

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 I (2018) - Studii privind caracterizarea, obținerea și implementarea materialelor pentru fațade și modele pentru microrrețele

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

Rezumatul etapei

Etapa a integrat următoarele activități:

- Proiectarea structurii de rezistență (suprastructură și infrastructură) – Activitatea 1.7
- Investigarea și proiectarea fațadelor – Activitatea 1.8
- Studii de implementare a fațadelor ușoare pe structuri ușoare. Încercări experimentale pe fundații rapide – Activitatea 1.9

Descrierea științifică și tehnică

Proiectarea structurii de rezistență (suprastructură și infrastructură) (Activitatea 1.7)

În etapa I/2018 a fost realizat proiectul structurii metalice usoare demontabile (laboratorul experimental) ce va fi amplasată în Timisoara. Calculul a pornit de la încărcările și condițiile de prindere ale fațadelor inteligente pe elementele structurale, considerând totodată și încărcările uzuale care se aplică pe construcții.

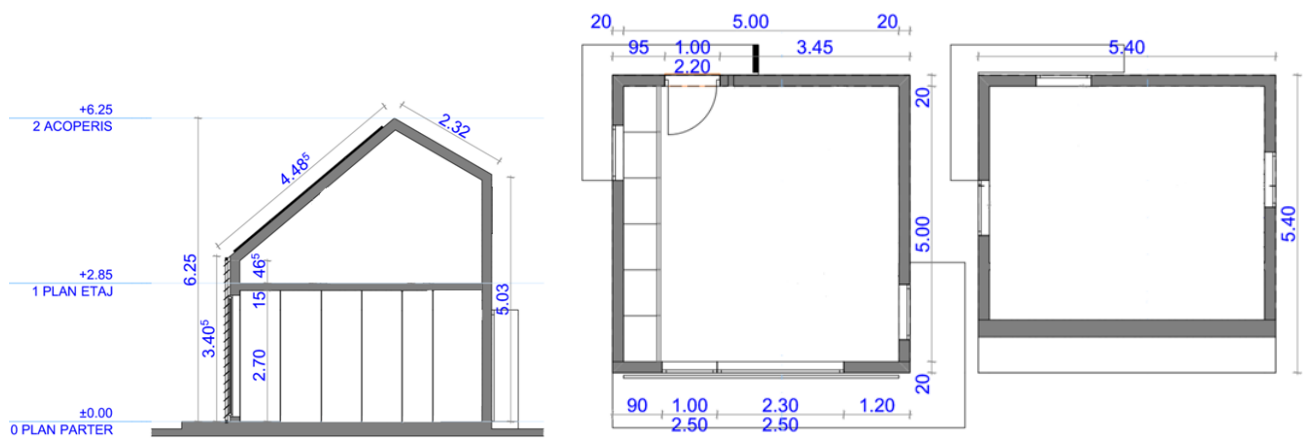
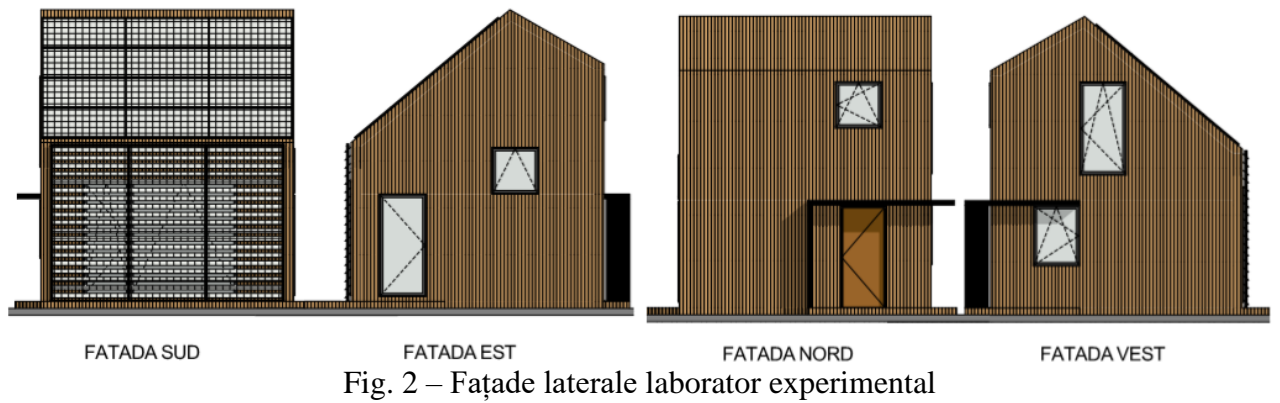
De asemenea, a fost realizată o optimizare arhitecturală a laboratorului modular mobil Experimentarium, prin orientarea ideală față de punctele cardinale și găsirea înclinațiilor optime ale acoperișului în vederea maximizării aportului energetic dat de panourile fotovoltaice;

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 $a_g=0,20g$ și $T_c=0,7s$. Laboratorul experimental, cu regim de înălțime P+1E, este conceput sub forma unui volum compact. Cota $\pm 0,00m$ în raport cu elementele fixe ale terenului va fi la $+0.40$ față de cota terenului natural.

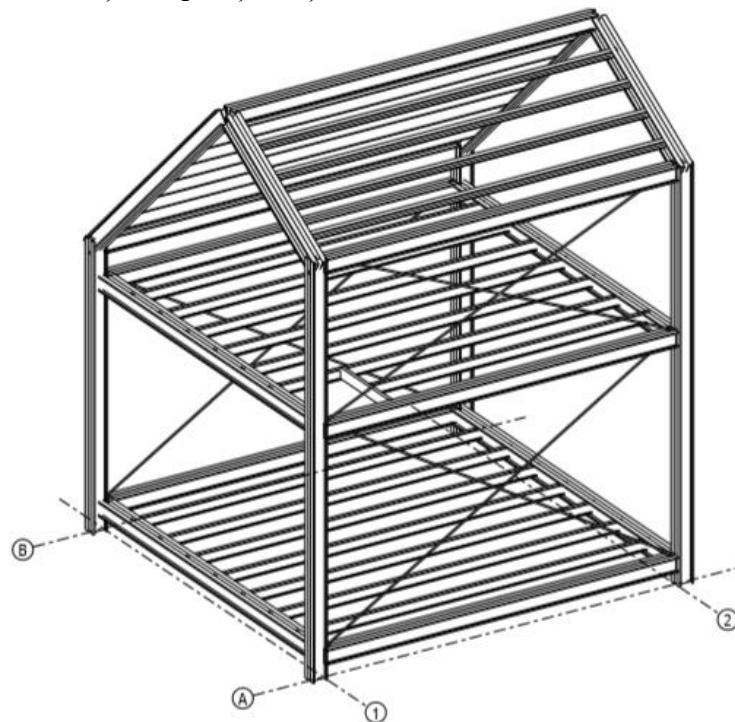


Fig. 1 – Plan amplasament laborator experimental

Accesul în interiorul modulului experimental se face printr-o ușă de acces aflată pe fațada Est a clădirii, iar accesul la nivelul etajului se face prin scara interioară retractabilă.



Laboratorul experimental va fi amplasat în funcție de punctele cardinale astfel încât să poată beneficia într-o măsură cât mai mare de aportul de energie adus de perioadele de însorire. Structura de rezistență va fi alcătuită din profile din oțel cu pereți subțiri laminati la rece.



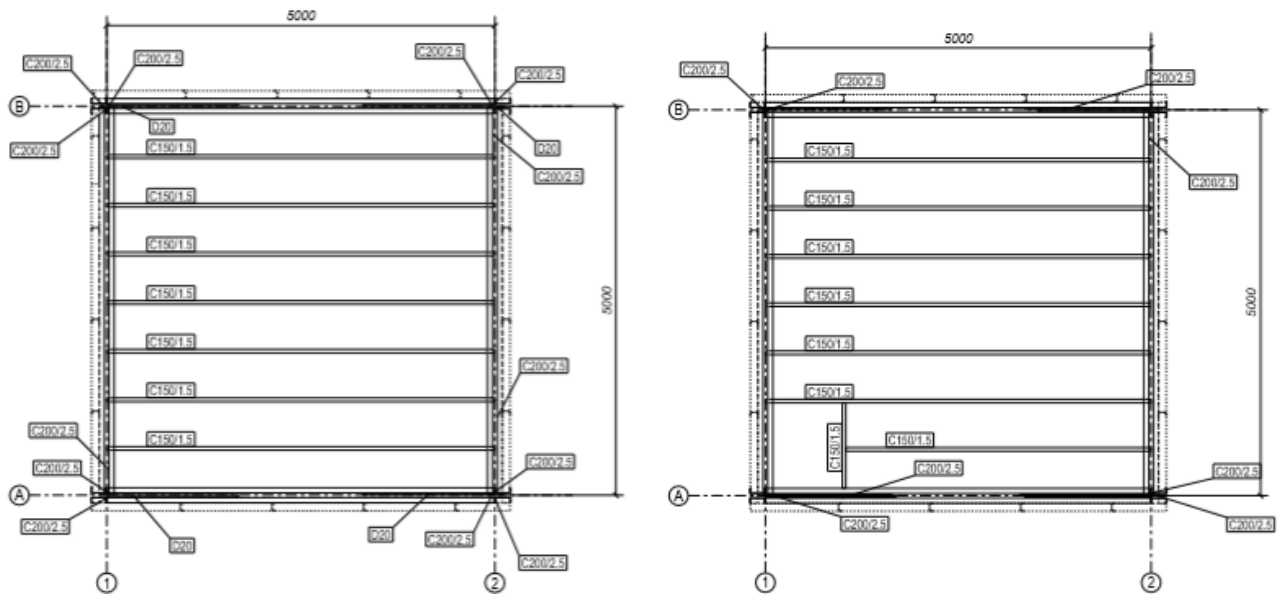


Fig. 4 –Plan +0,40 (stanga) și Plan +2,85 (dreapta)

In urma analizei structurale si a verificarii de rezistenta a elementelor structurale au rezultat urmatoarele sectiuni transversale:

Tabelul 1. Secțiunile transversale ale elementelor structurale.

| Elemente | Sectiune transversala |
|-------------------------------|--------------------------|
| Grinzi principale (otel S355) | 2C250/3 dispuse la 60 mm |
| Grinzi secundare (otel S355) | C200/2,5 |
| Stalpi (otel I S355) | 2C250/3 dispuse la 60 mm |
| Pane (otel S355) | C150/1,5 |
| Contravanturi (otel S235) | otel rotund $\phi 20$ |

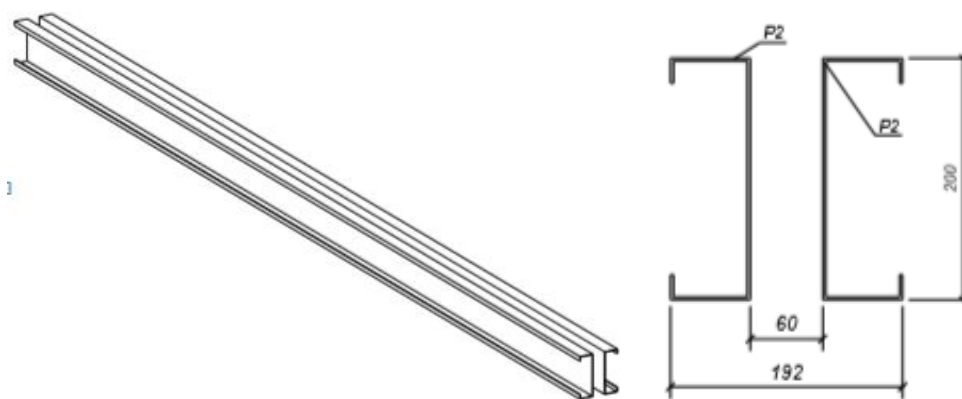


Fig. 5 - Vedere 3D si in sectiune a grinzilor si stalpilor structurii de rezistenta (elemente ușoare formate la rece)

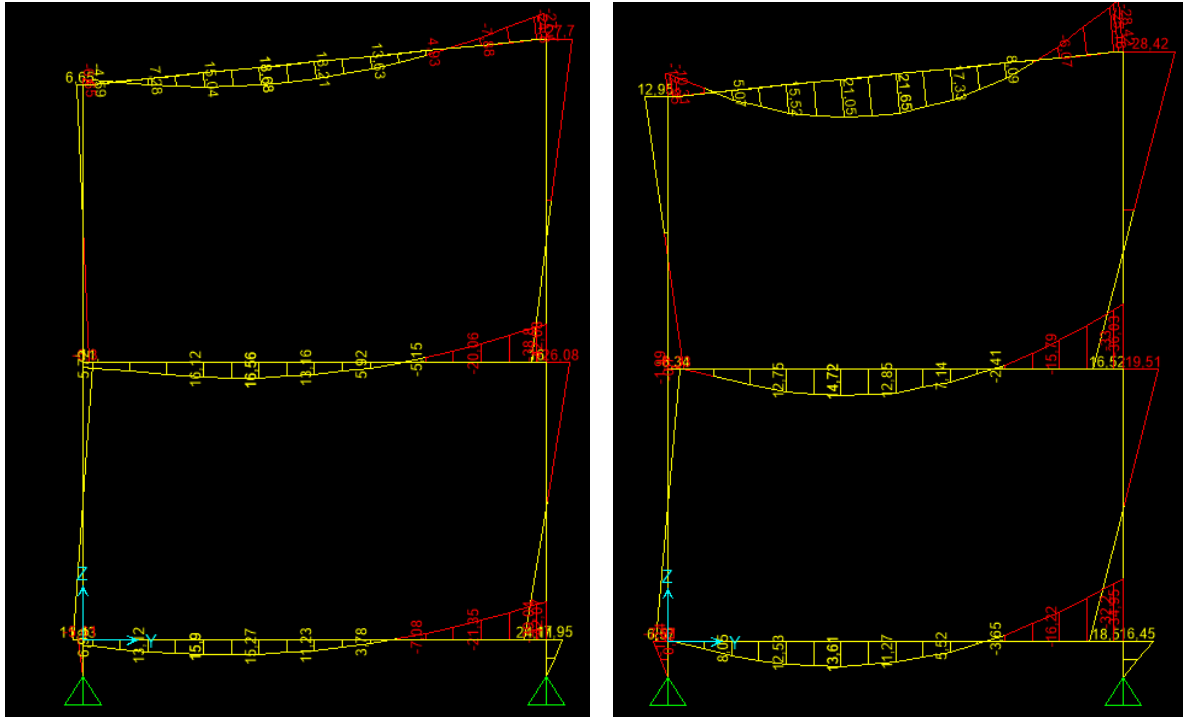


Fig. 6 – Incovoiere maxima dupa axa y-y in grinzi (stanga) si in stalpi (dreapta)

Verificarea de rezistenta a elementelor principale. Elementele din otel sunt alcatuite din profile cu pereti subtiri laminate la rece (S355) și se incadreaza in Clasa 4.

- Grinzi

Rezistenta sectiunii transversale:

Verificarea la rezistenta

$$\left[\frac{N_{Ed.c.af}}{\left(\frac{A_{ef} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \right) \cdot 10^{-3}} \right] + \left[\frac{M_{y.Ed} + N_{Ed.c.af} \cdot e_{Ny}}{\left(\frac{W_{y.ef} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \right) \cdot 10^{-6}} \right] = 0.712 < 1$$

Verificarea la flambaj

$$\frac{N_{Ed.c.af}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \left(\frac{M_{y.Ed} + \Delta M_{y.Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y.Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0.92 < 1$$

$$\frac{N_{Ed.c.af}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \left(\frac{M_{y.Ed} + \Delta M_{y.Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y.Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0.92 < 1$$

- Stalpi

Rezistenta sectiunii transversale:

Verificarea la rezistenta

$$\left[\frac{N_{Ed.c.af}}{\left(\frac{A_{ef} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}} \right) \cdot 10^{-3}} \right] + \left[\frac{M_{y.Ed} + N_{Ed.c.af} \cdot e_{Ny}}{\left(\frac{W_{y.ef} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}} \right) \cdot 10^{-6}} \right] = 0.547 < 1$$

Verificarea la flambaj

$$\frac{N_{Ed.c.af}}{x_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \left(\frac{M_{y.Ed} + \Delta M_{y.Ed}}{x_{LT} \cdot \frac{M_{y.Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0.604 < 1$$

$$\frac{N_{Ed.c.af}}{x_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \left(\frac{M_{y.Ed} + \Delta M_{y.Ed}}{x_{LT} \cdot \frac{M_{y.Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0.611 < 1$$

Proiectarea fundațiilor

Soluția de fundare proiectată constă în realizarea unor fundații prefabricate de tip trunchi de piramidă care se vor introduce în teren prin vibropresare sau vibropercuție. Dimensiunile fundațiilor proiectate pentru acest tip de clădire sunt prezentate în figura de mai jos.

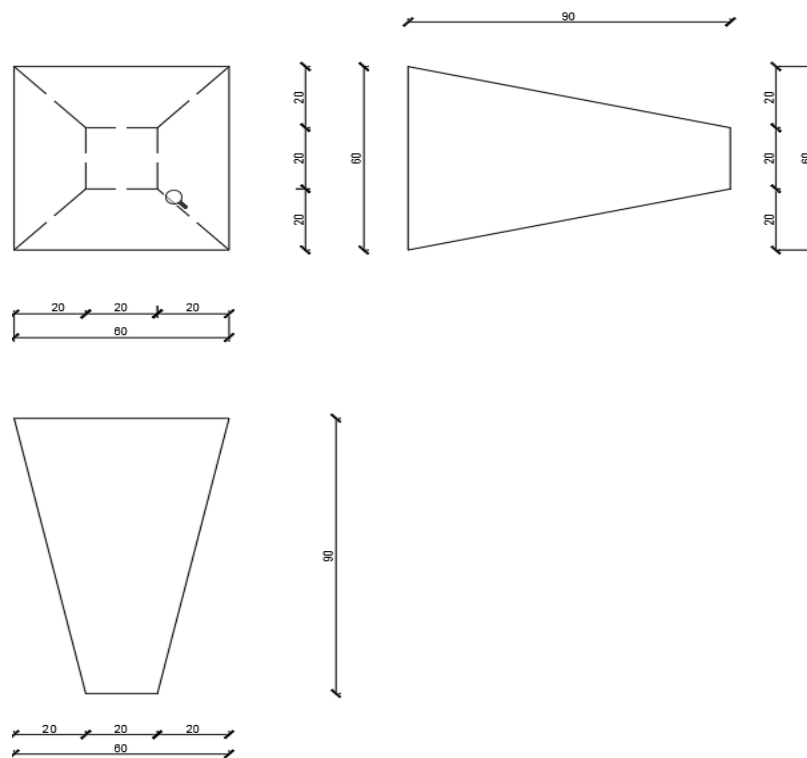


Fig. 7. Dimensiunile fundațiilor de tip trunchi de piramidă (cm).

Soluția de fundare prin utilizarea fundațiilor prefabricate de tip trunchi de piramidă prezintă o serie de avantaje printre care se pot menționa:

- durata redusă a execuției a fundațiilor, respectiv durata redusă de montare a acestora în teren;
- obținerea unui spor substanțial de capacitate portantă din cauza formei de tip trunchi de piramidă datorită frecării dintre fețele laterale ale fundației și teren;
- introducerea în teren a fundațiilor prefabricate prin vibropresare sau vibropercuție se poate realiza cu utilaje existente în mod curent pe șantierele de construcții;

- obținerea economiei de beton, respectiv de armătură în raport cu soluțiile clasice de fundare cu fundații de tip prismatic.

Fundațiile de tip trunchi de piramidă se vor executa din beton armat, schema de armare fiind prezentată în Figura 8.

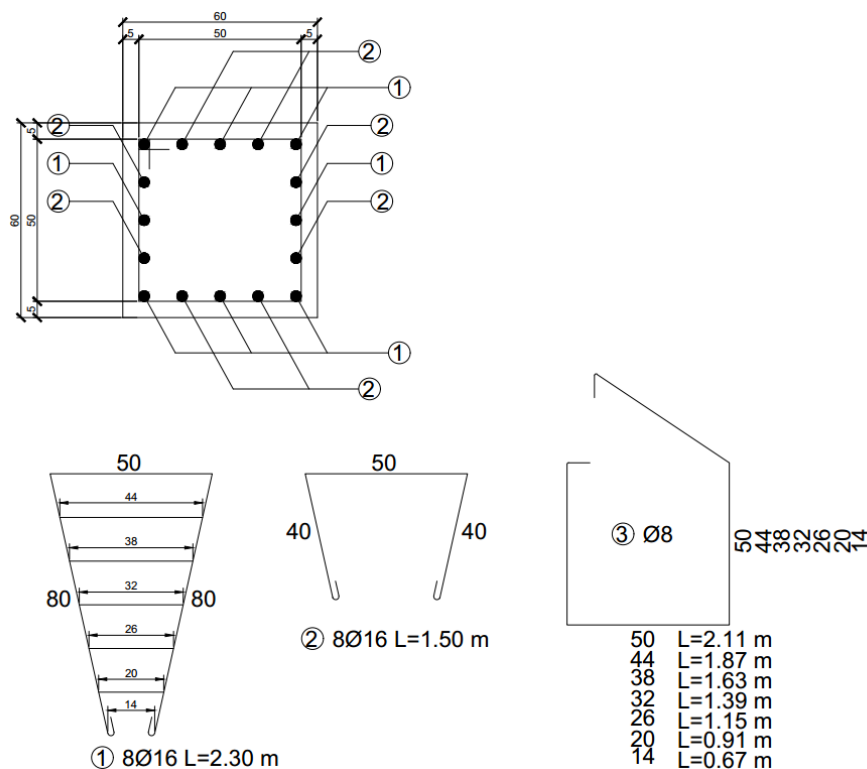


Fig. 8. Schema de armare a fundațiilor prefabricate trunchi de piramidă.

Calculul de capacitate portantă consideră efectul transmiterii încărcării de la fundație la terenul de fundare prin suprafața laterală a fundației de tip trunchi de piramidă care mobilizează și rezistența pasivă a terenului la efectul încărcării transmise de către fundație terenului.

În acest calcul s-au utilizat caracteristicile fizice și mecanice obținute în urma investigării terenului de fundare, valori extrase din studiul geotehnic întocmit. Calculul capacității portante al fundației s-a efectuat pe baza valorilor încărcărilor transmise de suprastructură fundațiilor.

Capacitatea portantă fundației, care ține seama de forma particulară și de modul în care transmite încărcările terenului de fundare, a rezultat ca fiind $q_u = 329,44 \text{ kN/m}^2$, valoare cu circa 30% mai mare decât capacitatea portantă a unei fundații clasice, cu aceleași dimensiuni în plan (cu o capacitate portantă ultimă de $q_u = 255,46 \text{ kN/m}^2$).

Investigarea și proiectarea fațadelor (Activitatea 1.8)

În etapa I/2018 au fost realizat un studiu bibliografic pentru materiale izolatoare și respectiv simulări numerice pentru optimizarea prototipul existent de fatada solara.

Review al materialelor izolatoare din punct de vedere termic cu aplicație la fațadele solare

Conform UNEP sectorul clădirilor are cel mai mare potențial pentru reducerea emisiilor de gaze cu efect de sera, cu costuri relativ reduse. De asemenea, clădirile sunt responsabile la nivel mondial pentru:

- 40% din consumurile de energie;
- 25% din consumurile de apa;
- 40% din consumul de materie prima;
- 33% din emisiile de gaze cu efect de sera.

Un studiu realizat de Platforma Tehnologica Europeana pentru Chimie Sustenabila evidențiază faptul ca in Europa 75% dintre locuitori trăiesc in orașe, in aproximativ 160 de milioane de clădiri (24 miliarde de mp), din care doar 65.000 tind către standardul de Casa Pasiva.

Un alt studiu realizat de Institutul European de Performanta a Cladirilor (BPIE) [3] trage un semnal de alarma referitor la ponderea clădirilor rezidențiale din totalul stocului de clădiri din Europa (Figura 9) si altul referitor la vechimea clădirilor din Europa (Figura 10).

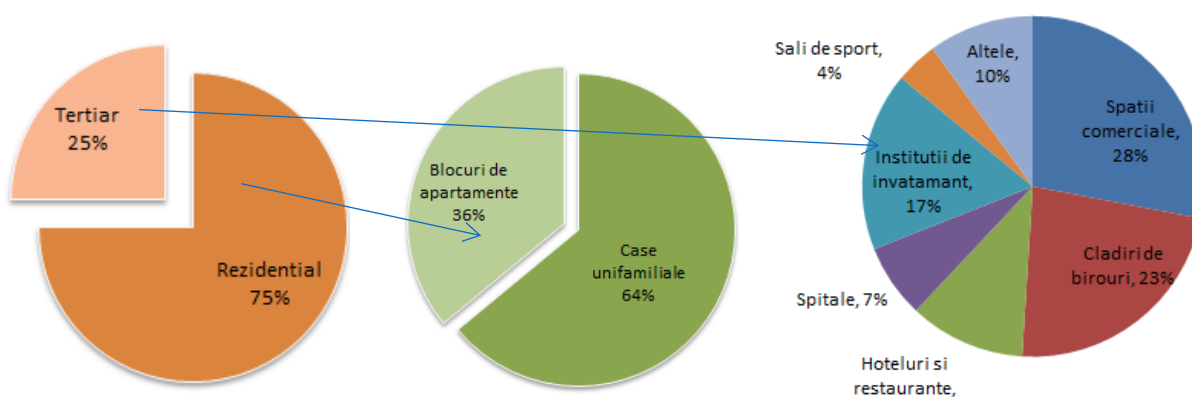


Fig 9. – Stadiul actual al cladirilor din Europa

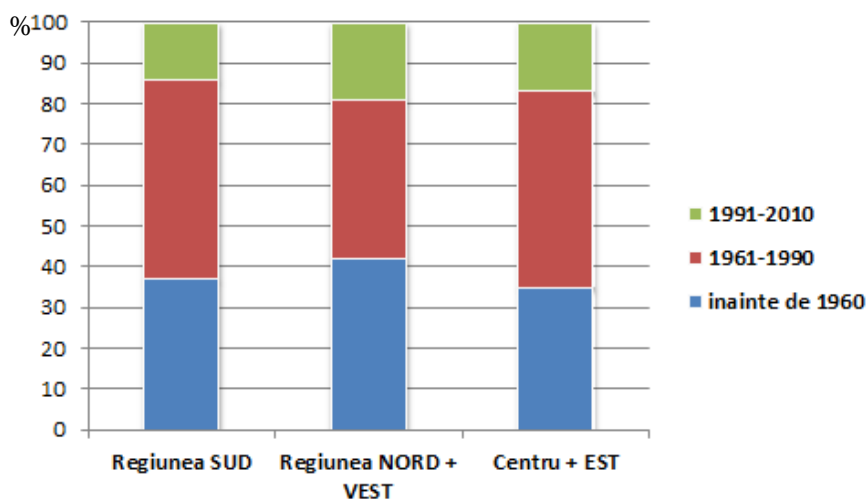


Fig 10. – Vechimea cladirilor de locuit din Europa in trei regiuni

Studiile arata ca 75% din clădiri fac parte din sectorul rezidențial, 64% fiind reprezentate de clădiri unifamiliale. In ceea ce privește sectorul terțiar, cea mai mare pondere din totalul clădirilor o au clădirile de birouri si spatiile comerciale (aproximativ 51%).

Media consumului specific pentru clădirile din sectorul terțiar, la nivelul Europei este de 280 kWh/mp (iar valoarea este in creștere), in timp ce media consumului specific pentru clădirile rezidențiale este de 170 kWh/mp (valoarea este in scădere). Un procent semnificat din aceste consumuri este datorat consumurilor de energie pentru încălzire (aproximativ 55%).

In plus, conform figurii 10, aproximativ 83% din clădirile din Europa sunt construite înainte de anul 1990 si au un grad de izolație redus, având astfel un aport deosebit de important asupra consumurilor

totale de energie. Celelalte clădiri (după 1990) sunt clădiri supuse unor reglementari minime de performanță energetică a clădirilor și au un impact relativ redus.

În concluzie, pentru a reduce consumurile de energie și implicit emisiile de CO₂ este deosebit de important să acționăm în special asupra anvelopei și instalațiilor de încălzire. Intervenția asupra clădirilor existente, pentru a minimiza consumurile de energie, este deseori dificilă din cauza spațiului redus pus la dispoziție, reglementărilor ce țin de fațade clădirilor etc.

În acest sens sunt propuse o serie de materiale inovatoare, relativ noi pe piața construcțiilor din Europa, implementate timid, dar care pot avea un impact semnificativ asupra clădirilor existente, dar și a clădirilor noi, sustenabile. Acestea ar putea fi clasificate în trei categorii:

- a) **materiale izolatoare** (ex: lână, cânepă, denim, aerogel, panouri izolatoare vidate etc.)
- b) materiale ce sporesc masa termică (ex: granit, marmură, materiale cu schimbare de fază etc.)
- c) materiale ce reflectă lumina și radiația solară (ex: vopseluri, folii etc.)

Prezentul studiu are drept scop principal analiza primei categorii de materiale ce au ca rol reducerea consumurilor de energie.

Materiale izolatoare inovatoare pentru reducerea consumurilor de energie:

Anvelopa clădirii este un element important care definește performanța energetică a acesteia și care, conceput în mod corespunzător, poate contribui la minimizarea consumurilor de energie pentru încălzire sau răcire. Cu cât conductivitatea termică a unui material este mai scăzută, cu atât materialul este mai bun izolator termic.

Principalele caracteristici ce definesc un material izolator sunt:

- λ – conductivitatea termică [W/mK];
- ρ – densitatea [kg/m³];
- μ – factorul de rezistență la difuziunea vaporilor.

Pe lângă proprietățile termotehnice și higrotermice, celelalte proprietăți importante ale materialelor izolatoare sunt:

- rezistența la foc;
- gradul de protecție la zgomot;
- energia înglobată în producția materialului (Life Cycle Assessment).

Conform Schiavone S. et al., materialele izolatoare pot fi clasificate astfel: materiale existente pe piață (comercializate), respectiv materiale neconvenționale.

Materialele existente pe piață se clasifică la rândul lor în trei categorii: materiale convenționale, alternative și performante, acestea fiind prezentate pe larg în Figura 11.

Materialele neconvenționale sunt materiale ce provin în special din mediul natural sau sunt reciclate și sunt în momentul de față studiate pe scară largă pentru a fi introduse pe piață. Acestea sunt de regulă mai greu accesibile din cauza lipsei de documentație și de informații referitoare la gradul de protecție la foc, permeabilitatea la apă sau căldura specifică. Dintre acestea amintim: denimul reciclat ($\lambda=0.036-0.038$ W/mK), bumbacul reciclat ($\lambda=0.039-0.044$ W/mK), frunzele de ananas ($\lambda=0.035-0.042$ W/mK), PET-urile reciclate ($\lambda=0.036$ W/mK) sau floarea-soarelui ($\lambda=0.039-0.05$ W/mK).

O comparație între câteva materiale izolatoare întâlnite se poate observa în figura 12 și este realizată în funcție de conductivitatea termică medie a materialului.

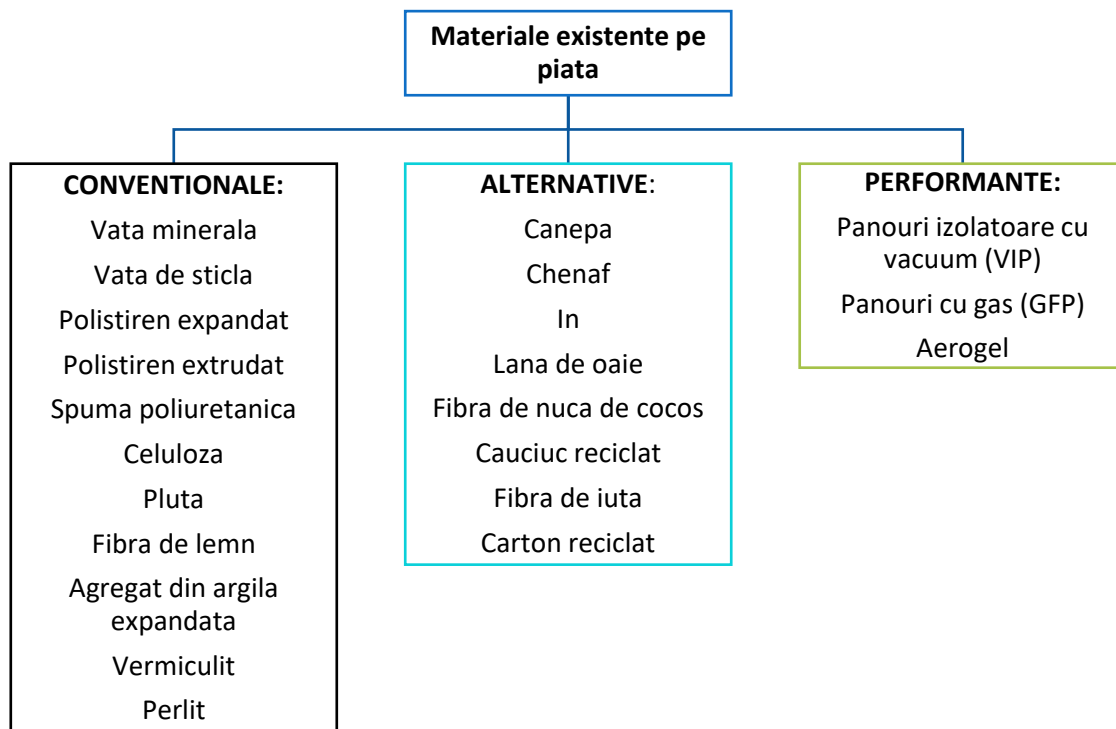


Fig 11. – Materiale izolatoare existente pe piață

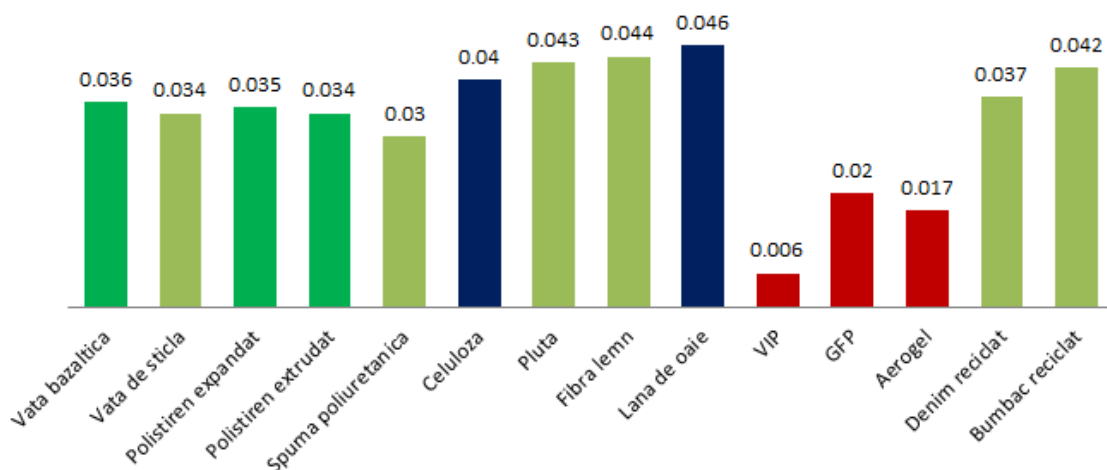


Fig. 12 – Conductivitatea termica a diferitelor materiale izolatoare (λ – W/mK)

Dintre materialele existente pe piata, ne vom focusa in continuare atentia pe materialele performante (VIP, GFP si aerogel) noi aparute in acest domeniu. Aceste materiale au fost dezvoltate cu scopul de a obtine valori foarte mici ale conductivitatii termice, pentru a reduce greutatea, grosimea izolatiei termice si pierderile de energie prin anvelopa cladirii. Totusi, aceste materiale sunt implementate pentru moment la scara redusa din cauza costului ridicat, duratei de viață fluctuante, rezistentei mecanice scăzute si problemelor de montaj.

Panouri izolatoare cu vacuum (Vacuum insulation panels – VIP)

Panourile izolatoare cu vacuum sunt alcătuite dintr-un miez realizat dintr-un material poros cu conductivitate termica redusa acoperit cu un înveliș multistrat (Figurile 13, 14). In interiorul panoului este creat vacuum, fapt ce sporește rezistenta termica a panoului.

Materialul din care este realizat miezul trebuie sa fie caracterizat de pori de dimensiuni mici (diametrul de aproximativ 10nm), care comunica intre ei, trebuie sa aibă rezistenta la compresiune si sa fie rezistent

la radiațiile infraroșii. De regula cel mai utilizat material pentru miezul panoului este reprezentat de granulele de siliciu. De asemenea se pot utiliza și diferite spume (spuma poliuretanică și polistiren expandat), pudre (aerogel din siliciu, perlit expandat și alte derivate) sau fibra de sticlă (potrivită pentru aplicații ce necesită temperaturi ridicate).

Modul în care este gândit învelișul panoului este foarte important deoarece acesta trebuie să fie rezistent la forțe de natură mecanică, trebuie să protejeze miezul vidat și să limiteze punțile termice. Învelișul protector influențează durata de viață și rezistența termică a panoului. Învelișul este realizat de regula din folie metalică sau folie polimerică (mai puțin utilizată datorită duratei mici de viață).

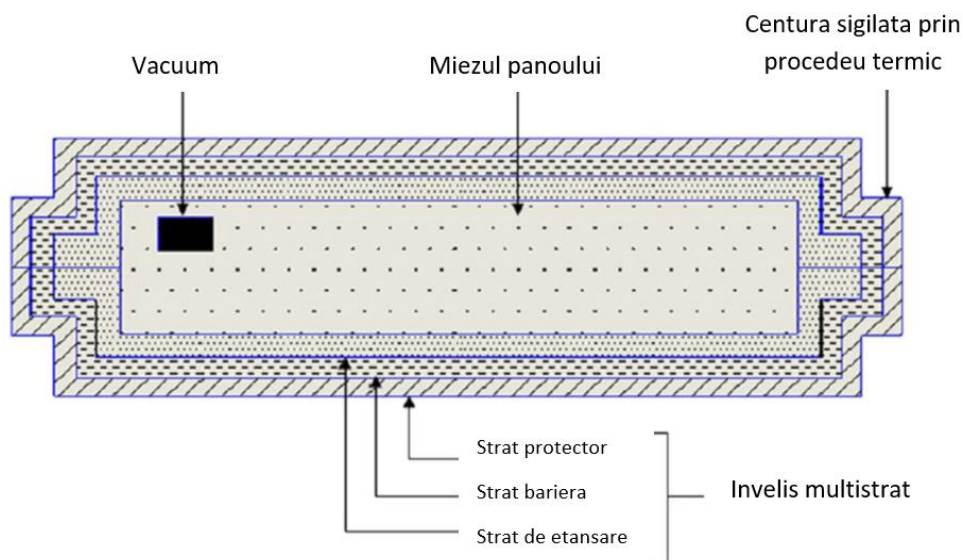


Fig 13. – Secțiune printr-un panou izolator cu vacuum

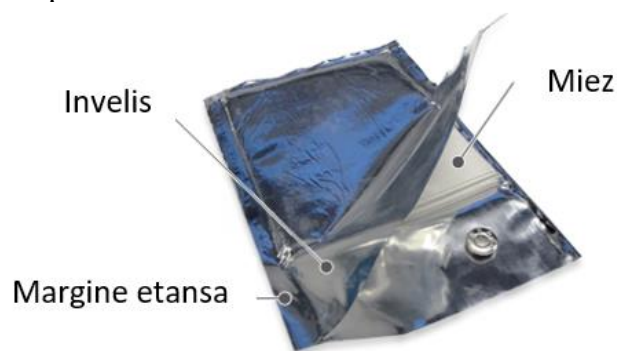
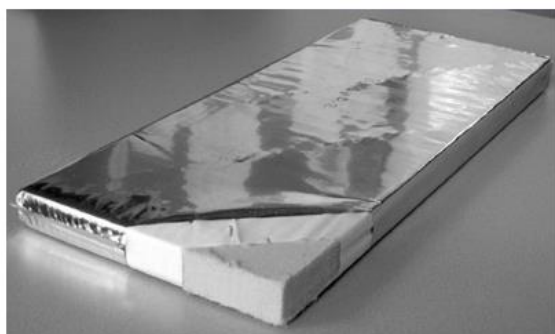


Fig 14. – Modele de panou izolator cu vacuum

Panourile izolatoare cu vacuum au următoarele dezavantaje:

- nu pot fi debitate pe șantier pentru montaj, motiv pentru care elementul de construcție trebuie atent dimensionat;
- sunt vulnerabile la perforații care le pot afecta semnificativ performanțele.

Panourile izolatoare vidate au o conductivitate termică impresionantă ce variază între 0.0035 și 0.008 W/mK. De regula, această valoare tinde către 0.008 W/mK în special din cauza punților termice create de marginile de etansare ale panoului.

Panouri umplute cu gaz (Gas filled panels – GFP)

Panourile umplute cu substanța gazoasă sunt realizate dintr-o structură reflexivă, ce conține gaz izolat față de mediul exterior printr-un înveliș exterior cât mai etanș. Un exemplu de astfel de panou este prezentat în figura 15. Acest principiu se utilizează și în cazul suprafețelor vitrate umplute cu gaz inert pentru a limita transferul termic.

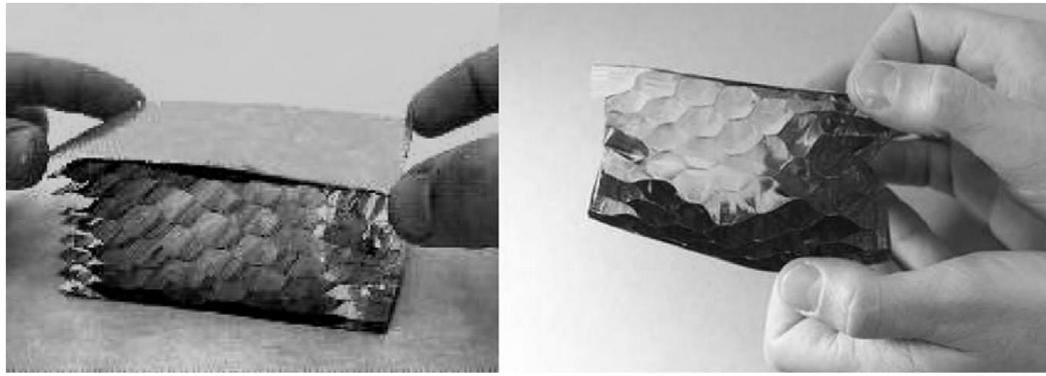


Fig. 15 – Model de panou umplut cu gaz

Gazul utilizat poate fi aerul, dar este de preferat utilizarea unor substanțe cu conductivitate termică mai mică. Acestea ar trebui alese luând în considerare costul, impactul asupra mediului, toxicitatea și rezistența la foc (ex: argon, krypton ș.a.).

Un astfel de panou umplut cu aer poate atinge o conductivitate termică de 0.046 W/mK (0.04 W/mK cu argon, respectiv 0.012 W/mK cu krypton).

Aerogelul

Aerogelul este o spumă solidă caracterizată de o porozitate deschisă, cu pori având diametre de la 2 până la 50nm. De regulă substanța este produsă uscând gelul din siliciu la temperatura critică[5]. Porozitatea aerogelului din siliciu are valori cuprinse între 85 și 99.8%, iar valorile densității și conductivității termice sunt foarte scăzute. Aerogelul utilizat pentru izolarea termică a clădirilor poate fi sub formă de role, panouri ($\lambda=0.013-0.015$ m²K/W) sau granule ($\lambda=0.022$ m²K/W) și poate fi opac sau translucid (exemple constructive pot fi vizualizate în figurile 16 și 17).



Fig. 16 – Exemple constructive – aerogel

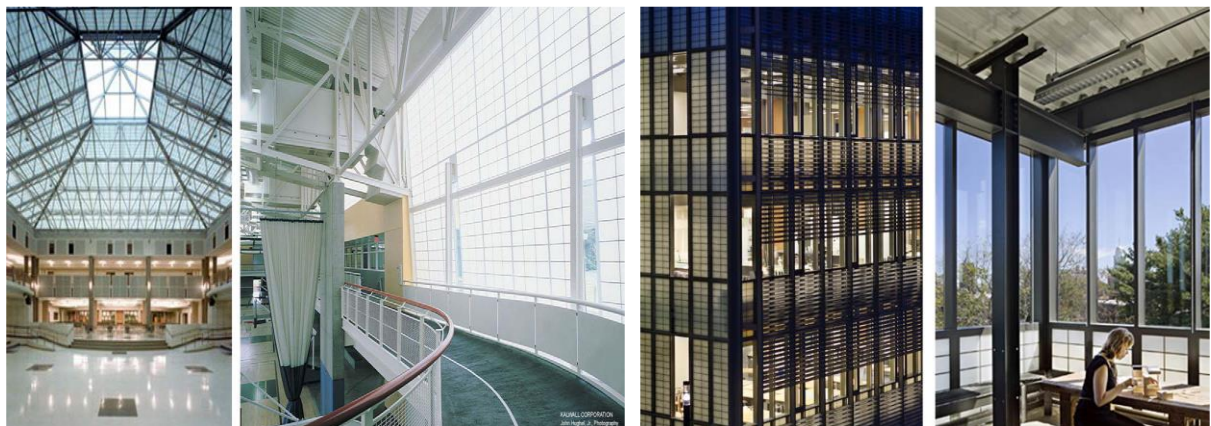


Fig. 17 – Exemple de izolații pe baza de aerogel utilizate în pereți cortina

In Figura 18 se poate observa o comparație între șapte tipuri de izolație termică cu aceeași grosime, respectiv 10cm. Vata minerala, polistirenul, spuma poliuretanică și polyisocianuratul sunt printre cele mai uzuale materiale izolatoare implementate în cadrul clădirilor. În același grafic au fost introduse, pe lângă panourile vidate, panourile umplute cu gaz (GFP) și panourile cu aerogel (ultimele două au aproximativ aceeași performanță). Se poate observa că aerogelul este de aproximativ patru ori mai performant decât materialele clasice (la aceeași grosime), în timp ce panourile vidate sunt de cinci ori mai performante decât vata minerală și de trei ori mai performante decât izolația din polyisocianurat.

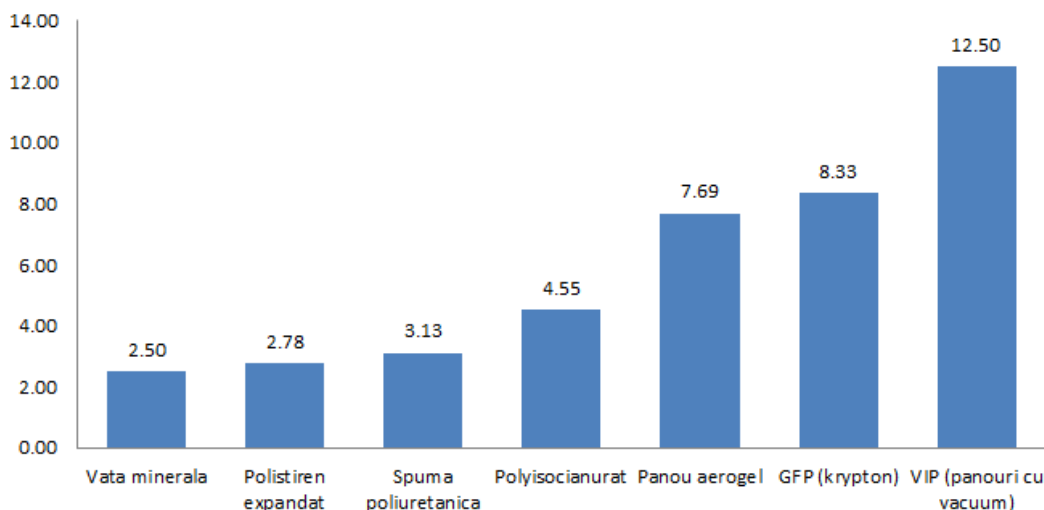


Fig. 18 – Rezistența termică a 10cm de izolație din diferite materiale [m²K/W]

În figura 19 se poate observa o comparație între aceleași șapte tipuri de izolație termică, dar dintr-o altă perspectivă. Pentru a asigura o rezistență termică de 7 m²K/W sunt necesari aproximativ 28cm de vată minerală, 25cm de polistiren, 15cm de polyisocianurat și doar 8.4 cm de panouri cu aerogel sau 5.6 cm de panou izolator cu vacuum. Practic, în cazul panourilor izolatoare cu vacuum, grosimea stratului de izolație scade cu aproximativ 80%, obținându-se aceeași performanță energetică. Din acest motiv, izolațiile performante se recomandă în special în cazul clădirilor în care spațiul disponibil pentru amplasarea izolației este restrâns (ex: clădiri existente, clădiri istorice, clădiri cu pereți cortina etc.), cu atât mai mult cu cât costurile de implementare sunt semnificativ mai mari în cazul acestora.

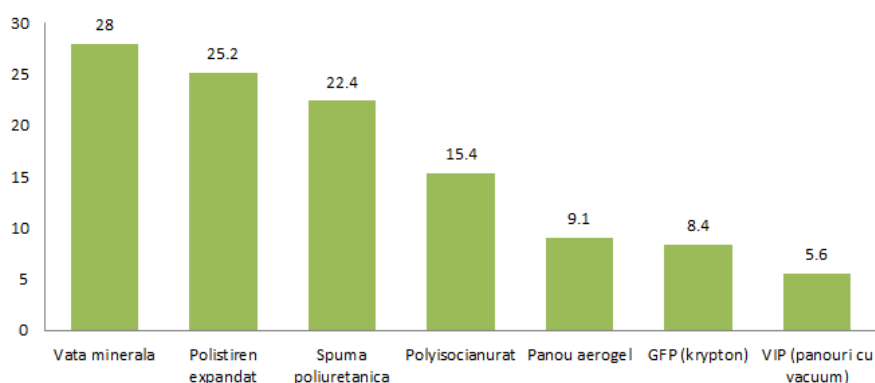


Fig. 19 – Grosimea de izolație necesară (cm) pentru a atinge o rezistență termică de 7 [m²K/W] pentru diferite materiale izolatoare

Izolația cu cânepă

Cânepa este un material folosit din cele mai vechi timpuri, fiind folosit ca material pentru realizarea hainelor, dar și în domeniul maritim ca frânghii, datorită rezistenței acesteia la umezeală dar și la acțiunea apei sărate.

În ziua de astăzi cânepa este folosită cu preponderență în industria autoturismelor pentru proprietățile fonoabsorbante a acestor, în industria construcțiilor folosirea acesteia fiind în plină dezvoltare. Astfel cânepa este un material biodegradabil care nu este toxic, materialele termoizolante obținute din procesarea cânepii sunt obținute în general din materialele rezultate în urma procesului de recoltare a semințelor, numite și deșeuri (paiele de cânepa).

În funcție de tipul materialului, cânepa se poate utiliza pentru realizarea termosistemelor pentru clădirile pe structura de lemn, cărămidă, metal, se poate utiliza ca izolație pentru poduri. Poate fi folosit ca suport pentru tencuieli sau pentru fațadele ventilate ajungând până la utilizarea sa ca material izolator pentru parchet. Materialele termoizolante au o rezistență ridicată la umiditate, făcând posibilă acumularea umidității în interiorul acesteia de până la 20% din masa acesteia. Corectitudinea instalării și umiditatea sunt factorii principali care duc la prelungirea duratei de viață a acestui tip de izolație.

Principalul material care intră în componența izolației termice sunt paiele rezultate în urma procesului de recoltare a semințelor aceste paie sunt prelucrate, astfel cânepa ocupă un procent majoritar. Astfel 80% din material este reprezentat de cânepa, iar restul de 20% fiind reprezentat de polimeri, în proporție de 15-17% și 3-5% la sută reprezintă sodă necesară pentru protecția împotriva incendiilor.

| Energie primara [GJeq/1t] | Global Warming Potential [kgCO ₂ eq/t] | Apa necesara [m ³ _{water} /1 m ³] |
|------------------------------|--|--|
| 5 | -555 | 12.72 |

Principalul avantaj reprezentat de cânepă este acela că în timpul creșterii aceasta înmagazinează CO₂ aproximativ două tone de CO₂ pe tona de cânepă recoltată, iar acest CO₂ rămâne înmagazinat în fibrele de cânepă utilizate ca material de producție a izolațiilor. La finalul ciclului de viață al clădirii, materialele din cânepa nu au un impact asupra mediului fiind biodegradabile sau putând fi incinerate pentru producerea de energie electrică.

Plăcile fibrolemnoase

Plăcile fibrolemnoase sunt realizate prin macinarea lemnului de conifere (resturi ramase de la alte procese) și formarea de plăci fibrolemnoase omogene cu rol izolator. În procesul de macinare sunt folosite aschii (produse auxiliare de la alte procese) provenite din păduri cu lemn certificat, materialele reziduale fiind reintroduse în procesul de fabricare. Pentru lipirea acestora nu se folosesc chimicale, fibrele macinate sunt lipite cu ajutorul rasinilor naturale. Panourile prefabricate din fibre lemnoase se utilizează ca termosistem pentru caldirile pe structura de lemn sau de cărămidă, acesta fiind folosit în general ca suport pentru tencuieli, se utilizează pentru fațadele neventilate, dar poate fi utilizat și ca izolație interioară peste care se poate aplica tencuiala. Acțiunea apei asupra acestor tip de fibre pot avea urmări nedorite astfel în timp datorită acumulării umidității în interiorul acestora poate duce la scăderea gradului de izolare termică dar și la disturgerea acestor. O soluție pentru impermeabilizarea acestora poate fi aplicarea de tencuieli care să le protejeze de acțiunea apei.

Materialul principal ce intră în componența fibrelor lemnoase sunt rezidurile (în special aschiile) provenite de la fabricile procesatoare de lemn. Acest tip de izolație poate fi realizat prin două procese, fie prin procesul umed fie prin procesul uscat. Rezidurile sunt reintroduse în procesul de prefabricare a acestor, deci are loc procesul de reciclabilitate atât a fibrelor lemnoase cât și a aschiilor provenite din alte procese. Panourile fibrolemnoase nu sunt toxice și nu provoacă iritații.

Materiale componente:

- lemn conifere
- 4,0% rășină poliuretanică
- 2,0% parafină

| | | |
|---|--|--|
| Energie primara [MJeq/1 m ³] | Global Warming Potential [kgCO ₂ eq/1 m ³] | Apa necesara [m ³ _{water} /1 m ³] |
| 12.38 | -2.41 | 12.72 |

Anexa 1: Caracteristici ale materialelor izolatoare

| | Densitate | Conductivitate termica | Căldura specifica | Clasa de rezistenta la foc | Rezistenta la difuzia vaporilor |
|--------------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|----------------------------|---------------------------------|
| | kg/m ³ | W/mK | kJ/kgK | - | μ |
| Material comercial | | | | | |
| Vata bazaltica | 40-200 | 0.033-0.040 | 0.8-1.0 | A1-A2-B | 1-1.3 |
| Vata de sticla | 15-75 | 0.031-0.037 | 0.9-1.0 | A1-A2 | 1-1.1 |
| Polistiren expandat | 15-35 | 0.031-0.038 | 1.25 | E | 20-70 |
| Polistiren extrudat | 32-40 | 0.032-0.037 | 1.45-1.7 | E | 80-150 |
| Spuma poliuretanică | 15-45 | 0.022-0.040 | 1.3-1.45 | E | 30-170 |
| Polyisocianurat | 30-45 | 0.018-0.028 | 1.4-1.5 | B | 55-170 |
| Celuloza | 30-80 | 0.037-0.042 | 1.3-1.6 | B-C-E | 1.7-3.0 |
| Pluta | 110-170 | 0.037-0.050 | 1.5-1.7 | E | 5-30 |
| Fibra de lemn | 50-270 | 0.038-0.050 | 1.9-2.1 | E | 1-5 |
| Agregat din argila expandata | 290-750 | 0.08-0.200 | 0.9-1.0 | A1 | 5.0-8.0 |
| Vermiculit expandat | 30-150 | 0.062-0.100 | 0.8-1.1 | A1 | 2.0-3.0 |
| Perlit expandat | 80-150 | 0.040-0.052 | 0.9-1.0 | A1 | 2.0-3.0 |
| Cânepa | 20-90 | 0.038-0.060 | 1.6-1.7 | E | 1.0-2.0 |
| Chenaf | 30-180 | 0.034-0.043 | 1.6-1.7 | D-E | 1.2-2.3 |
| In | 20-100 | 0.038-0.075 | 1.4-1.6 | E | 1.0-2.0 |
| Lâna de oaie | 10-25 | 0.038-0.054 | 1.3-1.7 | E | 1.0-3.0 |
| Fibra din nuca de cocos | 75-125 | 0.040-0.045 | 1.3-1.6 | D-E | 5.0-30 |
| Cauciuc reciclat | 500-930 | 0.100-0.140 | N.A. | D-E | 14 |
| Fibra de iuta | 35-100 | 0.038-0.055 | 2.3 | E | 1-2 |
| VIP | 160-230 | 0.0035-0.008 | 0.8 | A1 | Pana la 340 000 |
| GFP | N.A. | 0.010(Kripton)-0.035(aer) | N.A. | N.A. | Foarte ridicat |
| Aerogel (role, panouri) | 70-150 | 0.013-0.015 | 1.0 | C | 5.0-5.5 |
| Aerogel (granule) | 120-180 | 0.022 | N.A. | N.A. | N.A. |
| Denim reciclat | N.A. | 0.036-0.038 | N.A. | N.A. | N.A. |
| Bumbac reciclat | 25-45 | 0.039-0.044 | 1.6 | E | 1-2 |
| Frunze de ananas | 178-232 | 0.072-0.085 | N.A. | N.A. | N.A. |
| PET-uri reciclate | 30 | 0.036 | N.A. | N.A. | N.A. |
| Orez | 154-168 | 0.046-0.566 | N.A. | N.A. | N.A. |
| Floarea-soarelui | 36-152 | 0.039-0.050 | N.A. | N.A. | N.A. |

N.A. – informația nu este disponibilă

Desen general colectoare solare

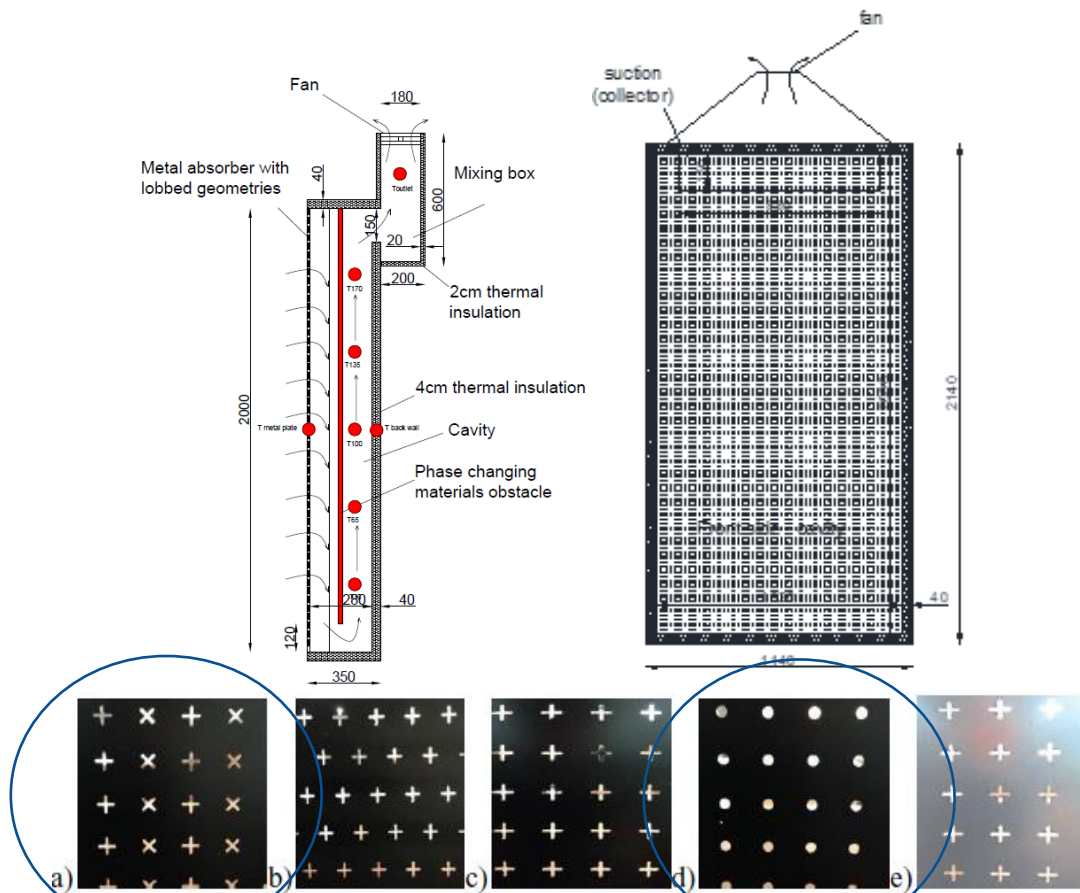


Fig. 20 Tipuri de geometrii utilizate pentru orificiile plăcii absorbante [9] (variantele de la punctul a și d vor fi testate pe fațada laboratorului)

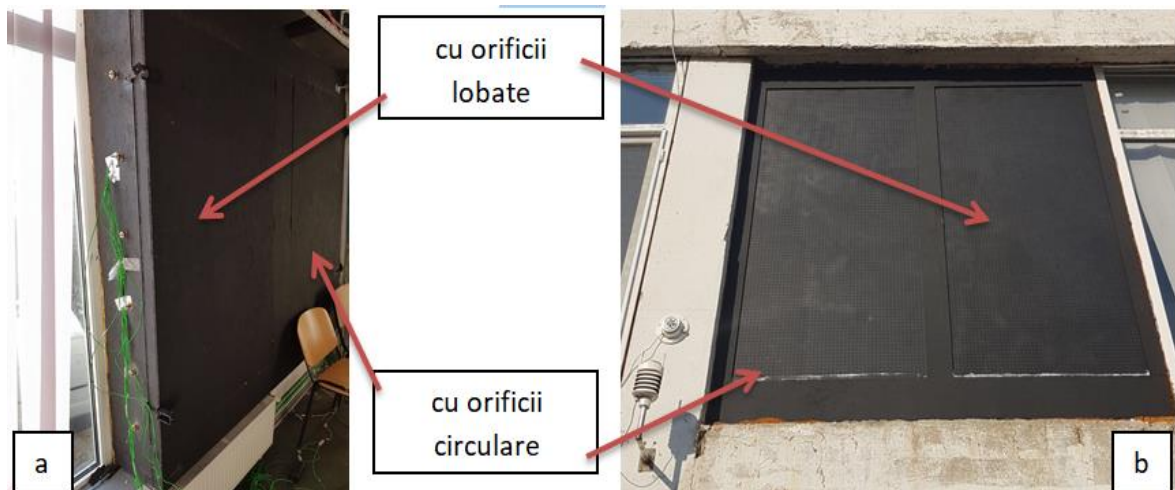


Fig. 21 Colectoare solare perforate în regim tranzitoriu (la exterior): a-vedere din interior, b-vedere din exterior.

Realizarea modelului geometric

Modelul inițial elementar

Placa de 4x4cm a fost apoi încadrată într-un paralelipiped de 9.2x4x4cm ce va constitui aerul vehiculat în domeniul de calcul ținând cont de direcția de curgere (Figura 22). Astfel, în amonte placa este poziționată la 4cm de limita domeniului de calcul, iar în aval placa este poziționată la 5cm de limita domeniului de calcul, respectiv 10 diametre echivalente (10De).

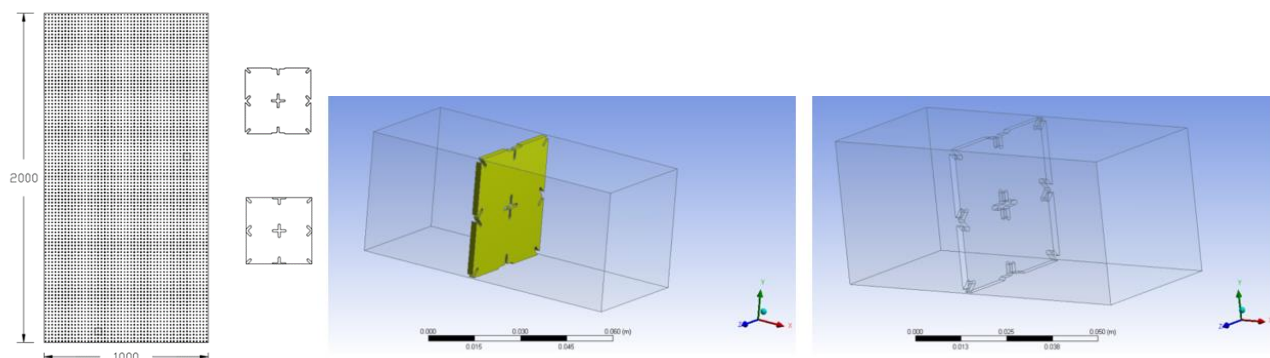


Fig. 22 Colectoare solare perforate în regim tranzitoriu (la exterior): a-vedere din interior, b-vedere din exterior.

Dupa realizarea geometriei și denumirea corespunzătoare a suprafețelor, aceasta a fost importată în ANSYS Meshing pentru realizarea discretizării spațiale.

Tabelul 2. Condițiile limită utilizate în cadrul studiului de independență a discretizării.

| Condiție la limită | Valoare | Unitate de măsură |
|-------------------------------------|---------|-------------------|
| Magnitudinea vitezei (inlet) | 0.05555 | m/s |
| Temperatură introducere (inlet) | 25 | °C |
| Temperatură placii metalice (metal) | 50 | °C |

Pe lângă alegerea modelului ce activează ecuația conservării energiei, am ales modelul de turbulență k-ε RNG (cu modelare îmbunătățită în stratul limită) ce se pretează, conform literaturii studiate [10], în cazul curgerilor turbionare și în cazul curgerilor cu numere Reynolds mici ($Re \approx 422$ în cazul prezentului studiu conform ecuațiilor de mai jos, curgere laminară).

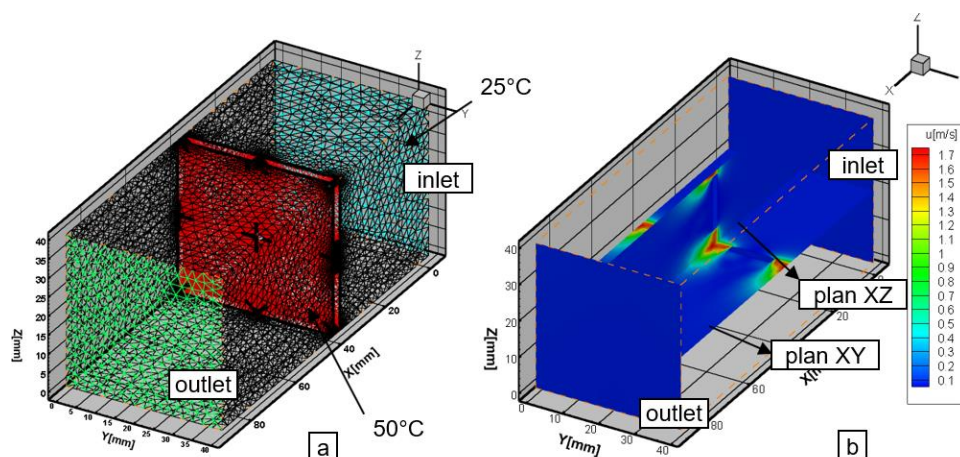


Fig. 23 Importarea rezultatelor in Tecplot 360 pentru prelucrarea datelor

Modelul simplificat colector solar 2D

Rezultatele din modelul elementar vor fi utilizate în continuare în modelul simplificat de colector solar, care este simulat în varianta 2D, urmând apoi să fie construit modelul integral. Geometria realizată în Ansys respectă geometria colectorului real, fiind practic o "felie" prin acesta. Intrarea în domeniul de calcul este compusă din 50 de fețe ce vor prelua condițiile la limită rezultate din modelul precedent, în special câmpuri de viteze. Rezultatele obținute experimental indică o bună corelare cu rezultatele experimentale.

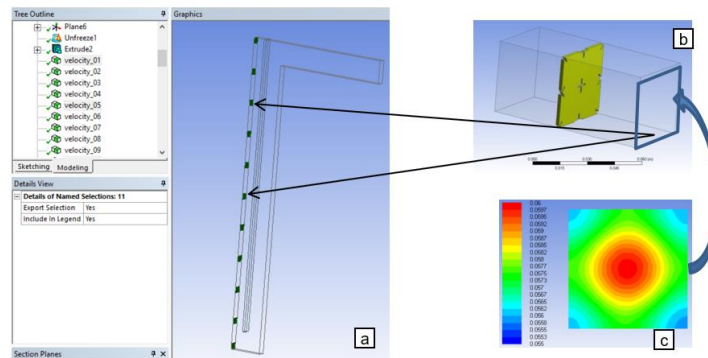


Fig. 24 Crearea zonelor specifice aspirării aerului (inlet) unde se vor introduce profilele de viteză și temperatura din capitolul anterior a – 50 de zone pe inlet; b – outlet-ul studiului anterior devine inlet-ul studiului actual; c – câmpul de viteze ce se va integra pe noul inlet

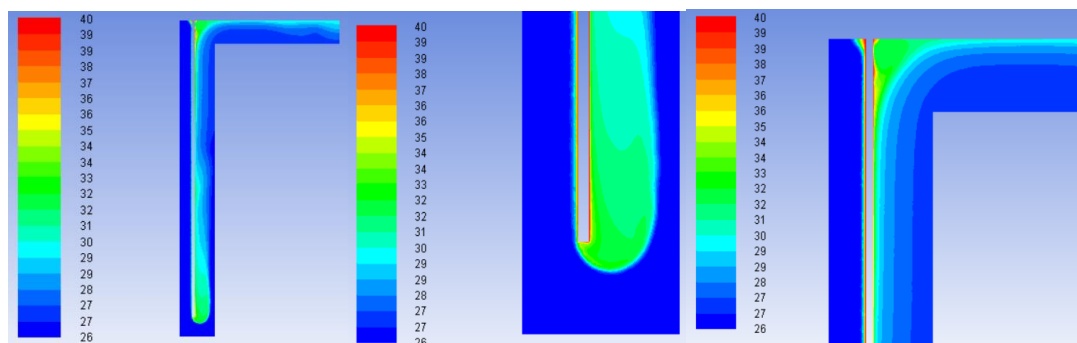


Fig. 25 Câmpuri de temperatură în plan longitudinal (simetrie)

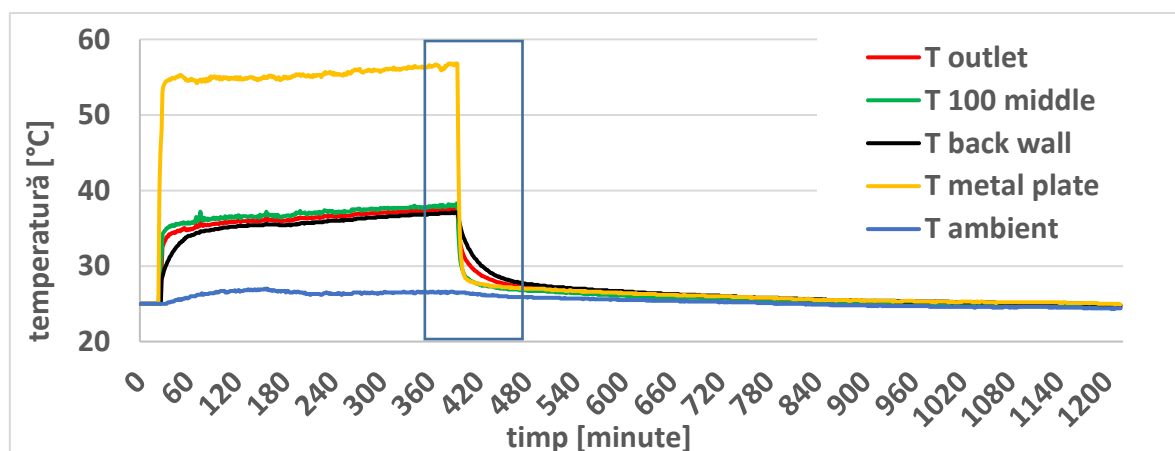


Fig. 26 Interval de timp extras din studiul experimental pentru validarea numerică – 2 ore (7200 sec.)

Pentru validarea modelului numeric în regim tranzitoriu am utilizat programa predefinită realizată în limbaj de programare C++ ce determină impunerea unor condiții la limită variabile în timp (UDF).

Pentru a simplifica modelul numeric am considerat ca materialele cu schimbare de fază sunt în stare solidă și au o caldură specifică variabilă în funcție de temperatură. Comparând valorile obținute experimental cu rezultatele numerice am putut concluziona faptul că modelul numeric creat reproduce fenomenele reale de transfer termic în limite acceptabile.

Modelul realizat permite studiul ulterior pentru realizarea studiilor parametrice necesare optimizării colectorului solar perforat pentru integrarea ulterioară în modelul experimental.

Studii de implementare a fațadelor inteligente pe structuri ușoare. Încercări experimentale pe fundații rapide (Activitatea 1.9)

Studii de implementare a fațadelor inteligente pe structuri ușoare.

Potențialul solar al României

Potențialul de utilizare a energiei solare în România, este relativ important, așa cum se observă în figura următoare, în care este reprezentată harta radiației solare în România.

Fluxul energetic solar anual, depășește 1100 – 1250 kWh/m²/an în majoritatea regiunilor țării, dar există zone în care fluxul energetic solar anual, ajunge până la 1350 – 1450 kWh/m²/an, în zona Litoralului Mării Negre și Dobrogea ca și în majoritatea zonelor sudice.

Zona de interes pentru implementarea proiectului este reprezentată de Municipiul Timișoara și împrejurimile acestuia, unde fluxul energetic solar anual atinge valori cuprinse între 1300-1350 kWh/m²/an, conform figurii următoare [1].

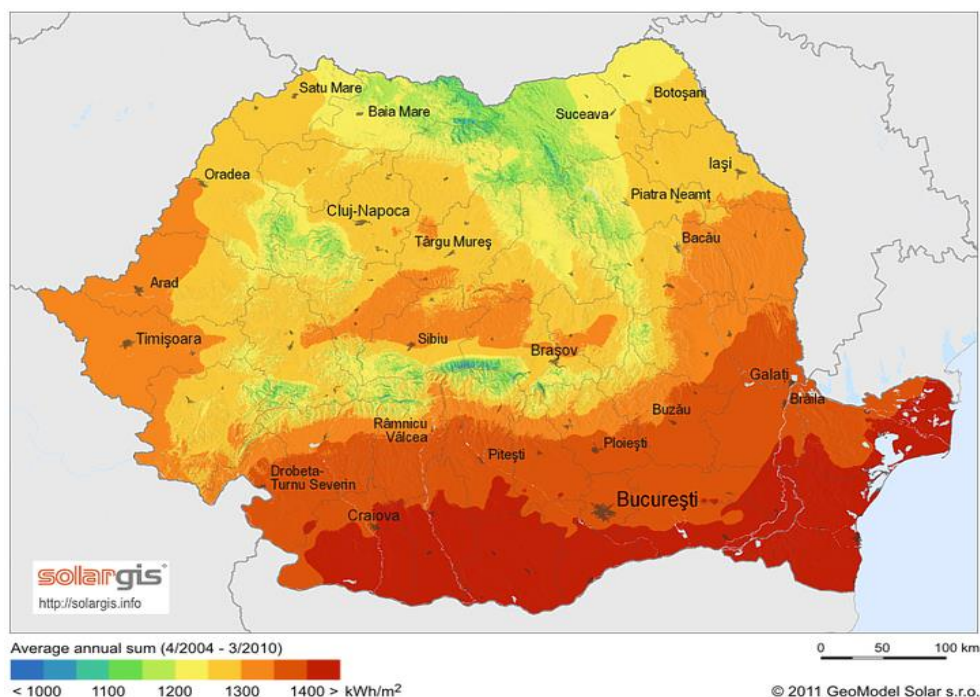


Fig. 27 Radiația globală orizontală din România.

Date meteorologice pentru zona de interes

Municipiul Timișoara este așezat la intersecția paralelei de 45°47' latitudine nordică cu meridianul de 21°17' longitudine estică. Timișoara se încadrează în climatul temperat continental moderat, caracteristic părții de sud-est a Depresiunii Panonice, cu influențe submediteraneene. Trăsăturile sale generale sunt marcate de diversitatea și neregularitatea proceselor atmosferice. Masele de aer dominante, în timpul primăverii și verii, sunt cele temperate, de proveniență oceanică, care aduc precipitații semnificative. Temperatura medie anuală este de 10,6°C, luna cea mai caldă fiind iulie (21,1°C), rezultând o amplitudine termică medie de 22,7°C, sub cea a Câmpiei Române, ceea ce atestă influența maselor de aer oceanic.

Pentru datele meteorologice aferente zonei de interes a proiectului, indicate în Fig. 28, a fost utilizată baza de date NASA.

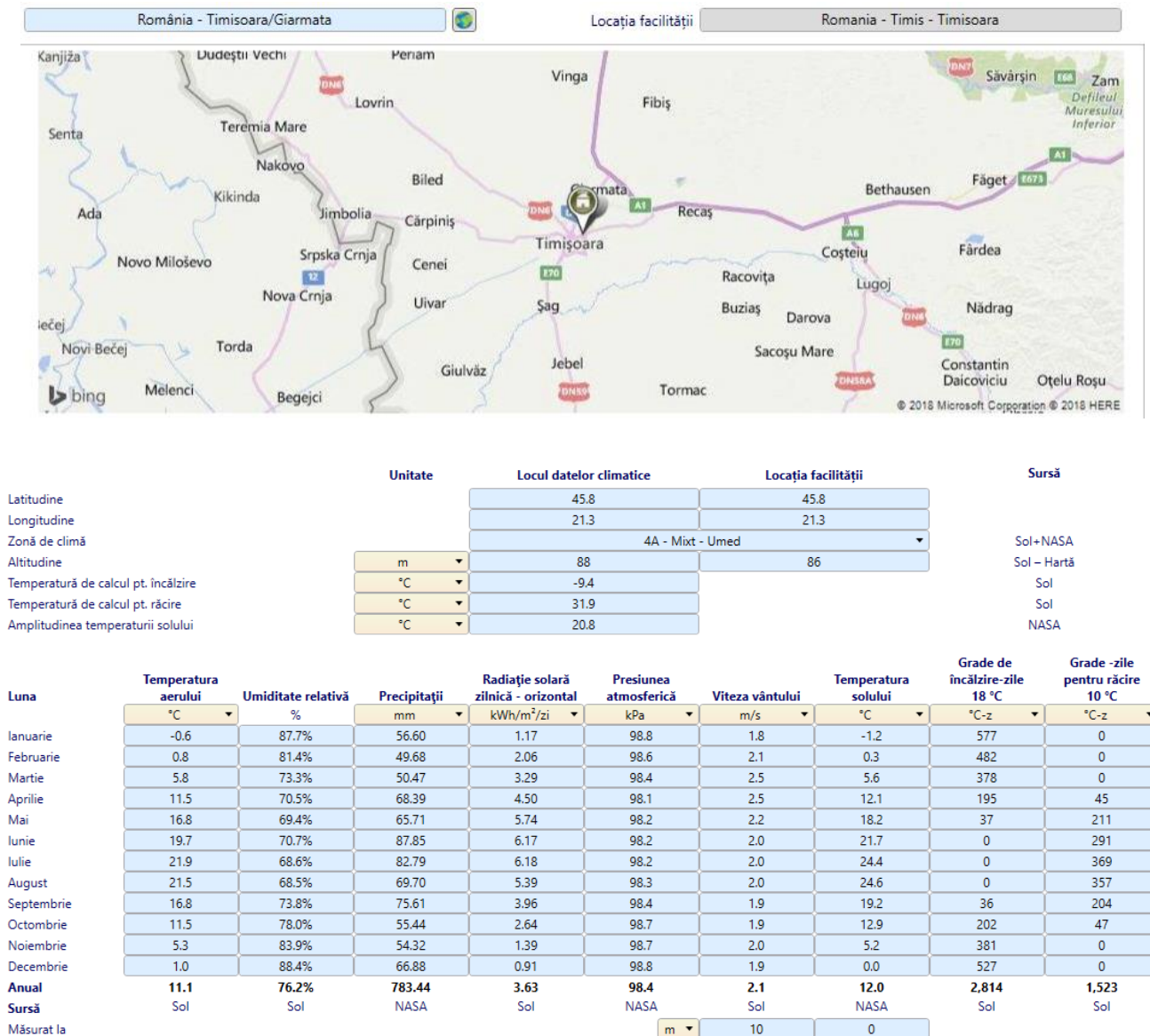


Fig. 28 Datele meteorologice aferente zonei de interes pentru amplasarea construcției modulare.

În Fig. 29 este indicată variația radiației solare cu temperatura aerului pe parcursul unui an, obținută cu programul RetScreen Expert.

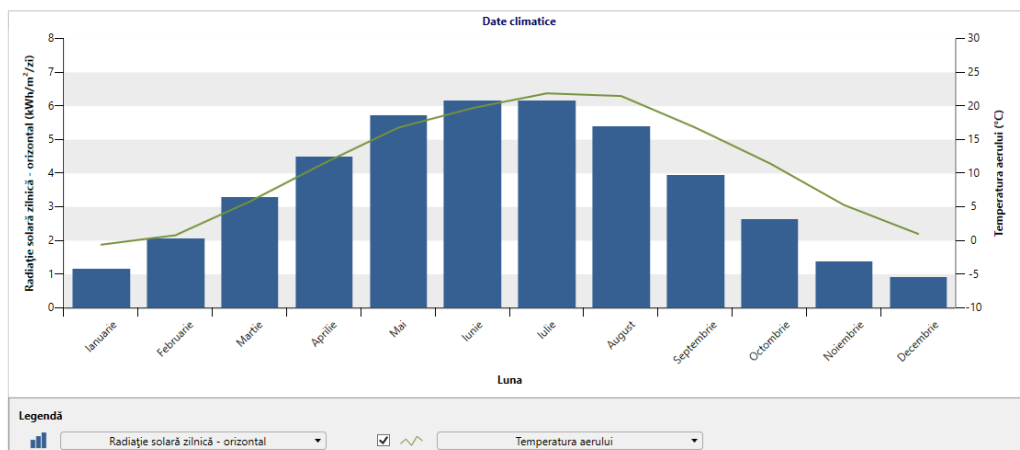


Fig. 29 Variația radiației solare cu temperatura aerului pe parcursul unui an.
Sursă: RetScreen Expert

Analiza tehnologiei de fabricare a panourilor fotovoltaice (PV) pretabile pentru fațadele inteligente

În continuare, se prezintă tehnologia de fabricare a modulelor fotovoltaice, pretabile realizării jaluzelor PV ale fațadelor vizate. Obiectul de activitate al companiei constă în fabricarea de module fotovoltaice bazate pe siliciu cristalin, siliciu policristalin sau siliciu monocristalin. Puterea modulelor produse variază în intervalul 10 W – 320 W, în funcție de numărul, dimensiunea și eficiența celulelor asamblate pentru realizarea modului respectiv. Produsele Altius Fotovoltaic uzuale constau în module PV cu 60 celule. Acestea sunt certificate de TÜV SUD pentru conformitatea cu standardele IEC 61215 și IEC 62730 aferente proiectării și siguranței sistemelor fotovoltaice.

În plus, va fi posibilă realizarea de modele experimentale sau a unei serii reduse păstrând tehnologia de bază și experimentând diverse materiale și configurații ale celulelor. Astfel, vor fi proiectate și respectiv fabricate module PV sub formă de elemente (bare) pentru jaluzele de dimensiuni stabilite de comun acord în cadrul consorțiului, ținând cont totodată de constrângerile tehnologice. Constrângerile au în vedere materialele disponibile și costurile acestora și sunt independente de tehnologia de fabricație în sine. Chiar dacă dimensiunile celulelor PV sunt standard, de 5 inches și 6 inches (125 mm și 156 mm), acestea pot fi adaptate prin utilizarea unor echipamente speciale cu laser care să le debiteze la dimensiunile dorite. De asemenea, se pot realiza solicitări către producători pentru ca celulele să fie tăiate la dimensiunile dorite.

Limitarea dimensiunilor modulelor provine și din partea sticlei fotovoltaice. Sticla fotovoltaică este o sticlă specială, sărăcită de fier și tratată antireflex. Există un număr relativ redus de producători de sticlă fotovoltaică pe plan mondial. Deși se numără printre producătorii de sticlă în general, cei care produc sticla fotovoltaică au dedicat o linie tehnologică specială care produce strict acest tip de sticlă pentru a nu impurifica materia primă. Producătorii acceptă relativ greu să producă alte dimensiuni decât cele solicitate la scară industrială (cele pentru modulele de 60 de celule), iar atunci când o fac prețurile sunt pe măsură. În prezent, nu există o altă variantă de obținere a unor dimensiuni speciale decât turnarea, întrucât sticla PV este securizată și în consecință nu poate fi debitată. Acest aspect reprezintă un obstacol care poate fi rezolvat prin înglobarea șirurilor de celule în rășini transparente. Există producători precum DAS Energy din Austria care produc module de diferite dimensiuni, înglobate în rășini. Astfel, se propune testarea unei variante de încapsulare folosind backsheet transparent în loc de

sticlă și măsurarea eficienței modulelor rezultate. În urma testelor ce urmează a fi realizate, se vor putea produce module PV cu orice dimensiune dorită.

Etapele tehnologice de fabricare a modulelor PV

1. *Testarea celulelor la intrarea în procesul de producție.* Testarea se realizează vizual și/sau cu simulatorul solar trasând caracteristicile I-V din care se determină puterea celulelor, eficiența, precum și rezistențele echivalente sunt și serie.
2. *Lipirea celulelor în șiruri* de câte 9, 10 sau 12 bucăți (cele mai frecvente) în funcție de panoul care se dorește a fi fabricat (de 54, 60 sau 72 de celule). Lipirea acestora se realizează automat cu mașini robotizate „Tabber Stringer”. Există trei metode de lipire a benzilor de conexiune între celule (ribbon) cu grosimea de 0,16 – 0,2 mm și lățimea de 1,5 - 2,2 mm. Lățimea este dependentă de lățimea benzii de contact de pe celulă (denumită buss-bar). Tehnologia de lipire poate consta în:
 - Lipire cu aer cald. Aerul încălzit este suflat prin duze subțiri chiar deasupra ribbon-ului fixat în prealabil pe celulă prin intermediul unor pini. Aceștia coboară automat, după așezarea ribbon-ului pe buss-bar. Aerul fierbinte topește aliajul de staniu-plumb (uneori și Ag) depus pe banda de cupru din care este realizat ribbon-ul, lipindu-l de buss-bar-ul celulei.
 - Lipire cu infraroșu. Există mașini prevăzute cu lămpi de infraroșu pe care le apropie de ansamblul descris mai sus și comandă aprinderea lor pentru o scurtă perioadă de timp. Temperatura este controlată de la distanță față de celulă și din intensitatea curentului prin lampă. Lămpile sunt subțiri și radiază numai în zona de contact ribbon – celulă.
 - Lipirea prin inducție. Un electrod pentru fiecare buss-bar al celulei se apropie de suprafața ansamblului ribbon-celulă (în prealabil fixat prin intermediul pinilor) și, printr-un impuls de curent, induce în cele două metale ribbon-ul și buss-bar-ul celulei, curenți turbionari care încălzesc ambele materiale până la topirea aliajului de lipit. Mașinile de lipit sunt complet automatizate, ajungând până la viteze de mii de celule procesate pe oră.
3. *Așezarea șirurilor de celule (matrice)* pe geamul peste care în prealabil s-a așezat prima folie EVA (Ethylene Vinyl Acetate). Așezarea foliei EVA se realizează manual sau automat de către un robot. Așezarea echidistantă a șirurilor de celule pe folie-sticlă se realizează automat sau manual. Mașina care poziționează șirurile este cunoscută sub denumirea de *lay-up station* și este de regulă furnizată de același producător care fabrică și *tabber stringer*-ul. Cele două mașini funcționează în strânsă corelare. Sunt cunoscute două mari categorii: mașini cu roboți cu braț și mașini cu roboți cu translație. Așezarea pe sticlă se realizează alternativ astfel că dacă o celulă se termină cu legătură la PLUS, celula din șirul vecin începe cu MINUS.
4. *Lipirea terminalelor la șirurile de celule* (înserierea șirurilor). Legăturile între șiruri se realizează cu ribbon mai gros și mai lat întrucât având lungimi mai mari trebuie fie caracterizate în consecință de o rezistență electrică specifică mai mică. Lipirea se face manual cu stații de lipit, dar există și mașini robotizate cu viteze mari de procesare. Prin lipirea șirurilor, se realizează înserierea tuturor celulelor din modul și de asemenea conexiunile exterioare pentru conectarea acestora.
5. *Aplicarea celei de-a doua folii EVA și a foliei backsheetului* (pe spatele modulului). Cea de-a doua folie se aplică deasupra șirurilor de celule peste care se plasează folia pe bază de tedlar și/sau PET, care îndeplinește rolurile de rezistență mecanică și hidroizolație.

6. *Laminarea* (încapsularea) reprezintă un proces care se produce în laminatoare, cu un ciclu de aproximativ 16 minute. Procesul de laminare începe cu vacuumarea (eliminarea aerului dintre folii) și continuă cu procesul termic foarte bine controlat în temperatură și durată prin care folia EVA se topește, devine transparentă și formează legături moleculare foarte puternice și stabile în timp.
7. *Debavurarea panourilor* laminate și aplicarea de bandă dublu adezivă pe conturul acestora pentru o bună izolare.
8. *Montarea cutiei de joncțiuni pe spatele panoului*. Montarea cutiei de joncțiuni (JB) se realizează manual sau automat. Cutia este prevăzută din fabricație cu conductoare cu mufe standard pentru conexiunile fotovoltaice.
9. *Înrămarea* constă în montarea și fixarea ramelor de aluminiu. Montarea ramelor se realizează în prezent numai prin intermediul mașinilor cu diferite grade de automatizare.
10. *Efectuarea probelor de verificare și măsurare a puterii*, înregistrarea caracteristicii I-V a panoului și marcarea fiecărui panou cu valorile rezultate. Măsurarea puterii modulului se realizează cu un simulator solar care produce un flash de lumină pentru o perioadă scurtă. Pe parcursul acestuia, intensitatea luminoasă trebuie să rămână cât mai constantă în timp și uniformă pe toată suprafața modulului, iar spectrul luminii trebuie să fie cât mai aproape de spectrul natural al luminii solare în banda de lucru a celulei de siliciu. Testarea la electroluminescență este foarte importantă pentru depistarea defectelor în celule. Aceste defecte pot evolua în timp către defecte majore care scot modulele din limitele garanției asigurate de producător.
11. *Control final vizual*, ambalarea și marcarea panourilor.

Studiul privind elementele fotovoltaice pretabile aplicației demonstrative de tip laborator modular
EXPERIMENTARIUM

Astfel, având în vedere procesul de fabricație expus anterior, ne propunem să construim un sistem PV sub formă de jaluzele.

Se consideră următoarele dimensiuni ale unui element PV al jaluzelei: 130 mm lățime și 1500 mm lungime.

Astfel, pe suprafața unui element PV al jaluzelei, se poate monta un șir de 11 celule PV de 5 inches înseriate, fiecare având o putere de 3,84 Wp. Puterea totală rezultată va fi:

$$P_{tot} = 11 * 3,84 = 42,24Wp$$

Presupunând că prin încapsulare, pierderile de putere sunt de ~5%, rezultă o putere totală a elementului încapsulat de:

$$P_{tot} = 42,24 - 42,24 * 5\% = 40,128Wp$$

Vom considera valoarea puterii nominale de vârf a elementului de 40Wp (P_{ne}). Astfel, se poate calcula puterea de vârf totală a jaluzelelor multiplicând P_{ne} cu numărul total de elemente. Valorile curentului de scurtcircuit (I_{sc}), curentul la putere maximă (I_{mp}), tensiunea de gol (V_{oc}) și tensiunea la putere maximă (V_{pm}) vor fi calculate în funcție de modul de interconectare a elementelor. Astfel, tensiunile V_{oc} și V_{pm} ale unui element PV (format din 11 celule de 5 inches) se obțin prin multiplicarea tensiunii V_{oc} , respectiv V_{pm} aferente unei celule (disponibile în specificația tehnică a celulei). Curentul I_{sc} și I_{mp} este cel al celulei. Pentru ansamblul sistemului de jaluzele PV, tensiunea se multiplică cu numărul de elemente, iar curentul rămâne același dacă elementele se înscriază. Dacă elementele se

contactează în paralel, tensiunea rămâne aceeași, iar curentul se multiplică cu numărul de elemente. Recomandăm inserierea pentru a obține tensiuni mai mari în scopul utilizării de convertoare DC-DC existente pe piață la prețuri rezonabile. Dacă se utilizează mai multe panourile PV, se recomandă conectarea acestora în serie din motive similare.



Fig. 30 Montarea panourilor fotovoltaice pe modulul experimental - Experiemntarium.

În continuare, s-au realizat simulări cu programul PVSyst pentru un sistem de jaluzele de 400W, format din 10 elemente, pentru a evalua producția de energie pe parcursul unui an. Astfel, s-au considerat patru unghiuri ale jaluzelelor: jaluzele deschise la 15°, 30°, 60° și 90° (închise). Producția realizată în fiecare variantă este prezentată în tabelele de mai jos.

Astfel, se observă că unghiul de 30° este optim pentru toată perioada anului, având cea mai mare cantitate de energie produsă pe an (514 kWh). În cazul în care jaluzelele prezintă un sistem mecanic de reglare, se vor adopta unghiuri diferite pentru fiecare anotimp. Astfel, pe parcursul iernii, pentru poziția optimă (la 60°), producția va fi de 33 kWh în ianuarie. În timpul verii, poziția optimă este la 15°, cu 66 kWh în luna iulie. Când jaluzelele sunt închise, se obține cea mai redusă producție, 357 kWh pe an.

În continuare, se prezintă valorile de producție simulate pentru toate variantele discutate mai sus.

Tabel 3. Producția de energie electrică pentru un unghi deschidere de 30°.

| | Gl. horiz. kWh/m ² .day | Coll. Plane kWh/m ² .day | System output kWh/day | System output kWh |
|------|---------------------------------------|--|--------------------------|----------------------|
| Jan. | 1.08 | 1.77 | 0.59 | 18 |
| Feb. | 2.12 | 3.10 | 1.04 | 29 |
| Mar. | 3.28 | 4.31 | 1.45 | 45 |
| Apr. | 4.56 | 5.24 | 1.76 | 53 |
| May | 5.77 | 5.96 | 2.00 | 62 |
| June | 6.01 | 5.93 | 1.99 | 60 |
| July | 6.15 | 6.16 | 2.07 | 64 |
| Aug. | 5.38 | 5.91 | 1.99 | 62 |
| Sep. | 3.54 | 4.40 | 1.48 | 44 |
| Oct. | 2.53 | 3.80 | 1.28 | 40 |
| Nov. | 1.38 | 2.21 | 0.74 | 22 |
| Dec. | 0.80 | 1.40 | 0.47 | 15 |
| Year | 3.56 | 4.19 | 1.41 | 514 |

Tabel 4. Producția de energie electrică pentru un unghi deschidere de 60°.

| | Gl. horiz. kWh/m ² .day | Coll. Plane kWh/m ² .day | System output kWh/day | System output kWh |
|-------------|--|---|---------------------------------|-----------------------------|
| Jan. | 1.08 | 2.08 | 0.70 | 22 |
| Feb. | 2.12 | 3.43 | 1.15 | 32 |
| Mar. | 3.28 | 4.41 | 1.48 | 46 |
| Apr. | 4.56 | 4.81 | 1.62 | 48 |
| May | 5.77 | 4.97 | 1.67 | 52 |
| June | 6.01 | 4.73 | 1.59 | 48 |
| July | 6.15 | 4.98 | 1.68 | 52 |
| Aug. | 5.38 | 5.18 | 1.74 | 54 |
| Sep. | 3.54 | 4.30 | 1.45 | 43 |
| Oct. | 2.53 | 4.21 | 1.41 | 44 |
| Nov. | 1.38 | 2.57 | 0.86 | 26 |
| Dec. | 0.80 | 1.70 | 0.57 | 18 |
| Year | 3.56 | 3.95 | 1.33 | 485 |

Tabel 5. Producția de energie electrică pentru un unghi deschidere de 15°.

| | Gl. horiz. kWh/m ² .day | Coll. Plane kWh/m ² .day | System output kWh/day | System output kWh |
|-------------|--|---|---------------------------------|-----------------------------|
| Jan. | 1.08 | 1.46 | 0.49 | 15 |
| Feb. | 2.12 | 2.68 | 0.90 | 25 |
| Mar. | 3.28 | 3.90 | 1.31 | 41 |
| Apr. | 4.56 | 5.03 | 1.69 | 51 |
| May | 5.77 | 6.01 | 2.02 | 63 |
| June | 6.01 | 6.12 | 2.06 | 62 |
| July | 6.15 | 6.31 | 2.12 | 66 |
| Aug. | 5.38 | 5.80 | 1.95 | 60 |
| Sep. | 3.54 | 4.08 | 1.37 | 41 |
| Oct. | 2.53 | 3.26 | 1.10 | 34 |
| Nov. | 1.38 | 1.84 | 0.62 | 19 |
| Dec. | 0.80 | 1.13 | 0.38 | 12 |
| Year | 3.56 | 3.98 | 1.34 | 488 |

Tabel 6. Producția de energie electrică pentru un unghi deschidere de 90°.

| | Gl. horiz. kWh/m ² .day | Coll. Plane kWh/m ² .day | System output kWh/day | System output kWh |
|-------------|--|---|---------------------------------|-----------------------------|
| Jan. | 1.08 | 1.94 | 0.65 | 20 |
| Feb. | 2.12 | 3.01 | 1.01 | 28 |
| Mar. | 3.28 | 3.55 | 1.19 | 37 |
| Apr. | 4.56 | 3.36 | 1.13 | 34 |
| May | 5.77 | 3.08 | 1.04 | 32 |
| June | 6.01 | 2.74 | 0.92 | 28 |
| July | 6.15 | 2.95 | 0.99 | 31 |
| Aug. | 5.38 | 3.38 | 1.14 | 35 |
| Sep. | 3.54 | 3.28 | 1.10 | 33 |
| Oct. | 2.53 | 3.63 | 1.22 | 38 |
| Nov. | 1.38 | 2.36 | 0.79 | 24 |
| Dec. | 0.80 | 1.61 | 0.54 | 17 |
| Year | 3.56 | 2.91 | 0.98 | 357 |

Simulări realizate în vederea estimării producției sistemelor de jaluzele fotovoltaice

| | | | | |
|---|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------|
| PVSYST V6.74 | INCDIE ICPE-CA (Romania) | 13/11/18 | Page 1/1 | |
| Sistem jaluzele 400W | | | | |
| Grid system presizing | | | | |
| Geographical Site | TIMISOARA/GIARMATA | Country | Romania | |
| Situation | Latitude 45.77° N | Longitude | 21.25° E | |
| Time defined as | Legal Time Time zone UT+2 | Altitude | 86 m | |
| Collector Plane Orientation | Tilt 15° | Azimuth | 0° | |
| PV-field installation main features | | | | |
| Module type | Standard | | | |
| Technology | Monocrystalline cells | | | |
| Mounting method | Facade or tilt roof | | | |
| Back ventilation properties | Ventilated | | | |
| System characteristics and pre-sizing evaluation | | | | |
| PV-field nominal power (STC) | Phom | 0.4 kWp | | |
| Collector area | Acoll | 3 m ² | | |
| Annual energy yield | Eyear | 0.49 MWh | Specific yield 1220 kWh/kWp | |
| Economic gross evaluation | Investment | 1221 EUR | Energy price 0.13 EUR/kWh | |
| Meteo and incident energy | | System output | | |
| | | | | |
| | Gl. horiz. | Coll. Plane | System output | System output |
| | kWh/m ² .day | kWh/m ² .day | kWh/day | kWh |
| Jan. | 1.08 | 1.46 | 0.49 | 15 |
| Feb. | 2.12 | 2.68 | 0.90 | 25 |
| Mar. | 3.28 | 3.90 | 1.31 | 41 |
| Apr. | 4.56 | 5.03 | 1.69 | 51 |
| May | 5.77 | 6.01 | 2.02 | 63 |
| June | 6.01 | 6.12 | 2.06 | 62 |
| July | 6.15 | 6.31 | 2.12 | 66 |
| Aug. | 5.38 | 5.80 | 1.95 | 60 |
| Sep. | 3.54 | 4.08 | 1.37 | 41 |
| Oct. | 2.53 | 3.26 | 1.10 | 34 |
| Nov. | 1.38 | 1.84 | 0.62 | 19 |
| Dec. | 0.80 | 1.13 | 0.38 | 12 |
| Year | 3.56 | 3.98 | 1.34 | 488 |

PVsystem Licensed to INCDIE ICPE-CA (Romania)

**Sistem de jaluzele 400Wp
Deschidere 30 grade**

Grid system presizing

| | | | |
|------------------------------------|---------------------------|-----------|----------------|
| Geographical Site | TIMISOARA/GIARMATA | Country | Romania |
| Situation | Latitude 45.77° N | Longitude | 21.25° E |
| Time defined as | Legal Time Time zone UT+2 | Altitude | 86 m |
| Collector Plane Orientation | Tilt 30° | Azimuth | 0° |

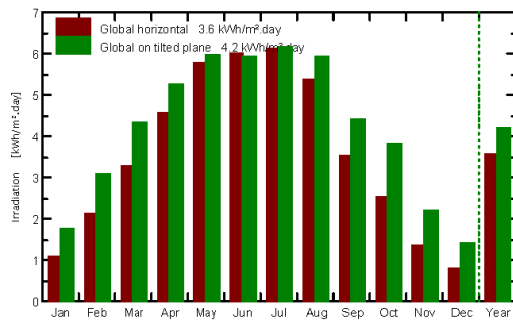
PV-field installation main features

| | |
|-----------------------------|-----------------------|
| Module type | Standard |
| Technology | Monocrystalline cells |
| Mounting method | Facade or tilt roof |
| Back ventilation properties | Ventilated |

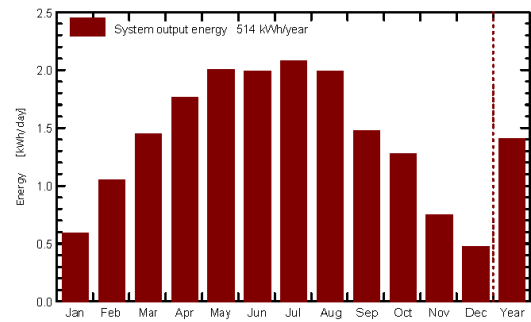
System characteristics and pre-sizing evaluation

| | | | |
|------------------------------|------------|------------------|-----------------------------|
| PV-field nominal power (STC) | Pnom | 0.4 kWp | |
| Collector area | Acoll | 3 m ² | |
| Annual energy yield | Eyear | 0.51 MWh | Specific yield 1285 kWh/kWp |
| Economic gross evaluation | Investment | 1221 EUR | Energy price 0.12 EUR/kWh |

Meteo and incident energy



System output



| | Gl. horiz. kWh/m ² .day | Coll. Plane kWh/m ² .day | System output kWh/day | System output kWh |
|------|---------------------------------------|--|--------------------------|----------------------|
| Jan. | 1.08 | 1.77 | 0.59 | 18 |
| Feb. | 2.12 | 3.10 | 1.04 | 29 |
| Mar. | 3.28 | 4.31 | 1.45 | 45 |
| Apr. | 4.56 | 5.24 | 1.76 | 53 |
| May | 5.77 | 5.96 | 2.00 | 62 |
| June | 6.01 | 5.93 | 1.99 | 60 |
| July | 6.15 | 6.16 | 2.07 | 64 |
| Aug. | 5.38 | 5.91 | 1.99 | 62 |
| Sep. | 3.54 | 4.40 | 1.48 | 44 |
| Oct. | 2.53 | 3.80 | 1.28 | 40 |
| Nov. | 1.38 | 2.21 | 0.74 | 22 |
| Dec. | 0.80 | 1.40 | 0.47 | 15 |
| Year | 3.56 | 4.19 | 1.41 | 514 |

**Sistem jaluzele de 400Wp
Deschidere jaluzele 60 grade**

Grid system presizing

| | | | | |
|-------------------------------------|---------------------------|----------------|----------------|----------|
| Geographical Site | TIMISOARA/GIARMATA | Country | Romania | |
| Situation Time defined as | Latitude | 45.77° N | Longitude | 21.25° E |
| | Legal Time | Time zone UT+2 | Altitude | 86 m |
| Collector Plane Orientation | Tilt | 60° | Azimuth | 0° |

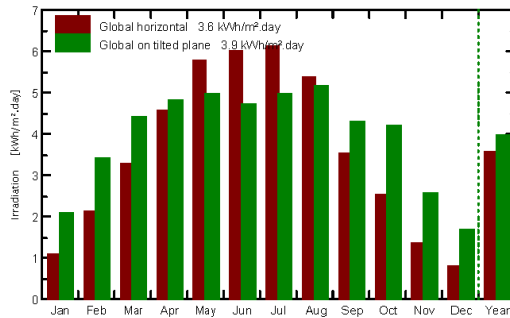
PV-field installation main features

| | |
|-----------------------------|-----------------------|
| Module type | Standard |
| Technology | Monocrystalline cells |
| Mounting method | Facade or tilt roof |
| Back ventilation properties | Ventilated |

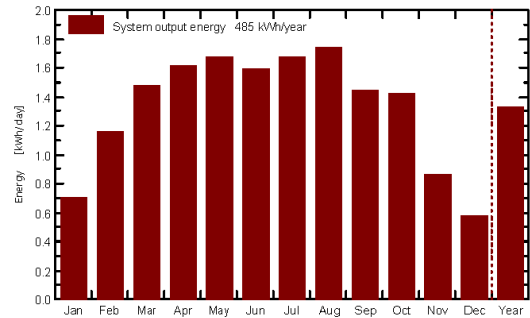
System characteristics and pre-sizing evaluation

| | | | | |
|------------------------------|------------|------------------|----------------|--------------|
| PV-field nominal power (STC) | Pnom | 0.4 kWp | | |
| Collector area | Acoll | 3 m ² | | |
| Annual energy yield | Eyear | 0.48 MWh | Specific yield | 1211 kWh/kWp |
| Economic gross evaluation | Investment | 1221 EUR | Energy price | 0.13 EUR/kWh |

Meteo and incident energy



System output



| | Gl. horiz. | Coll. Plane | System output | System output |
|------|-------------------------|-------------------------|---------------|---------------|
| | kWh/m ² .day | kWh/m ² .day | kWh/day | kWh |
| Jan. | 1.08 | 2.08 | 0.70 | 22 |
| Feb. | 2.12 | 3.43 | 1.15 | 32 |
| Mar. | 3.28 | 4.41 | 1.48 | 46 |
| Apr. | 4.56 | 4.81 | 1.62 | 48 |
| May | 5.77 | 4.97 | 1.67 | 52 |
| June | 6.01 | 4.73 | 1.59 | 48 |
| July | 6.15 | 4.98 | 1.66 | 52 |
| Aug. | 5.38 | 5.18 | 1.74 | 54 |
| Sep. | 3.54 | 4.30 | 1.45 | 43 |
| Oct. | 2.53 | 4.21 | 1.41 | 44 |
| Nov. | 1.38 | 2.57 | 0.86 | 26 |
| Dec. | 0.80 | 1.70 | 0.57 | 18 |
| Year | 3.56 | 3.95 | 1.33 | 485 |

**Sistem jaluzele 400Wp
Deschidere jaluzele 90 grade (inchise)**

Grid system presizing

| | | |
|------------------------------------|---------------------------|------------------------|
| Geographical Site | TIMISOARA/GIARMATA | Country Romania |
| Situation | Latitude 45.77° N | Longitude 21.25° E |
| Time defined as | Legal Time Time zone UT+2 | Altitude 86 m |
| Collector Plane Orientation | Tilt 90° | Azimuth 0° |

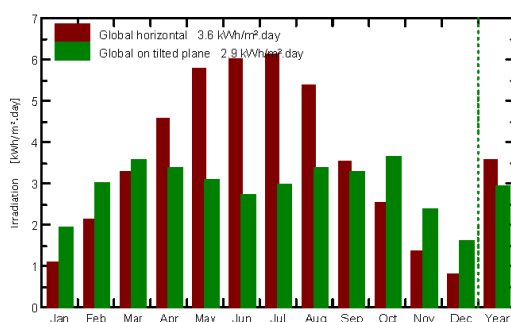
PV-field installation main features

| | |
|-----------------------------|-----------------------|
| Module type | Standard |
| Technology | Monocrystalline cells |
| Mounting method | Facade or tilt roof |
| Back ventilation properties | Ventilated |

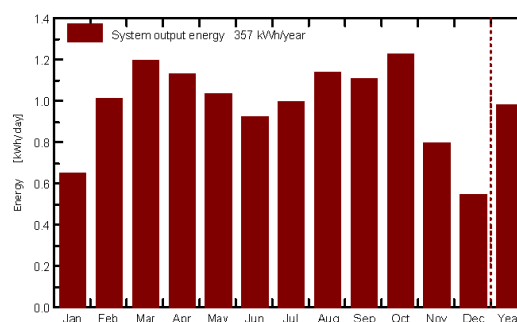
System characteristics and pre-sizing evaluation

| | | | | |
|------------------------------|------------|------------------|----------------|--------------|
| PV-field nominal power (STC) | Pnom | 0.4 kWp | | |
| Collector area | Acoll | 3 m ² | | |
| Annual energy yield | Eyear | 0.36 MWh | Specific yield | 892 kWh/kWp |
| Economic gross evaluation | Investment | 1221 EUR | Energy price | 0.17 EUR/kWh |

Meteo and incident energy



System output



| | GI. horiz. | Coll. Plane | System output | System output |
|-------------|-------------------------|-------------------------|---------------|---------------|
| | kWh/m ² .day | kWh/m ² .day | kWh/day | kWh |
| Jan. | 1.08 | 1.94 | 0.65 | 20 |
| Feb. | 2.12 | 3.01 | 1.01 | 28 |
| Mar. | 3.28 | 3.55 | 1.19 | 37 |
| Apr. | 4.56 | 3.36 | 1.13 | 34 |
| May | 5.77 | 3.08 | 1.04 | 32 |
| June | 6.01 | 2.74 | 0.92 | 28 |
| July | 6.15 | 2.95 | 0.99 | 31 |
| Aug. | 5.38 | 3.38 | 1.14 | 35 |
| Sep. | 3.54 | 3.28 | 1.10 | 33 |
| Oct. | 2.53 | 3.63 | 1.22 | 38 |
| Nov. | 1.38 | 2.36 | 0.79 | 24 |
| Dec. | 0.80 | 1.61 | 0.54 | 17 |
| Year | 3.56 | 2.91 | 0.98 | 357 |

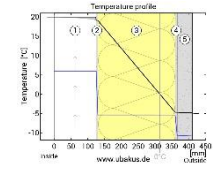
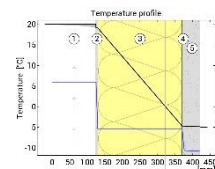
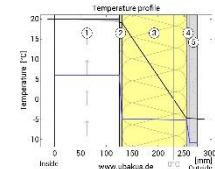
Tipuri de fațade analizate pentru pereți

În cadrul analizei au fost considerate patru sisteme de fațadă de tip panou sandwich oferite de diverși de pe piața actuală. Alegerea sistemelor s-a bazat pe două criterii importante: (i) modularitate și (ii) timpul scurt de instalare. Sistemele au fost subîmpărțite pe două categorii în funcție de tipul materialului termoizolant. Ele sunt prezentate în tabelul 1, în funcție de stratificație, grosime totală, rezistență termică (R) și transmitanță termică ($U=1/R$.)

Toate sistemele de închidere propuse sunt de tip panou sandwich, ele putând fi adaptate ușor unei structuri metalice ușoare cu elemente din profile cu pereți subțiri. Alegerea sistemelor integrate contribuie la proiectarea sustenabilă a clădirilor actuale atât în faza de fabricare cât și în faza finală a ciclului de viață (End of Life – EOL) considerând multiple avantaje:

- modularitate;
- adaptabilitate
- prefabricarea atât pentru elementele structurale cât și pentru cele de închidere
- timp redus de execuție
- dezasamblare rapidă și posibilitatea de a colecta separat deșeurile la finalul ciclului de viață, conducând la reutilizarea și reciclarea materialelor
- Astfel, sistemul permite dezasamblarea în totalitate a componentelor originale, pe diferite scenarii EOL: deoarece elementele metalice structurale pot fi cu ușurință reciclate sau chiar reutilizate, scenariul final pentru componentele de închidere este mai complex datorita foilor de tablă și a materialului termoizolant sau a tuturor elementelor necesare montajului. În consecință, studiul prezentat este concentrat pe analiza performanței la transfer termic și a impactului asupra mediului pentru sistemele de fațadă alese.

Tabel 7 – Stratificațiile sistemelor de fațadă

| Sistem de fațadă | Stratificație | d [mm] | R [m ² K/W] | U [W/(m ² K)] | |
|-----------------------------|--|-----------|---------------------------|-----------------------------|---|
| Vată minerală 1 (MW1) | 1. Profile din oțel C120 | 120 | 5.943 | 0.168 |  |
| | 2. Foaie de tablă din oțel, galvanizată la cald | 0.6 | | | |
| | 3. Vată minerală | 232 | | | |
| | 4. Adeziv poliuretanic | - | | | |
| | 5. Foaie de tablă din oțel, galvanizată la cald | 0.6 | | | |
| Vată minerală 2 (MW2) | 1. Profile din oțel C120 | 120 | 6.193 | 0.161 |  |
| | 2. Foaie de tablă din oțel, galvanizată la cald și vopsită | 0.5 | | | |
| | 3. Vata minerală | 240 | | | |
| | 4. Foaie de tablă din oțel, galvanizată la cald și vopsită | 0.7 | | | |
| Poliizocianurat 1 (PIR1) | 1. Profile din oțel C120 | 120 | 5.850 | 0.171 |  |
| | 2. Tablă profilată din oțel | 0.5 | | | |
| | 3. Izolație pe bază de poliizocianurat | 125 | | | |
| | 4. Tablă profilată din oțel | 0.6 | | | |

| | | | | | |
|--------------------------|---|-----|-------|-------|--|
| Poliizocianurat 2 (PIR2) | 1. Profile din oțel C120 | 120 | 6.001 | 0.167 | |
| | 2. Foaie de tabla din oțel, galvanizată | 0.5 | | | |
| | 3. Izolație pe bază de poliizocianurat | 140 | | | |
| | 4. Foaie de tabla din oțel, galvanizată | 0.6 | | | |

Sistemul modular de bază ales are dimensiunile în plan de 5x5m (Figurile 31 și 32). Clădirea reprezintă un spațiu pe două nivele cu un acoperiș în doua ape capabil să acomodeze o rețea de panouri fotovoltaice. Fațada sudică (Figura 31) constituie aproape în totalitate dintr-un element vitrat pentru a asigura iluminatul natural al spațiului interior. Pentru a controla radiația solară, vitrajul este completat de elemente de umbrire formate din lamele cu celule fotovoltaice înglobate.

Calculul eficienței termice a unei incinte este determinată de o serie de factori, în principal de radiația solară directă receptată prin golurile fațadei și de capacitatea de înmagazinare a căldurii a elementelor de învelitoare. Alți factori importanți în echilibrul energetic sunt:

- schimbul de fază
- amplitudine:
- raportul temperatură amplitudine (TAV).

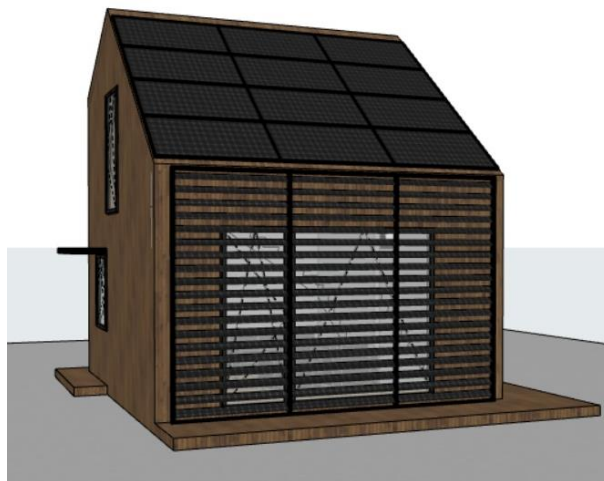


Figura 31. Vedere 3D a modulului de baza

Analiza termică a fost efectuată cu ajutorul platformei online de calcul Ubakus și componenta de evaluare energetică înglobată a Graphisoft Archicad 21. Următoarele date au fost introduse și aplicate asupra modelului de bază prezentat mai sus, amplasat în Timișoara:

- Temperatura interioară: 20 °C cu umiditate 40%
- Temperatura exterioară: -5 °C cu umiditate 60%
- Arie construită: 30.37 m²
- Arie utilă: 24.60 m²
- Suprafața anvelopei: 124.44 m²
- Procentaj suprafață vitrată: 6%

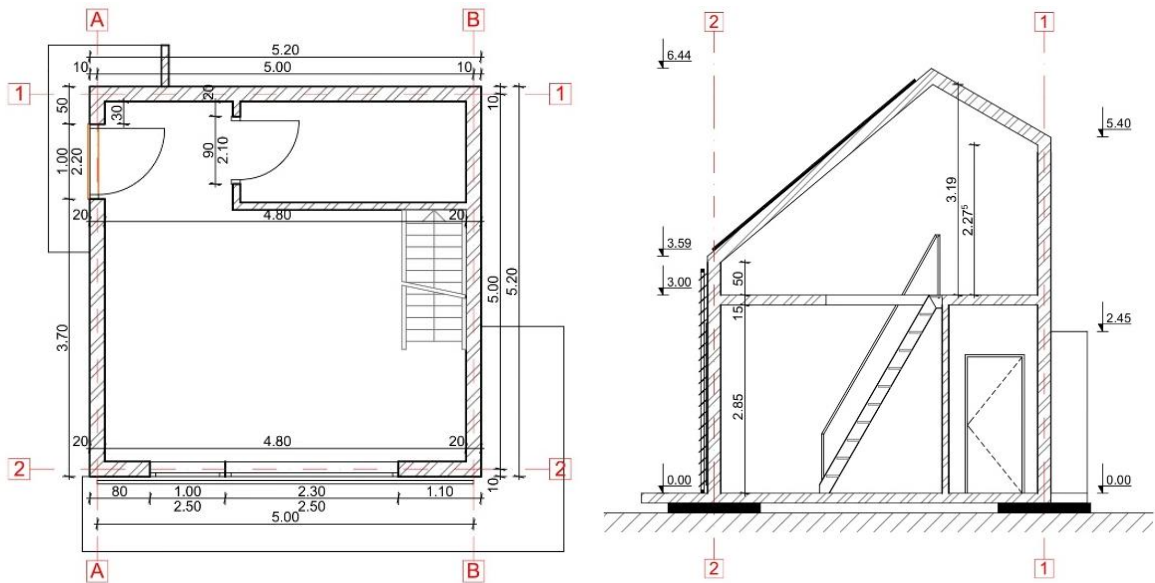


Figura 32. Plan de nivel, secțiune verticală prin modul

Vată minerală 1 (MW1)

Simularea cu programul de analiză (Figura 33a) a arătat că transmitanța elementului are valoarea $U=0,168$ W/m^2K . Astfel, cantitatea maxima de căldură înmagazinată este de 47 kJ/m^2K cu o capacitate termică a straturilor interioare de $19,7$ kJ/m^2K și o rezistență termică totală de $5,943$ m^2K/W . Această valoare este aproximativ de trei ori mai mare decât cea prevăzută în normativele actuale din România. Schimbarea de fază (Figura 33b) se petrece după $6,7$ ore cu o atenuare a amplitudinii de $7,9$ și TAV $0,126$

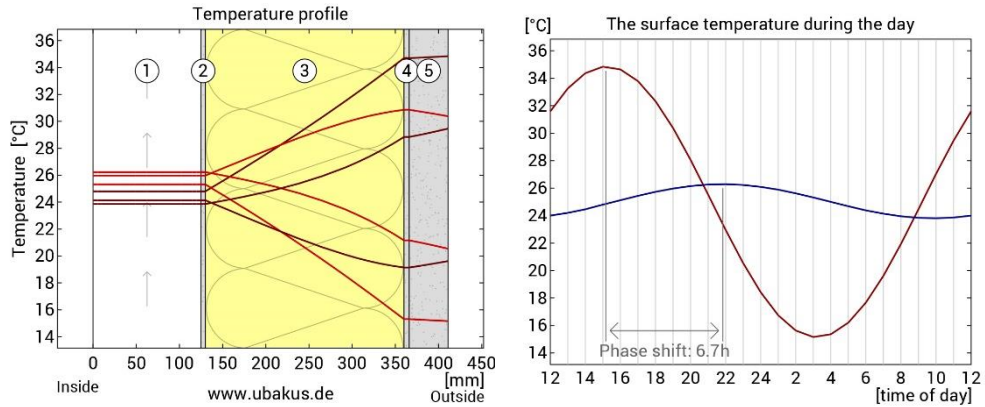


Figura 33. a) - Profilul curbei de temperatura pe element (închidere la 15:00, 11:00 și 07:00; deschidere la 19:00, 23:00 și 03:00), b) Schimbarea de fază (roșu- temperatura exterioară; albastru – temperatura interioară)

Vată minerală 2 (MW2)

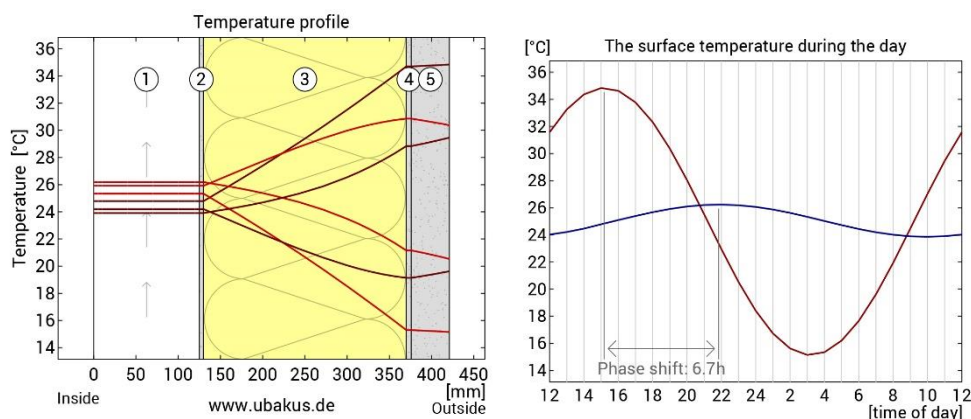


Figura 34. a) Profilul curbei de temperatura pe element (închidere la 15:00, 11:00 și 07:00; deschidere la 19:00, 23:00 și 03:00); b) Schimbarea de fază (roșu- temperatura exterioară; albastru – temperatura interioară)

Cel de-al doilea sistem, MW2 (Figura 34 a), arată o valoare a transmisivității de $U=0,161 \text{ W/m}^2\text{K}$. Căldura înmagazinată atinge $47 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ cu o capacitate de stocare termică a straturilor interioare de $19,8 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ și având per total o rezistență termică de $6,193 \text{ m}^2\text{K/W}$. Schimbarea de fază are loc după 6.7 ore (Figura 34 b) cu o atenuare a amplitudinii de 8,3 și raportul TAV de 0,12.

Poliizocianurat 1 (PIR1)

În cazul sistemului PIR1 (Fig. 35 a), rezultă o transmisivță $U=0,171 \text{ W/m}^2\text{K}$. Căldura înmagazinată atinge $46 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ cu o capacitate de stocare termică a straturilor interioare de $21 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ și demonstrând o rezistență termică totală de $5,850 \text{ m}^2\text{K/W}$. Schimbarea de fază are loc după 8,2 ore (Fig. 35 b) cu o atenuare a amplitudinii de of 8,3 și TAV de 0,122. Avantajul principal pentru folosirea unui miez de poliizocianurat este o reducere considerabilă a grosimii totale a straturilor exterioare.

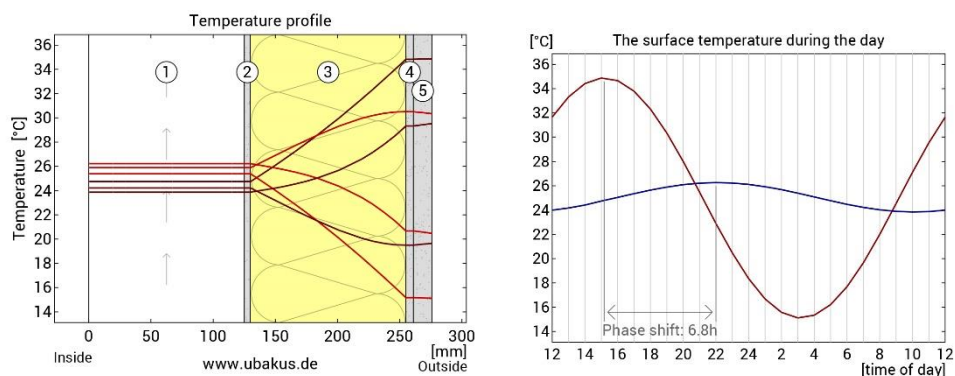


Figura 35. a) Profilul curbei de temperatura pe element (închidere la 15:00, 11:00 și 07:00; deschidere la 19:00, 23:00 și 03:00); b) Schimbarea de fază (roșu- temperatura exterioară; albastru – temperatura interioară)

Poliizocianurat 2 (PIR2)

Pentru sistemul PIR 2 (Fig. 36 a), transmisivța atinge $0,167 \text{ W/m}^2\text{K}$. Căldura înmagazinată a elementului atinge $46 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ cu o capacitate de stocare termică a straturilor interioare de $21 \text{ kJ/m}^2\text{K}$. Rezistență termică totală este de $6,001 \text{ m}^2\text{K/W}$. Schimbarea de fază are loc după 6.7 ore (Fig. 36 b) cu o atenuare a amplitudinii de 7,2 și TAV de 0,117.

Bilanțul energetic

Pentru evaluarea energetică a celor patru sisteme, următoarele date operaționale au fost considerate în programul de calcul:

- aportul de căldură uman: 70W/ utilizator;
- apă caldă de consum: 60l/zi/utilizator
- umiditate: 2g/zi/utilizator;
- utilizare spațiu: 6264ore/an;
- iluminat: sistem LED;
- încălzire: 1500W capacitate nominală corp de încălzire electric inclusiv pentru încălzirea apei calde menajere. Tip control: control temperatură cu senzor interior;
- temperatura interioară: 20 °C cu umiditate 40% .

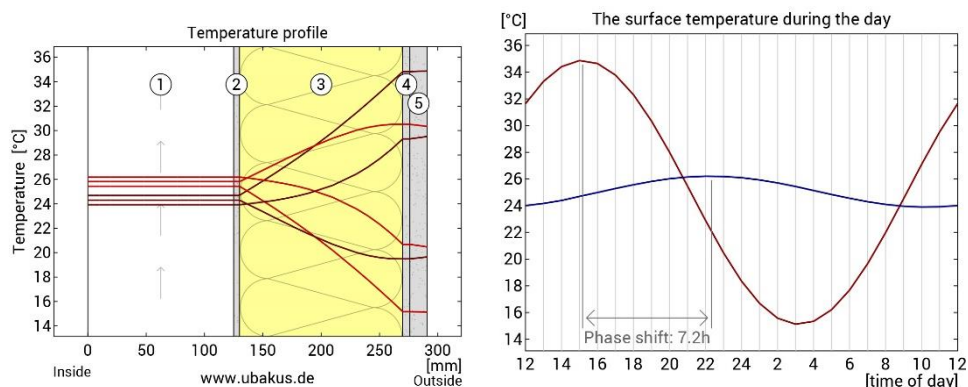


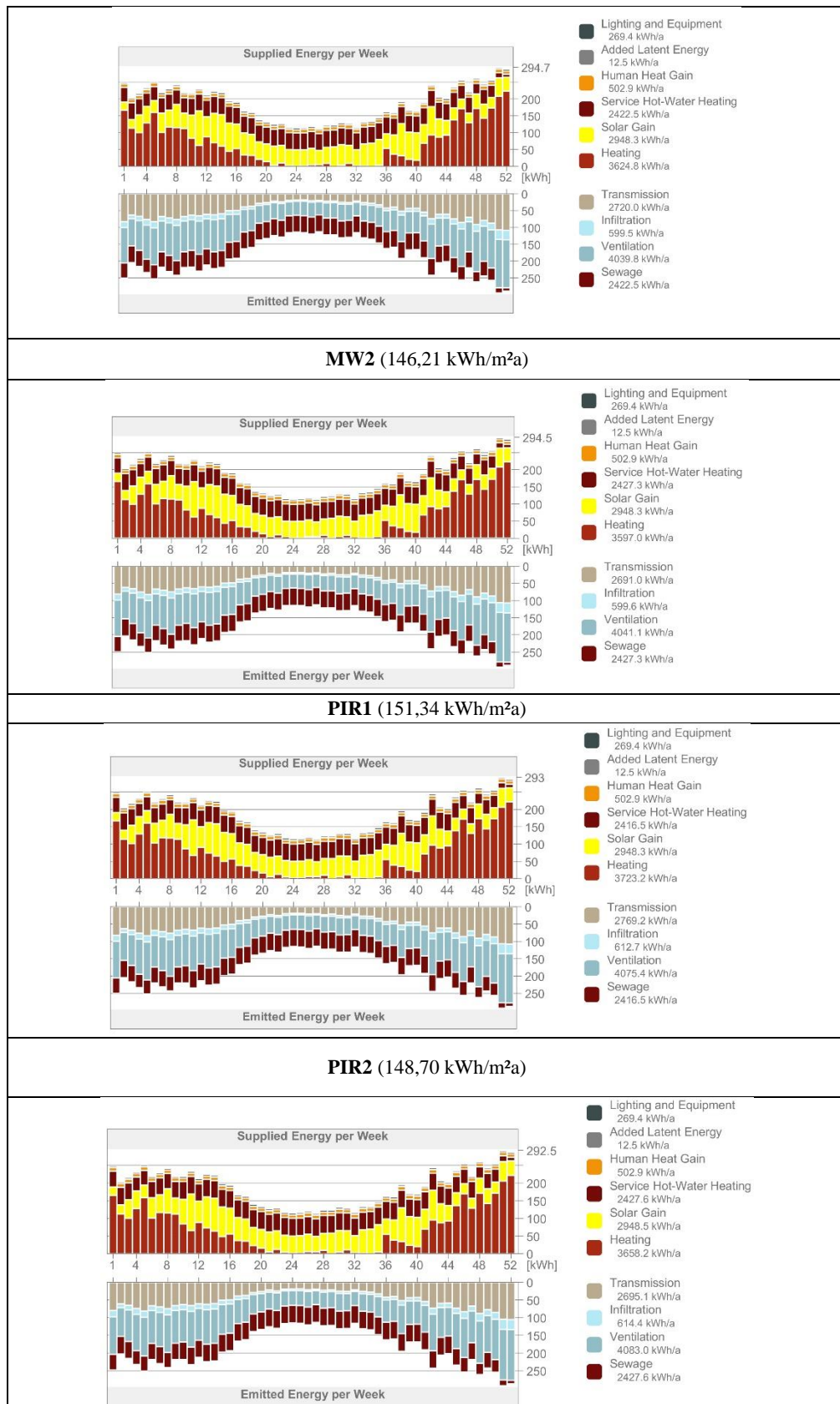
Figura. 36. a) Profilul curbei de temperatura pe element (închidere la 15:00, 11:00 și 07:00; deschidere la 19:00, 23:00 și 03:00) b) Schimbarea de fază (roșu- temperatura exterioară; albastru – temperatura interioară)

Rezultatele analizei sunt prezentate în tabelele 2 și 3. Graficele prezintă cantitatea de energie emisă de clădire (partea inferioară) cât și energia necesară/primită de fiecare sursă în parte; energia absorbită din mediul înconjurător precum și din surse interne (parte superioară), pe parcursul unei luni (în cazul prezentat) sau săptămână, conform alegerii. Conform ecuației de echilibru, graficele pentru cantitatea de energie emisă (output) și pentru energia primită (input) trebuie să fie egale. Axa verticală a graficului arată cantitatea de energie iar cea orizontală arată săptămânile anului. În general cantitatea de energie necesară provine în mare parte din necesarul de încălzire (peste 50% din total), aport solar și apă caldă menajeră. Alte surse reprezintă sub 7% din totalul necesar. Energia emisă se bazează în principal pe transmisie – 30%, ventilație – 45% și pierderile conexe 10%. Aceste procentaje arată felul în care aceste valori ar putea fi optimizate. În acest caz, sursele cu recuperare de căldură pot reduce cantitatea de energie necesară.

Se poate observa că MW2 are necesarul net de energie pentru încălzire a spațiului cel mai scăzut, 3597 kWh/a (anual) spre deosebire de PIR2 unde valoarea net este cea mai mare 3658,2 kWh/a. Mai mult decât atât, sistemele cu miez de vată minerală (MW1 și MW2) au un grad de etanșitate sporită față de soluțiile PIR, având mai puține infiltrații sau pierderi de căldură.

Tabel 8. Bilanțul energetic

| |
|--|
| MW1 (147,34 kWh/m ² a) |
|--|



Tabelul 9 sintetizează performanțele sistemelor alese. Ca și o concluzie generală, toți parametrii evaluați prezintă valori similare, cu variații de 5-6%. Soluția MW2 prezintă rezistența termică cea mai bună (transmitanța cea mai mică) și implicit consumul de energie și valoarea TAV cele mai reduse. În contrast, soluția PIR2 are amplitudinea și capacitatea termică a straturilor interioare cele mai ridicate.

Tabel 9. Performanța sistemelor de fațadă.

| Sistem fațadă | Rezistență termică [m ² K/W] | Necesar net minim încălzire [kWh/a] | Căldură înmagazinată [kJ/ m ² K] | Capacitate termică a straturilor interioare [kJ/ m ² K] | Schimbare de fază [ore] | Amplitudine | TAV |
|---------------|---|-------------------------------------|---|--|-------------------------|-------------|-------|
| MW 1 | 5,943 | 3624,8 | 47 | 19,7 | 6,7 | 7,9 | 0,126 |
| MW 2 | 6,193 | 3597 | 47 | 19,8 | 6,7 | 8,3 | 0,120 |
| PIR 1 | 5,850 | 3723,2 | 46 | 21 | 6,8 | 8,2 | 0,122 |
| PIR 2 | 6,001 | 3658,2 | 46 | 21 | 7,2 | 8,5 | 0,117 |

Încercări experimentale pe fundații rapide

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 (Figura 37). Au fost astfel identificate un număr de trei straturi de pământ cu caracteristici fizico-mecanice diferite.

| Caracterizarea pământului din strat conform SR EN ISO 14688-1 și SR EN ISO 14688-2 | Coloana stratificației | Adâncimea forată, grosimea stratului | | Proba adâncimea | | Pânze de apă și umiditatea pământului | Granulozitate | | | | | | | γ | e | n | w | w _L | w _p | I _p | I _c | I _D | Indesare | Modul elastic | Unghi de frecare int. | Cooznană specifică | Rezistența la penetrare con | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------|--------------------------------------|------|------------------------|-----------------------|---------------------------------------|-------------------|----------------------|------------------|------------------|------------------|-------------|---------------------|------|------|------|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|---------------|-----------------------|--------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------|-----------------------|------------------|----------------------|--------|-------|-------------------------------------|--|--|--|--|
| | | nr. | nr. | Petrie mare 20...70 mm | Petrie mică 2...20 mm | | Nisip 0.05...2 mm | Pruf 0.005...0.05 mm | Argilă <0.005 mm | Cretena volumică | Indicele porilor | Porozitatea | Umiditatea naturală | | | | | | | | | | | | | | | Limita superioară de plasticitate | Limita inferioară de plasticitate | Indice de plasticitate | Indice de consistență | Graf de îndesare | | | | | | | | |
| | | borcan | ștuț | % | % | | % | % | % | kN/mc | - | % | % | | | | | | | | | | | | | | | % | % | % | - | - | M ₂₋₃ kPa | Φ grad | c kPa | R _{pc} daN/cm ² | | | | |
| Sol vegetal | | -0.30 | 0.30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Argilă prăfoasă, maronie, tare | | -0.70 | 0.40 | 1N | -0.50 | | | 21 | 52 | 27 | 17.2 | 0.86 | 46.3 | 21.9 | 42.0 | 23.5 | 18.5 | 1.09 | | | 7937 | 21.7 | 33.9 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Argilă prăfoasă nisipoasă, maronie, plastic vârtoasă | | -1.40 | 0.70 | 2N | -1.20 | | | 25 | 46 | 29 | 17.7 | 0.84 | 45.6 | 23.8 | 52.9 | 23.5 | 29.4 | 0.99 | | | 7407 | 15.7 | 16.9 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Argilă prăfoasă nisipoasă, neagră, plastic vârtoasă | | -4.00 | 2.60 | 3N | -2.00 | | | 32 | 46 | 22 | 18.6 | 0.86 | 46.3 | 33.1 | 47.4 | 29.3 | 18.1 | 0.79 | | | 5333 | 23.3 | 8.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura 37 - Fișă foraj geotehnic

În suprafață, după stratul de sol 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 nisipoasă, neagră, plastic vârtoasă.

În fișa de foraj prezentată în Figura 37 sunt prezentate rezultatele încercărilor de laborator, respectiv valorile caracteristicilor fizico-mecanice ale straturilor de pământ care alcătuiesc terenul de fundare.

Încercarea de încărcare statică cu placa

Pentru determinarea modulului de deformație a terenului din amplasament, modul care poate fi corelat cu capacitatea portantă a terenului din amplasament, a fost efectuată și o încercarea de încărcare cu placa statică în amplasament.

Încărcarea plăcii statice a fost realizată cu ajutorul unei prese hidraulice cu capacitate de 450 kN (Figura 38).



Figura 38 - Presă hidraulică pentru aplicarea încărcării statice

Ca lest au fost folosite elemente prefabricate din beton și elemente metalice (Figura 39).



Figura 39 - Lest pentru executarea încercării de încărcare statică

Încărcarea statică s-a aplicat în trepte, asigurându-se presiuni pe teren de 50 kPa, 100 kPa, 150 kPa, 200 kPa, 250 kPa, 300 kPa, 350 kPa, 400 kPa, 450 kPa, 500 kPa, 550 kPa și 600 kPa. Treptele de încărcare au fost menținute până la stabilizarea tasărilor sub fiecare treaptă de încărcare, timpul necesar pentru stabilizarea tasării fiind în medie de circa 4 ore. Graficul de încărcare-tasare al plăcii încărcată static este prezentat în Figura 40.

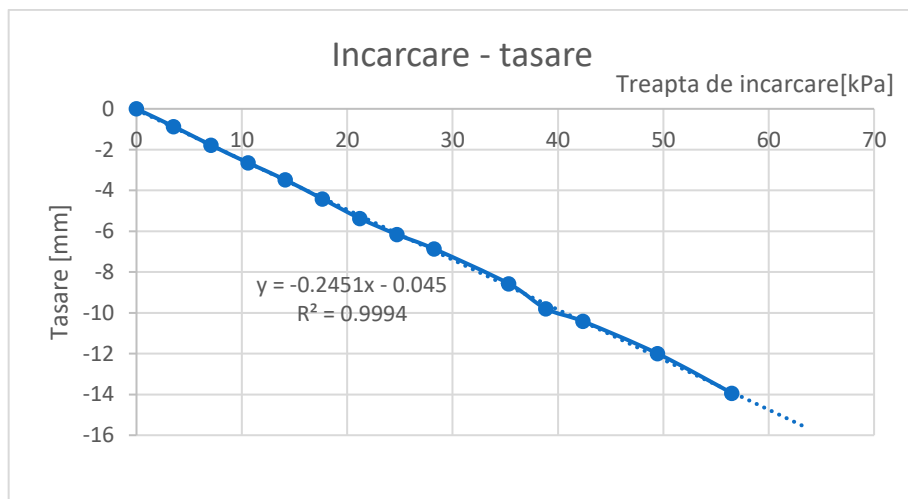


Figura 40 - Diagrama de încărcare-tasare

Soluția de fundare propusă constă în realizarea unei fundații de tip trunchi de piramidă cu dimensiunile prezentate în Figura 41.

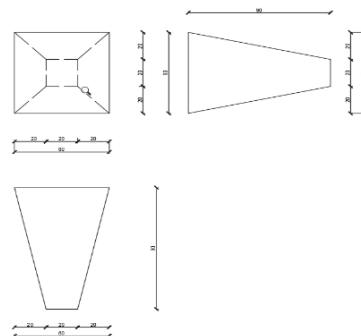


Figura 41 - Fundație de tip trunchi de piramidă

Pentru asigurarea montajului structurii metalice pe fundații au fost prevăzute buloane de ancoraj înglobate în elementul de fundație.

2 Capacitatea portantă a fundațiilor de tip trunchi de piramidă

Au fost încercate prin încărcare statică în trepte două fundații de tip trunchi de piramidă. Sistemul de încărcare, respectiv de lestare a fundației a fost ca și cel utilizat pentru efectuarea încercării de încărcare statică cu placa. Încercarea de încărcare, respectiv monitorizarea parametrilor încercării a fost efectuată cu un sistem computerizat prezentat în Figura 42.



Figura 42 - Ansamblu încărcare și monitorizare încercare

În urma aplicării încărcării statice pe două fundații de tip trunchi de piramidă s-au obținut următoarele diagrame de încărcare-tasare (Figura 43 și Figura 44).

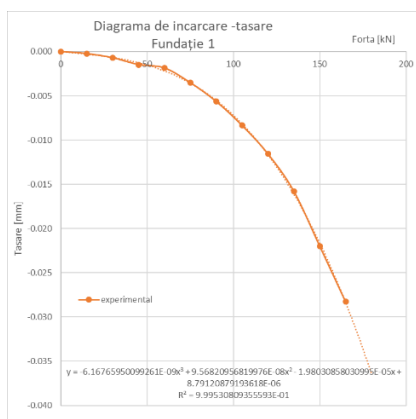


Figura 43 - Diagrama de încărcare-tasare pentru Fundația 1

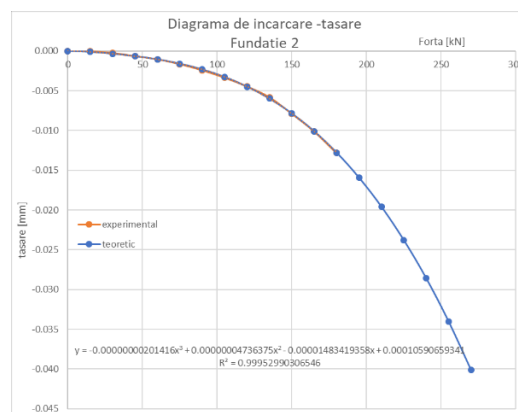


Figura 44 - Diagrama de încărcare-tasare pentru Fundația 2

Pentru o analiză a stării de eforturi, respectiv de deformații în teren în zona înconjurătoare fundației tip trunchi de piramidă a fost efectuată o analiză numerică de tip element finit, utilizându-se programul de calcul MIDAS.

În Figura 45 este prezentat modelul de tip element finit care este implementat în spațiul 3D din Figura 46 care modelează terenul de fundare din amplasament.

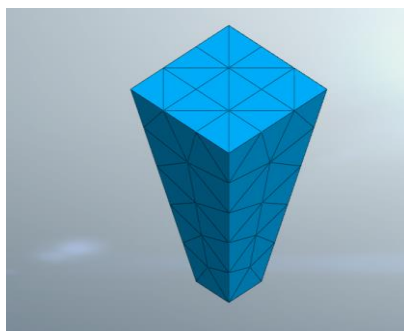


Figura 45 - Modelul fundației de tip trunchi de piramidă modelat prin MEF

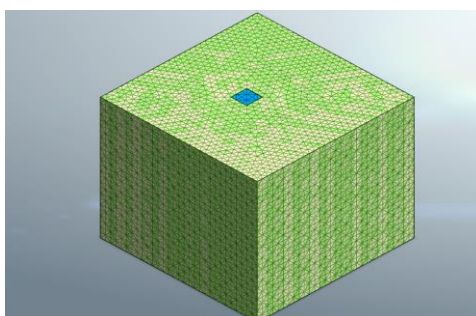


Figura 46 - Modelul în MEF a terenului de fundare, incluzând și fundația tip trunchi de piramidă

Programul de calcul MIDAS pune la dispoziția utilizatorilor diagrame reprezentând atât starea complexă de tensiune, precum și deformațiile modelului în reprezentarea 2 D, precum și în 3D.

În Figura 47 este prezentată starea de deformație a structurii modelate, respectiv tasarea pe verticală și deplasările pe orizontală ale terenului din jurul fundației de tip trunchi de piramidă. Se poate obține și o reprezentare prin diagrame de eforturi sau de deplasări.

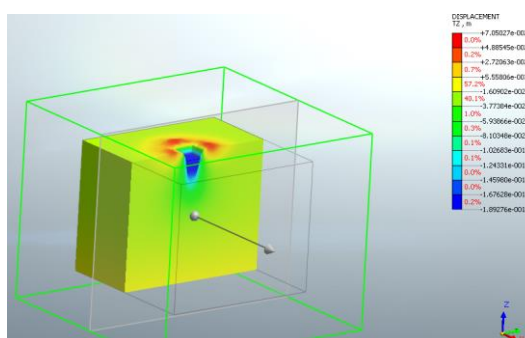


Figura 47 - Starea de deformație a structurii reprezentată în 3D

Analiza rezultatelor obținute prin modelarea folosind MEF este în curs de realizare, având în vedere faptul că variind parametri geotehnici ai terenului din amplasament se va urmări corelarea rezultatelor teoretice obținute prin MEF cu rezultatele experimentale obținute prin încercările de teren efectuate în amplasament.

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 ultimă generație.

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 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)

Prezentarea valorificării/ 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. Andrei Bejan, Mihnea Sandu, Laurentiu Tacutu, Cristiana Croitoru, Ilinca Nastase, *Airflow study inside an enclosure with a PCM wall and a solar collector*, Roomvent&Ventilation 2018 Espoo, Finland, 2-7 June 2018, Proceedings ISBN 978-952-5236-48-4, Article
2. Andrei Bejan, Cristiana Croitoru, Mihnea Sandu, Ilinca Nastase, Florin Bode, *Solar ventilated façade 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 and Ilinca Nastase, *Numerical model of a solar ventilated facade element: experimental validation, final parameters and results* The 5th Edition EENVIRO -Sustainable Solutions for Energy and Environment 2018, Cluj-Napoca, Romania, 9-13 October 2018, Article Accepted for publication in *Environment, energy and earth sciences web of conferences* (eISSN: 2267-1242, Publisher: EDP Sciences), Web of Science indexed.
4. Andrei Bejan, Florin Bode, Tiberiu Catalina and Catalin Teodosiu, *Mesh independency study for an elementary perforated panel part of an air solar collector* DSC 2018: 1st Conference of the UTCB Doctoral School, Technical University of Civil Engineering of Bucharest, Romania, 26 October 2018,

Article Accepted for publication is *Environment, energy and earth sciences web of conferences* (eISSN: 2267-1242, Publisher: EDP Sciences), Web of Science indexed.

5. Dan Hulea, Babak Fahimi, Nicolae Muntean, Octavian Cornea, *High Ratio Bidirectional Hybrid Switched Inductor Converter using Wide Bandgap Transistors*, EPE 2018 ECCE Europe: 20th European Conference on Power Electronics and Applications, Riga (Latvia), 17-21 September 2018, Proceedings ISBN 978-9-0758-1528-3, IEEE catalog number: CFP 18850-ART, Article
6. Dan Hulea, Octavian Cornea, Nicolae Muntean, *Energy Management Strategy for Supercapacitor Storage using a Nonlinear Virtual Impedance* EPE 2018 ECCE Europe: 20th European Conference on Power Electronics and Applications, Riga (Latvia), 17-21 September 2018, Proceedings ISBN 978-1-5386-4198-9/18, Article
7. Norbert Csaba Szekely, Mircea Bojan, Sorin Ionut Salcu, Petre Dorel Teodosescu, *LED performance analysis under various current waveforms*, ECAI 2018 – International Conference 10th Edition: Electronics, Computers and Artificial Intelligence, Iasi (Romania), 28-30 Iunie 2018, Article
8. Paulina Vlazan, Paula Sfirloaga, Daniel Ursu, Mihaela Birdeanu, Maria Poienar, Rus Florina Stefania, Novaconi Stefan, *Bismuth Doping Effects on Structural and Morphological Properties of Sodium Titanate System*, ISAEF 2018: 24th International Symposium on Analytical and Environmental Problems, Szeged (Hungary), 8-9 October 2018, Proceedings ISBN 978-963-306-623-2, short abstract and poster
9. Florina Ștefania Rus, Petru Negrea, Paulina Vlăzan, Ștefan Novaconi, *Synthesis and Characterization Tio2 Powders and Thin Film Obtained by Solvothermal Method for Applications in Environment Friendly Building Material Technologies*, ISAEF 2018: 24th International Symposium on Analytical and Environmental Problems, Szeged (Hungary), 8-9 October 2018, Proceedings ISBN 978-963-306-623-2, short abstract and poster
10. Raluca Legian, Adrian Ciutina, Viorel Ungureanu, *Sustainable Design of a Light Steel Structure*, Acta Technica Napocensis: Civil Engineering & Architecture, Volume 61, No. 1 (2018), Published Article
11. 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*, The 5th Edition EENVIRO -Sustainable Solutions for Energy and Environment 2018, Cluj-Napoca, Romania, 9-13 October 2018, Article
12. Ion Murgescu, Lucia-Andreea El-Leathey, Rareș-Andrei Chihaiia, Gabriela Cîrciumaru, *Efficient Energy Use and Storage Practices within Residential Facilities for Compliance with the nZEB Criteria*, The 5th Edition EENVIRO -Sustainable Solutions for Energy and Environment 2018, Cluj-Napoca, Romania, 10-13 October 2018, Article
13. Lucia-Andreea El-Leathey, Rares-Andrei Chihaiia, Ion Murgescu, Gabriela Cîrciumaru, and Adrian Nedelcu, *Analysis of a low-voltage operating microgrid located in a residential area*, the 5th Edition EENVIRO -Sustainable Solutions for Energy and Environment 2018, Cluj-Napoca, Romania, 10-13 October 2018, Article
14. Rareș - Andrei Chihaiia, Lucia-Andreea El-Leathey, Gabriela Cîrciumaru and Nicolae Tănase, *Increasing the energy conversion efficiency for shrouded hydrokinetic turbines using experimental analysis on a scale model* The 5th Edition EENVIRO -Sustainable Solutions for Energy and Environment 2018, Cluj-Napoca, Romania, 10-13 October 2018, Article
15. Lucia-Andreea El-Leathey, *Energy Management System Designed for the Interconnected or Islanded Operation of a Microgrid Using LabVIEW Software* Smart Microgrids, IntechOpen, 2018, ISBN: 978-1-78923-459-6, Book chapter

-
16. Liviu Marşavina, Octavian Pop, Raluca Pepelan, *Mark tracking technique for experimental determination of fracture parameters*, 22th European Conference on Fracture: Loading and Environmental effects on Structural Integrity, Belgrade (Serbia), 26-31 August 2018, Article
 17. Emanoil Linul, Liviu Marşavina, Cristina Vălean, Radu Bănică *Static and dynamic mode I fracture toughness of rigid PUR foams under room and cryogenic temperatures* Dupa recenzie (Article) :
 18. Kováčik Jaroslav, Liviu Marşavina ,Emanoil Linul, *Poisson's Ratio of Closed-Cell Aluminium Foams*, Materials, 2018, Vol. 11, Fascicola 10, ISSN : 1996-1944, Published Article