

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
CIA_CLIM

Proiect 4: Fațade inteligente în contextul schimbărilor climatice

ETAPA IV (2021) - Urmărirea în timp a performanțelor fațadelor inteligente și testarea unui model experimental de microrrețea (continuare etapa 3)

Responsabil proiect: Prof.Dr.Ing. Adrian CIUTINA

Parteneri:

Universitatea Politehnica Timișoara (Lider de proiect)
Universitatea Tehnică de Construcții București
Universitatea Tehnică din Cluj – Napoca
Institutul National de Cercetare-Dezvoltare pentru Inginerie Electrica ICPE - CA
Bucuresti

1. Rezumatul etapei

Etapa a integrat următoarele activități:

- Monitorizarea datelor EXPERIMENTARIUM – Activitatea 4.5
- Evaluarea și interpretarea performanțelor tehnico-economice. Analize LCA și LCC – Activitatea 4.6
- Recomandări tehnice și concluzii. Diseminarea rezultatelor – Activitatea 4.7

2. Descrierea științifică și tehnică

1. Monitorizarea datelor EXPERIMENTARIUM (Activitatea 4.5)

Montajul sistemelor energetice auxiliare

În prima parte a etapei IV/2020 a fost realizat montajul turbinei eoliene și a structurii de susținere și a lamelor fotovoltaice. Pentru fundația turbinei eoliene s-a optat pentru o fundație izolată. Figura 1 prezintă montajul acestor echipamente.



Fig. 1. Montajul lamelor fotovoltaice și a turbinei eoliene

Proiectarea fundației izolate.

Pentru fundația izolată a fost aleasă o soluție de fundație bloc rezistentă la momente încovoietoare. Proiectarea s-a făcut conform normativului NP 112:

Clasa de beton: C16/20

Lungimea Fundației: $L=0.85\text{m}$

Lățimea Fundației: $B=0.85\text{m}$

Înălțimea Fundației: $H=0.8\text{m}$

Adâncimea de îngheț: $D_f=70\text{cm}$

Presiunea convențională: $p_{conv}=p'_{conv}+C_B+C_D=166.8\text{ kPa}$

Pesiunea plastică: $p_{pl}=m_1(\gamma_d B I N_1 + q N_2 + c_d N_3)=314\text{ kPa}$

Presiunea critică $p_{CR} = c'_d N_c b_c s_c i_c + q' N_q b_q s_q i_q + 0,5 \gamma' B' N_g b_g s_g i_g = 570\text{ kPa}$

Capacitatea terenului: $R_d=411\text{ kN}$

Aria de armare necesară pe direcție longitudinală și transversală: $A_{nec.x,y}=895\text{ mm}^2$

Aria de armare efectivă pe direcție longitudinală și transversală: $A_{eff.x,y}=923\text{ mm}^2 (6\Phi 14)$

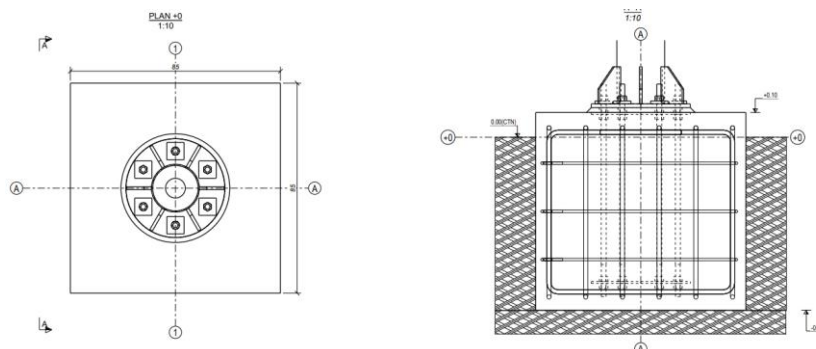


Fig. 2. Schița fundației turbinei eoliene



Fig. 3. Fațadele nord și sud ale Laboratorului EXPERIMENTARIUM

Implementarea și testarea unui model experimental de microrețea cu distribuție a energiei în curent continuu

Testarea generatorului electric al microturbinei eoliene integrate în sistemul de tip „smart grid” 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 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 este 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 cresați rotorice și deschiderea acestora de 1 mm. Generatorul și rotorul sunt prezentate în Figura 4.

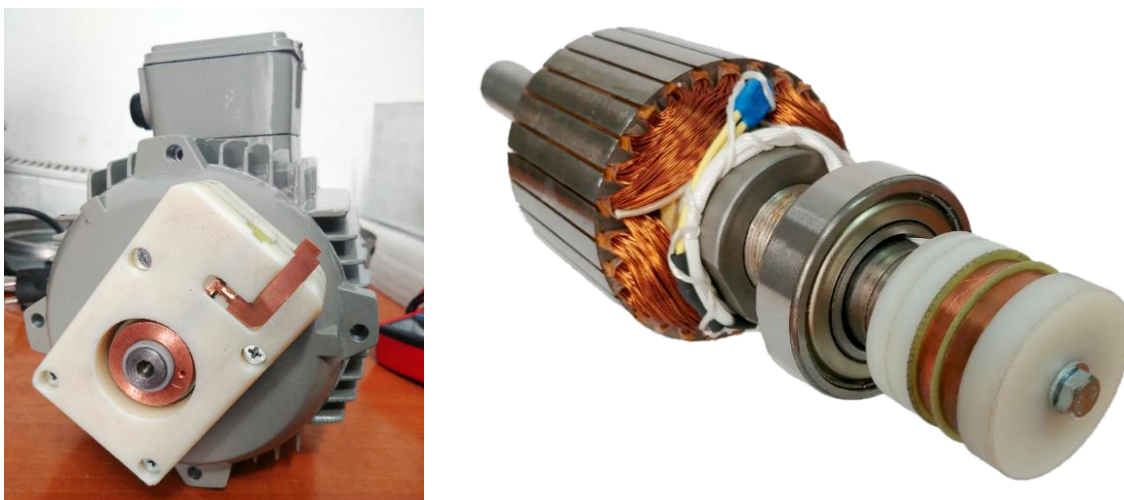


Fig. 4. Generatorul electric cu excitație electromagnetică; Rotorul executat și sistemul de inele colectoare

Axul a fost modificat pentru integrarea sistemului de perii și inele colectoare necesar pentru alimentarea înfășurării de excitație. Acest sistem este plasat în exteriorul mașinii electrice, în zona aferentă ventilatorului și este protejat de capacul cu grila de ventilație prevăzut inițial pentru motorul asincron. Rezultă astfel o construcție compactă, care se încadrează în dimensiunile de gabarit ale unui motor standard de tip MA-AL 90S.

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 figura 3. 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 $P_n=1.5\text{kW}$, 1415 rpm. În continuare vor fi prezentate, separat:

- aparatele de măsură și montajele electrice utilizate;
- încercările efectuate asupra generatorului cu excitație realizat;
- rezultatele obținute, interpretarea acestora, curbele de variație a diversilor parametri electrice și mecanici.

Aparatele de măsură utilizate:

- Tester pentru măsurarea izolației: HT7051
- Punte trifazată de redresare cu diode
- Analizor de putere: FLUKE 434
- Sursă duală de putere: PeakTech 6145
- Tahometru DT-1236L
- Invertor Mitsubishi FR-A840
- Multimetru Tektronix DMM 4050

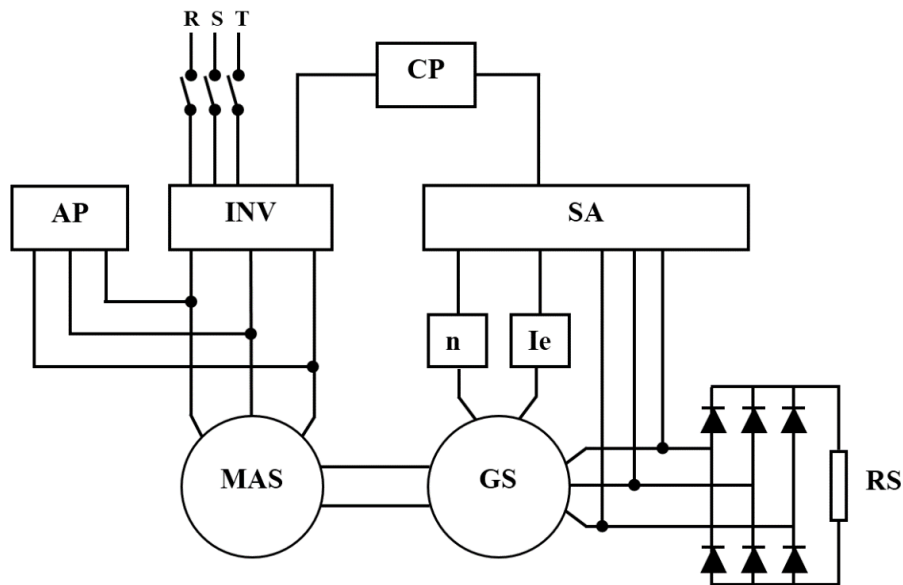


Fig. 5. Prezentare schematică a standului de încercări

CP – Calculator de proces;

INV – Invertor trifazat;

SA – Sistem de achiziție date;

AP – Analizor de putere;

Ie – Alimentarea înfășurării de excitație a generatorului;

n – Traductor de turație;

MAS – Mașina asincronă;

GS – Generator sincron;

RS – Rezistență de sarcină.

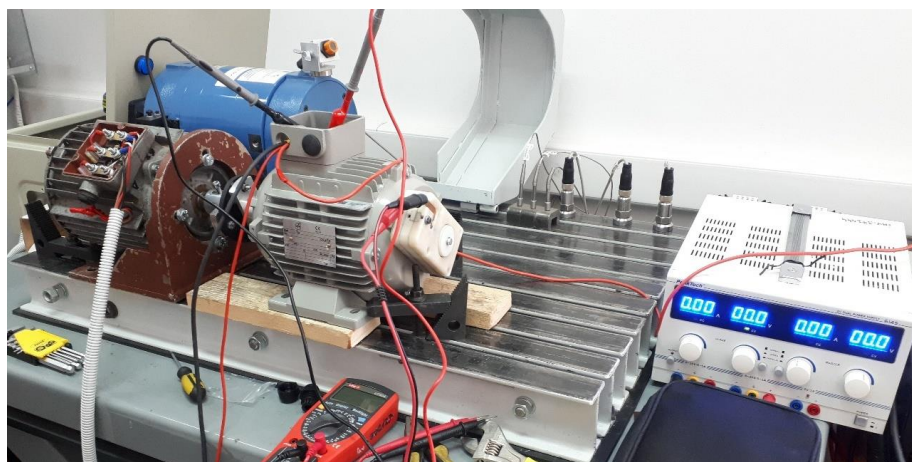


Fig. 6. Pregătirea generatorului pentru testarea pe stand

Pentru demontarea suportului de perii al generatorului se vor îndepărta pe rând:

- opritoarele periilor pentru a depărta cărbunii de suportul de inele; capacul din spate (opus capătului de ax de antrenat) împreună cu suportul de perii (rulmentul rămâne pe ax);
- șuruburile de prindere al suportului cu piulițele de pe fața interioară a capacului.

Pentru condiții de exploatare normale se recomandă căderea de tensiune de la nominal la sarcină $\Delta U < 20\%$. În urma finalizării încercărilor pe generator, s-au definit datele tehnice ale produsului care vor fi specificate și în cartea tehnică care va fi furnizată beneficiarului împreună cu produsul.

Parametrii electrici sunt utilizați pentru dimensionarea turbinei eoliene, alegerea unei soluții tehnice adecvate pentru montarea și conectarea corespunzătoare la rețeaua de curent continuu avută în vedere în cadrul proiectului. În urma finalizării încercărilor, s-au definitiv caracteristicile tehnice ale produsului, prezentate în continuare.

Încercarea la funcționarea cu condensatoare cuplate la ieșirea generatorului

Pentru a păstra tensiunea la borne constantă sau într-o gamă restrânsă de valori, curentul de excitație al generatorului va fi ajustat automat printr-un controller inteligent, parte a sistemului de integrare a generatorului în rețeaua de curent continuu.

În vederea creșterii tensiunii de ieșire de pe sarcina de curent continuu (c), s-a considerat introducerea unor baterii de condensatoare la ieșirea a generatorului (a). S-au considerat două tipuri de conexiuni ale condensatoarelor (b), și anume: conexiune stea (Y), Fig. 7, respectiv conexiune triunghi (Δ), Fig.8.

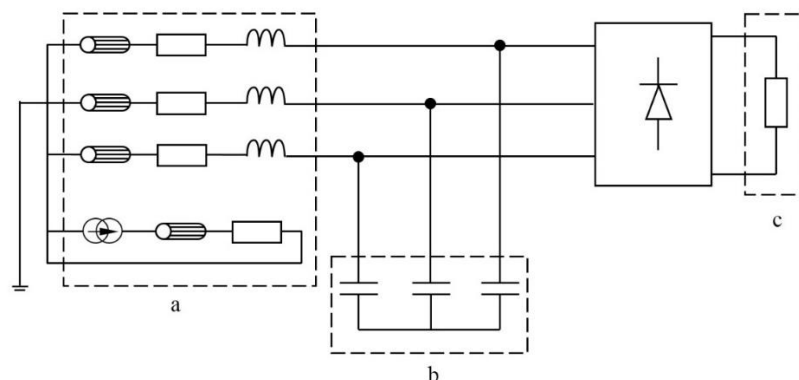


Fig. 7. Circuitul electric al generatorului având condensatoare conectate în stea (Y)

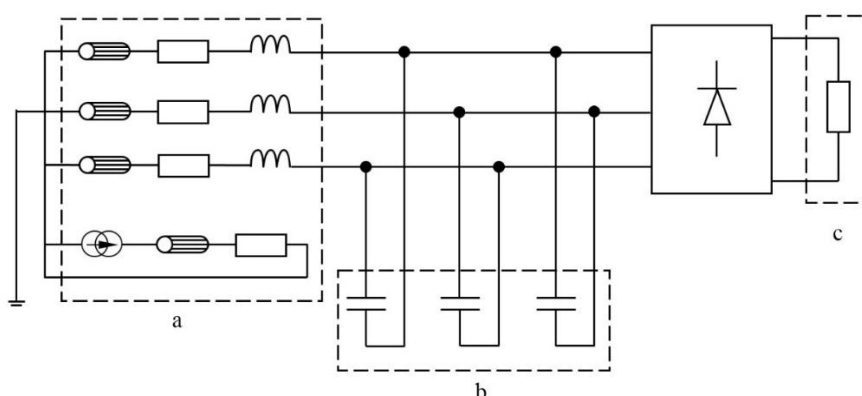


Fig. 8. Circuitul electric al generatorului având condensatoare conectate în triunghi (Δ)

Utilizând modele numerice s-a calculat valoarea optimă a condensatoarelor în funcție de tipul conexiunii, Tabelul 1.

Tabelul 1. Valoarea optimă a condensatoarelor în funcție de tipul conexiunii

Conexiune C	Valoare optimă C [μF]
stea (Y)	30
triunghi (Δ)	12

Utilizând valorile condensatoarelor din Tabelul 1, s-a obținut caracteristica externă măsurată a generatorului în sarcină rezistivă, turație de 1000 [rpm] și excitație constantă, pentru fiecare tip de conexiune, prezentată în Fig. 9. De asemenea, s-a obținut curba puterilor în aceleași condiții, Fig. 6. Valorile sunt menționate în Anexa 1.

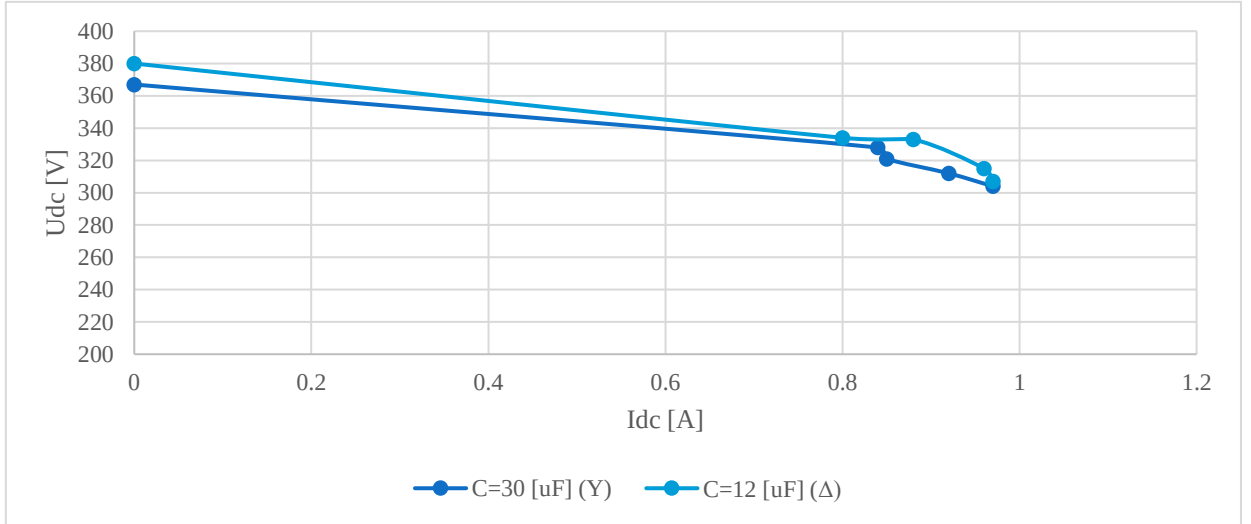


Fig. 9. Caracteristica externă a generatorului în sarcină rezistivă și excitație constantă ($I_{ex}=1A$)

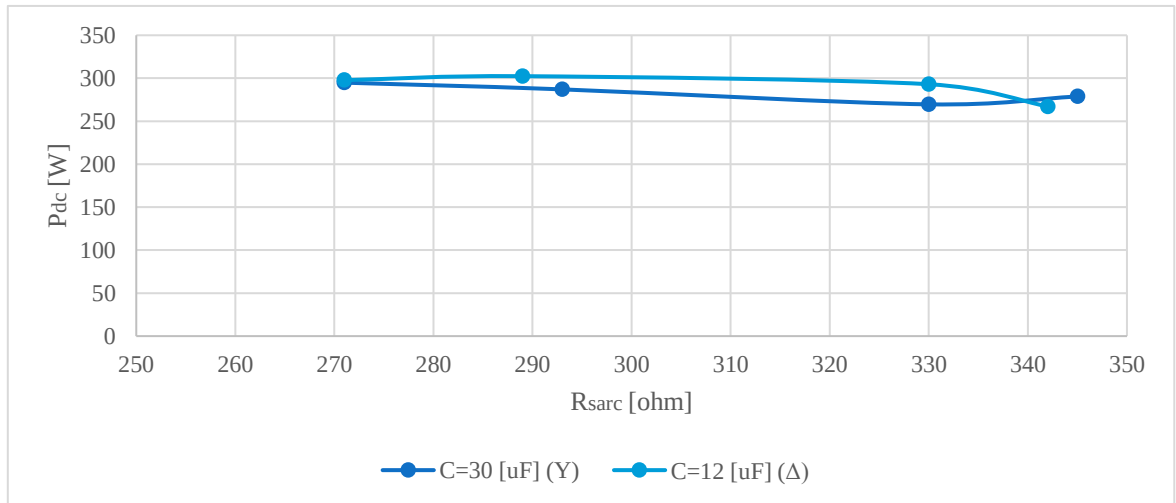


Fig. 10. Curba puterilor obținute în funcție de turație cu excitație constantă ($I_{ex}=1A$)

Pentru protejarea înfășurării de excitație, deoarece aceasta nu are ventilație, s-a convenit ca temperatura maximă a acesteia să nu depășească $100^{\circ}C$. Astfel, rezistența echivalentă estimată prin calcul analitic la această temperatură a fost calculată cu relațiile:

$$R_v = \rho_v \frac{l_{med}}{s} \quad (1)$$

$$\rho_v = \rho_{20}[1 + \alpha \cdot (v - 20)] \quad (2)$$

$$R_{20} = 32.5 [\Omega] \rightarrow R_{100} = 42.8 [\Omega] \quad (3)$$

Măsurătorile de temperatură ale înfășurării de excitație au fost realizate în conexiune triunghi a condensatoarelor, Fig. 6, rezistență de sarcină constantă, $R_s = 294 [\Omega]$ și turație constantă $n = 1000 [rpm]$, Figurile 5–7. Citirea valorilor rezistenței înfășurării de excitație s-a realizat după 3-4 secunde după oprirea sursei de alimentare.

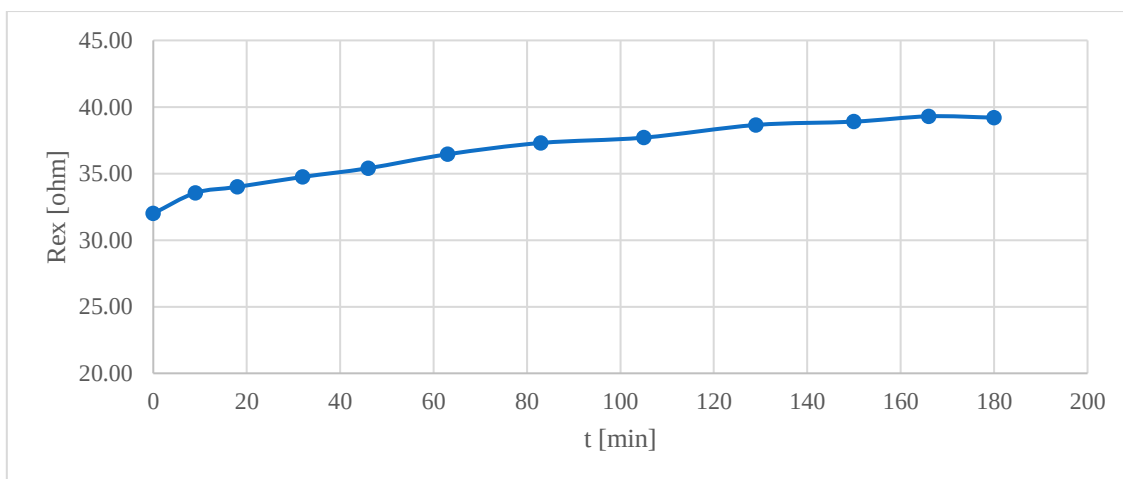


Fig. 11. Variația rezistenței de excitație în timp pentru $I_{ex}=0.8$ [A]

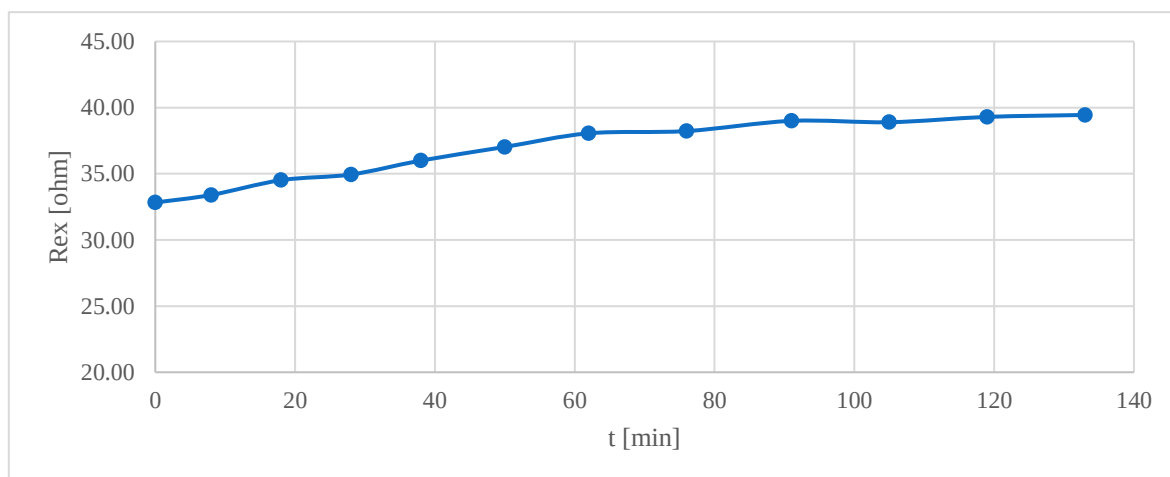


Fig. 12. Variația rezistenței de excitație în timp pentru $I_{ex}=0.9$ [A]

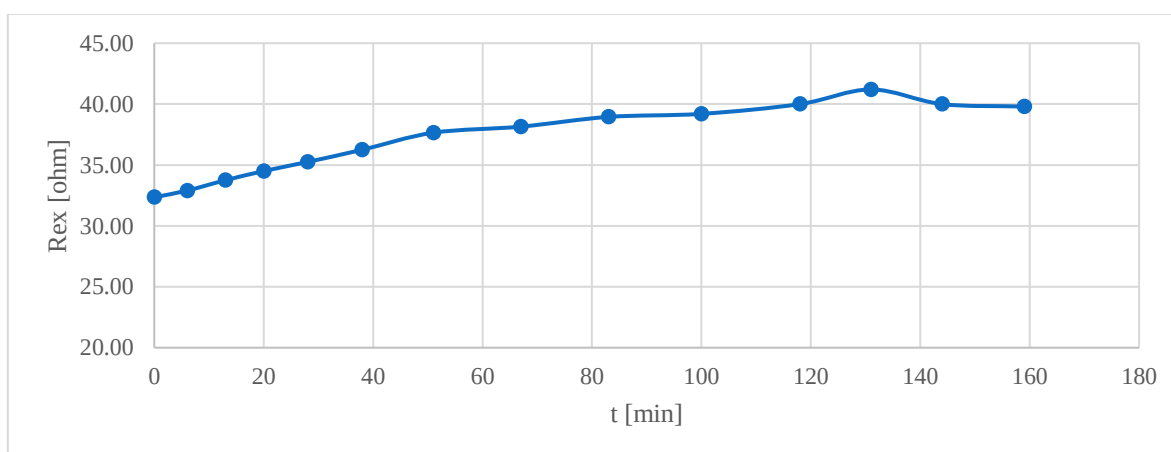


Fig.13. Variația rezistenței de excitație în timp pentru $I_{ex}=0.95$ [A]

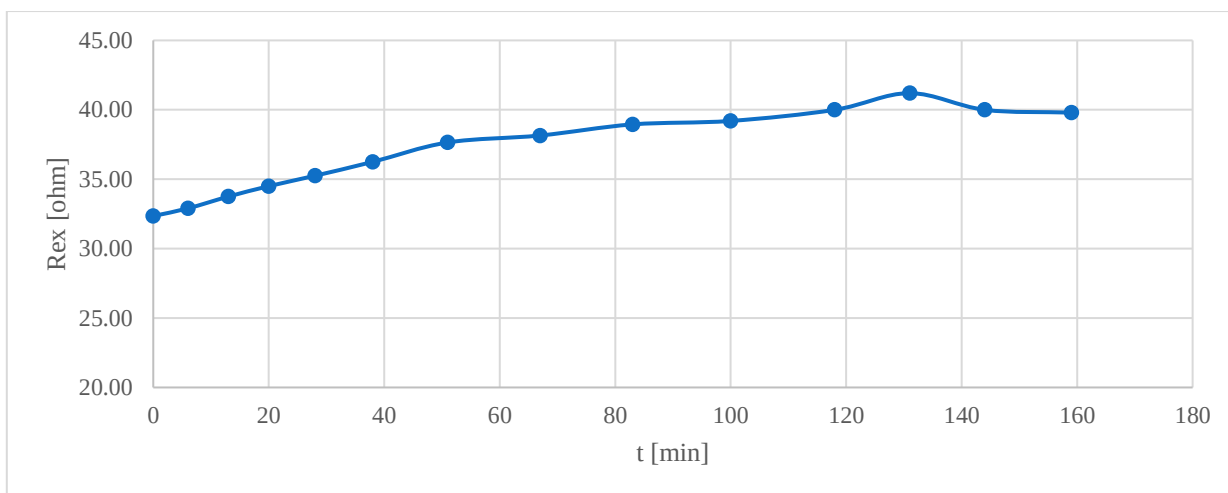


Fig. 14. Variația rezistenței de excitație în timp pentru $I_{ex}=1$ [A]

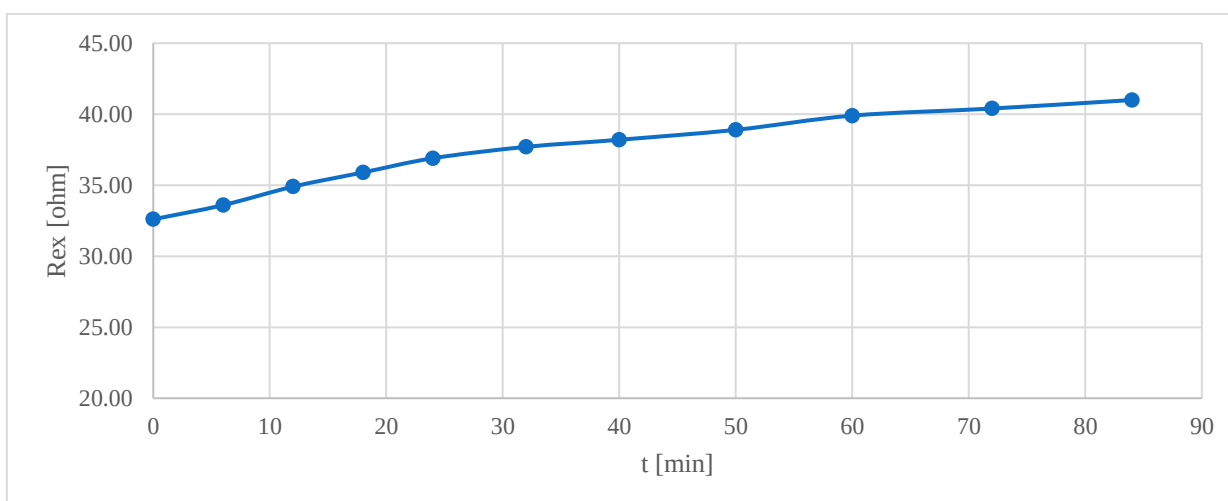


Fig. 15. Variația rezistenței de excitație în timp pentru $I_{ex}=1.1$ [A]

În urma măsurărilor $R_{ex} = f(t)$ se confirmă următoarele:

- Curentul nominal prin excitație $I_{ex_n}=1$ [A] poate fi menținut pe o perioadă îndelungată de funcționare.
- Curentul de suprasarcină prin excitație este $I_{ex} = 1.1$ [A], pentru durată de funcționare relativ scurtă. După aproximativ 85 minute, termostatul bimetalic, montat pe suprafața capetelor de bobină a înfășurării de excitație a întrerupt circuitul de alimentare. Deși valoarea R_{ex} măsurată la acel moment atingea ~ 41 ohm (95.8 % din valoarea estimată analitic), temperatura în diferite părți ale generatorului depășește 100°C , neavând ventilație interioară.

Termostatul protejează înfășurarea de excitație în cazul încălzirii excesive, însă în condițiile asigurării unei bune ventilații, înfășurarea poate funcționa și la curenți mai mari. Pentru reglarea curentului de excitație cu ajutorul controller-ului electronic este necesară prelevarea temperaturii generatorului în timp real. Dacă aceasta se află în limite de siguranță, atunci generatorul poate fi supraîncărcat, implicit valoarea curentului de excitație poate depăși valoarea de 1.1 A

Caracteristici de funcționare ale generatorului electric cu excitație electromagnetică pentru microturbină eoliană

Pentru realizarea generatorului electric cu excitație electromagnetică pentru microturbină eoliană s-a optat pentru modificarea unui motor asincron trifazat varianta MA-AL 90S, 1.1kW; 1410rpm, 3x400V cu 28 de creștături rotorice și deschiderea acestora de 1 mm. Cu anumite modificări ale înfășurărilor rotorice și prin adăugarea unui sistem de perii și inele colectoare pentru înfășurarea de excitație, a rezultat un generator electric cu excitație electromagnetică pornind de la structura unui motor asincron trifazat aflat în producția curentă a Electroprecizia Săcele SA.

Generatorul electric cu excitație electromagnetică pentru microturbină eoliană furnizează tensiune în gama 170V (1000 rpm) – 310V (2000 rpm) și este pretabil injectării în rețeaua de curent alternativ sau curent continuu printr-un controller dedicat.

Pe axul mașinii electrice a fost integrat sistemul de perii și inele colectoare necesar pentru alimentarea înfășurării de excitație. Acest sistem este plasat în exteriorul mașinii electrice, în zona aferentă ventilatorului și este protejat de capacul cu grila de ventilație prevăzut inițial pentru motorul asincron. Rezultă astfel o construcție compactă, care se încadrează în dimensiunile de gabarit ale unui motor standard de tip MA-AL 90S.

Tensiunea maximă de excitație este de 24V cc iar reglajul acesteia va fi asigurat de controller-ul inteligent care va furniza valoarea corespunzătoare a excitației în plaja de turații pentru asigurarea puterii maxime (sistem de tip MPPT – Maximum Power Point Tracking).

Acest generator este adaptabil și se adresează în special unor instalații complexe de alimentare cu energie electrică, de tip smart-grid, care funcționează doar în curent continuu, cu tensiune înaltă și/sau joasă, tensiunea de excitație fiind ușor accesibilă printr-un circuit de 24 de volți, de joasă tensiune.

Caracteristici tehnice ale produsului:

- putere nominală:	177 W	370 W
- turație nominală:	1000 rpm	2000 rpm;
- tensiune nominală:	3 x 170 V	3 x 310 V;
- Curent nominal de fază:	0,7 A	0,8 A

Generatorul electric cu excitație electromagnetică pentru microturbină eoliană furnizează tensiune în gama 170V (1000 rpm) – 310V (2000 rpm) și este pretabil injectării în rețeaua de curent alternativ sau curent continuu printr-un controller dedicat. Tensiunea maximă de excitație este de 24V cc iar reglajul acesteia va fi asigurat de controller-ul inteligent care va furniza valoarea corespunzătoare a excitației în plaja de turații pentru asigurarea puterii maxime (sistem de tip MPPT – Maximum Power Point Tracking).

Acest generator este adaptabil și se adresează în special unor instalații complexe de alimentare cu energie electrică, de tip smart-grid, care funcționează doar în curent continuu, cu tensiune înaltă și/sau joasă, tensiunea de excitație fiind ușor accesibilă printr-un circuit de 24 de volți, de joasă tensiune.

Generatorul este destinat turbinelor eoliene cu ax vertical sau orizontal și este pretabil injectării în rețeaua de curent alternativ sau curent continuu printr-un controller dedicat. Tensiunea maximă de excitație este de 24V cc

Anexa 1. Valorile parametrilor electrici obținuți la funcționarea în sarcină pentru turația de 1000 rpm, cu excitație constantă

Nr. Crt.	n [rpm]	f [Hz]	R_sarc_DC [ohm]	U_ex [V]	I_ex [A]	U_L_1 [V]	I_f_1 [A]	PA [W]	Q [VAR]	S [VA]	Pf [-]	dU [%]	U_DC [V]	I_DC [A]	P [W]
C=30 [uF] (Y)															
1	1006	33.533	1E+07	32.5	1	272.5	0	0			0	100	367	0	0
2	1003	33.433	345	33.2	1	246	1.27	308.5	444.5	541	0.57	9.725	328	0.84	278.8
3	1005	33.5	330	33.2	1	241	1.275	315.2	429.1	532.4	0.59	11.56	321	0.85	278
4	1004	33.467	293	33.7	1	234	1.3	329	413.8	528.7	0.62	14.128	312	0.92	287.04
5	1001	33.367	271	33.9	1	228	1.32	336	401	523	0.94	16.331	304	0.97	294.88
C=12 [uF] (Δ)															
6	1006	33.533	1E+07	33.3	1	282.5	0	0			0	100	380	0	0
7	1006	33.533	342	33.6	1	250	1.44	325.5	535	626.4	0.52	11.504	334	0.8	267.2
8	1001	33.367	330	34.2	1	248.5	1.45	333.2	532.1	627.8	0.53	12.0354	333	0.88	293.04
9	1004	33.467	289	34.5	1	237	1.46	345.3	489	598.6	0.58	16.1062	315	0.96	302.4
10	1000	33.333	271	34.9	1	230	1.45	342.7	469.5	581.2	0.59	18.585	307	0.97	297.79

Monitorizarea datelor EXPERIMENTARIUM

Monitorizarea datelor date de senzorii de temperatură, umiditate și a concentrației de CO2

Figurile 16-21 ilustrate mai jos prezintă informații oferite de sistemul de management de monitorizare, înregistrate pentru un interval de monitorizare de 6 luni (01 Decembrie 2020 – 15 Mai 2021). Înregistrările transferate de senzori arată comportarea anvelopei modulului experimental și condițiile de confort interior. Graficele de variația a temperaturilor sunt date în culoare galbenă pentru senzorii poziționați pe fața exterioară a pereților, în culoare albastră pentru senzorii poziționați în stratul intermediar al izolației, respectiv cu culoare violet pentru senzorii poziționați pe fața interioară a pereților. Se menționează faptul că la momentul monitorizării lamelele fotovoltaice de pe fațada sudică nu erau încă montate, și nici sisteme de ajustare a confortului interior de tip HVAC (încălzire-răcire, aer condiționat), prin urmare în modul nu au funcționat sisteme de încălzire sau răcire, nici de dezumidificare. Prin urmare temperatura interioară a fost influențată numai de aportul solar, dispozitivele electrice și interacțiunile umane în timpul interferențelor de mentenanță și observație.

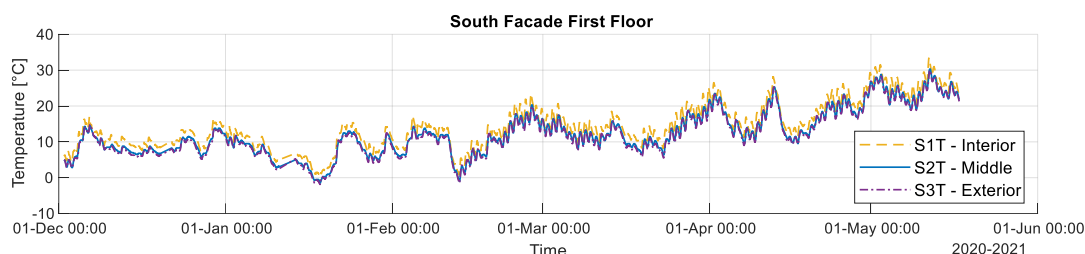


Fig. 16. Datele de temperatură furnizate de senzorii de pe fațada sudică (etaj)

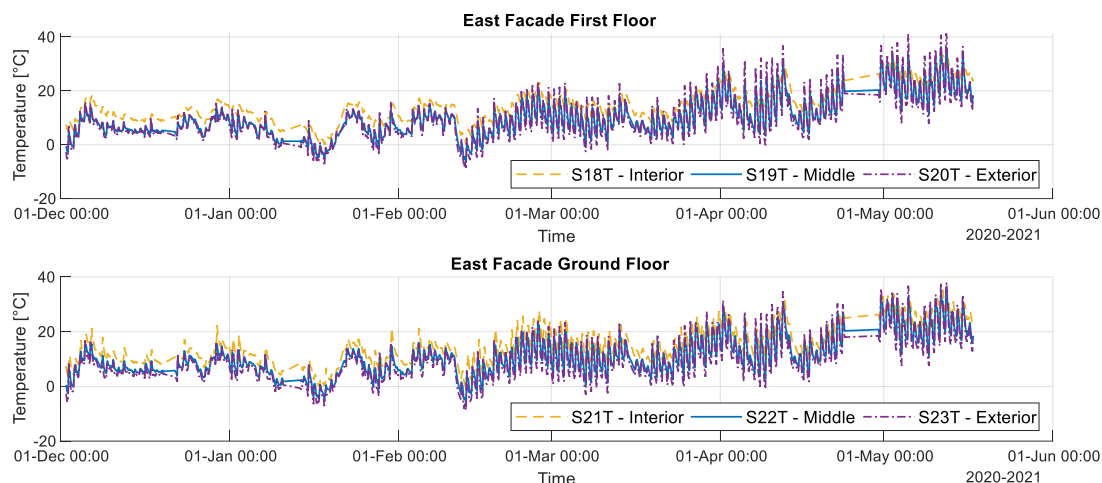


Fig. 17. Datele de temperatură furnizate de senzorii de pe fațada estică etaj respectiv parter.

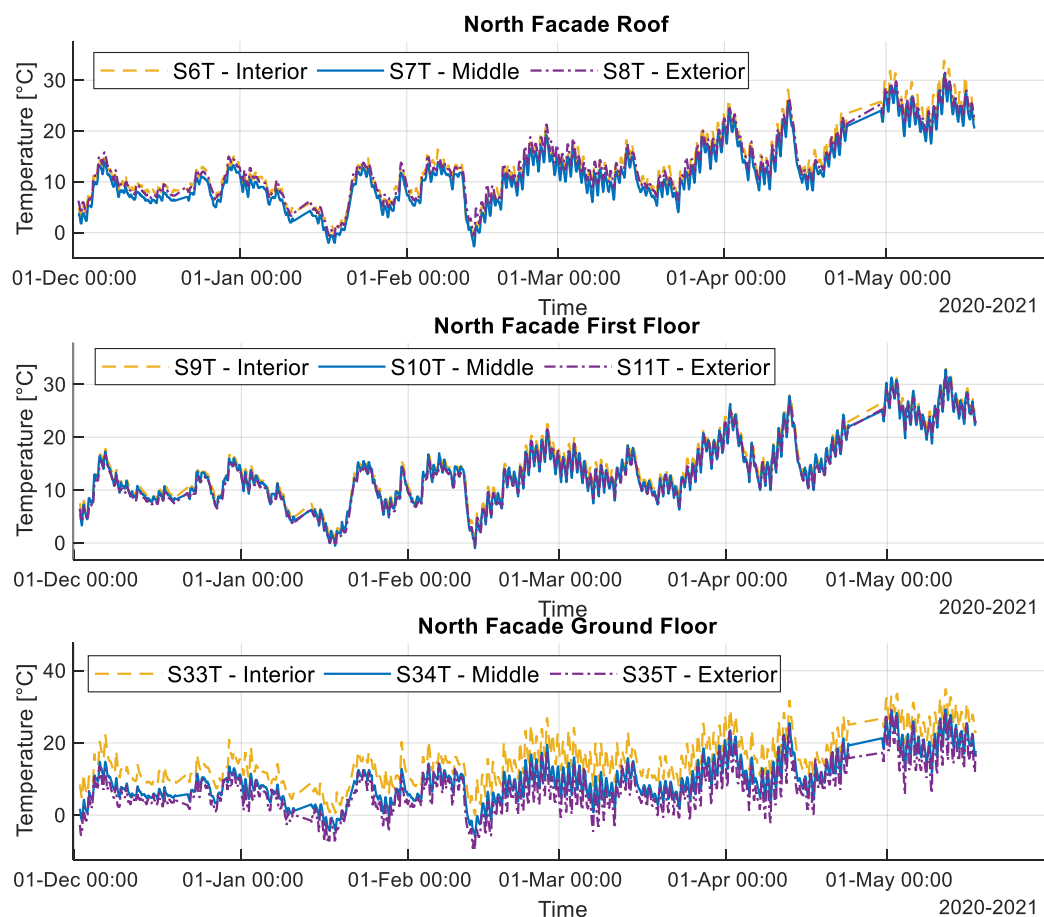


Fig. 18. Datele de temperatură furnizate de senzorii de pe fațada nordică a clădirii : acoperiș (sus), fațadă etaj (mijloc) respectiv parter (jos).

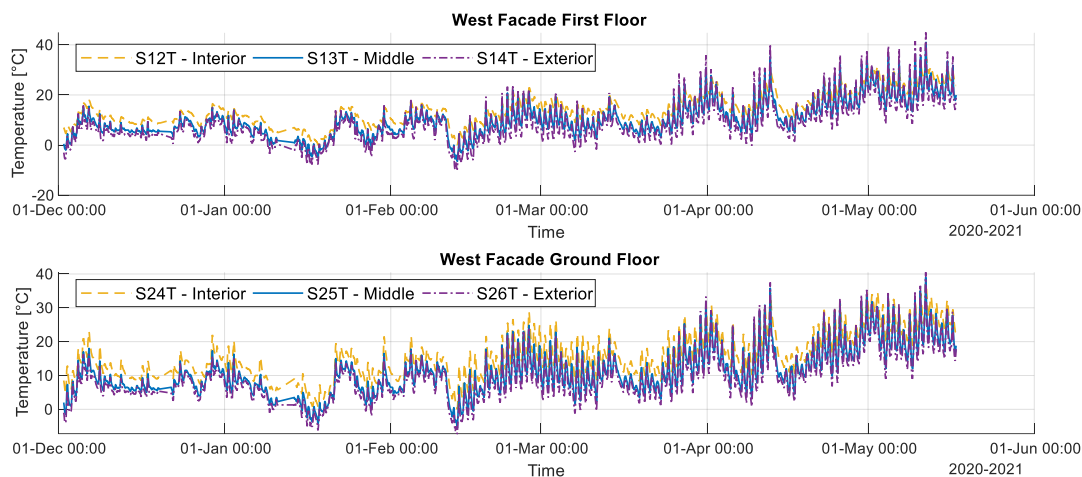


Fig. 19. Datele de temperatură furnizate de senzorii de pe fațada vestică a clădirii : fațadă etaj (sus) respectiv parter (jos).

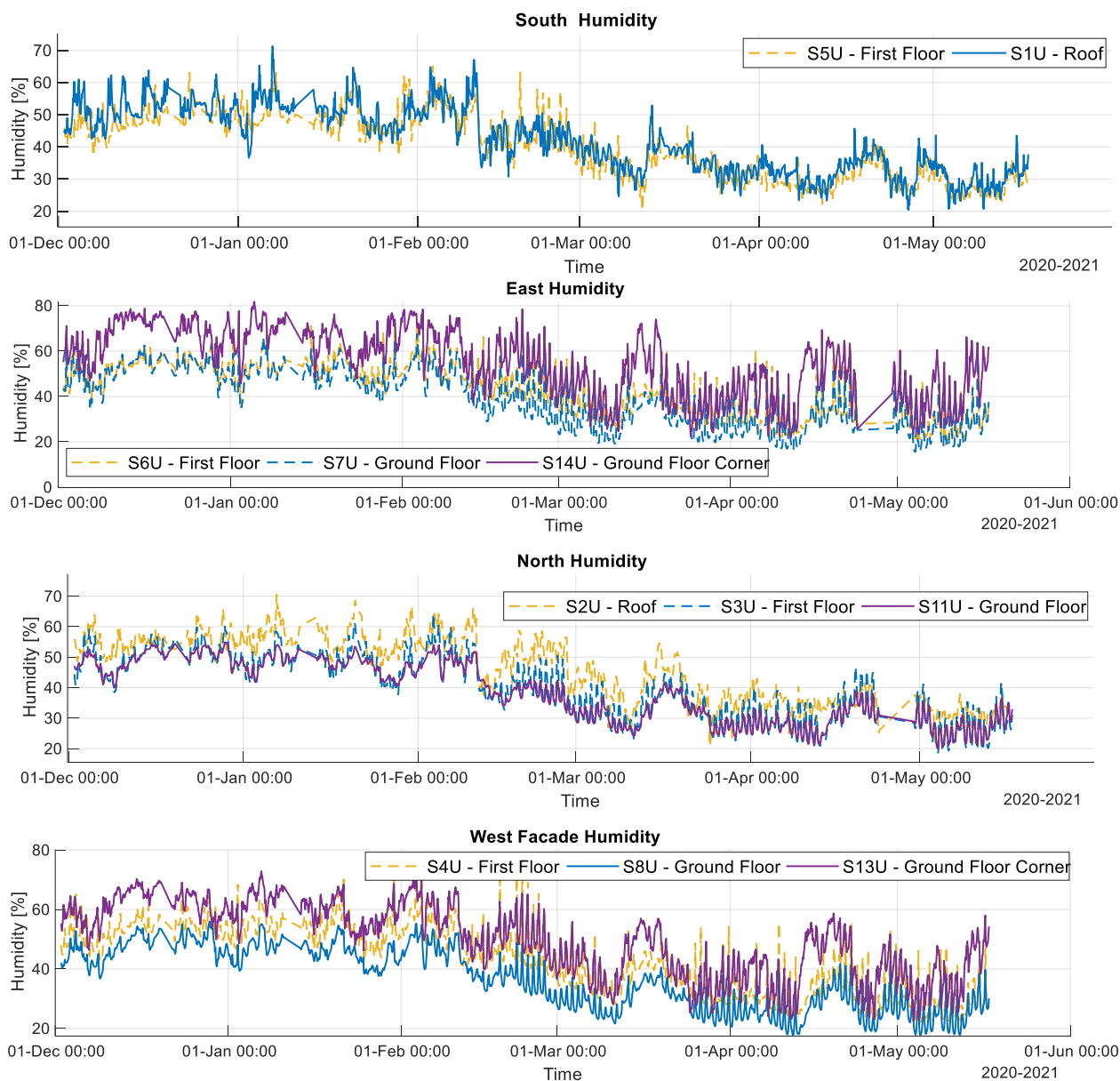


Fig. 20. Datele de umiditate furnizate de senzorii dispuși pe fațadele clădirii.

Modulul experimental este echipat de asemenea cu un senzor de măsurarea a concentrației de CO₂, a cărui variație este prezentată în Figura 21. Valori mari ale concentrației de CO₂, între 300 și 350 părți per million (ppm) se înregistrează în timpul activităților umane și interferențelor în clădire, realizate de obicei pentru acțiuni de mentenanță sau observație. Totuși, chiar și valorile de vârf ale concentrației de CO₂ rămân în intervalul valorilor obișnuite ale concentrațiilor de CO₂ ale calității aerului.

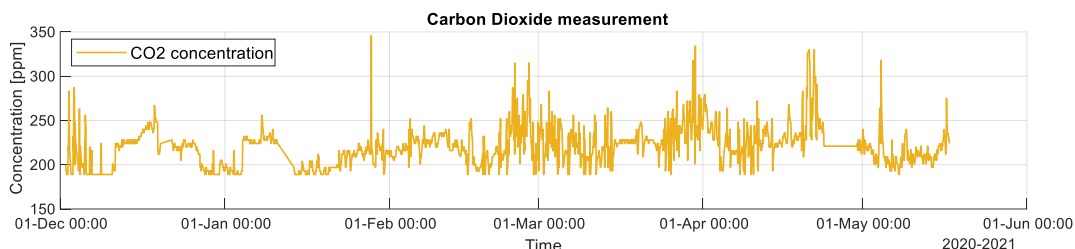


Fig. 21. Variația concentrației de dioxid de carbon (CO₂) în interiorul modului experimental.

Din cauza faptului că modulul experimental nu este alimentat de la rețeaua națională de energie electrică și datorită faptului că pentru perioada de monitorizare nu a fost instalată turbina eoliană, au existat practic două intervale de timp (10 Ianuarie 2021 8:02 - 14 Ianuarie 2021 13:42, respectiv 23 Aprilie 2021 7:18 – 30 Aprilie 2021 14:11) în care producția de energie a panourilor fotovoltaice a fost insuficientă (datorită acoperirii noroase) iar senzorii nu pot oferi informații, așa cum se poate observa în graficele oferite.

Monitorizarea producției de energie

Producția de energie prezentate în figurile de mai jos sunt date numai de producția panourilor fotovoltaice de pe acoperiș. Turbina eoliană, respectiv lamelele fotovoltaice de pe fațadă au fost integrate în sistemul fizic ulterior acestor date. Pentru comparația datelor, sunt oferite valori exemplificative ale producției de energie pentru o lună de iarnă (decembrie 2020) – Figura 22, respectiv o lună de sfârșit de primăvară (mai 2021) – Figura 23. Cu linie albastră este reprezentată starea de încărcare a sistemului de stocare a energiei (baterii), cu portocaliu este reprezentată producția de energie a panourilor fotovoltaice, iar cu roșu este reprezentat consumul de energie din interiorul modului experimental. În mod neașteptat, cea mai mare producție de energie a fost în decembrie, datorită nevoii de încărcare a bateriilor.

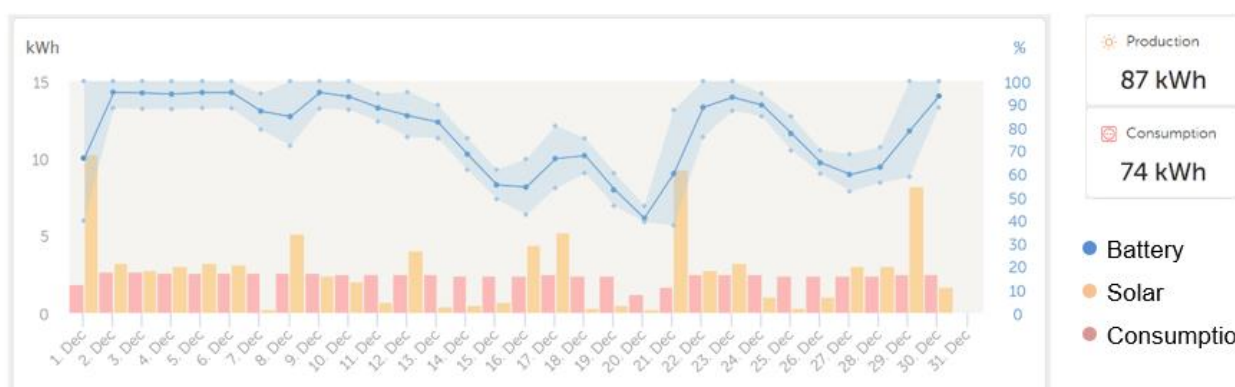


Fig. 22. Raportul de analiză al producției de energie pentru modulul experimental în luna decembrie 2020.

Graficul arată faptul că sunt perioade de încărcare cu energie de până la 10 kWh / zi, care compensează zilele noroase sau cele cu zăpadă, în care energia este asigurată din baterii. În condițiile naturale de

operare a modului, consumul este constant de aproximativ 2.6 kWh/zi (vezi Figura 24). Totuși, pentru a nu descărca bateriile la nivele inferioare a 40%, pentru extinderea vieții bateriilor, consumul a fost redus astfel încât sunt menținute numai echipamentele esențiale. Figura 24 prezintă analiza bilanțului de energie pe ore pentru două zile de vară. În decursul nopților, bateriile se descarcă la nivele de 92-93%, care acoperă opt-nouă ore fără radiație solară. Echipamentul de gestionare și monitorizare constă dintr-un sistem SCADA și un sistem de măsurare. Considerând faptul că energia totală poate fi generată prin trei surse de energie regenerabile (panourile fotovoltaice de pe acoperiș, lamelele fotovoltaice de fațadă și turbina eoliană) se poate afirma faptul că energia produsă este de aproximativ 5kWh în timpul producției de vârf.

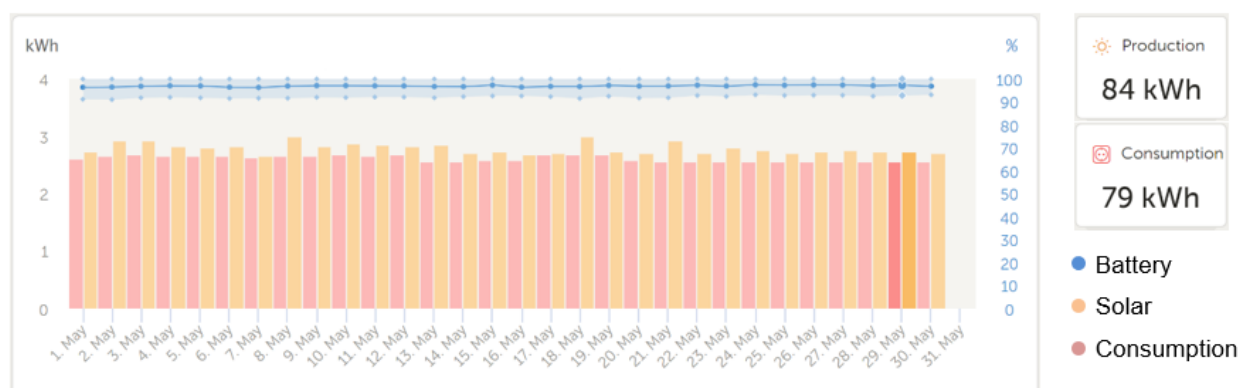


Fig. 23. Raportul de analiză al producției de energie pentru modulul experimental în luna mai 2021.

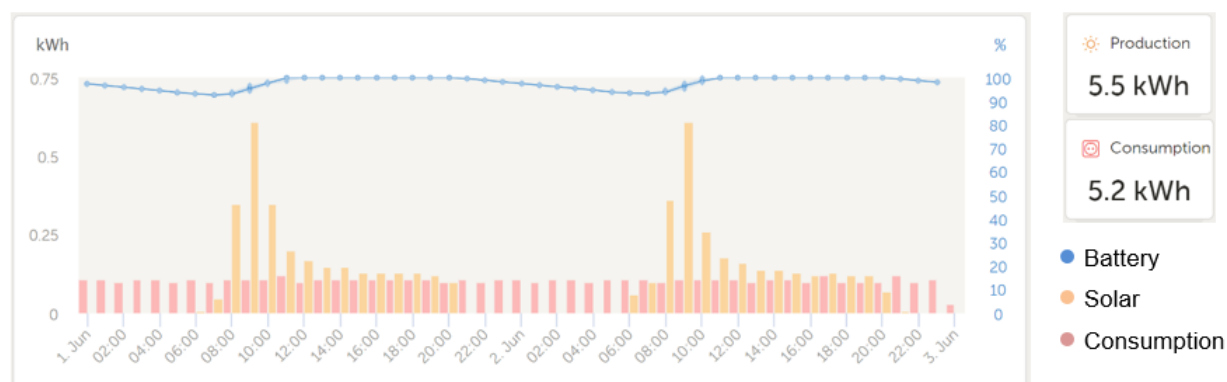


Fig. 24. Raportul de analiză al producției de energie pentru modulul experimental – recenzie pe două zile.

Monitorizarea colectoarelor solare

Pentru realizarea monitorizării colectoarelor solare pentru o perioadă mai lungă de timp a fost creat un stand experimental, bazat pe simulări numerice inițiale.

Simulări numerice

Pentru a putea realiza integrarea colectoarelor solare și pentru a obține un rezultat optim în cadrul standului experimental s-au realizat simulări numerice cu ajutorul programului de calcul TRNSYS 17 disponibil în cadrul Facultății de Inginerie a Instalațiilor, din cadrul Universității Tehnice de Construcții București.

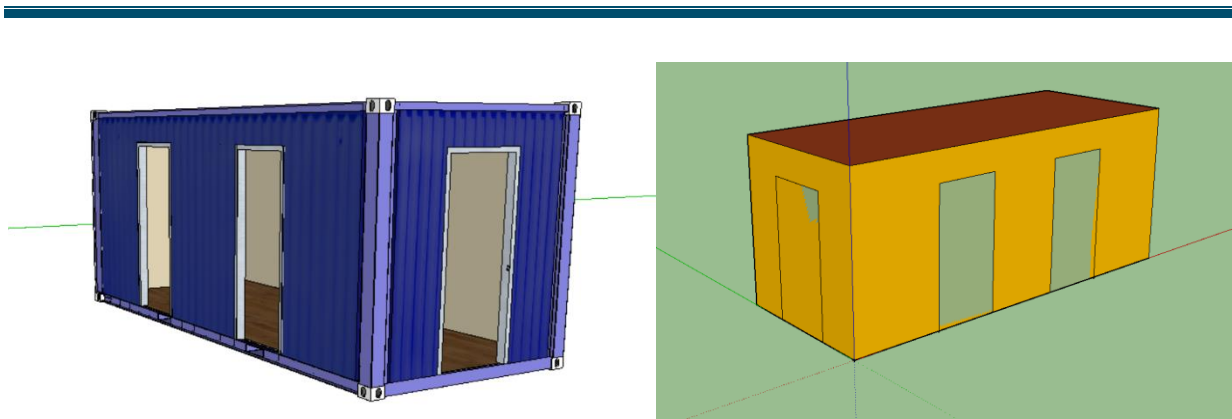


Fig. 25. Modelul geometric 3D / Definirea atributelor tehnice

Prima etapa a fost realizarea geometriei modului experimental de tip container cu ajutorul programului de desen 3D SketchUp, mai departe au fost definite elementele din cadrul anvelopei cu detaliile tehnice aferente (rezistența termică, lamba, etc), tipul de anvelopă (opacă sau element vitrat), orientarea etc (vezi Figura 2).

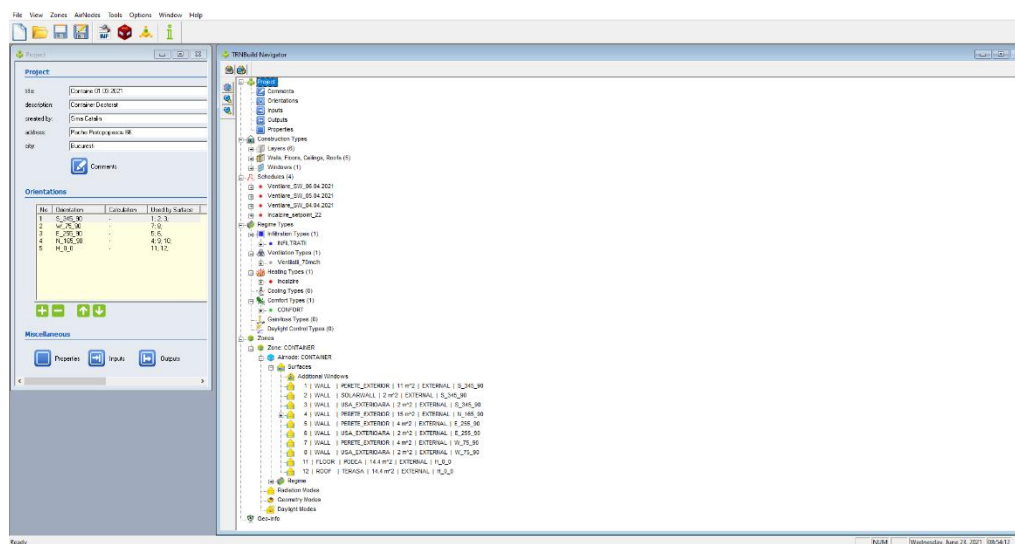


Fig. 26. Montajul închiderii pentru acoperiș; placarea acoperișului cu vată PET

A doua etapă a constat din importarea acestui model tehnic definit în cadrul programului de simulare TRNBUILD pentru definirea parametrilor inițiali și calcularea pierderilor de căldură a acestui container. Au fost utilizate următoarele date de intrare:

Orientations			
No	Orientation	Calculation	Used by Surface
1	S_345_90	-	-
2	W_75_90	-	-
3	E_255_90	-	-
4	N_165_90	-	-
5	H_0_0	-	-

Fig. 27. Datele de intrare

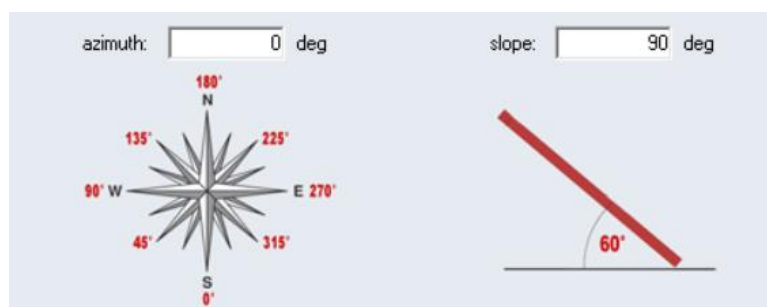
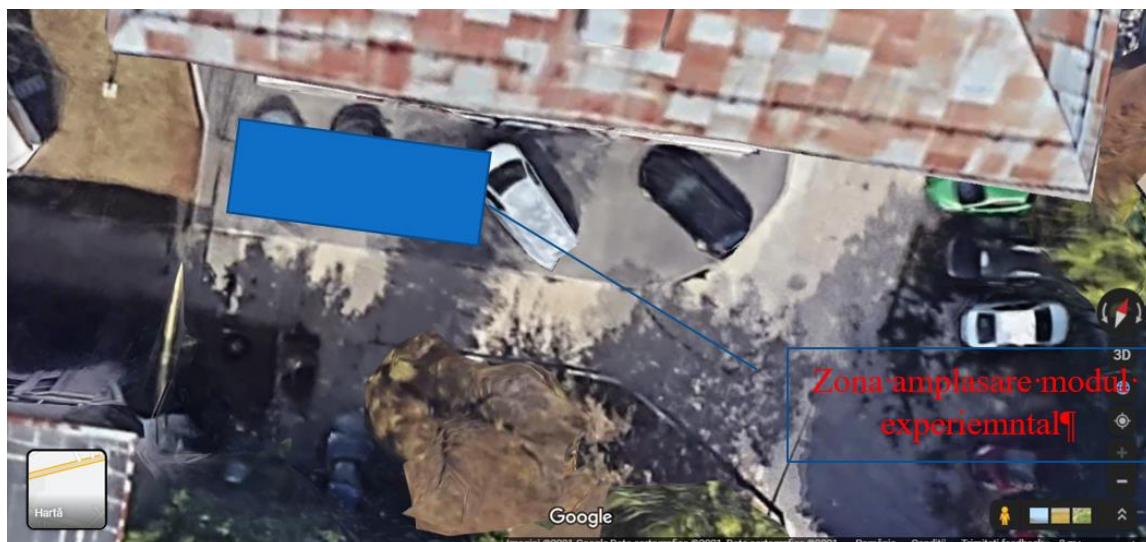


Fig. 28. Zona de amplasare a modului experimental

Properties

General		Comfort calculation	
density of air :	1.204 kg / m ³	sensor diameter:	0.07 m
specific heat of air:	1.012 kJ / kg K	sensor IR emissivity:	0.82 -
pressure of air:	101325 Pa		
heat of vaporization of water:	2454 kJ / kg	elevated air speed 1:	0.3 m / s
Stefan Boltzmann Constant:	2.041e-007 kJ / h m ² K ⁴	elevated air speed 2:	0.7 m / s
approx. average surface temp.:	293.15 K	elevated air speed 3:	1.2 m / s

Parameters for internal calculation of heat transfer coefficients		Resolution for shading/insolation matrix	
constant heated floor, if (T _{surf} floor-T _{air} floor) > 0	7.2 kJ / m ² K	☒ medium (577 patches)	☐ high (2305 patches)
exponent heated floor, if (T _{surf} floor-T _{air} floor) > 0	0.31 -		
constant chilled floor, if (T _{surf} floor-T _{air} floor) < 0	3.888 kJ / m ² K	Shading Matrix Modes	
exponent chilled floor, if (T _{surf} floor-T _{air} floor) < 0	0.31 -	☒ shading matrix for external windows only	
constant heated ceiling, if (T _{surf} ceiling-T _{air} ceiling) > 0	3.888 kJ / m ² K		
exponent heated ceiling, if (T _{surf} ceiling-T _{air} ceiling) > 0	0.31 -		
constant chilled ceiling, if (T _{surf} ceiling-T _{air} ceiling) < 0	7.2 kJ / m ² K		
exponent chilled ceiling, if (T _{surf} ceiling-T _{air} ceiling) < 0	0.31 -		
constant vertical surface:	5.76 kJ / m ² K		
exponent vertical surface	0.3 -		

Fig. 29. Simulare numerică: definirea proprietăților

Infiltratiile au fost considerate ca fiind 0 datorita faptului ca se realizeaza ventilatie in suprapresiune. Pentru cazul ventilatiei s-au ales doua schimburi orare reprezentant aproximativ 72 mc/h

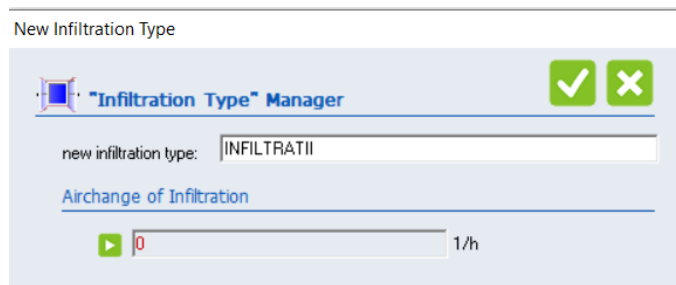


Fig. 30. Simulare numerică: definirea infiltrațiilor

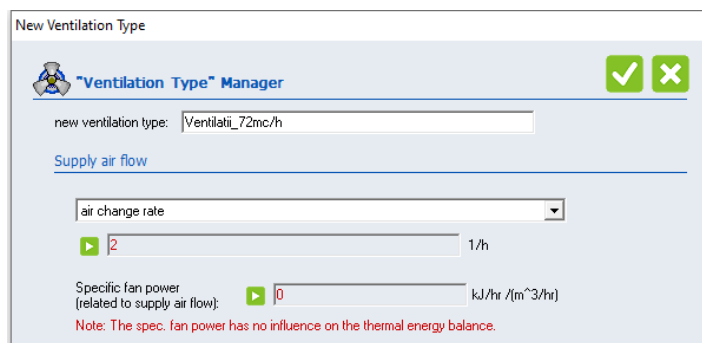


Fig. 31. Simulare numerică: definirea ventilării spațiului

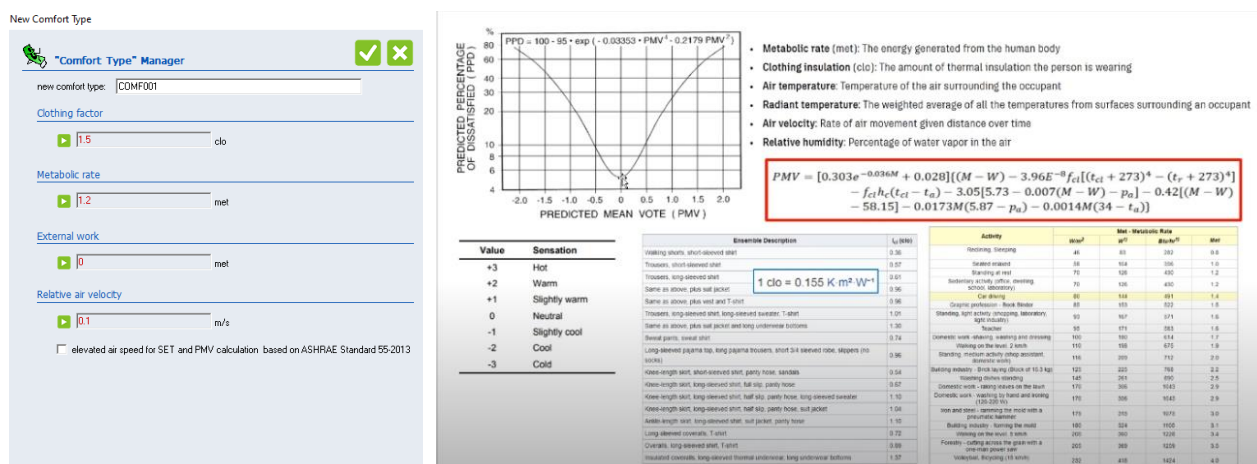


Fig. 32. Simulare numerică: definirea parametrilor de confort

Urmatorul pas a constat in realizarea schemei modelului numeric necesar simularilor in programul TRNSYS Simulation Studio pentru care s-au introdus:

- Datele meteo: pentru locatia din Bucuresti
- Radiatia solara: pentru locatia din Bucuresti si perioada 1 ianuarie – 30 iunie

Pentru simulare s-au utilizat doua modele de calcul unul care a continut SW integrat in modulul experimental iar aportul de aer a fost incalzit de acesta, al doilea model fiind identic, aportul de aer proaspat realizandu-se direct la temperatura aerului exterior.

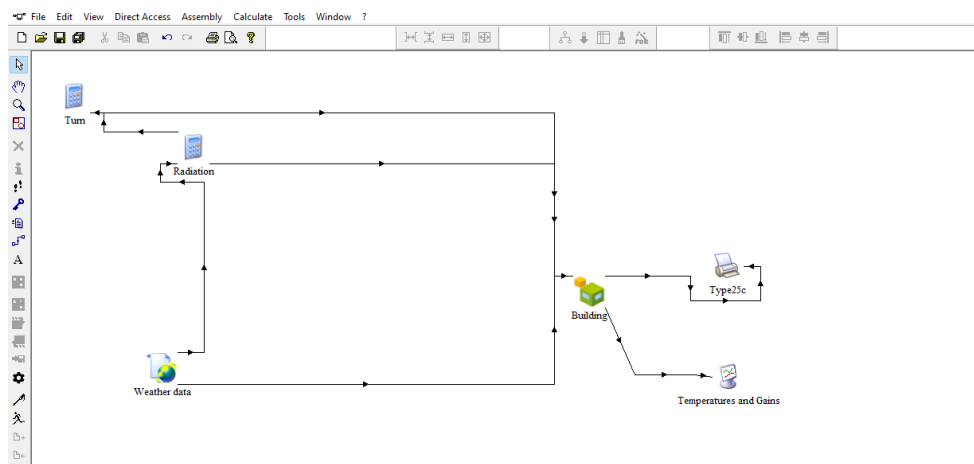


Fig. 33. Simulare numerică: schema modelului numeric

Pentru cele 3 zile de masurari s-au cautat in cadrul datelor meteo zile asemenea pentru a putea realiza comparatia dintre modulul experimental echipat cu solar wall si fara. Datele de intrare utilizate au fost prezentate mai jos:

Soare pe toata perioada – Experimental 06.04.2021 – echivalent in TRNSYS 10.04.

1. Temp output ora 7 = 4.4
2. Temp output ora 8 = 8
3. Temp output ora 9 = 15
4. Temp output ora 10 = 24.5
5. Temp output ora 11 = 29.6
6. Temp output ora 12 = 39.1
7. Temp output ora 13 = 42.9
8. Temp output ora 14 = 41.6

Soare cu intermitenta–influenta norilor - Exp. 05.04.2021 – echiv. in TRNSYS 21.04

1. Temp output ora 7 = 6.3
2. Temp output ora 8 = 8.1
3. Temp output ora 9 = 10.0
4. Temp output ora 10 = 18.4
5. Temp output ora 11 = 18.5
6. Temp output ora 12 = 30.7
7. Temp output ora 13 = 28.5
8. Temp output ora 14 = 20.0

Zi ploioasa si fara soare – Exp. 04.04.2021 – echiv. in TRNSYS 18.04

1. Temp output ora 7 = 8.4
2. Temp output ora 8 = 8.6
3. Temp output ora 9 = 10.4
4. Temp output ora 10 = 11.0
5. Temp output ora 11 = 13.1
6. Temp output ora 12 = 13.0
7. Temp output ora 13 = 12.0
8. Temp output ora 14 = 13.8

Dupa rulara simularilor numerice s-au obtinut urmatoarele rezultate pentru fiecare din zile:

Tabelul 2: Rezultatele obținute pentru zilele monitorizate

A. Soare pe toata perioada – 06.04.2021					A. Soare pe toata perioada – 06.04.2021				
Data	Ora	Energie[kJ/h]	Energie [W]	Temp	Data	Ora	Energie[kJ/h]	Energie [W]	Temp
06.04.2021	7	0.00	0.00	20.00	06.04.2021	7	0.00	0.00	20.00
	8	-3666.53	-1018.48	21.00		8	-3355.22	-932.01	21.00
	9	-4206.33	-1168.42	22.00		9	-4133.83	-1148.29	22.00
	10	-3316.79	-921.33	22.00		10	-3726.19	-1035.05	22.00
	11	-2059.28	-572.02	22.00		11	-3159.54	-877.65	22.00
	12	-990.33	-275.09	22.00		12	-2389.11	-663.64	22.00
	13	0.00	0.00	22.77		13	-1561.26	-433.68	22.00
	14	0.00	0.00	24.27		14	-1008.76	-280.21	22.00
Energie toatala		-14239.27	-3955.35	-	Energie toatala		-19333.92	-5370.53	-
B. Soare cu intermitenta – influenta norilor 05.04.2021					B. Soare cu intermitenta – influenta norilor 05.04.2021				
Data	Ora	Energie[kJ/h]	Energie [W]	Temp	Data	Ora	Energie[kJ/h]	Energie [W]	Temp
05.04.2021	7	0.00	0.00	20.00	05.04.2021	7	0.00	0.00	20.00
	8	-3632.43	-1009.01	21.00		8	-3615.37	-1004.27	21.00
	9	-3975.94	-1104.43	22.00		9	-3924.76	-1090.21	22.00
	10	-3333.48	-925.97	22.00		10	-3269.51	-908.20	22.00
	11	-2342.47	-650.69	22.00		11	-2896.86	-804.68	22.00
	12	-1996.85	-554.68	22.00		12	-2504.33	-695.65	22.00
	13	-1148.87	-319.13	22.00		13	-2705.43	-751.51	22.00
	14	-1431.01	-397.50	22.00		14	-2834.05	-787.24	22.00
Energie toatala		-17861.03	-4961.40	-	Energie toatala		-21750.32	-6041.75	-
C. Zi ploioasa si fara soare – 04.04.2021					C. Zi ploioasa si fara soare – 04.04.2021				
Data	Ora	Energie[kJ/h]	Energie [W]	Temp	Data	Ora	Energie[kJ/h]	Energie [W]	Temp
04.04.2021	7	0.00	0.00	20.00	04.04.2021	7	0.00	0.00	20.00
	8	-3120.42	-866.78	21.00		8	-3013.80	-837.17	21.00
	9	-4056.70	-1126.86	22.00		9	-3941.56	-1094.88	22.00
	10	-3899.80	-1083.28	22.00		10	-3908.33	-1085.65	22.00
	11	-3787.76	-1052.16	22.00		11	-3817.61	-1060.45	22.00
	12	-3529.06	-980.30	22.00		12	-3712.44	-1031.23	22.00
	13	-3472.87	-964.69	22.00		13	-3630.66	-1008.52	22.00
	14	-3506.07	-973.91	22.00		14	-3565.78	-990.49	22.00
Energie toatala		-25372.69	-7047.97	-	Energie toatala		-25590.18	-7108.38	-

Tabelul 3: Bilanțul energetic

	Soare	Soare cu intermitenta	Zi cu ploaie si fara soare
Energie - SW [W]	3955	4961	7048
Energie - FARA SW [W]	5371	6042	7108
Diferenta	1415	1080	60
Procent[%]	35.8	21.8	0.9

Dupa centralizarea datelor se poate observa din imaginea de mai jos o reducere considerabila de 35,8% a consumului de energie pentru perioada 07:00-14:00, atunci cand afara radiatia solara este ridicata. Pentru zilele inorate si soare cu intermitenta se poate observa o reducere de 21,8% pentru aceeasi perioada de timp, iar pentru zilele innorate diferenta este foarte mica.

In concluzie putem afirma ca Solar Wall poate fi utilizat in special pentru reducerea cosumurilor de energie in perioadele de tranzitie primavara – toamna in special in zilele in care radiatia solara are valori ridicate, obtinand astfel economii de energie ridicate pentru aerul necesar ventilarii spatiilor ocupate.

După finalizarea montajului structural au fost montate panourile fotovoltaice, necesare pentru producerea energiei electrice în modulul experimental.

Realizarea standului experimental

Pentru modulul experimental s-a optat pentru simularea unei situatii reale prin utilizarea unui container cu dimensiunile ilustrate in imaginile de mai jos.

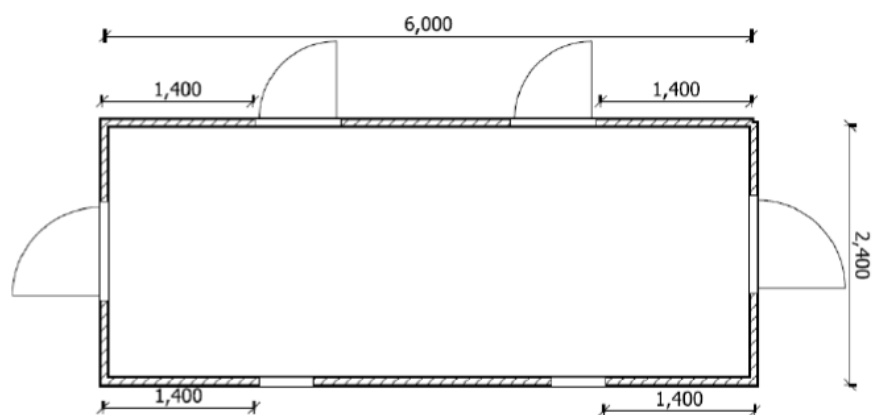


Fig. 34. Planul modului experimental



Fig. 35. Instalarea peretelui solar

Urmatorul pas pentru realizarea masuratorilor a fost instalarea si integrarea solarwall-ului impreuna cu echipamentele necesare (statia de masurare, termocuplele, statia meteo, piranometru, sursa de energie pentru alimentare ventilatorului).



Fig. 36. Montajul final al modulului experimental

Au existat 3 tipuri de masuratori:

1. O sesiune de masuratori pentru luna aprilie in care s-a dorit evidentierea reducerii consumului de energie prin utilizarea Solar Wall-ului(2 saptamani)
2. O sesiune de masuratori pentru intelegerea si monitorizarea parametrilor obtinuti de catre solarwall fara utilizarea sistemului de incalzire(o saptamana)
3. O sesiune de masuratori cu persoane in interior(2 zile)

Pentru sesiunea de masuratori comparativa de la punctul 1 s-au utilizat doua situatii una in care Solar Wall-ul este integrat in cadrul modulului experimental si este folosit pentru incalzirea aerului necesar ventilatiei, iar cea de a doua situatie in care solarwall este acoperit iar temperatura aerului pentru ventilatie este egala cu temperatura aerului exterior

Protocolul de masurare pentru cele doua situatii a fost urmatorul:

- Pornirea stand-ului experimental la ora 07:00 si oprirea standului experimental la ora 14:00;
- Utilizarea unei pompe de caldura aer-aer (aer conditionat) pentru incalzirea spatiului pentru ambele situatii;
- Utilizarea unei contor de energie pentru masurarea consumului pentru perioada 07:00-14:00;

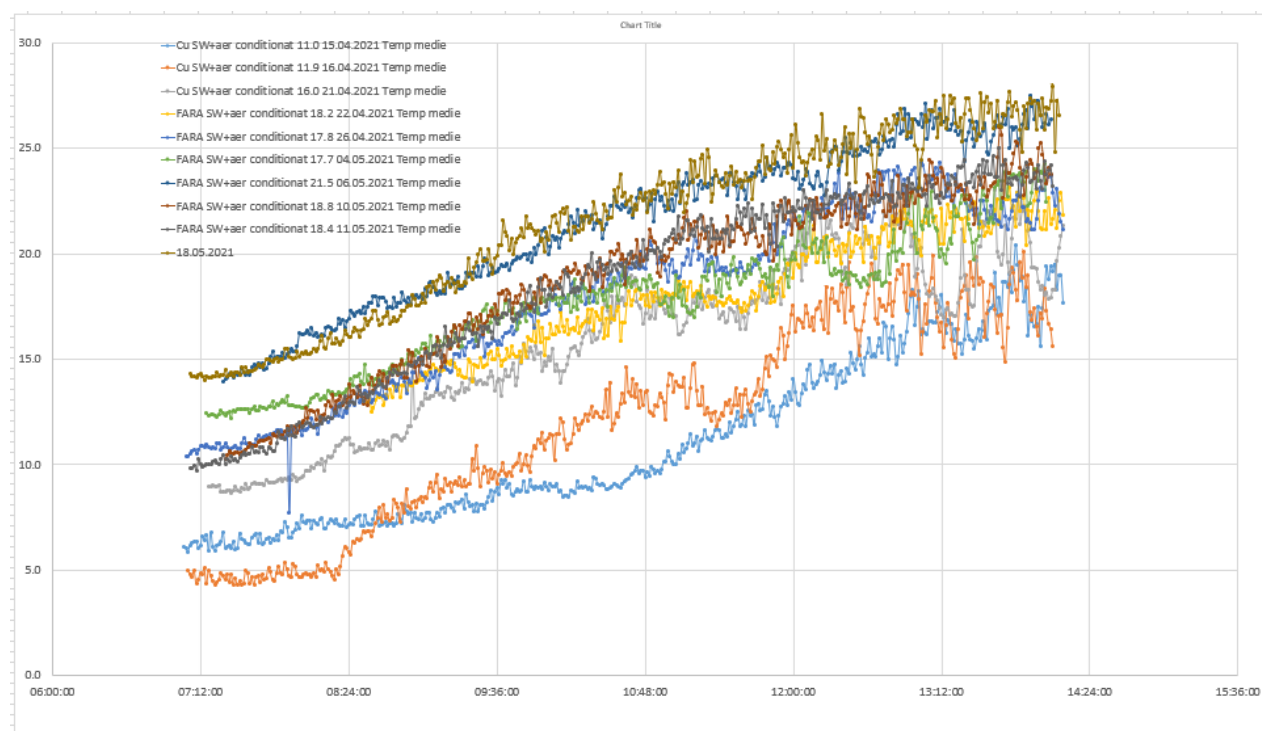


Fig. 37. Comparații ale temperaturilor și radiațiilor exterioare și interioare

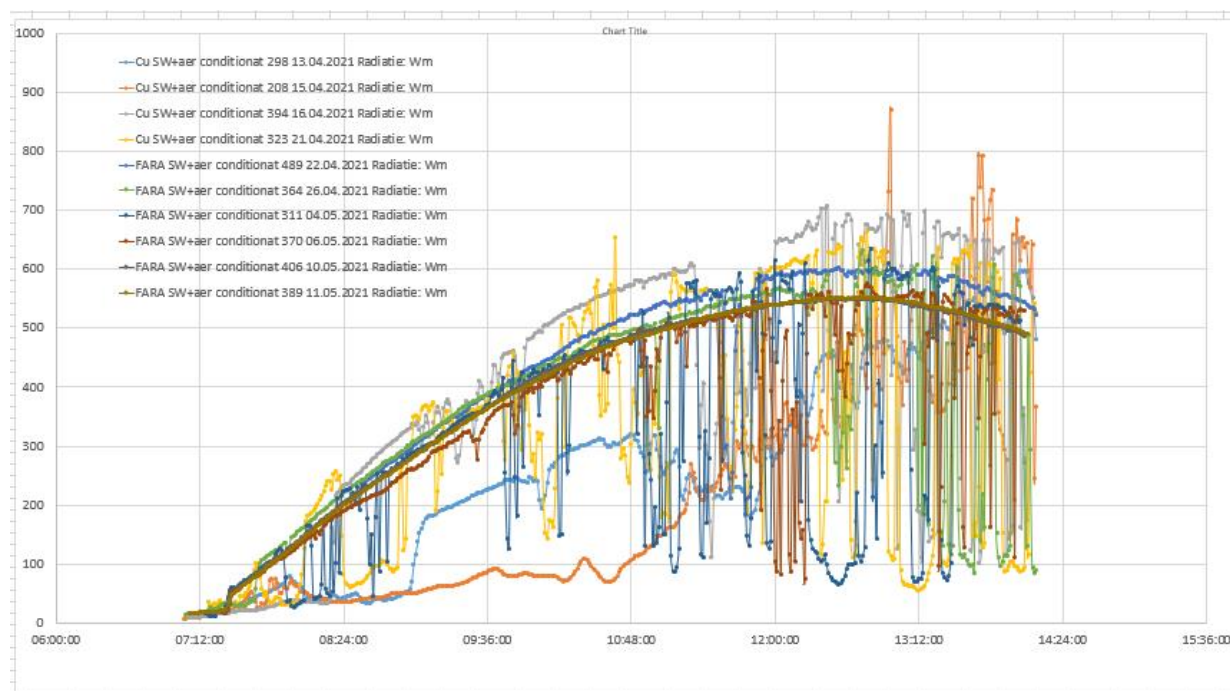


Fig. 38. Comparații ale temperaturilor și radiațiilor exterioare și interioare

Mai sus au fost comparate temperaturile exterioare și radiația exterioară pentru a putea compara când mai bine cele două situații și mai exact comparația dintre cele două situații trebuie făcută pentru aceeași temperatură și radiație pentru a avea rezultate reale.

18.05.2021 – cu Solar Wall – radiație de 368 W/m

Pasul de măsurare de 1 minut

07.15 - pornit stand - consumul de 62.82 kWh

14.15 - oprit stand - consumul de 63.76 kWh

Consum ventilator orar 40W
Energie consumata cu SW: 0.94 kWh

26.04.2021 – fara Solar Wall – radiatie de 364 W/m
Pasul de masurare de 1 minut
07.14 - pornit stand - consumul de 40.25 kWh
14.02 -oprit stand - consumul de 41.74 kWh
Consum ventilator orar 40W
Energie consumata fara SW: 1.49 kWh

10.05.2021 – fara Solar Wall – radiatie de 406 W/m
Pasul de masurare de 1 minut
07.14 - pornit stand - consumul de 55.65 kWh
14.02 -oprit stand - consumul de 56.77 kWh
Consum ventilator orar 40W
Energie consumata fara SW: 1.12 kWh

11.05.2021 – fara Solar Wall – radiatie de 389 W/m
Pasul de masurare de 1 minut
07.14 - pornit stand - consumul de 46.57 kWh
14.02 -oprit stand - consumul de 47.76 kWh
Consum ventilator orar 40W
Energie consumata fara SW: 1.23 kWh

Dupa cum se poate observa si in cazul de fata pentru situatia in care utilizam Solar Wall-ul se obtine o reducere a consumului de energie, dupa cum a fost demonstrat si in cadrul simularilor numerice.

2. Evaluarea și interpretarea performanțelor tehnico-economice. Analize LCA si LCC (Activitatea 4.6)

În etapa III (2019) au fost realizate analize de impact LCA pentru sistemele de termoizolație analizate în faza inițială a proiectului. În această fază au fost integrate analize pe sistemul folosit în realizarea modului Experimentarium. De asemenea, analizele au fost realizate cu un soft specializat (GABI), actualizat, care a fost achiziționat în cadrul proiectului.

Astfel, pentru a ilustra beneficiul de mediu oferit de sistemul de izolație termică obținut din vatelină din PET-uri reciclate, în această fază a fost realizat o analiză de tip LCA, comparând rezultatele obținute cu rezultatele pentru un sistem clasic din vată minerală. Evaluarea impactului potențial se face prin prezentarea indicatorului GWP (Global Warming Potential), considerând o analiză de evaluare a impactului de tip LCA (Abordare pe ciclu de viață – Life Cycle Assessment), urmărind regulile de analiză specificate în EN 15804 and EN 15978. Obiectivul este de a demonstra performanțele materialelor de izolație termică prin comparația materialelor denumite MW_100 cu materialul rezultat din reciclarea sticlelor PET (PET_150). Grosimea fiecărui material a fost aleasă astfel încât să asigure aproape aceeași transmitanță termică (valoare U), a sistemelor de izolație termică analizate.

Tabel 6. Performanțele termice: Vată minerală vs. vatelină PET

	U M	MW_100	PET_150
Grosime	[mm]	100	150
R	[m ² K/W]	2.50	2.77
U	[W/m ² K]	0.40	0.36
Greutate netă	[kg/m ²]	9.00	3.20

Figura 25 (stânga) prezintă emisiile de gaze cu efect de seră (GHG) pentru fiecare din materialele de izolație pentru producția unui kilogram de material produs. Evaluarea impactului pe "stadiul de producție" se referă la stadiile A1 (extragerea materiilor prime), A2 (transportul materiilor prime la producător) și A3 (producția materialului termoizolant), fiind bazate pe modelele oferite de sistemul soft GaBi Product Sustainability Software, considerând Declarațiile de Mediu ale Produselor - Environmental Product Declarations (EPD's) by Freudenberg Performance Materials Group și Acordul Tehnic pentru Saltelele de Izolație Termică și Fonică (Technical Approval for Wadding Mattresses for Thermal and Phonic Insulation).

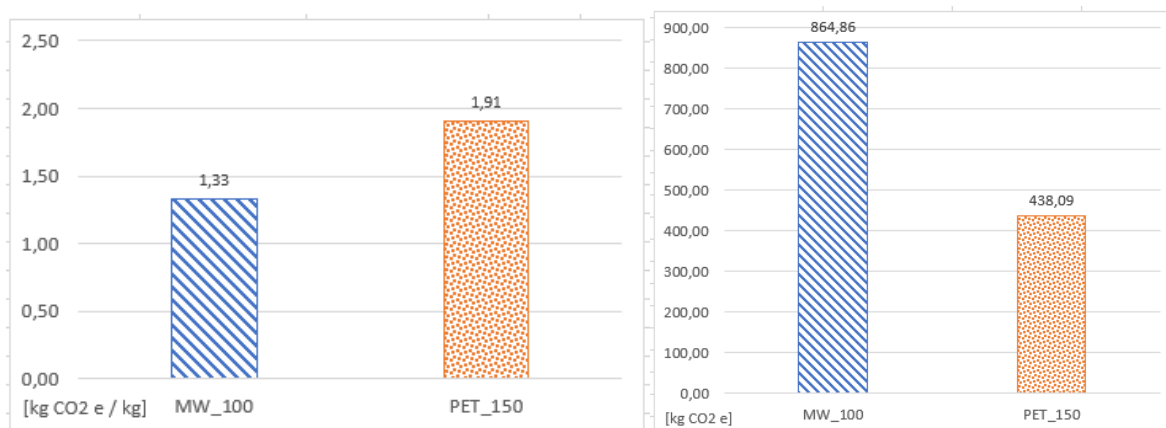


Figura 25 Impactul potențial asupra mediului pe faza de producție [kg CO₂ e / kg] (stânga) respectiv impactul total asupra mediului pentru izolația termică necesară în faza de producție [kg CO₂ e] (dreapta)

Rezultatele obținute demonstrează că pentru faza de producție (modulele A1-A3), emisiile pentru 1kg de vatelină obținută din reciclarea sticlelor PET sunt mai mari decât cele date de un kg de vată minerală. Totuși, datorită diferenței dată de necesarul de material, necesare pentru obținerea aceleiași rezistențe termice (649 kg de vată minerală în comparație cu 229kg de vată rezultată din reciclarea sticlelor PET), impactul total al PET_150 438,09 kg CO₂ e) este mai mic decât impactul de mediu dat de MW_100 (864,86 kg CO₂ e), așa cum se poate observa în Figura 25 (dreapta).

3. Recomandări tehnice și concluzii. Diseminarea rezultatelor (Activitatea 3.8)

Având în vedere angajamentul UE prin semnarea Acordului de la Paris, de a limita creșterea temperaturii medii globale la mai puțin de 1,5 °C raportată la nivelul temperaturii din epoca pre-industrială și contribuția semnificativă a emisiilor de Gaze cu Efect de Seră din sectorul construcțiilor, este imperativ să se reducă la minimum atât emisiile de GES cauzate în perioada de utilizare a clădirilor, cât și emisiile de GES provenite din construcția și renovarea clădirilor. Cantitatea emisiilor de GES cauzate de producția materialelor de construcții, extragerea materiei prime pentru acestea, transportul

materialelor, construcția propriu-zisă a clădirilor etc. variază în funcție de proiect, de originea energiei utilizate și de tipul materialelor de construcții utilizate, în timp ce emisiile de GES înregistrate în faza de utilizare a clădirilor sunt determinate de performanța clădirii și de raportul dintre cantitatea de energie provenită din surse regenerabile și cantitatea de energie bazată pe combustibili fosili, în totalul consumului de energie al clădirilor.

Pentru a obține clădiri cu impact redus asupra mediului (indiferent dacă impactul asupra mediului este cauzat de faza de construcție sau de faza operațională a clădirilor) și costuri moderate de construcție, este nevoie de o abordare holistică, care să integreze analize interdisciplinare și de optimizare multi-obiect. Abordarea holistică de proiectare a modului experimental a implicat adoptarea diferitor criterii privind construcția durabilă, cum ar fi eficiența resurselor, eficiența materialelor, proiectarea conștientă cu privire la mediu, proiectarea prin considerentul ciclului de viață a clădirilor, folosirea de materiale reutilizabile / reciclabile, modularitate și standardizare în proiectare, metode de demolare ecologice, reciclarea și reutilizarea deșeurilor, luarea în considerare a costului construcției pe ciclul de viață, costul materialelor, sănătatea și bunăstarea ocupanților.

Pe lângă folosirea de surse regenerabile de energie, surse de stocare a energiei și includerea strategiilor de proiectare pasivă, pentru a îndeplini obiectivele de eficiență energetică, proiectarea holistică a laboratorului modular a necesitat un design integrat, având în vedere tehnologia și funcționarea. Sistemul de monitorizare a energiei inclus în proiectarea modului experimental aduce o contribuție importantă în realizarea unei imagini de ansamblu autentică a performanțelor clădirii în timpul fazei operaționale. În ciuda faptului că clădirea nu a dispus de niciun sistem de răcire, încălzire sau dezumidificare mecanică pentru a spori condițiile de confort din interior, înregistrările primite de la senzori au arătat pentru perioada monitorizată că, în sezonul de primăvară, camerele aveau condiții de confort adecvate (conform normativelor în vigoare). Neutilizarea umbririi ferestrelor (deoarece lamelele PV umbrite nu erau încă instalate în acel moment) a crescut nr orelor cu risc de supraîncălzire interioară, așa cum au arătat rezultatele din ultimele două săptămâni de monitorizare. Utilizarea în perioada viitoare a unui dispozitiv extern de umbrire solară va fi mai eficientă în atingerea condițiilor de confort termic în limitele de confort prevăzute de normative, reducând riscul de încălzire excesivă cauzată de radiația solară și supraîncălzire a spațiului interior.

În plus, sunt necesare studii suplimentare pentru a completa și valida eficacitatea cercetării prezentate și pentru a disemina beneficiile unei abordări holistice de proiectare a clădirilor, precum și îmbunătățirea eficienței energetice în sectorul construcțiilor.

Rezultatele proiectului se bazează pe analiza a doar șase luni de monitorizare termică și nu a fost posibilă o analiză statistică, sau de comparație a comportamentului acestei clădiri pe perioade îndelungate de timp. Rezultatele prezentate sunt caracteristice zonei Banat datorită specificității tipului de climă. Cu toate acestea, beneficiile rezultate în cazul clădirilor proiectate holistic și în cazul utilizării izolației termice realizată cu vatelină din fibre de poliester provenită din PET-uri reciclate pot fi extrapolate și pentru alte zone climatice.

O altă limitare a acestui studiu este faptul că, clădirea este un laborator experimental care nu a fost locuit în mod constant în perioada de monitorizare. Deoarece această clădire este utilizată în principal pentru perioade scurte de timp (pentru întreținere sau observare), acțiunile potențiale ale ocupanților clădirii care ar putea modifica în orice mod calitatea mediului interior nu au fost abordate în studiu. Mai mult, în momentul monitorizării, lamelele exterioare fotovoltaice cu rol și de umbrire, nu erau instalate, fapt care a dus la lipsa limitării radiației solare a celei mai mari suprafețe vitrate, care are o expunere

sudică (maximă pentru radiația solară) a clădirii și la o rată mai scăzută a orelor confortabile în interiorul clădirii, în zilele cu cer senin și temperaturi exterioare peste 20 °C. Un alt echipament care nu era încă instalat în momentul perioadei de monitorizare a fost turbina eoliană, care putea contribui la producția de energie în cele două perioade de timp, în care s-a înregistrat acoperirea în totalitate a cerului cu straturi groase de nori, iar producția de energie provenită exclusiv de la panourile fotovoltaice a fost insuficientă pentru necesarul clădirii.

Diseminarea rezultatelor a fost efectuată atât în interiorul consorțiului cât și prin publicații în jurnale și la conferințe naționale și internaționale cu impact: 4 articole publicate în jurnale, 18 articole publicate la conferințe naționale și internaționale (tip proceedings), și un studiu tip teză Master.

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.

Diseminarea rezultatelor

Diseminarea rezultatelor a fost efectuată atât în interiorul consorțiului cât și prin publicații în jurnale și la conferințe naționale și internaționale cu impact: 4 articole publicate în jurnale, 18 articole publicate la conferințe naționale și internaționale (tip proceedings), și un studiu tip teză Master.

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

În anul 2020 în cadrul Proiectului Component P4 au fost active următoarele posturi, în conformitate cu lista de personal depusă la semnarea proiectului și a documentelor adiționale:

- Prof.dr.ing. Viorel Ungureanu – Director proiect
- Prof.dr.ing. Adrian Ciutina – Coordonator proiect component P4
- Prof.dr.ing. Sorin Herban – Coordonator proiect component P4
- Cercetător Științific III CS III Ștefan Pavel
- Cercetător drd.ing. Daniel Munteanu
- Cercetător drd.ing. Raluca Buzatu (nou angajat)

5. *Prezentarea valorificării/ îmbunătățirii competențelor / resurselor existente la nivelul consorțiului (cecuri)*

Prin natura activităților proiectului P4 nu a fost necesară utilizarea cecurilor.

6. *Lista cu lucrări publicate în cadrul consorțiului:*

Articole în jurnale indexate ISI

1. 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, 478-490, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.solene>, WOS:000608704600001 (IF = 4.61).

-
2. Buzatu Raluca Ioana, Ungureanu Daniel-Viorel, Ciutina Adrian Liviu, Gireada Mihaita Constantin, Vitan Danut, Petran Ioan. Experimental evaluation of energy-efficiency in a holistically 2 designed building, *Energies*, ISSN 1996-1073 (in curs de evaluare) (IF = 2.70).

Articole în jurnale indexate BDI

1. Raluca Legian, Adrian Ciutina, Viorel Ungureanu. Sustainable Design of a Light Steel Structure. *Acta Technica Napocensis: Civil Engineering & Architecture*, Volume 61, No. 1 (2018).
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. Andrei Bejan, Mihnea Sandu, Laurentiu Tacutu, Cristiana Croitoru, Ilinca Nastase. Airflow study inside an enclosure with a PCM wall and a solar collector. *Proceedings of Roomvent & Ventilation 2018*, Espoo, Finland, 2-7 June 2018, ISBN 978-952-5236-48-4.
2. Andrei Bejan, Cristiana Croitoru, Mihnea Sandu, Ilinca Nastase, Florin Bode. Solar ventilated faade with PCM integration for air preheating. *The 15th Conference of the International Society of Indoor Air Quality & Climate (INDOOR AIR) 2018*, Philadelphia, USA, 22-27 July 2018 (long abstract and poster).
3. Andrei Bejan, Florin Bode, Catalin Teodosiu, Cristiana Croitoru, Ilinca Nastase. Numerical model of a solar ventilated facade element: experimental validation, final parameters and results. *E3S Web of Conferences*, 85, 02013 (2019), EENVIRO 2018, DOI: 10.1051/e3sconf/20198502013 (indexat ISI).
4. Marius Adam, Daniel M. Muntean, Miodrag Popov, Daniel Grecea and Viorel Ungureanu, Integrated energy efficient cooling solutions for large prefabricated panels collective dwellings from the 1970. *E3S Web of Conferences*, 85, 01004 (2019), EENVIRO 2018, DOI: 10.1051/e3sconf/20198501004 (indexat ISI).
5. Mircea Georgescu, Daniel-Viorel Ungureanu, Liviu Marșavina, Andra Floricel, Aurelian Gruin. Composite Roofing of PIR Sandwich Panels: Numerical and Experimental Approach. *3rd World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium - WMCAUS 2018, Prague, Czech Republik, 18-22 June 2018, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 471 (2019), 052092, DOI: 10.1088/1757-899X/471/5/052092 (indexat ISI).
6. Cristiana Verona Croitoru, Andrei Stelian Bejan, Florin Ioan Bode. Preliminary numerical studies conducted for the numerical model of a real transpired solar collector with integrated phase changing materials, *E3S Web of Conferences*, 111, 03047 (2019), EENVIRO 2019, DOI: 10.1051/e3sconf/201911103047 (indexat ISI).
7. Larisa Meliță, Cristiana Verona Croitoru. Aerogel, a high performance material for thermal insulation - A brief overview of the building applications. *E3S Web of Conferences*, 111, 06069 (2019), EENVIRO 2019, DOI: 10.1051/e3sconf/201911106069 (indexat ISI).
8. Adrian Liviu Ciutina, Raluca Ioana Buzatu, Daniel-Mihai Muntean, Daniel-Viorel Ungureanu. Heat transfer vs environmental impact of modern faade systems. *E3S Web of Conferences*, 111, 03078 (2019), CLIMA 2019, DOI: 10.1051/e3sconf/201911103078 (indexat ISI).
9. Charles Baptiste David Berville, Cristiana Verona Croitoru, Ilinca Năstase, *Recent Advances in Solar drying technologies – A short review*, 9th International Conference on Energy and Environment 2019 (CIEM), Timișoara, România, 17-18 October 2019, DOI: 10.1109/CIEM46456.2019.8937614 (indexat ISI).
10. Mircea Georgescu, Daniel-Viorel Ungureanu, Aurelian Gruin, Andra Floricel. Building Cladding using Liner Trays: Experimental and Numerical Approach. *4th World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium - WMCAUS 2019, Prague, Czech Republik, 17-21 June 2019, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 603 (2019), 022051, DOI: 10.1088/1757-899X/603/2/022051 (indexat ISI).
11. 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, DOI: 10.1088/1757-899X/960/3/032099 (indexat ISI).

12. Sima, C., Teodosiu, C., Croitoru, C. and Bode, F. Analysis of numerical and experimental results of a solar glazed air collector configuration in Romania climate. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 664, No. 1, p. 012085). IOP Publishing, 2021, DOI: 10.1088/1755-1315/664/1/012085 (indexat ISI).
13. Sima, C., Teodosiu, C., Croitoru, C. and Bode, F. Experimental study of heat transfer inside a real scale innovative air solar collector. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 664, No. 1, p. 012007). IOP Publishing, 2021, DOI: 10.1088/1755-1315/664/1/012007 (indexat ISI).
14. Berville, C., Fokone, A.T., Sima, C.I. and Croitoru, C.V. Mesh independency study for an unglazed transpired solar collector. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 664, No. 1, p. 012059). IOP Publishing, 2021, DOI: 10.1088/1755-1315/664/1/012059 (indexat ISI).
15. Teodosiu, C., Sima, C., Bode, F. and Croitoru, C. Analysis of velocity and temperature fields inside an air solar collector—A numerical approach. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 664, No. 1, p. 012008). IOP Publishing, 2021, DOI: 10.1088/1755-1315/664/1/012008 (indexat ISI).
16. A. Ciutina, M. Mirea, A. Ciopec, V. Ungureanu, R. Buzatu, R. Morovan. Behaviour of wedge foundations under axial compression. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 664, No. 1, p. 012036). IOP Publishing, 2021, DOI: 10.1088/1755-1315/664/1/012036 (indexat ISI).
17. R. Buzatu, D. Muntean, V. Ungureanu, A. Ciutina, M. Gireadă, D. Vitan. Holistic energy efficient design approach to sustainable building using monitored energy management system. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 664, No. 1, p. 012037). IOP Publishing, 2021, DOI: 10.1088/1755-1315/664/1/012037 (indexat ISI).
18. Ciutina Adrian Liviu, Mirea Monica, Ciopec Alexandra, Morovan Raul, Comportarea Fundațiilor Prefabricate cu Fețe Încălnate la Compresiune Axială, A XIV-A conferință națională de geotehnică și fundații, iunie 2021, ISBN 978-606-23-1250-3.

Studii

1. Morovan Raul, *Behavior of lightweight steel structures with Precast tapered foundations*, MsC Thesis, 2021.

În cadrul conferinței internaționale *The 7th Conference of the Sustainable Solutions for Energy and Environment (EENVIRO 2020)*, 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)***.

De asemenea, 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***.