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 II (2019) - Comportarea materialelor pentru fațade și realizarea unui model de microrețea. Realizarea modulului EXPERIMENTARIUM

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:

- Execuția și montarea structurii și fațadelor EXPERIMENTARIUM- Activitatea 2.7
- Implementarea sistemelor de automatizare și a tehnologii de tip "smart grid" Activitatea 2.8
- Implementarea materialelor pentru absorbția și degradarea substanțelor poluante din aer Activitatea 2.9
- 2. Descrierea științifică și tehnică

2.1 Execuția și montarea structurii și fațadelor EXPERIMENTARIUM (Activitatea 2.7) In etapa II/2019 s-a realizat parțial montajul modulului Experimentarium. Montajul a fost realizat conform proiectului realizat în activitatea 1.

În etapa I/2018 a fost realizat proiectul structurii metalice usoare demontabile (laboratorul experimental) ce va fi amplasată în Timișoara. Construcția se încadrează în categoria de importanță "D", și clasa de importanță "IV". Conform Normativului P100-1/2013, amplasamentul se încadrează în zona seismică cu ag=0,20g și Tc=0,7s.

Realizarea structurii de rezistență

Conform calculelor realizate în Etapa I a proiectului, a fost realizat proiectul de execuție al modulului experimental (Figura 1). De asemenea, a fost contractată o companie care a realizat elementele structurale. În momentul actual elementele structurale sunt la situl de amplasare (Figura 2), urmând ca acesetea să fie montate odată cu obținerea autorizației de construire, acordată de către Primăria Municipiului Timișoara.



Figura 1 Proiectul de execuție al structurii: plan 3D si plan de asamblare perete (exemplu)



Figura 2 Recepționarea elementelor structurale pe șantier

Elementele structurale permit montajul mai multor tipologii de pereți de fațadă. Pentru studiul din cadrul proiectului CIA-CLIM a fost aleasă un sistem de fațadă realizat în sistem sandwich și izolație din vată de fibre obținută din sticle de plastic tip PET. Pe fațada sudică este montată o fereastră cortină cu dimensiunile de 3,30x2,80m, triplu strat (Ug=0,6 W/m2K) care oferă iluminarea interioară a spațiului și încălzirea pasivă a spațiului în timpul zilei.



Figura 3 – Aspecte din timpul montajului modulului experimental - diverse faze de execuție.

Sistemul de fundare

Soluția de fundare proiectată constă în realizarea unor fundații prefabricate de tip trunchi de piramidă care au fost introduse în gropi săpate. Dimensiunile fundațiilor proiectate pentru acest tip de clădire sunt prezentate în Fig. 4. În funcție de formă fundațiile sunt de adâncime medie, având h/bmed > 2.



Fig. 4: Dimensiunile fundațiilor prefabricate și detalii de armare.

Terenul de fundare din amplasament a fost investigat prin realizarea unui foraj geotehnic, precum și prin efectuarea unor încercări de laborator pentru determinarea caracteristicilor fizico-mecanice ale terenului de fundare. Forajul geotehnic s-a executat până la adâncimea de -4,00 m (Tab. 1.1). Au fost astfel identificate un număr de trei straturi de pământ cu caracteristici fizico-mecanice diferite.

În statificație, sub solul vegetal a fost identificat un strat de argilă prăfoasă, maronie, tare, între cotele de - 0,30 m și -0,70 m. Între cota de -0,70 m și -1,40 m a fost interceptat un strat de argilă prăfoasă nisipoasă, maronie, plastic vârtoasă. De la cota de -1,40 m în jos terenul de fundare este alcătuit din argilă prăfoasă nisipoasa, neagră, plastic vârtoasă. În fișa de foraj din Tab. 1.1 sunt prezentate rezultatele încercărilor de laborator, respectiv valorile caracteristicilor fizico-mecanice ale straturilor de pământ care alcătuiesc terenul de fundare.

Fundațiile au fost montate în gropi săpate, acestea fiind realizate cu toleranțe de 5-10 cm față de dimensiunile nominale ale fundațiilor. Solidarizarea fundațiilor cu terenul de fundare a fost făcută cu mortar de ciment, turnat după fixarea fundațiilor. Astfel, se poate estima că dimensiunea finală a fundațiilor este mai mare decât cea nominală.

Obținerea avizelor de construire

În decursul anului 2019 echipa de cercetare a obținut din partea Primăriei Timișoara Certificatul de Urbanism. Conform acestui act, pentru obținerea autorizației de construire a fost necesară obținerea unor avize de la diferite entități publice. În momentul de față, aceste avize au fost obținute, iar echipa de cercetare și cea de montaj sunt în așteptarea autorizației de construire.

Alegerea sistemului de izolație termică a pereților

Utilizarea de PET (Polyethylene Terephthalate) are o creștere substanțială în ultimii ani datorită puterii acestui material de răspândire în fabricarea de fibre și de elemente de ambalare, ajungând la

o producție totală de 23,5 milioane de tone în 2016, dintre care 26,3% au fost utilizate pentru îmbutelierea apei, 26,1% pentru băuturi răcoritoare carbonatate iar 18,6% pentru alte băuturi. Considerând multiplele reacții și procese de care e nevoie în producția de PET-uri, recuperarea sau reciclarea aestui material devine o constrângere atât pentru motive economice cât și pentru beneficiile legate de mediu. Astfel, una dintre metodele de reutilizare a acestuia este de reutilizare în alte arii industriale. După sortare, curățire și fărămițare în fulgi, deșeul de PET reciclat este utilizat la producția diferitelor elemente de producție, cum sunt elemente din industria automotive, valizele, elemente plane, containere, covoare din fibre din poliester sau haine. În domeniul construcțiilor, utilizarea fibrelor din poliester rezultate din reciclarea sticlelor PET utilizate au fost dezvoltate în producția de vată pentru izolația termică (vezi Figura 5).



Figura 5 Izolație din vată obținută din PET.

Materialele izolante sunt clasificate în literatură în numeroase forme, în mod predominant în două mari grupe: organice sau anorganice, în funcție de originea materialului brut din care acestea se obțin. Fiecare grup principal se poate divide în materiale naturale sau sintetice, în funcție de procesul de producție. În momentul de față există și produse compuse, posibilitățile îna cest moment fiind infinite, considerând perfecționarea și progresul tehnologiilor actuale. Perspectiva de mediu a materialelor de izolație termică joacă un rol tot mai important în perioada actuală, accentul fiind pus pe utilizarea materialelor reciclate sau secundare. În acest sens, reutilizarea sticlelor PET în vată pentru izolații termice conduce la beneficii de mediu importante.

Manufacturarea fibrelor de poliester se realizaează prin reciclarea sticlelor PET post-utilizare, din deponeurile de deșeuri colectate diferențiat. Sticlele PET sunt ulterior curățate, fărămițart în fulgi si apoi utilizate pentru producerea de microfibre. Straturile de material primar izolator se obținute prin orientarea mecanică a fibrelor de poliester în aceeași direcție. În final, vata termoiszolantă este obținută prin suprapunere și lipirea termică (aprox. 180°C) a două sau mai multe straturi de material primar, pentru obținerea densității și grosimii cerute în aplicație.

			6	Frosime [mr	n]
		15	20	37	
[15 [^m / ^g	15			0.058	$\lambda[W/mk]^a$
			0.638	$R [m^2K/W]^a$	
te [k	05 nsitate		0.052		$\lambda [W\!/mk]^a$
ensita			0.383		$R [m^2K/W]^a$
De	Ď	0.046			$\lambda[W/mk]^a$
22	0.323			$R [m^2K/W]^a$	

T-1-10	D. C	4.1		14 4 4 1 1		1.1.1. DET
Labellii Z	Performantele	tennice ale	vatel minerale	rezultate din	i reciciarea s	sticle or PET
r uberur 2		terminee are	value minutale	rezultate am		

^a λ reprezintă conductivitatea termică iar valoarea R-value este o măsură a rezistenței la transferal de căldură printr-un material de o anumită grosime (R = $1/\lambda$, unde l este grosimea elementului izolant în metri iar λ este conductivitatea termică, exprimată în W/mK)

Vata obținută din sticle PET reciclate deține proprietăți de izolare termică și fonică, fiind de asemenea un material care permite respirația. Caracteristicile fizice ale fibrelor de poliester rămân neschimbate în timp, asigurând aceeași rezistență termică în decursul timpului. Datorită faptului că vata din PET reciclat este obținută din sticle utilizate, aceasta oferă o reținere a emisiilor de CO2. Nu sunt adăugate procesului de producție alți agenți chimici sau textili, ceea ce înseamnă că nu exită substanțe periculoase pentru sănătatea umană.

Proiectarea sistemelor de fațadă

Panta acoperișului pe fațada sudică este de 42°, pentru optimizarea performanței oferite de montarea sistemului de panouri fotovoltaice. Elementele structurale permit montajul mai multor tipologii de pereți de fațadă. Pentru studiul din cadrul proiectului CIA-CLIM a fost aleasă un sistem de fațadă realizat în sistem sandwich și izolație din vată de fibre obținută din sticle de plastic tip PET. Pe fațada sudică este montată o fereastră cortină cu dimensiunile de 3,30x2,80m, tristrat (Ug=0,6W/m2K) care oferă iluminarea interioară a spațiului și încălzirea pasivă a spațiului în timpul zilei.

Estimarea comportării fundațiilor rapide (calcul analitic și simulări FEM)

Încercările experimentale au fost realizate prin încărcare statică în trepte pe două fundații de tip trunchi de piramidă identice, conform celor descrise în faza 1. Încărcarea fundațiilor s-a realizat prin aplicarea unei forțe verticale axiale cu ajutorul unei prese hidraulice cu capacitate de 450 kN (Fig. 6). Ca lest au fost folosite elemente prefabricare din beton și elemente metalice în greutate totală de 200kN. Încărcarea fundațiilor respectiv monitorizarea parametrilor încercării a fost efectuată cu un sistem computerizat prezentat în Fig 6. Tasările au fost înregistrate în patru puncte de pe talpa superioară a fundației, prin traductori montați pe un cadru independent, sprijinit în afara zonei active din jurul fundației. Încercările au fost realizate la un interval de două săptămâni: 04.06 (F1) respectiv 20.06.2019 (F2).



a) b) Fig. 6: Lestul de încărcare (F1) - (a); Ansamblul de încărcare și monitorizare (F2) - (b)

Încărcarea statică a fost aplicată în trepte de încărcare, asigurându-se forțe de încărcare de 15, 30, 45, 60,75, 90, 105, 120, 135, 150, 165 kN, echivalente cu presiuni ale ariei mediane de la 41kN/m² la 458kN/m². Treptele de încărcare au fost menținute până la stabilizarea tasărilor pentu fiecare treaptă de încărcare, timpul necesar pentru stabilizarea tasării fiind în medie de circa 2 ore. Tesarea stabilizată a fost considerată ca atinsă atunci când sporul de tasare înregistrat în 20 min a fost mai mic de 0,1 mm, conform NP 045-2000.

În urma aplicării încărcării statice pe cele două fundații de tip trunchi de piramidă s-au obținut următoarele diagrame de încărcare-tasare (Fig 7). Datorită formei de trunchi de piramidă a fundațiilor, s-a preferat trasarea curbelor forță-tasare în loc de presiune-tasare. Curbele înfășurătoare încărcare-tasare au fost trasate unind punctele corespunzătoare momentului de stabilizării tasărilor, obținute înainte de trecerea la o treaptă superioară de încărcare.



Fig. 7: Diagrama de încărcare-tasare Fundația F1 - a); Fundația F2 - b).

Deși răspunsul fundațiilor este similar în domeniul de comportare liniară - până la o forță de 60kN, în domeniul neliniar se înregistrează comportamente diferite ale celor două fundații încercate. Astfel, comportamentul fundației F2 este mult mai rigid față de cel al fundației F1 așa cum se poate observa în Fig. 8. Diferența de comportament este datorată pe de o parte neomogenității terenului de fundare - fundațiile au fost instalate la o distanță de aproximativ 10m una față de cealaltă - și pe de altă parte datorită formei finale a fundațiilor după turnarea mortarului de ciment între elementul prefabricat de fundare și groapa de fundare. Acest aspect a fost vizibil după terminarea încercărilor și extragerea fundațiilor din teren.



Fig. 8: Comparații ale diagramelor de răspuns forță-tasare.

La extragerea fundațiilor din pământul de fundare s-a observat o sporire a secțiunii transversale, neuniformă pe înălțime (vezi Fig. 9), datorată mortarului de ciment folosit pentru solidarizarea fundațiilor cu gropile săpate, și solidarizat cu fundațiilor perfabricate. Din acest motiv, pentru a considera realist forma modificată a fundațiilor, în calculul capacității portante și de modelare MEF, dimensiunile fundațiilor au fost mărite cu câte 5 cm în fiecare parte, considerându-se practic o fundație de aceeași înălțime (90 cm) dar cu dimensiunile bazei mari de 70x70cm iar ale celei mici de 30x30cm.



Fig. 9: Forma fundațiilor înainte și după încercare

Conform NP 112, capacitatea portantă a fundației poate fi estimată cu formula (1). În cazul nostru, datorită, formei în trunchi de piramidă a fundației, relația (1) nu poate fi folosită pentru calculul capacității portante pentru dimensiunile bazei mici a acesteia, deoarece nu ține seama de înclinarea fețelor. Din acest motiv, pentru calculul capacității portante a fundației de tip trunchi de piramidă, s-a considerat că aria redusă a bazei fundației A' este dată de valoarea medie aritmetică a celor două baze (superioară și inferioară) ale fundației, conform geometriei, adică 50x50cm.

$$R_{\rm d} = A' \left(c'_{\rm d} N_{\rm c} b_{\rm c} s_{\rm c} i_{\rm c} + q' N_{\rm q} b_{\rm q} s_{\rm q} i_{\rm q} + 0.5 \gamma' B' N_{\gamma} b_{\gamma} s_{\gamma} i_{\gamma} \right) = 132.1 \text{ kN}$$
(1)

unde:

c'_d = 23 kPa valoarea de calcul a coeziunii efective N. N. N. factori adimensionali pentru canacitate portentă (tabelul E1) cu următearele v

 N_c, N_q, N_γ factori adimensionali pentru capacitate portantă (tabelul F1) cu următoarele valori:

 $N_c = 13,06$ $N_q = 5,24$

 $N_{\gamma} = 1,34$

 b_c, b_q, b_γ factori adimensionali pentru înclinarea bazei fundației, $b_c = b_q = b_\gamma = 1,0$

 s_c , s_q , s_γ factori adimensionali pentru forma bazei fundației cu următoarele valori:

 $s_c = 1,38$ $s_q = 1,31$ $s_\gamma = 1,38$

 i_c , i_q , i_γ factori adimensionali pentru înclinarea încărcării V produsă de încărcarea orizontală H, $i_c = i_q = i_\gamma = 1,0$

q' = 15,9 kPa suprasarcina totală la nivelul bazei fundației,

 $\gamma' = 17.9 \text{ kN/m}^3$ greutatea volumică mediată a pământului

Valoarea rezultată a capacității portante de 132 kN permite calcularea unei valori a presiunii critice de de p_{cr} = 528 kPa, valoare credibilă pentru un teren de fundare de tip argilă prăfoasă.

Pentru estimarea capacității portante a fundațiilor cu fețe înclinate și determinarea capacității portante pe vârf respectiv pe fețele înclinate s-a apelat la un normativ mai vechi, utilizat pentru calculul fundațiilor executate în gropi ștanțate: *Îndrumător de proiectare și execuție a gropilor ștanțate pentru fundații, indicativ C 230-*89. Conform acestui document, capacitatea portantă a fundațiilor de adâncime medie executate în gropi (ștanțate) se determină ca sumă a încărcării transmise pe baza fundației terenului de fundare și a încărcării transmise prin fețele laterale ale fundației. Datorită faptului că în cazul fundațiilor analizate nu vorbim despre un pământ îmbunătățit, coeficientul care ține seama de efectul de îndesare al terenului din jurul colțarului va fi luat unitar:

$$P = k m (A R_v + Q_f) = 81,6 \text{ kN} + 65,3 \text{kN} = 146,9 \text{ kN}$$
(2)

unde:

k = 0,7 coeficient de neomogenitate

m = 0,7coeficient al condițiilor de lucru

A aria secțiunii la vârf a colțarului (0,3x0,3 m2)

 R_v rezistența terenului la adâncimea corespunzatoare bazei $R_v = \alpha_v R_p$

 α_{v} coeficient care ține seama de natura terenului = 0.5 pentru argile

 R_p este rezistența la înfigere a vârfului penetrometrului în teren, luată ca 3,7 MPa pentru argile tarivârtoase

(3)

 Q_f – este încărcarea critică corespunzatoare capacității portante la frecare laterală:

 $Q_f = U_{med} h \alpha_l R_p / \alpha_s$

cu $\alpha_l = 1.0$ – coeficient ce ține cont de efectul de îndesare (1,25 în mod uzual) α_s coeficient ce ține cont de natura terenului $\alpha_s = 50$ pentru argile

 $U_{med} = 4 \times 0.5 \text{ m}$ perimetrul secțiunii transversale la mijlocul înălțimii *h* înăltimea elementului de fundație (0.9m)

Deși valorile calculate conform normativului în vigoare (132 kN) respectiv a îndrumătorului de proiectare pentru fundații în gropi ștanțate (146 kN) conduc la valori numerice comparabile ale capacității portante a elementului de fundație, există totuși câteva diferențe importante între cele două abordări:

- Datorită faptului că Normativul NP 112 nu se referă și la fundațiile cu suprafețe laterale înclinate, capacitatea portantă a elementului analizat, calculată mai sus, s-a obținut înlocuind volumul trunchiului de piramidă cu un volum aproximativ echivalent având forma unei prisme drepte a cărei bază este dată de valoarea medie aritmetică a celor două baze (superioară și inferioară) ale fundației analizate, astfel încât să poată fi folosite relațiile din normativ.
- Îndrumătorul de proiectare C 230-89 face distincția dintre capacitatea de transmitere a forțelor verticale prin presiunea pe teren și respectiv prin frecarea pe suprafața laterală. Cu toate acestea, rezistența de calcul pe suprafața laterală nu depinde de unghiul de înclinare a fețelor ci numai de adâncimea medie a stratului și de tipul de teren.
- Conform valorilor calculate cu formula (3.2), valoarea capacității portante pe talpa fundației (81,6 kN) este mai mare decât valoarea capacității portante pe fețele laterale dată de frecare și împănare (65,3 kN).

Pentru o analiză a stării de eforturi și deformații a terenului de fundare din zona înconjurătoare fundației tip trunchi de piramidă a fost efectuată o analiză numerică cu element finit, pentru acest scop utilizându-se programul de calcul MIDAS GTX.

Modelul de bază folosit în analiză integrează o unitate de fundație din beton, într-un spațiu 3D care modelează terenul de fundare din amplasament. Dimensiunile orizontale ale blocului de fundare au fost cele originale sporite cu 10 cm pe fiecare latură, luându-se astfel în calcul aportul mortarului de solidarizare. S-a obținut astfel un trunchi de piramidă cu baza mare de 0,7x0,7m, cea mică de 0,3x0,3m iar înălțimea de 0,9m. Dimensiunea masivului de pământ considerată în analize a fost de 6x6m.

Pentru modelare au fost folosite două materiale caracteristice pentru beton și respectiv teren de fundare, caracterizate prin:

- beton: modelare elastic-plastică, considerând rezistența f_c=16 N/mm² și modul de elasticitate E_{cm} = 29000 N/mm². Valoarea rezistenței la compresiune a rezultat în urma testelor pe epruvete cubice la 28 de zile;
- terenul de fundare, considerat ca un singur strat cu următoarele caracteristici mediate: Modulul de liniaritate E=20000 kPa, coeziunea c = 23 kPa, unghiul de frecare Φ =18°. Modelul de material adoptat în analize a fost de tip Mohr-Coulomb.

Contactul dintre terenul de fundare și fundația din beton a fost modelat printr-un element de contact de tip "interface", considerâd un coeficient de frecare $\mu = 0,35$. Suprafețele laterale respectiv suprafața de jos au restricționată deformația perpendiculară pe plan. Suprafața de sus, adiacentă fundației este modelată ca suprafață liberă. Elementele au fost discretizate gradual: astfel, fundația și terenul din vecinătatea acesteia au fost modelate cu elemente finite mai mici cu dimensiunea maximă de 10 cm. Dimensiunea elementelor finite a fost crescută gradual până la 60 cm, la marginea masivului de pământ. Figura 10 prezintă discretizările fundației și a masivului de pământ.



Fig. 10: Discretizarea elementului de fundație – a); Discretizarea terenului de fundare, incluzând și fundația tip trunchi de piramidă – b)

Considerând variabilitatea parametrilor terenului de fundare, inclusiv în răspunsul unor elemente similare prin răspunsul fundației F1 respectiv al fundației F2, curba numerică încărcare-tasare prezentată în Fig. 11 este considerată ca reprezentând curba de calibrare a rezultatelor încercărilor experimentale. Aceasta a fost obținută pe baza următoarelor valori caracteristice:

- modulul de deformare liniară E = 20000 kPa valoare sporită față de cea obținută din studiul geotehnic datorită îndesării terenului în timpul încercării;
- coeziunea specifică: c = 23 kPa valoare mediată pe cele două straturi de pământ;
- unghiul de frecare interioară a pământului: $\Phi = 18^{\circ}$ valoare mediată pe cele două straturi de pământ;



- coeficientul de frecare $\mu = 0.35$

Fig. 11: Curba de calibrare FEM bazată pe rezultatele testelor experimentale

Figura 12 prezintă forma deformată a masivului de pământ și valorile tensiunilor echivalente Von Misses. Așa cum era e așteptat, valorile cele mai mari ale tensiunilor se înregistrează pe baza fundației și la interfața cu elementul din beton.



Fig. 12: Forma deformată a terenului de fundare (total displacement) și tensiunile Von Mises în pasul de încărcare final

Pentru a verifica contribuția 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*).

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 descrise mai sus. 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.

Figura 13 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 reazultă 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.



Fig. 13: Rezultatele comparative ale modelelor cu element finit

2.2 Implementarea sistemelor de automatizare și a tehnologii de tip "smart grid" (Activitatea 2.8)

Adaptarea consumatorilor casnici pentru alimentarea în curent continuu

În cadrul acestei etape de cercetare s-a realizat reproiectarea sistemelor de alimentare în curent continuu pentru trei consumatori de uz casnic proiectați inițial pentru funcționare în curent alternativ: un aparat de aer condiționat, o plită de inducție și o combină frigorifică.

În majoritatea cazurilor consumatorilor casnici, utilizarea punților redresoare, cu sau fără factor de putere unitar, pentru producerea curentului continuu este des întâlnită. În cazul unei rețele de curent continuu acestea pot fi eliminate obținând avantajele unor costuri reduse și perturbații reduse ale rețelei.

Un aparat de aer condiționat (Figura 14) în componența căruia a fost identificat în mod special și un convertor de corectare a factorului de putere (PFC) a fost considerat. Pentru alimentarea acestui aparat în curent continuu a fost necesară anularea convertorului de PFC și asigurarea polarizării corespunzătoare a circuitelor de comunicații dintre cele două unități.



Figura 14. Stand de test pentru un aparat de aer condiționat

Funcționarea unei plite de inducție alimentată în curent continuu

Adaptarea acesteia (Figura 15) a presupus utilizarea unui circuit suplimentar care să emuleze trecerea tensiunii alternative prin zero. Circuitul respectiv generează un semnal PWM la frecvența de 100 [Hz] cu un factor de umplere de 95%.



Figura 15. Stand de test pentru plita de inducție

Funcționarea unei combine frigorifice alimentată în curent continuu

Pe baza unei analize în detaliu a structurii electronice utilizate pentru combina frigorifică (Figura 16) s-a concluzionat că aceasta poate funcționa fără probleme în curent continuu fără reproiectări suplimentare, singura modificare adusă fiind limitarea curentului prin rezistențele de decongelare.



Figura 16. Stand de test pentru combina frigorifică

2.3 Implementarea materialelor pentru absorbția și degradarea substanțelor poluante din aer (Activitatea 2.9)

Scopul studiului efectuat în această fază a constat în determinarea principalilor parametri ce prezintă o influență majoră asupra performanțelor termice ale colectoarelor solare. Acest lucru a permis determinarea mărimilor de interes în cadrul studiilor experimentale și numerice derulate ulterior.

Parametrii principali analizați, ce influențează în mod direct comportamentul colectoarelor solare, au fost:

- debitul de aer, eficiența captatoarelor solare fiind proporțională cu creșterea valorii debitului de aer introdus;
- radiația solară, creșterea acesteia are un impact redus asupra eficientei colectorului;
- dimensiunile si pasul perforațiilor plăcii absorbante au un efect limitat în eficienta schimbului de căldură;
- geometria perforațiilor plăcii absorbante joacă un rol important în performanța colectoarelor solare;
- plenumul are un impact redus asupra eficienței, în comparație cu debitul de aer și radiația solară;
- distanța suprafață vitrată/placă absorbantă poate fi optimizată pentru un schimb de căldură mărit.

Studiu experimental colectoare solare vitrate în condiții reale de funcționare

În Figura 17 se prezintă standul experimental realizat pentru testarea în condiții reale a unui colector solar vitrat.



Fig. 17 – Stand experimental colector solar vitrat

Principalele elemente componente ale acestui stand experimental sunt: suprafață vitrată, placă absorbantă, cavitate interioară (unde se vor plasa si PCM-urile ulterior), plenum, ventilator și conducte de aer.

De asemenea, în Figura 18 se prezintă diferite imagini de la construcția standului experimental, precum și montajul final al acestuia.





Fig. 18 - Construcția și montajul standului experimental pentru testarea unui colector solar vitrat

În Figur 19 se prezintă metrologia implementată pe standul experimental (poziția sondelor de temperatură – termocuple). Studiul experimental s-a realizat pentru secvențe de 4-5 zile consecutive, fiecare perioadă de timp pentru configurații diferite în ceea ce privește distanța suprafață vitrată – placă absorbantă. De asemenea, pentru fiecare configurație s-a analizat influența modificării debitului de aer asupra performanțelor captatorului solar. Campaniile experimentale s-au derulat pe 5-6 ore/zi. Din acest interval s-au extras valorile măsurate pentru o perioadă de o oră în care fluctuațiile de radiație solară au fost cele mai reduse. În tabelele următoare se prezintă valorile măsurate pentru o distanță de 3 cm suprafață vitrată – placă absorbantă (tabelul 3), respectiv o distanță de 5 cm suprafață vitrată – placă absorbantă (tabelul 4).



Fig. 19 – Amplasare sonde de temperatură pe standul experimental

Perioada 13:10-14:10	Temperatura 11.10.2019 158 m ³ /h	Temperatura 12.10.2019 203 m3/h	Temperatura 13.10.2019 250 m3/h	Temperatura 14.10.2019 296 m3/h	Temperatura 15.10.2019 354 m3/h	Temperatura 16.10.2019 397 m3/h
SUS Gradient mediu temp	64,30	56,60	52,72	49,04	41,79	39,57
Mijloc Gradient mediu temp	55,48	54,35	54,37	48,96	41,48	39,60
Jos Gradient mediu temp	53,76	53,00	52,72	48,03	41,14	39,39
Temperatura medie placa	57,8	54,6	53,3	48,7	41,5	39,5
Input	25,2	26,8	28,0	25,9	19,7	19,9
Output	43,3	40,7	41,4	38,6	30,9	30,0
Diferenta Output-Input	18,1	13,9	13,4	12,6	11,2	10,2
Temp. ext. medie	26,5	25,2	28,1	28,4	21,5	21,8
Radiatia medie	770,7	785,8	758,9	719,4	771,0	755,7
Viteza medie a vantului	0,32	0,46	0,35	0,17	0,13	0,15

Tabelul 3. Valori măsurate pentru distanță de 3 cm suprafață vitrată – placă absorbantă

Tabel 4. Valori măsurate pentru distanță de 5 cm suprafață vitrată – placă absorbantă

Perioada 13:10-14:10	Temperatura 18.10.2019 154 m3/h	Temperatura 19.10.2019 205 m3/h	Temperatura 20.10.2019 254 m3/h	Temperatura 21.10.2019 302 m3/h	Temperatura 23.10.2019 350 m3/h
SUS Gradient mediu temp	59,03	52,92	47,00	45,02	38,85
Mijloc Gradient mediu temp	51,58	47,47	43,92	43,28	39,66
Jos Gradient mediu temp	47,59	46,35	43,90	43,25	39,33
Temperatura medie placa	52,7	48,9	44,9	43,9	39,3
Input	25,4	26,1	23,1	24,2	24,2
Output	38,6	35,7	32,7	32,3	29,5
Diferenta Output-Input	13,2	9,6	9,6	8,1	5,4
Temp. ext. medie	22,6	25,1	23,7	28,4	22,8
Radiatia medie	681,9	659,7	685,6	684,5	617,8
Viteza medie a vantului	0,32	0,46	0,35	0,17	0,13

Studiu numeric colectoare solare vitrate

În ceea ce privește studiile numerice, acestea au cuprins elaborarea unui model numeric pentru un captator solar vitrat și efectuarea de simulări numerice pe baza acestuia. Studiul numeric s-a realizat în cadrul unui stagiu de cercetare al Tournois Quentin, de la INSA Lyon, Franța.

Modelul numeric a fost dezvoltat utilizând softul Ansys Fluent, pe baza tehnicii de tip CFD (Computational Fluid Dynamics), ceea ce a permis studiul tuturor fenomenelor fizice ce intervin la nivel de transfer de căldură în cadrul captatorului solar.

Principalele caracteristici ale acestui model CFD sunt prezentate în Tabelul 5.

Ipoteză / componentă	Descriere			
Curgere	3D, regim staționar, neizotermă, turbulentă			
Discretizare domeniu de calcul	Volume finite, rețea de discretizare nestructurată (tetraedre), studiu de			
	sensibilitate raportat la optimizare discretizare			
Model de turbulență	k-ε realizable			
Model strat limită	"enhanced wall treatment" (k- ε realizable)			
Model de radiație	S2S			
Rezolvare numerică	scheme de tip "second-order upwind"; algoritm SIMPLE pentru			
	cuplare viteză-presiune; multigrid de tip algebric pentru accelerare			
	convergență			

Tabel 5. Model numeric CFD pentru captatorul solar

Geometria utilizată pentru modelul numeric (Figura 20) a fost cea a standului experimental prezentat anterior. Pe baza modelului numeric construit astfel s-a realizat un studiu parametric al captatorului solar vitrat, preluând la nivel de condiții la limită valorile înregistrate în cadrul studiului experimental.

Acest studiu parametric a permis optimizarea construcției captatorului solar experimental prezentat în secțiune precedentă, precum și analizarea detaliată a funcționării acestuia în diferite condiții de lucru.



Fig. 20 – Geometrie 3D model numeric captator solar vitrat

Se prezintă în continuare principalele rezultate obținute în urma acestui studiu numeric parametric. În ceea ce privește debitul de aer (Figura 22), rezultatele au arătat ca creșterea fluxului de aer ne permite sa extragem mai multa energie din colector, dar cu o temperatura mai scăzută. Concluzia este că, fără a ține cont de consumul de energie necesar pentru acționarea ventilatorului, cu cât debitul este mai mare, cu atât eficiența colectorului crește. Pe de altă parte, s-a constatat că grosimea lamei de aer dintre suprafața vitrată și placa absorbantă are o influență majoră asupra eficienței captatorului solar. Rezultatele obținute arată în acest sens că distanța optimală suprafața vitrată – placă absorbantă este de 3 cm. (Figura 22).



Fig. 21 – Profil de temperatura pe o secțiune lateralăpentru un debit de 158 m³/h, respectiv 203 m³/h.



Fig. 22 – Profil de temperatura pentru un spațiu de aer de 3 cm si 7 cm.

Studiile efectuate în cadrul proiectului "Clădiri inteligente adaptabile la efectele schimbărilor climatice (Fațade inteligente în contextul schimbărilor climatice)" - 30PCCDI/2018 au cuprins trei direcții principale de acțiune: studii bibliografice, experimentale și numerice.

Toate aceste studii au permis degajarea unor concluzii în ceea ce privește construcția și funcționarea cât mai eficientă a captatoarelor solare vitrate cu placă absorbantă perforată, în vederea integrării acestora în fațadele clădirilor.

În momentul de față, pe baza rezultatelor obținute (atât experimentale cât și numerice) se poate recomanda construcția unui prototip de captator solar vitrat cu placă absorbantă perforată (determinându-se practic principalii parametri) ce poate fi testat în condiții reale de funcționare prin integrarea acestuia în fațadele clădirilor.

Configurația propusă în urma acestor studii va fi reluată în cadrul activităților prevăzute în continuare în cadrul proiectului, urmărindu-se integrarea materialelor cu schimbare de fază în construcția captatorului solar pentru creșterea performanțelor acestuia.

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 si optimizarea utilizării energiilor regenerabile în conformitate cu tendințele din cercetarea internațională și cu cerințele economiei românești și europene si crearea unui cadru propice diseminării de noi cunoștințe in 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 utimă generație.

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

În anul 2018 în cadrul Proiectului Component P4 au fost active următoarele posturi, în conformitate cu lista de personal depusă la semnarea proeictului 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 valorificarii/ îmbunătățirii competențelor / resurselor existente la nivelul consorțiului (cecuri)

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

Lista cu lucrări publicate în cadrul consorțiului:

1. Lucia-Andreea El-Leathey, Assessment of the Main Requirements and Characteristics Related to the Implementation of a Residential DC Microgrid, IntechOpen, 2019, ISBN: 978-1-78984-061, Book chapter.

2. Maria Mihăilescu, Adina Negrea, Mihaela Ciopec, Corneliu Davidescu, Petru Negrea, Narcis Duteanu, Gerlinde Rusu, *Gold (III) adsorption from dilute waste solutions onto Amberlite XAD7 resin modified with L-glutamic acid*, Nature, 2019, ISSN: 0028-0836, Published Article.

3. Kovácik Jaroslav, Liviu Marşavina, Emanoil Linul, *Poisson's Ratio of Closed-Cell Aluminium Foams*, Materials, 2018, Vol. 11, Fascicola 10, ISSN: 1996-1944, Published Article.

4. Emanoil Linul, Liviu Marşavina, Andrei-Petrica Linul, Jaroslav Kovacik, *Cryogenic and high temperature compressive properties of Metal Foam Matrix Composites*, Composite Structures, 2019, Vol. 209, Fascicola 490-498, ISSN: 0263-8223, Published Article.

5. Emanoil Linul, Liviu Marşavina, Cristina Valean, Radu Banica, *Static and dynamic mode I fracture toughness of rigid PUR foams under room and cryogenic temperatures*, Engineering Fracture Mechanics, 2018, ISSN: 0013-7944, Published Article

6. Emanoil Linul, Liviu Marşavina, Mircea Georgescu, *The Anisotropy Effect of Closed-Cell Polyisocyanurate (PIR) Rigid Foam under Quasi-Static Compression Loads*, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2018, ISSN: 0921-5093, Published Article.

7. Dan Ioan Stoia, Emanoil Linul, Liviu Marşavina, *Influence of Manufacturing Parameters on Mechanical Properties of Porous Materials by Selective Laser Sintering*, Materials, 2019, Vol. 12, Fascicola 6, ISSN: 0889-325X, Published Article.

8. 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, 2019, Vol. 111, ISSN: 2267-1242, Published Article.

9. Larisa Meliță, Cristiana Verona Croitoru, Aerogel, a high performance material for thermal insulation-A brief overview of the building applications, E3S Web of Conferences, 2019, Vol. 111, ISSN: 2267-1242, Published Article.

10. Adrian Liviu Ciutina, Raluca Ioana Buzatu, Daniel-Mihai Muntean, Daniel-Viorel Ungureanu, *Heat transfer vs environmental impact of modern façade systems*, E3S Web of Conferences, 2019, Vol. 111, ISSN: 2267-1242, Published Article.

11. 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, ISSN:1757-8981, Article

12. Adrian Liviu Ciutina, Raluca Ioana Buzatu, Daniel-Mihai Muntean, Daniel-Viorel Ungureanu, *Sisteme moderne de fațade metalice: analize termice și de impact asupra mediului*, A XVI-a Conferință Națională de Construcții Metalice, 13-14 iunie 2019, Timișoara, România, Article

13. Mircea Georgescu, Daniel-Viorel Ungureanu, Liviu Marşavina, 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, ISSN:1757-8981, Article 14. Rareș Andrei Chihaia, *Renewable energy harnessing using innovative systems for a clean environment*, US Frontiers of Engineering Symposium 2019, Stockholm, Sweden, 18-20 November 2019, Poster

15. Dan Hulea, Nicolae Muntean, Mihăiță Constantin Gireadă, Octavian Cornea, Emanuel Șerban *Bidirectional Hybrid Switched-Inductor Switched-Capacitor Converter Topology with High Voltage Gain,* EPE 2019 ECCE Europe: 21th European Conference on Power Electronics and Applications, Genova, Italia, 02-06 September 2019, Proceedings ISBN 978-9-0758-1530-6, IEEE catalog, Article.

16. Dan Hulea, Nicolae Muntean, Mihăiță Constantin Gireadă, Octavian Cornea, *A Bidirectional Hybrid Switched-Capacitor DC-DC Converter with a High Voltage Gain*, Aegean Conference on Electrical Machines and Power Electronics, Istambul, Turkey, 27-29 August 2019, Proceedings: Optimization of Electrical & Electronic Equipment Conference, Article.

17. Dănuț Vitan, Lucian Tutelea, Nicolae Muntean, Ion Boldea, *Sensorless Synchronous Reluctance Generator Control Based on q Axis Estimated Current*, Aegean Conference on Electrical Machines and Power Electronics, Istambul, Turkey, 27-29 August 2019, Proceedings: Optimization of Electrical & Electronic Equipment Conference, Article.

18. Mădălina Gabriela Ivanovici, Paulina Vlăzan, Ștefan Novaconi, Cristina Moșoarcă, Florina Ștefania Rus, *New environmental building material with self-cleaning property*, ISAEP 2019: 25th International Symposium on Analytical and Environmental Problems, Szeged, Hungary, 7-8 October 2018, Proceedings of the 25th International Symposiumon Analytical and Environmental Problems, Poster.

19. Paulina Vlăzan, Florina Ștefania Rus, Ștefan Novaconi, *TiO2 activated foam glass as reactive environmentally friendly construction material*, 28th Symposium on Thermal Analysis and Calorimetry-Eugen Segal of the Commission for Thermal Analysis and Calorimetry of the Romanian Academy & 2nd Symposium on Thermal Analysis and Calorimetry of Moldova, Timișoara, România, 9-10 May 2019, Proceedings of the Symposium on Thermal Analysis and Calorimetry-Eugen Segal of the Commission for Thermal Analysis and Calorimetry-Eugen Segal of the Commission for Thermal Analysis and Calorimetry-Eugen Segal of the Commission for Calorimetry of the Romanian Academy & 2nd Symposium on Thermal Analysis and Calorimetry of Moldova, Timișoara, România, 9-10 May 2019, Proceedings of the Symposium on Thermal Analysis and Calorimetry-Eugen Segal of the Commission for Calorimetry of Moldova, Poster.

20. Florina Ștefania Rus, Ștefan Novaconi, Paulina Vlăzan, Mădălina Gabriela Ivanovici, *Removal of methylene blue by activated glass foams with TiO2 in dark and simulated solar light*, TIM 19 Physics Conference, Timișoara, România, 29-31 May 2019, American Institute of Physics Conference Proceedings Series (AIP-CP), Poster.

21. Mădălina Gabriela Ivanovici, Paulina Vlăzan, Ștefan Novaconi, Florina Ștefania Rus, *Degradation of Rhodamine B over glass foam coated with WO3 and TiO2 under simulated solar radiation*, TIM 19 Physics Conference, Timișoara, România, 29-31 May 2019, American Institute of Physics Conference Proceedings Series (AIP-CP), Poster.

22. Mădălina Gabriela Ivanovici, *Studii fotocatalitice privind descompunerea coloranților organici sub radiatie solara simulata utilizand spectroscopia UV-VIS*, Ziua Mediului, Timișoara, România, 05 iunie 2019, Prezentare orală.

23. Florina Ștefania Rus, Ștefan Novaconi, Paulina Vlăzan, Mădălina Gabriela Ivanovici, *Removal of methylene blue by activated glass foams with TiO2 in dark and simulated solar light*, TIM 19 Physics Conference, Timișoara, România, 29-31 May 2019, American Institute of Physics Conference Proceedings Series (AIP-CP), USA, Article.

24. Mădălina Gabriela Ivanovici, Paulina Vlăzan, Ștefan Novaconi, Florina Ștefania Rus, *Degradation of Rhodamine B over glass foam coated with WO3 and TiO2 under simulated solar radiation*, TIM 19 Physics Conference, Timișoara, România, 29-31 May 2019, American Institute of Physics Conference Proceedings Series (AIP-CP), Article.

25. Mădălina Gabriela Ivanovici, Paulina Vlăzan, Ștefan Novaconi, Cristina Moșoarcă, Florina Ștefania Rus, *New environmental building material with self-cleaning property*, ISAEP 2019: 25th International Symposium on Analytical and Environmental Problems, Szeged, Hungary, 7-8 October 2018, Proceedings of the 25th International Symposiumon Analytical and Environmental Problems, ISBN: 978-963-306-702-4, Article.

26. Charles Baptiste David Berville, Cristiana Verona Croitoru, Ilinca Năstase, *Recent Advances in Solar drying technologies – A short review*, 9 th International Conference on Energy and Environment 2019, Timișoara, România, 17-18 October 2019, Proceedings of the 9 th International Conference on Energy and Environment: Energy for a green digital world, Article.

27. Csaba Szabo, Mădălina Sabina Sabău, Mihai Adrian Iuoraș, Mircea Bojan, Petre Dorel Teodosescu, *Overall performance analysis of a resonant driver with different LED output stages*, Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM) 2020, Sorrento, Italy, 24-26 June 2019, Proceedings on Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, Article.