

Contract nr.: **30PCCDI / 2018**  
Finanțare: **Buget de stat**  
Autoritate contractantă: **UEFISCDI**  
Programul: **Programul 1 - Dezvoltarea Sistemului Național de Cercetare-Dezvoltare**  
Tip proiect: **Proiecte complexe realizate în consorții CDI (PCCDI)**

**DENUMIRE CONTRACT:**  
**CLĂDIRI INTELIGENTE ADAPTABILE LA**  
**EFECTELE SCHIMBĂRILOR CLIMATICE**



<https://www.icer.ro/cercetare/proiecte-de-cercetare/cia-clim>

**RAPORT ETAPA 3**

Responsabil proiect complex:

**Prof. Dr. Ing. Viorel UNGUREANU**

Parteneri:

**Universitatea Politehnica Timișoara (Coordonator proiect CO)**

**Universitatea Tehnică de Construcții București (Partener P1)**

**Universitatea Tehnică din Cluj - Napoca (Partener P2)**

**Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Inginerie Electrică ICPE - CA București (Partener P3)**

**Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Electrochimie și Materie Condensată - INCEMC Timișoara (Partener P4)**

## 1. Rezumatul etapei

Rezultatele obținute în etapa a 3-a a proiectului complex au fost atinse în toate proiectele componente, indicatorii fiind atinși pentru fiecare activitate în parte, în conformitate cu planul de lucru adaptat la perioada de finanțare.

În cadrul **proiectului component 1** au fost realizate calibrări ale modelelor de material pentru caracterizarea comportării mecanice. Astfel, într-un prim pas au fost realizate încercări de oboseală pe epruvete din spumă poliuretanică solicitate la cicluri sinusoidale de încărcare, demonstrând faptul că rezistența la oboseală este obținută pentru spuma cu densitate mai mică ( $145 \text{ kg/m}^3$ ). Un alt studiu al etapei la constituit estimarea tenacității la rupere a materialelor celulare prin determinarea unor modele micromecanice, corelate cu o interpretare statistică a rezultatelor experimentale. Acestea au demonstrat faptul că tenacitatea la rupere a spumelor de tip PUR poate fi considerată o caracteristică de material nedepinzând de tipul epruvetelor și al încercărilor, iar influența principală asupra tenacității la rupere o are densitatea materialului celular. Studiile au fost completate de simularea comportării la impact a plăcilor din polistiren, prin intermediul analizelor cu element finit. Calibrarea modelului numeric pe baza rezultatelor obținute experimental confirmă valabilitatea unor astfel de studii și certifică valabilitatea rezultatelor parametrizate.

Activitățile **proiectului component 2** au fost axate pe utilizarea materialelor utilizate pentru degradarea substanțelor poluante din aer și absorbția redusă/reflexia radiației UV-VIS-IR. Într-o primă fază, analiza comparativă a materialelor izolatoare din punct de vedere termic, cu aplicație la fațadele solare, a permis identificarea materialelor optime pentru realizarea termosistemelor pentru clădirile pe structură metalică. Analizele experimentale efectuate au constatat în simularea unor condiții specifice pentru probele de sticlă celulară comercială tratate cu straturile de acoperire prin expunerea la radiație solară simulată de tip ORIEL SOL-2A. Astfel au fost determinate performanțelor termice atât pentru probele neacoperite, cât și pentru fiecare strat de vopsea aplicat. În plus, au fost analizate morfologia prin microscopie laser 3D și proprietățile optice prin reflectanța spectrală și valorile RGB ale suprafețelor. Rezultatele au demonstrat faptul că temperatura monitorizată în cele 5 regiuni scade pe măsură ce radiația solară traversează probele expuse: pentru sticla celulară la suprafața superioară temperatura atinsă este de  $78\text{-}80^\circ\text{C}$  și  $39\text{-}42^\circ\text{C}$  la interior iar pentru proba  $\text{P}_4\text{-WO}_3$  valorile atinse sunt de  $76\text{-}81^\circ\text{C}$  la exterior respectiv  $36\text{-}37^\circ\text{C}$  la interior. Analiza reflectanței pe sticla celulară nevopsită respectiv vopsită a demonstrat că activitatea fotocatalitică se intensifică odată cu creșterea suprafeței iradiate iar utilizarea  $\text{TiO}_2$  a dus la rezultate mai bune față de utilizarea de  $\text{WO}_3$ .

**Proiectului component 3** a analizat testarea generatorului electric al microturbinei eoliene care urmează să fie integrat în sistemul "smart grid" al modulului Experimentarium. Astfel, pentru această aplicație s-au realizat analize pentru utilizarea unui generator sincron cu excitație electromagnetică cuplat la o turbină cu ax vertical care funcționează la turații cuprinse între 60-200 rpm, prin utilizarea unui multiplicator de turație cu raport de amplificare de 1/10 care să permită funcționarea generatorului într-o gamă superioară de turații de până la 2000 rpm. Testele au fost realizate într-un stand care antrenează generatorul cu turație variabilă. O altă activitate a proiectului s-a concentrat pe implementarea și testarea rețelei de distribuție a energiei electrice prin integrarea Convertorului de interfațare al rețelelor de DC (24V/350V) din rețeaua micro-grid, respectiv Implementarea rețelei de distribuție a energiei în c.c. Aceasta este compusă din două rețele de curent continuu. O rețea de tensiune înaltă (350V DC) și o rețea de tensiune scăzută (24 V DC) care convertește energia solară în energie electrică prin intermediul unui convertor, respectiv stocarea energiei în baterii. Sistemul se bazează pe o rețea de distribuție a energiei în curent continuu respectiv pe monitorizarea și controlul fluxului de energie electrică printr-un sistem SCADA, bazată pe sistemul "smart grid" descentralizat. În paralel, pentru monitorizarea caracteristicilor climatice ale fațadelor au fost instalați 53 de senzori de temperatură, 14 senzori de umiditate și 3 senzori de  $\text{CO}_2$ . Sistemul de achiziție al datelor la distanță se bazează pe o stație de măsurare, compusă din 12 relee inteligente și interfața SCADA

Activitățile **Proiectului component 4** au fost axate pe trei direcții principale:

- Implementarea unor materiale care permit absorbția și degradarea substanțelor poluante din aer. Acest studiu s-a concretizat pe compararea rezultatelor numerice respectiv a celor experimentale obținute pentru colectoarele solare sticla și perforații de  $50 \times 50 \text{ mm}$ . Studiul s-a

---

bazat pe o analiză numerică comparativă realizată pe cele două configurații de colectoare solare cu sticla, cu distanța dintre sticla și placa absorbantă de 30mm respectiv de 50mm. Astfel s-a demonstrat faptul că pentru configurația cu placă absorbantă de 30mm se obțin rezultate optime din punctul de vedere al pierderilor convective dar și o eficiență sporită a colectorului solar. De asemenea, un debit de aer de  $150 \text{ m}^3/\text{h m}^2$  este considerat optim pentru colectorul solar vitrat cu placă perforată cu goluri de  $50 \times 50 \text{ mm}$  și distanță de 30mm între sticlă și placa absorbantă;

- Monitorizarea datelor pentru optimizarea confortului interior pentru modulul Experimentarium. Prin instalarea senzorilor de temperatură, umiditate și  $\text{CO}_2$  se urmărește monitorizarea condițiilor interioare ale modulului Experimentarium. Datele obținute în perioada august – noiembrie 2020 permit interpretarea parțială a condițiilor de confort interior și exterior, afectarea acestora de factori externi și interni. Deși activitatea este în desfășurare, se pot trage concluzii asupra comportării fațadelor și a transferului termic prin pereții fațadelor.
- Analize de impact asupra mediului. Folosind un program specializat (Gabi) și modele pe ciclu de viață au fost realizate în paralel analize de impact asupra mediului de tip LCA (Life-Cycle Assessment) pe diferite sisteme de fațade respectiv pe fundații prefabricate, similare celor utilizate la modulul EXPERIMENTARIUM. Pentru realizarea modelelor s-a considerat atât faza de construcție cât și faza de Sfârșit al Ciclului de Viață, pe baza unor scenarii de debarasare. În cazul sistemelor de fațade, rezultatele analizelor demonstrează că, toate sistemele de fațade prezintă scoruri asemănătoare, atât pentru stadiul de producție, cât pentru cel de sfârșit al ciclului de viață. Totuși, rezultatele diferă de la faza de producție respectiv pentru analizele LCA pentru soluțiile analizate, datorită posibilității reutilizării și recuperării energiei anumite materiale componente ale sistemelor. În cazul fundațiilor prefabricate, analizele arată că deși în faza de producție impactul fundației prefabricate este net superior fundației turnate in-situ, valori mari ale impactului sunt recuperate la sfârșitul ciclului de viață prin re folosirea fundației prefabricate.

**Diseminarea rezultatelor** a fost efectuată atât în interiorul consorțiului cât și prin publicații în jurnale și la conferințe naționale și internaționale cu impact: 8 articole publicate în jurnale cotate ISI, 2 articole publicate în jurnale cotate BDI, 13 articole publicate la conferințe internaționale și naționale (tip proceedings), o prezentare orală în cadrul comitetului tehnic TC14 al Convenției Europene de Construcții Metalice, două sesiuni de prezentare a proiectului în cadrul conferinței internaționale EENVIRO și o cerere de Model de Utilitate. Lista detaliată de diseminare a rezultatelor se prezintă în *Capitolul 5*.

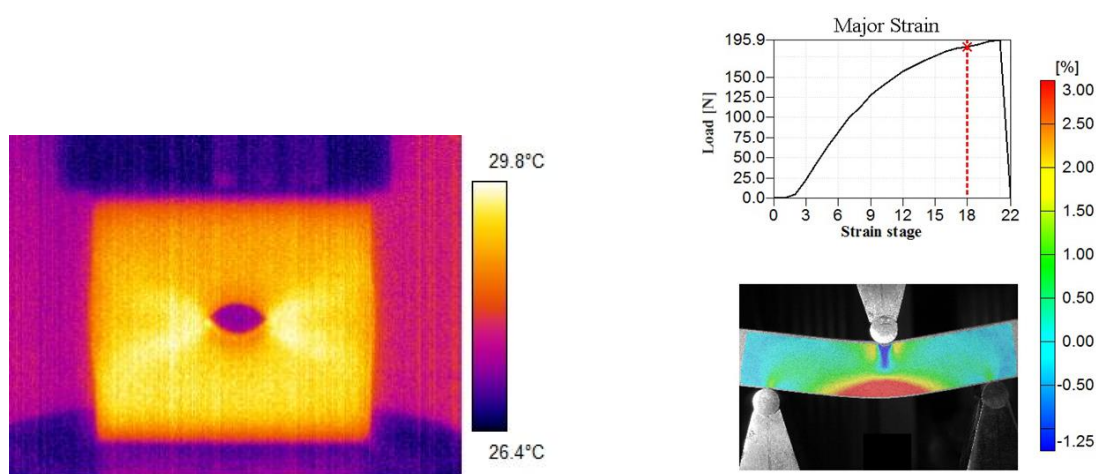
## 2. Descrierea științifică și tehnică

### 2.1 Proiectul component 1 - Caracterizare a mecanică a materialelor celulare și a structurilor sandwich cu miez din materiale celulare folosite la fațade inteligente

#### Etapă 3.1. Calibrarea unor modele de material pentru caracterizarea comportării mecanice ale materialelor celulare

*Identificarea mecanismelor de cedare folosind termografia și corelare digitală a imaginilor (Activitatea 3.1)*

Încercările de oboseală au fost realizate pe epruvete din spumă poliuretanică (PUR) sub forma unor cuburi cu latura de 15 mm (considerând trei densități 100, 145 și 300 kg/m<sup>3</sup>), solicate variabil după un ciclu sinusoidal cu coeficientul de asimetrie  $R = F_{min}/F_{max} = 0.1$  și frecvența de 10 Hz, pe o mașină de încercat la oboseală tip Schenk PC36M de 40 kN. Figura 1.1. arată că valoarea cea mai ridicată a rezistenței la oboseală o are spuma cu densitatea de 145 kg/m<sup>3</sup>, iar cea mai scăzută rezistență la oboseală o dezvoltă spuma cu densitate de 300 kg/m<sup>3</sup>. Degradarea la oboseală s-a definit la atingerea tensiunii de platou.

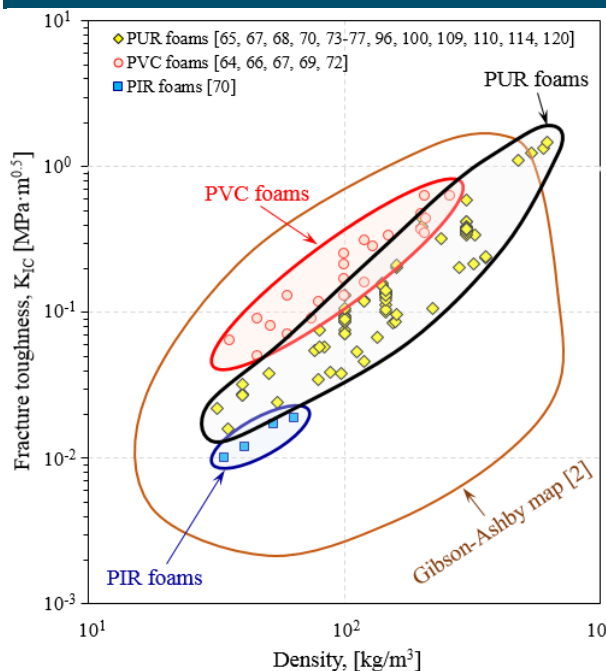


a. Termografie, placă cu orificiu circular sollicitată la compresiune; b. DIC, grindă sollicitată la încovoiere  
Fig. 1.1. Identificarea experimentală a cedărilor spumelor PUR folosite ca miez în structurile sandwich

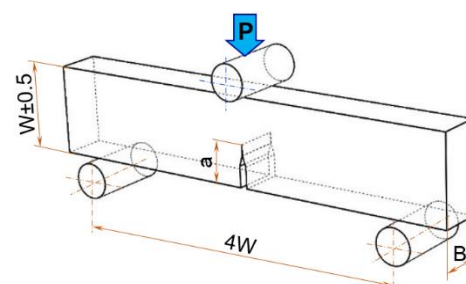
*Determinarea unor modele micromecanice de material pentru predicția proprietăților mecanice ale materialelor celulare (Activitatea 3.2)*

În cadrul acestei etape s-au elaborat două lucrări științifice referitor la modelele micromecanice pentru estimarea tenacității la rupere a materialelor celulare. Una este o lucrare de sinteză în care se prezintă metodele experimentale, analitice (micro-mecanice) și numerice pentru determinarea tenacității la rupere a spumelor polimerice, [1]. Fig. 1.2.a. prezintă variația tenacității la rupere obținute experimental în funcție de densitate pentru diferite tipuri de spume (PUR, PIR, PVC) și modelul micromecanic Gibson – Ashby.

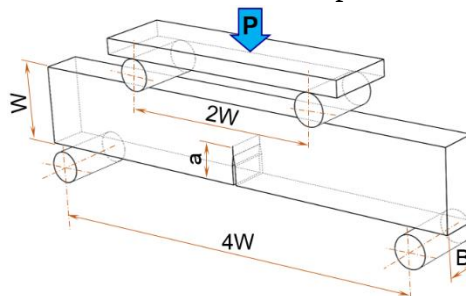
Cele de-al doilea studiu reprezintă o analiză statistică a rezultatelor experimentale obținute pentru tenacitatea la rupere a spumelor PUR având densități de 100, 145 și 300 kg/m<sup>3</sup>, [2]. S-au considerat cinci tipuri de epruvete solicate la încovoiere în 3, respectiv 4 puncte (Fig. 1.2 b și c), la tracțiune cu fisură laterală (Fig. 1.2.d), epruvetă semicirculară cu fisură centrală sollicitată la încovoiere în 3 puncte (Fig. 1.2.e), respectiv epruvetă tip disc cu fisură diametrală sollicitată la încovoiere în 3 puncte (Fig. 1.2.f). S-a studiat de asemenea influența vitezei de sollicitare (considerând viteze de 2 și 50 mm/min) și direcția de aplicare a forței în planul de creștere al spumei, respectiv perpendicular pe acesta. Analiza statistică a indicat că tenacitatea la rupere nu depinde de tipul epruvetei și modul de sollicitare, cea mai mare influență asupra tenacității o are densitatea, apoi o mai mică influență direcția de sollicitare și practic nu a putut fi identificată o influență a vitezei de sollicitare pentru vitezele considerate.



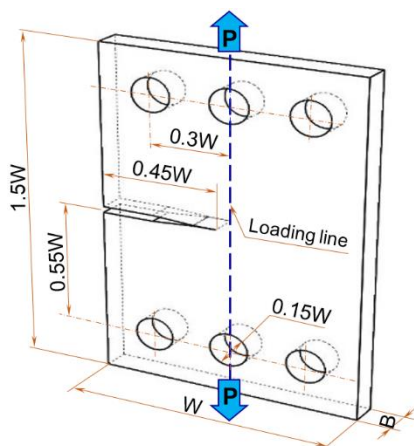
a. Tenacitate la rupere – densitate



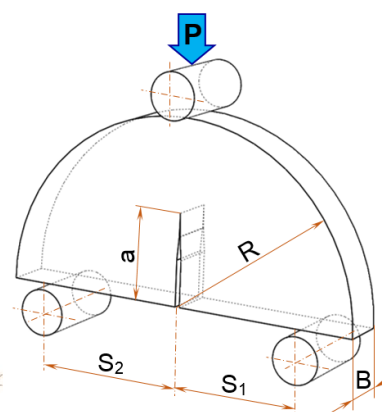
b. Încovoiere în trei puncte



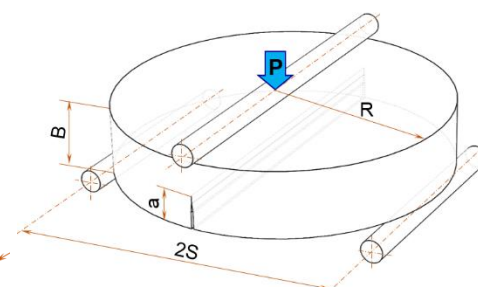
c. Încovoiere în patru puncte



d. Epruvetă cu fisură laterală



e. Epruvetă semicirculară



f. Epruvetă disc

Figura 1.2. Relația dintre tenacitatea la rupere și densitate și diferite geometrii de epruvete

Cel mai bun model micromecanic din punct de vedere statistic a fost unul exponențial de tipul:

$$K_{IC} = 0,0001430 \cdot \rho^{1.366}.$$

*Calibrarea unor modele de material pentru simularea numerică a comportării structurilor tip sandwich. (Activitatea 3.3)*

Pentru modelarea cedării structurilor tip sandwich s-a realizat o analiză cu elemente finite folosind soft-ul Abaqus Explicit, [3]. Structura tip sandwich a fost realizată din două fețe din aluminiu de 1,5 mm, lipite cu ajutorul a două straturi de adeziv de 0,5 mm de miezul din spumă cu grosime de 28 mm compact, respectiv cu găuri de 7,5 și 18 mm diametru, Fig. 3.a. Reazemele au fost considerate cilindri rigizi cu raza de 20 mm, iar aplicarea forței s-a realizat cu un cilindru de rază 30 mm (pentru a reduce indentarea), Fig. 1.3.b. În urma simulării s-a evidențiat cedarea prin forfecarea miezului la fel ca la încercările experimentale ale structurii tip sandwich.

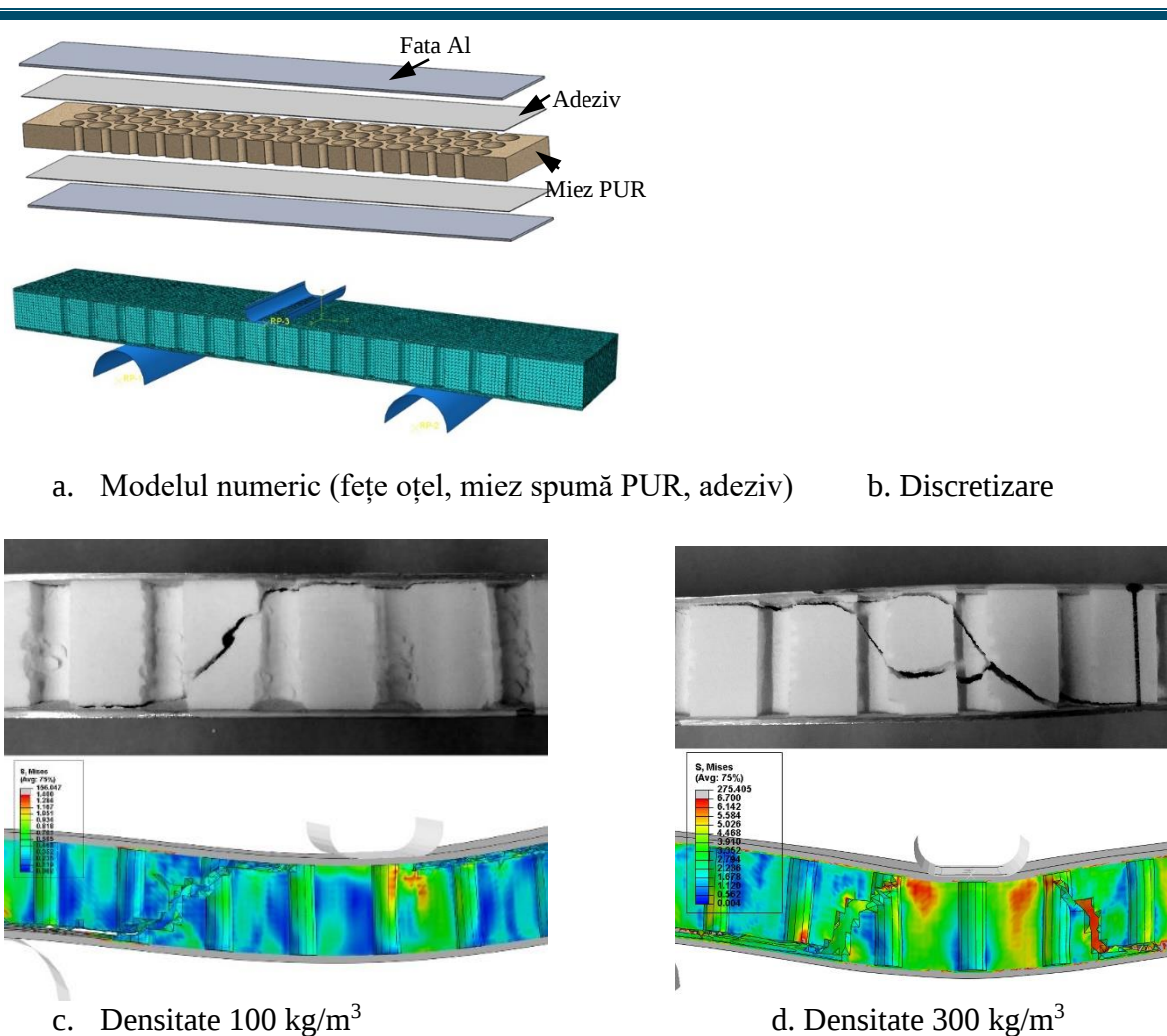


Figura 1.3. Simularea numerică a cedării prin forfecare a miezului găurit a unei structuri tip sandwich

Pentru simularea comportării la impact a plăcilor din polistiren expandat (EPS) de diferite densități 11, 15, 20 și 25 kg/m<sup>3</sup> s-a realizat o simulare dinamică folosind softul ANSYS 2019R2 Academic, [4]. Modelul a constat într-o placă din EPS având dimensiunile ( $L \times l \times h$ ): 200 x 200 x 30 mm și o bilă metalică de diametru 120 mm, considerată un corp rigid care lovește suprafața polistirenului, Fig. 1.4.

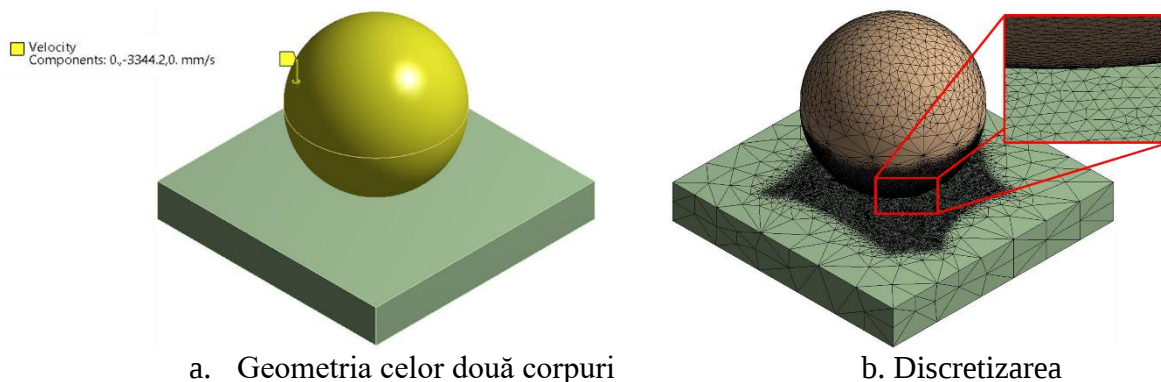


Figura 1.4. Modelul utilizat pentru simularea numerică a impactului

Căderea bilei s-a considerat de la o înălțime  $h = 0,5$  m, iar aceasta va avea o viteză de impact de 3344,2 mm/s. Pentru condiția de rezemare, proba din EPS a fost fixată pe suprafața inferioară. După efectuarea analizelor au fost obținute valori ale deformațiilor și energiile absorbite pentru probele realizate din EPS cu diferite densități. În Fig. 1.5.a este prezentată deformația, iar în Fig. 5.b este prezentată valoarea energiei absorbite pentru polistirenul cu densitatea de 15 kg/m<sup>3</sup>.

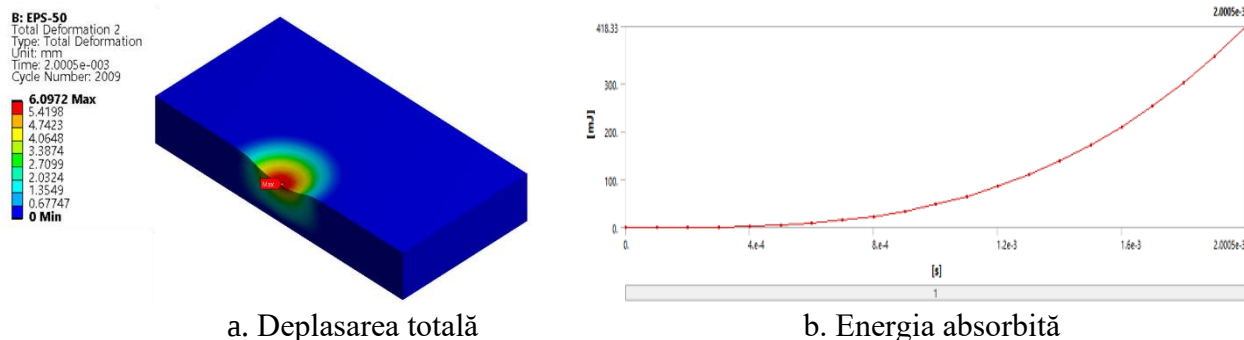


Figura 1.5. Rezultate simulare impact

Pentru validarea valorilor deformațiilor obținute din simulări, a fost realizat un stand experimental (un pendul gravitațional) prezentat în Fig. 1.6.a. În figura este prezentată poziția probei în timpul experimentului. Tipurile de polistiren menționate anterior au fost impactate cu aceeași viteză și masă pentru care au fost realizate și simulările numerice. După efectuarea testului de impact a fost măsurată urma lăsată de bilă pe suprafața probei. Suprafața probei a fost lovită o singură dată cu bila. În Fig. 1.6.b este prezentată valoarea măsurată a urmei lăsată de bilă pe suprafața probei.



Figura 1.6. Identificarea experimentală a degradării materialului EPS produsă la impact

Deoarece proba are o revenire elastică, la valoarea măsurată a urmei lăsată de bilă se va aduna deformația elastică pe de curba caracteristică a materialului EPS-80 obținută la compresiune. Astfel, deformația totală în timpul impactului (EPS 80) va fi: **4,53 mm + 1,249 mm = 5,779 mm** unde 4,53 mm - valoarea adâncimii calotei în urma reveniri elastice, iar 1,249 mm - deformația elastică a EPS-80. Comparând cele două valori obținute prin simulare și experiment se poate observa între valoarea experimentală și cea teoretică este o abatere relativă de 5,492%, valoarea obținută la simulare fiind **6,0964 mm**.

### Concluzii:

- Studiile experimentale realizate prin termografie și corelare digitală a imaginilor au arătat că aceste metode pot fi folosite cu succes pentru identificarea cedărilor materialelor celulare folosite ca miez în structurile tip sandwich.
- Studiile statistice au indicat că tenacitatea la rupere a spumelor PUR poate fi considerată o caracteristică de material nedepinzând de tipul epruvetelor și al încercărilor. Influența principală asupra tenacității la rupere o are densitatea, apoi un efect mai mic are direcția de solicitare. Legătura dintre tenacitatea la rupere și densitate este cel mai bine reprezentată de un model micromecanic exponențial.

- Metodologia de simulare a cedării structurilor tip sandwich a fost validată experimental de teste la încovoiere în trei puncte.
- A fost analizat comportamentul la impact al polistirenului, fenomen des întâlnit în cadrul construcțiilor când fațada este lovită cu diverse obiecte. Au fost realizate atât modelări numerice utilizând analiza explicită și curbele de material determinate experimental prin compresiune precum și o validare experimentală cu ajutorul unui dispozitiv de impactare de tip pendul. Rezultatele obținute prin cele două metode sunt în bună concordanță, fapt care certifică valabilitatea lor.

## 2.2 Proiectul component 2 - Caracterizarea fizică, chimică, morfologică și structurală a materialelor, a proprietăților fotocatalitice a materialelor pe bază de $\text{TiO}_2$ și $\text{WO}_3$

### Etapă 3.4. Materiale utilizate pentru degradarea substanțelor poluante din aer și absorbția redusă/reflexia radiației UV-VIS-IR

Realizarea unei analize comparative a materialelor existente, izolatoare din punct de vedere termic, cu aplicație la fațadele solare, a permis identificarea materialelor optime pentru realizarea termosistemelor pentru clădirile pe structură de metal (Fig. 2.1 și Tabelul 2.1).

Analiza materialelor a luat în calcul impactul asupra calității aerului în interiorul clădirilor și impactul pe termen lung asupra sănătății ocupanților.

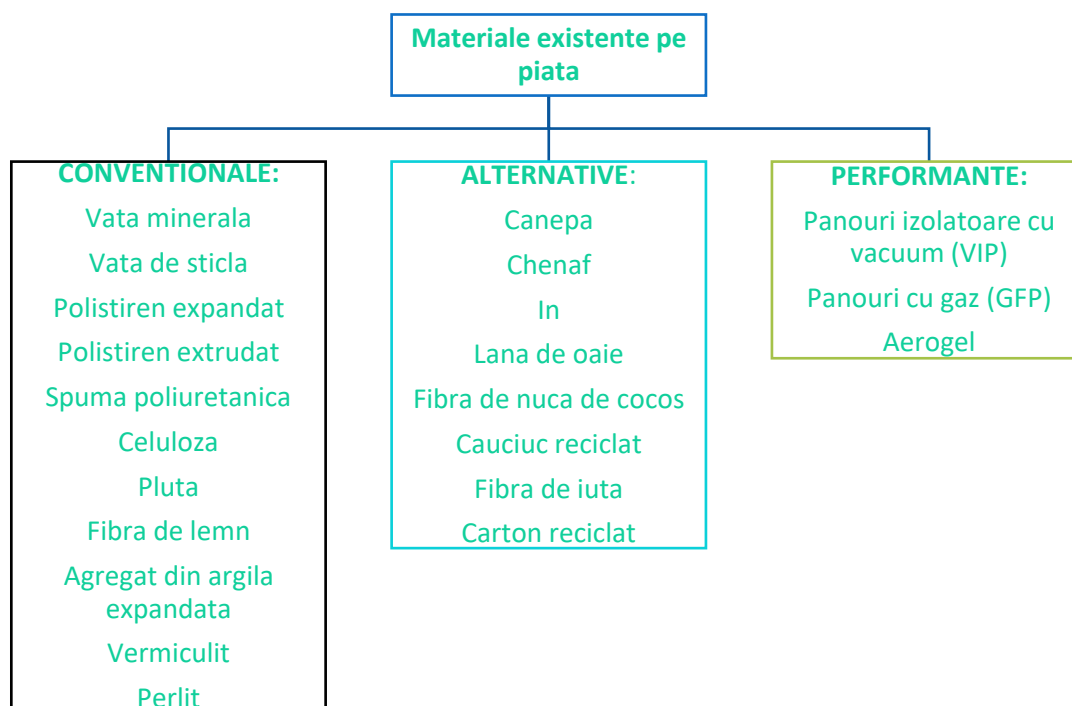


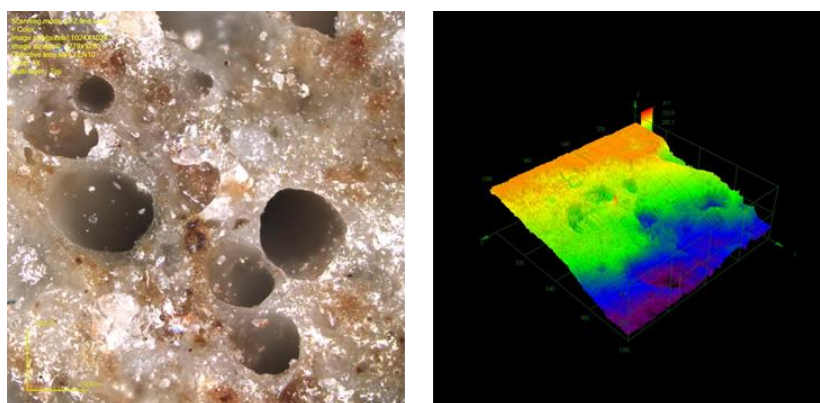
Figura 2.1. Materiale izolatoare existente pe piață

Tabelul 2.1. Caracteristici ale materialelor izolatoare

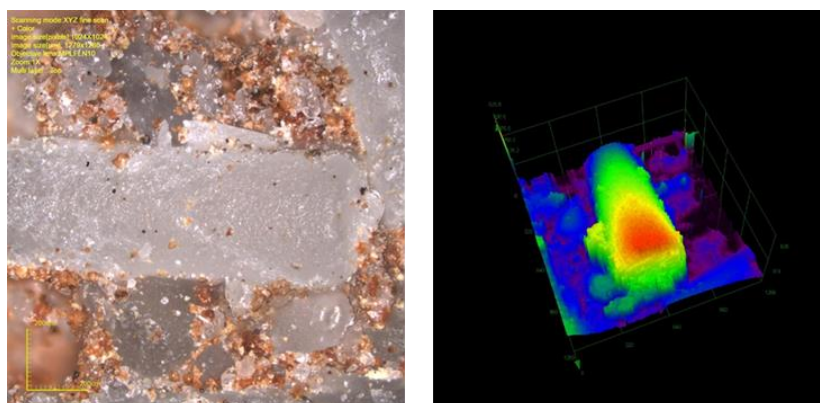
|                     | Densitate         | Conductivitate termică | Căldura specifică | Clasa de rezistență la foc | Rezistența la difuzia vaporilor |
|---------------------|-------------------|------------------------|-------------------|----------------------------|---------------------------------|
| Material comercial  | kg/m <sup>3</sup> | W/mK                   | kJ/kgK            | -                          | μ                               |
| Vată bazaltică      | 40-200            | 0.033-0.040            | 0.8-1.0           | A1-A2-B                    | 1-1.3                           |
| Vată de sticlă      | 15-75             | 0.031-0.037            | 0.9-1.0           | A1-A2                      | 1-1.1                           |
| Polistiren expandat | 15-35             | 0.031-0.038            | 1.25              | E                          | 20-70                           |
| Polistiren extrudat | 32-40             | 0.032-0.037            | 1.45-1.7          | E                          | 80-150                          |
| Spumă poliuretanică | 15-45             | 0.022-0.040            | 1.3-1.45          | E                          | 30-170                          |
| Polyisocianurat     | 30-45             | 0.018-0.028            | 1.4-1.5           | B                          | 55-170                          |

|                                     |         |             |         |       |         |
|-------------------------------------|---------|-------------|---------|-------|---------|
| <b>Celuloză</b>                     | 30-80   | 0.037-0.042 | 1.3-1.6 | B-C-E | 1.7-3.0 |
| <b>Plută</b>                        | 110-170 | 0.037-0.050 | 1.5-1.7 | E     | 5-30    |
| <b>Fibră de lemn</b>                | 50-270  | 0.038-0.050 | 1.9-2.1 | E     | 1-5     |
| <b>Agregat din argilă expandată</b> | 290-750 | 0.08-0.200  | 0.9-1.0 | A1    | 5.0-8.0 |
| <b>Vermiculit expandat</b>          | 30-150  | 0.062-0.100 | 0.8-1.1 | A1    | 2.0-3.0 |
| <b>Perlitexpandat</b>               | 80-150  | 0.040-0.052 | 0.9-1.0 | A1    | 2.0-3.0 |
| <b>Câneapă</b>                      | 20-90   | 0.038-0.060 | 1.6-1.7 | E     | 1.0-2.0 |
| <b>Chenaf</b>                       | 30-180  | 0.034-0.043 | 1.6-1.7 | D-E   | 1.2-2.3 |
| <b>In</b>                           | 20-100  | 0.038-0.075 | 1.4-1.6 | E     | 1.0-2.0 |
| <b>Lână de oaie</b>                 | 10-25   | 0.038-0.054 | 1.3-1.7 | E     | 1.0-3.0 |
| <b>Fibră din nucleu de cocos</b>    | 75-125  | 0.040-0.045 | 1.3-1.6 | D-E   | 5.0-30  |
| <b>Cauciuc reciclat</b>             | 500-930 | 0.100-0.140 | N.A.    | D-E   | 14      |

Dintre metodele abordate la pentru obținerea sticlelor poroase (dizolvarea unor fracțiuni solubile formate prin licație în solvenți selectivi; spumarea unor topituri vâscoase de sticlă; sinterizarea din pulberi de sticlă în prezența unor agenți de spongierie; metoda arderii aditivilor; metode sol-gel prin spumarea gelului sau prin licație și separarea acestuia etc.) a fost utilizată metoda de sinteză folosind agenți de spongierie. Îmbunătățirea proprietăților mecanice ale sticlelor poroase s-a realizat prin armare cu fibre de sticlă de tip E. Integrarea acestora în matricea vitroasă a fost pusă în evidență prin microscopie optică. Figura 2.2 prezintă atât morfologia suprafeței, cât și profilul 3D al acesteia.



Microscopic images and 3D profile (50x)



Microscopic images and 3D profile (100x)

Figura 2.2. Morfologia suprafeței și profilul 3D al acesteia

A fost corelată temperatura de sinteză care influențează dezvoltarea unei structuri microporoase în matricea vitroasă, cu cantitatea de fibre de sticlă utilizată pentru armare și respectiv porozitatea produsului obținut, rezultatele obținute fiind prezentate în Figura 2.3.

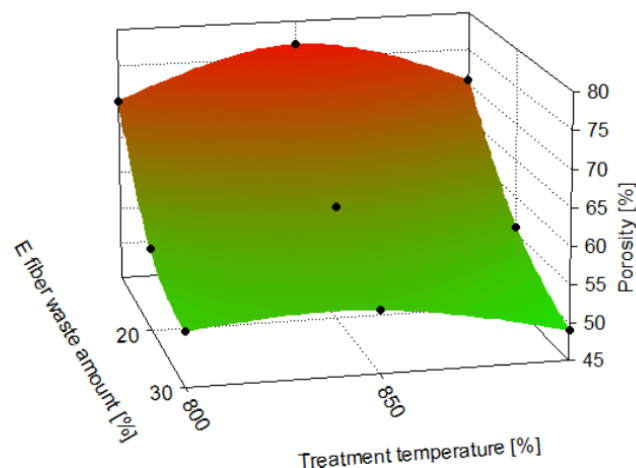


Figura 2.3. Influența temperaturii și a conținutului de fibre asupra porozității sticlei poroase

Pentru investigarea comportamentului termic și optic au fost pregătite bucăți de  $10 \times 10 \times 4$  cm de sticlă celulară PINOSKLO (LLC „NPP Technologiya”). Pe partea laterală a probelor de sticlă celulară, în patru puncte, au fost efectuate (profundime egală) găuri de introducere a sondelor care măsoară temperatura în patru puncte situate la intervale egale de suprafețele expuse radiației, respectiv cele de temperatură constantă (partea inferioară).

Standul experimental (Fig. 2.4 - foto 1(b)) utilizat pentru investigarea proprietăților termice constă în simularea unor condiții specifice pentru probele de sticlă celulară comercială tratate cu straturile de acoperire obținute și anume: patru probe având dimensiunile  $10 \times 10 \times 4$  cm ( $H \times G \times L$ ) au fost fixate fiecare într-o cutie din polistiren, cu rol de izolator pe părțile laterale ale probei. Suprafața inferioară a fost fixată pe o suprafață de oțel inoxidabil, menținută la temperatură constantă de  $23^\circ\text{C}$ . Suprafața superioară a fost expusă pentru 2 ore la radiație solară simulată (ORIEL SOL-2A), timp în care a fost monitorizată temperatura probelor la suprafața iradiată și în interiorul acestora în 4 puncte situate la distanțe egale pe înălțimea probelor, aceasta din urmă cu ajutorul unui termometru conectat cu 4 termocuple de tip K. Determinarea performanțelor termice a fost realizată pentru probele neacoperite, cât și pentru fiecare strat de vopsea aplicat pentru o evaluare comparativă a efectului termic dat de straturile de acoperire funcționalizate.

Pe lângă monitorizarea temperaturilor, au fost investigate morfologia (utilizând microscopie de laser 3D), cât și proprietățile optice: reflectanța spectrală și valorile RGB ale suprafețelor, atât pentru sticlă celulară nevopsită, cât și pentru fiecare strat aplicat. Măsurătorile de reflectanță spectrală s-au realizat cu o sferă integratoare de 50 mm (ISP-50-8-R-GT / Ocean Optics) conectată la spectrofotometrul modular cu fibră optică UV-VIS (JAZ / Ocean Optics) - foto 1(a). Aceste proprietăți, în special cele optice sunt strâns corelate cu comportamentul termic al ansamblului format din sticlă celulară și vopsea.

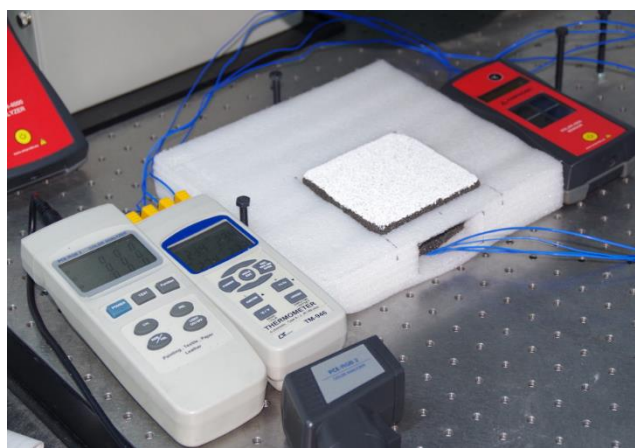


Figura 2.4. Foto: Stand experimental pentru studiul reflectanței spectrale (a) și pentru studiul comportamentului termic al bucăților de sticlă celulară funcționalizată (b)

Pentru fiecare tip de vopsea au fost efectuate, în aceleași condiții, 2 serii de experimente. Efectul termic de ecranare dat de acoperirea cu vopsea cu pigment rece ( $\text{TiO}_2$ ) aplicată pe sticla celulară se remarcă prin efectul pozitiv și progresiv, cu strat aplicat. Proprietățile de reflexie în domeniul infraroșu, dar și în domeniul vizibil, determinată de culoarea albă a vopselei cu  $\text{TiO}_2$  a condus, raportat la sticla celulară înainte de vopsire, la scăderea valorilor  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$  și respectiv a temperaturii la suprafață ( $T_{\text{supr}}$ ) cu aproximativ:

- 13%, 10%, 6%, 3,5% și 11% pentru primul strat de vopsea;
- 18%, 14%, 8%, 3,8% și 15% pentru al doilea strat de vopsea;
- 22%, 18%, 9,5%, 4,6% și 22% pentru al treilea strat de vopsea;
- 25,5%, 19,7%, 10,5%, 5,4% și 25% pentru cel de-al patrulea strat de vopsea.

În mod similar pentru cealaltă probă de sticlă celulară ( $P_{1\_}\text{TiO}_2$ ) valorile temperaturilor  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$  și respectiv a temperaturii de suprafață, scad după aplicarea vopselei cu aproximativ:

- 20,5%, 16,7%, 8,5%, 10,8% și 10,7% pentru primul strat de vopsea;
- 24,7%, 21,7%, 14,9 %, 14,28% și 19,7% pentru al doilea strat de vopsea;
- 30,14%, 25%, 17%, 16,7% și 27,6% pentru al treilea strat de vopsea;
- 34,24%, 34,25%, 16,6, 19,7% și 32,7% pentru cel de-al patrulea strat de vopsea.

Rezultatele prezentate au fost obținute după stabilizarea valorilor temperaturii pentru fiecare zonă monitorizată, aspect realizat după aproximativ 20 de minute de expunere la radiația solară simulată. Chiar dacă transferul termic prin material se menține, stratul anvelopar suplimentar crește semnificativ performanțele de ecran termic al acestuia, reflectând o mare parte a radiației.

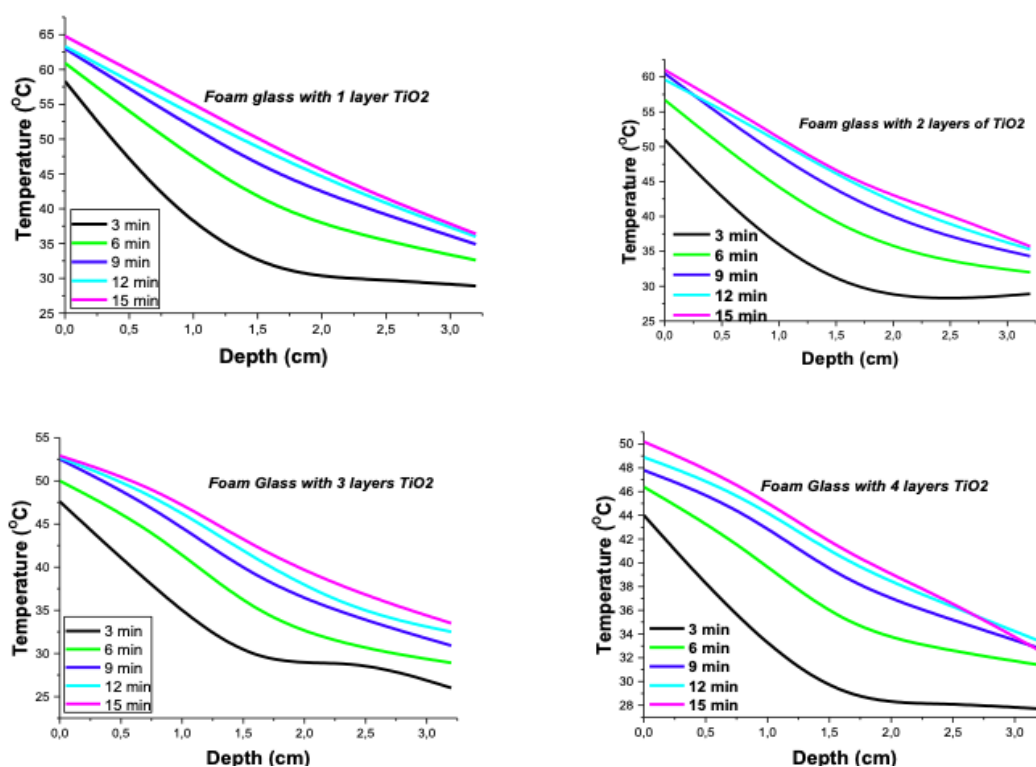


Figura 2.5. Variația temperaturii în funcție de distanța de la suprafața iradiată la diferite intervale de timp pentru proba de sticlă celulară vopsită cu pigment  $\text{TiO}_2$

Variația temperaturii în profunzime, pentru probele de sticlă celulară, înainte și după aplicarea vopselei pe bază de  $\text{WO}_3$ , în timpul expunerii acestuia la radiația solară simulată este prezentată în continuare. Temperatura monitorizată în cele 5 regiuni scade pe măsură ce radiația solară traversează probele expuse, astfel că la suprafața superioară temperatura atinsă este de aproximativ 78-80°C și respectiv 69-74°C, 60-65°C, 49-52°C și 39-42°C în cele 4 puncte de monitorizare a temperaturii din interiorul probei de sticlă celulară (proba  $P_{3\_}\text{WO}_3$ ), iar pentru proba  $P_{4\_}\text{WO}_3$  valorile atinse ale temperaturilor  $T_{\text{supr}}$ ,  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  și  $T_4$  sunt între 76-81°C; 69-72°C; 59-62°C; 45,5-47°C; 36-37°C.

Spre deosebire de experimentele desfășurate în cazul aplicării vopselei cu  $\text{TiO}_2$ , variația valorilor temperaturilor este nesemnificativă, menținându-se în același interval după fiecare strat aplicat de vopsea.

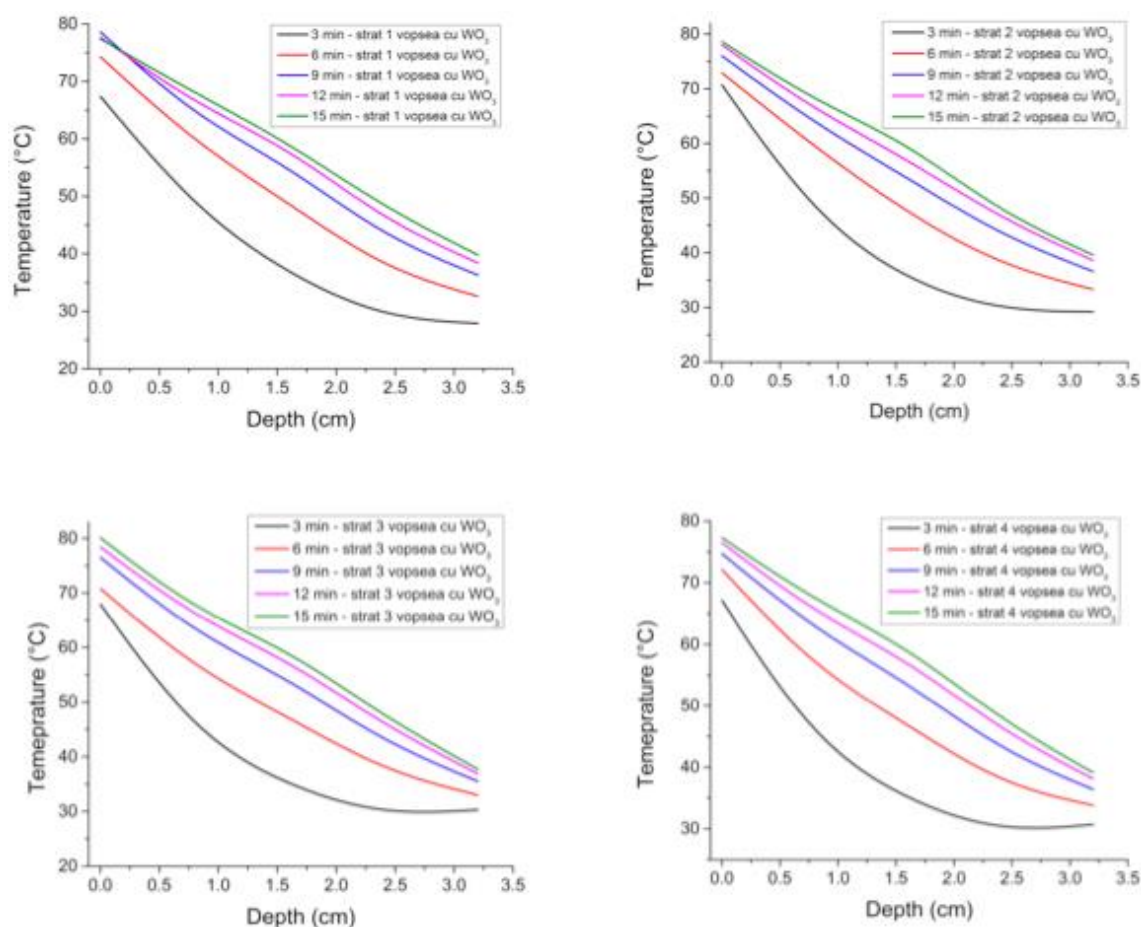


Figura 2.6. Variația temperaturii în funcție de distanța de la suprafața iradiată la diferite intervale de timp pentru proba de sticlă celulară vopsită cu pigment  $\text{WO}_3$

**Reflectanța** pe sticla celulară nevopsită a fost măsurată cu ajutorul unei sfere de integrare de 50 mm (modelul ISP-50-8-R-GT - Ocean Optics) conectată la spectrofotometrul modular UV-VIS Jaz (Ocean Optics) și sursa de lumină (LS-1 - Ocean Optics). Datele interpretate și recalculat sunt prelucrate utilizând programul Origin.

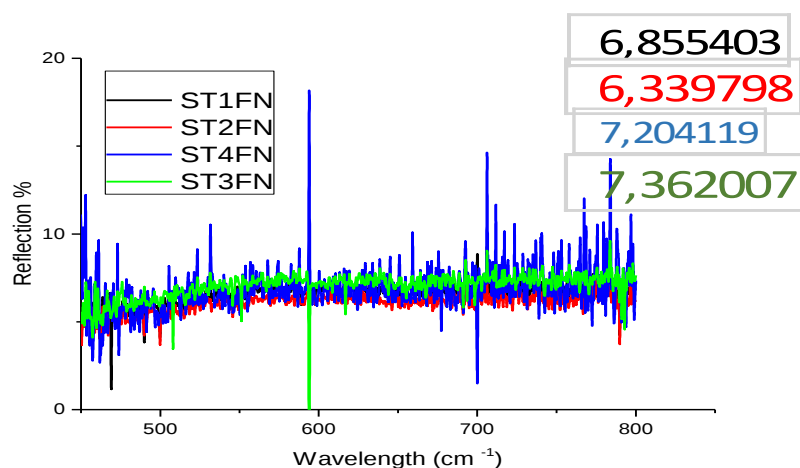


Figura 2.7. Variația reflectanței în funcție de lungimea de undă

Spectrele în domeniul vizibil (VIS) pentru două seturi de sticle celulare vopsite cu 1-4 straturi de  $\text{TiO}_2$  și  $\text{WO}_3$  au fost înregistrate în mai multe zone de pe suprafață, media valorilor fiind prezentată grafic în Fig. 2.8.

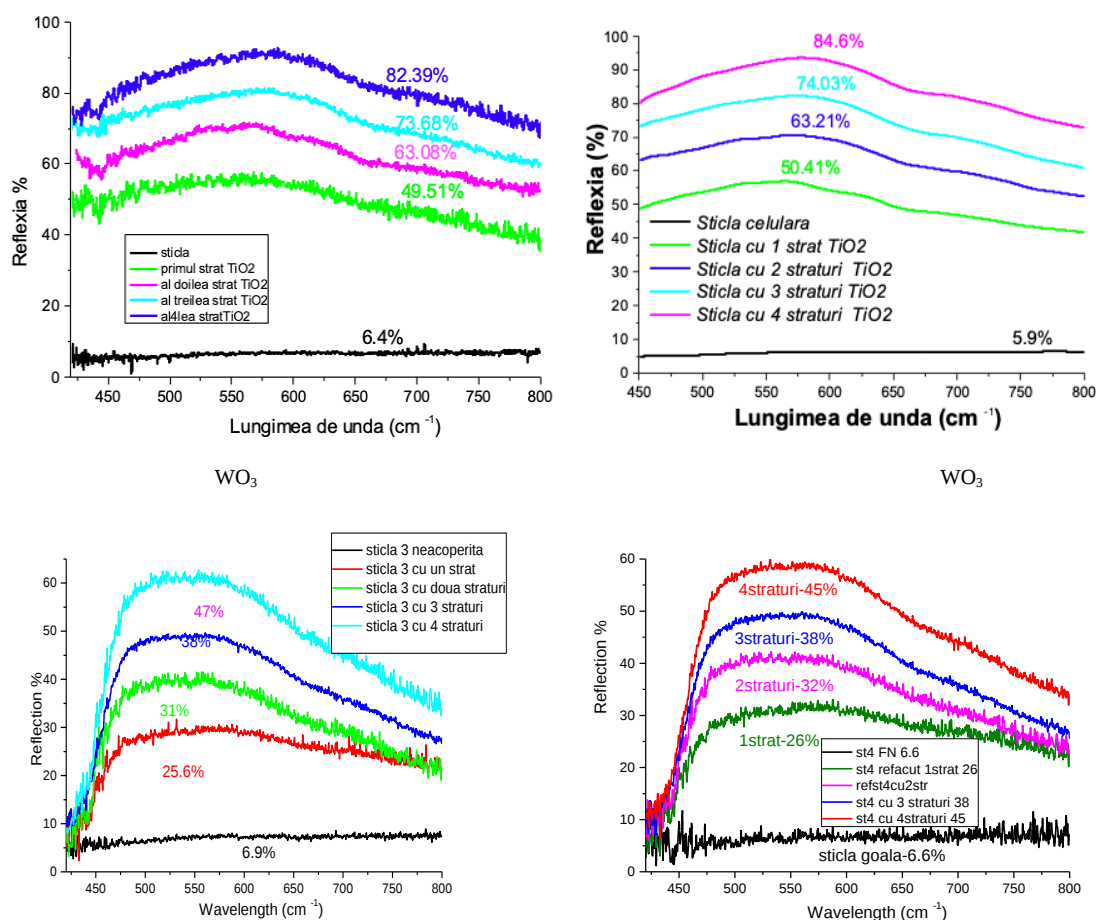


Figura 2.8. Variația reflectanței în funcție de lungimea de undă pentru diferite straturi depuse de  $\text{TiO}_2$  sau  $\text{WO}_3$

Sticla celulară obținută a fost utilizată ca suport pentru depunerea unor agenți fotocatalitici:  $\text{TiO}_2$  și  $\text{WO}_3$  utilizați pentru îndepărtarea rhodaminei B. Depunerea agenților fotocatalitici s-a făcut prin imersarea probelor de sticlă celulară într-o barbotină conținând nanoparticule de  $\text{TiO}_2$  și  $\text{WO}_3$  dispersate în etilen glicol și 2-metoxietanol, urmată de un tratament termic la  $80^\circ\text{C}$ , pentru îndepărtarea solventului.

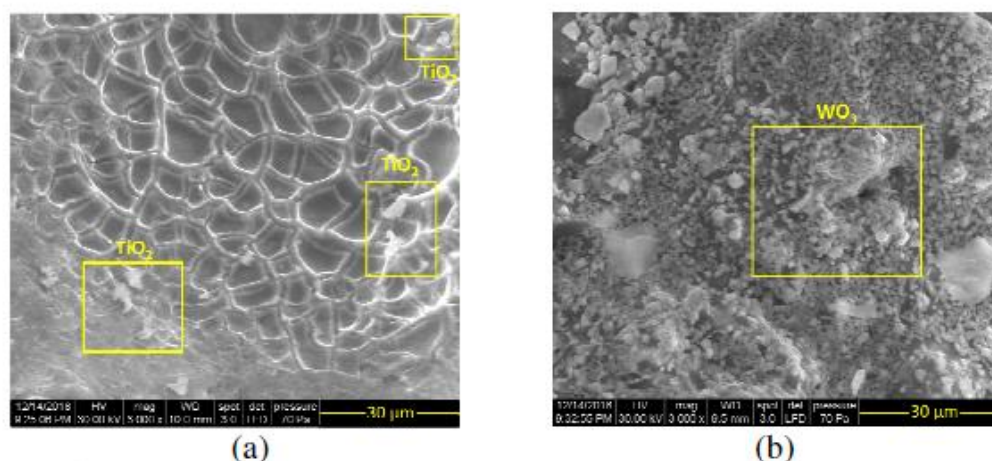


Figura 2.9. Imaginile SEM pentru particulele de  $\text{TiO}_2$  și  $\text{WO}_3$  dispersate în matricea vitroasă

Testele fotocatalitice au fost realizate folosind o soluție de rhodamină B (RhB) cu o concentrație de 1,5 mg·L<sup>-1</sup>. Sticlele celulare dopate cu agent fotocatalitic au fost imersate în această soluție, în absența luminii sub agitare continuă, până la atingerea echilibrului adsorbție-desorbție. Probele imersate în soluția de RhB au fost ulterior expuse cu lumină solară artificială, generată de un simulator solar (Sol2A 94042A, Oriel Instruments/Newport Corporation), timp de 2 ore. Componenta UV a radiației solare simulate a fost măsurată folosind un detector de radiație UVA/UVB(PCE-UV34) și este caracterizată prin puterea de iradiere de 1,11 mW·cm<sup>-2</sup>, în timp ce, pentru componenta vizibilă, puterea de iradiere, măsurată cu un analizor solar (SOLAR-4000 Sensor Beha-Amprobe), este de 840 W·m<sup>-2</sup>. Măsurarea efectului de fotodegradare s-a realizat folosind un spectrofotometru UV-Vis (Ocean Optics). Fig. 2.9 ilustrează modul de dispersare al particulelor de TiO<sub>2</sub> și WO<sub>3</sub> în matricea vitroasă.

Informații suplimentare asupra topologiei suprafeței sunt furnizate de microscopia laser 3D și respectiv SEM, rezultatele fiind ilustrate în Figura 2.10. Aceste imagini confirmă localizarea nanoparticulelor de de TiO<sub>2</sub> și WO<sub>3</sub> în porii matricii vitroase. Spectrele FT-IR corespunzătoare sticlei celulare nedopate și dopate cu TiO<sub>2</sub> și WO<sub>3</sub> înainte și după tratamentul fotocatalitic, sunt prezentate în Figura 2.11.

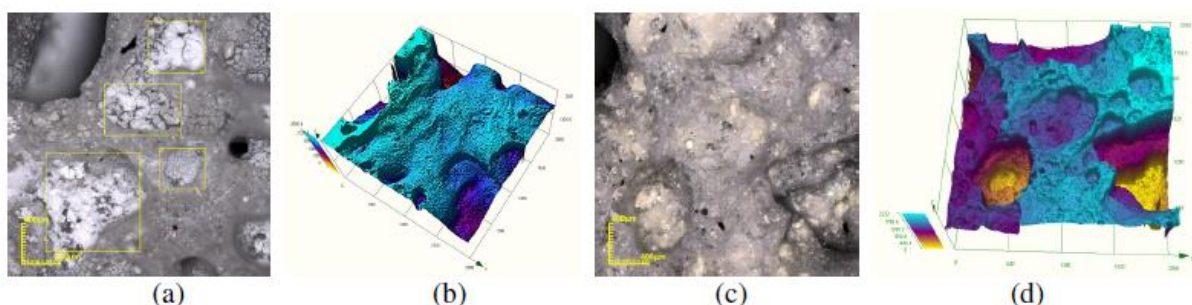


Figura 2.10. Imaginile prin microscopia laser pentru probele de sticlă poroasă acoperite cu TiO<sub>2</sub> ((a)-2D și (b)-3D) și cu WO<sub>3</sub> ((c)-2D și (d)-3D)

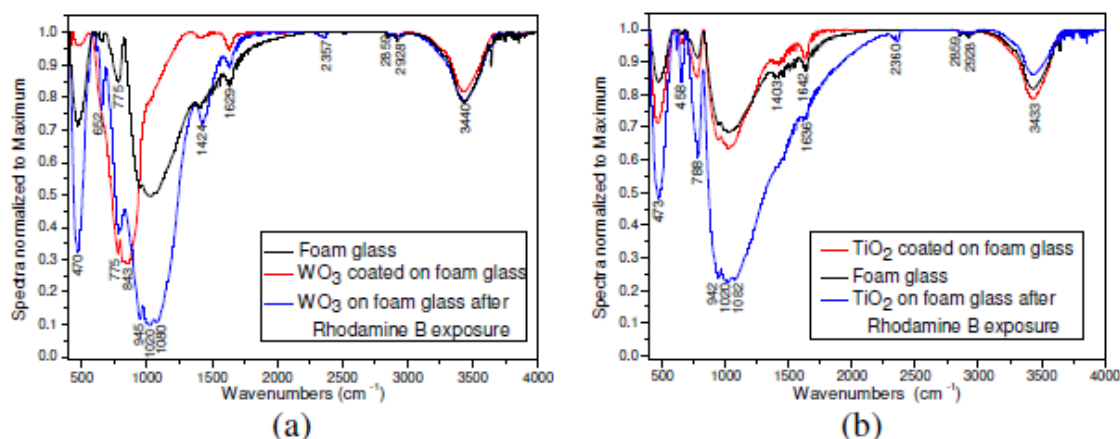


Figura 2.11. Spectrele FT-IR pentru probele de sticlă poroasă acoperite cu WO<sub>3</sub> și TiO<sub>2</sub> înainte (linia roșie) și după (linia albastră) experimentul fotocatalitic

Se observă o creștere semnificativă a intensității benzilor caracteristice precum și o deplasare spre lungimi de undă mai mari a acestora, datorată interacțiunii moleculelor RhB cu oxizii metalici.

Micro-spectrometria Raman a fost utilizată pentru identificarea modurilor de vibrație ale fazelor cristaline ale TiO<sub>2</sub> și WO<sub>3</sub>. Spectrele obținute sunt prezentate în Figura 2.12.

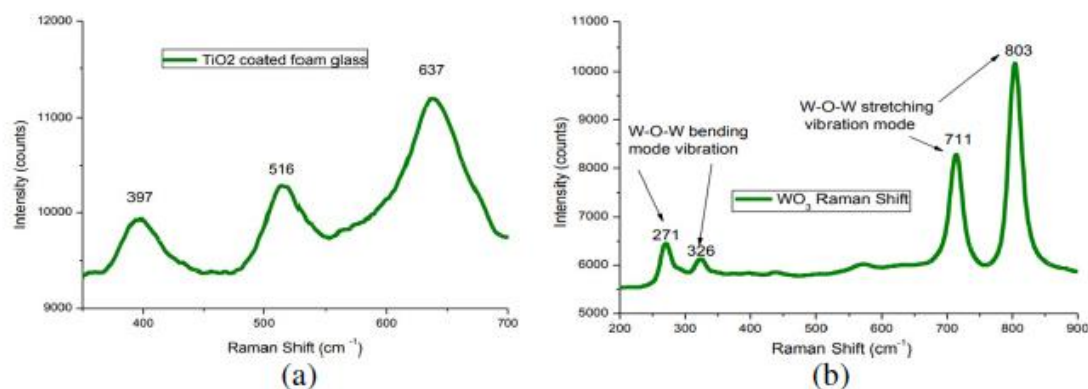


Figura 2.12. Analiza Raman pentru probele de sticlă poroasă acoperite cu (a)  $\text{TiO}_2$  și (b)  $\text{WO}_3$

Identificarea benzilor specifice confirmă prezența  $\text{TiO}_2$  sub forma cristalină de anatas și respectiv a  $\text{WO}_3$  cristalin.

Activitatea fotocatalitică de îndepărtare a RhB din soluțiile probelor utilizate sunt prezentate în Tabelul 2.2 și Figura 2.13.

Tabelul 2.2. Cantitățile  $\text{TiO}_2$  și  $\text{WO}_3$  depuse pe sticla celulară și suprafața iradiată

| Codul probei                    | Masa oxidului [mg] | Suprafața iradiată [ $\text{cm}^2$ ] | Codul probei                   | Masa oxidului [mg] | Suprafața iradiată [ $\text{cm}^2$ ] |
|---------------------------------|--------------------|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------------|
| P <sub>1</sub> - $\text{TiO}_2$ | 8,7                | 0,785                                | P <sub>1</sub> - $\text{WO}_3$ | 66,1               | 0,785                                |
| P <sub>2</sub> - $\text{TiO}_2$ | 19,4               | 4,524                                | P <sub>2</sub> - $\text{WO}_3$ | 102,3              | 4,909                                |
| P <sub>3</sub> - $\text{TiO}_2$ | 60,2               | 7,069                                | P <sub>3</sub> - $\text{WO}_3$ | 203                | 8,545                                |

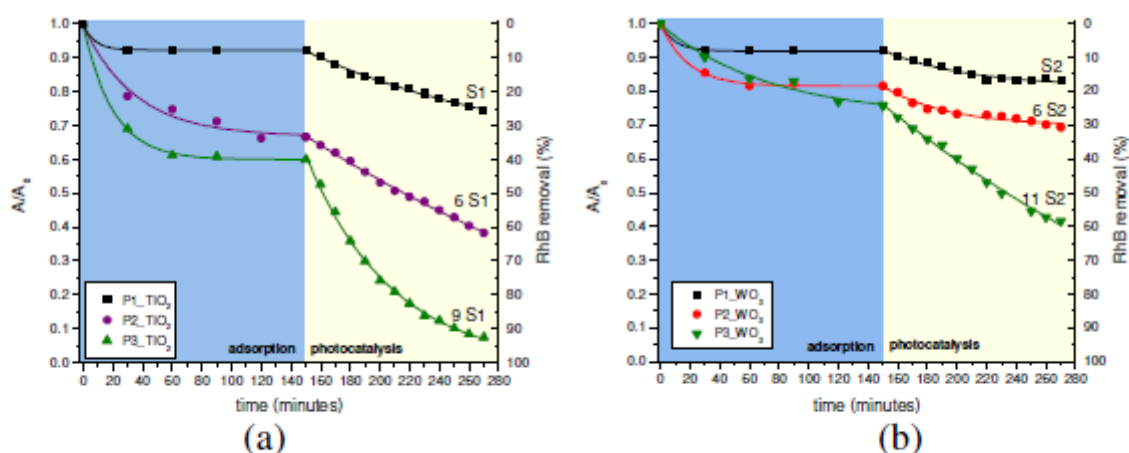


Figura 2.13. Degradarea RhB pe probe de sticlă poroasă acoperite cu (a)  $\text{TiO}_2$  și (b)  $\text{WO}_3$

Activitatea fotocatalitică se intensifică odată cu creșterea suprafeței iradiate. Utilizarea  $\text{TiO}_2$  a dus la rezultate mai bune, chiar în condițiile în care cantitatea de  $\text{WO}_3$  impregnată în suportul vitros și respectiv suprafața iradiată au fost mai mari.

### 2.3 Proiectul component 3 Implementarea și testarea unui model experimental de micro-rețea, “smart grid”, cu distribuție a energiei în curent continuu (DC)

*Testarea generatorului electric al microturbinei eoliene care va fi integrată în sistemul de tip „smart grid” (Activitatea 3.5)*

Pentru conversia energiei eoliene în energie electrică [6, 7, 12] furnizată rețelei „smart grid” de DC s-a optat pentru utilizarea unui generator sincron cu excitație electromagnetică cuplat la o turbină cu ax vertical. Ținând cont de faptul că turbina eoliană considerată pentru cuplarea generatorului este cu

ax vertical și funcționează la turații cuprinse între 60-200 rpm, este necesară utilizarea unui multiplicator de turație cu raport de amplificare de 1/10 care să permită funcționarea generatorului într-o gamă superioară de turații de până la 2000 rpm.

Excitația electromagnetică va fi alimentată printr-un controler inteligent care o să varieze curentul de excitație pentru a păstra nivelul maxim de putere extras chiar dacă generatorul va fi antrenat cu turații diferite.

Pentru a simplifica procedura de fabricație, s-a adoptat soluția modificării unui motor asincron trifazat aflat în producția curentă a Electroprecizia Săcele SA.

Cu anumite modificări ale înfășurărilor și prin adăugarea unui sistem de perii și inele colectoare pentru înfășurarea de excitație, s-a realizat în cadrul etapei precedente, un generator electric pornind de la structura unui motor asincron trifazat.

S-a optat pentru varianta de motor MA-AL 90S, 1.1kW la 1410rpm, 3x400V cu 28 de cresațiuri rotorice și deschiderea acestora de 1 mm. Componentele motorului sunt prezentate în Fig. 3.1.

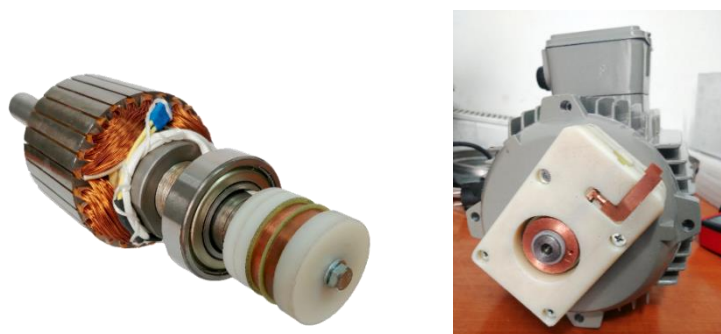


Fig. 3.1. Imaginile de ansamblu și cea a rotorului a generatorului

#### Datele tehnice ale produsului:

- tip serviciu : S1 – serviciu continuu / S8 - serviciu cu modificarea periodică a turației
- putere nominală: 177 W 370 W
- turație nominală: 1000rpm 2000 rpm;
- tensiune nominală: 3 x 170V 3 x 310 V;
- clasa de izolație: F;

#### Rezultatele încercărilor efectuate

Pentru realizarea încercărilor necesare s-a utilizat un stand special echipat care antrenează generatorul cu turație variabilă utilizând un motor acționat printr-un convertizor de frecvență. Schema standului de încercări utilizat pentru determinarea mărimilor electro-mecanice specifice mașinilor electrice este prezentată în Fig. 3.2. Mașina electrică de testat se cuplează mecanic la axul unei mașini electrice antrenoare, astfel încât cele două echipamente să fie centrate axial. Pentru antrenarea generatorului este utilizat un motor asincron hexafazat alimentat în sistem trifazat cu  $P_n = 1.5kW$ , 1415 rpm.

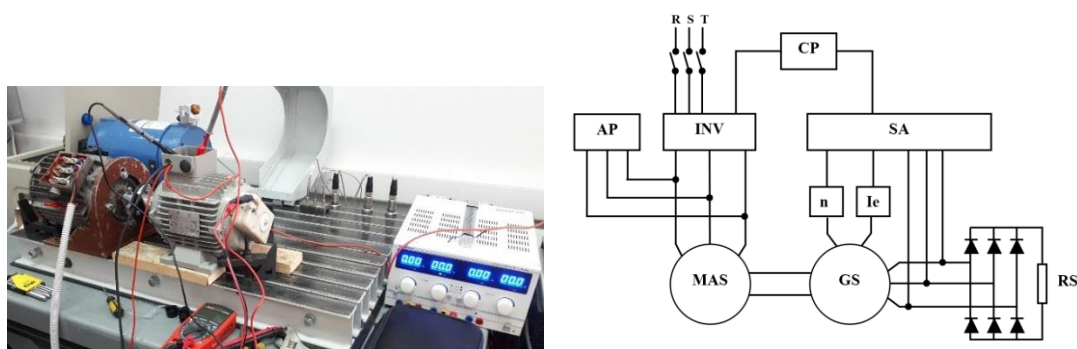


Fig. 3.2. Schema electrică și imaginea stadului de încercări.

CP – Calculator de proces;  
INV – Invertor trifazat;  
SA – Sistem de achiziție date;  
AP – Analizor de putere;

n – Traductor de turație;  
MAS – Mașina asincronă;  
GS – Generator sincron;  
RS – Rezistență de sarcină.

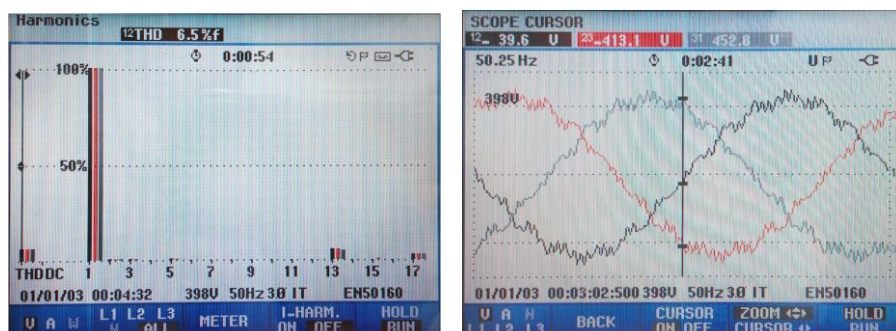
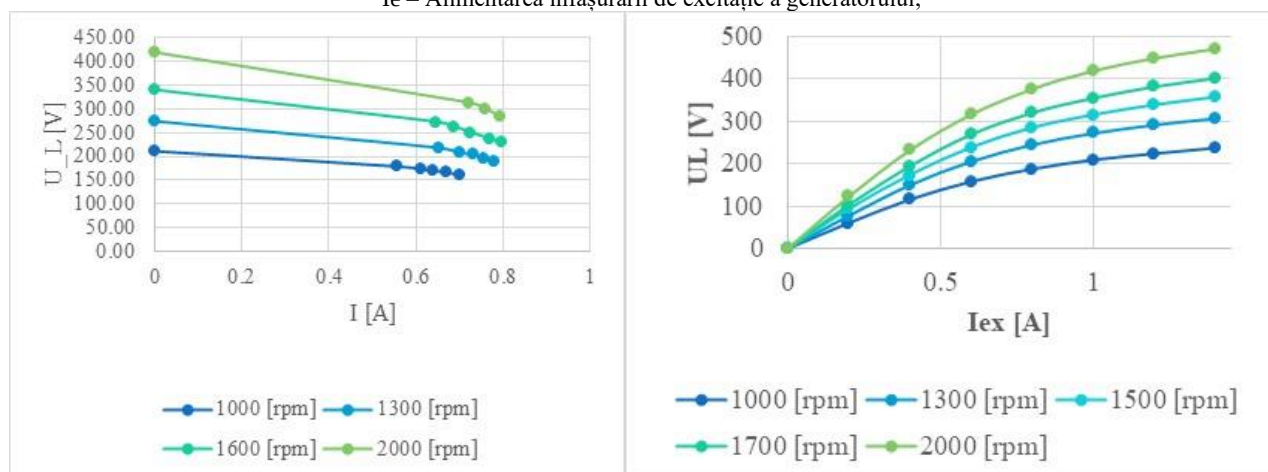


Fig. 3.3. Schema electrică și imaginea standului de încercări.

### Validarea modelului numeric al generatorului electric

Pentru asigurarea specificațiilor impuse prin tema de proiectare a fost realizat un model numeric în cadrul etapei anterioare, pentru a estima parametrii generatorului electric sincron cu excitație electromagnetică.

În Fig. 3.4, este prezentată curba de putere la diferite turații ale generatorului electric încercat. Puterea cea mai mare se obține la o turație de 2000 rpm și este mai mare decât puterea estimată prin modelare numerică. Diferențele sunt în medie de aproximativ 17W, cu o precizie a modelului mai mare în zona de putere maximă extrasă de 350W.

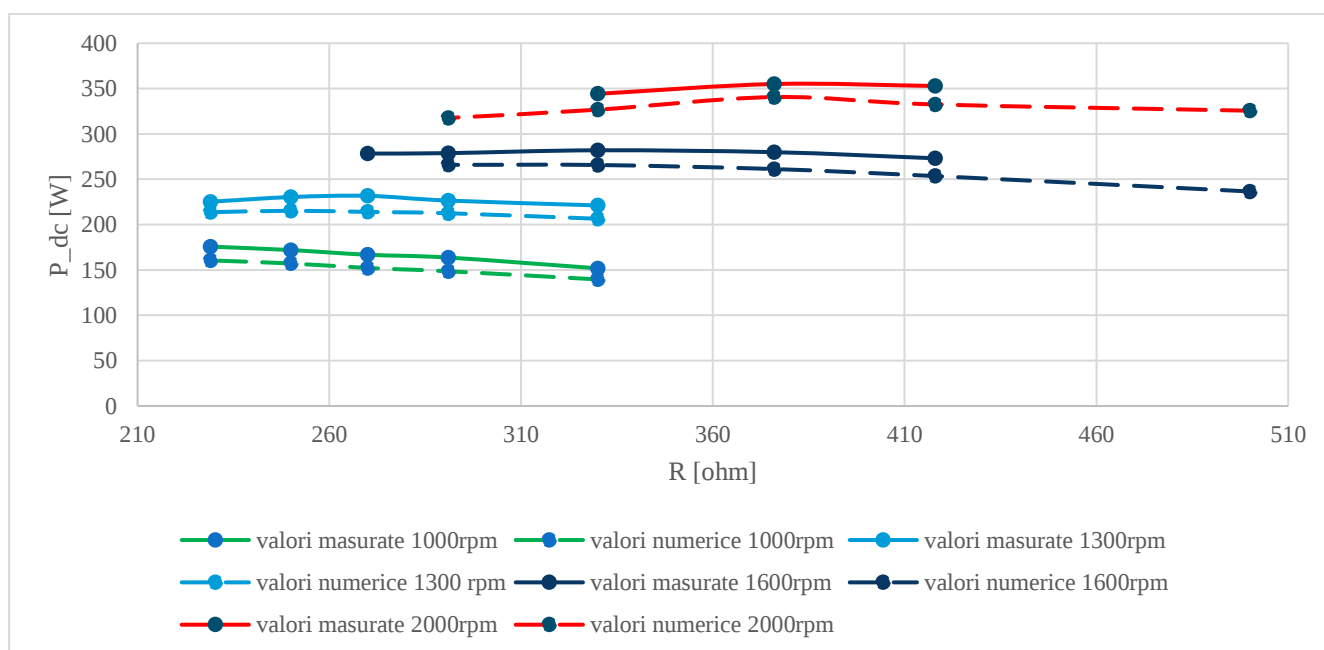


Fig. 3.4. Curba puterilor în funcție de turație.

Modelul numeric a avut o bună precizie cu o eroare de aproximativ 5% privind estimarea nivelului de putere în curent continuu la 2000 rpm, iar anumite surse de erori au fost identificate și astfel, anumiți parametri pot fi modificați în modelul de calcul pentru ca modelele altor generatoare electrice să estimeze rezultate foarte apropiate de cele experimentale.

Generatorul electric realizat va fi cuplat cu turbina eoliana cu ax vertical și va putea furniza energie electrică într-o plajă variată de turații, de la 1000 până la 2000 rpm cu un sistem de reglare a excitației acestuia. Astfel de sisteme de generare a energiei electrice din surse regenerabile se pot integra cu succes în microrețele de tip cartier cu distribuție a energiei în curent continuu.

#### *Implementarea și testarea rețelei de distribuție a energiei electrice; (Activitatea 3.3.2)*

##### **Convertorul de interfațare al rețelelor de DC (24V/350V) din rețeaua microgrid**

Etapa premergătoare proiectării convertorului bidirecțional, hibrid, cu condensatoare comutate (BHCC) s-a constituit în analiza de stabilitate, pentru acordarea reguletoarelor [10, 11].

Pentru analiza de stabilitate se utilizează schema din **Error! Reference source not found.**3.5 în care s-au introdus componentele parazite de circuit, rezistențele tranzistoarelor în saturație, rezistențele bobinelor, condensatoarelor și a surselor. Pentru aplicarea metodei “State space averaging” se consideră funcționarea convertorului BHCC în regim stabilizat, într-un punct de funcționare cunoscut, în regim de curent neîntrerupt. Variabila de control a fost aleasă  $I_{L1}$ . Regulatorul, cu structura de regulator PI, din relația (3.1) iar diagrama Bode a acestuia poate fi observată în Fig. 3.5.

$$H_C(s) = \frac{0.069728 \cdot (s + 7680)}{s} \quad (3.1)$$

Rezultatele experimentale (raportate la cele de simulare) sunt prezentate în Fig. 3.6. - 3.7.

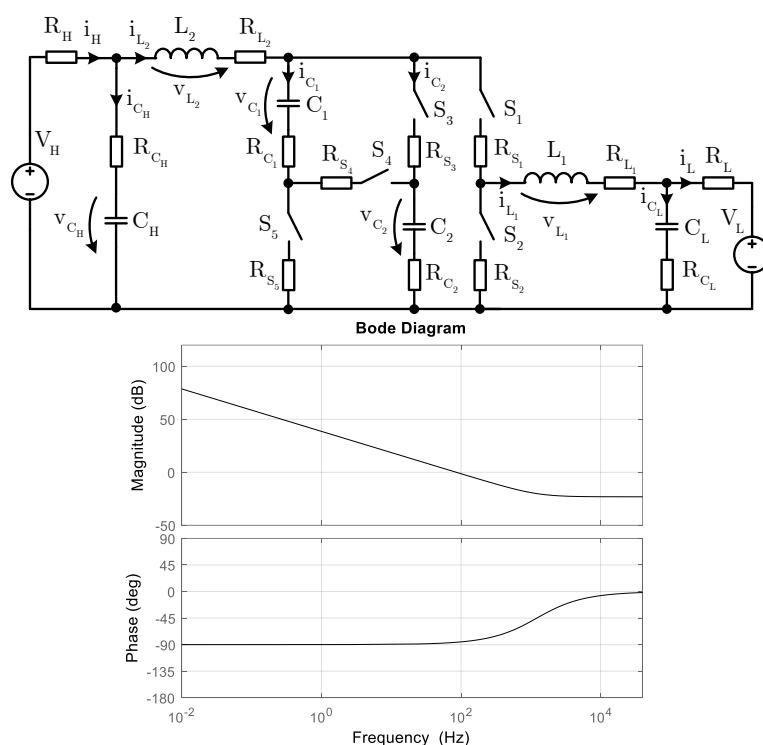


Fig. 3.5. Convertorul BHCC cu componente de circuit parazite / Diagrama Bode a regulatorului.

#### **Implementarea rețelei de distribuție a energiei în c.c.**

Schema rețelei de distribuție a energiei electrice a fost prezentată într-un raport anterior.

Structura este compusa din două rețele de curent continuu. O rețea de tensiune înaltă (350V DC) și o rețea de tensiune scăzută (24 V DC). De asemenea o rețea clasică de curent alternativ cu tensiunea efectivă de 230 V este prezentă în modelul experimental. Energia solară este convertită în energie electrică folosind douăsprezece panouri fotovoltaice conectate la rețeaua de 24V DC printr-un convertor special proiectat pentru a putea prelua maximul de putere generată de către panouri. Energia

este stocată în patru baterii de plumb-acid cu gel, special create pentru aplicații cu sisteme fotovoltaice. În baterii se poate stoca o energie de 10kWh. Conexiunea între rețeaua de 350V DC și rețeaua de 24V DC se face prin BHCC, prezentat în secțiunea anterioară.

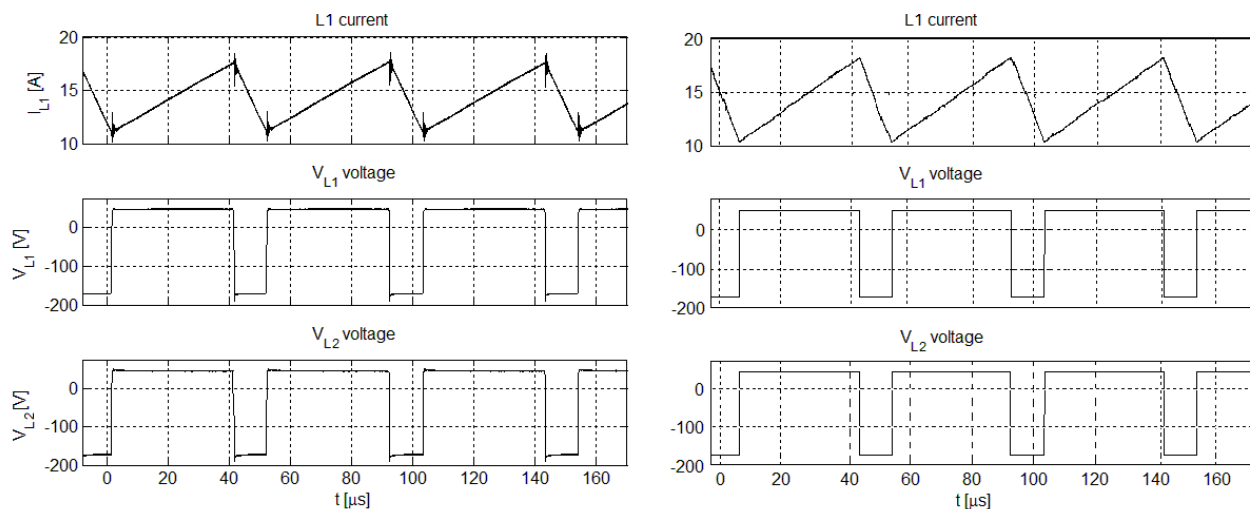


Fig. 3.6. Boost Curentul prin bobine și tensiunea pe acestea (stânga măsurat, dreapta simulat).

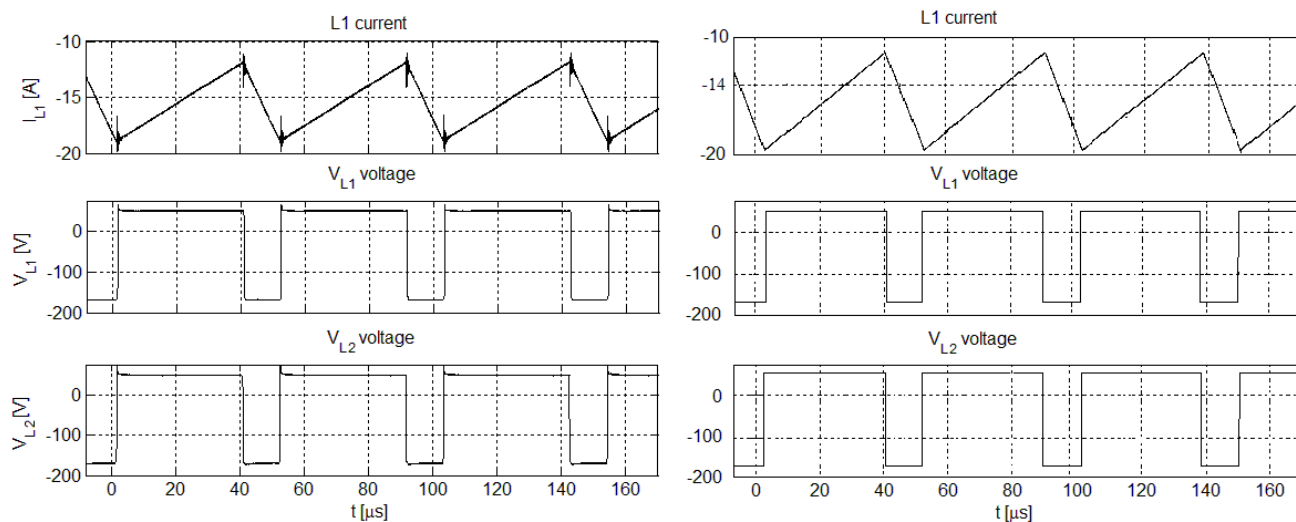


Fig. 3.7 Buck Curentul prin bobine și tensiunea pe acestea (stânga măsurat, dreapta simulat).

Conexiunea la rețeaua de curent alternativ se face printr-un inverter hibrid care are conexiunea de tensiune continuă legată la rețeaua de 24 V DC.



Fig. 3.8. Echipamentele din cadrul rețelei de distribuție și dispunerea panourilor fotovoltaice pe acoperișul modelului experimental.

Imaginea de ansamblu a echipamentelor ce deservesc rețeaua de distribuție este prezentată în Fig. 3.8. De asemenea, au fost incluși ca și consumatori în c.c. (350Vcc) o combină frigorifică, o plită cu inducție și o instalație de aer condiționat, elemente care au fost adaptate în etapa precedentă pentru a funcționa la 350Vcc [9]. Iluminatul cu LED-uri va fi implementat în etapa viitoare [8].

### Modelarea și simularea unei micro-rețele de curent continuu cu două nivele de tensiune conectată la rețeaua alternativă de medie tensiune

Interfațarea microrețelelor de DC de la nivelul unui consumator casnic/industrial, cu rețeaua de curent alternativ (AC) de la nivelul unui cartier/zonă, se poate realiza prin intermediul unor convertoare DC – AC. Topologia micro-rețelei diferențiale de DC este prezentată în Fig. 3.9., unde sunt delimitate cele două zone prin intermediul convertoarelor bidirecționale. Zona A este porțiunea care cuprinde conectarea la rețeaua AC, transformatorul trifazat și filtrele pasive LCL al căror ieșiri vor fi conectate la convertoarele AC/DC. Zona B este formată din filtrul capacitiv, modelarea surselor regenerabile/stocare cu ieșire în curent continuu și consumatorii DC.

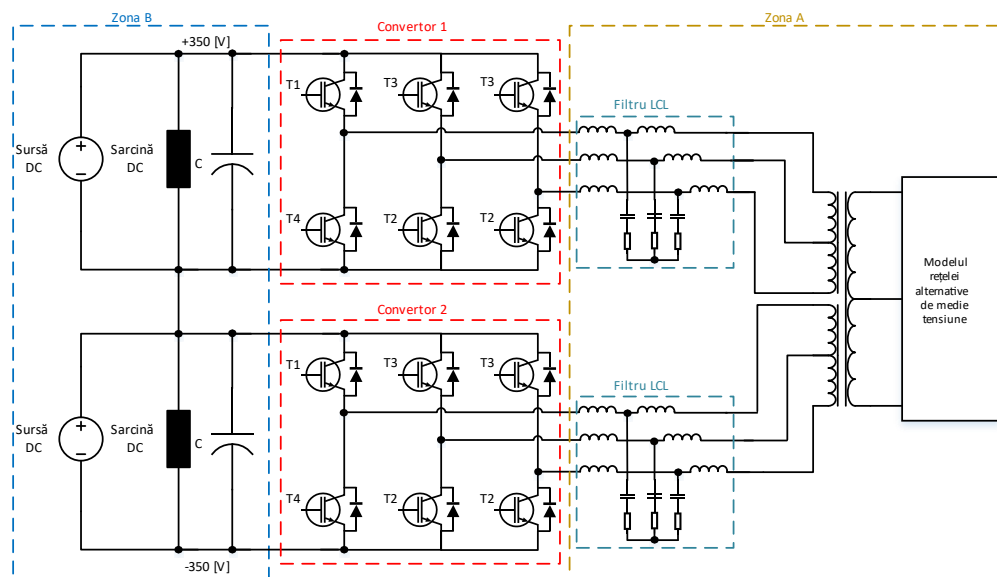


Fig. 3.9. Topologia micro-rețelei de curent continuu.

Modelarea rețelei alternative de distribuție s-a realizat prin intermediul unei surse trifazate cu tensiunea de  $V_{rețea} = 10 \text{ kV}$  și frecvența de 50 Hz. Consumatorii rețelei sunt emulați printr-o sarcină cu puterea de 100 kW. Micro-rețeaua hibridă este simulată în Matlab/Simulink unde s-a implementat topologia rețelei din (Fig. 3.1) și strategia de control a convertoarelor (Fig. 3.10).

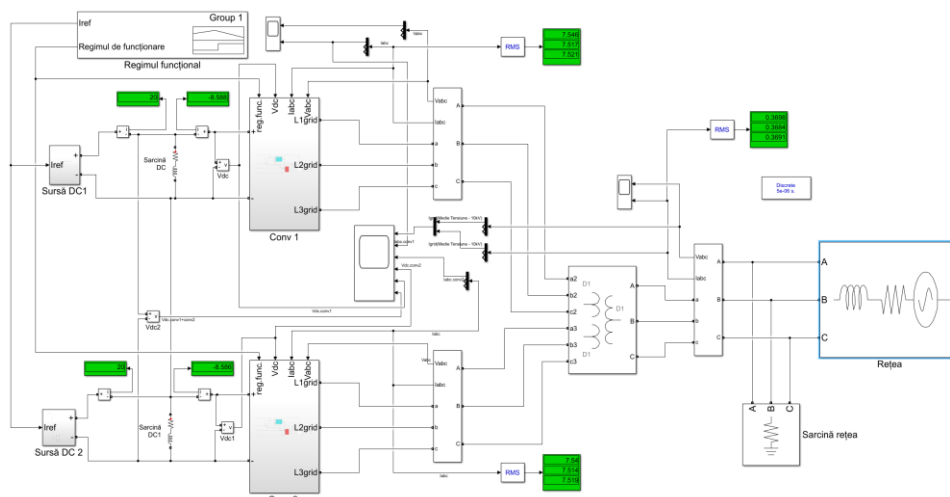


Fig. 3.10. Modelul de simulare a micro-rețelei de curent continuu.

Toate cele trei înfășurări ale transformatorului trifazat cu secundar dublu sunt alese în configurație „Delta”, având un raport de transformare egal cu 10000:240. Puterea nominală a transformatorului este de 700 kW. Pentru a crește performanțele filtrului LCL se recurge la o metodă pasivă simplificată de amortizare a efectelor nedorite produse de filtru, în sistemul micro-rețelei. Aceasta metodă constă în introducerea unei rezistențe de filtrare în serie, cu condensatorul de filtrare prin care se diminuează curentul de încărcare a condensatorului.

Funcționarea în regim de redresor (Fig. 3.11-a), va permite energiei electrice să circule de la sursa AC spre micro-rețea, alimentând sarcina DC cu o putere de 5 kW la tensiunea continuă egală cu 350 V. În figura 4 se observă tensiunile continue a celor două convertoare și tensiunea însumată. Figura 5 reprezintă tensiunea și curentul de pe o fază de la intrarea în primul convertor, celelalte fiind identice. Funcționarea în regim de invertor permite surselor DC să asigure energia electrică necesară pentru sarcinile DC și totodată se realizează debitarea energiei în rețeaua electrică. Cantitatea de energie debitată în rețeaua AC este dependentă de curentul asigurat de sursele de DC. Pentru acest studiu s-a stabilit un curent de 20 A generat pentru fiecare sursă DC din care 11,5 A sunt absorbiți de sarcinile DC, iar aproximativ 8,5 A sunt debitați în rețeaua AC. Fig. 3.11-b reprezintă tensiunile alternative și curentul alternativ de pe o fază la intrarea în convertor.

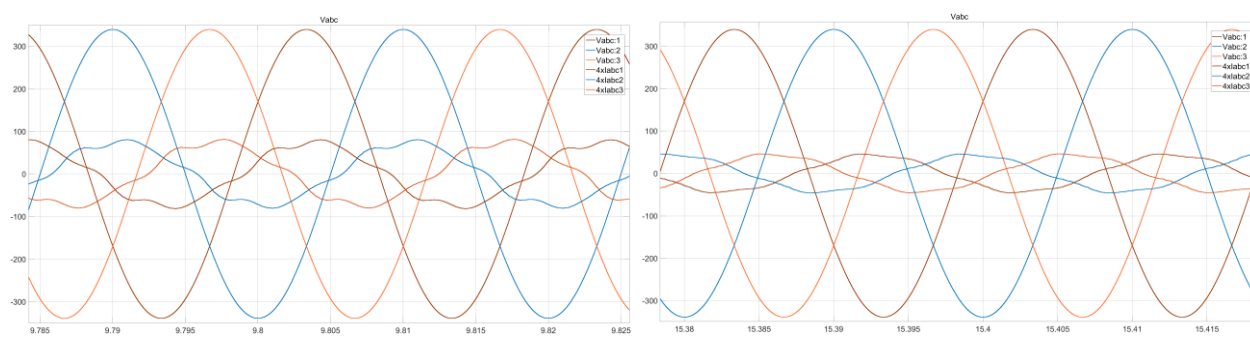


Fig. 3.11. Tensiunea și curentul de la intrarea în primul convertor în regim de redresor / Tensiunea și curentul de la intrarea în primul convertor în regim de invertor.

### Sistemul de monitorizare SCADA

Un sistem de tip SCADA supraveghează și controlează întregul flux de energie electrică, și asigură achiziția de date a tuturor parametrilor.

Arhitectura de tip “smart grid” implementată folosește un control descentralizat, bazat pe tensiunea celor două rețele de curent continuu, pe puterea vehiculată prin convertorul BHCC și invertorul hibrid. Invertorul hibrid oferă două moduri de funcționare: on-grid (conectat la rețeaua națională de curent alternativ) și off-grid (izolat față de rețeaua națională).

În modul on-grid, dacă nu există suficientă energie produsă de către sursele regenerabile și bateriile sunt la un nivel de tensiune scăzut, invertorul hibrid va furniza energie din rețeaua de curent alternativ și o va livra către consumatori, încărcând în același timp bateriile. În cazul în care sursele de energie regenerabilă produc prea multă energie, care nu este consumată local, aceasta este introdusă în rețeaua națională de curent alternativ. În modul de funcționare de tip off-grid, în cazul în care sursele de energie regenerabilă nu produc suficientă energie, consumatorii sunt alimentați după un anumit grad de prioritate. Pe de altă parte atunci când energia produsă de către aceste surse este mai mare decât energia necesară, fiecare sursă își poate reduce cantitatea de energie livrată în rețea.

Pentru a studia caracteristicile fațadelor în diferite condiții, modulul experimental este echipat cu 53 de senzori de temperatură, 14 senzori de umiditate și 3 senzori de CO<sub>2</sub>. Pentru achiziționarea datelor de la senzori, se folosește o stație de măsurare, compusă din 12 relee inteligente (Logo 8!). Un releu inteligent poate fi folosit pentru a monitoriza 8 senzori, de asemenea acesta oferă și intrări/ieșiri digitale care pot fi folosite pentru automatizarea unor procese simple. Acest tip de releu inteligent are capacitatea de a stoca datele intern pe un card de tip micro SD. Folosind rețeaua ethernet, serverul web de pe releu poate fi accesat, iar datele de pe cardul micro SD pot fi încărcate pe internet. S-au folosit 12 dispozitive dedicate pentru achiziția datelor din considerente mecanice și de poziționarea distribuită a senzorilor. Interfața SCADA a fost proiectată cu ajutorul platformei de dezvoltare software Logo Web Editor V1.0. În comparație cu alte sisteme SCADA care rulează pe o stație

dedicată, cum ar fi un desktop sau un server, SCADA este integrată în acest releu inteligent și poate fi accesată folosind o pagină web. O bază de date a fost creată pe un PC folosind protocolul de comunicare Modbus TCP/IP prin rețeaua ethernet și un server OPC ca interfață. În aceasta bază de date sunt stocate toate informațiile furnizate de către senzori.



Fig. 3.12. Sistem achiziție (Logo 8!) și display-ul sistemului SCADA

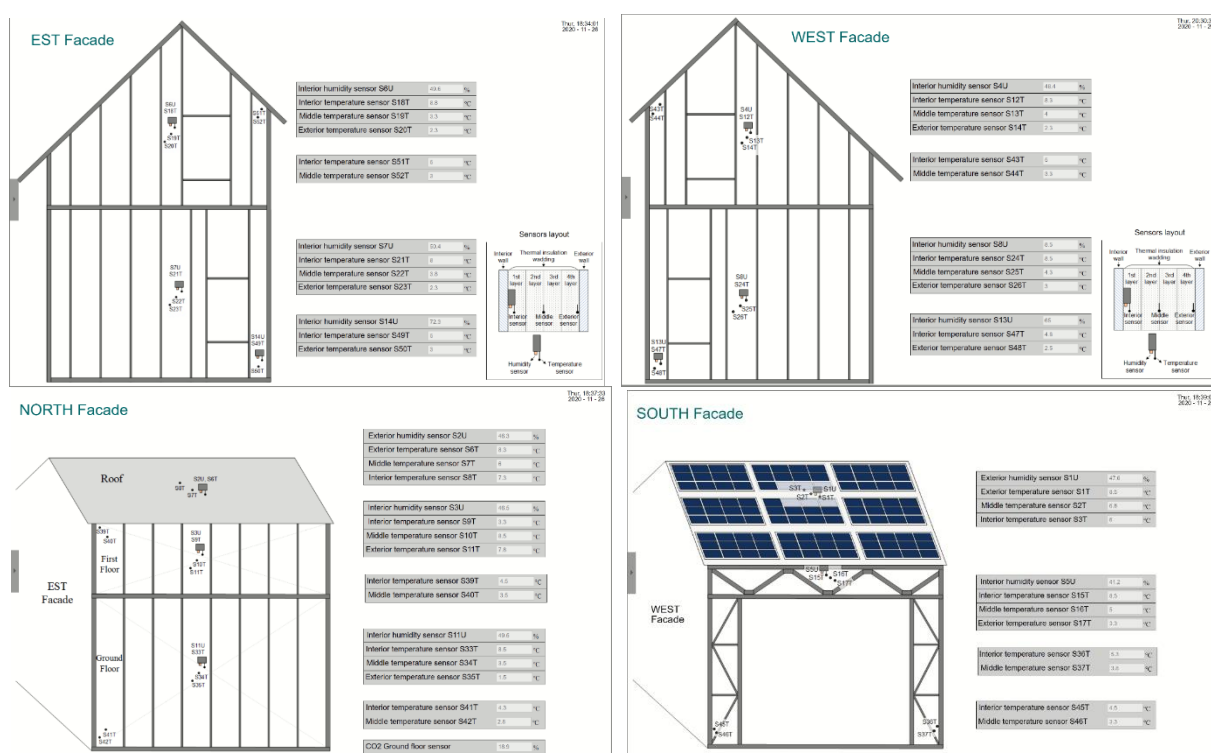


Fig. 3.13. Ecranele sistemului SCADA pentru monitorizarea mărimilor fizice, pentru cele 4 fațade

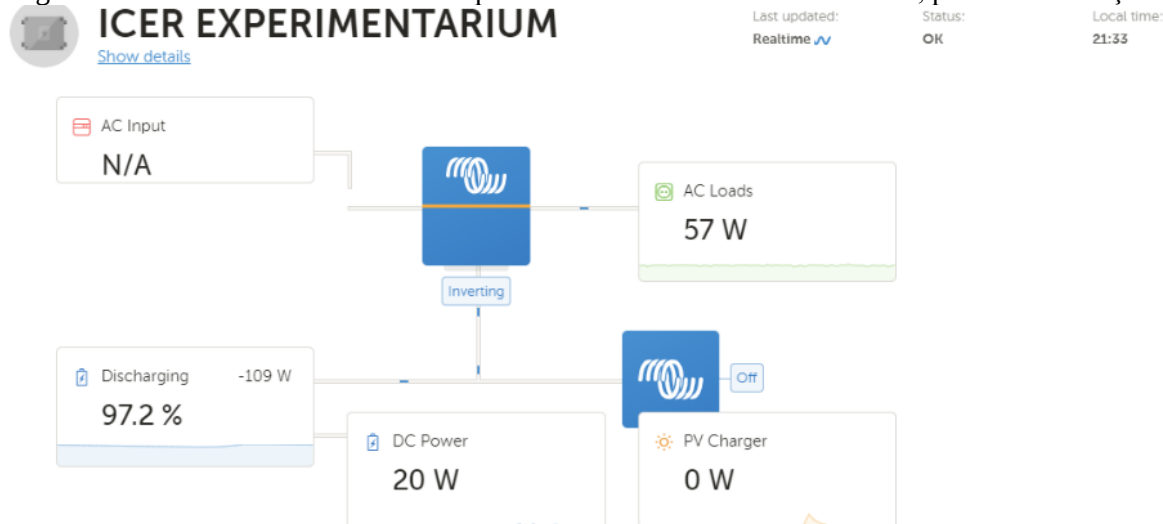


Fig. 3.14. Sistem achiziție (Logo 8!) și display-ul sistemului SCADA

## 2.4 Proiectul component 4 - Fațade inteligente în contextul schimbărilor climatice

Denumire etapă: Realizarea modului EXPERIMENTARIUM

În etapa I/2018 a fost realizat proiectul structurii metalice ușoare demontabile. În etapa II/2019 a fost realizat modulul experimental: instalarea fundațiilor, a structurii de rezistență, planșee și elementele de învelitoare, au fost implementate sisteme de automatizare și a tehnologiei de tip "smart-grid". De asemenea, au fost integrate sisteme smart-grid.

*Studiu comparativ, numeric și experimental, pentru colectoarele solare sticla și perforații (activitatea 3.6)*

În cadrul acestui studiu s-a realizat compararea rezultatelor numerice și experimentale obținute pentru colectoarele solare sticla și perforații de 50x50 mm. Studiul a debutat cu realizarea studiului numeric între cele două configurații de colectoare solare cu sticla, configurația cu distanța dintre sticla și placa absorbantă de 30mm și 50mm. Studiul numeric s-a realizat pentru climatul din vestul României mai exact pentru orașul Timișoara cu următorii parametri:

- Radiația solară directă de 800W/m<sup>2</sup>;
- Radiația difuză este 150W/m<sup>2</sup>;
- Modulul de radiație utilizat a fost Surface to Surface(S2)
- Modulul de vâscozitate RNG k-ε viscous model with Enhanced Wall Functions
- Studiul comparativ s-a realizat pentru următoarele debite 158, 203, 250, 296, 354, 397 m<sup>3</sup>/h.

Astfel, rezultatele numerice obținute au fost ilustrate în tabelul de mai jos:

Tabelul 4.1. Rezultate numerice

|             | 30mm | 158m <sup>3</sup> /h | 203m <sup>3</sup> /h | 250m <sup>3</sup> /h | 296m <sup>3</sup> /h | 354m <sup>3</sup> /h | 397m <sup>3</sup> /h |
|-------------|------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Temperatura |      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |
| Viteza      |      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |

În cadrul studiului comparativ s-au calculat cei mai importanți parametri ilustrați și de Wang în literatura de specialitate, atât pentru studiul numeric cât și pentru studiul experimental

$$\eta = \frac{c_{p,aer} m_{aer} (T_{aer,ev} - T_{amb})}{I_T A_S} \quad (1)$$

$$\Delta T = T_{aer,ev} - T_{amb} \quad (2)$$

$$\varepsilon_{HX} = \frac{T_{aer} - T_{amb}}{T_p - T_{amb}} \quad (3)$$

unde:

$c_{p,aer}$  -> este căldura specifică a aerului (J/kgK),

$m_{aer}$  -> este debitul masic de aer prin colector (kg/s),

$T_{aer,ev}$  -> este temperatura aerului evacuat (K),

$T_{amb}$  -> este temperatura ambientală a aerului (K),

$I_T$  -> este radiația solară incidentă pe colector (W/m<sup>2</sup>),

$A_S$  -> este suprafața colectorului (m<sup>2</sup>)

$T_p$  -> este temperatura medie a plăci absorbante (K).

Tabelul 4.2. Rezultate numerice

|             | 50mm | 158m <sup>3</sup> /h | 203m <sup>3</sup> /h | 250m <sup>3</sup> /h | 296m <sup>3</sup> /h | 354m <sup>3</sup> /h | 397m <sup>3</sup> /h |
|-------------|------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Temperatura |      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |
| Viteza      |      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |

Astfel, s-au calculat parametrii pentru ambele studii în ceea ce urmează (Figura 4.1):

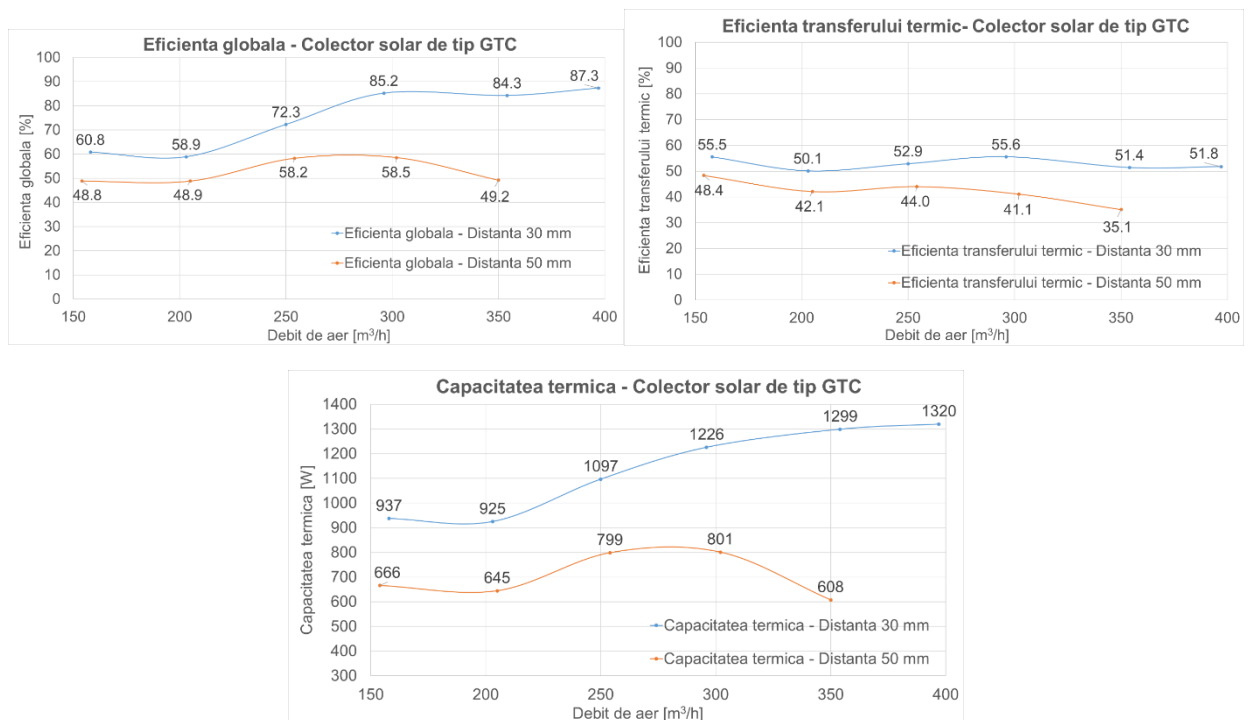


Fig. 4.1. Parametrii studiului experimental

Concluziile studiilor demonstrează următoarele:

- Configurația cu 30 mm este configurația optimă atât din punct de vedere al pierderilor convective cât și a eficienței colectorului solar;
- Debitul de aer cuprins între 100-150 m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup> este debitul limită unde eficiența colectorului începe să stagneze sau există o creștere foarte mică/neglijabilă;
- Debitul de aer de 150 m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup> este debitul optim pentru colectorul solar vitrat cu placă perforată având goluri de 50x50 mm și distanța de 30 mm între sticlă și placa absorbantă;
- Utilizarea PCM-urilor ajută la reducerea fluctuațiilor de temperatură pe output.



Fig.4.2. Studiul comparativ pentru cele 6 debite de aer pentru colectorul solar experimental

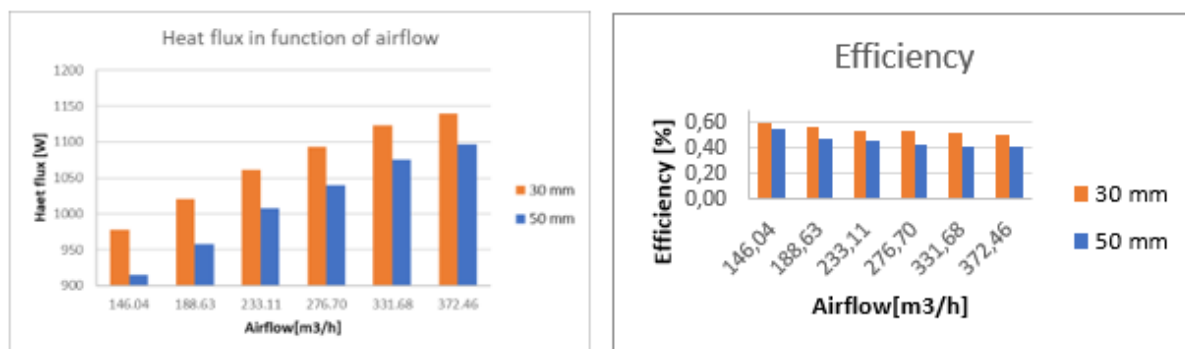


Fig. 4.3. Parametrii studiului numeric

### Monitorizarea datelor EXPERIMENTARIUM (activitatea 3.6)

#### Sistemul de monitorizare

EXPERIMENTARIUM este un laborator experimental realizat dintr-o structură ușoară demontabilă în cadrul proiectului care să permită un studiu global al influenței fațadelor și al aportului energetic asupra confortului interior din clădire, prin schimbarea sistemelor de închidere (fațade), respectiv realizarea unui sistem de tip smart-grid. Rezultatele urmăresc în principal optimizarea condițiilor de confort interior: temperatură, umiditate, calitatea aerului interior precum și eficientizarea consumului energetic prin integrarea sistemului smart-grid. În Fig. 4.4 este prezentată structura și anvelopa laboratorului experimental.

Principalele caracteristici dimensionale ale structurii sunt: 5m lungime, 5m lățime, 6,95 m înălțime coamă, 3,80 m înălțime streășină (pe partea de sud), 6,10 m înălțime streășină (pe partea de nord) pentru două etaje. Laboratorul experimental, cu regim de înălțime P+1E, este conceput sub forma unui volum compact. Cota  $\pm 0,00\text{m}$  în raport cu elementele fixe ale terenului va fi la +0.40 fata de cota terenului natural. Accesul în interiorul modului experimental se face printr-o ușă de acces aflată pe fațada Est a clădirii, iar accesul la nivelul etajului se face prin scara interioară retractabilă. Laboratorul experimental va fi amplasat în funcție de punctele cardinale astfel încât să poată beneficia într-o măsură cat mai mare de aportul de energie adus de perioadele de însorire.



Fig. 4.4. Laborator experimental – EXPERIMENTARIUM

Pe acoperișul cu suprafață mai mare expusă pe latura sudică sunt instalate panouri fotovoltaice pentru producerea de energie electrică. Tot pe latura sudică este expusă și cea mai mare suprafață vitrată, care va beneficia și de un sistem de jaluzele fotovoltaice. Acestea, împreună cu panourile fotovoltaice de pe acoperiș vor furniza energie electrică printr-un sistem off-grid cu distribuție în curent continuu. Laboratorul experimental va dispune și de o turbină eoliană care să contribuie la creșterea producției de energie electrică din surse regenerabile, în vederea integrării conceptului nZEB (clădiri cu consum de energie aproape zero).

Clădirile care răspund acestei cerințe vor avea un consum redus de energie provenită din surse fosile și utilizează preponderent surse regenerabile de energie, într-o proporție stabilită prin procedura de definire a cerințelor minime, în conformitate cu prevederile Art. 4 și Art. 5 ale Directivei 31/2010/UE. Pentru conversia energiei eoliene în energie electrică furnizată rețelei smart-grid de curent continuu s-a optat pentru utilizarea unui generator sincron cu excitație electromagnetică. Acesta va fi cuplat mecanic în cadrul următoarei faze a proiectului cu turbina eoliană cu ax vertical prin intermediul unui multiplicator de turație, având în vedere faptul că turbinele eoliene verticale au turația relativ redusă. Excitația va fi alimentată de un convertor DC-DC cu control în curent. Monitorizarea parametrilor electrici se va face printr-o platformă dedicată de tip SCADA care stochează și transmite datele prin internet pentru evaluare și interpretare.

Monitorizarea și controlul proceselor industriale și a diferitelor sisteme mecatronice, presupun măsurarea unor semnale fizice. Semnalele fizice sunt convertite în semnale electrice cu ajutorul senzorilor sau traductorilor. În vederea procesării semnalelor cu ajutorul calculatorului, semnalele fizice analogice, culese de senzori, trebuie transformate în semnale digitale. În acest scop sunt utilizate sisteme (lanțuri) de achiziție a datelor. Un sistem de achiziție de date are rolul de a măsura sau genera semnale fizice. Sistemul de achiziție de date include în structura sa o placă de achiziție de date. O placă de achiziție de date, montată într-un PC, transformă calculatorul într-un osciloscop numeric cu memorie, fluxul de date provenind de la traductori putând fi prelucrat și analizat. Placa de achiziție de date (eng., Data Acquisition Board, DAQ board) este o placă specială, care, de obicei, este introdusă într-unul din sloturile calculatorului de birou. Placa DAQ face parte din sistemul de achiziție de date, putând genera semnale de intrare și multiplexa semnale de intrare multiple într-un singur semnal care va fi transmis spre unul din porturile calculatorului. Adesea placa de achiziție (DAQ) de date este considerată drept sistem de achiziție. Acesta este cazul plăcilor de achiziție moderne, care includ în construcția lor echipamente de condiționare a semnalului, Conversoare analog – digitale (CAN) și digital – analogice (CNA), intrări și ieșiri (I/O) analogice și digitale, countere (numărătoare, generatoare de tact de timp), precum și unități de memorie DMA (Direct Memory Acces) cu ajutorul cărora se transmit datele către computer în mod direct, fără a mai utiliza microprocesorul.

În general, se consideră că un sistem de achiziție de date cuprinde senzori, elemente de condiționare a semnalului, interfață hardware, precum și programe de procesare a semnalelor achiziționate. Spre

deosebire de instrumentele analogice independente, utilizate la procesarea semnalului, placa de achiziție de date nu poate prelucra semnale în formă brută (analogică), fiind necesare echipamente de condiționare a semnalului [14]. Programele de calculator (partea software) controlează sistemul de achiziție de date, preluând și analizând datele, pentru a prezenta în final rezultatele. Structura clasică a unui lanț de achiziție de date este redată în Fig.4.5.



Fig. 4.5. Lanț de achiziție date (Sistem National Instruments) [15]

### Sisteme de achiziție pretabile pentru monitorizarea datelor EXPERIMENTARIUM

Pentru monitorizarea caracteristicilor fațadelor la diverse condiții atmosferice, modulul Experimentarium a fost echipat cu 53 de senzori de temperatură, 14 senzori de umiditate și trei senzori de monitorizare a concentrației de CO<sub>2</sub>. Pentru transmiterea datelor a fost montată o stație cu 12 rele (IR). Fiecare IR poate integra 8 senzori și poate oferi inputuri și outputuri digitale ce pot fi utilizate pentru automatizarea clădirii. În momentul de față, informațiile sunt transmise printr-o rețea Ethernet pe un server situat la distanță. Interfața de tip SCADA a fost proiectată folosind platforma de dezvoltare Logo Web Editor 1.0.

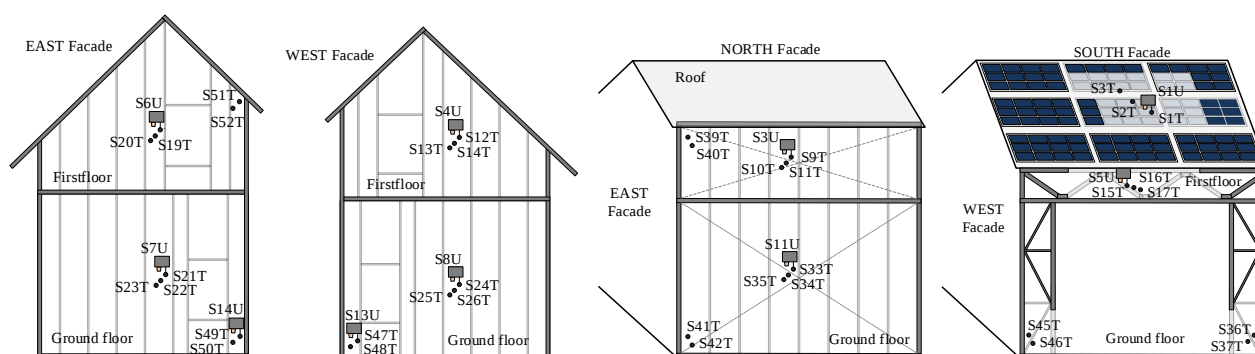


Fig. 4.6. Poziționarea senzorilor pe fațadele modulului Experimentarium

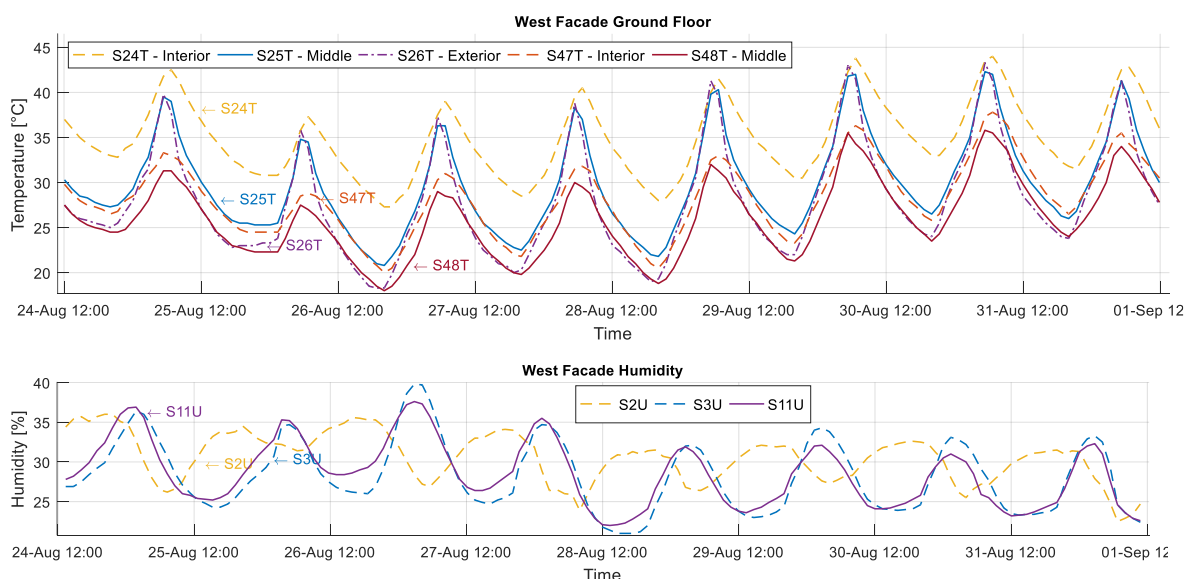


Fig. 4.7. Înregistrări ale senzorilor de temperatură și umiditate 24 August – 01 Septembrie 2020

Monitorizarea informațiilor furnizate de captorii montați pe modulul Experimentarium este în derulare, dar datele obținute permit o interpretare parțială a condițiilor de confort interior și exterior, afectarea acestora de către diverși factori externi și interni. De asemenea, se pot trage concluzii asupra comportării fațadelor și a transferului termic prin pereții fațadelor. Figura 4.7 prezintă, pentru exemplificare, variația temperaturilor înregistrate pe fațadele vest și sud în intervalul 24 august - 01 septembrie 2020.

Un aspect important în monitorizarea datelor experimentale îl va reprezenta instalarea sistemului de jaluzele fotovoltaice, și a microturbinei eoliene.

#### *Evaluarea și interpretarea performanțelor tehnico-economice. Analize LCA și LCC (Activitatea 3.7)*

Pentru analizele de tip LCA pe sistemele de fațade au fost considerate diferite tipologii de fațade existente pe piața economică, pe care au fost realizate analize de transfer termic, incluzând și analizele de schimb de fază, calculul atenuării amplitudinii și raportul de amplitudine al temperaturii. Studiul a fost completat de calculul balanței energetice, calculate pentru clădirea Experimentarium, prin considerarea diverselor fațade analizate.

Deși au fost considerate rezistențe termice similare pentru fațadele analizate, analizele au demonstrat o oarecare variație a parametrilor, cum sunt atenuarea temperaturii sau al raportului de amplitudine a temperaturii. Analiza balanței energetice demonstrează faptul că încălzirea, aportul solar prin peretele cortină respectiv pregătirea apei calde menajere sunt principalele modalități de furnizare a energiei. Figura 4.8 prezintă pierderea de temperatură, schimbul de fază și balanța energetică pentru o fațadă cu termoizolație de tip PIR.

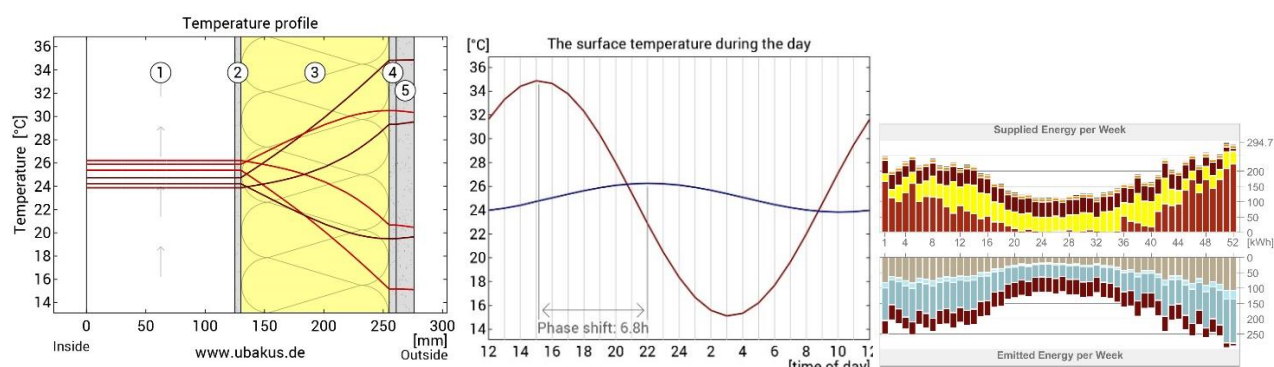


Fig.4.8. Fațada de tip PIR a) – Profilul de temperatură; b) – Schimbul de fază (roșu = temperatura exterioară, albastru = temperatura interioară); c) - Balanța energetică calculată pentru modulul Experimentarium

Analiza de impact asupra mediului a fost realizată prin Abordarea pe Ciclu de Viață a sistemelor de fațadă (LCA), luând în considerare toate etapele parcurse de către un produs până ajunge în faza de sfârșit a ciclului de viață (începând cu extracția de materii prime, producția, punerea în operă și ajungând la dezasamblare, procesarea deșeurilor și debarasarea acestora după demontarea/demolarea clădirii). Analiza LCA pentru sistemele de fațade a fost realizată folosind programul software SimaPro (8), plecând de la anumite condiții de margine cum ar fi materiale termoizolante identice sau cu proprietăți identice:

- temperatura interioară: 20 °C cu umiditate 40%;
- sistemele de închidere sunt alcătuite din panouri sandwich cu aceeași valoare a transmitanței de 0,17 W/m<sup>2</sup>K;
- excluderea din calcul a energiei utilizate în timpul procesului de construcție (de exemplu, energia provenită din consumul de combustibil al mașinilor și utilajelor tehnologice);
- excluderea din calcul a consumului de energie datorat transportului panourilor sandwich (de la producător în șantier) și montarea acestora pe structură;
- includerea în calcul a emisiilor pe termen lung.

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

pentru eliminarea materialelor de închidere pentru structuri. Tabelul 4.3 prezintă componentele fiecărei soluții de fațadă analizată, precum și cantitățile aferente și scenariul de eliminare a fiecărui strat component din panourile sandwich.

Fig. 4.9(a) prezintă impactul asupra mediului în stadiul de producție al soluțiilor analizate, în timp ce, Fig. 4.9(b) face referire la impactul asupra mediului al celor patru soluții analizate rezultat din analiza LCA la sfârșitul ciclului de viață. Impactul asupra mediului este exprimat prin eco-puncte, definite de metoda pentru LCA, Eco-indicator 99.

Tabel 4.3 Stratificare, cantități/mp și scenariul pentru Faza de Sfârșit a Ciclului de Viață

| Sistem de fațadă    | Material                                                              | Suprafață [mp] | D [mm] | kg/mp | Greutate [kg] | Scenariu "Sfârșit Ciclu de Viață" |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------|--------|-------|---------------|-----------------------------------|
| MW 1 (23,8 kg/mp)   | Profile din oțel C120 [ml]                                            | 137,34         |        | 2,68  | 368,0712      | 100% Reciclare                    |
|                     | Foaie de tablă din oțel, galvanizată la cald (la interior)            | 85,41          | 0,6    | 5,32  | 454,3812      | 90% Reciclare, 10% Deșeu          |
|                     | Vată Minerală                                                         | 85,41          | 232    | 24,52 | 2094,253      | 70% Reciclare; 30% Deșeu          |
|                     | Adeziv poliuretan                                                     | 85,41          |        | 0,394 | 33,65154      | 100% Deșeu                        |
|                     | Foaie de tablă din oțel, galvanizată la cald (la exterior)            | 85,41          | 0,6    | 5,32  | 454,3812      | 90% Reciclare, 10% Deșeu          |
| MW 2 (32,8 kg/mp)   | Foaie de tablă din oțel, galvanizată la cald și vopsită (la interior) | 85,41          | .5/.6  | 4,433 | 378,6225      | 90% Reciclare, 10% Deșeu          |
|                     | Vată Minerală                                                         | 85,41          | 240    | 22,16 | 1892,686      | 70% Reciclare; 30% Deșeu          |
|                     | Foaie de tablă din oțel, galvanizată la cald și vopsită (la exterior) | 85,41          | 0,7    | 6,21  | 530,3961      | 90% Reciclare, 10% Deșeu          |
|                     |                                                                       |                |        |       |               |                                   |
| PIR 1 (15,5 kg/mp)  | Profile din oțel C120 [ml]                                            |                |        |       | 368,07        | 100% Reciclare                    |
|                     | Tablă profilată din oțel (la interior)                                | 85,41          | 0,5    | 4,433 | 378,6482      | 90% Reciclare, 10% Deșeu          |
|                     | Izolație pe bază de poliizocianurat                                   | 85,41          | 125    | 5,75  | 491,1075      | 90% Reciclare, 10% Landfill       |
|                     | Tablă profilată din oțel (la exterior)                                | 85,41          | 0,6    | 5,32  | 454,3812      | 90% Reciclare, 10% Deșeu          |
| PIR 2 (15,17 kg/mp) | Foaie de tablă din oțel, galvanizată (la interior)                    | 85,41          | 0,5    | 4,43  | 378,3663      | 90% Reciclare, 10% Deșeu          |
|                     | Izolație pe bază de poliizocianurat (tip Hexacore)                    | 85,41          | 140    | 5,42  | 462,9222      | 90% Reciclare, 10% Landfill       |
|                     | Foaie de tablă din oțel, galvanizată (la exterior)                    | 85,41          | 0,6    | 5,32  | 454,3812      | 90% Reciclare, 10% Deșeu          |

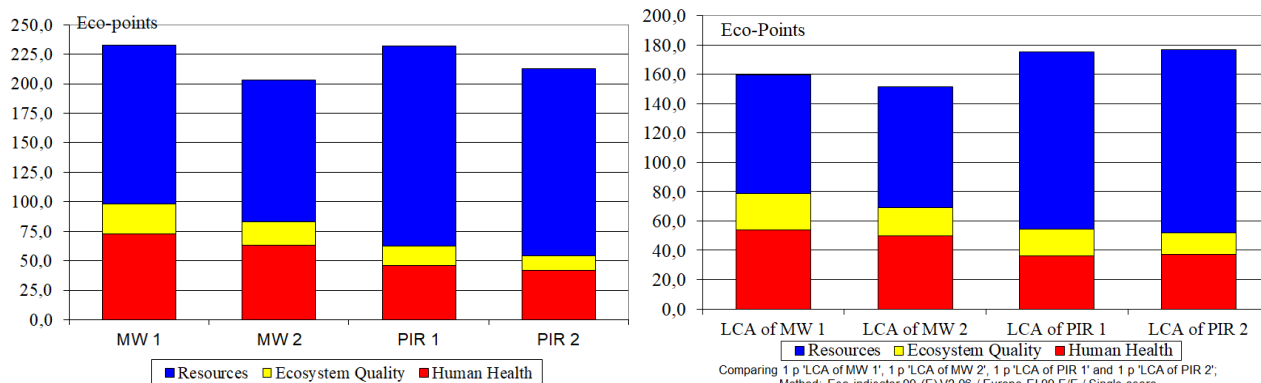


Fig. 4.9. Impactul sistemelor de fațade asupra mediului (după faza de producție) / Impactul sistemelor de fațade asupra mediului (inclusiv faza de Sfârșit a Ciclului de Viață)

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

Scorul total pentru fiecare sistem de închidere analizat este prezentat în Tabelele 4.4 și 4.5. Sistemele de închidere cu scorul cel mai mare sunt soluțiile cu cel mai mare impact asupra mediului. Toate cele patru sisteme de fațade au obținut valori similare ale scorului total.

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

Rezultatele mai demonstrează faptul că, în ansamblu, toate cele patru sisteme de fațade se dovedesc scoruri asemănătoare, atât în stadiul de producție, cât și la sfârșitul ciclului de viață. Cu toate acestea,

sistemul de fațadă cu cel mai mic impact asupra mediului este diferit pentru faza de producție respectiv pentru sfârșitul ciclului de viață a soluțiilor analizate, datorită reutilizării și recuperării energiei din materialele componente ale sistemelor. Se poate observa că pentru faza de producție soluția cu minimul de eco-puncte este soluția MW 2, urmată de soluția PIR 2.

Rezultatele înregistrate în urma analizei sistemelor de fațadă pe întreaga lor durată de viață, luând în considerare și Sfârșitul Ciclului de Viață, arată că soluția PIR 2 este clasată pe ultimul loc în ceea ce privește impactul asupra mediului, având cel mai însemnat impact asupra mediului dintre toate cele patru sisteme de fațade analizate. Totuși, soluția MW 2 (bazată pe o termoizolație din vată minerală) a rămas soluția care a însumat minimul de eco-puncte și în urma analizei LCA, astfel demonstrând că este sistemul de fațadă care are cel mai mic impact asupra mediului, în raport cu celelalte soluții analizate, din faza de producție până la Sfârșitul Ciclului de Viață.

Tabel 4.4. Impactul asupra mediului – în faza de producție

| Sistem de fațadă | Impactul asupra mediului – în faza de producție [eco-puncte] | Categorია de impact |                    |                  |
|------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------|------------------|
|                  |                                                              | Sănătate umană      | Calitate Ecosistem | Resurse naturale |
| MW 1             | 232                                                          | 72,30               | 25,47              | 134,15           |
| MW 2             | 203                                                          | 62,94               | 19,79              | 120,38           |
| PIR 1            | 231                                                          | 45,52               | 16,02              | 169,52           |
| PIR 2            | 212                                                          | 41,46               | 12,09              | 158,76           |

Tabel 4.5 Impactul asupra mediului – la Sfârșitul Ciclului de Viață

| Sistem de fațadă | Impactul asupra mediului – la sfârșitul Ciclului de Viață [eco-puncte] | Categorია de impact |                    |                  |
|------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------|------------------|
|                  |                                                                        | Sănătate umană      | Calitate Ecosistem | Resurse naturale |
| MW 1             | 160                                                                    | 53,38               | 25,64              | 81,04            |
| MW 2             | 151                                                                    | 49,40               | 19,16              | 82,58            |
| PIR 1            | 171                                                                    | 32,86               | 15,92              | 121,81           |

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

În paralel, pentru sistemul de fundații rapide fost efectuate două încercări experimentale (Activitatea 4.2.2 - 2019) pe fundații cu instalare rapidă, prefabricate de mică adâncime cu fețe înclinate, încărcate cu forțe axiale de compresiune (Fig. 4.10). Similar piloților cu secțiune variabilă, fundațiile cu fețe înclinate oferă avantajul antrenării frecării dintre fețele laterale ale fundației și terenul de fundare. Fundațiile au fost introduse în gropi săpate și solidarizate de teren cu mortar de ciment. Terenul de fundare este format din argile prăfoase consistente. Rezultatele încercărilor sunt prezentate sub forma curbelor forță axială – tasare și comparate cu valorile capacităților portante, rezultate conform calculelor metodelor de calcul.

Studiul tehnic a fost completat în decursul anului 2020 de o analiză suplimentară pentru verificarea contribuției pe care o au fețele înclinate în calculul capacității portante a unui element de fundație de tip trunchi de piramidă. Au fost create modele cu element finit suplimentare:

- modelul de bază, notat cu FEM-F;
- modelul unei fundații prismatice (denumire FEM-5), care are forma unei prisme drepte, cu baza de 50x50cm și înălțimea de 90cm. Scopul modelului este de a verifica dacă răspunsul unei fundații prismatice având baza egală cu dimensiunea secțiunii medii (între baza mică și baza mare) este similar cu răspunsul fundației cu fețe înclinate;
- modelul unei fundații prismatice (denumire FEM-3NF) având formă de prisma dreaptă cu baza de 30x30 cm. Acest model are definite condiții de frecare numai la baza inferioară în timp ce fețele laterale nu dezvoltă eforturi de frecare. FEM 3 NF a fost creat pentru identificarea ponderii pe care o aduce baza fundației la capacitatea portantă a întregii fundații (FEM-F);

- modelul unei fundații prismatice (denumire FEM-3) având formă de prisma dreaptă cu baza egală cu 30x30 cm, cu condiții de frecare identice pe bază și fețele laterale. Modelul a fost dezvoltat pentru identificarea aportului adus de fețele verticale ale fundațiilor (în comparație directă cu modelul FEM-3NF).

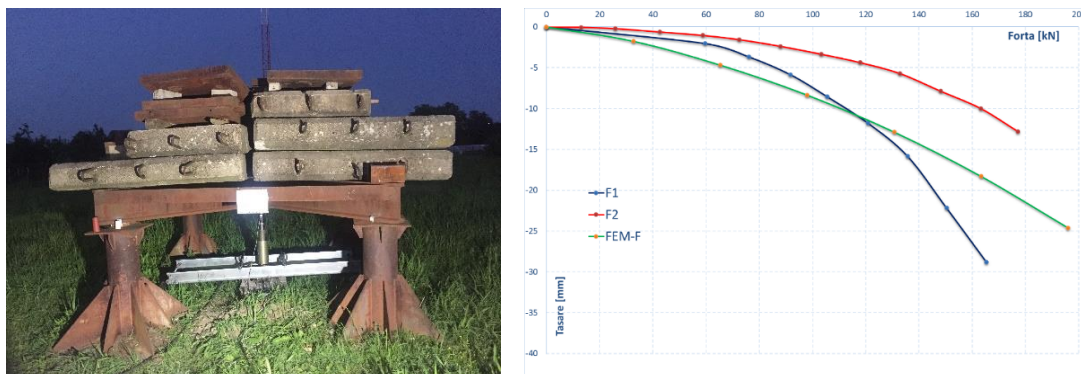


Fig. 4.10. a) Încercări statice pe fundații prefabricate cu montare rapidă; b) rezultate experimentale și calibrarea modelului numeric

Pentru toate modelele menționate mai sus au fost considerate caracteristici de material, condiții de margine, de contact respectiv de discretizare a elementelor finite similare cu cele ale modelului de bază. Cu excepția modelului FEM-3NF, care are definită frecarea numai la baza fundației, toate modelele dezvoltă frecare atât pe bază cât și pe suprafețele laterale.

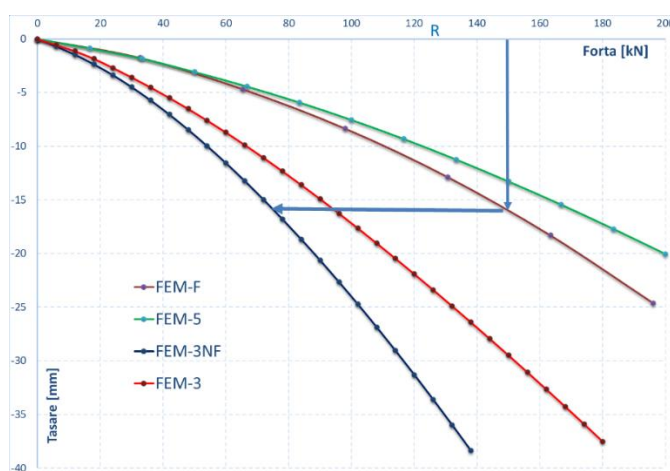


Fig. 4.11. Rezultatele comparative ale modelelor cu element finit

Figura 4.11 prezintă rezultatele simulărilor numerice prin curbele caracteristice încărcare-tasare. Analizând rezultatele obținute din modelarea numerică cu elemente finite se evidențiază:

- (1) modul de comportare al fundației de secțiune mediană (FEM-5) este similar cu cel al fundației în formă de trunchi de piramidă. Totuși, pentru forțe de compresiune mai mari diferențele de comportare cresc iar calculul pe fundația echivalentă prismatică devine nesecuritar;
- (2) capacitatea portantă rezultată din modelarea MEF pentru tasarea de 16 mm pentru modelul FEM-5 este de 170 kN iar pentru modelul FEM-F este de 146 kN ceea ce înseamnă o diferență de 16,4 % în favoarea modelul FEM-5.
- (3) pentru a compara capacitatea portantă calculată conform normativului C230/89 (147 kN) cu cea rezultată din analizele MEF, s-a impus tasarea modelului de bază la 16 mm (modelul FEM-F). Din analiza efectuată rezultă că acestei tasări îi corespunde o capacitate portantă a bazei fundației de 75 kN (modelul FEM-3) ceea ce reprezintă aproximativ 51% din capacitatea portantă, iar diferența de 72kN ce reprezintă 49% din capacitatea portantă se datorează aportului fețelor laterale înclinate. Această distribuție este puțin diferită față de calculul din normativ conform căruia aportul fețelor laterale este 44% din valoarea capacității portante P;

- (4) pentru fundația prismatică cum este FEM-3, considerarea frecării pe fețele laterale sporește cu aproximativ 21% capacitatea portantă comparativ cu FEM-3NF, așa cum rezultă din analiza numerică efectuată.

Analiza de evaluare a impactului asupra mediului (analiză de tip LCA) efectuată comparativ pentru un element independent de fundație de tip prefabricat - recuperabil, respectiv o fundație echivalentă turnată pe șantier (vezi Fig. 4.9). Rezultatele analizelor de tip LCA demonstrează faptul că deși în faza de producție (faza A1-A3) impactul fundației prefabricate este net superior fundației turnate in-situ, valori mari ale impactului sunt recuperate la sfârșitul ciclului de viață prin re folosirea fundației prefabricate (faza D) – așa cum este demonstrat în Fig. 4.12.

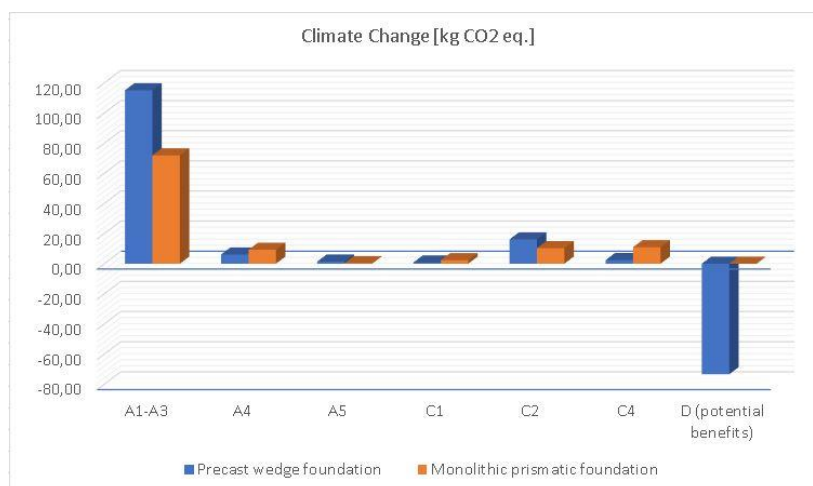


Fig. 4.12. Rezultate LCA (indicator kg CO2 echivalent) pentru o fundație prefabricată cu montaj rapid / fundație turnată pe șantier.

### 3. Prezentarea structurii ofertei de servicii de cercetare si tehnologice cu indicarea link-ului din platforma Erris

Institutul de energii regenerabile (ICER) permite dezvoltarea de noi domenii de cercetare în utilizarea și optimizarea utilizării energiilor regenerabile în conformitate cu tendințele din cercetarea internațională și cu cerințele economiei românești și europene și crearea unui cadru propice diseminării de noi cunoștințe în rândul societății. ICER permite realizarea unei game largi de servicii de cercetare prezentată pe pagina <https://erris.gov.ro/ICER-Research-Institute>, bazată pe o serie de echipamente de ultimă generație.

### 4. Locuri de muncă susținute prin program, inclusiv resursa umană nou angajată

În anul 2020 în cadrul Proiectului 30PCCDI / 2018 CLĂDIRI INTELIGENTE ADAPTABILE LA EFECTELE SCHIMBĂRIILOR CLIMATICE CIA\_CLIM au fost active 48 de posturi, în conformitate cu lista de personal depusă la semnarea proiectului și a documentelor adiționale. Structura personalului salariat (totală respectiv pe instituțiile partenere) este dată în tabelele de mai jos.

| Nr. crt. | Structura salariaților care au participat la realizarea etapei de execuție nr. 3 / 2020 | Numărul |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1        | Numărul cercetătorilor                                                                  | 33      |
| 2        | Numărul cercetătorilor postdoctorali                                                    | 0       |
| 3        | Numărul doctoranzilor                                                                   | 4       |
| 4        | Numărul tehnicienilor                                                                   | 1       |
| 5        | Numărul cercetătorilor Noi                                                              | 9       |
| 6        | Numărul cercetătorilor postdoctorali Noi                                                | 1       |
| 7        | Numărul doctoranzilor Noi                                                               | 0       |

| Centralizator cheltuieli de personal pe Parteneri                                                                                           |                       |                     |                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------|----------------------------------|
| Partener                                                                                                                                    | Sume Credite Bugetare | Total Sume Salarii  | Număr persoane implicate / etapa |
| Coordonator proiect complex (CO) - UNIVERSITATEA POLITEHNICA TIMIȘOARA                                                                      | 430.842,00            | 433.664,00          | 22                               |
| Partener 1 proiect complex (P1) - UNIVERSITATEA TEHNICA DE CONSTRUCȚII BUCUREȘTI                                                            | 267.738,00            | 267.738,00          | 9                                |
| Partener 2 proiect complex (P2) - UNIVERSITATEA TEHNICA DIN CLUJ - NAPOCA                                                                   | 164.228,00            | 164.228,00          | 6                                |
| Partener 3 proiect complex (P3) - INSTITUTUL NATIONAL DE CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU INGINERIE ELECTRICA ICPE - CA BUCUREȘTI                | 67.774,59             | 71.574,59           | 4                                |
| Partener 4 proiect complex (P4) - INSTITUTUL NATIONAL DE CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU ELECTROCHIMIE SI MATERIE CONDENSATA - INCERC TIMIȘOARA | 119.313,00            | 123.513,00          | 7                                |
| <b>Totaluri</b>                                                                                                                             | <b>1.049.895,59</b>   | <b>1.060.717,59</b> | <b>48</b>                        |

## 5. Prezentarea valorificării/ îmbunătățirii competențelor / resurselor existente la nivelul consorțiului

Lista cu lucrări publicate de către membrii consorțiului:

Articole în jurnale indexate ISI

1. E. Linul, L. Marșavina, C. Valean, R. Banica. Static and dynamic mode I fracture toughness of rigid PUR foams under room and cryogenic temperatures. Engineering Fracture Mechanics. Vol. 225, 106274, 2020 (IF = 3.426).
2. L. Marsavina, E. Linul. Fracture toughness of rigid polymeric foams: A review. Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures. Vol. 43, Issue11, 2483-2514, 2020 (IF = 3.031).
3. A.Pugna, R. Negrea, E. Linul, L. Marsavina. Is fracture toughness of PUR foams a material property? A statistical approach. Materials, 13(21), 4868, 2020. (IF = 3.057).
4. D.A. Șerban, R. Negru, H. Filipescu, L. Marsavina. Investigations on the influence of the triaxial state of stress on the failure of polyurethane rigid foams. Continuum Mechanics and Thermodynamics, 2020 (IF = 2.139).
5. C. Vilau, M.C. Dudescu. Investigation of Mechanical Behaviour of Expanded Polystyrene Under Compressive and Bending Loadings. Materiale Plastice. 57 (2), 199-207, 2020 (IF = 1.517).
6. Bogdan-Ovidiu Taranu, Madalina-Gabriela Ivanovici, Paula Svera, Paulina Vlazan, Paula Sfirloaga, MariaPoienar. Ni11□(HPO3)8(OH)6 multifunctional materials: Electrodes for oxygen evolution reaction and potential visible-light active photocatalysts. Journal of Alloys and Compounds, 848, 156595, 2020 (IF = 4.65).
7. R.A. Chihaia, I. Vasile, G. Cîrciumaru, S. Nicolaie, E. Tudor C. Dumitru. Improving the energy conversion efficiency for hydrokinetic turbines using MPPT controller. Special Issue: Resilient and Sustainable Distributed Energy Systems. MDPI Applied Sciences, 10(21), 7560, 2020 (IF = 2.474).
8. A.S. Bejan, C. Teodosiu, C.V. Croitoru, T. Catalina, I.Nastase. Experimental investigation of transpired solar collectors with/without phase change materials, Solar Energy (in evaluare), 2020.

Articole în jurnale indexate BDI

1. C. Vilau, M.C. Dudescu. Impact behaviour of expanded polystyrene by experimental and numerical methods. Acta Technica Napocensis, 2020 (in evaluare).
2. Adrian Liviu Ciutina, Raluca Ioana Buzatu, Daniel-Mihai Muntean, Daniel-Viorel Ungureanu. Sisteme moderne de fațade metalice: analize termice și de impact asupra mediului. Revista Construcțiilor, Anul XVI, nr. 166, ianuarie-februarie 2020, 36-43.

Conferințe internaționale și naționale

1. M. Ivanovici, P. Vlazan, S.D. Novaconi, F.S. Rus. Degradation of Rhodamine B by glass foam coated with WO3 and TiO2 under simulated solar radiation. AIP Conf. Proc., Vol. 2218, No. 1, 030013, 2020. (indexat ISI, IF = 0.4).
2. Florina-Stefania Rus, Stefan Novaconi, Madalina Ivanovici, Paulina Vlazan. Developing new ecological material with applications in construction industry and pollution reduction. Proceedings of the 26th International Symposium on Analytical and Environmental Problems - ISAEP 2020, 23-24 November 2020, Szeged, Hungary, ISBN 978-963-306-771-0, pp. 43-46 (lecture and lecture proceedings).
3. Madalina Ivanovici, Florina-Stefania Rus, Stefan Novaconi, Paulina Vlazan, Paula Ianasi. Photodegradation of rhodamine b by wo3/glass foam visible-light third generation photocatalyst. ISAEP (26th International Symposium on Analytical and Environmental Problems - ISAEP 2020, 23-24 November 2020, Szeged, Hungary, ISBN 978-963-306-771-0, pp.165-168 (poster and poster proceedings).
4. G. Cîrciumaru; R.Chihaia; D. Ovezia; I. Chirita; S. Nicolaie; A. El-Leathey; A. Nedelcu. Experimental Study on Performance of Small-Scale Wind Turbine Rotors. 7th International

---

Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering (EE&AE), Bulgaria, 12-14.11.2020 (în curs de indexare ISI).

5. N. C. Szekely, M. Sabău, A. M. Iuoraș, M. Bojan and P. Teodosescu. Overall performance analysis of a resonant driver with different LED output stages. 2020 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM), Sorrento, Italy, 2020 (în curs de indexare ISI).
6. A.M. Iuoras, N. C. Szekely, L. D. Vitin, M. Bojan, P. Teodosescu. AC home appliances retrofitting for DC microgrids. 2020 12th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI), Bucharest, Romania, 2020 (în curs de indexare ISI).
7. D. Hulea, M. Gireada, D. Vitin, O. Cornea, N. Muntean. An Improved Bidirectional Hybrid Switched Inductor Converter. 22nd European Conference on Power Electronics and Applications (EPE '20 ECCE Europe), 2020. (în curs de indexare ISI).
8. L.D. Vitin, D. Hulea, O. Cornea, N. Muntean, M. A. Iuoras, N. Hinov. Low Cost Implementation of a Wind Turbine Emulator. IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 (EEEIC / I CPS Europe), 2020 (în curs de indexare ISI).
9. Cătălin Teodosiu, Cătălin Sima, Cristiana Croitoru, Florin Bode - Analysis of velocity and temperature fields inside an air solar collector – A numerical approach. EENVIRO 2020, 21 - 23 October 2020, Bucharest, Online Conference (în curs de indexare ISI).
10. Cătălin Sima, Cătălin Teodosiu, Cristiana Croitoru, Florin Bode - Experimental study of heat transfer inside a real scale innovative air solar collector, EENVIRO 2020, 21 - 23 October 2020, Bucharest, Online Conference (în curs de indexare ISI).
11. R. Buzatu, D. Muntean, V. Ungureanu, A. Ciutina, M. Gireadă, D. Vitin. Holistic energy efficient design approach to sustainable building using monitored energy management system, EENVIRO 2020, Bucharest, 21 - 23 October 2020, online conference (în curs de indexare ISI).
12. A. Ciutina, M. Mirea, A. Ciopec, V. Ungureanu, R. Buzatu, R. Morovan. Behaviour of wedge foundations under axial compression, EENVIRO 2020, Bucharest, 21 - 23 October 2020, online conference (în curs de indexare ISI).
13. R. Buzatu, D. Muntean, A. Ciutina, V. Ungureanu: Thermal Performance and Energy Efficiency of Lightweight Steel Buildings: A Case-Study. The 5th World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium WMCAUS 2020, 15-19 June 2020 – Prague (Czech Republic), online conference (în curs de indexare ISI).

De asemenea, în cadrul conferinței internaționale *The 7th Conference of the Conference of the Sustainable Solutions for Energy and Environment (EENVIRO 2020)*, cu tema “Sustainable Solutions for Energy and Environment”, în 21 - 23 octombrie la București au fost organizate **două sesiuni speciale (workshop)** dedicate proiectului, intitulată **Environment / CIA CLIM Project (Part 1 și Part 2)**.

Tot în cadrul acestei etape a fost transmisă către Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci (OSIM), în data de 22.07.2020, **cererea de Model de Utilitate** cu titlul *Instalație pentru monitorizarea de la distanță a coroziunii în sol a construcțiilor metalice acoperite și neacoperite cu zinc*.

## 6. Bibliografie

1. L. Marsavina, E. Linul, Fracture toughness of rigid polymeric foams: A review, *FATIGUE AND FRACTURE OF ENGINEERING MATERIALS AND STRUCTURES*, 2020, 43, 2483–2514. (Jurnal indexat ISI – Q1)
2. A. Pugna, R. Negrea, E. Linul, L. Marsavina, Is fracture toughness of PUR foams a material property? A statistical approach, *MATERIALS*, 2020, 13, 4868 (Jurnal indexat ISI – Q2).
3. D.A. Șerban, R. Negru, H. Filipescu, L. Marsavina, Investigations on the influence of the triaxial state of stress on the failure of polyurethane rigid foams, *CONTINUUM MECHANICS AND THERMODYNAMICS*, 2020, <https://doi.org/10.1007/s00161-020-00924-x> (Jurnal indexat ISI – Q2).
4. C. Vilau, M.C. Dudescu, Impact behaviour of expanded polystyrene by experimental and numerical methods, *ACTA TECHNICA NAPOCENSIS*, 2020, în recenzie
5. Bibliografie
6. R.A. Chihaia, I. Vasile, G. Cîrciumaru, S. Nicolaie, E. Tudor C. Dumitru, Improving the energy conversion efficiency for hydrokinetic turbines using MPPT controller, MDPI Applied Sciences, Special Issue: Resilient and Sustainable Distributed Energy Systems, 2020;
7. G. Cîrciumaru; R. Chihaia; D. Oveză; I. Chirita; S. Nicolaie; A. El-Leathey; A. Nedelcu, Experimental Study on Performance of Small-Scale Wind Turbine Rotors, 2020 7th International Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering (EE&AE), Bulgaria;

- 
8. N.C. Szekely, M. Sabău, A. M. Iuoraş, M. Bojan and P. Teodosescu, Overall performance analysis of a resonant driver with different LED output stages, 2020 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM), Sorrento, Italy.
  9. A.M. Iuoras, N. C. Szekely, L. D. Vitan, M. Bojan, P. Teodosescu, AC home appliances retrofitting for DC microgrids, 2020 12th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI), Bucharest, Romania.
  10. D. Hulea, M. Gireada, D. Vitan, O. Cornea, N. Muntean, An Improved Bidirectional Hybrid Switched Inductor Converter, 22nd European Conference on Power Electronics and Applications, (EPE '20 ECCE Europe).
  11. O. Cornea, D. Hulea, N. Muntean, Convertoare de current continuu hibride, Editura POLITEHNICA, 2020.
  12. L.D. Vitan, D. Hulea, O. Cornea, N. Muntean, M. A. Iuoras, N. Hinov, Low Cost Implementation of a Wind Turbine Emulator, IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I CPS Europe).
  13. R. Buzatu, D. Muntean, V. Ungureanu, A. Ciutina, M. Gireadă and D. Vitan, Holistic energy efficient design approach to sustainable building using monitored energy management system, EENVIRO 2020, Bucharest.
  14. V. Paleu, Sisteme de achizitie si interfete - Curs pentru studentii facultatii de Mecanica, Oct.; ISBN: 978-606-13-1635-9.
  15. <https://www.ni.com/getting-started/set-up-hardware/data-acquisition/pci-pxi>.
  16. D. Dubina, V. Ungureanu, A. Ciutina, M. Mutiu, D. Grecea Innovative sustainable steel framing based affordable house solution for continental seismic areas proceedings of: Structures and Architecture, Guimaraes, Portugal, (21-23 July 2010), ISBN 978-0-415-49249-2.
  17. SimaPro 7. Software and database manual, Amersfoort, The Netherlands (2008), online at: [www.presustainability.com](http://www.presustainability.com).
  18. Eco-indicator'99 2000. Eco-indicator'99 – Manual for Designers. A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment, online at: <http://www.pre.nl/download>.