

ANUL 44 Revista INGINERIA INSTALATIILOR

NR. 1/2022
ANUL II/XLIV



ÎNCĂLZIRE • RĂCIRE • VENTILARE • CLIMATIZARE • SANITARE • PROTECȚIE ACTIVĂ LA FOC ȘI DESFUMARE • GAZE • SISTEME DE ALIMENTARE CU APĂ ȘI CANALIZARE • ILUMINAT • ELECTRICE • AUTOMATIZĂRI • DETECTARE, SEMNALIZARE ȘI AVERTIZARE INCENDIU BMS ȘI TEHNOLOGII DE COMUNICARE ȘI INFORMARE • SURSE NOI DE ENERGIE • GESTIONAREA DEȘEURILOR • PROTECȚIA MEDIULUI



lentile
interschimbabile

ecran tactil

Camera de
termoviziune
testo 883

focus manual

Instalațiile dau viață clădirilor



Dr.ing.
Ioan Silviu DOBOȘI
PREȘEDINTE

ASOCIAȚIA INGINERILOR DE INSTALAȚII DIN ROMÂNIA

MEMBRII CONSILIULUI DIRECTOR MANDAT 2020 - 2024



Conf.univ.dr.ing.
Cătălin LUNGU
PRIM VICEPREȘEDINTE
Președinte
Filiala AIIR Valahia



Prof.univ.dr.ing.
Ioan AȘCHILEAN
VICEPREȘEDINTE
Președinte
Filiala AIIR Transilvania
Cluj-Napoca



Conf.univ.dr.ing.
Vasilică CIOCAN
VICEPREȘEDINTE
Președinte
Filiala AIIR Moldova
Iași



Dr.ing.
Ștefan DUNĂ
VICEPREȘEDINTE
Președinte
Filiala AIIR Banat
Timișoara



Conf.univ.dr.ing.
Nicolae IORDAN
VICEPREȘEDINTE
Președinte
Filiala AIIR Transilvania
Brașov



Prof.univ.dr.ing.
Rodica FRUNZULICĂ
VICEPREȘEDINTE



Conf.univ.dr.ing.
Dana TEODORESCU
VICEPREȘEDINTE



Conf.univ.dr.ing.
Cătălin POPOVICI
VICEPREȘEDINTE



Conf.univ.dr.ing.
Silvana BRATA
VICEPREȘEDINTE



Șl.dr.ing.
Andrei BOLBOACĂ
VICEPREȘEDINTE



Șl.dr.ing.
Gheorghe DRĂGOMIR
VICEPREȘEDINTE



Șl.dr.ing.
Anagabriela DEAC
VICEPREȘEDINTE



Dr.ing.
Remus Retezan
VICEPREȘEDINTE



Ing.
Radu ROMAN
VICEPREȘEDINTE



Ing.
Adrian TÎGHICI
VICEPREȘEDINTE



Prof.univ.dr.ing.
Liviu DRUGHEAN
DIRECTOR EXECUTIV

ASOCIAȚIA INGINERILOR DE INSTALAȚII DIN ROMÂNIA

Bd. Pache Protopopescu nr. 66
email: office@aiiro.ro

Biroul Executiv al AIIR

Ioan Silviu Doboși
Președinte
Cătălin Lungu
Prim Vicepreședinte AIIR
Președinte Filiala AIIR Valahia
Ioan Așchilean
Vicepreședinte AIIR
Președinte Filiala AIIR Transilvania Cluj-Napoca
Vasilică Ciocan
Vicepreședinte AIIR
Președinte Filiala AIIR Moldova Iași
Ștefan Dună
Vicepreședinte AIIR
Președinte Filiala AIIR Banat Timișoara
Nicolae Iordan
Vicepreședinte AIIR
Președinte Filiala AIIR Transilvania Brașov

Comisia AIIR pentru relații publice, media și publicații

Marius Adam
AIIR Filiala Banat Timișoara
Ana Diana Ancaș
AIIR Filiala Moldova Iași
Carmen Maria Mârza
AIIR Filiala Transilvania Cluj

Redactor șef Tiberiu Catalina

Recenzori științifici

Prof.univ.em.dr.ing. Gheorghe Badea
Prof.univ.em.dr.ing. Iolanda Colda
Prof.univ.em.dr.ing. Adrian Retezan

Comitet editorial

Cristian Cherecheș
Veronica Gagea
Adriana Tokar

Grafică și tehnoredactare Sorin Lipoveanu

Editura Matrixrom
Director Iancu Ilie
021.411.36.17, 0733.882.137
www.matrixrom.ro

ISSN: 2810-5303
ISSN-L: 2810-5303



Instalațiile din clădiri – în prim plan în cadrul componentei C5 - Valul de Renovare PNRR

La nivel mondial, mai mult de 35% din consumul final de energie și 39% din emisiile de CO₂ sunt legate de sectorul construcțiilor. Luând în considerare clădirile pentru uz civil acestea sunt evaluate prin intermediul consumurilor energetice anuale ale clădirii respective raportate la suprafață. Valorile tipice variază între 50 kWh/m² până la aproximativ 500 kWh/m². Aceste consumuri de energie depind de o serie de factori, printre care se menționează cei climatici, arhitecturali și structurali, dar în primul rând de funcționarea echipamentelor instalate și de comportamentul ocupanților. Aceste diferențe majore de consum energetic între clădiri subliniază potențialul de economisire a energiei în acest sector.

Deoarece o mare parte din consumul clădirilor nerezidențiale este atribuit sistemelor de încălzire, ventilație și climatizare (HVAC), gestionarea și îmbunătățirea acestora reprezintă unul dintre pilonii principali pentru îmbunătățirea eficienței energetice. Consumul ridicat de energie în clădirile de uz public, cum ar fi în special cele comerciale, de birouri și structurile educaționale, este corelat în principal cu funcționarea instalațiilor interioare.

Gestionarea acestor instalații este foarte complexă din cauza numărului mare de variabile implicate și, prin urmare, evaluarea sa necesită o abordare holistică, luând în considerare fluxul de energie de la sursele de energie până la consumurile de energie finale.

În ceea ce privește sistemele HVAC este importantă utilizarea de componente avansate, de a lua măsuri de recuperare a energiei, dar și un control precis prin sisteme de automatizare performante.

Recent, la 01 Aprilie 2022, s-a deschis platforma online prin care beneficiarii (autoritățile publice centrale și/sau autoritățile și instituțiile publice locale) pot depune cereri în vederea creșterii eficienței energetice a clădirilor administrate de acești beneficiari. Conform ghidului de finanțare PNRR prin intermediul componentei C5 - "Valul Renovării se propune îmbunătățirea fondului construit printr-o abordare integrată a eficienței energetice, a consolidării seismice, a reducerii riscului la incendiu și a tranziției către clădiri verzi și inteligente, conferind respectul cuvenit pentru estetică și calitatea arhitecturală a acestuia, dezvoltarea unor mecanisme adecvate de monitorizare a performanțelor fondului construit

și asigurarea capacității tehnice pentru implementarea investițiilor". Detalii despre componenta C5 al PNRR regăsiți pe pagina <https://www.mdlpa.ro/pages/pnrr>

Dacă soluțiile privind îmbunătățirea rezistențelor termice ale elementelor de anvelopă reprezintă un rol important și instalațiile reprezintă de asemenea un rol cheie în atingerea indicatorilor solicitați prin program. Principale elemente eligibile în cadrul PNRR sunt lucrările de reabilitare termică a sistemului de încălzire, a sistemului de furnizare a apei calde de consum, instalarea unor sisteme alternative de producere a energiei electrice și/sau termice pentru consum propriu, utilizarea surselor regenerabile de energie, lucrări de instalare/reabilitare/modernizare a sistemelor de climatizare și/sau ventilare mecanică pentru asigurarea calității aerului interior, lucrări de reabilitare/modernizare a instalațiilor de iluminat în clădiri, sisteme de management energetic integrat pentru clădiri și chiar lucrări de reabilitare a instalațiilor de fluide medicale (Instalații de oxigen).

De la concept, evaluare tehnică și financiară și până la proiectare și implementare inginerii de instalații vor juca un rol crucial în aceste proiecte. Prin urmare nu îmi rămâne decât să spun –

Start la renovare și Start la utilizarea de instalații moderne și eficiente pentru clădiri!

Implementarea sistemelor geotermale într-o clădire verde cu mai multe surse de încălzire

¹Universitatea Tehnică de Construcții
București - Facultatea de Instalații

contact: robertgavriliuc@yahoo.com
andrei.s.bejan@yahoo.com



Robert Gavriliuc¹



Andrei Bejan¹



Tiberiu Catalina¹

Rezumat. Sectorul clădirilor este responsabil pentru o proporție importantă de emisii de gaze cu efect de seră la nivelul Uniunii Europene. Din 2021 toate clădirile ce necesită autorizație de construcție trebuie să respecte standardul nZEB și trebuie să utilizeze surse regenerabile de energie. În timp ce centralele pe gaz în condensatie au costuri mici de investiție, acestea nu pot asigura răcirea clădirii, presupun costuri mari de exploatare și nu reprezintă o sursă regenerabilă de energie. Cea mai bună alternativă este utilizarea pompelor de căldură geotermale care au o eficiență ridicată și pot evita emiterea în atmosferă a unei cantități importate de gaze cu efect de seră. În prezent, sursele geotermale de energie pot furniza peste 15 GWth pentru încălzire și răcire în Uniunea Europeană, echivalentul a mai mult de 4 Mtoe pe an. Sistemele geotermale de încălzire sunt mai complexe spre deosebire de sursele convenționale de încălzire și necesită o atenție deosebită pentru dimensionarea corectă a sistemului,

pentru a obține o eficiență ridicată și pentru a reduce costurile de instalare. Combinarea acestor sisteme cu alte sisteme ce utilizează surse regenerabile de energie cum sunt sistemele solare ar putea reduce perioada de amortizare. Scopul principal al acestui studiu este de a aborda aceste problematice mai sus menționate prin dezvoltarea și demonstrarea potențialului surselor geotermale de energie de a fi conectate într-un mod precis și eficient cu alte surse regenerabile de energie și mai ales cu instalațiile solare sau aerotermale. Această abordare este realizată adaptând soluții hibride cu scopul atingerii standardului nZEB printr-o abordare holistică ce cuprinde atât componentele hidraulice, cât și cele de automatizare și control. Studiul experimental a fost realizat pe o casă eficientă energetic, casa EFdeN, o casă unifamilială, proiectată și construită în București pentru cercetare și va reprezenta primul Centru de Excelență în Cercetare din România în sectorul geotermal.

Cuvinte cheie. Surse regenerabile de energie, pompe de căldură geotermale, casă eficientă energetic nZEB, EFdeN



1. INTRODUCERE

Comunitatea științifică are nevoie de multiple standuri experimentale demonstrative care ar putea fi utilizate ca referință în validarea modelelor numerice privind implementarea pompelor de căldură sol-apă.

Adaptarea pompelor de căldură sol-apă pentru furnizarea unui regim de temperaturi necesar pentru sistemele de încălzire și de răcire existente care nu pot fi înlocuite cu ușurință, reprezintă o provocare imensă.

De asemenea, este necesară optimizarea managementului energetic al instalațiilor pentru a reduce numărul de ore de funcționare al sistemului și pentru a furniza instrumente suport pentru a depăși provocări tehnice în funcționarea sistemelor geotermale.

Conform proiectelor GEO4CIVHIC și CHEAP-GSHP [1,2] numeroase centre de cercetare din Europa beneficiază de astfel de standuri experimentale pentru testarea și cuplarea sistemelor geotermale cu clădiri eficiente energetic (fig. 1).

Studiul nostru abordează principalele bariere identificate în implementarea pompelor de căldură geotermale prin dezvoltarea și demonstrarea potențialului sistemelor geotermale de a fi conectate într-un mod precis și eficient la alte sisteme ce utilizează surse regenerabile de energie și în special la sisteme solare termice și fotovoltaice. Această

abordare este realizată adaptând soluții hibride cu scopul de a atinge standardele de construcție nZEB într-o manieră holistică.

Prezentul studiu își propune să pună România pe harta centrelor de cercetare din Europa unde cuplarea sistemelor geotermale cu pompe de căldură împreună cu clădiri eficiente energetic sunt analizate și studiate intens cu scopul promovării și conștientizării beneficiilor implementării acestui sistem, pentru reducerea consumurilor de energie și pentru reducerea emisiilor de CO₂, parte a strategiei Uniunii Europene până în anul 2050 [3].



Fig. 2 - Standuri experimentale similare în Padua (Italia), Bilbao (Spania), Valencia (Spania), Pikermi (Grecia), Mechelen (Belgia) sau Dublin (Irlanda).

2. DESCRIEREA CASEI ȘI A INSTALAȚIILOR

Clădirea pe care se realizează studiile se desfășoară pe două niveluri – p+1 (fig. 2 și 3), înălțime de nivel 2.5 m, cu destinația clădire de locuit și pavilion expozițional, cu următoarele caracteristici geometrice: amprenta la sol 96 m², suprafața utilă 133 m², suprafața construită 170 m² și volum total 400 m³.

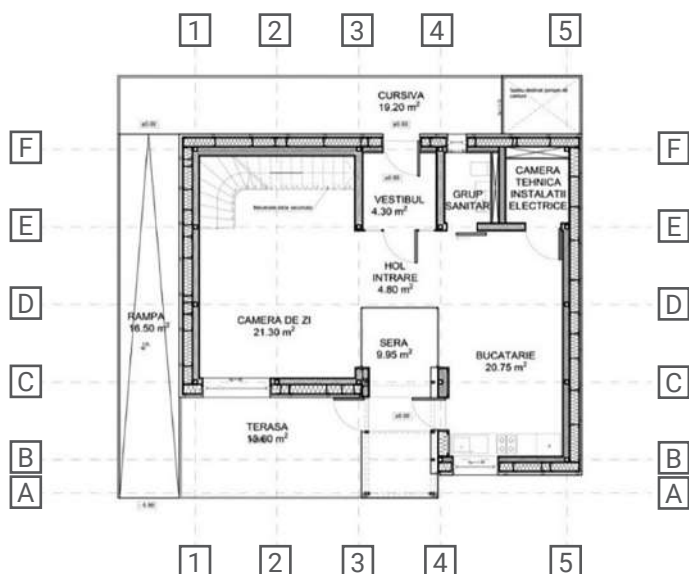


Fig. 2 - Plan parter

Construcția este una modulară, realizată pe structură metalică și este deosebit de bine izolată termic apropiindu-se de cerințele de proiectare a caselor pasive. În tabelul 1 sunt evidențiate valorile coeficienților de transmisie termică a elementelor de construcție ce definesc anvelopa clădirii.

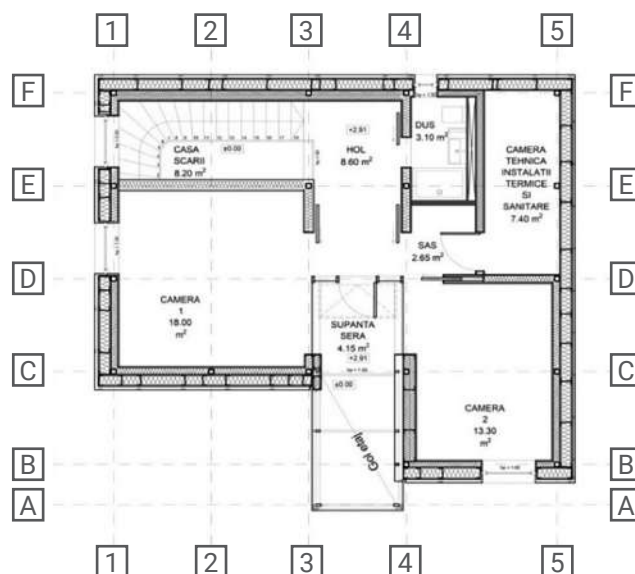


Fig. 3 - Plan etaj

Valoarea obținută pentru terasă se datorează unui strat suplimentar de vată minerală bazaltică cu grosime variabilă (cu ajutorul căruia s-a realizat și panta terasei), iar valoarea obținută pentru pereții exteriori se datorează unui strat suplimentar de vată minerală (5 cm) prezent în spatele sistemului radiant de încălzire/răcire, precum și a unui strat intermediar de aer.

În pereții casei sunt amplasate plăci de gips carton cu materiale cu schimbare de fază microîncapsulate, ce au rolul de a conferi masivitate termică imobilului și de a scădea consumurile de energie pentru răcire pe perioada verii.

Tab. 1 - Coeficienți de transfer termic ai elementelor de anvelopă.

Element de construcție	U [W/m²K]
Perete exterior	0.129
Pardoseala	0.124
Terasa	0.121
Pereți interior	0.39
Triple glazing windows	0.8

Instalațiile din clădirea studiată au fost proiectate pentru a asigura o temperatură interioară vara de 26°C, respectiv o temperatură interioară iarna de 20°C, ținând cont că temperatura exterioară de calcul iarna (afertentă zonei climatice II - București) este de -15°C, respectiv de 35.3°C vara [4-6].

Instalația existentă a casei solare EFdeN are ca sursă o pompă de caldura aer-apă ce alimentează un buffer utilizat pentru răcire, un buffer utilizat pentru încălzire și un boiler utilizat pentru preparare apă caldă menajeră.

Boilerul și bufferul pentru încălzire sunt alimentate de asemenea de la un sistem cu două panouri solare cu tuburi vidate. Instalația interioară a clădirii prezintă un sistem de încălzire/răcire cu panouri radiante alimentate cu agent termic, poziționate în tavanul și pereții casei. De asemenea, agentul termic circulă și prin bateria de după recuperatorul de căldură utilizat pentru tratarea aerului proaspăt introdus.

Pentru completarea instalației existente se vor prevedea două vane cu 3 căi cu servomotor, iar instalația geotermală propusă va reprezenta un sistem independent de alimentare cu agent termic a instalației interioare.

Echipamentele care au fost implementate pentru completarea instalației geotermale sunt: pompa de caldura sol-apă Ecoforest, pompa de caldura aer-apă Ecoforest, schimbător de căldură cu plăci pentru răcire pasivă, conducte pentru traseu orizontal, sonde geotermale, izolație elastomer pentru conducte instalații, buffer 200 litri, boiler 300 litri trivalent pentru preparare apă caldă menajeră, vase de expansiune, senzori de temperatură, vane cu 3 căi cu servomotor modulant și alte accesorii (fig. 4).

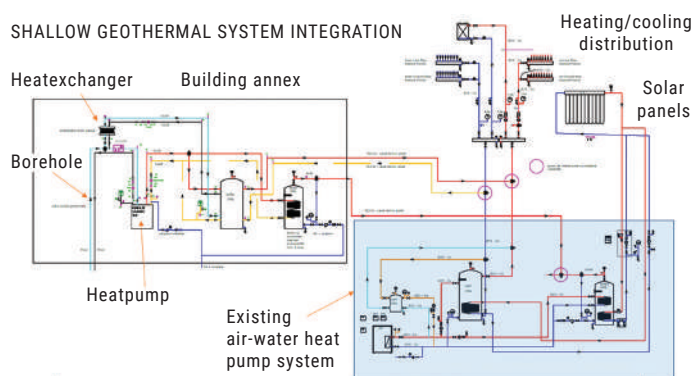


Fig. 4 - Schemele sistemului hidraulic

Pompa de caldura sol-apă propusă va funcționa în sistem hibrid fiind completată de o pompă de căldură aer-apă.

Sistemul cu pompă de căldură trimite agentul termic către un buffer pentru acumularea de agent termic și eficientizarea funcționării pompei de căldură și un boiler trivalent pentru preparare apă caldă menajeră cu aport de la pompa de căldură, de la panouri solare sau chiar de la o rezistență electrică de back-up. Schimbătorul de căldură cu plăci are rolul de a asigura funcționarea pompei de căldură în regim de răcire pasivă.

Sistemul propus în cadrul proiectului GEOPILLOT este unul total independent de clădirea inițială analizată, care se conectează la instalația interioară existentă prin intermediul a două vane cu 3 căi motorizate amplasate înainte de distribuitor-colectorul general ce transmite agentul termic către instalația de încălzire/răcire radiantă amplasată în tavanul și pereții clădirii (fig. 5).



Fig. 5 - Pompa de clădură folosită în sistemul propus

3. REZULTATE NUMERICE PRELIMINARE

Modelarea energetică a clădirii analizate a fost realizată cu softul de simulare numerică Design Builder cu scopul de a determina consumurile de energie aferente clădirii și valorile sarcinilor termice, pentru optimizarea sistemului geotermal propus (fig. 6).

În graficele din figura de mai jos se poate observa evoluția temperaturilor exterioare iarna pentru zona climatică în care se află imobilul analizat (-20°C-

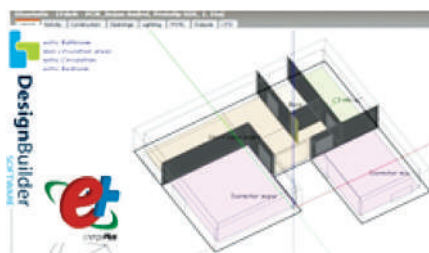


Fig. 6 – Modelarea energetică a clădirii în softul de simulare numerică Design Builder

+35°C), evoluția vitezei vântului (0-17 m/s), direcția vântului, poziția soarelui, presiunea atmosferică și intensitatea radiației solare (directă și difuză) pentru localitatea București (fig. 7).

Necesarul de încălzire al casei este de 4.16 kW, iar necesarul de răcire este de 2.89 kW, cu posibilitatea de a acoperi întreg necesarul de răcire folosind răcirea pasivă.

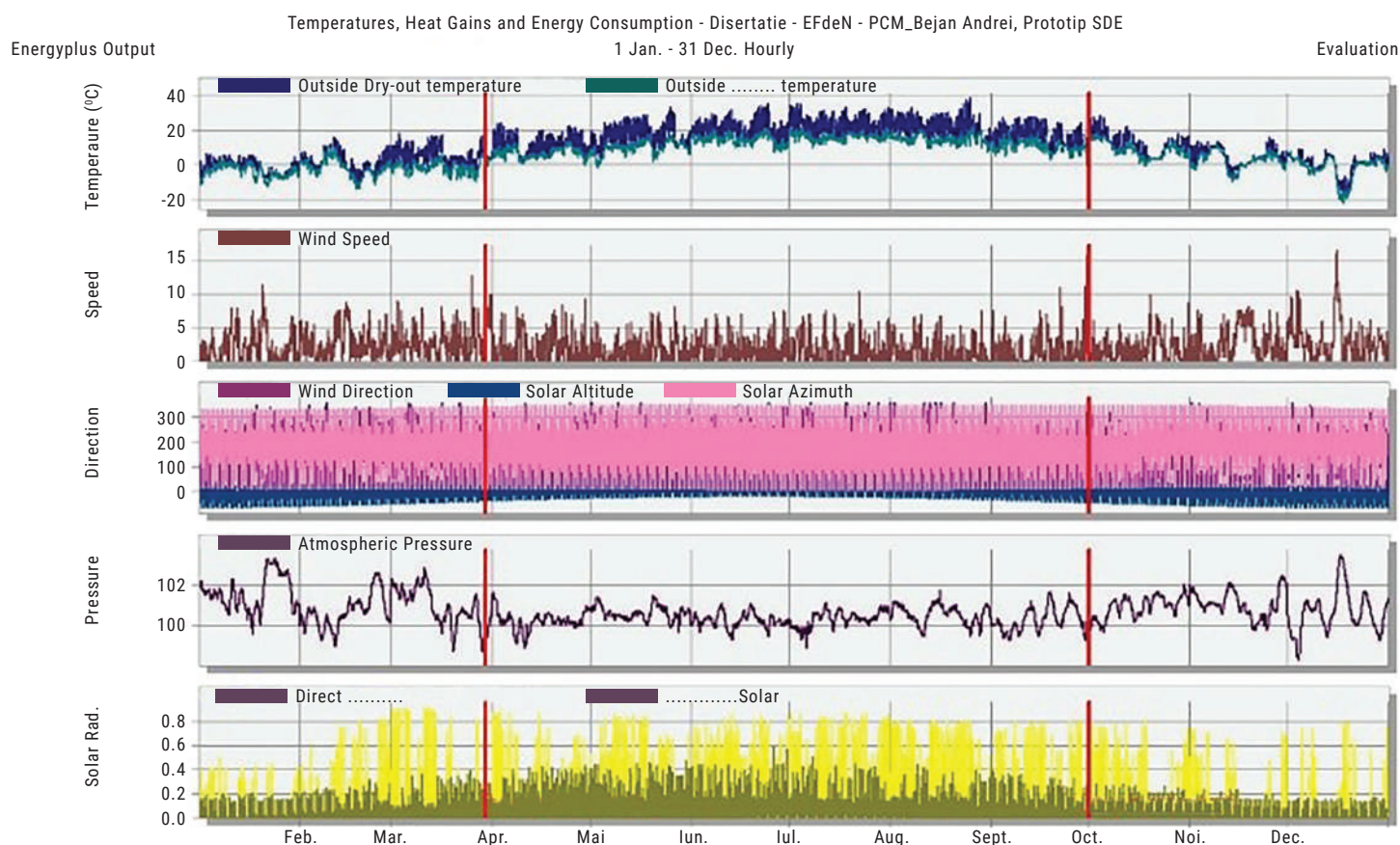


Fig. 7 – Condiții exterioare pentru modelarea energetică a clădirii

În tab. 2 se pot observa valorile sarcinilor termice de vară, iar în tab. 3 se pot observa valorile sarcinilor termice de iarnă pentru încăperile din cadrul prototipului de casă analizat.

Tab. 2 – Sarcini termice de vară

Zone	Design capacity [kW]	Sensible [kW]	Latent [kW]
Living	1.66	0.92	0.41
Large bedroom	0.65	0.49	0.04
Small bedroom	0.58	0.44	0.02
Hall	0	0	0
Total	2.89	1.85	0.47

Tab. 3 – Sarcini termice de iarnă

Zone	Steady-State Heat Loss [kW]	Design capacity [kW]
Living	1.49	1.86
Large bedroom	0.55	0.69
Small Bedroom	0.49	0.61
Hall	0.52	0.62
Bathroom 1	0.13	0.16
Bathroom 2	0.16	0.19
Total	3.34	4.16

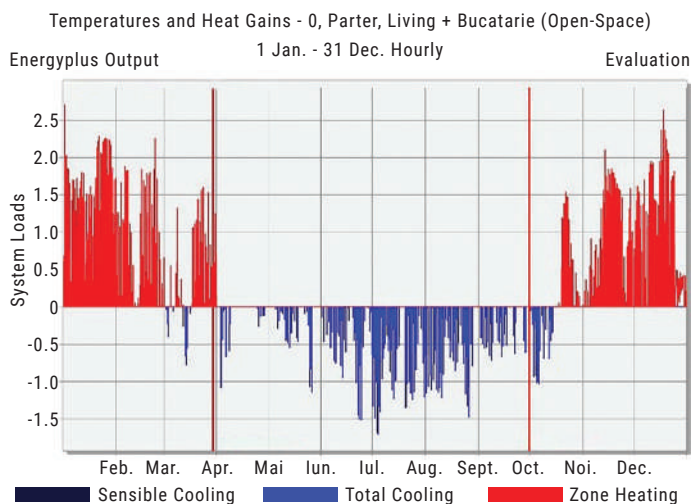


Fig. 8 – Evoluția sarcinilor termice pe perioada unui an

Așa cum se poate observa în fig. 9 consumul total de energie pentru răcirea casei analizate este de 590 kWh/an, conform simulărilor numerice efectuate.

Prin implementarea unui sistem de răcire cu pompa de căldură sol-apă echipată cu funcție de răcire pasivă, acest consum de energie se va putea reduce cu până la 85%; în timp acoperind consumul de energie pentru încălzire folosind energia din pompa de căldură echipată cu funcția de răcire activă, consumul de energie pentru răcire va putea fi redus cu până la 40%.

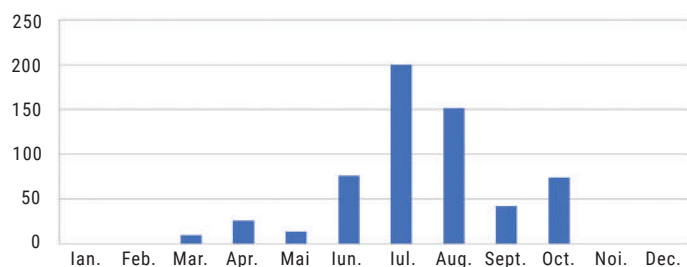


Fig. 9 – Consumurile de energie lunare ale clădirii, pentru răcire

Așa cum se poate observa în fig. 10 consumul total de energie pentru încălzirea casei analizate este de 1878 kWh/an conform simulărilor numerice efectuate.

Prin implementarea unui sistem de încălzire cu pompă de căldură sol-apă acest consum de energie va putea fi redus cu până la 33%. Evoluția consumurilor de energie pe parcursul anului este evidențiată și în fig. 11.



Fig. 10 – Consumurile de energie lunare ale clădirii, pentru încălzire

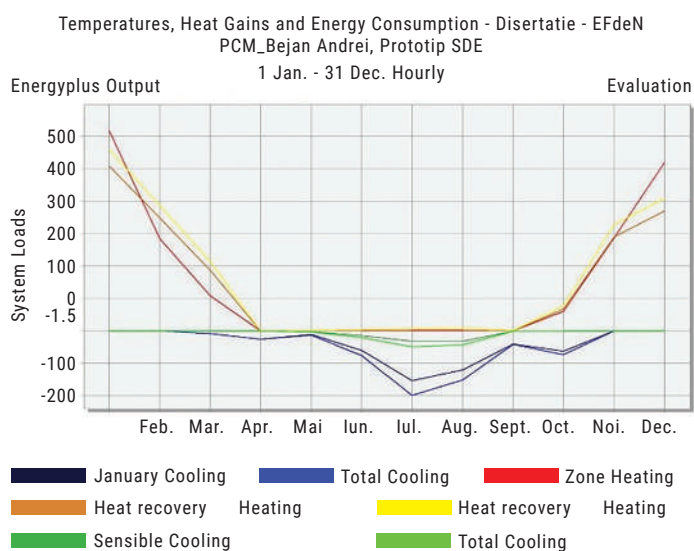


Fig. 11 – Consumurile de energie pe parcursul unui an

4. REZULTATE EXPERIMENTALE PRELIMINARE

În paralel cu realizarea studiilor numerice preliminare, au fost realizate studii experimentale pentru analiza consumurilor de energie pentru încălzire și pentru ventilare, acolo unde pompa de căldură existentă are un aport considerabil.

Acestea au fost coroborate cu valorile parametrilor de confort interior esențiali conform standardelor naționale și internaționale (SR EN 15251:2007, SR EN 16798-1:2019) - temperatura interioară și nivelul concentrației de CO₂ [4-6].

Datele prezentate în fig. 12 și 13 au fost colectate în timpul campaniei experimentale de pe perioada iernii și prezintă evoluția valorilor înregistrate pe parcursul unei săptămâni de referință, pentru câteva încăperi de referință.

Pe perioada săptămânii analizate, sistemul a consumat 38kWh pentru încălzire, chiar dacă temperaturile exterioare

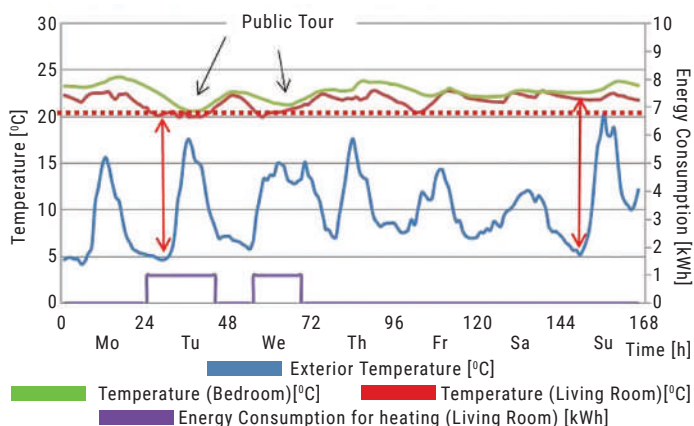


Fig. 12 – Variația temperaturilor măsurate și a consumurilor de energie pentru încălzire (pentru o săptămână de referință)

au scăzut sub 5°C. Temperatura aerului interior a înregistrat valori peste cele propuse de standardul SR EN 15251 (21°C pentru categoria IDA1 de ambianță și 20°C pentru categoria IDA2 de ambianță) pentru clădiri rezidențiale.

Mai mult decât atât, valorile concentrației de CO₂ au fost în limitele propuse de SR EN 15251 în peste 85% din timp pentru categoria IDA1 de confort (sub concentrația de 800 ppm) și 100% din timp pentru categoria IDA3 (sub concentrația de 1200 ppm). Pentru a menține nivelul redus

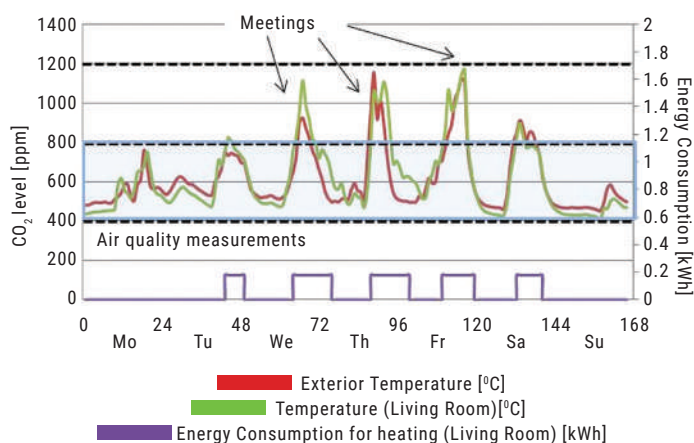


Fig. 13 – Variația concentrației de CO₂ măsurate și a consumului de energie pentru ventilare (pentru o săptămână de referință)

al concentrației de CO₂ din interior, s-au consumat 10kWh pe parcursul întregii săptămâni.

Datorită sistemului fotovoltaic implementat, clădirea este una activă ce produce mai multă energie decât consumă, analizând bilanțul energetic anual.

Producția anuală de energie este de aproximativ 6844 kWh/an, în timp ce consumul anual de energie este de 4330 kWh/an, surplusul de energie fiind injectat în rețea (fig. 14).

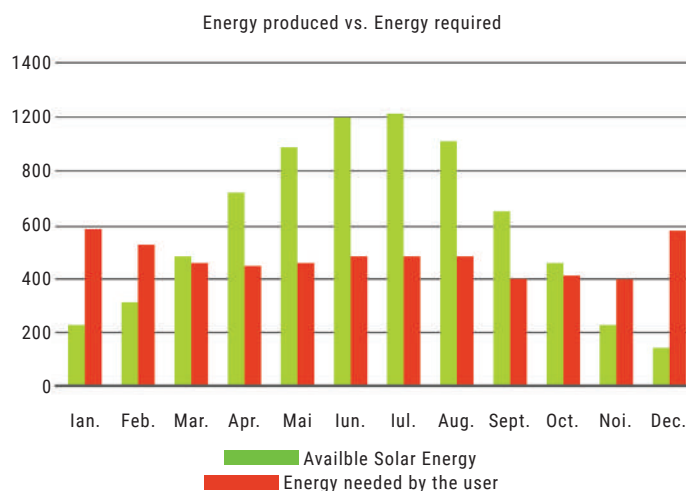


Fig. 14 – Producția sistemului fotovoltaic și consumul de energie al clădirii

5. CONCLUZII

Implementarea soluțiilor eficiente energetic și a pompelor de căldură geotermale într-o clădire nZEB are un impact major asupra atingerii parametrilor interiori de confort cu un consum minim de energie.

Implementând sisteme performante, necesarul de căldură al clădirii analizate este de doar 4.16kW, în timp ce necesarul de răcire este de 2.89kW fiind acoperit doar cu funcția de răcire pasivă.

Consumul total anual de energie pentru încălzire este de 1878kWh/an, în timp ce consumul total anual de energie pentru răcire este de doar 590 kWh/an.

Mulțumiri

Studiul a fost susținut de ANCS, proiect GEOPILLOT – “Pilot geotermal demonstrativ pentru aplicații în clădiri rezidențiale nZEB” PN-III-P2-2.1-PED-2019-2881.

REFERINȚE

- [1] Most easy, efficient and low cost geothermal systems for retrofitting civil and historical buildings – GEO4CIVHIC Research Project Brochure – www.geo4civhic.eu
- [2] Cheap and efficient application of reliable ground source heat exchangers and pumps – CHEAP-GSHPs Research Project Brochure – www.cheap-cshp.eu
- [3] Implementing nearly zero-energy buildings (nZEB) in Poland - towards a definition and road map, Buildings Performance Institute Europe (BPIE), 2012
- [4] SR EN 15251:2007 - Parametri de calcul ai ambianței interioare pentru proiectarea și evaluarea performanței energetice a clădirilor, care se referă la calitatea aerului interior, confort termic, iluminat și acustică.
- [5] SR EN 16798-1:2019 - Performanța energetică a clădirilor. Ventilarea clădirilor. Partea 1: Parametrii ambientali pentru proiectare și evaluarea performanței energetice a clădirilor, privind calitatea aerului interior, confortul termic, iluminatul și acustica. Modul M1-6
- [6] SR EN 16798-1:2019/NA:2019 - Performanța energetică a clădirilor. Ventilarea clădirilor. Partea1: Parametrii ambientali pentru proiectare și evaluarea performanței energetice a clădirilor, privind calitatea aerului interior, confortul termic, iluminatul și acustica. Modul M1-6. Anexă națională

Hexonic

Schimbătoare de căldură – opțiuni în configurare

Schimbătoarele de caldură sunt echipamente nelipsite din instalațiile în care se realizează printre altele transfer termic între două fluide. Clasificarea lor se poate face după mai multe criterii, în schimb în acest articol ne vom referi la arhitecturile cele mai folosite în aplicații HVAC sau cele industriale, respectiv schimbătoarele cu plăci și cele tubulare. Opțiunile de configurare, cu anumite ajustări, pot fi folosite și pentru alte modele constructive.

În principiu, cu cât folosim mai multe criterii în alegerea schimbătorului, cu atât vom fi mai siguri că alegem o soluție optimă pentru utilizatorul final. În schimb neglijându-le din neatenție sau necunoștință de cauză, putem selecta soluții mai puțin optime ce pot duce la dificultăți în exploatare, durată de viață redusă a echipamentului și dificultăți în atingerea punctului de funcționare.

O listă generală poate conține:

1. Tipul fluidelor (fig. 1)

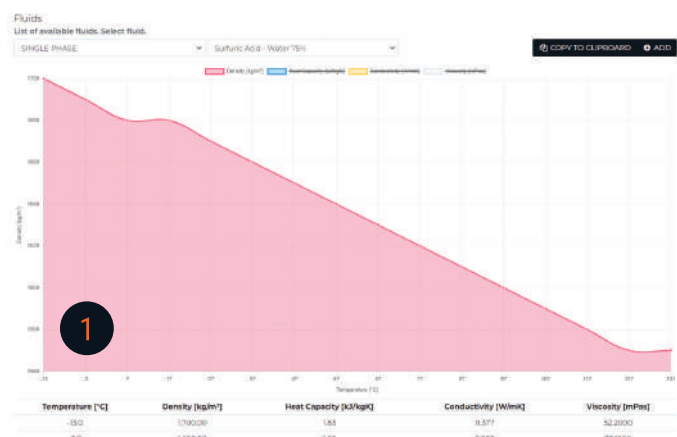
Folosirea corectă în calcule a mărimilor ce caracterizează ambele fluide este importantă pentru o dimensionare cât mai reală a schimbătorului. Dacă în aplicațiile HVAC lista fluidelor nu e prea mare (apă, abur, soluții de glicol, refrigeranți), în aplicațiile industriale paleta de fluide este mult mai mare și mai complexă. Desitatea fluidului, căldura specifică, conductivitatea termică, vâscozitatea, existența particulelor în suspensie (diametrul mediu, tipul și consistența lor, desitatea de particule în fluid) sunt caracteristici ce influențează alegerea și performanțele în utilizare ale unui schimbător de căldură.

2. Întreținerea periodică

Aplicația poate implica activități de întreținere periodică a schimbătorului de caldură. Indiferent dacă vorbim de încălzirea apei cu mult calcar sau de răcirea uleiului de trefilare, echipamentele vor necesita o curățare periodică. Curățarea poate fi mecanică (schimbător parțial sau total demontabil) sau chimică (prin recircularea unei soluții de curățat prin schimbător fără a fi nevoie de a-l demonta).

3. Gama de temperaturi

Temperaturile ridicate limitează utilizarea modelelor cu plăci și garnituri.



CAIRO

Design Performance

Fluid Side 1: Water

Fluid Side 2: Water

Heat load: 200.0 kW

	Side 1	Side 2
Inlet temperature	110.0	70.0 °C
Mass flow	1.36	2.39 kg/s
Inlet volume flow	5.15	8.80 m³/h
Outlet temperature	75.0	90.0 °C
Outlet volume flow	5.03	8.91 m³/h
Max pressure drop	25.0	25.0 kPa
Min oversizing	-10.00 %	
Fouling factor	0.0000 m²K/kW	
No. of units in series	1	
No. of units parallel	1	
Design pressure	10 bar	
Design temperature	110 °C	
Channel type	AUTO	
No. of passes	1	

BACK ADVANCED CALCULATE

HEAT EXCHANGERS

4. Pierderile de presiune

Importanța pierderilor maxime de presiune acceptate de sistem este de multe ori neglijată. Pierderi acceptate mai mari implică un schimbător mai mic. De exemplu o configurație cu $\Delta P=50$ kPa poate fi mai ieftină cu până la 25% decât una cu $\Delta P=25$ kPa.

5. Capacitatea minimă acceptată de proiect (fig. 2)

Un soft de configurare competent (aici luăm ca exemplu Cairo, aplicația de configurare pusă la dispoziție de Hexonic) poate lucra cu oversizing negativ. Unele proiecte pot accepta 99% sau chiar mai puțin din capacitatea solicitată inițial. Și cu toate că diferențele sunt doar de cateva procente, sunt cazuri în care costurile pot scădea considerabil.

6. Constrângerile de spațiu

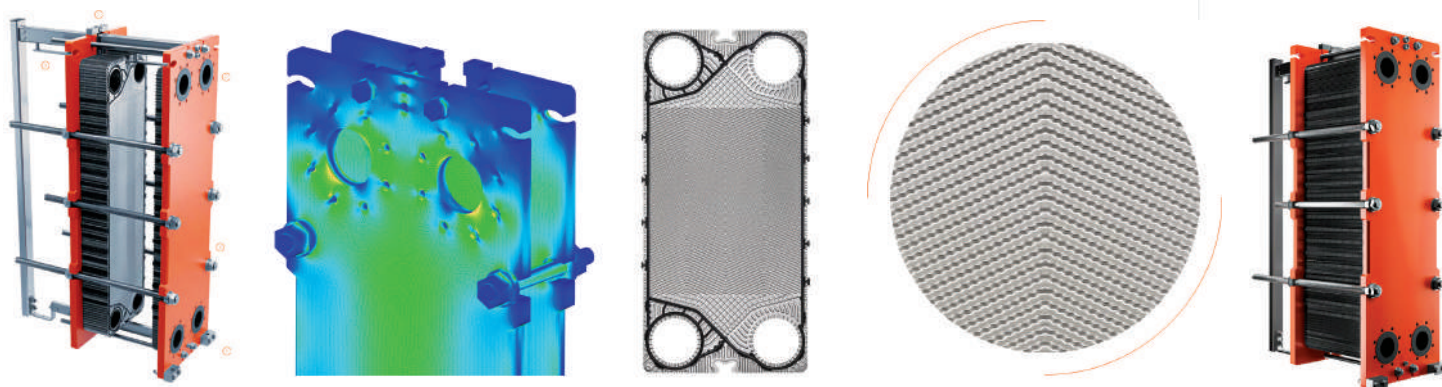
În cazul în care soluția optimă nu se încadrează în spațiul de instalare disponibil, se pot folosi două sau mai multe schimbătoare de caldură instalate în configurație serial/paralel.

7. Arhitectura schimbătorului

Schimbătoarele de căldură cu plăci sunt folosite în România și în țările vecine ca soluție principală pentru aplicațiile cu abur de joasă presiune, cu toate că nu e cea mai sigură și fiabilă opțiune. Folosirea lor în proiecte unde diferențele de temperaturi pe trasee sunt mai mari de 150°C duc la un stress mecanic ridicat la nivelul plăcilor, micșorând durata de viață a echipamentului și intervalele de întreținere.

NOUA GENERAȚIE DE SCHIMBĂTOARE DE CĂLDURĂ

Anul trecut Hexonic a lansat pe piață o nouă generație de schimbătoare de căldură cu plăci și garnituri JAG, printre cele mai eficiente din clasa sa. Geometria deosebită a plăcilor cu canale special proiectate (JAG vine de la jagged - zimțat în limba engleză) măresc transferul termic prin creșterea turbulenței în curgerea dintre plăci, reducând în același timp efectul de colmatare. Mai mult decât atât, designul produce o suprafață mai mare de transfer menținând pierderile de presiune la minim.



Cu toate că este vârf de tehnologie pe acest segment de piață, nu îl vom recomanda niciodată pentru orice aplicație. Arhitectura schimbătoarelor cu plăci are limitările ei, așa cum schimbătoarele tubulare au limitările lor. De-a lungul timpului ne-am îmbogățit constant portofoliul cu gândul de a oferi produsul optim pentru fiecare aplicație. Încă nu ne-am atins obiectivul, dar suntem pe calea cea bună.



Studiul experimental al transferului de particule prin diverse componente ale anvelopei unei clădiri

¹Universitatea Tehnică de Construcții
București - Facultatea de Instalații

contact: lelialetitia@yahoo.com
razvan22@yahoo.ro



Lelia Popescu¹



Răzvan Popescu¹

Rezumat. Calitatea aerului interior este o temă de interes major deoarece conform unor studii recente oamenii își petrec cea mai mare parte a timpului în spațiile interioare fiind expuși nivelului de poluare corespunzător acestui mediu. Aerul exterior poate pătrunde în spațiul interior prin ventilare mecanică, naturală sau prin infiltrații.

Infiltrațiile reprezintă acele debite de aer necontrolate ce pătrund prin fisuri nedorite existente în anvelopa unei clădiri. Capacitatea de filtrare a unei fisuri poate fi caracterizată cu ajutorul unui coeficient de penetrare. Acest coeficient depinde de geometria fisurii, proprietățile particulelor ce încearcă să o traverseze, de motorul mișcării prin fisură, el stabilind legătura între numărul particulelor ce au încercat să pătrundă în mediul interior prin intermediul fisurii și numărul celor ce au reușit.

Lucrarea de față prezintă un studiu experimental al transferului de masă al particulelor din mediul exterior către cel interior unei clădiri, prin intermediul unei fisuri, ca urmare a existenței unei diferențe de presiune între cele două zone. Fisurile studiate sunt fisuri

reale, existente în elementele de tâmplărie ale unei ferestre, sau reprezentate de grilele de introducere aer proaspăt. În conformitate cu studiile existente în literatură, două niveluri ale diferenței de presiune au fost luate în considerare, anume: 3 și 10Pa.

Cel mai periculos interval de diametre de particule pentru sănătatea omului este cel cuprins între 0.35 și 2.5μm, fiind și intervalul de diametre ales în studiul de față. Particulele studiate sunt de natură solidă, având o densitate de 1050 kg/m³.

Coeficientul de penetrare caracteristic grilelor de introducere aer testate are același ordin de mărime pentru cele două diferențe de presiune considerate.

Mai mult de 75% din particulele exterioare vor fi regăsite în mediul interior pentru cazul unei grile de admisie deschisă și diferențele de presiune testate. Dacă garnitura de etanșare a unei ferestre se deteriorează în timp, atunci capacitatea sa de filtrare scade, astfel că 30% din particulele de natură exterioară vor fi regăsite în mediul interior.

Cuvinte cheie: calitatea aerului, particule, coeficient de penetrare, fisură

1. INTRODUCERE

Calitatea aerului interior a devenit un subiect de importanță majoră, în special cu aplicație la clădirile amplasate în orașele mari ce sunt caracterizate de un nivel ridicat de poluare. Conform unor studii recente particulele sunt suspectate a fi cauza multor boli, astfel, oamenii care petrec o perioadă îndelungată într-un mediu poluat sunt expuși unui nivel de risc la îmbolnăvire important. Deși mare parte dintre studiile medicale s-au oprit asupra influențelor date de un nivel ridicat de poluare cu particule, studii recente arată că este chiar mai dăunător pentru organism să fie expus la un nivel mai redus de poluare cu particule dar pe

o perioadă îndelungată. Boli ale sistemului respirator și cardiac au fost puse pe seama poluării cu particule fine [1]-[4].

Se presupune că anvelopa unei clădiri îi conferă acestuia un nivel de protecție față de mediul exterior, dar aerul ce pătrunde prin infiltrații aduce cu sine și particule solide, ducând astfel la deteriorarea calității aerului interior. Fenomenul de infiltrare a fost studiat din multe puncte de vedere, precum transfer de căldură sau transfer de masă. Infiltrarea particulelor poate fi caracterizată cu ajutorul unui

coeficient de penetrare. Acest coeficient stabilește legătura între particulele exterioare regăsite în mediul interior și cele ce au încercat să pătrundă în această zonă traversând fisura existentă în anvelopa clădirii. Coeficientul de penetrare este caracteristic unei fisuri, funcție de geometria sa, unei particule, funcție de proprietățile sale și unei diferențe de presiune, ce reprezintă motorul mișcării prin fisură.

Mare parte a studiilor au determinat coeficientul de penetrare pe cale experimentală. În această direcție regăsim două categorii de studii: studiile realizate în laborator, în celule test [5]-[9], și studiile efectuate in-site [10]-[16]. Un alt fel de abordare a problemei este cel ce utilizează modele teoretice de calcul [5], [17]-[20]. Puține studii au fost realizate pe baza unei modelări numerice a fenomenului și o validare experimentală a acestor modele

de calcul [21]. Dar toate aceste studii fac referință la fisuri rectangulare, acestea nefiind singurele existente în anvelopa unei clădiri. Elementele de închidere precum ferestrele prezintă de asemenea fisuri la nivelul zonelor de etanșare, ce se deteriorează pe măsură ce garniturile îmbătrânesc.

De asemenea, regăsim la nivelul anvelopei grile de admisie aer proaspăt, ce trebuie să asigure numărul minim de schimburi orare, dar totodată vehiculează și particule aeropurtate.

Scopul aceste lucrări este acela de a determina experimental capacitatea de filtrare a particulelor exterioare a unor elemente componente anvelopei clădirii, precum ferestre de tip termopan prevăzute cu garnituri de etanșare corespunzătoare sau uzate, sau grile de introducere aer proaspăt.

2. METODA DE LUCRU

2.1. Prezentarea instalației experimentale

Instalația experimentală concepută de autori în cadrul laboratorului LEPTIAB (Universitatea din La Rochelle, Franța) este cea ilustrată în Fig. 1 și în Fig. 2. În schema de principiu a instalației (Fig. 1) observăm că volumului interior este divizat în două părți ce reprezintă zona interioară clădirii (volumul 1) și zona sa exterioară (volumul 2).

Această separație este materializată de un perete poziționat aproape central în interiorul instalației experimentale. Cele două zone vecine obținute au următoarele dimensiuni: volumul 1: 290x625x370mm (lungime x înălțime x lățime) și volumul 2: 350x625x370mm.

Atât instalația experimentală cât și pereții de separație sunt realizate din panouri de lemn, așa cum poate fi remarcat în Figura 2, ce prezintă instalația experimentală în ansamblul ei și o parte din aparatele de măsură utilizate.

Nivelul presiunii și cel al concentrației de particule sunt mai ridicate în volumul 2 ce reprezintă mediul exterior, astfel

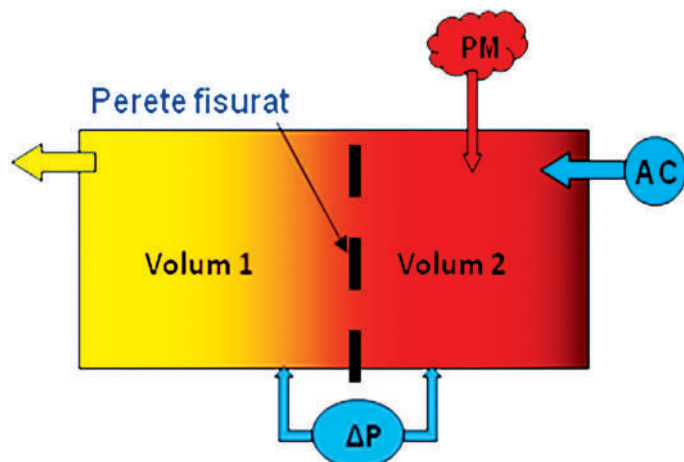


Fig.1: Schema de principiu a instalației experimentale

că transferul de particule se va derula din volumul 2 către volumul 1.

Cele două camere sunt bine etanșate între ele și față de mediul exterior, doar camera din stânga (vol 1, Fig. 1) comunică spre spațiul exterior instalației experimentale.

Pentru a evita infiltrarea poluării de fond existente în laborator, instalația experimentală este permanent în suprapresiune față de acest mediu.

Mare parte din studiile experimentale realizate în domeniu utilizează instalații experimentale aflate în depresiune față de mediul înconjurător, fapt ce poate antrena transportul particulelor din laborator în interiorul instalației experimentale prin eventualele neetanșeități ducând deci la alterarea calității rezultatelor obținute.

Pentru a evita aceste situații, în studiul de față, diferența de presiune existentă între cele două medii comunicante doar prin intermediul fisurii este obținută prin introducerea unui debit de aer comprimat în volumul 2. Debitul de aer introdus este variat utilizând indicațiile date de un micromanometru ce măsoară diferența de presiune dintre cele două zone.

Pentru a evita poluarea mediului înconjurător instalației experimentale, evacuarea aerului încărcat cu particule este realizată printr-un tub de ventilație prevăzut cu exhaustor și filtru. Rolul exhaustorului este acela de a deplasa aerul ieșit din instalație către un punct îndepărtat unde va fi filtrat, neputând să modifice mișcarea aerului în interiorul instalației experimentale.

Diferența de presiune ce induce mișcarea aerului încărcat cu particule între cele două zone este obținută cu ajutorul unei instalații de aer comprimat. Aerul este filtrat înainte de a fi introdus în instalația experimentală, iar rețeaua de aer comprimat permite furnizarea unui debit constant de aer.

Pentru determinarea diferenței de presiune dintre cele două zone a fost utilizat un micromanometru (FC012 Micromanometer, Furness Controls Limited) conectat prin intermediul a două tuburi de dimensiuni egale poziționate la aceeași înălțime în amonte și aval de fisură. Acest aparat de măsură permite determinarea unor diferențe de presiune mai mici de $19.9 \text{ mm H}_2\text{O}$, având o precizie de $0.001 \text{ mm H}_2\text{O}$.

Odată obținută diferența de presiune dintre cele două zone trebuie să trecem la introducerea particulelor în instalația experimentală. Pentru această etapă, a fost utilizat un generator de particule ce funcționează în continuu și produce particule de latex cu diametre cuprinse între 0.35 și $2.5 \mu\text{m}$.

Acest generator de particule (Hiac/Royco 256) funcționează cu aer comprimat și soluție de latex cu apă demineralizată. Prin deshidratarea soluției se obțin particule solide de latex de densitate egală cu 1050 kg/m^3 ce sunt introduse în volumul 2. Funcție de concentrația de particule, soluția de latex a fost modificată pentru a obține concentrații egale de particule de diametre diferite.

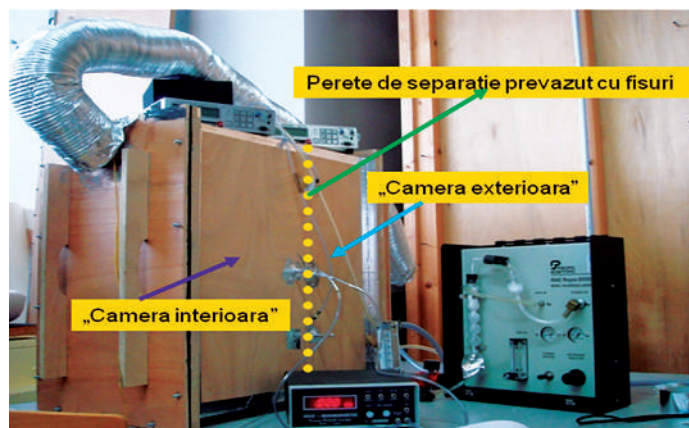


Fig. 2: Instalație experimentală

Pentru a reduce erorile de măsură, concentrația de particule este determinată exact la nivelul fisurilor cu ajutorul unor tuburi de prelevare conectate la două numărătoare de particule. Fiecare numărător de particule extrage un debit de aer egal cu 1.2 l/min (GRIMM, PAS - Portable Aerosol Spectrometer).

Numărătoarele de particule sunt optice și utilizează algoritmi de corelare între cantitatea de lumină reflectată sub un unghi θ și diametrul particulei ce trece prin fața detectorului, conform schemei de principiu prezentată în Figura 3. Numărătorul de particule le clasifică pe acestea în 15 clase de diametre cuprinse între 0.3 și $20 \mu\text{m}$.

În această gamă am utilizat intervalul de diametre cuprinse între 0.3 et $3 \mu\text{m}$, divizat în 8 zone, după cum urmează : $0.3-0.4 \mu\text{m}$, $0.4-0.5 \mu\text{m}$, $0.5-0.65 \mu\text{m}$, $0.65-0.8 \mu\text{m}$, $0.8-1 \mu\text{m}$, $1-1.6 \mu\text{m}$, $1.6-2 \mu\text{m}$, și $2-3 \mu\text{m}$.

Concentrația de particule este exprimată în număr de particule pe litru de aer prelevat, iar valorile pot fi măsurate la un interval de timp de 6 secunde. Precizia de măsură este de $1 \mu\text{g/m}^3$ și concentrația maximă de 100 mg/m^3 .

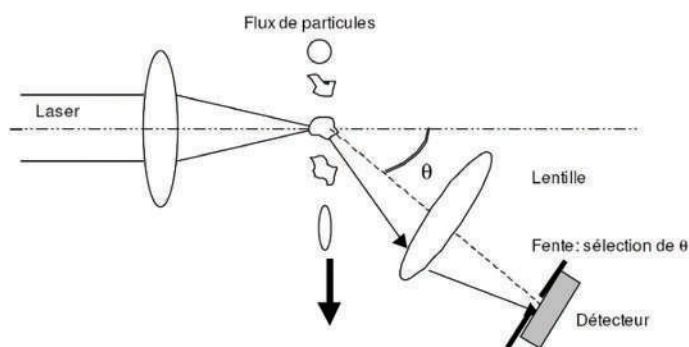


Fig. 3: Schema de principiu a unui numărător optic de particule (Figură preluată după [22])

2.2. Protocol experimental

Înainte de demararea unui experiment instalația experimentală este curățată de particule prin introducerea unui debit mare de aer comprimat. Pe parcursul unui experiment se studiază o singură fisură, celelalte fisuri existente în peretele despărțitor sunt obturate cu foarte mare atenție.

Tuburile de prelevare a aerului încărcat cu particule sunt poziționate exact la nivelul elementului studiat, în amonte și în aval de acesta. După ce standul experimental este ventilat sunt pornite cele două numărătoare de particule. Pe parcursul tuturor experimentelor am încercat să menținem același nivel de concentrație de particule pentru toate diametrele de particule. Este pornit apoi generatorul de particule și micromanometrul ce determină diferența de presiune dintre cele două compartimente.

Debitul de aer comprimat este reglat funcție de indicațiile micromanometrului pentru obținerea unei anumite diferențe de presiune. Un experiment durează circa 90-120 de minute, ce sunt considerate doar după ce concentrația de particule intră într-un regim staționar în cele două zone. Pentru determinarea coeficientului de penetrare au fost utilizate doar datele măsurate în regimul staționar, caracterizat de concentrații de particule constante în timp.

Fiecare experiment este repetat de minim 6 ori, rezultatele prezentate reprezintă valoarea medie a datelor obținute. Pe parcursul unui experiment numărătoarele de particule funcționează în continuu, determinând concentrația de particule.

Pentru a elimina eventualele diferențe de măsură existente între cele două aparate de numărare particulele, poziția de măsură a fiecărui aparat a fost schimbată la fiecare 20 de minute, astfel că ambele aparate măsoară atât în aval cât și în amonte de fisură.

Această schimbare a pozițiilor de măsură este realizată doar după ce sistemul atinge condițiile de concentrație constantă în timp, după cum se poate observa și în Fig. 4. Se remarcă faptul că după o anumită perioadă de timp concentrația de particule atinge un nivel de echilibru caracterizat de un palier de valori foarte apropiate.

Toate experimentele au fost realizate considerând o temperatură constantă în laborator, egală cu temperatura aerului și a particulelor. Zona de lucru din laborator este controlată, temperatura măsurată pe parcursul

experimentelor fiind de 20°C ($\pm 2^{\circ}\text{C}$).

Această procedură a fost respectată pe parcursul tuturor experimentelor.

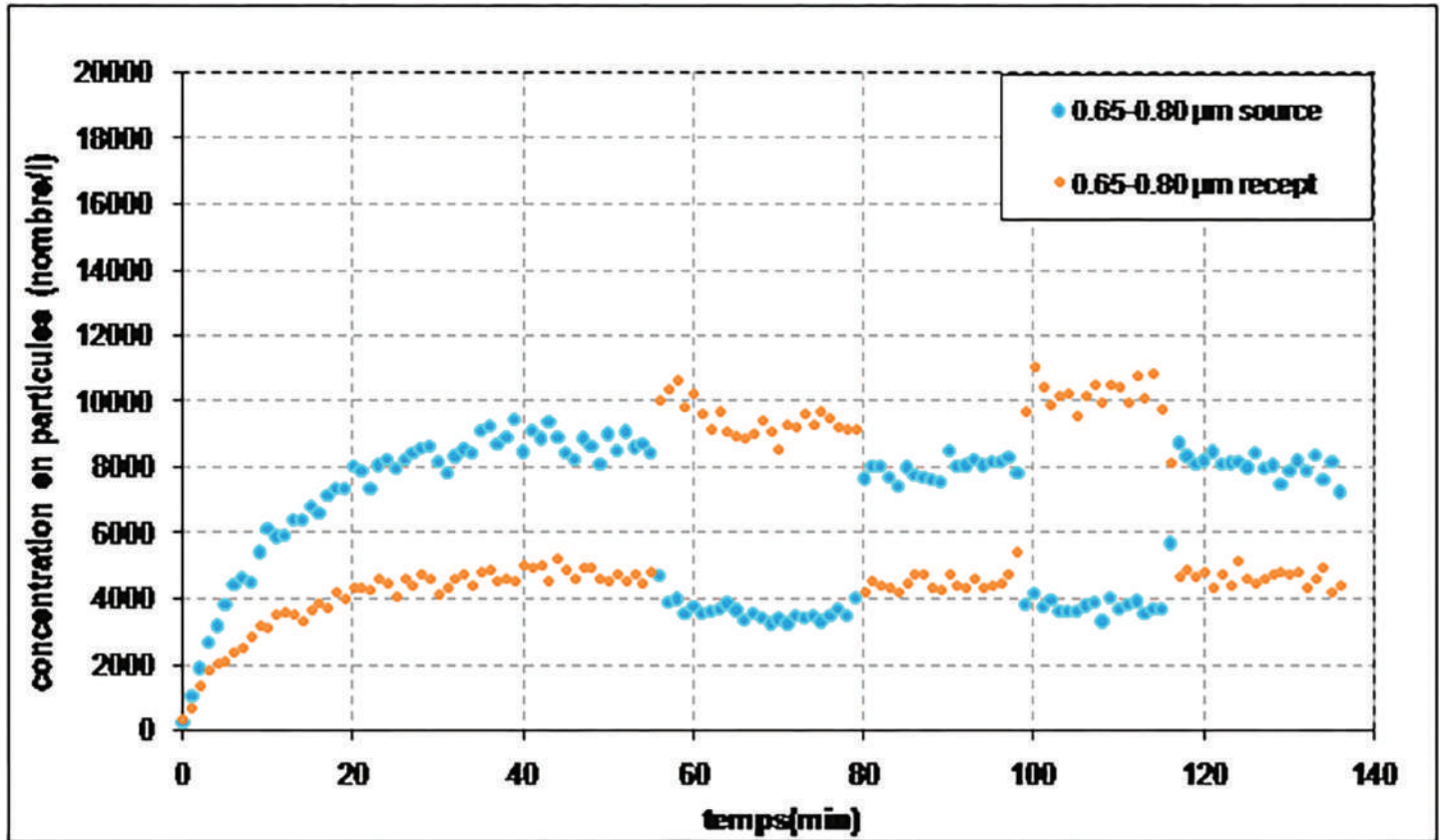


Figura 4: Variația concentrației de particule în timp

2.3. Parametrii studiați

a) Fisurile studiate

Fisurile studiate reprezintă cazuri reale, ele se regăsesc la nivelul diverselor componente ale anvelopei clădirii, după cum urmează:

- o zonă dintr-un cadru de fereastră tip termopan prevăzută cu garnituri de etanșare noi (Anexa 1), de lungime egală cu 100mm (dimensiune paralelă cu suprafața peretelui);
- o zonă dintr-un cadru de fereastră tip termopan prevăzută cu garnituri de etanșare deteriorate (Anexa 1), de lungime egală cu 100mm;
- un colț de ușă de tip termopan (Anexa 1);
- două tipuri de grilă de introducere aer proaspăt (Anexa 2).

Aceste elemente sunt montate în peretele ce desparte cele două zone interioare instalației experimentale.

b) Diferența de presiune

Diferența de presiune reprezintă motorul mișcării între cele două medii delimitate de anvelopa unei clădiri. Această diferență de presiune poate fi rezultatul acțiunii vântului, sau a diferenței de temperatură existentă între mediul

interior și cel exterior. O diferență de presiune de 3Pa corespunde regiunilor caracterizate de un climat temperat, fiind totodată valoarea utilizată de ASHRAE Standards pentru determinarea parametrului „Effective Leakage Area”.

Dacă temperatura exterioară coboară în domeniul valorilor negative, atunci o diferență de presiune de 10Pa poate fi regăsită cu ușurință între mediul exterior și cel interior multor case. Pentru studiul nostru am considerat aceste două niveluri ale diferenței de presiune.

c) Diametrul de particulă

Studiile medicale au arătat că particulele cele mai periculoase pentru sănătatea omului sunt cele ce au diametrul cuprins între 0.1 și $2.5\mu\text{m}$. Aceste particule fine pot pătrunde în sistemul respirator până la nivelul alveolelor pulmonare, ducând la creșterea riscului apariției bolilor pulmonare.

Particulele pot fi de asemenea un vector de transport pentru mulți viruși. Considerând aceste aspecte, am ales în studiul nostru particule de diametru cuprins între 0.35 și $2.5\mu\text{m}$.

3. REZULTATE

Coeficientul de penetrare pentru o fisură supusă unei diferențe de presiune și pentru un diametru de particulă a fost determinat cu relația:

$$P = \frac{C_{int}}{C_{ext}} \quad [1]$$

unde C_{int} reprezintă concentrația de particule la ieșirea din fisură [număr de particule/litru], C_{ext} concentrația de particule la intrarea în fisură [număr de particule/litru], iar P este coeficientul de penetrare [-]. Cum un numărător de particule nu poate măsura în același timp de o parte și de cealaltă a fisurii, valorile de concentrație nemăsurate

au fost determinate prin interpolare, după cum se poate observa în Fig. 5.

Figura din stânga prezintă datele măsurate cu unul dintre cele două numărătoare de particule. În figura din dreapta putem observa apariția datelor obținute prin interpolare și de asemenea coeficientul de penetrare calculat. Se poate remarca faptul că atât concentrațiile cât și coeficientul de penetrare sunt aproape constanți în timp.

În continuare, vor fi prezentate rezultatele obținute pentru coeficientul de penetrare în diversele situații studiate.

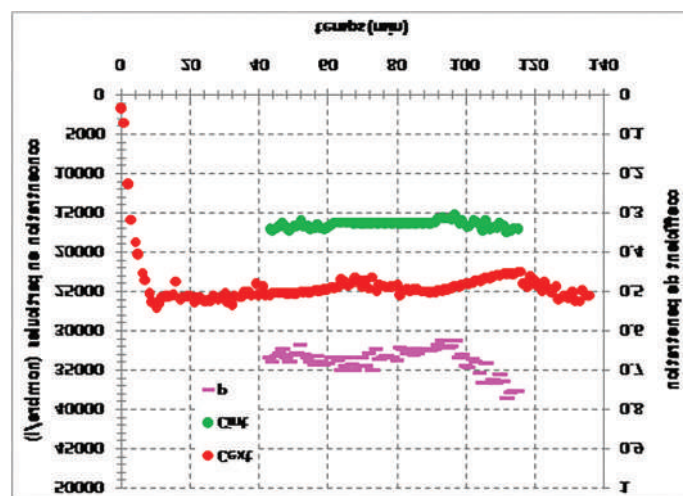
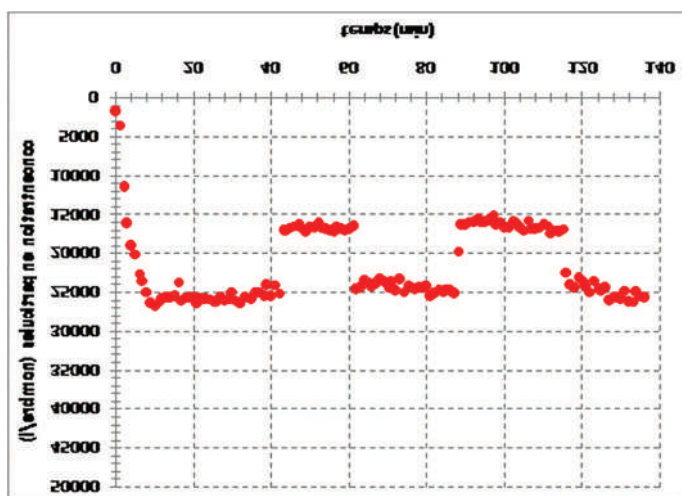


Fig. 5: Variația concentrației de particule și a coeficientului de penetrare în funcție de timp

3.1. Elemente componente ale ușilor sau ferestrelor

Pe parcursul traseului realizat de o particulă printr-un cadru de fereastră, din mediul exterior către cel interior, aceasta își va schimba direcția de multe ori. În afară de aceste schimbări de direcție determinate de geometria cadrului de fereastră, prin prezența garniturii de etanșare se sporește gradul de filtrare al ferestrei, astfel că o parte din particule sunt reținute în această zonă.

În studiul nostru am considerat un element de cadru de fereastră prevăzut cu garnituri noi ca prim caz, apoi același element de cadru, dar de data acesta cu garniturile deteriorate. Acest al doilea caz corespunde unei ferestre mai vechi, a cărei garnituri își pierde elasticitatea prin îmbătrânire permițând astfel formarea unor mici spații de trecere.

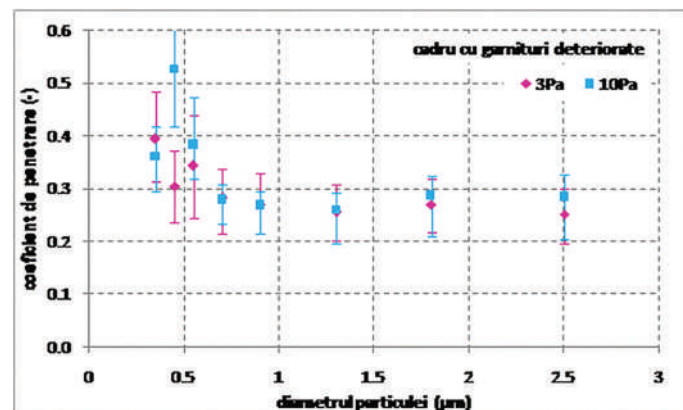
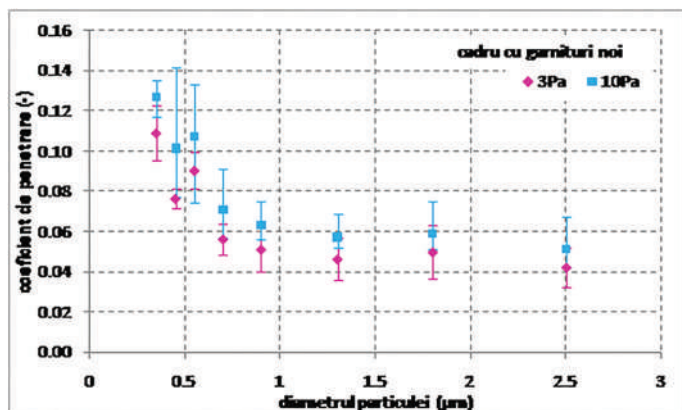


Fig. 6: Variația coeficientului de penetrare în funcție de diametrul particulei pentru un cadru de fereastră cu garnituri noi (figura din stânga) și un cadru de fereastră cu garnituri deteriorate (figura din dreapta)

Fig. 6 prezintă variația coeficientului de penetrare în funcție de diametrul particulei pentru cele două situații experimentate: cadru de fereastră cu garnituri noi (figura din stânga) și cu garnituri deteriorate (figura din dreapta), pentru două diferențe de presiune, 3 și 10 Pa. Ca o primă observație, putem spune că o fereastră echipată cu garnituri noi prezintă o bună capacitate de filtrare a particulelor, cum coeficientul de penetrare este inferior valorii de 15% pentru ambele diferențe de presiune testate. Putem de asemenea remarca faptul că o variație la nivelul diferenței de presiune între 3 și 10 Pa nu aduce cu sine o variație semnificativă a coeficientului de penetrare, atât în cazul cadrului cu garnituri noi cât și în cel al cadrului cu garnituri deteriorate. Spre deosebire de diferența de presiune, deteriorarea garniturii determină o variație importantă a coeficientului de penetrare, astfel capacitatea sa de filtrare scade cu 20%.

Pentru a pune mai bine în evidență efectul garniturii asupra coeficientului de penetrare, prezentăm în Fig. 7 comparația între coeficienții de penetrare pentru cazul cu garnitură nouă, deteriorată și colț de ușă. Figura din stânga corespunde unei diferențe de presiune egală cu 3 Pa, în vreme ce figura din dreapta corespunde unei diferențe de presiune de 10 Pa. Pentru o diferență de presiune de 3 Pa și o particulă de diametru egal cu 1.3 μm , diferența între capacitatea de filtrare a unui cadru cu garnituri și fără este de 21%. Pentru același diametru de particulă, dar o diferență de presiune de 10 Pa, aceeași mărime este egală cu 20%. Comparația între colțul de ușă și cadrul cu garnituri noi indică faptul că eficiența de filtrare a colțului este mai redusă. Acest rezultat este coerent deoarece un colț de ușă poate fi considerat ca fiind alcătuit din două eșantioane de cadru de fereastră precum cele testate.

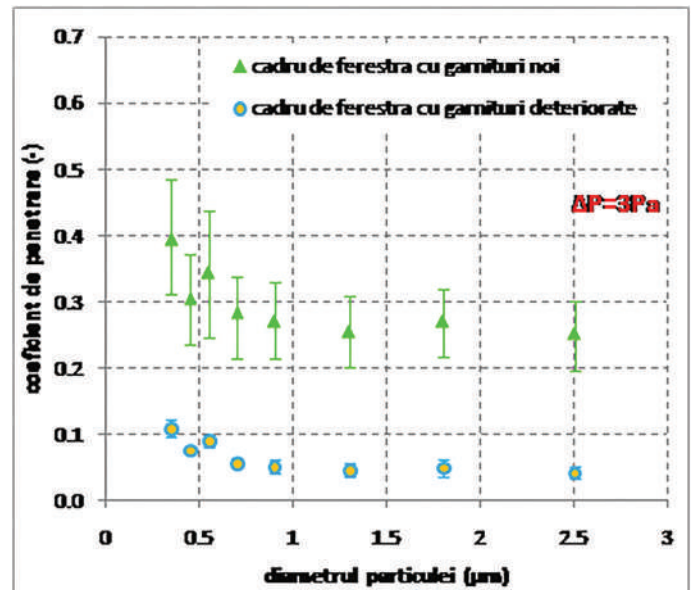
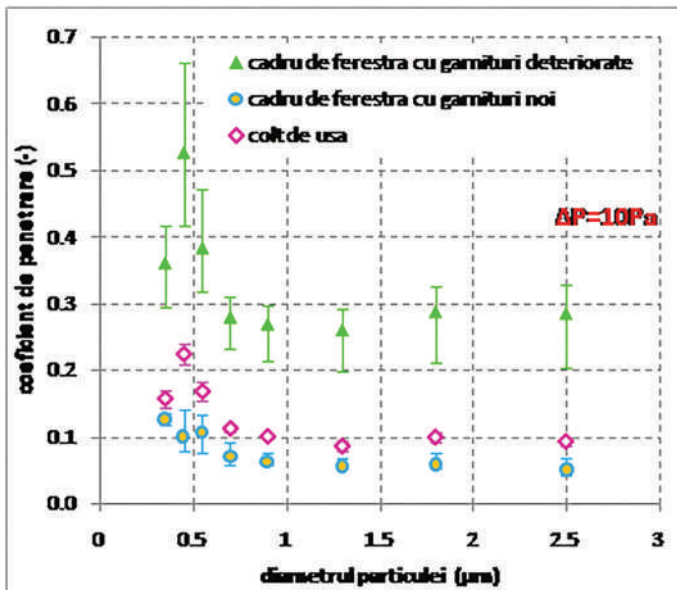


Fig. 7: Variația coeficientului de penetrare funcție de diametrul particulei, comparație între cele trei tipuri de fisură

3.2. Grile de introducere aer proaspăt

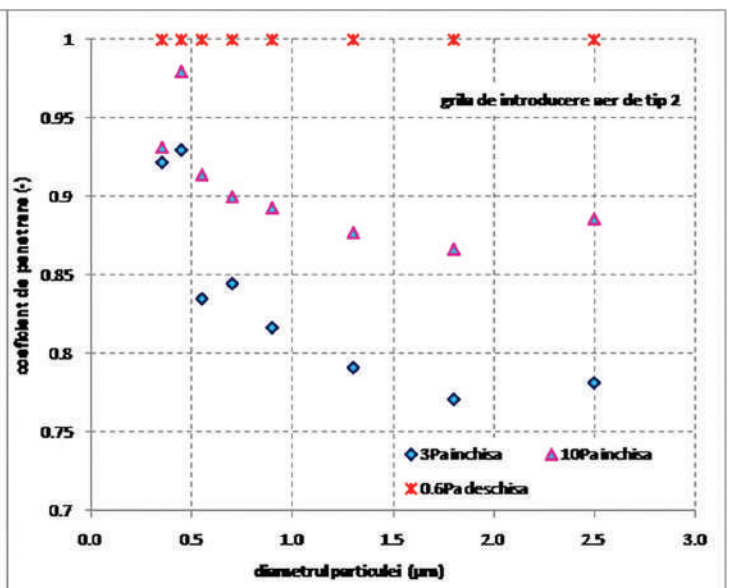
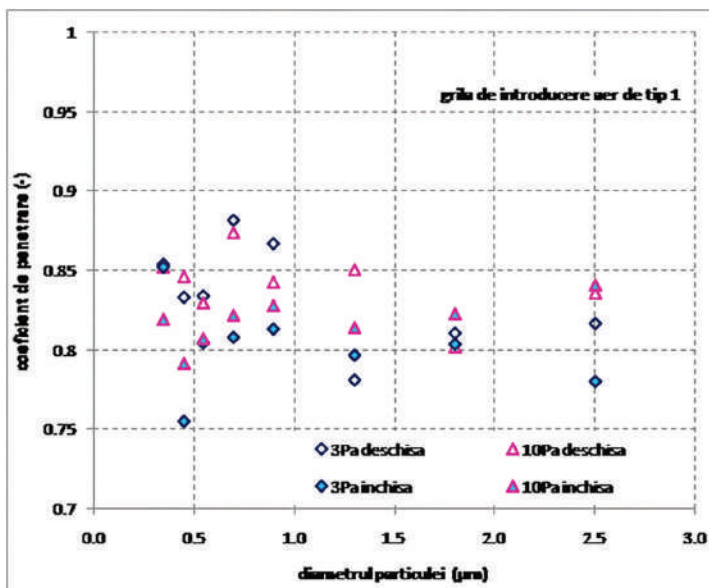


Fig. 8: Variația coef. de penetrare funcție de diametrul particulei pentru cele două tipuri de grile de introducere aer

Pentru asigurarea debitului minim de aer proaspăt, clădirile sunt prevăzute cu grile de introducere aer. Acestea fac legătura între mediul exterior și cel interior al clădirilor, de unde și necesitatea de a le cunoaște capacitatea de filtrare a particulelor. O grilă de introducere are două poziții de funcționare, anume închisă și deschisă.

Fig. 8 prezintă coeficientul de penetrare în funcție de diametrul particulei pentru cele două tipuri de grilă de introducere aer. În această figură putem observa că în poziție deschisă grila de tip 1 reține o anumită cantitate de particule, în vreme ce grila de tip 2 este complet penetrată. Dată fiind suprafața liberă a acestei grile (vezi Anexa 2), diferența de presiune maximă atinsă pentru poziția deschisă a fost de 0.6 Pa.

4. CONCLUZII

Un cadru de fereastră de tip termopan prevăzut cu garnituri noi conferă o bună capacitate de filtrare a particulelor de diametru cuprins între 0.35 și 2.5 μm , astfel că valoarea coeficientului de penetrare este mai mică decât 15%. Dacă în timp garniturile se deteriorează, acest fapt duce la scăderea capacității de filtrare a aceluiași cadru cu

Dacă ne uităm la grila de tip 1, putem remarca faptul că poziția de funcționare a grilei influențează coeficientul de penetrare al particulelor ce au diametrul inferior unui micron. Dacă trecem de la o diferență de presiune de 3 Pa la una de 10 Pa, pentru oricare poziție de funcționare a grilei de tip 1, variația coeficientului de penetrare este nesemnificativă. Nu aceeași remarcă poate fi făcută pentru grila de tip 2, unde palierul de variație al coeficientului de penetrare este vast.

Pentru ambele grile de introducere aer, coeficientul minim de penetrare este superior valorii de 75%, ceea ce exemplifică faptul că aceste elemente au o capacitate de filtrare foarte scăzută a particulelor fine pentru diferențele de presiune studiate.

circa 20%. Prezența unei grile de introducere aer proaspăt la nivelul anvelopei clădirii conferă un grad de filtrare al particulelor foarte scăzut. Indiferent de poziția de funcționare a grilei, de diametrul particulei sau diferența de presiune studiată, coeficientul de a penetrare grilelor experimentate este de minim 75%.

BIBLIOGRAFIE

1. Pope CA III, Burnett RT, Thun MJ, et al. "Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution." JAMA 287, 2002: 1132-41.
2. Dockery DW, Pope CA III, Xu X et al. "An association between air pollution and mortality in six US cities." N Engl J Med 329, 1993: 1753-59.
3. Wallace Lance, Williams Ron, Re Anne, Croghan Carry. "Continuous weeklong measurements of personal exposures and indoor concentrations of fine particles for 37 health-impaired North Carolina residents for up to four seasons." Atmospheric Environment 40, 2006: 399-414.
4. Augustin Baulig, Seema Singh, Alexandre Marchand, Roel Schins, et al. "Role of Paris PM2.5 components in the pro-inflammatory response induced in airway epithelial cells." Toxicology 261, 2009: 126-135.
5. Mosley, R.E, Greenwell D.J, Sparks L.E., Guo Z., Tucker W.G., Fortmann R and Whitfield C. "Penetration of Ambient Fine Particles into Indoor Environment." Aerosol Science and Technology 34, 2001: 127-136.
6. Carrie, F.R., Modera M.P. "Experimental investigation of aerosol deposition on slot- and joint-type leaks." Aerosol Science 33, 2002: 1447-1462.
7. Liu, De-Ling, Nazaroff William W. "Particle Penetration Through Building Cracks." Aerosol Science and Technology 37, 2003: 565-573.
8. Olea L., Limam K., Colda i. "Experimental study on particle penetration through buildings cracks." The International Congress AI-CARR Milano 2008, ISBN 9788895620046, ITALY, 2008: 527-539.
9. Jeng, C.J., Kindzierski W.B. and Smith D.W. "Particle penetration through rectangular-shaped cracks." J. Environ. Eng. Sci. 5, 2006: S111-S119.
10. Schneider, T., Jensen K.A, Clausen P.A., Afshari A., Gunnarsen L., Wahlin P, Glasius M., Palmgren F., Nielsen O.J., Fogh C.L. "Prediction of indoor concentration of 0.5-4 μm particles of outdoor origin in an uninhabited apartment." Atmospheric Environment 38, 2004: 6349-6359.
11. Li, Yuguo, Chen Zhengdong. "A balance-point method for assessing the effect of natural ventilation on indoor particle concentrations." Atmospheric Environment 37, 2003: 4277-4285.
12. Chao, Christopher Y.H., Wan M. P., Cheng Edie C.K. "Penetration coefficient and deposition rate as a function of particle size in non-smoking naturally ventilated residences." Atmospheric Environment 37, 2003: 4233-4241.
13. Thatcher, T. L., Layton David W. "Deposition, Resuspension, and Penetration of Particles within a Residence." Atmospheric Environment vol. 29, no. 13, 1995: 1487-1497.
14. Bennett, D.H., Koutrakis P. "Determining the infiltration of outdoor particles in the indoor environment using a dynamic model." Aerosol Science, 2005.
15. Liao, Chung-Min, Huang Su-Jui, Yu Hsin. "Size-dependent particulate matter indoor/outdoor relationships for a wind-induced naturally ventilated airspace." Building and Environment 39, 2004: 411-420.
16. Zhu, Yifang, Hinds William C., Krudysz Margaret, Kuhn Thomas, Froines John, Sioutas Constantinos. "Penetration of freeway ultrafine particle into indoor environments." Aerosol Science 36, 2005: 303-322.
17. Liu, De-Ling, Nazaroff William. "Modeling pollutant penetration across building envelopes." Atmospheric Environment, Volume 35, 2001: 4451-4462.
18. Mitrosos, D., Chatzidakis S., Hiniš E.P., Herranz L.E., Parozzi F., Housiadis C. "A simple mechanistic model for particle penetration and plugging in tubes and cracks." Nuclear Engineering and Design, 2008.
19. Jeng, C.J., Kindzierski W.B. and Smith D.W. "Modeling entry of micron-sized and submicron-sized particles into the indoor environment." Aerosol Sci. Technol. 37, 2003: 753-769.
20. Liwei Tian, Guoqiang Zhang, Yaolin Lin, Jinghua Yu et al. "Mathematical model of particle penetration through smooth/rough building envelop leakage." Building and Environment 44, 2009: 1144-1149.
21. Popescu, Lelia Olea. "Influence de la pollution extérieure sur la qualité de l'air intérieur: rôle des fissures dans le transfert de particules solides." PhD dissertation, University of La Rochelle, LEPTIAB, 2009.
22. Blanchard, O., Del Gratta F., Durif M., Frejafo E., Le Bihan O. Exposition par inhalation aux aérosols. Principes et méthodes de mesures. Rapport d'étude, Paris: Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (MEDD), 2004.



CINE TE SUSȚINE LA GREU?

Află mai multe despre cel
mai nou sistem Hilti MW cu
cablu pentru susținerea
suportilor de instalații.





CLIMA 2022 the 14th

REHVA HVAC World Congress

22nd – 25th May in Rotterdam,
The Netherlands

CLIMA 2022 EYE ON 2030 we go on in hybrid form

De acum până în 2030 lumea HVAC se va schimba radical. Alimentate de influențe ireversibile, cerințele actuale privind instalațiile climatice se vor schimba complet. Subiectele propuse pentru congresul Clima 2022 sunt „Energy”, „Circularity”, „Digitalization”, „Health & Comfort” și „Learning & Education”. Toată lumea va fi de acord că impactul lor va fi unul uriaș. Dar cum vor evolua de acum până în 2030? Ce perspective vom avea cu privire la aceste subiecte? Și cum se leagă între ele? Se vor susține sau se vor întârzia reciproc? Și cum se leagă impactul instalațiilor climatice cu procesul de construcție și cu alte influențe?

„Energy”

CLIMA 2022 consideră, pe lângă principiul „Eficiența Energetică în primul rând”, „Tranziția la Energie Curată” a mediului construit de o importanță vitală. Dezvoltarea sistemelor performante de servicii pentru clădiri care utilizează căldură, frig și electricitate din resurse regenerabile se accelerează, creând o nevoie de flexibilitate, stocare a energiei și schimburi de energie între clădiri. În consecință, există, de asemenea, o nevoie de produse inovatoare HVAC și de optimizare a performanței prin metode îmbunătățite de proiectare, operare și întreținere a diferitelor subsisteme mecanice și electrice integrate. De obicei aici sunt incluse reducerea și echilibrarea cererilor de energie pentru încălzire, răcire și ventilație. Deși acest lucru nu este chiar banal în clădirile noi, el ridică provocări tehnice, sociale, economice și politice uriașe pentru clădirile existente, foarte necesare pentru ca valul de reabilitări al UE să aibă loc. Evident, soluțiile vor varia de la o țară la alta. Schimbul de experiență și să învățăm unul de la celălalt sunt obiectivele principale ale CLIMA 2022. Nu ne limităm doar la aspectele tehnice, includem aici și aspecte economice, culturale, juridice și organizaționale. Sistemul energetic general devine din ce în ce mai dinamic și este influențat de actori suplimentari cu roluri netradiționale. Când casele devin centrale energetice mici, complexele mari de clădiri încep să facă schimb de energie sau companiile de date inteligente controlează consumul de energie, atunci guvernele, operatorii de rețea, companiile energetice, instituțiile financiare și sectorul nostru trebuie să colaboreze și să răspundă.

„Digitalization”

CLIMA 2022 consideră soluțiile digitale care încurajează tranziția energetică în mediul construit ca un subiect foarte important. Sunt așteptate soluții pentru transformarea digitală a clădirilor în domeniile înfrățirii digitale (predictive), clădiri inteligente bazate pe date, managementul datelor și punerea în funcțiune continuă. În zilele noastre, soluțiile digitale trebuie

să fie capabile să gestioneze o mare varietate de sisteme HVAC și chiar să fie auto-învățate în detectarea tendințelor și anomaliilor de proces. Sunt posibile soluții de sine stătătoare (suplimentare) sau încorporate, dar arhitecturile de sistem trebuie să includă implementare la scară largă (soluții cu fir și fără fir, IoT, soluții cloud, tehnologii blockchain). Sunt necesare strategii de monitorizare care să reducă, de asemenea, diferența dintre sistemele de automatizare și control al clădirilor (BACS) și modelarea informațiilor despre clădire (BIM) și să permită controlul costurilor pe durata de viață folosind datele de sistem și contextuale ale clădirii. Monitorizarea la scară largă a performanțelor costurilor energetice, confortului și ciclului de viață la un nivel de cost accesibil este necesară pentru a sprijini politicile de afaceri. În cele din urmă, recenta pandemie de COVID a declanșat cercetări pentru implementarea administrării digitale privind proiectarea, monitorizarea și controlul sistemelor de ventilație, în relație cu confortul și sănătatea generală. Aceasta include algoritmi AI pentru detectarea și diagnosticarea defecțiunilor, recunoașterea modelelor și detectarea anomaliilor.

„Health & Comfort”

Realizarea unui mediu sănătos și confortabil pentru oameni în mediul construit, fie acasă, la serviciu, la școală, sau bucurându-se de timpul liber, reprezintă un subiect complex care implică fizică, comportament, fiziologie, conservarea energiei, schimbările climatice, arhitectură, inginerie și tehnologie. Modul în care oamenii se simt, experimentează și se comportă în mediul lor este legat de calitatea mediului înconjurător, descrisă de calitățile termice ale aerului, de iluminare și sunet, dar și de capacitatea clădirilor și sistemelor de a răspunde nevoilor și preferințelor în schimbare ale oamenilor și capacitatea lor de a răspunde la noile clădiri și sisteme. După cum arată izbucnirea pandemiei de Covid-19, construcțiile trebuie să ofere un mediu rezistent nu numai pe termen lung (pe măsură ce schimbările climatice evoluează), ci și pe termen scurt (de exemplu, în timpul unei pandemii).



CLIMA 2022 scoate în evidență progresele care privesc interfețele inteligente și interacțiunea dintre clădiri, sistemele climatice interioare și oamenii și salută contribuțiile care caută noi abordări pentru realizarea unui mediu sănătos și confortabil prin construcții cu un consum redus de energie și moderne din punct de vedere al eficienței energetice.

„Circularity”

Ca urmare a creșterii populației la nivel mondial și a nevoii de medii interioare confortabile și sănătoase, constructorii se află față în față cu o provocare imensă în ceea ce privește dezvoltarea de noi proiecte de construcții, precum și necesitatea de a moderniza clădirile deja existente. Pentru a asigura o economie durabilă și pregătită pentru viitor, reducerea utilizării resurselor primare este esențială. Circularitatea vizează închiderea și conectarea fluxurilor de materiale, apă și energie, eliminând în același timp deșeurile. Sectorul HVAC are un potențial deosebit de mare de a contribui la circularitate. Recircularea energiei, aerului și apei este activitatea sa de bază. Componentele sunt adesea supuse upgrade-urilor și modificărilor. Reținerea și reutilizarea materialelor și componentelor valoroase oferă oportunități de afaceri. Cu toate acestea, beneficiile asociate nu s-au tradus încă într-o descoperire pe piață la scară largă. Sectorul are nevoie de o viziune clară asupra modului de atingere a obiectivelor de circularitate, bazată pe strategii inovatoare și o abordare integrată în ceea ce privește designul circular, tehnologia produselor, modelele de afaceri și managementul. CLIMA 2022 consideră circularitatea drept o provocare principală pentru următorul deceniu.

„Learning & Education”

Uniunea Europeană a stabilit obiective ambițioase pentru tranziția la energia verde în mediul construit. Pentru a realiza tranziția către un mediu construit eficient din punct de vedere energetic, circular, digitizat și sănătos, avem nevoie urgent de extinderea abilităților și cunoștințelor și de diseminarea pe scară largă a inovațiilor tehnice, cunoștințe și abordări dovedite. Sectorul serviciilor de construcții este esențial pentru realizarea acestei tranziții: pe lângă furnizarea de forță de muncă pentru proiectarea, instalarea și întreținerea tuturor echipamentelor energetice și climatice din clădiri și ansambluri rezidențiale, sectorul educației acționează și ca inovator și este esențial pentru construcții, energie, IT și sănătate, integrând cunoștințele din aceste domenii. Schimbările rapide în ceea ce privește sistemele HVAC fac necesară accelerarea actualizării cunoștințelor în aceste domenii. Acest lucru înseamnă că este necesară dezvoltarea profesională continuă a forței de muncă actuale și educarea noilor angajați. Există o nevoie tot mai mare de studiu în cadrul companiilor și unităților de învățământ din aceste sectoare.

CLIMA 2022 consideră progresele din învățământ și educație ca fiind esențiale pentru sectorul construcțiilor și, prin urmare, salută contribuțiile originale care demonstrează abordări noi și bune practici în dezvoltarea unităților și a programelor de învățământ pentru a atrage și educa tineri profesioniști, precum și pentru a forma ingineri cu experiență atât digital cât și la locul de muncă.





INGINERIA ÎNSTALAȚIILOR

Format revistă: A4, apariție trimestrială,
distribuție fizică și în mediul online

MACHETĂ PUBLICITARĂ

1/4*Pagină.....	170
1/2*Pagină.....	300
Full Page.....	500
Coperta 1.....	1100
Coperta 2.....	650
Coperta 3.....	650
Coperta 4.....	900

ADVERTORIAL

1 Pagină.....	350
2 Pagini.....	600
4 Pagini.....	1000
1 Pagină + machetă full page.....	700
3 Pagini + machetă full page.....	1200

Membrii AIIR - persoane juridice beneficiază de un discount de 15%

DISCOUNT

Se aplică discounturi de 10%, 15% și 20% pentru 2,3 și respectiv 4 apariții. Alte variante de colaborare vor fi negociate separat.

Prețurile sunt exprimate în euro și nu includ TVA.



CONFERINȚA NAȚIONALĂ DE INSTALAȚII Ediția 57/2022, Brașov

13-14 Octombrie 2022

Tehnologie pentru îmbunătățirea rezilienței seismice la conducte de distribuție a apei



Anca-Diana Ancaș¹



Emilian-Florin Țurcanu¹



Marina Verdeș²

¹Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi"
Iași, România

contact: cristi_chereches@yahoo.com



Cristian Chereches¹



Sebastian Budișteanu¹

Rezumat: Sub efectul acțiunilor seismice, atât masivul de pământ cât și lucrarea subterană efectuează mișcări oscilatorii în urma cărora poate apărea o schimbare semnificativă a stării de eforturi și deformații atât în structură cât și în masivul de pământ. Aceste schimbări pot produce avarii grave care sunt greu de remediat și necesită eforturi de investiție importante la care se adaugă pagubele umane și materiale legate de întreruperea funcționării sistemului de alimentare cu apă, vital în intervenția în caz de un dezastru natural. Multitudinea avariilor posibile dar mai ales evitarea scoaterii totale din funcțiune impune respectarea unor măsuri și recomandări de protecție pentru rețelele de apă, iar printre acestea se află și prevederea de îmbinări flexibile la conducte, la ieșirea dintr-o "construcție" și

pe traseele rectilinii din 25-30 m. Pornind de la această prevedere, în prezentul articol se prezintă rezultatele experimentale obținute prin încercarea unui model experimental de distribuție a apei, flexibil, montat aerian, pe platforma seismică și validarea lor pe cale teoretică. Se dorește ca acest tip de sistem descris de modelul experimental să poată fi utilizat în practică nu numai în zone cu acțiune seismică dar și în zone de transport rutier greu, zone cu alunecări de teren etc. prin utilizarea lui în punctele cele mai solicitate ale rețelei (intrare/ieșire cămin, înainte/după un cot etc.) dar și pe trasee lungi la distanțe optime. Încercările experimentale din prezentul articol nu au caracteristicile necesare unei acțiuni seismice de intensitate mare (peste 5° Richter)

1. INTRODUCERE

Problema comportării elastice a conductelor subterane se pune și în cazul conductelor flexibile din materiale polimerice, dificultatea tratării problemei și solicitarea complexă a structurii conductei conducând la rezultate diferite de la autor la autor.

În calculul acțiunilor trebuie ținut seama de prevederile normelor și de recomandări dar trebuie subliniat că o evaluare cât mai exactă a intensității acțiunilor constituie încă o problemă care nu a fost pe deplin rezolvată, cauza

fiind multitudinea de factori și parametri care intervin în modelarea fenomenelor, a căror influență este dificil de exprimat în relații analitice conforme cu realitatea [1]. În cazul acțiunii seismice, aceste probleme devin și mai complexe.

Acțiunile în regim dinamic provin din acțiunea pământului (în cazul conductelor îngropate) și din acțiunea apei: suprapresiunile la conductele sub presiune, efectele propagării undelor seismice în lungul structurii.

Conductele circulare flexibile și cele semirigide, îngropate, au deformații mult mai mari în secțiunea transversală comparativ cu conductele rigide. Modelul, pentru a exprima o comportare satisfăcătoare a fenomenelor reale, trebuie caracterizat de un număr cât mai mare de parametri. În antiteză, modelul trebuie caracterizat de un număr cât mai

mic de parametri pentru a fi posibilă integrarea ecuațiilor de interacțiune [2,3]. Toate aceste aspecte fac, ca la ora actuală, să nu existe o metodă exactă pentru calculul intensității acțiunilor din pământ, relațiile de calcul utilizate fiind obținute pe baza prelucrării rezultatelor încercărilor de laborator și a observațiilor făcute în urma aplicării practice.

1.1. Stadiul actual al cercetării

O tehnologie inovatoare de proiectare, reabilitare sau modernizare a infrastructurii de instalații în sensul în care acestea să cuprindă și o modalitate de creștere a rezilienței seismice a infrastructurii critice de instalații este impetuos necesară având în vedere riscurile la seism asociate sistemelor de conducte: pierderea integrității/etanșeității ansamblului sau parțial, pe subcomponente [4].

Conceptul de „reziliență” a fost preluat din știința materialelor și adoptat, în anii 2000, în ingineria structurilor și apoi, la nivel de comunitate și global. Între proprietățile rezilienței s-au enumerat: robustețea, redundanța, existența resurselor și rapiditatea [5,6].

Noțiunea de „reziliență” poate fi definită prin două categorii: prima ține cont de tot ce implică etapa imediat post-seism și reflectă necesarul de timp pentru recuperare, atingerea nivelului inițial de funcționalitate al sistemului [7,8], cea de-a doua categorie analizează atât faza de urgență post-eveniment, cât și cea premergătoare acesteia.

Elaborarea unui program de creștere a rezilienței seismice în zonele de interes, este bazată pe respectarea următoarelor principii:

- flexibilitatea sistemului supus acțiunii seismice;
- proprietatea de a suferi deteriorări admisibile, fără să pericliteze funcționalitatea;
- redundanța sistemului;
- capacitatea de a face posibilă înlocuirea componen-

telor sistemului fără a întrerupe funcționalitatea;

- ingeniozitatea;
- abilitatea de a identifica și de a utiliza, în mod eficient, resursele disponibile, materiale sau umane și rapiditatea descrisă de capacitatea de a atinge obiectivele propuse, într-un interval de timp redus [9,10].

Statisticile și literatura de specialitate conțin puține date privind ingineria seismică a conductelor pentru alimentarea și distribuția apei. Din practică s-a remarcat că aducțiunile și rețelele de distribuție sunt cele mai vulnerabile la acțiunea seismică.

Analiza dinamică în cazul unui seism a unei structuri îngropate pentru transportul apei, trebuie efectuată atât în secțiunea transversală a structurii, cât și pe direcție longitudinală, la acțiunea seismică nesincronă paralelă cu axul lucrării.

Conductele flexibile au în secțiunea transversală deformații mari. Aceste deformații sunt parte împiedicate de reacțiunea patului de fundare și a pământului de umplutură bine compactat, cu efect favorabil asupra mărimii solicitărilor din conducte.

Este lesne de observat că prin mărirea indicelui de flexibilitate pentru conductă atât prin materialul ales pentru structura conductei cât și printr-un sistem special conceput pentru acest fapt, comportarea rețelei la acțiuni dinamice este radical îmbunătățită.

1.2. Considerații teoretice

Materialul numit generic GRP (poliesteri armați cu fibră de sticlă și inserție de nisip) face parte din categoria polymerilor și este realizat în straturi din componente diferite, dozate corespunzător și ansamblate într-o matriță.

Conductele GRP au un comportament semielastic (conlucrează cu terenul, cedându-i acestuia o parte din încărcări) și anizotrop. Dintre toate materialele folosite în rețelele de apă, are cea mai redusă amprentă de carbon.

Din punct de vedere al standardelor de proiectare, materialele conductelor sunt plasate în una din două clase generale: rigide sau flexibile.

Conductele din polimerul GRP sunt considerate conducte flexibile, ele având flexibilitate mare, permițând deformări elastice de până la 25% din diametru fără afectarea structurii de rezistență.

La conductele flexibile dimensionarea rezultă din condiția de stabilitate față de cele rigide la care dimensionarea se face utilizând condiția de rezistență, cea de stabilitate fiind îndeplinită.

În tabelul 1 sunt prezentate caracteristicile mecanice și elastice ale materialului GRP pentru o conductă cu diametrul nominal de 250mm.

Tabel 1. Caracteristicile mecanice și elastice ale materialului GRP

GRP	Diametrul nominal DN(mm)	Grosimea peretelui t(mm)	Modulul de elasticitate longitudinal E (MPa)	Modulul de elasticitate transv. G (MPa)	Coef Poisson (μ)	Greut. specifică (kN/m ²)	Lim. de curgere (mPa)
250	250	6.2	18000	3300	0.29	9.5	25

Specific acestui tip de conducte se definește termenul de rigiditate specifică. Aceasta este o caracteristică fizică a conductei, exprimată în N/m^2 și este măsura rezistenței la deformare transversală pe metru de lungime, sub încărcare externă.

În anumite zone, mișcările ample ale pământului asociate unui cutremur pot fi devastatoare pentru orice construcție, inclusiv rețele de conducte. Aceste zone critice sunt acelea în care au loc mișcări diferențiale ample precum o zonă de falie, un plan de forfecare al solului sau zone de tranziție unde conducta intră într-o structură.

1.3. Scopul lucrării

În prezentul articol se prezintă rezultatele cercetării obținute prin testarea pe platforma seismică a unui model experimental și verificarea rezultatelor obținute prin metode teoretice și de simulare numerică. Scopul este conceperea și validarea unei tehnologii de îmbunătățire a rezilienței seismice pentru conductele de distribuție a apei GRP 250 mm. Modelul experimental este un sistem compus din două tronsoane de conducte GRP250 îmbinate printr-o piesă flexibilă. Flexibilitatea sistemului este conferită pe lângă materialul conductei și de elementul de îmbinare.

2. MODELUL EXPERIMENTAL

Încercările experimentale au fost realizate pe platforma seismică existentă la Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași, în cadrul unui proiect de cercetare derulat pe o perioadă de 3 luni și au constatat în supunerea unui ansamblu tronson conductă - piesă flexibilă - tronson conductă din polimerul GRP, utilizat pentru distribuția apei, unei forțe de compresiune paralel cu axa conductei care generează tensiuni similare cu cele din trecerea unei unde seismice.

O mare cantitate de date cu privire la comportarea construcțiilor respectiv conductelor îngropate pe durata cutremurelor, a fost adunată în ultimii 30 de ani dar cu toate acestea nu s-au stabilit măsuri de siguranță seismică.

Trecerea undelor seismice prin sol generează într-o conductă îngropată tensiuni de compresiune/întidare și de încovoiere. Au fost propuse valori ale deformațiilor limită de compresiune, pentru a evita voalarea peretelui conductei, de ordinul $0,4t/DN$ până la $2,42 t/DN$ sau de (1-2)%, unde t -grosimea peretelui conductei, DN -diametrul nominal.

Platforma seismică inaugurată în anul 2006, are o capacitate de 16 tone și oferă posibilitatea încercărilor experimentale pe modele la scară naturală la acțiunea cutremurelor. Facultatea de Construcții și Instalații, Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași este unica instituție de învățământ din România care poate efectua încercări experimentale la acțiunea seismică,

<https://erris.gov.ro/Centrul-multidisciplinar-Ing.>



Fig.1. Îmbinarea tronsoanelor de conductă cu armătură Flexseal SC250

S-a considerat un tronson de conductă GRP de lungime 500 mm și diametru de 250 mm conectat prin intermediul joncțiunii flexibile de alt tronson de conductă din același material și de același diametru care a fost fixat pentru ca rotațiile și deplasările în secțiunea respectivă să fie împiedicate pe toate cele trei direcții (figura 1). GRP-ul este considerat un material flexibil dar pentru a conferi o mai mare flexibilitate sistemului de conducte supus încercării s-a utilizat și această piesă de îmbinare Flexal SC250 care realizează îmbinarea dintre tronsonul de 500 mm și celălalt tronson fixat.

Schema statică a modelului este reprezentată ca o bară dublu încastrată având o articulație intermediară. Tronsonul a fost conectat prin intermediul unei flanșe de către un actuator orizontal cu o capacitate de 600 kN.

Pentru a măsura și înregistra variațiile forței aplicate ansamblului la capătul actuatorului a fost montată o celulă de forță de tip AEP Transducers cu o capacitate de 100 kN. Forța de împingere laterală este transmisă ansamblului prin intermediul unei articulații care, pe lângă rolul de protecție al echipamentelor folosite, mai are și rolul de a simula eventualele rotații care pot apărea la o structură în cazul producerii unui seism.

Deplasarea pe orizontală produsă de actuator a fost monitorizată prin intermediul unui traductor de deplasare cu fir tip Celesco PT5AV pentru ca împreună cu înregistrările valorilor forței să obținem curbe forță-deplasare ca parametri de intrare pentru evaluarea răspunsului sistemului format din cele două tronsoane de conductă și piesa flexibilă.

Întreg sistemul a fost umplut cu apă la presiunea de 1 bar. Trebuie notat faptul că manșonul flexibil Flexseal SC250 este garantat la o presiune internă de 2,5 bari. Presiunea apei în interiorul ansamblului a fost monitorizată prin intermediul unui manometru montat pe tronsonul de conductă fixat pe cadrul rigid.

Întreg sistemul a fost montat aerian, acesta fiind cazul cel mai dezavantajos de analiză a comportării seimice (toate deplasările se produc liber fără a fi împiedicate de existența pământului din jurul conductei).

Datele experimentale au fost înregistrate cu ajutorul unui sistem de achiziție de tip ESAM Traveller CF cu 64 de canale de înregistrare. Rata de eșantionare a fost fixată la 10 înregistrări pe secundă pe fiecare canal atât pentru traductorii de deplasare cât și pentru celula de forță.

3. REZULTATE ȘI DISCUȚII

Scenariul experimental a fost denumit CA500 (conducta sub presiune, 500 mm.) astfel încât să reflecte lungimea tronsonului de conductă considerat direct atașat de o construcție, simbolizată

prin celula de forță și actuator, precum și cazul conductei pline cu apă. Rezultatul încercărilor experimentale pentru scenariul CA500 este prezentat în fig. 2.

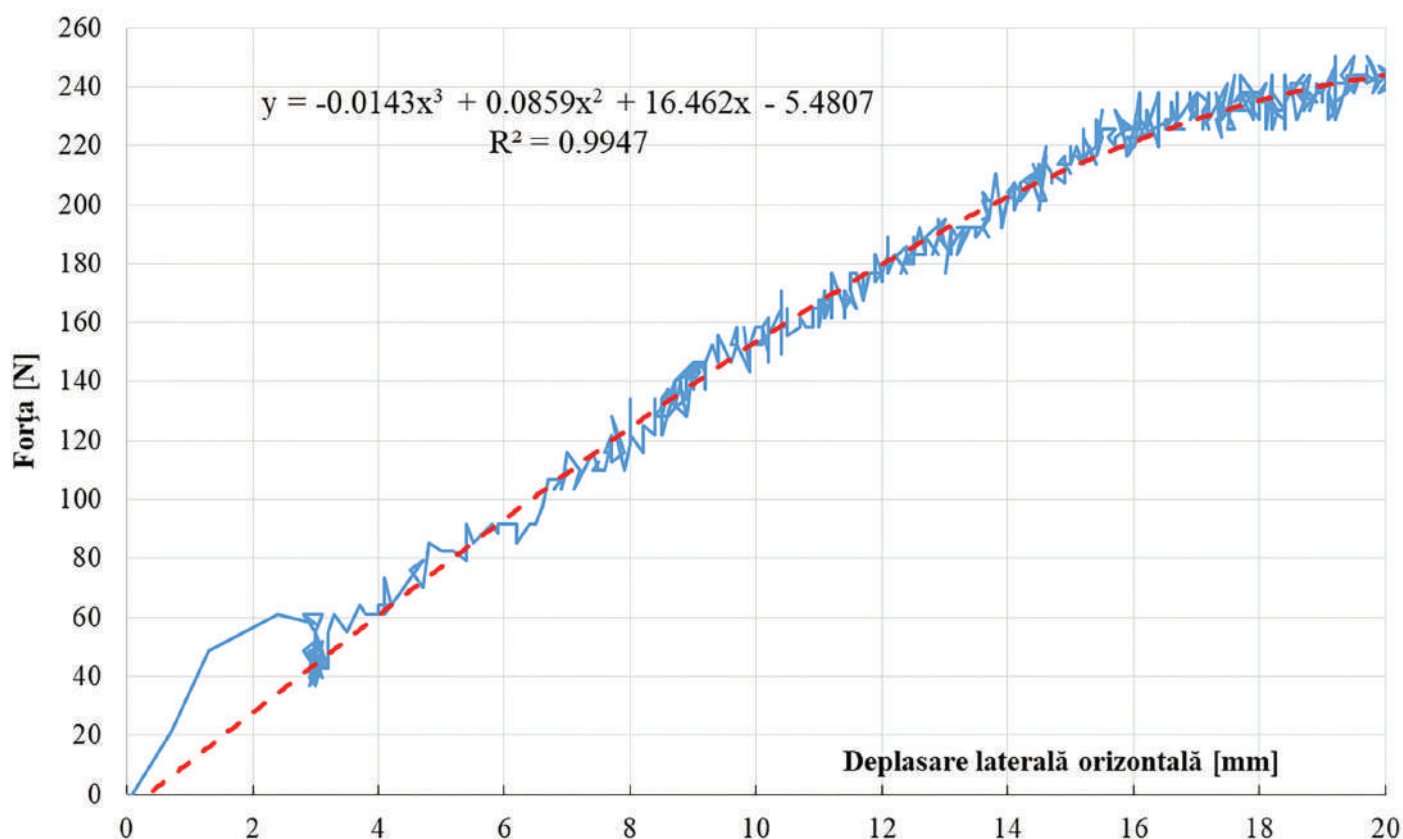


Fig.2. Graficul forță-deplasare și curba de aproximație pentru CA500

Se poate observa faptul că prezența apei în interiorul ansamblului joacă un rol benefic. Chiar dacă, de această dată rearanjarea ansamblului datorită rotirii manșonului flexibil are loc la o deplasare laterală de aproximativ 3 mm, forma curbei forță-deplasare este una mai curată fără variații mari în raport cu linia mediană.

Acest lucru se reflectă și prin valoarea coeficientului de corelație R2. Ținând cont de cercetările anterioare referitoare la conducta goală CG500 s-a realizat un grafic comparativ forță-deplasare laterală pentru tronsonul de conductă de 500 mm, scenariile CG500 și CA500 prezentat în fig. 3 iar rezultatele centralizate în Tabelul 2.

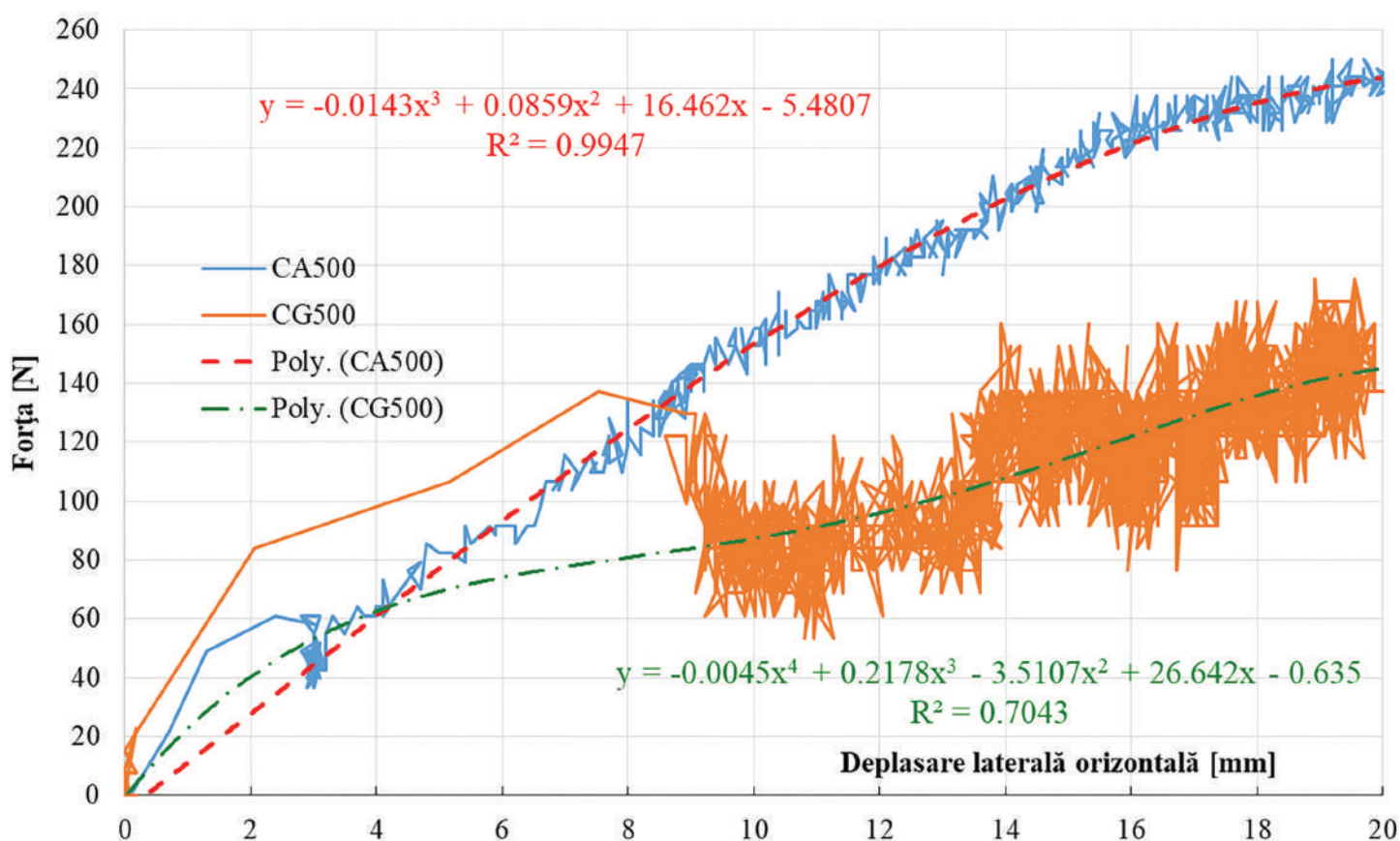


Fig.3. Graficul forță-deplasare și curba de aproximație pentru CG500 și CA500

Tabel 2. Compararea rezultatelor experimentale pentru CG500 și CA500

Scenariul	Deplasarea laterală DL [mm]	Forța F [N]	Coeficientul de corecție R2	rotația maximă [°]
CG500	20,02	175,41	0,7043	1,239
CA500	20,20	250,15	0,9947	1,489

4. VALIDARE TEORETICĂ REZULTATE EXPERIMENTALE

Validarea rezultatelor pe cale teoretică s-a realizat plecând de la ecuația corespunzătoare acțiunilor speciale (seism) corespunzătoare fazei de exploatare a conductei care stabilește limita maximă a deplasării pentru care conducta rezistă solicitării considerate.

$$\Delta = \frac{DL}{2(DN-t)} \leq 5\%$$

DN,t – diametrul nominal, grosimea peretelui conductei (mm)
Conform datelor experimentale centralizate în Tabel 2:

$$\Delta = \frac{20,20}{2(250-6.2)} = 0,041 \leq 5\%$$

Conform figurii 3:

$$\Delta = 0,05 = \frac{DL}{2(250-6.2)} \Rightarrow DL = 24,38 \text{ mm} \Rightarrow F > 240N$$

Concluzia finală este că tronsonul sub presiune lucrează mult mai bine ținând cont de intensitatea forței.

5. CONCLUZII

Orice cauză capabilă să genereze stări de solicitare mecanică într-o structură constituie o acțiune asupra respectivei structuri. Acțiunea unui seism face parte din acțiunile excepționale întâlnite pe durata de viață a unei structuri la valori semnificative, dar o structură este supusă la diverse acțiuni dinamice care pot fi permanente, temporare cvasipermanente.

Folosirea materialelor moderne în realizarea rețelilor de apă, canalizare, gaz, etc. necesită și găsirea de soluții propice care să conducă la comportări adecvate sub acțiunea diferitelor sarcini.

O soluție pentru îmbunătățirea rezilienței seismice pentru conducte de alimentare cu apă este creșterea flexibilității sistemului. Acest lucru se poate face prin alegerea materialului dar în multe cazuri nu este suficient. Pe trasee lungi, la ieșirile din "construcții" este necesară creșterea flexibilității pentru că aceste secțiuni sunt cele mai periculoase.

În prezenta lucrare s-a demonstrat experimental și validat teoretic că utilizarea de joncțiuni flexibile duce la creșterea flexibilității conductei astfel încât avariile în secțiunile cele mai solicitate apar mult mai greu.

Utilizarea joncțiunii flexibile permite mărirea sarcinilor capabile preluate de conductă în regim dinamic suprapusă peste avantajele obținute din materialul conductei GRP, material compozit care oferă o anumită flexibilitate acestuia. Rezultatele obținute sunt de luat în calcul doar în cazul sistemelor de apă realizate din acest tip de materiale compozite, în cazul conductelor rigide rezultatele fiind ne semnificative.

Soluția propusă poate fi implementată încă din faza de proiectare a conductelor de distribuție a apei dar se poate aplica și în cazul reabilitării conductelor. Această soluție este pentru conducte GRP de diametru 250 mm și se dorește reluarea experimentelor și validarea rezultatelor și pentru alte diametre de conducte des utilizate în execuție.



BIBLIOGRAFIE

- [1] Simão, M.; Mora-Rodriguez, J.; Ramos, H.M. Design Criteria for Suspended Pipelines Based on Structural Analysis. Water 2016, 8, 256
- [2] Shin, S.; Lee, S.; Judi, D.R.; Parvania, M.; Goharian, E.; McPherson, T.; Buria, S.J. A Systematic Review of Quantitative Resilience Measures for Water Infrastructure Systems. Water 2018, 10, 164.
- [3] ASRO (Asociația de Standardizare din România) - SR EN 1998-4:2007 Eurocode 8. Proiectarea structurilor pentru rezistența la cutremur. Partea 4: Silozuri, rezervoare, conducte, [Design of structures for earthquake resistance. Part 4: Silos, Tanks, Pipe], 2007.
- [4] Așchilean, I.; Badea, G.; Giurca, I.; Naghiu, G. S. and Iloaie, F. G. Determining priorities concerning water distribution network rehabilitation. Energy Procedia 2017, 112, 27-34.
- [5] Bruneau, M.; Chang, S.E.; Eguchi, R.T.; Lee, G.C.; O'Rourke, T.D.; Reinhorn, A.M.; Shinozuka, M.; Tierney, K.; Wallace, W.A., Winterfeldt, D. A framework to quantitatively assess and enhance the seismic resilience of communities, Earthquake Spectra 2003, 19(4), 733-752.
- [6] Alzabeebee, S.; Chapman, D.; Jefferson, I.; Faramarzi, A. The response of buried pipes to UK standard traffic loading. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Geotechnical Engineering 2017, 170(1).
- [7] Amarasinghe, P.; Liu, A.; Egodawatta, P.; Barnes, P.; McGree, J.; Goonetille, A. Quantitative assessment of resilience of a water supply system under rainfall reduction due to climate change. Journal of Hydrology 2016, 540, 1043-1052.
- [8] Soldi, D.; Candelieri, A.; Archetti, F. Resilience and vulnerability in urban water distribution networks through network theory and hydraulic simulation. Procedia Engineering 2015, 119(1), 1259-1268.
- [9] Cimellaro, G.P.; Fumo, C.; Reinhorn, A.; Bruneau, M. Seismic Resilience of Health Care Facilities, Proceedings of the 14th World Conference on Earthquake Engineering WCEE 2008, Beijing, China.
- [10] Bunea, G.; Atanasiu, G.M. Overview of Romania's Seismicity Focusing at Country and Regional Level, Proceedings of the First Split Workshop at the Technical University "Gheorghe Asachi" of Iasi, ERA Net FP7 – Concert Japan, Road Networks for Earthquake Resilient Societies - Roaders Project, ctr. 3003/2013, Iași, România, 29-50

Studiu de caz privind utilizarea pilei de combustie pe bază de hidrogen pentru susținerea energetică a unei clădiri

Rezumat: La nivel mondial, implementarea practică a politicilor și strategiilor cu privire la energia durabilă implică trei vectori principali: securitatea aprovizionării cu energie, impactul redus asupra mediului și accesibilitatea la sursele de energie. Articolul prezintă posibilitatea utilizării tehnologiei de conversie a hidrogenului în electricitate cu scopul de a susține energetic o casă pasivă. Acest studiu investighează capabilitatea și eficiența energetică a echipamentelor de tip pilă de combustie pe bază de hidrogen, în ipoteza folosirii acestora ca primă și unică sursă de generare a energiei într-o viitoare economie bazată pe hidrogen. În acest caz combustibilul utilizat de pila de combustie este disponibil la consumatorul final prin intermediul unei infrastructuri de distribuție centralizată, iar producția de hidrogen este externalizată și independentă de sistemul de generare a energiei.



Raluca - Andreea Felseghi¹

Facultatea de Inginerie Electrică
și Știința Calculatoarelor
Universitatea „Ștefan cel Mare” din Suceava, România

contact: andreea.felseghi@gmail.com

Cuvinte cheie: clădiri rezidențiale, eficiență energetică, hidrogen, pilă de combustie, sistem energetic.

1. INTRODUCERE

O caracteristică definitorie a secolului XXI este reprezentată de dependența din ce în ce mai mare a economiei mondiale de resursele energetice.

Teama diminuării resurselor energetice tradiționale, a volatilității ridicate a prețurilor, precum și cea a securității energetice, prin actualitatea și prin efectele lor de antrenare, sunt subiecte importante aflate pe agenda tuturor actorilor scenei mondiale.

Sursele de energie neconvenționale au căpătat și vor căpăta în continuare, o pondere din ce în ce mai mare în cadrul sistemelor energetice din întreaga lume, datorită efortului de cercetare și a voinței politice implicate în dezvoltarea lor.

Hidrogenul este recunoscut ca fiind un purtător de energie nepoluant deoarece nu contribuie la încălzirea globală, în cazul în care este produs din surse regenerabile [1]. Hidrogenul este singurul vector secundar de energie care se pretează la o aplicare largă pe piață, în centrul atenției fiind faptul că hidrogenul se poate obține dintr-o gamă largă de energii primare.

Poate fi utilizat în mod avantajos pentru o gamă variată de aplicații practice, plecând de la cele din transport și portabile, până la cele staționare [2].

În plus, hidrogenul poate fi utilizat și în sistemele descentralizate fără a emite dioxid de carbon [3].

Hidrogenul este deja parte componentă din industria chimică de astăzi, dar ca sursă de energie avantajele lui rare pot fi obținute numai cu ajutorul unor tehnologii.

O astfel de tehnologie prin care se poate obține energie durabilă, se bazează pe pila de combustie [4]. Odată cu dezvoltarea pilelor de combustie, generarea de energie bazată pe hidrogen devine o realitate, hidrogenul fiind una din alternativele energetice.

În consecință, un purtător de energie ajută la creșterea stabilizării securității energetice și a prețului, dând naștere unei competiții între diferitele surse de energie.

Așadar, suntem în pragul unei noi ere caracterizate prin tehnologii avansate și noi combustibili. Vom asista la modalități noi și complet diferite de a produce și a folosi energia.

Electricitatea ar putea fi generată de surse cu poluare practic nule, iar hidrogenul poate fi considerat drept purtător secundar, sintetic de energie într-o epocă viitoare, ulterioară economiei combustibililor fosili, în cadrul unui sistem energetic sigur și sustenabil. [5]

2. HIDROGENUL - VECTOR ENERGETIC

Etimologic, cuvântul hidrogen este o combinație a două cuvinte grecești, având semnificația de „a face apă”. Produs din surse și materii prime non-fosile, prin utilizarea diferitelor forme ale energiei alternative (solară, eoliană, hidroelectrică, geotermală, biomasă etc.), hidrogenul este considerat a fi un combustibil prim în realizarea aprovizionării cu așa-numita “energie verde” [1,5].

Astfel, sistemele care funcționează având drept combustibil hidrogenul pot fi considerate a fi dintre cele mai fezabile soluții pentru accelerarea și asigurarea stabilității la nivel global

[4]. Hidrogenul este de așteptat să joace un rol important în viitoarele scenarii energetice ale lumii, factorul cel mai important care va determina rolul specific al hidrogenului va fi probabil cererea de energie. Totodată, hidrogenul poate înlocui, într-o anumită măsură, combustibilii fosili și poate deveni operatorul de transport energetic curat, non-toxic în viitorul apropiat.

Principalele proprietăți ale hidrogenului [6,7], prezentate în Tabelul 1, îl recomandă drept combustibil alternativ celor clasici.

Tabelul 1. Proprietățile hidrogenului [6,7]

Proprietate	Unitate de măsură	Valoare
Densitate	kg/m ³	0,0838
HVV/ LH2	MJ/kg (lichid)	141,90 - 119,90
HVV/ CGH2	MJ/m ³ (volumetric)	11,89 - 10,05
Punct de fierbere	K	20,41
Punct de îngheț	K	13,97
Densitate (lichid)	kg/m ³	70,8
Coeficient de difuzie în aer	cm ² /s	0,61
Căldura specifică	kJ/kg K	14,89
Limitele de aprindere în aer	% (volum)	4 - 75
Energie de aprindere în aer	Millijoule	0,02
Temperatura de aprindere	K	585,00
Temperatura flăcării în aer	K	2318,00
Energia în explozie	kJ/g TNT	58,823
Emisivitatea flăcării	%	17 - 25
Am. stoechiometric în aer	%	29,53
Stoechi. aer/combustibil	kg/kg	34,30/1
Viteza de ardere	cm/s	2,75
Factorul rezervă de energie	-	1,00

Pentru a evidenția avantajele pe care le are hidrogenul, comparativ cu alți combustibili, în Tabelul 2. au fost prezentate sintetic principalele proprietăți ale diversilor combustibili utilizați în prezent.

Analizând informațiile tabelare se poate concluziona că argumentele principale în favoarea utilizării hidrogenului drept combustibil sintetic, obținut din surse regenerabile, sunt următoarele: are cea mai mare energie/unitate de masă dintre toate tipurile de combustibil; este ecologic, din arderea sa rezultând vapori de apă, observându-se că pentru hidrogen cantitatea de emisii de carbon este zero; are cel mai mare factor rezervă de energie, respectiv cel mai mare factor de conversie în energie electrică, fiind considerat din acest motiv cel mai bun dintre combustibilii prezentați, iar randamentul energetic este foarte ridicat. Este de așteptat ca hidrogenul să joace un rol important în viitoarele scenarii energetice la nivel global [1,8].

Avantajele [7,9] care îl promovează ca vector energetic în raport cu alte forme de energie sunt:

- hidrogenul poate fi transportat la distanță prin conducte, în condiții de siguranță;
- hidrogenul este un operator non-toxic de transport al energiei, cu o energie specifică mare pe unitate de masă (de exemplu, energia obținută din 9,5 kg de hidrogen este echivalentă cu cea a 25 kg de benzină);
- hidrogenul poate fi generat din diverse surse de energie, inclusiv a celor regenerabile;
- comparativ cu energia electrică, hidrogenul poate fi stocat pe perioade relativ lungi de timp;
- hidrogenul poate fi utilizat în mod avantajos în toate sectoarele economiei (ca materie primă în industrie, ca un combustibil pentru automobile și ca purtător de energie în sistemele energetice durabile pentru a genera electricitate prin pilele de combustie).

Tabelul 2. Comparație între principalele proprietăți ale hidrogenului și alți combustibili [1,8]

Tip combustibil	Energie/unitate de masă (J/kg)	Energie/unitate de volum (J/m ³)	Factor rezervă de energie	Emisie de carbon specifică (kgC/kg comb.)
Hidrogen lichid	141,90	10,10	1,00	0,00
Hidrogen gazos	141,90	0,013	1,00	0,00
Păcura	45,50	38,65	0,78	0,84
Benzina	47,40	34,85	0,76	0,86
Jet fuel	46,50	35,30	0,75	-
GPL	48,80	24,40	0,62	-
GNL	50,00	23,00	0,61	-
Metanol	22,30	18,10	0,23	0,50
Etanol	29,90	23,60	0,37	0,50
Bio diesel	37,00	33,00	-	0,50
Gaze naturale	50,00	0,04	0,75	0,46
Cărbune	30,00	-	-	0,50

Barierele [7,10] care trebuie depășite se referă la aspecte cu privire la:

- hidrogenul arde în prezența aerului, iar acest lucru poate cauza probleme de siguranță în exploatare;
- stocarea hidrogenului în formă lichidă este dificilă, deoarece pentru a lichefia hidrogenul sunt necesare temperaturi foarte scăzute;
- costuri ridicate ale tehnologiilor și procedeele de obținere a hidrogenului;
- costuri ridicate ale tehnologiilor de conversie a hidrogenului în energie electrică prin intermediul pilelor de combustie;
- raport viabilitate/cost a tehnologiilor de producere a

hidrogenului și a pilelor de combustie este relativ scăzut;

- lipsa logisticii, infrastructurii de transport și distribuție a hidrogenului către consumatorii finali implică investiții costisitoare.

Având în vedere programele de cercetare și dezvoltare susținute în acest domeniu, problemele tehnice deficitare privind producerea, stocarea și distribuția hidrogenului, concomitent cu scăderea costurilor și creșterea duratei de viață a echipamentelor utilizate în generarea de energie pe bază de hidrogen, vor fi rezolvate în scurt timp, iar hidrogenul va deveni o posibilă soluție pentru asigurarea carburanților, totodată fiind o resursă energetică alternativă celei tradiționale.

3. STUDIU DE CAZ

Studiul de caz prezintă posibilitatea utilizării tehnologiei de conversie a hidrogenului în energie electrică cu scopul de a susține energetic o casă pasivă, studiu care investighează capabilitatea și eficiența energetică a echipamentelor de tip pilă de combustie pe bază de hidrogen, în ipoteza folosirii acestora ca primă și unică sursă de generare a electricității într-o viitoare economie bazată pe hidrogen, caz în care combustibilul utilizat de pila de combustie este disponibil la consumatorul final prin intermediul unei infrastructuri de distribuție centralizată, de asemenea, producția de hidrogen este externalizată și independentă de sistemul de generare a energiei.

Sistemul energetic care face obiectul studiului în această ipoteză are schema de principiu ilustrată în Fig. 1. În schema de principiu apare figurat un rezervor de hidrogen, care poate fi interpretat ca fiind rezervor tampon/reformator catalitic pentru combustibilul alimentat din exteriorul sistemului energetic.

Acest studiu de caz a fost realizat pentru o clădire rezidențială amplasată în Mun. Cluj-Napoca, România, care are consum economic de energie - tip „casă pasivă”,

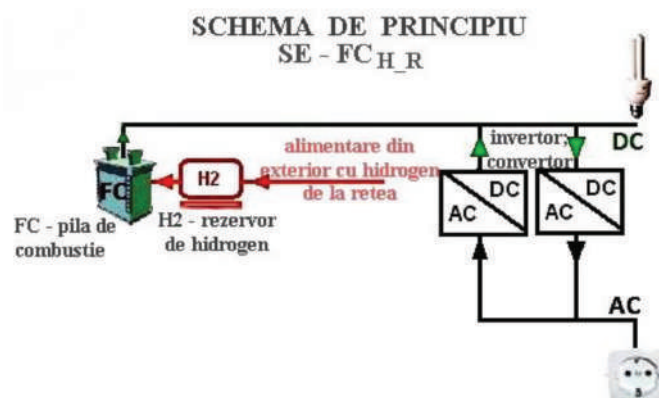


Fig. 1. Schema de principiu a sistemului energetic

având cererea totală anuală de energie de 6759 (kWh/an) [11]. Clădirea studiată are o suprafață desfășurată totală de 160 (m²), volum 400 (m³) și număr preconizat de locuitori = 4. Necesar total de energie pentru clădire: 6759 kWh / an : 160 m² = 42,24 kWh / m² • an. Energie primară: 2,8 • 42,24 kWh / m² • an = 118,28 kWh / m² • an (factor conversie energie electrică = 2,8) < 120,00 kWh / m² • an. Cererea de

energie se referă la curent alternativ cu frecvențe mai mici de 50 Hz, tensiune de 230 V și factor de putere $\cos \varphi = 0,9$. Diagrama necesarului orar de energie înregistrează cea mai dezavantajată situație în cursul lunii decembrie între orele 21.00 ÷ 23.00, când se realizează un vârf de sarcină orară maximă – putere activă de 1695,00 W, iar cea mai favorabilă situație cu o sarcină minimă orară – putere activă de 310,00 W a fost obținută în intervalul orar 4.00 ÷ 6.00 al lunii iunie.

Pentru a alimenta 100% cu energie clădirea s-a determinat ca fiind optim un echipament de conversie de tip pilă de combustie cu putere nominală redusă $P_{N_FC} = 3$ kW, având diagrama de consum și eficiență prezentată în Figura 2 și principalele caracteristici după cum urmează: $\alpha = 0,05$ (kg/kWh), $\beta = 0,004$ (kg/kWh).

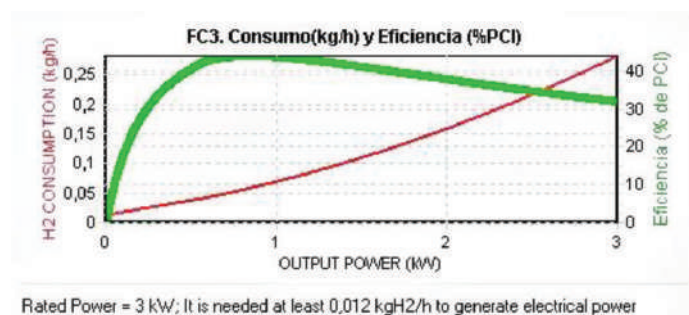


Fig. 2. Diagrama consumului de hidrogen și eficiență pentru pila de combustie 3 kW

Consumul de hidrogen în cadrul pilei de combustie depinde de puterea nominală a acesteia și puterea reală generată în sistem. Calculul acestui consum de hidrogen are la bază următoarele formule:

în situația în care $\frac{P_{FC}}{P_{N_FC}} \leq P_{\max_ef}$

consumul pilei se calculează cu relația:

$$C_{FC} = \beta_{FC} \cdot P_{N_FC} + \alpha_{FC} \cdot P_{FC}, \quad (1)$$

în cazul în care $\frac{P_{FC}}{P_{N_FC}} > P_{\max_ef}$

consumul pilei se calculează cu relația: (2)

$$C_{FC} = \beta_{FC} \cdot P_{N_FC} + \alpha_{FC} \cdot P_{FC} \cdot \left[1 + F_{ef} \cdot \left(\frac{P_{FC}}{P_{N_FC}} - P_{\max_ef} \right) \right],$$

unde

C_{FC} - este consumul de hidrogen al pilei de combustie (kg/h),

P_{N_FC} - puterea nominală a pilei de combustie (kW),

P_{FC} - puterea reală generată în sistem de către pila de combustie (kW),

α_{FC} și β_{FC} - coeficienții curbei de consum și eficiență (kg/kWh),

F_{ef} - factor de consum peste limita puterii generate la eficiență maximă,

$P_{\max_ef}$ - puterea generată în sistem la eficiență maximă a pilei de combustie (kW).

Pentru determinarea gradului de eficiență energetică a pilei de combustie, care este dat de raportul dintre energia generată de pila de combustie și produsul dintre consumul

de hidrogen al acesteia și puterea calorifică inferioară a hidrogenului, se poate utiliza relația (3).

$$\eta_{energetic} = \frac{E_{electric}}{E_{hidrogen}} = \frac{U \cdot I \cdot t}{V_{H_2} \cdot H_u} \cdot 100, \quad (3)$$

unde

$\eta_{energetic}$ - este randamentul energetic al pilei de combustie,

V_{H_2} - volumul de hidrogen consumat de pila de combustie (m³),

H_u - puterea calorifică inferioară a hidrogenului (9,9*10⁶ J/m³),

U - tensiunea generată de pila de combustie (V),

I - intensitatea curentului generat de pila de combustie (A),

t - timp de consum al hidrogenului (s). [11, 12, 13]

Pentru a realiza analiza tehnico-economică și ecologică a sistemului energetic s-au folosit următoarele date de intrare suplimentare: emisii CO₂ generate de combustie hidrogen = 0 (kg CO₂/kg combustibil), LHV hidrogen = 33,3 (Wh/kg) și HHV hidrogen = 39,4 (Wh/kg), durata de viață utilă estimată a pilei de combustie = 40000 (ore), prețul hidrogenului = 6 (euro/kg), costul de instalare a sistemului energetic și costul inițial variabil = 3000 euro adaos de 3,5% din costul inițial total, rata anuală estimată a inflației = 2%. Invertorul DC/AC prezintă o importanță deosebită, având o mare influență asupra funcționării sistemului energetic.

Pentru clădirea studiată a fost selectat un invertor 1800 VA, VDC_{min} = 42 V, VDC_{max} = 64 V, eficiența maximă = 88,7%, cost de achiziție = 1200 euro, durata de viață = 10 ani.

Având la bază datele de intrare s-au efectuat calcule și simulări computaționale pentru o durată de 25 de ani de funcționare a sistemului energetic propus, utilizând software iHOGA versiunea 2.5 [14], iar principalele rezultate pot fi rezumate după cum urmează:

Indicatorii energetici de performanță ai sistemului de generare a energiei electrice cu pilă de combustie de 3 kW, la un an de funcționare, au valorile medii lunare prezentate în Fig. 3.

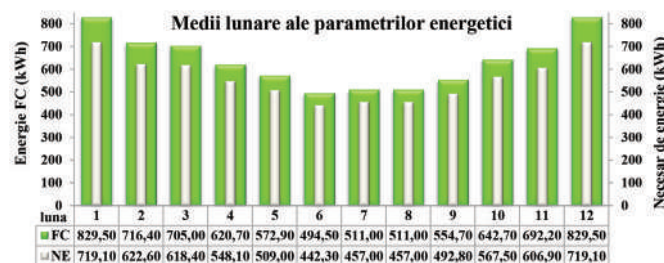


Fig. 3. Reprezentare grafică a principalilor indicatori energetici – valori medii lunare

Reprezentarea grafică evidențiază în mod comparativ valorile mediile lunare ale necesarului de energie calculate pentru casa pasivă studiată și valorile mediile lunare ale energiei generate de pila de combustie pe bază de hidrogen cu putere nominală de 3 kW.

Din datele valorice se observă că în cazul în care se optează pentru un sistem de generare a energiei cu pilă

de combustie de 3 kW, necesarul de energie solicitat de către consumator este în totalitate acoperit, tehnologia de conversie a hidrogenului în energie electrică poate susține energetic casa pasivă care a fost supusă studiului.

Diagrama valorilor medii anuale (Fig. 4) subliniază aspectul privind gradul de acoperire de 100% a totalului necesar de energie care se poate asigura prin sistemul energetic studiat. Media anuală a energiei generată de către pila de combustie de 3 kW înregistrează o valoare care depășește consumul de energie cu 12% aspect datorat randamentului echipamentelor de conversie energetică (pilă de combustibil, invertor).

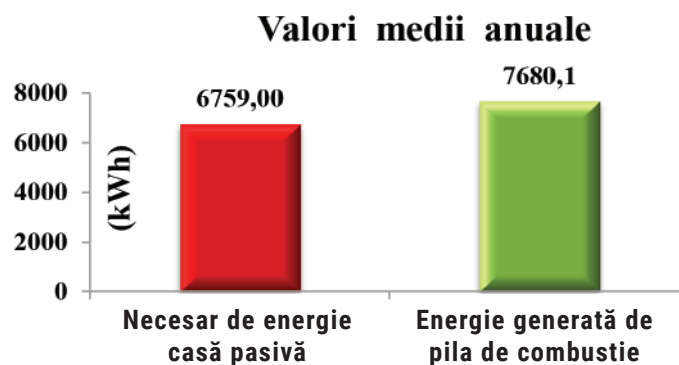


Fig. 4. Diagrama valorilor medii anuale

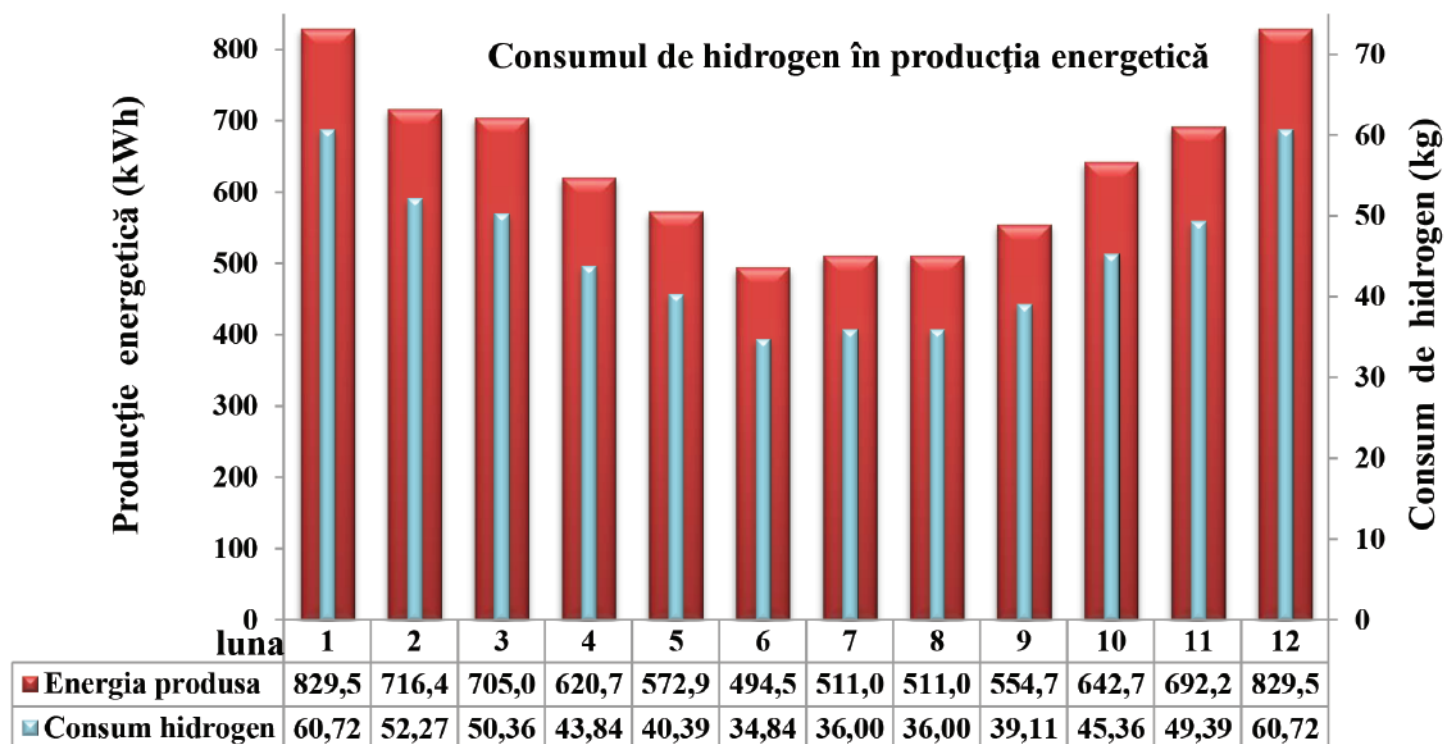


Figura 5. Consumul de hidrogen în producția energetică a pilei de combustie de 3 kW

În ceea ce privește parametrii de mediu înconjurător, pentru prezentul studiu s-au analizat emisiile de dioxid de carbon generate de exploatarea sistemului energetic. Amprenta de dioxid de carbon este de 578 kgCO₂/an, ceea ce reprezintă 3,12 kgCO₂/m² an, fiind cu 88,84 % mai mică decât în cazul alimentării cu electricitate provenită de la un sistem

energetic convențional, pentru care s-a calculat amprenta medie de carbon ca fiind 5,23 tone CO₂ /an [15].

Indicatorii financiari ai sistemului de generare a energiei cu pilă de combustie de 3 kW sunt prezentați valoric în Tabelul 3 și grafic, procentual în Fig. 6.

Tabelul 3. Costurile sistemului

Indicator financiar	Cost [Euro]
Investiția inițială	16400
Cost total sistem / 25 ani de funcționare	182402,40
Cost - pila de combustibil	109820,20
Cost - invertor	2632
Cost combustibil (hidrogen)	64609,20
Alte costuri	5341
Preț energie	0,95 euro/kWh

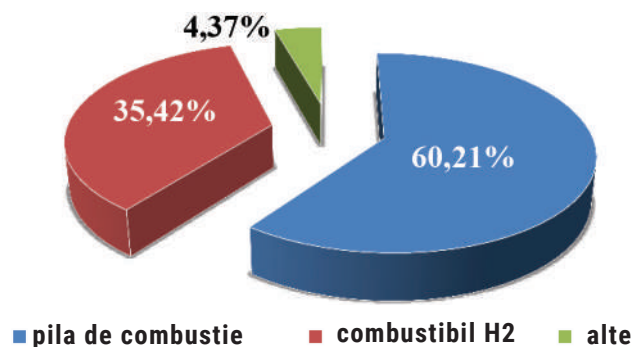


Fig. 6. Costuri procentuale ale echipamentelor componente și combustibil

Ponderea cea mai mare în total cost o reprezintă achiziția echipamentului de conversie a combustibilului hidrogen, pila de combustie, cu un procent de 60,21%, urmată de costurile privind achiziția combustibilului hidrogen cu 35,42%. Tehnologia de generare a energiei pe bază de hidrogen alături de tehnologiile de producere a hidrogenului verde

sunt în continuă cercetare, dezvoltare și implementare, iar pe măsură ce o serie de proiecte pilot desfășurate în acest domeniu se vor valida se așteaptă ca în viitorul apropiat aceste tehnologii și echipamente să ajungă la costuri mai scăzute [1, 16], competitive cu alte tehnologii din domeniul energetic.

4. CONCLUZII

Acest studiu de caz are ca principal scop demonstrarea capabilității pilei de combustie pe bază de hidrogen în alimentarea cu electricitate a unei clădiri eficiente energetic în ipoteza utilizării acestei tehnologii ca primă și singură sursă de energie, într-o viitoare economie bazată pe hidrogen verde.

S-a concluzionat că pentru clădirea studiată este fezabilă utilizarea unei pile de combustie care are un randamentul ridicat în producția de energie, nivel foarte redus al emisiilor nocive, posibilitatea de producere locală de energie electrică, aspecte care fac din pila de combustie una din soluțiile alternative pentru producția de electricitate, care vizează să încurajeze stabilitatea și

independența energetică, bazată pe cunoaștere și inovare, durabilă și sustenabilă. Hidrogenul și pila de combustie reprezintă o soluție fezabilă în rezolvarea mediatizatei probleme privind generarea de energie pentru domeniul staționar. Studiul de caz prezentat în acest articol face parte dintr-un cadru de cercetare complex care abordează posibilitățile de implementare a sistemelor energetice cu pile de combustie pe bază de hidrogen verde în diverse aplicații practice.

La nivel mondial acest domeniu se confruntă în continuare cu provocări semnificative - tehnice, comerciale și structurale - care trebuie a fie depășite înainte ca pilele de combustie să realizeze întregul potențial de care sunt capabile.

BIBLIOGRAFIE

1. Felseghi, R. A., Carcadea, E., Raboaca, M. S., Trufin, C. N., & Filote, C. (2019). Hydrogen fuel cell technology for the sustainable future of stationary applications. *Energies*, 12(23), 4593.
2. Fan, L., Tu, Z., & Chan, S. H. (2021). Recent development of hydrogen and fuel cell technologies: A review. *Energy Reports*, 7, 8421-8446.
3. Yue, M., Lambert, H., Pahon, E., Roche, R., Jemei, S., & Hissel, D. (2021). Hydrogen energy systems: A critical review of technologies, applications, trends and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 146, 111180.
4. Singla, M. K., Nijhawan, P., & Oberoi, A. S. (2021). Hydrogen fuel and fuel cell technology for cleaner future: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(13), 15607-15626.
5. Capurso, T., Stefanizzi, M., Torresi, M., & Camporeale, S. M. (2022). Perspective of the role of hydrogen in the 21st century energy transition. *Energy Conversion and Management*, 251, 114898.
6. Pingkuo, L., & Xue, H. (2022). Comparative analysis on similarities and differences of hydrogen energy development in the World's top 4 largest economies: A novel framework. *International Journal of Hydrogen Energy*, 47(16), 9485-9503.
7. Momirlan, M., & Veziroglu, T. N. (2005). The properties of hydrogen as fuel tomorrow in sustainable energy system for a cleaner planet. *International journal of hydrogen energy*, 30(7), 795-802.
8. Midilli, A., Ay, M., Dincer, I., & Rosen, M. A. (2005). On hydrogen and hydrogen energy strategies: I: current status and needs. *Renewable and sustainable energy reviews*, 9(3), 255-271.
9. Tarasenko, A. B., Kiseleva, S. V., & Popel, O. S. (2022). Hydrogen energy pilot introduction—Technology competition. *International Journal of Hydrogen Energy*.
10. Abe, J. O., Popoola, A. P. I., Ajenifuja, E., & Popoola, O. M. (2019). Hydrogen energy, economy and storage: review and recommendation. *International journal of hydrogen energy*, 44(29), 15072-15086.
11. Felseghi R.A., (2015). Contribuții privind utilizarea pilelor de combustibil în domeniul caselor pasive – Teza de doctorat, Facultatea de Inginerie a Instalații, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, România.
12. Dufo-Lopez, R., & Bernal-Agustín, J. L. (2008). Multi-objective design of PV-wind-diesel-hydrogen-battery systems. *Renewable energy*, 33(12), 2559-2572.
13. Bicer, Y., Dincer, I., & Aydin, M. (2016). Maximizing performance of fuel cell using artificial neural network approach for smart grid applications. *Energy*, 116, 1205-1217.
14. Dufo - López R., Bernal - Agustín J. L. (2020), iHOGA Software Version 2.5, Electrical Engineering Department, University of Zaragoza, Spain.
15. Filote, C., Felseghi, R. A., Raboaca, M. S., & Așchilean, I. (2020). Environmental impact assessment of green energy systems for power supply of electric vehicle charging station. *International Journal of Energy Research*, 44(13), 10471-10494.
16. Felseghi, R. A., Așchilean, I., Cobîrzan, N., Bolboacă, A. M., & Raboaca, M. S. (2021). Optimal Synergy between Photovoltaic Panels and Hydrogen Fuel Cells for Green Power Supply of a Green Building—A Case Study. *Sustainability*, 13(11), 6304.

LISSCOM

„Livrăm la **Înalte Standarde Soluții** **Clienților** pentru **Optimizare și Management**”



Sisteme de Management al Clădirilor și Management Energetic

În ultimul deceniu, preocuparea oamenilor din toată lumea pentru sisteme inteligente de gestionare a energiei a crescut considerabil deoarece consumul în zonele urbane este foarte dificil de controlat. Dezvoltarea spațiilor urbane a determinat o creștere a consumurilor de energie și specialiștii prevăd un necesar cu 37% mai mare până în 2040. Creșterea prețurilor la energie nu a determinat o scădere semnificativă a consumului și trebuie implementate soluții care să producă economii importante și pe termen foarte scurt. Cererea de energie este în creștere, dar nu mărirea capacităților de producere ar trebui să fie preocuparea principală, ci înlăturarea pierderilor și a risipei prin soluții de optimizare și folosirea mai eficientă a capacităților existente.

Gestionarea inteligentă a energiei este un concept care a demonstrat deja că poate determina economii importante în orice tip de clădire indiferent de dimensiunile acestuia și se poate realiza cu un SISTEM DE MANAGEMENT ENERGETIC, care să îndeplinească cerințele Standardului de Eficiență Energetică ISO 50001. Implementarea unei astfel de soluții, se poate realiza printr-un sistem de monitorizare, control și management energetic instalat într-un data center.

Sistemul are la bază elemente hardware și software concepute de către specialiștii în domeniul automatizărilor BMS / BEMS și a softurilor destinate optimizării, eficientizării și managementului energiei, cu scopul bine definit de a ajunge la un nivel de optimizare foarte ridicat. Sistemul creează un nivel ridicat de transparență, detectând posibile scăderi la cheltuieli pentru energie și administrare, scoțând în evidență problemele energetice existente. Elementele software și hardware sunt concepute să identifice și să definească parametri optimi ai funcționării instalațiilor pentru orice tip de clădiri (clădiri administrative, școli, spitale, cămine, spații destinate culturii și sportului, etc.), precum și alte altor tipuri de clădiri și sisteme dintr-un oraș, în scopul evaluării energetice. Un management al energiei, împreună cu un sistem de monitorizare, control și contorizare inteligent, identifică potențialul pentru economii importante.

Comparând date de referință, sistemul permite o viziune de ansamblu rapidă asupra evoluției consumului de energie

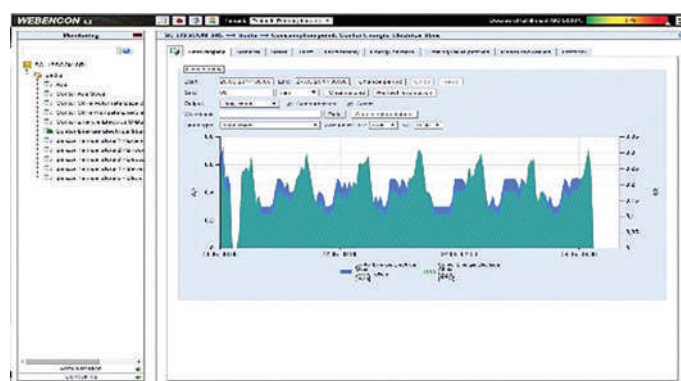
pentru zone individuale și al unui întreg oraș pe anumite intervale de timp. Acest sistem de management și monitorizare permanentă, este platforma potrivită pentru optimizarea consumului de energie, crearea unui confort și siguranță deosebite, bazat în totalitate pe web și puncte de lucru.

Sistemul suportă toate tehnologiile comune de browser și permite unui număr mare de utilizatori accesul simultan la datele solicitate independente de puncte de lucru și de oriunde din lume. Prin urmare, este foarte eficient în cazul în care, foarte multe puncte de lucru sunt implicate în procesul de exploatare, în evaluarea și optimizarea consumului de energie, având la dispoziție toate funcțiile necesare respectiv:

- monitorizare, control, înregistrare și transmitere date la distanță;
- generare automată de rapoarte periodice pe e-mail conform unei programări;

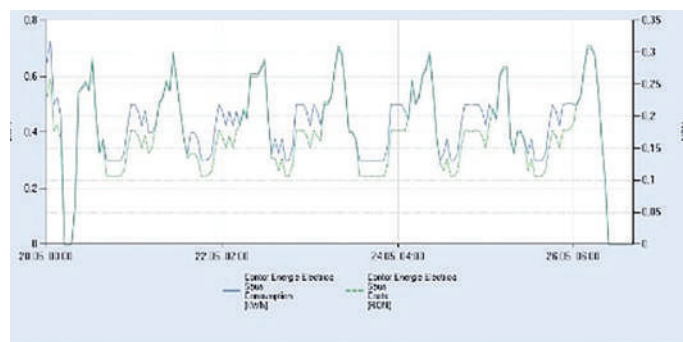
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Aktive Zähler									
2	Nr.	Yonim	Tip	Postel	Alimentare	Entel	Yonim	Adrese	Standart
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	11	1	1	1	1	1	1	1	1
5	11	1	1	1	1	1	1	1	1
6	11	1	1	1	1	1	1	1	1
7	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8	3	3	3	3	3	3	3	3	3
9	5	5	5	5	5	5	5	5	5
10	6	6	6	6	6	6	6	6	6
11	7	7	7	7	7	7	7	7	7
12	8	8	8	8	8	8	8	8	8

- generare de rapoarte la cerere;
- crearea de grafice comparative;
- evaluare și trenduri;



- alertare depășire limite impuse de consum (e-mail/SMS);
- crearea de centre de consum și cost multiple;
- crearea de profile/grupuri pentru alertare consumuri;
- logare informații consumuri + alertare pe perioadă îndelungată;
- export de date în formate Excel pentru prelucrări diferite și/sau ulterioare;
- creare drepturi de utilizare diferențiate pentru un număr mare de beneficiari;
- depistare puncte vulnerabile și alte funcții necesare evaluărilor.

Pentru constituirea unui centru de gestionare inteligentă se pot folosi aceste facilități ale sistemului într-un dispecerat de unde se poate monitoriza, controla și interveni asupra funcționării tuturor sistemelor (de încălzire, răcire, climatizare, ventilație, apă, energie electrică, etc.) din orice clădire, realizând optimizarea și eficientizarea energiei. Datele sunt culese de la distanță prin intermediul unor sisteme de automatizare BMS/BEMS, care sunt capabile să preia sarcini de rutină sub forma unor comenzi, sau scenarii în cazul mai multor comenzi, care prin softul introdus, poate



fi obiectiv 100% în comenzile date, și care poate genera economii importante și chiar nebănuite. Sistemul de Management Energetic este organizat ca o rețea VPN între serverul central unde este instalat softul de monitorizare și control (WEBVISION) și un număr proiectat de controllere de automatizare. Interconectarea diferitelor segmente se face cu routere de rețea. Controllerele de automatizare comunică între ele și cu Serverul prin Internet. Datorită flexibilității deosebite, accesul la sistem se poate face și de pe suporturi mobile de oriunde din lume.

EXEMPLU DE APLICAȚIE

La nivel de oraș - se află în Cluj Napoca, unde, în acest moment, sunt gestionate din punct de vedere termic 73 de clădiri (universități, licee, săli de sport, cămine, grădinițe, blocuri de locuințe). Acest proiect însumează, monitorizarea - controlul și managementul energetic dintr-un singur dispecerat (data center energetic) a peste 200 de centrale termice și a instalațiilor de încălzire aferente.



Managementul energetic se face cu ajutorul softului WEBENCON certificat ISO 50001. De asemenea există intenția de extindere a proiectului la toate clădirile publice din oraș. Monitorizare - control și management energetic se poate face și de pe teren, de la distanță, cu ajutorul dispozitivelor mobile conectate la internet.

Clădirile publice sunt considerate ca fiind cele mai mari consumatoare de energie și unde se impune un management energetic cu sisteme BMS/BEMS.

Sistemul de management al clădirilor și Sistemul de Management al Energiei, produce economii substanțiale prin optimizare maximă, dar EEBC/LISSCOM are proiecte care înglobează și sisteme de producere de energie regenerabilă pentru a crea și un grad de independență energetică.

Un astfel de proiect, a fost implementat la Spitalul Municipal din Salonta, unde, pe lângă gestionarea inteligentă a sistemului de încălzire, climatizare, iluminat și apă, a fost montat un sistem de panouri fotovoltaice care produc 49,67% din ne-

cesarul anual de energie electrică.

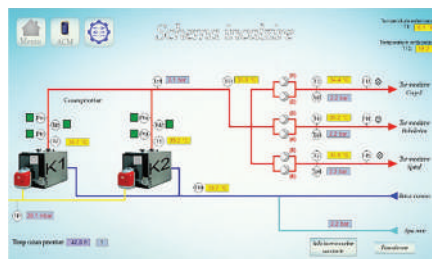
Sistemul BMS/BEMS gestionează atât funcționarea echipamentelor de încălzire, climatizare, iluminat cât și sistemul de producere a energiei electrice, pe care o folosește cu prioritate, iar surplusul este stocat într-un acumulator de energie.

Energia termică produsă de către centralele pe gaz este folosită numai după ce a fost folosită în sistemul de climatizare VRV, energia regenerabilă.

Pentru asigurarea aburului necesar în spital, se folosește o instalație separată, care produce și apă caldă menajeră (ACM), numai după ce a fost folosită energia regenerabilă prin intermediul rezistențelor electrice montate în boiler.

Sistemul BMS gestionează în mod optim atât energia produsă de panourile fotovoltaice cât și resursele externe ale spitalului, cu scopul eficientizării maxime a energiei și nu în ultimul rând, a costurilor de administrare.

Proiecte de eficientizare au fost implementate de către LISSCOM încă din anul 2008 în Palatul Prezidențial Cotroceni, Depozitele de medicamente Mediplus, fabrici (DR.OETKER, VELPITAR,



EUROPHARM, SWISS CAPS, HOLCIM, DEUTEK, PROMAR TEXTIL, LUBRIFIN, etc.), hoteluri, sedii de firme și birouri,



magazine - supermarketuri, universități, școli, licee, cămine, grădinițe, centru de cercetare (CATTIA), spitale, etc.

Cu experiența dobândită și instruirea permanentă în Germania, portofoliul nostru include PACHETE INTEGRATE de soluții și servicii în domeniu BMS / BEMS:

- analiză și consultanță tehnică;
- proiectare soluții tehnice de automatizare;
- programare și realizare softuri pentru automatizare;
- construire și realizare tablouri de automatizare;
- furnizare, instalare – montaj, punere în funcțiune automatizări;
- școlarizare, instruire personal;
- service în garanție și post garanție (mentenanță).

Rezultatele firmei LISSCOM din acest domeniu, au determinat obținerea Certificatului ISO 50001 încă din anul 2014 și a două premii de "Excelență în Energie" în anul 2017 și 2018.



Brasov 500053 Str. Cristianului 11
+40 722 665 244, +40 268 549 274
www.lisscom.ro, www.eebc.ro

INNO CONSTRUCT

Conferința internațională despre inovarea în construcții

Ediția a II-a:
Drumul către transformarea digitală

12-13 MAI 2022

Pullman București
World Trade Center

Powered by  **TEC** TECHNOLOGY
ENABLED
CONSTRUCTION



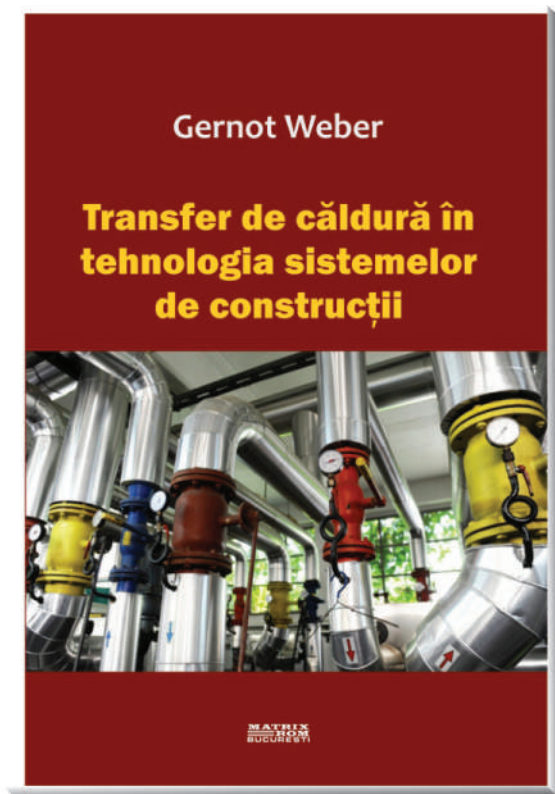
Conferința internațională INNOCONSTRUCT, aflată la a doua ediție, se concentrează pe definirea pașilor, cadrului și instrumentelor necesare pentru a accelera transformarea digitală în sectorul construcțiilor, ca o continuare a dezbaterii generate anul trecut.

Dacă prima zi a conferinței este dedicată prezentării datelor reale legate de maturitatea digitală a sectorului, studii de caz puternice privind adoptarea BIM în companii din diferite subsectoare ale industriei, tehnologii și soluții inteligente, tendințe din sector; a doua zi este dedicată dezbaterilor în format de mese rotunde, privind aspecte specifice ale transformării digitale, de la dezvoltarea competențelor digitale, metode de adoptare a BIM, îmbunătățirea eficienței energetice, până la oportunități financiare pentru companiile care intenționează să devină mai digitale.





O nouă traducere, în limba română, din Literatura internațională



ISBN: 978-606-25-0693-3

Cuprins

1. Introducere
2. Transmisia căldurii (în condiții stabile)
3. Transferul de căldură (Convecție)
4. Transmiterea căldurii prin radiația de temperatură
5. Transmisia căldurii
6. Izolația
7. Aplicațiile transferului termic
8. Termodinamica transferului termic

Cititorii "Revistei de Instalații" pot achiziționa cartea la prețul special de ~~41~~ 35 lei (plus cheltuieli de expediție) folosind codul **INSTAL2**

Din portofoliul nostru de traduceri, vă mai recomandăm:



ISBN: 978-606-25-0643-8
Preț: 93 lei



ISBN: 978-606-25-0426-7
Preț: 78 lei



ISBN: 978-606-25-0223-2
Preț: 77 lei



ISBN: 978-606-25-0343-7
Preț: 27 lei

Pentru achiziții accesați www.matrixrom.ro



VIESSMANN

Creăm spații de locuit pentru generațiile viitoare

