestea, dintre soluțiile analizate, sistemul de fatadă cu cel mai mic impact asupra mediului pentru faza de producție este diferit de cel cu impactul cel mai scăzut pentru sfârșitul ciclului de viață, datorită reutilizării și recuperării energiei din materialele componente ale sistemelor. Se poate observa că pentru faza de producție soluția cu minimul de eco-puncte este soluția MW2, urmată de soluția PIR2.

Rezultatele înregistrate în urma analizei sistemelor de fatadă pe întreaga lor durată de viață, luând în considerare și Sfârșitul Ciclului de Viață, arată că soluția PIR2 este clasată pe ultimul loc în ceea ce privește impactul asupra mediului, având cel mai însemnat impact asupra mediului dintre toate cele patru sisteme de fatade analizate. Totuși, soluția MW2 (bazată pe o termoizolație din vată minerală) a rămas soluția care a însumat minimul de eco-puncte și în urma analizei LCA, astfel demonstrând că este sistemul de fatadă care are cel mai mic impact asupra mediului, în raport cu celelalte soluții analizate, din faza de producție până la Sfârșitul Ciclului de Viață.

În ceea ce privește categoria de impact, toate cele patru soluții, atât în stadiul de producție, cât și în stadiul final al ciclului de viață, au un impact mai mare asupra resurselor naturale, ceea ce se traduce prin nivelul ridicat de fabricație a produselor componente prin utilizarea energiei.

Concluzii

Lucrarea a prezentat o analiză comparativă a patru sisteme de fațadă existente pe piața europeană, adaptabile pentru structurile metalice realizate din elemente cu pereți subțiri formate la rece. Cele patru sisteme au fost alese pe baza valorilor rezistenței termice similare.

În urma bilanțului energetic, termic și a analizei impactului asupra mediului, se pot trage următoarele concluzii:

- pornind de la valori similare ale rezistențelor termice, cele patru sisteme de fațadă prezintă valori similare ale schimbării de fază, atenuării amplitudinii și raportului amplitudinii de temperatură;
- energia emisă de locuință este datorată primordial ventilatiei, apei menajere și transmisiei. Astfel, o izolare mai bună, împreună cu utilizarea unor schimbătoare de căldură mai performante pot reduce energia pierdută a clădirii;
- defalcarea balanței energetice demonstrează că responsabilitatea consumului energiei furnizate este împartită între încălzire, prepararea apei calde și absorbția radiației solare incidente. Pentru a reduce consumul de energie convențională furnizată pot fi utilizate suplimentar sisteme generatoare de energie verde;
- rezultatele arată o anumită variație a parametrilor termici analizați, cum ar fi atenuarea amplitudinii și a TAV. Soluția MW2 prezintă cea mai bună valoare a componentei nete a balanței energiei termice și cea mai mică valoare TAV;
- analiza LCA de impact asupra mediului demonstrează că pentru sistemele analizate sfârșitul ciclului de viață joacă un rol important în impactul asupra mediului, inversând clasamentul inițial al acestora. Totuși, acest lucru depinde de scenariile previzionate pentru faza de sfârșit a ciclului de viață;
- alegerea sistemului de fațadă pentru realizarea clădirii poate fi făcută pe baza rezultatelor analizelor, luând în considerare atât capacitatea termică a sistemelor, cât și impactul global asupra mediului în urma evaluării pe ciclul de viață.

Recunoaștere

Această lucrare a fost susținută de un grant al Ministerului Român al Cercetării și Inovării, CCCDI – UEFISCDI, proiect numărul PN-III-P1-1.2-PCCDI-2017-0391/CIA_CLIM – *Cladiri inteligente adaptabile efectelor schimbărilor climatice*, din cadrul PNCDI III.

Bibliografie

[1] CIOB, *Sustainability and Construction*, www.ciob.org.uk;

[2] UIA 2009. **Copenhagen Declaration**, *Declaration on Sustainability and*

Cultural Diversity, Approval by the UIA World Congress in June 2008, www.uia-architectes.org;

[3] European Construction Technology Platform, Vision 2030 & Strategic Research Agenda, Focus Area Cities and Buildings (2005);

[4] M. R. C. Doughty, G. P. Hammond, *Sustainability and the build environment at and beyond the city scale*. Building and Environment, 2004, Vol. 39, 1223-1233, (2004) – **D. Dubina, V. Ungureanu, A. Ciutina, M. Mutiu, D. Grecea**,

Innovative sustainable steel framing based affordable house solution for continental seismic areas, proceedings of: Structures and Architecture, Guimaraes, Portugal, (21-23 July 2010), ISBN 978-0-415-49249-2;

[5] Ubakus – online U-wert calculator, www.ubakus.de/u-wert-rechner/;

[6] Graphisoft ARCHICAD 21.0.0 build 3005, www.graphisoft.com/archicad/;

[7] SimaPro 7. Software and database manual, Amersfoort, The Netherlands (2008), online at: www.presustainability.com;

[8] Eco-indicator'99 2000. Eco-indicator'99 – *Manual for Designers. A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment*, online at: www.pre.nl/download.

(Lucrare prezentata in cadrul celei de-a 16-a „Conferinta Nationale de Constructii Metalice – CM16-2019”, Timisoara, 13-14 iunie 2019.)

Autori:

prof. univ. dr. ing. Adrian CIUTINA, drd. ing. Raluca BUZATU, drd. arh.

Daniel M. MUNTEAN – Universitatea Politehnica Timisoara

prof. univ. dr. ing. Viorel UNGUREANU – Universitatea Politehnica

Timisoara, Academia Romana, Filiala Timisoara

...citeste articolul integral in Revista Constructiilor nr. 166 – ianuarie-februarie 2020, pag. 36

Daca v-a placut articolul de mai sus

abonati-va aici la newsletter-ul Revistei Constructiilor

pentru a primi, prin email, informatii de actualitate din aceeasi categorie!

© Copyright Revista Constructiilor 2005 - 2020