

UNIVERSITATEA POLITEHNICA TIMIȘOARA
Facultatea de Construcții
Departamentul de Construcții Civile și Instalații

TEZĂ DE ABILITARE

Conf. univ. dr. ing. Adriana TOKAR

Timișoara

-2026-

UNIVERSITATEA POLITEHNICA TIMIȘOARA
Facultatea de Construcții
Departamentul de Construcții Civile și Instalații

TEZĂ DE ABILITARE

Cercetări privind integrarea surselor regenerabile de energie și recuperarea energiei pierdute pentru creșterea eficienței energetice a clădirilor

Domeniul de Doctorat: Inginerie Civilă și Instalații

Conf. Dr. Ing. Adriana TOKAR

Timișoara

-2026-

Cuprins

Rezumat.....	2
Abstract.....	4
1. Prezentare generală a realizărilor profesionale, academice și științifice ale autorului.....	6
1.1. Realizări academice.....	6
1.2. Realizări științifice și de cercetare.....	16
1.2.1. Cercetări privind reducerea consumului de energie și a emisiilor poluante în clădiri social-culturale (de învățământ și administrative) prin integrarea sistemelor fotovoltaice și a pompelor de căldură.....	25
1.2.2. Cercetări privind reducerea consumului de energie și a emisiilor poluante în clădiri industriale prin recuperarea energiei pierdute și eficientizare energetică integrând surse regenerabile de energie.....	80
1.3. Realizări profesionale.....	111
2. Prezentare generală a propunerilor de dezvoltare a carierei profesionale, academice și științifice ale autorului.....	113
2.1. Propuneri de dezvoltare a carierei academice	113
2.2. Propuneri de dezvoltare a carierei științifice și de cercetare.....	116
2.3. Propuneri de dezvoltare a carierei profesionale.....	117
Bibliografie.....	118

Rezumat

Teza de abilitare este structurată pe două părți principale în care sunt prezentate sub aspect profesional, academic și științific, cele mai importante realizări după obținerea titlului de doctor în științe inginerești în data de 27 noiembrie 2009, precum și planul de dezvoltare a carierei didactice și de cercetare în Facultatea de Construcții din cadrul Universității Politehnica Timișoara. Datorită problemelor energetice și a schimbărilor climatice cu care se confruntă omenirea, în ultimii 10 ani, activitatea științifică și de cercetare a fost concentrată în jurul conceptului de eficientizare energetică a instalațiilor care deservește și echipează clădirile, și respectiv al reducerii consumului de energie și emisiilor poluante. Acest concept este privit cu real interes de toate structurile unei societăți și din acest punct de vedere, la nivelul Uniunii Europene (UE) eficiența energetică reprezintă o prioritate strategică fiind stabilite obiective de reducere a consumului și a risipei de energie și implicit a emisiilor poluante, cu ținte și termene clare. Prin urmare, direcțiile de cercetare științifică abordate au gravitat, în ultimii ani, în jurul acestui subiect. Alegerea acestui domeniu de interes nu este o întâmplare, ci se datorează unui cumul de factori dintre care principalii sunt legați de absolvirea specializării "Instalații pentru Construcții" și a programului de master "Energocologie în domeniul termic și al vehiculelor de transport", precum și de implicarea în mai multe proiecte tehnice de integrare a surselor de energie regenerabilă (SRE) în instalațiile care deservește clădirile, materializate în articole științifice și respectiv contracte de cercetare în cadrul cărora am dezvoltat subiecte și instalații pilot care au vizat recuperarea energiei pierdute, reducerea consumului de energie primară și producerea de energie verde, sau care au avut ca rezultat studii privind optimizarea funcționării sistemelor de instalații. Rezultatele obținute în activitatea de cercetare științifică au fost publicate în jurnale și la conferințe internaționale/naționale însumând 167 articole științifice dintre care 95 sunt indexate în baze de date internaționale ISI, SCOPUS, PROQUEST sau EBSCO.

Concomitent cu desfășurarea activităților de cercetare, din anul 2003, am început cariera universitară la Universitatea Politehnica Timișoara, Facultatea de Mecanică, departamentul Mașini Mecanice și Utilaje de Transport, continuând cu anul 2010, la Facultatea de Construcții din cadrul aceleiași universități, la catedra Instalații pentru Construcții unde am ocupat inițial poziția de șef lucrări, iar din anul universitar 2016-2017, ocup poziția de conferențiar universitar. În cadrul activității didactice din anul 2010 și până în prezent am susținut activități de predare curs/aplicații la 13 discipline din domeniul de licență Ingineria Instalațiilor, 1 disciplină la domeniul de licență Arhitectură și Urbanism, 1 disciplină la domeniul de licență Mobilier și Amenajări Interioare, 1 disciplină la domeniul de licență Inginerie Civilă în limba germană, 6 discipline la programele de master Optimizarea și Modernizarea Sistemelor de Instalații și respectiv 1 disciplină la programul Dezvoltare Durabilă și Audit Energetic. De asemenea coordonez activitatea de practică (Practică profesională 1,2 și 3) la programul de master Optimizarea și Modernizarea Sistemelor de Instalații și respectiv practica de domeniu 2 la ciclul licență, specializarea Instalații pentru Construcții. În toată această perioadă am elaborat ca unic autor sau în colective de autori, 4 cărți de specialitate, 2 îndrumătoare de laborator/proiectare și materiale suport de curs și aplicații, în format electronic, la toate disciplinele predate în această perioadă. Permanent am fost preocupată de dotarea și modernizarea laboratoarelor participând activ la dotarea laboratorului Hidraulică și Instalații Sanitare (HIS), a laboratorului Instalații

Electrice (IE), a laboratorului Instalații Termice (IT), a laboratorului de Instalații de ventilare și climatizare (IVC), a laboratorului de sisteme informatice (SI), a laboratorului de tehnologie și montajul instalațiilor (TMI) și a laboratorului de Automatizarea instalațiilor (AI), dintre care ultimele două sunt în curs de amenajare. Continuarea direcțiilor de cercetare și dezvoltarea carierei, sub aspect științific, profesional și academic va urmări conjunctura energetică actuală cu accent pe integrarea SRE și utilizarea eficientă a acestora, reducerea consumurilor energetice și a risipei de energie precum și pe creșterea responsabilității față de mediu prin reducerea emisiilor poluante și recuperarea, reciclarea și reutilizarea deșeurilor rezultate ca urmare a funcționării instalațiilor sau a dezafectării componentelor sistemelor de instalații. În acest sens, voi aplica la competițiile internaționale și naționale din cadrul Planului Național de Cercetare, Dezvoltare, Inovare în calitate de director de proiect sau în echipe de cercetare pentru atragerea de fonduri necesare dezvoltării infrastructurii de cercetare a laboratorului de cercetare "Centrul de Cercetări în Instalații pentru Construcții - CCIC", dar și a laboratoarelor didactice. Rezultatele pe care le voi obține vor face, pe de o parte subiectul unor articole științifice pe care îmi propun fie, să le public în jurnale naționale și internaționale relevante pentru domeniul ingineria instalațiilor, fie să le prezint în cadrul unor conferințe/congrese naționale/internaționale la care voi participa, iar pe de altă parte aceste rezultate vor îmbunătăți materiale didactice ale cursurilor pe care le predau și vor constitui bază de cercetare pentru viitoarele teme de cercetare ale tinerilor doctoranzi. Totodată, voi continua colaborarea cu mediul economic care activează în domeniul instalațiilor, din țară/străinătate, prin participare la schimburi de experiență și diseminare de rezultate prin workshop-uri. Un obiectiv principal propus pentru activitatea de cercetare viitoare este acela de a atrage studenți doctoranzi în granturi de cercetare cu teme pe direcțiile de cercetare ale acestora astfel încât să se asigure infrastructura necesară finalizării tezelor de doctorat. Temele de cercetare vor aborda subiecte cu privire la eficientizarea energetică a clădirilor prin sistemele de instalații, integrarea surselor de energie regenerabilă în sistemele de instalații, reducerea consumurilor de energie în mediul construit, producerea și stocarea energiei din surse regenerabile de energie, studii privind optimizarea funcțională a sistemelor de alimentare cu apă a localităților, a rețelelor de alimentare cu energie termică sau electrică, protejarea resurselor naturale și în general protejarea mediului ambiant.

În concluzie, direcția prioritară de dezvoltare a activității științifice și de cercetare este aceea de a coagula o echipă de cercetare interdisciplinară și multidisciplinară în domeniul complex al construcțiilor care să permită participarea la programe de cercetare, dezvoltare și inovare care se vor derula la nivel european sau mondial. Astfel, se pot deschide direcții noi de cercetare, de actualitate, care să abordeze sisteme hibride de producere a energiei utile din combinarea resurselor regenerabile (prin mixarea surselor regenerabile), și anume: energie electrică și termică, energie mecanică din abur, energie chimică sub formă de hidrogen, etc.

În încheiere doresc să le mulțumesc tuturor celor care au avut încredere în mine și celor care m-au ajutat și m-au încurajat în mod direct sau indirect în finalizarea tezei de abilitare.

Abstract

The habilitation thesis is structured in two main parts. In the first part regards the most important achievements (obtained after being awarded the title of doctor in engineering sciences, on November 27, 2009) are presented from a professional, academic, and scientific point of view. The second part describes the teaching and research career development plan in the Faculty of Construction within the Politehnica University of Timisoara. Due to the energy and climate change issues that humanity faced in the last 10 years, the scientific and research activity has been focused around the concept of energy efficiency of the facilities that serve and equip buildings, and respectively the reduction of energy consumption and pollutant emissions. This concept is viewed with real interest by all structures of society and from this point of view, at the level of the European Union (EU), energy efficiency is a strategic priority, with objectives for reducing consumption and energy waste and implicitly of pollutant emissions with clear targets and deadlines. Therefore, the directions of scientific research addressed have, in recent years, gravitated around this topic. The choice of this field of interest is not a coincidence, but is due to a number of factors, the main ones being related to the graduation of the "Building Services" majored and the "Energy-Ecology in the field of thermal and transport vehicles" master's program, as well as the involvement in several technical projects for the integration of renewable energy sources (RES) in installations serving buildings concretized in scientific articles and respectively in research contracts in which we developed topics and pilot installations aimed at the recovery of lost energy, the reduction of energy consumption primary and green energy production or that resulted in studies on optimizing the operation of systems installations for buildings. The results obtained in the scientific research activity were published in journals and at national/international conferences totaling 167 scientific articles, 95 of which are indexed in international databases such as ISI, SCOPUS, PROQUEST or EBSCO.

Simultaneously with the research activities, since 2003, I started my university career at the Politehnica University of Timisoara, Faculty of Mechanics, Department of Mechanical Machines and Transport Equipment, that continued from 2010, at the Faculty of Construction within the same university, at the Department of Building Services where I initially held the position of Lecturer, and from the academic year 2016-2017, I hold the position of Associated Professor. In the teaching activity from 2010 until now, I have been teaching courses/applications in 13 subjects from the Bachelor's field of Building Services Engineering, one subject from the Bachelor's field of Architecture and Urban Planning, one subject from the Bachelor's field of Furniture and Interior Design, one subject in the Bachelor's field of Civil Engineering in German, six subjects in the Master's programs Optimizing and Modernizing Installation Systems and respectively one subject in the Sustainable Development and Energy Audit program. I also coordinate the practice activity (Professional Practice 1,2 and 3) at the Master's program Optimizing and Modernizing Installation Systems and respectively speciality practice 2 at the Bachelor's cycle, specializing in Building Services. During this entire period, I developed as a sole author or in collaboration with others, three books, 2 laboratory/design guides and course support materials and applications, in electronic format, for all subjects taught during this period.

I was constantly preoccupied with modernizing the laboratories, actively participating in the equipping of the Hydraulics and Plumbing Installations (HPI) laboratory, the Electrical

Installations (EI) laboratory, the Thermal Installations (TI) laboratory, the Ventilation and Air-conditioning Installations (HVAC) laboratory, of the IT Systems Laboratory (ITS), the Technology and Installation Mounting Laboratory (TIM) and the Building Automation and Control Systems Laboratory (BACS), the last two of which are currently being set up. The continuation of research directions and career development, from a scientific, professional and academic point of view, will follow the current energy situation with an emphasis on the integration of RSE and their efficient use, the reduction of energy consumption and energy waste, as well as the increase of responsibility towards the environment by reducing emissions pollutants and the recovery, recycling and reuse of waste resulting from the operation of facilities or the decommissioning of components of facility systems. In this sense, I will apply to the international and national competitions within the National Plan for Research, Development, Innovation as a project director or in research teams to attract funds necessary for the development of the research infrastructure of the research laboratory " Research Centre for Building Services - CCIC", but also of didactic laboratories. The results that I will obtain will be, first of all, the subject of scientific articles that I propose either to publish in national and international journals relevant to the field of building services engineering, or to present them at national/international conferences/congresses in which I will participate, and on the other hand these results will improve the didactic materials of the courses I teach and will constitute a research base for future research topics for young PhD students. At the same time, I will continue to collaborate with national and international economic agents that are active in the field of building services engineering, participating in exchange programs and workshops for results' dissemination. A main objective proposed for future research activity is to attract PhD students in research grants with themes in their research directions so as to ensure the necessary infrastructure for the completion of their PhD theses. The research topics will address subjects regarding energy efficiency of buildings through installation systems, the integration of renewable energy sources in installation systems, the reduction of energy consumption in the built areas, the production and storage of energy from renewable energy sources, studies on the optimization of the water supply systems, district heating or electrical energy supply networks, protecting natural resources and generally protecting the environment.

In conclusion, the priority direction for the development of scientific and research activity is to form an interdisciplinary and multidisciplinary research team in the complex field of constructions that will allow participation in research, development and innovation programs that will take place at European level. Thus, new directions of current research can be opened, which address hybrid systems of production of useful energy from the combination of renewable resources (by mixing renewable sources), namely: electrical and thermal energy, mechanical energy from steam, chemical energy under the form of hydrogen, etc.

The habilitation thesis ends with a bibliography that summarizes both bibliographic references from the specialized literature and my own publications that were the basis of this paper.

1. Prezentarea generală a realizărilor profesionale, academice și științifice ale autorului

1.1. Realizări academice

În anul 2009 am susținut teza de doctorat cu titlul „*Cercetări privind interacțiunea dintre automobilul echipat cu m.a.i. și mediu*”, [1]. În perioada stagiului de doctorat, am fost coordonată de prof. dr.ing. Virgiliu Negrea și de dl. dr.ing. Dănilă Iorga. A fost una dintre primele teze de doctorat care a investigat efectele poluării mediului generat de traficul rutier în condiții reale de rulare. Rezultatele obținute au condus la câteva concluzii clare privind gestionarea condițiilor de circulație rutieră în scopul diminuării emisiilor poluante și a efectelor pe care acestea le au asupra mediului (smog). Aceste cercetări au pus baza interesului pentru ecologie (protecția mediului înconjurător), în general, și asupra reducerii emisiilor poluante în mod special.

Prin urmare, mi-am început cariera didactică universitară la Facultatea de Mecanică din cadrul Universității Politehnica Timișoara la departamentul Mașini Mecanice, Utilaje și Transporturi (MMUT), Catedra de Termotehnică, Mașini Termice și Autovehicule Rutiere (TMTAR), încă din 2003 ca și doctorand cu frecvență, iar după susținerea tezei de doctorat am continuat activitatea didactică, în cadrul aceluiași departament, în calitate de asistent universitar asociat până în anul 2010.

Astfel, în această perioadă am desfășurat activități didactice de predare (seminar, proiect și laborator) la următoarele discipline:

- Termotehnică și Mașini Termice;
- Calculul și construcția motoarelor cu ardere internă;
- Motoare pentru autovehicule;
- Procese și caracteristici în motoare termice;
- Dinamica autovehiculelor I și II;
- Automobilul și mediul;
- Diagnosticarea și încercarea autovehiculelor;
- Combustibili și lubrifianți.

Începând din anul universitar 2010-2011 am ocupat prin concurs postul de șef de lucrări la Facultatea de Construcții, la catedra Instalații pentru Construcții (ICT), și ulterior în anul universitar 2016-2017 am promovat pe poziția de conferențiar universitar, fiind practic principalele realizări după obținerea titlului de doctor inginer în domeniul științe ingineresti. Trecerea de la departamentul MMUT la catedra de Instalații pentru Construcții a fost posibilă și îndreptățită, atât de absolvirea în 2006 a specializării ICT, cât de sinergia celor două domenii din punct de vedere didactic și de cercetare. Cele două domenii se completează pe mai multe direcții didactice și de cercetare.

Așadar, începând din primul semestru al anului universitar 2010-2011 și până în prezent, în calitate de cadru didactic, am activat la Facultatea de Construcții, catedra Instalații pentru Construcții și ulterior la departamentul Construcții Civile și Instalații, unde am predat disciplinele:

- *Sisteme de alimentare cu gaze naturale* - curs, anul III specializarea Instalații pentru Construcții, Facultatea de Construcții;

- *Instalații sanitare 1 și 2* – curs, anul III specializarea Instalații pentru Construcții, Facultatea de Construcții;
- *Instalații sanitare și de gaze 1 și 2* - curs și proiect, anul III specializarea Instalații pentru Construcții, Facultatea de Construcții;
- *Instalații în construcții* - proiect, anul III specializarea Mobilier și Amenajări Interioare, Facultatea de Arhitectură și Urbanism;
- *Instalații hidroedilitare* - curs și proiect, anul III specializarea Instalații pentru Construcții, Facultatea de Construcții;
- *Edilitare* - curs, anul III specializarea Arhitectură, Facultatea de Arhitectură și Urbanism;
- *Asigurarea Calității în instalații* - curs, și seminar, anul IV specializarea Instalații pentru Construcții, Facultatea de Construcții;
- *Alimentări cu energie electrică* - curs, anul IV specializarea Instalații pentru Construcții, Facultatea de Construcții;
- *Metode și mijloace de stocare a energiei* - curs, anul IV specializarea Instalații pentru Construcții, Facultatea de Construcții;
- *Instalații electrice 1* - curs, anul III specializarea Instalații pentru Construcții, Facultatea de Construcții;
- *Ökologie und Umweltschutz (Ingineria mediului)* - curs, anul III specializarea Inginerie Civilă în limba germană, Facultatea de Construcții;
- *Mașini hidraulice* - curs, anul II și III specializarea Instalații pentru Construcții, Facultatea de Construcții;
- *Măsurări în instalații*- curs, anul II și III specializarea Instalații pentru Construcții, Facultatea de Construcții;
- *Hidraulică 1* - curs, anul II specializarea Instalații pentru Construcții, Facultatea de Construcții;
- *Informatică aplicată 2* - curs, anul II specializarea Instalații pentru Construcții, Facultatea de Construcții;
- *Evaluarea consumurilor energetice a instalațiilor de ventilație și climatizare și surse regenerabile de energie pentru clădiri*- curs, anul I Master specializarea Dezvoltare Durabilă: Auditul Energetic și Securitate la Incendiu a Clădirilor, Facultatea de Construcții;
- *Evaluarea consumurilor energetice la încălzire, preparare a apei calde de consum și iluminat interior* - curs, anul I Master specializarea Dezvoltare Durabilă: Auditul Energetic și Securitate la Incendiu a Clădirilor, Facultatea de Construcții;
- *Optimizarea sistemelor de încălzire 2* -- curs și laborator, anul I Master, specializarea Optimizarea și Modernizarea Sistemelor de Instalații, Facultatea de Construcții;
- *Instalații pentru stingerea incendiilor* - curs, anul I Master specializarea Optimizarea și Modernizarea Sistemelor de Instalații, Facultatea de Construcții;
- *Optimizarea sistemelor de distribuție a apei 1 și 2* - curs, anul I și II Master specializarea Optimizarea și Modernizarea Sistemelor de Instalații, Facultatea de Construcții;

- *Sisteme de utilizare a energiei electrice*- curs și lucrări, anul II Master specializarea Optimizarea și Modernizarea Sistemelor de Instalații, Facultatea de Construcții;
- *Sisteme moderne de iluminat* - curs, anul II Master specializarea Optimizarea și Modernizarea Sistemelor de Instalații, Facultatea de Construcții;
- *Practică profesională 1, 2 și 3* - specializarea Optimizarea și Modernizarea Sistemelor de Instalații, Facultatea de Construcții;
- *Practică de domeniu 2* - anul I specializarea Instalații pentru Construcții, Facultatea de Construcții.

Începând din anul 2009 am elaborat, în calitate de autor, o serie de cărți și capitole de cărți de specialitate, precum și îndrumătoare de lucrări practice:

- Sârbu Ioan, Tokar Adriana, *Water Distribution Systems. Numerical Modelling and Optimisation*, Collection Building Services, Editura „Politehnica” Timișoara, 2018, 309 pag., I.S.B.N. 978-606-35-0207-1 [2];
- Tokar Adriana, *Instalații sanitare și de gaze. Partea I*, Editura “Politehnica” Timișoara, 2016, 333 pag, I.S.B.N. 978-606-35-0087-9 , I.S.B.N. 978-606-35-0086-2 [3];
- Tokar Adriana, Negoîtescu Arina, *Termotehnică. Aplicații*, Editura „Mirton” Timișoara, 2009, 146 pag., I.S.B.N. 978-973-52-0711-3 [4];
- Tokar Adriana, Tokar Dănuț, *Instalații de alimentare cu gaze naturale combustibile a consumatorilor din clădiri. Ghid de proiectare*, Editura Politehnica, Timișoara, 2016, 156 pag., ISBN 978-606-35-0088-6 [5];
- Tokar Adriana, Mihon Liviu, Ostoia Daniel, *Dinamica autovehiculelor. Lucrări de laborator*, Editura Mirton, Timișoara, 2009, 108 pag., ISBN 978-973-52-0712-0 [6];
- Ostoia Daniel, Negoîtescu Arina, Tokar Adriana, *The Wearing out Compesation of Diesel Engines Combustion Chambers*, DAAAM International Scientific Book 2009, Vol. 8, Chapter 16, ISSN 1726-9687, ISBN: 978-3-902734-69-8 [7]

Cărțile sunt disponibile atât în Biblioteca UPT și în biblioteca proprie a departamentului, cât și la alte biblioteci universitare din țară.

De asemenea, pentru a veni în sprijinul studenților am elaborat suport didactic, în format electronic, care este disponibil pe platforma Campus Virtual al UPT, pentru toate disciplinele pe care le predau.

Pentru a mă familiariza cu tehnologiile moderne de predare în blended-learning, în anul universitar 2012-2013 am participat în grupul țintă al proiectului POSDRU/86/1.3/S/60891 - “Școala universitară de formare inițială și continuă a personalului didactic și a trainerilor din domeniul specializărilor tehnice și ingineresti – DidaTec”. Proiectul a avut ca scop instruirea cadrelor didactice active în domeniul educației pentru asigurarea unui învățământ tehnic superior de calitate în concordanță cu cerințele mediului economic. Ca urmare a participării la acest proiect am acumulat cunoștințe și deprinderi practice legate de tehnicile interactive de predare-învățare și respectiv utilizarea TIC, care mi-au permis să elaborez și să integrez pe platforma on-line a UPT (Campus Virtual) materiale în format electronic pentru disciplina “Asigurarea calității în

instalații”, curs care l-am predat, până atunci, prin metoda tradițională. De asemenea, participarea la acest proiect mi-a fost utilă în perioada pandemică, perioadă în care a fost necesară trecerea la tehnicile de predare în mediul on-line, motiv pentru care materiale în format electronic pentru toate disciplinele pe care le predau, în prezent, sunt disponibile pe platforma Campus Virtual a UPT.

Tot pentru a veni în sprijinul studenților și pentru a le deschide orizonturi complementare cu pregătirea didactică de specialitate am participat ca membru în echipa de implementare la proiectele:

- POCU/379/6/21/123900, Asigură-ți Viitorul prin Educație și Antreprenoriat – AVEA, Programul Operațional Capital Uman 2014-2020, Axa prioritară 6 ”Educație Și Competențe”, Prioritatea de investiții 10.ii. Îmbunătățirea calității și eficienței și accesul la învățământul terțiar și a celui echivalent în vederea creșterii participării și a nivelului de educație, în special pentru grupurile defavorizate, valoare: 3.146.252,7 lei.
- POSDRU/189/2.1/G/156607, 2015 - Proiect POSDRU - Parteneriat dezvoltat pentru CONSilierea și PRACTica Studenților în vederea creșterii angajabilității lor- CONPRACTIS/POSDRU/2.1, Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013, valoare: 1.011.635,70 lei;

În calitate de Cadru Didactic Supvizor, în cadrul proiectului CONPRACT am avut ca și sarcini principale: pregătirea și desfășurarea stagiului de practică pentru studenții anului III și IV ai specializării ICT și respectiv selectarea și menținerea colaborării cu partenerii de practică din domeniul instalațiilor unde studenții și-au desfășurat stagiul de practică. Totodată am participat la activitățile de organizare de conferințe și evenimente pentru promovarea proiectului și la activitățile de consiliere și îndrumare a studenților în completarea documentelor pe durata desfășurării stagiului de practică.

În cadrul proiectului AVEA am participat activ la toate activitățile proiectului și am făcut parte din grupul de personal didactic proiectare și predare activități studenți în cadrul căreia am predat cursul de Bazele Antreprenoriatului la studenții facultății de Construcții din Timișoara.

Începând din anul 2012 am condus în calitate de coordonator științific un număr de 82 lucrări de licență. În general, lucrările de licență au abordat proiectarea diferitelor tipuri de instalații (sanitare, termice, ventilare/climatizare, electrice) pentru o varietate de clădiri (de tip duplex, colective de locuit, hoteluri, pensiuni, școli, etc) cu complexități diferite, în cadrul cărora am încurajat studenții să abordeze integrarea surselor de energie regenerabilă. Prin urmare, în multe dintre proiectele lor prepararea apei calde menajere și aport pentru încălzirea spațiilor s-a făcut cu integrarea panourilor solare termice, s-au proiectat sisteme de încălzire de joasă temperatură care folosesc ca și sursă termică pompele de căldură și s-au integrat panouri fotovoltaice pentru producerea de energie electrică. Pe de altă parte, începând din anul 2015 și până în prezent am coordonat un număr de 77 lucrări de disertație, lucrări în care au fost tratate o gamă largă de subiecte din domeniul optimizării și modernizării sistemelor de instalații care au pornit de la studii comparative între sisteme existente și respectiv sisteme modernizate prin integrarea de echipamente și soluții noi, și până la studii complexe cu elemente de cercetare care au făcut referire la subiecte ca: influența factorilor de mediu asupra producției de energie electrică a

panourilor fotovoltaice, reducerea consumului de energie în clădiri, protejarea surselor de apă, protejarea mediului, etc. În cadrul acestor lucrări au fost abordate pe lângă clădirile din sectorul rezidențial și administrativ și clădiri industriale, clădiri care sunt mari consumatoare de energie. Multe dintre rezultatele obținute în cadrul lucrărilor de disertație au fost prezentate sau publicate în cadrul conferințelor naționale/internaționale sau în reviste de specialitate. Implicarea studenților masteranzi în publicarea rezultatelor obținute a avut ca rezultat atragerea unora dintre aceștia la ciclul de doctorat, fiind astăzi înscriși ca doctoranzi la domeniul inginerie civilă.

Activitatea de îndrumare și sprijinire a doctoranzilor care își desfășoară stagiul de doctorat pe domeniul inginerie civilă am început-o în anul 2015, ca membru în comisiile de îndrumare pentru 12 doctoranzi coordonați de prof.univ.dr.ing. Adrian RETEZAN, prof.univ.dr.ing. Ioan SÂRBU, prof.univ.dr.ing. Ioan BORZA și prof.univ.dr.ing. Daniel DAN, prof.univ.dr.ing. Valeriu STOIAN.

Tezele de doctorat la care am făcut parte din comisiile de îndrumare au următoarele titluri:

- Considerații privind managementul apelor meteorice din centrele populate (Vergina POPESCU);
- Optimizarea eficienței costurilor de exploatare și cost ciclu de viață a sistemelor de distribuție agent termic în clădiri civile și industriale (Zoltan GEYER EHRENBURG SZILVESTZER);
- Managementul activității de mentenanță a instalațiilor electrice din clădiri (Lucian Mihai CRIȘAN);
- Sisteme de iluminat public modern și eficiente energetic, utilizând sisteme de telemanagement și telegesiune în vederea elaborării unei metode de optimizare a strategiei de mentenanță (Daniel BREBENARIU);
- Contribuții privind optimizarea energetică a rețelelor de distribuție a apei potabile (Ionuț Vasile NICORAȘ);
- Cercetarea și impactul extensiunii utilizării energiilor regenerabile în localități urbane (Tomel BRAU);
- Studii și cercetări privind optimizarea funcțional-energetică a sistemelor termice și îmbunătățirea confortului din clădiri utilizând pompa de căldură cuplată la sol în combinație cu energia solară (Ionuț MATEI-BOBI);
- Energii neconvenționale și protecția mediului, obiective ale instalațiilor pentru construcții (Nicoleta Elena SUCIU (CAS. KABA));
- Optimizarea sistemelor de încălzire urbană în scopul măririi eficienței economico-energetice și al asigurării protecției mediului (Daniel Benjamin MUNTEAN);
- Contribuții privind sistemele sustenabile de distribuție și utilizare a gazelor naturale combustibile (Diana-Laura MERTĂN).
- Determinarea caracteristicilor termice a închiderilor vitrate și impactul acestora asupra performanțelor energetice ale clădirilor (Alexandru Florin PITROACĂ)
- Studiul performanțelor energetice a locuințelor colective în regim nestaționar (Mircea Răzvan MEREA)

Tot în scop didactic, permanent am fost preocupată de dotarea și modernizarea laboratoarelor. În acest scop, în 2020 am aplicat la programul de Granturi pentru modernizarea laboratoarelor didactice din UPT și am dotat laboratorul de Instalații Electrice (IE) al specializării ICT cu stand MI3399 Application Trainer Set Modules. Elementele electrice integrate permit testarea și analiza calității energiei electrice a instalațiilor electrice aferente clădirilor, a sistemelor de iluminat, a sistemelor de legare la pământ, a sistemelor fotovoltaice, a aparatelor de protecție și comutație (siguranțe, automate, disjunctoare, întrerupătoare magneto-termice), a mașinilor electrice și a tablourilor electrice.

Standul are în componență module pentru:

- testarea instalațiilor electrice;
- testarea sistemelor de împământare;
- testarea sistemelor de protecție împotriva supratensiunilor atmosferice;
- testarea instalațiilor electrice speciale;
- testarea sistemelor fotovoltaice;

MI3399 Application Trainer Set Modules permite efectuarea a peste 65 de măsurători diferite (tensiune, curent, putere, rezistența izolației, continuitatea conductoarelor, impedanța, impedanța în buclă, suprasarcină, curent de scurtcircuit, protecția împotriva supratensiunilor, rotația fazelor, frecvență, parametri de calitate a energiei electrice, etc.) în conformitate cu IEC 61557 și IEC 60364-6 și permite simularea a 30 de defecte posibile în instalații electrice, astfel că studenții beneficiază de cea mai bună pregătire în domeniu.

De asemenea, am atras sume importante și echipamente din sponsorizări pe care le-am utilizat pentru înființarea de noi laboratoare și respectiv pentru dotarea celor existente ale specializării, dintre care:

- Stand didactic explicativ-instalații de stingere a incendiilor cu sprinklere și drencere (laborator HIS);
- Stand didactic explicativ – instalații de detectare și alarmare la incendiu (laborator IE);
- Stand explicativ Pompă de căldură (laborator IT);
- Stație de încărcare i-Charge Cion Tip 2-11-12 kW (laborator IE);
- Echipament de tip recuperator de căldură MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES SAF150E7 (Laborator IVC);
- Stand experimental pentru determinarea pierderilor de presiune prin conducte și a dilatărilor conductelor din diferite materiale (metalice și plastice) (laborator HIS);
- 17 licențe ExpertKit Out (Laborator SI);
- Standuri didactice pentru montarea/demontarea instalațiilor de alimentare cu apă și a instalațiilor de utilizare gaze naturale combustibile (laborator HIS);
- 20 licențe Hydrovisual AquaCAD 2022, Hydrovisual DrainCAD 2022 și Hydrovisual GasCAD (Laborator SI);
- Banc hidraulic (laborator HIS);
- Stand pentru demonstrarea teoremei lui Bernoulli (Laborator HIS);
- Balanță pentru studiul tensiunii superficiale (Laborator HIS);
- Stand pentru determinarea greutateii specifice a fluidelor (Laborator HIS);
- Stand pentru studiul hidrostaticii și a proprietăților fluidelor (laborator HIS);

- 23 licențe ExpertKit - InstalSystem V5 (Laborator SI);
- Pompă de căldură aer-apă -încălzire -răcire-reversibilă-11kW (Laborator TMI – în curs de amenajare);
- Invertor on grid hibrid-off grid 3kW (Laborator IExp – în curs de amenajare);
- Invertor on grid hibrid-off grid 5kW (Laborator IExp – în curs de amenajare)
- Pompă de căldură aer-apă -încălzire -răcire-reversibilă-12kW (Laborator IExp – în curs de amenajare);
- Grup pompare (Laborator IExp – în curs de amenajare);
- Pachet solar Votosol (Panou solar+Boiler+Grup pompare+Jaluzele umbrire) (Laborator IExp – în curs de amenajare);
- Pompă submersibilă DAB (Laborator TMI – în curs de amenajare);
- Panou radiant DELEX (Laborator IExp – în curs de amenajare);
- Truse scule pentru instalatori (Laborator TMI – în curs de amenajare);
- KIT Smart Programare (Laborator AI – în curs de amenajare);
- Geantă demonstrativă sistem Smart-Home (Laborator AI – în curs de amenajare);
- Uponor Smart Distribuitor (Laborator TMI – în curs de amenajare);
- Modul relee (Laborator AI – în curs de amenajare);
- Modul senzori (Laborator AI – în curs de amenajare);
- Server BMS (Laborator AI – în curs de amenajare);
- Stand variator de turație (Laborator IE);
- Baterie compensare energie reactivă (Laborator IE);
- Videoproiector (Laborator IVC);
- Aparat de climatizare (Laborator SI).

Începând din anul 2016 am făcut parte din comitetul științific și de organizare al conferinței cu participare internațională "Building Services and Ambient Comfort" (Instalații pentru construcții și confortul ambiental), organizată anual la Timișoara. În cadrul acestei conferințe m-am ocupat atât de organizarea evenimentului cât și de elaborarea volumului conferinței, iar din anul 2019 sunt și editor al acestui volum de lucrări.

Începând din anul 2019, la fiecare ediție sunt moderator la diverse secțiuni împreună cu colegi din țară sau străinătate.

Începând din 2021 fac parte din comitetul editorial al revistei Ingineria Instalațiilor.

Activitatea mea de recenzor a început o dată cu obținerea titlului de doctor (în anul 2009) și a continuat până în prezent, perioadă în care am recenzat articole științifice pentru o serie de reviste internaționale și conferințe internaționale/naționale, indexate în Web of Science și BDI, după cum urmează:

- 2009:
 - 5th International Vilnius Conference, EURO-MINI Conference "Knowledge-Based technologies and OR Methodologies for Strategic Decisions of Sustainable Development" (KORS-D-2009), September 30-October 3, 2009.
- 2010:
 - Journal of Civil Engineering and Management.

- 2011:
 - Journal of Engineering and Technology Research.
- 2013:
 - International Scholars Journals;
 - Advancement in Scientific and Engineering Research.
- 2015:
 - Journal of Environmental Science and Water Resources.
- 2016:
 - Building Services and Ambient Comfort, 14 – 15 April, 2016 în Timișoara, România.
- 2017:
 - The Second International Conference on Energy Engineering and Environmental Protection will be held on November 20-22, 2017 în Sanya, China;
 - Building Services and Ambient Comfort, 6 – 7 April, 2017 în Timișoara, România
 - Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal.
- 2018:
 - Building Services and Ambient Comfort, 22 – 23 Martie, 2018 în Timișoara, România.
 - Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal.
- 2019:
 - Building Services and Ambient Comfort, 12 Aprilie, 2019 în Timișoara, România.
- 2020:
 - Second International Virtual Conference On Multidisciplinary Research 2020, Walnut, USA;
 - Building Services and Ambient Comfort, 2 – 3 Aprilie, 2020 în Timișoara, România.
 - Energies;
 - Processes.
- 2021:
 - Sustainability;
 - Energies;
 - Materials.
- 2022:
 - The 5th International Workshop on Environment and Geoscience, July 16-18, 2022, Qingdao, China;
 - Building Services and Ambient Comfort, 28 Aprilie, 2022 în Timișoara, România.
 - Buildings;
 - Sustainability;
 - Energies;
 - Atmosphere.
- 2023:
 - International Conference on Management, Tourism and Technologie, 4-6 May, Bogotá, Colombia;
 - Building Services and Ambient Comfort, 4 – 5 May, 2023 în Timișoara, România.

- Sustainability;
- Energies;
- Batteries;
- Processes;
- Buildings;
- Frontiers;
- Designs.
- 2024:
 - Energies;
 - Electronics;
 - Buildings;
 - Sustainability;
 - Processes;
 - Applied Sciences;
 - 2nd International Conference on Chemical, Energy Science and Environmental (CESEE), June 21-23, 2024, Rome, Italy.
 - Building Services and Ambient Comfort, 10 – 11 April, 2024 în Timișoara, România.
- 2025:
 - Energies;
 - Crystals;
 - Frontiers;
 - Sustainability;
 - Processes;
 - Applied Sciences;
 - Sensors;
 - Building Services and Ambient Comfort, 8 – 9 May, 2025 în Timișoara, România.
- 2026:
 - Energies;
 - Eng;
 - Buildings;
 - Sustainability;
 - Materials;
 - Processes;
 - Frontiers;
 - Scientific Reports;
 - Building Services and Ambient Comfort, 17 April, 2026 în Timișoara, România.

În anul 2023, în cadrul celei de-a 32-a ediție a conferinței anuale, cu participare internațională, "Building Services and Ambient Comfort" am lansat, în calitate de organizator, prima ediție a concursului internațional studentesc "Building Services and Ambient Comfort (BSAC)" la care au participat studenți și elevi din țară și străinătate.

De asemenea, în cadrul activității desfășurate la Facultatea de Construcții, am fost implicată în calitate de coordonator în procesul de acreditare pentru specializările programelor de studii gestionate de colectivul de instalații:

- 2022 - Instalații pentru Construcții, program de studii de licență.
- 2015 - Optimizarea și Modernizarea Sistemelor de Instalații, program de studii de masterat.
- 2024 - Optimizarea și Modernizarea Sistemelor de Instalații, program de studii de masterat.

În cadrul acestor activități am coordonat întreaga activitate și am fost responsabil pentru elaborarea raportului la programul de licență ” Instalații pentru Construcții” și am colaborat pentru elaborarea raportului aferent programului de masterat ” Optimizarea și Modernizarea Sistemelor de Instalații”.

Ca rezultat al întregii activități didactice desfășurate în cadrul specializării ICT, din anul universitar 2017-2018 am fost aleasă să conduc colectivul de cadre didactice al acestei specializări în calitate de coordonator și de responsabil al domeniului Ingineria Instalațiilor care este integrat în Departamentul de Construcții Civile și Instalații (CCI) din cadrul Facultății de Construcții din Timișoara.

Începând din anul 2018 sunt președintele Bordului specializării ICT și al Bordului programului de master OMSI. Tot din anul universitar 2018-2019, fac parte din Consiliul Departamentului CCI, Biroul Consiliului Departamentului (BCCI) și din Consiliul Facultății, iar din 2022 până în prezent fac parte din Comisiile Consiliului Facultății: Marketing Educațional, Strategii și Politici, Curriculum-uri și Syllabus-uri și respectiv Problemele Studenților. Din anul 2020 sunt și membru al Senatului UPT, pentru legislaturile 2020-2024 și 2025-2029, și fac parte și din biroul consiliului facultății de Construcții (BFC). De asemenea, din anul 2020-prezent, sunt membru al comisiilor de specialitate ale Senatului UPT: Comisia pentru Resurse Umane și Comisia pentru Infrastructură și Resurse Materiale.

Din anul 2018-prezent sunt membru în Comisiile de Licență și Disertație ale programului de studii Instalații pentru Construcții și respectiv ale programului de master Optimizarea și Modernizarea Sistemelor de Instalații. De asemenea, tot din acest an, sunt membru în Comisia de admitere la programul de master Optimizarea și Modernizarea Sistemelor de Instalații. Începând cu anul 2024 sunt președinte al comisiilor de Licență pentru programul de studii Instalații pentru Construcții și de Disertație pentru programul de master Optimizarea și Modernizarea Sistemelor de Instalații și fac parte din comisia de Disertație la programul de master Dezvoltare durabilă: auditul energetic și securitate la incendiu a clădirilor.

De-a lungul timpului, am fost președinte sau membru în comisii de concurs pentru ocuparea unor posturi didactice auxiliare-Secretar Departament sau posturi didactice: Asistent, Șef Lucrări și Conferențiar.

Începând din anul 2020 sunt responsabil al laboratorului: Hidraulică și Instalații Sanitare al specializării Instalații pentru Construcții.

În calitate de responsabil cu Practica Profesională, începând cu anul universitar 2020-2021 coordonez activitatea de practică a studenților masteranzi de la programul de master Optimizarea și Modernizarea Sistemelor de Instalații, iar începând cu anul universitar 2022-2023

mă ocup de coordonarea Practicii de Domeniu 2 a studenților specializării Instalații pentru Construcții din anul I-licență.

Nu în ultimul rând, menționez activitatea de tutorie și respectiv decan de an pentru grupele de studenți de la programele de studii Instalații pentru Construcții și Optimizarea și Modernizarea Sistemelor de Instalații, responsabilități pe care le-am îndeplinit în fiecare an universitar.

1.2. Realizări științifice și de cercetare

De-a lungul timpului domeniile științifice abordate au coincis cu activitatea didactică desfășurată, astfel că până în anul 2010 majoritatea cercetărilor s-au axat pe cercetări în domeniul poluării mediului, iar după 2010 atenția mea s-a îndreptat spre cercetări privind limitarea poluării prin abordarea de soluții și sisteme eficiente energetic. Cercetările și realizările științifice din ambele perioade se încadrează în sfera științelor ingineresti.

În întreaga activitate de cercetare științifică am publicat un număr de 189 articole științifice în jurnale internaționale/naționale și la conferințe internaționale/naționale dintre care 23 sunt indexate în baze de date internaționale ISI, iar 90 în baze de date internaționale SCOPUS, PROQUEST sau EBSCO.

Prin urmare teza de abilitare prezintă o sinteză a principalelor rezultate științifice obținute, cu accent pe următoarele direcții interdisciplinare de cercetare:

- reducerea consumurilor de energie în clădiri civile și a emisiilor poluante prin eficientizarea și modernizarea sistemelor de instalații;
- producerea energiei din surse regenerabile, tehnologii alternative de conversie și stocare a energiei;
- eficientizarea funcțională și energetică a sistemelor de alimentare cu apă caldă și caldură.
- eficientizarea energetică a sistemelor de instalații din clădiri industriale prin abordarea sistemelor hibride pentru aplicații staționare, în scopul reducerii consumului de energie și a emisiilor poluante;

Activitatea de cercetare științifică mi-am desfășurat-o prin implicarea, în calitate de director de proiect sau membru în echipe de cercetare, în numeroase granturi de cercetare-dezvoltare-inovare-consultanță-expertizare științifică și respectiv contracte cu parteneri industriali, astfel:

- **Director de proiect:**
 - **Nr. Grant RORS00340 - Interreg IPA Romania – Serbia Programme Priority: 1 - Environmental protection and risk management, Project title: Greener and smarter Romanian Serbian Border Crossing points, valoare: 3.913.752,52 Euro.**
 - Contract de cercetare BC34/23.05.2024, Activitate de cercetare și consultanță tehnică pentru realizarea documentației la faza "Documentația de avizare a lucrărilor de intervenții" pentru obiectivul de investiție: "Extindere rețea de gaze și montare centrale

- termice la pavilioanele administrative ale S.T.P.F. Mehedinți", finanțat de Inspectoratul Teritorial al Poliției de Frontieră Timișoara, valoare: 151.725 lei;
- Contract de cercetare BC 57/28.06.2023, "Modernizare instalație interioară de utilizare energie electrică și iluminat exterior la Imobilul 45-44 Timișoara, cazarma Barițiu", finanțat de Inspectoratul Teritorial al Poliției de Frontieră Timișoara, valoare: 48.790 lei;
 - Contract de cercetare BC 40/23.05.2023, "Construire depozit materiale confiscate în cadrul imobilului 49-237 sediul Inspectoratului Teritorial al Poliției de Frontieră Timișoara", finanțat de Inspectoratul Teritorial al Poliției de Frontieră Timișoara, valoare: 104.958 lei;
 - Contract de cercetare BC 41/23.05.2023, "Reabilitare și modernizare Pavilion 5E din cadrul I.T.P.F. Timișoara, județ Timiș", finanțat de Inspectoratul Teritorial al Poliției de Frontieră Timișoara, valoare: 99.960 lei;
 - **Bridge Grant (PN-III-CERC-CO-BG-2016), Proiect nr. 74BG/2016, Eficientizare energetică prin valorificarea energiei jeturilor de aer din sistemele de exhaustare la S.C. Clagi-Coplass S.R.L., finanțat de UEFSCDI valoare: 430.100 lei;**
 - Grant finanțat în cadrul Schemei de Dezvoltare Socială a Comunităților Miniere-Faza II, Proiect nr. 36/05.04.2011, finanțat de Guvernului României în proiectul "Închiderea minelor, refacerea mediului și regenerarea socio-economică", Rețele de canalizare menajeră. Valoare: 15.004 lei;
 - Contract nr. 284/25.02.2011, Instalații de încălzire Muzeul Banatului Montan Reșița, finanțat de Consiliul Județean Caraș-Severin, valoare: 63.075,96 lei
 - Contract nr. 1995/14.03.2011, Lucrări de instalații electrice, cod CPV 45310000-3. Fabrica de accesorii auto Delphi Packard, finanțat de Primăria orașului Moldova-Nouă, valoare: 44.817,93 lei.
- **Membru în echipe de cercetare:**
 - Contract de cercetare BC 43/23.05.2023, Cercetare și consultanță tehnică pentru realizarea documentației la faza D.A.L.I. pentru obiectivul de investiții Branșament electric repetor Cheile Nerei, județul Caraș Severin, finanțat de Inspectoratul Teritorial al Poliției de Frontieră Timișoara, valoare: 73.780 lei;
 - Contract de cercetare BC 42/23.05.2023, Cercetare și consultanță tehnică pentru realizarea documentației la faza D.A.L.I. pentru obiectivul de investiții Branșament electric repetor ANINA (Brădet), județul Caraș Severin, finanțat de Inspectoratul Teritorial al Poliției de Frontieră Timișoara, valoare: 73.780 lei;

- Contract BC 100/01.10.2019, Analiza tehnico-științifică privind posibilitatea reducerii de combustibil și noxe la motoarele Diesel ce echipază autovehiculele de transport persoane ale S.C. Sango Water CO S.A., finanțat de S.C. Sango Water Co S.A. din Sannicolau Mare, valoare: 100.555 lei;
- Contract BC 51/22.05.2019, Cercetare științifică privind gradul de eficiență a sistemului de ventilare utilizat și randamentul recuperatoarelor de energie aferente unei clădiri industriale. Măsurători experimentale și propunere de soluții, finanțat de S.C. ACI Cluj SA din Cluj-Napoca, valoare: 59.726,1 lei;
- Contract BC 42/21.04.2017, Metodologie de calcul al performanței energetice a clădirilor, Indicativ Mc001/2006 revizuire/elaborare de comentarii și exemple de aplicare, Cap.5. Certificatul de performanță energetică+Anexa A. Procedura de validare a programelor de calculator utilizabile pentru calculul performanței energetice - Faza I – Lot 1, 2017, finanțat de MDLAP, valoare: 6.317,71 lei.
- Contract BC 45/28.04.2017, Ghid de bună practică pentru atingerea nivelurilor optime, din punct de vedere al costurilor, ale cerințelor minime de performanță energetică a diverselor categorii de clădiri, Cap.8. Diferențele dintre cerințele actuale de performanță energetică și nivelurile calculate care sunt optime din punct de vedere al costurilor, Cap.9 –Compararea diferențelor., Faza I – Lot 2, 2017, finanțat de MDLAP, valoare: 5.012,28 lei.
- Contract 11/2009, PN-II-ID-PCE-2008-2, Modelarea termogazodinamică a motoarelor cu ardere internă în vederea funcționării cu combustibili neconvenționali, finanțat de CNCSIS, valoare: 701.100 lei.
- Contract 88/14.09.2009, Asistență tehnică în vederea creșterii randamentului prin recuperarea gazelor arse și modernizarea echipamentelor de automatizare la instalațiile de încălzire cu tuburi radiante, finanțat de S.C. Design Internațional din Cărpiniș, valoare: 43.675 lei.
- Grant A nr. 42523, tema 18A/548/2004, Optimizarea utilizării pilelor de combustie și a schimbătoarelor de căldură pentru m.a.i., finanțat de CNCSIS, valoare: 3.900 lei.
- Grant A nr. 32940, tema 16/548/2004, Cercetări privind optimizarea constructiv funcțională și ecologizarea mașinilor și echipamentelor termice și a vehiculelor de transport, finanțat de CNCSIS, valoare: 13.000 lei.
- Grant A nr. 32940, tema 9/548/2003, Studii și cercetări privind adaptarea constructiv funcțională a unui sistem de injecție și a parametrilor admisiei la un m.a.c. cu injecție directă vizând reducerea gradului de fum, cu menținerea performanțelor motorului, finanțat de CNCSIS, valoare: 10.000 lei.

În urma cercetărilor efectuate, în cadrul granturilor și contractelor de cercetare menționate anterior, am obținut o serie de rezultate științifice care au fost diseminate prin publicarea de lucrări științifice în reviste internaționale/naționale și prezentate la conferințe internaționale/naționale:

- A. Mihai, A. Tokar, M. Cinca, D. Muntean, Comparative Study between the Operation of Refrigeration Installations with Refrigerants R134A and R471A for a Refrigerated Warehouse. Case Study, Hidraulica Magazine - Magazine of Hydraulics, Pneumatics, Tribology, Ecology, Sensorics, Mechatronics, ISSN 1453 – 7303, No. 4, pp. 65-71, 2023 [8].
- A. Tokar, D. Muntean, D. Tokar, Case study on reducing potable water in residential buildings by implementing rainwater storage systems, Hidraulica Magazine - Magazine of Hydraulics, Pneumatics, Tribology, Ecology, Sensorics, Mechatronics, ISSN 1453 – 7303, No. 3, pp. 14-21, 2023 [9].
- A. Mihai, A. Tokar, M. Cinca, D. Muntean, Energy efficient refrigeration solutions, Hidraulica Magazine - Magazine of Hydraulics, Pneumatics, Tribology, Ecology, Sensorics, Mechatronics, ISSN 1453 – 7303, No. 3, pp. 44-59, 2023 [10].
- A. Tokar, D. Tokar, M. Adam, C. Păcurar, D. Muntean, C. Dragotă, Considerations for limiting the contribution of buildings to climate change through efficient energy use, Revista Română de Inginerie Civilă, Vol. 14 Nr. 3, pp. 243-250, 2023 [11].
- Muntean D., Tokar A., Tokar D., Dorca A., Soluții de eficientizare energetică a sistemului de termoficare din Timișoara. Studii de caz, Volumul celei de-a 42-a Conferință Știința Modernă și Energia (SME), Editura Risoprint, Cluj-Napoca, pp. 91-104, ISSN 2066-4125, 2023 [12].
- M. Țoropoc, A. Tokar, D. Tokar, M. Cinca, M. F. Oprea, Comparative study of two heating/cooling systems for an office building using Design Builder software, Revista Română de Inginerie Civilă, Vol. 14 Nr. 3, pp. 273-285, 2023 [13].
- D. Muntean, A. Tokar, D. Tokar, Energy efficiency of educational buildings using photovoltaic panels and air-water heat pumps. Case Study, Revista Română de Inginerie Civilă, Vol. 14 Nr. 3, pp. 193-198, 2023 [14].
- D. Tokar, D. Muntean, A. Tokar, M. Adam, Contributions to the passive house concept through the usage of photovoltaic blinds, Revista Română de Inginerie Civilă, Vol. 14 Nr. 3, pp. 261-272, 2023 [15].
- M. Adam, A. Tokar, D. Tokar, C. Păcurar, The influence of filters in the structure of air treatment plants units (ATP) on energy efficiency, Revista Română de Inginerie Civilă, vol. 14, Iss. 3, pp. 147-150, 2023 [16].
- D. Tokar, M. Cinca, M. Țoropoc, A. Tokar, The influence of the vertical temperature gradient on working conditions in industrial halls heated with radiant tubes. Case Study, Revista Română de Inginerie Civilă, vol. 14, Iss. 3, pp. 251-260, 2023 [117].
- A. Tokar, M. Toropoc, D. Muntean, D. Tokar, S. Popa-Albu, Proposals for the Separation of Inorganic Components from Technological Wastewater in order to Reduce Landfills, AIP Conference Proceedings "World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban

- Planning Symposium WMCAUS 2022, 5-9 September, Prague, Czech Republic”, vol. 2928, ID Article: 090007, doi.org/10.1063/5.0170357, 2023 [18].
- D. Muntean, M. Mirza, A. Tokar, D. Tokar, Modernization of the Heat Supply System of the University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine of Banat, from Timisoara, AIP Conference Proceedings ”World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium WMCAUS 2022, 5-9 September, Prague, Czech Republic”, vol. 2928, ID Article: 070013, doi.org/10.1063/5.0170360, 2023 [19].
 - D. Tokar, A. Tokar, D. Muntean, A. Visan, The Impact of Environmental Conditions on the Performance of Polycrystalline Photovoltaic Panels, AIP Conference Proceedings ”World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium WMCAUS 2022, 5-9 September, Prague, Czech Republic”, vol. 2928, ID Article: 070021, doi.org/10.1063/5.0170359, 2023 [20].
 - D. Muntean, A. Tokar, Reducing operating costs in district heating systems by optimizing functional parameters. Comparative studies, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol. 1136, ID Article: 012060, pp. 1-10, DOI 10.1088/1755-1315/1136/1/012060, 2023 [21].
 - A. Tokar, L. Fekete-Nagy, C. Badea, D. Tokar, A. Fekete-Nagy, Wastewater and Abrasive Sludge Recycling Solutions from Abrasive Water Jet Cutting Machines (AWJCM), Hidraulica Magazine - Magazine of Hydraulics, Pneumatics, Tribology, Ecology, Sensorics, Mechatronics, ISSN 1453 – 7303, No. 2, pag. 66-74, 2022 [22].
 - N. Kaba, A. Retezan, A. Tokar, Thermal rehabilitation of a educational building in the context of the adaptation of buildings to the effects of climate change. Case Study, Hidraulica - Magazine of Hydraulics, Pneumatics, Tribology, Ecology, Sensorics, Mechatronics, ISSN 1453 – 7303 No. 3, pag. 66-74, 2022 [23].
 - A. Tokar, D. Tokar, F. Stoian, D. Muntean, Experimental Research on the Influence of Factors on the Electricity Production of Thin-Film Photovoltaic Panels, Hidraulica Magazine - Magazine of Hydraulics, Pneumatics, Tribology, Ecology, Sensorics, Mechatronics, ISSN 1453 – 7303, No. 1, pp. 46-52, 2022 [24].
 - D. Muntean, M. Mirza, A. Tokar, D. Tokar, Simulations regarding the Modernization of the District Heating System in Timisoara by Controlling the Supply and Regulating the Temperature of the Heating Agent, Hidraulica Magazine - Magazine of Hydraulics, Pneumatics, Tribology, Ecology, Sensorics, Mechatronics, ISSN 1453 – 7303, No. 1, pp. 76-84, 2022 [25].
 - A. Tokar, P. Frăsie, D. Tokar, Rainwater Harvesting, a Solution to Reduce Drinking Water Consumption for Buildings, Hidraulica Magazine - Magazine of Hydraulics, Pneumatics, Tribology, Ecology, Sensorics, Mechatronics, ISSN 1453 – 7303, No. 2, pp. 57-63, 2021 [26].
 - P. Frăsie, A. Tokar, Hot Water Recirculation in High Rise Buildings to Reduce Water Consumption, Hidraulica Magazine - Magazine of Hydraulics, Pneumatics, Tribology, Ecology, Sensorics, Mechatronics, ISSN 1453 – 7303, No. 1, pp. 38-43, 2021 [27].

- D. Muntean, M. Mirza, A. Tokar, Soluții de reducere a pierderilor de căldură în sistemele de termoficare prin zonarea temperaturii de livrare, *Revista Ingineria Instalațiilor*, Nr. I, Anul I/XLIII, pg. 26-31, 2021 [28].
- A. Filipovici, S. M. Țoropoc, M. Adam, D. Rusen, D. Tokar, A. Tokar, Study on Thermal Comfort in Industrial Buildings, Heated by Radiation, WMCAUS Conference, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, Vol.1203, ID Article: 022089, pp. 1-10, doi:10.1088/1757-899X/1203/2/022089, 2021 [29].
- D. Tokar, A. Tokar, M. Adam, Experimental Study for the Analysis of the Potential Energy Conversion of Wastewater Discharged from Installations and Equipment's of the Civil and Industrial Buildings, WMCAUS Conference, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, Vol.1203, ID Article: 022076, pp. 1-10, doi:10.1088/1757-899X/1203/2/022076, 2021 [30].
- D. Tokar, S. M. Toropoc, R. Frunzulica, P. Toma, A. Tokar, Mathematical Modelling and Operation Simulation of the Indirect Connection Scheme of the Heating Installation and of the Consumption Hot Water Preparation in an Accumulating Stage, WMCAUS Conference, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, Vol.1203, ID Article: 022077, pp. 1-10, doi:10.1088/1757-899X/1203/2/022077, 2021 [31].
- D. Tokar, P. Frasie, A. Tokar, Leaks, Pipe Breaks, and Preventive Maintenance, WMCAUS Conference, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, Vol.1203, ID Article: 022078, pp. 1-9, doi:10.1088/1757-899X/1203/2/022078, 2021 [32].
- I. Sarbu, A. Tokar, S. Popa-Albu, Optimisation techniques of urban water distribution networks, *Revista Română de Inginerie Civilă*, vol. 11, Nr. 3, 2020 [33].
- D. Tokar, S. Popa-Albu, A. Tokar, Alternative Solutions for Pressure Control in Water Distribution Systems by Hydro-Electric Conversion, The 19th edition - „Modern Technologies for the 3rd Millenium”, Oradea, 2020 [34].
- D. Tokar, A. Tokar, M. Adam, Experimental stand for the study of energy conversion and storage, *Revista Română de Inginerie Civilă*, vol. 11, Nr. 3, 2020 [35].
- A. Tokar, D. Foriș , D. Tokar, S. Popa-Albu, Solutions for the Reuse of Rainwater in Indoor Plumbing, *Hidraulica Magazine - Magazine of Hydraulics, Pneumatics, Tribology, Ecology, Sensorics, Mechatronics*, ISSN 1453 – 7303, No. 4, pp. 51-58, 2020 [36].
- I. Sârbu, S. Popa-Albu, A. Tokar, Multi-objective optimization of water distribution networks: An overview, *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, ISSN: 2313-626X, Vol. 7, Issue 11, November, doi.org/10.21833/ijaas.2020.11.008, pp. 74-86, 2020 [37].
- P. D. Toma, A. Tokar, M. S. Țoropoc, Modelling and Simulation Eutrophication of Water Rivers, *Revista de Chimie*, Vol. 70, nr.8, pp. 2912-2916, august 2019, Chem. Abs. RCBUAU 70(8) (2912-2916) ISSN 0034-7752, București, 2019 [38].
- D. Tokar, C. Stroita, A. Tokar, A. Rusen, Hybrid System that Integrates the Lost Energy Recovery on the WaterWater Heat Pump Exhaust Circuit, 4th International Conference World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium (WMCAUS), IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 603 (2019) 042002 IOP

- Publishing, DOI:10.1088/1757-899X/603/4/042002, Prague, Czech Republic, 17- 21 June, 2019 [39].
- D. Tokar, D. Foris, A. Tokar, T. Foris, Sustainable development of disadvantaged regions by renewable energy sources integration, Proceedings of the 2019 International Conference Economic Science for Rural Development, Issue 51, pp. 237-244, Jelgava, LLU ESAF, 9-10 May 2019 [40].
 - A. Tokar, D. Negoîtescu, M. Adam, D. Tokar, A. Negoîtescu, The waste energy recovery, an energy-efficient solution for the industrial sector, E3S Web of Conferences, CLIMA 2019 Congress, Volume 111, eISSN: 2267-1242, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911106063>, Bucharest, Romania, May 26-29, 2019 [41].
 - M. Adam, A. Tokar, Energy efficiency in HVAC system using air cooling by direct evaporation, Acta Technica Corviniensis – Bulletin of Engineering Tome XII, Fascicule 4, ISSN: 2067-3809, pp. 57-61, 2019 [42].
 - A. Ţenchea, D. Tokar, A. Tokar, Reducing Pollutant Emissions by Integrating Flue Gas Treatment Systems into a Corn Coal Fired Coating Plant, Hidraulica - Magazine of Hydraulics, Pneumatics, Tribology, Ecology, Sensorics, Mechatronics, ISSN 1453 – 7303 No. 1/2019, pag. 31-37, 2019 [43].
 - M. Adam, A. Tokar, Experimental study on the influence of cooling water temperature and night ventilation on energy efficiency the HVAC systems, Bulletin of the Transilvania University of Braşov, Series I: Engineering Sciences, Vol. 12 (61) No. 1, 2019 [44].
 - A. Tokar, A. Negoîtescu, A. Rusen, Solutions to Recover the Energy Lost to an Industrial Consumer, 10th International Conference KOD 2018, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 393 (2018) 012078, DOI 10.1088/1757-899X/393/1/012078, 2018 [45].
 - D. Foriş, D. Tokar, A. Tokar, T. Foriş, Sustainable Rural Development Through Improving Water Supply in Mountain Huts, 19th International Scientific Conference, Proceedings of the 2018 International Conference "Economic Science for Rural Development", No.47, pp. 81-88, ISSN 1691-3078, ISSN 2255-9930 on line, ISBN 978-9984-48-292-7 (E-book), Jelgava, Latvia- LLU ESAF, DOI 10.22616/ESRD.2018.009, 9-11 May 2018 [46].
 - I. Sarbu, A. Tokar, Numerical modelling of high-temperature radiant panel heating system for an industrial hall, International Journal of Advanced and Applied Sciences, Volume 5, Issue 5 (May 2018), Pages: 1-9, <https://doi.org/10.21833/ijaas.2018.05.001>, Print ISSN: 2313-626X, EISSN: 2313-3724, Publisher: Institute of Advanced Science Extension (IASE), Taiwan, 2018. [47].
 - D. Tokar, D. Negoîtescu, A. Tokar, A. Negoîtescu, Causes Regarding the Efficiency Reduction of the Solar Systems with Photovoltaic PV panels, 10th International Conference KOD 2018, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 393 (2018) 012079, DOI 10.1088/1757-899X/393/1/012079, 2018 [48].
 - A. Tokar, A. Negoîtescu, D. Negoîtescu, M. Adam, A Solution to Reduce Pollutant Emissions by Recovering the Flue Gases Waste Heat, Analele Universităţii "Eftimie Murgu", Fascicula de Inginerie, Vol. XXV / 1, pp. 126-131, ISSN 1453 – 7397 , Reşiţa, 2018 [49].

- M. Adam, O. Bancea, A. Tokar, Cristian Păcurar, Influence of Thermal Confort and Air Quality on Performance of Athletes in Enclosed Spaces, Revista Română de Inginerie Civilă, Vol. 9 (2018), Nr.4, Editura MatrixRom, București, 2018 [50].
- I. Sârbu, A. Tokar, Numerical Simulation of Unsteady Flow in Water Supply Pipe Networks, Annals of Faculty Engineering Hunedoara, International Journal of Engineering, Tom XVI (2018), Fascicule 3 (august), pp 17-26, ISSN: 2601-2332, 2018 [51].
- A. Negoîtescu, A. Tokar, D. Negoîtescu, C. Hamat, Energy Efficiency of Technological Equipment at the Economic Agent by Identifying the Points with Recoverable Heat Potential, Analele Universității “Eftimie Murgu”, Fascicula de Inginerie, Vol. XXIV / 1, pp. 257-266, ISSN 1453 – 7397 , Reșița, 2017 [52].
- D. Negoîtescu, D. Tokar, A. Tokar, A. Negoîtescu, Aspects regarding the Valorization of the Air Jets Energy Potential from Industrial Technological Equipment, Analele Universității “Eftimie Murgu”, Fascicula de Inginerie, Vol. XXIV / 1, pp. 267-278, ISSN 1453 – 7397, Reșița, 2017 [53].
- A. Negoîtescu, A. Tokar, Thermal Systems Modeling for the Heating Process Efficiency Improvement in Industrial Spaces, ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering, Tome XV [2017] – Fascicule 4, pp. 111-116, ISSN: 1584-2665, Hunedoara, Romania, 2017 [54].
- A. Tokar, A. Retezan, A. Negoîtescu, Estimative analysis of investment payback for industrial spaces heated with radiant tubes, Revista Română de Inginerie Civilă, Volumul 8 (2017), Nr. 1, București, 2017 [55].
- A. Tokar, A. Negoîtescu, C. Hamat, Ș. Roșu, The chemical and ecological state evaluation of a storage lake, Revista de Chimie, Vol. 67, nr.9, pp. 1860-1863, septembrie 2016, Chem. Abs. RCBUAU 67(9) (1860-1863) ISSN 0034-7752, București, 2016 [56].
- A. Negoîtescu, A. Tokar, C. Hamat, The influence of the air thermal and rainfall regimes on storage lakes water turbidity, Materiale Plastice, Vol. 53, nr.3, pp. 542-545, Chem.l Abs. MPLAAM 53(3), ISSN 0025-5289, București, 2016 [57].
- L. Mihon, A. Negoîtescu, A. Tokar, D. Ostoia, Modeling And Diagnosis Of A Powertrain Through Specific Parameters, Applied Mechanics and Materials, ISSN: 1662-7482, Vol. 822, pp 252-258, doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.822.252, Trans Tech Publications, Switzerland, 2016 [58].
- A. Negoîtescu, A. Tokar, Solar energy as an alternative to energy saving and pollutand emmision reduction, Analele Universității “Eftimie Murgu”, Fascicula de Inginerie, Vol. XXII / 1, pp. 195-202, ISSN 1453 – 7397, Reșița, 2016 [59].
- A. Tokar, A. Negoîtescu, Treatment Solutions for Rainwater Contaminated with Various Pollutants, Analele Universității “Eftimie Murgu”, Fascicula de Inginerie, Vol. XXII / 1, ISSN 1453 – 7397, pp. 405-414, Reșița, 2015 [60].
- A. Tokar, A.rina Negoîtescu, Hot Water Recirculation and Control, a Solution to Reduce Energy Consumption, Analele Universității “Eftimie Murgu”, Fascicula de Inginerie, Vol. XXII / 1, ISSN 1453 – 7397, pp. 415-424, Reșița, 2015 [61].

- A. Negoîtescu, A. Tokar, The Influence of Various Operation Modes on Diesel Passenger Cars CO₂ Emissions, *Analele Universității "Eftimie Murgu"*, Fascicula de Inginerie, Vol. XXII / 1, ISSN 1453 – 7397, pp. 315-322, Reșița, 2015 [62].
- A. Tokar, A. Negoîtescu, M. Adam, D. Tokar, Research on Mechanical Strength of Technological Fluid Storage Tank Made of Polyester Resin Reinforced with Fiberglass, *Revista de Materiale Plastice, București*, Vol. 51, nr.3, pp. 432-434, Chem. Abs. MATER PLAST 51(4), ISSN 0025-5289, aprilie 2014 [63].
- A. Negoîtescu, A. Tokar, Investigations on Car Emissions Under the Urban Traffic Conditions with the Influence on Timișoara Air Quality, *Transport*, Volume 28, Issue 1, pp. 38-45, *Transport*, ISSN 1648-4142, DOI: 10.3846/16484142.2013.781060, Publish. House Elsevier, Vilnius, 2013 [64].
- A. Tokar, A. Negoîtescu, The Influence of the Water Supply Indoor Installations Pipes Wear and Clogging on Water Consumption and Hygiene and Sanitary Comfort Level, *Analele Universității "Eftimie Murgu"*, Vol. XX / 2, ISSN 1453 – 7397, pp. 239-250, Reșița, 2013 [65].
- A. Negoîtescu, A. Tokar, Influence of Urban Traffic Driving Conditions and Vehicle Cubic Capacity on CO and VOC Emissions, *Analele Universității "Eftimie Murgu"*, Fascicula de Inginerie, Vol. XX / 2, ISSN 1453 – 7397, pp. 227-238, Reșița, 2013 [66].
- A. Negoîtescu, A. Tokar, The Estimation of Electric Vehicle Impact on CO₂ Emissions Reduction, *Annals of Faculty Engineering Hunedoara, International Journal Of Engineering*, Tom XI, Fascicola 3, pp. 83-86, ISSN 1584-2673, Hunedoara, 2013 [67].
- D. Ostoia, L. Mihon, A. Negoîtescu, A. Tokar, Aspects Regarding Constructive Modification to Engines Fulfill the Euro 5 and Euro 6 Demands to Passenger Car, *Acta Technica Corviniensis - Bulletin of Engineering*, Tom VI, Fascicola 3, pp. 131-134, ISSN 2067-3809, Hunedoara, 2013 [68].
- A. Negoîtescu, A. Tokar, Water Disinfection and the Implementation of Modern Technologies at Potable Water Treatment Station, *Revista de Chimie*, Vol. 63, nr.10, pp. 1079-1089, octombrie 2012, Chem. Abs. RCBUAU 63(10) (1079-1083) ISSN 0034-7752, București, 2012 [69].
- A. Tokar, A. Negoîtescu, Researches on the Chemical Indicators of Discharged Water, Treated by Mechano-biological Methods, *Revista de Chimie*, Vol. 63, nr.11, pp. 1181-1186, RCBUAU 63(11) (1181-1186) ISSN 0034-7752, București, 2012 [70].
- A. Negoîtescu, A. Tokar, Opacity Analysis and Estimation of CO₂ Exhausted by a Diesel Engine Vehicle Running under Urban Traffic Conditions, *WSEAS Transactions on Heat and Mass Transfer*, Vol. 7/2, pp. 27-36, ISSN 2224-3461, April, 2012 [71].
- A. Tokar, A. Negoîtescu, Variation of CO₂, HC, NOX Emissions for an EURO III Engine under Urban Traffic Conditions, *WSEAS Transactions on Heat and Mass Transfer*, Vol. 7/2, pp. 37-46, ISSN 2224-3461, Aprilie, 2012 [72].
- A. Negoîtescu, A. Tokar, Solar Storage Tank Insulation Influence on the Solar Systems Efficiency, *Analele Universității "Eftimie Murgu"*, Fascicula de Inginerie, Vol. XIX/ 1, ISSN 1453 – 7397, pp. 235-243, Reșița, 2012 [73].

- A. Tokar, A. Negoîtescu, Energetic Efficiency Evaluation by Using Ground-Water Heat Pumps, *Analele Universității “Eftimie Murgu”, Fascicula de Inginerie*, Vol. XIX/ 1, ISSN 1453 – 7397, pp. 325-334, Reșița, 2012 [74].
- A. Negoîtescu, A. Tokar, Catalysts Efficiency Evaluation by using CC Analysis Test, *Analele Universității “Eftimie Murgu”, Fascicula de Inginerie*, Vol. XVIII/ 3, ISSN 1453 – 7397, pp. 163-170, Reșița, 2011 [75].
- A. Tokar, A. Negoîtescu, The Importance of Thermal Heat Bridges in Civil Engineering, *Analele Universității “Eftimie Murgu”, Fascicula de Inginerie*, Vol. XVIII/ 3, ISSN 1453 – 7397, pp. 227-234, Reșița, 2011 [76].
- L. Mihon, A. Negoîtescu, A. Tokar, D. Ostoia, Motor and Vehicle Optimization Process Modeling by Using the AVL Cruise in Standard Applications, *Annals of Faculty Engineering Hunedoara, International Journal Of Engineering*, Tom IX, Extra Fascicola, pp. 83-86, ISSN 1584-2673, Hunedoara, 2011 [77].
- A. Tokar, A. Negoîtescu, Evaluation of Emissions Exhausted by Diesel Vehicles on Urban Routes, *NAUN International Journal of Energy and Environment*, Issue 2, Volume 4, pp. 35-44, ISSN 2308-1007, 2010 [78].
- A. Negoîtescu, A. Tokar, Efficiency and Economy Solutions Regarding the Industrial Buildings Heating, *WSEAS Transactions on Environment and Development*, Issue 4, Volume 6, pp. 288-297, ISSN 1790-5079, April, 2010 [79].
- A. Tokar, A. Negoîtescu, Comparative Analysis of Exhausted Gases Opacity under Urban Traffic Conditions, 8th IASME/WSEAS International Conference on Heat Transfer, Thermal Engineering an Environment (HTE’10), Taipei, Taiwan, pp. 209-213, ISBN 978-960-474-215-8, ISSN 1792-4596, 20-22th August, 2010 [80].
- A. Negoîtescu, A. Tokar, Aspects Regarding the Performance Improvement of Heating Systems with Radiant Tubes, 5th IASME/WSEAS International Conference on Energy&Environment (EE’10), University of Cambridge, UK, pp. 205-210, ISBN 978-960-474-159-5, ISSN 1790-5095, 20-22th February, 2010 [81].

1.2.1. Cercetări privind reducerea consumului de energie și a emisiilor poluante în clădiri social-culturale (de învățământ și administrative) prin integrarea sistemelor fotovoltaice și a pompelor de căldură

Dovezile de necontestat privind schimbările climatice și evenimentele meteorologice extreme au adus, în prezent, întreg mapamondul în pragul unui cod roșu de alarmă. Aceste aspecte au determinat necesitatea stabilirii unor ținte pentru limitarea emisiilor de gaze cu efect de seră și a căilor care pot fi urmate pentru rezolvarea acestora [11]. La nivel național și internațional, schimbările climatice reprezintă o provocare majoră, iar abordarea acestora trebuie să aibă în vedere schimbări radicale în ceea ce privește producerea energiei [40]. Sunt necesare măsuri imediate pentru stoparea acestora, măsuri care implică reducerea consumului de energie concomitent cu cele de eficientizare energetică în contextul unui mix energetic cu pondere crescută în direcția surselor regenerabile de energie (RES) [11] [98], [99], [100], [101], [102]. Ținta de reducere a gazelor cu efect de seră cu minim 55% (raportat la nivelul din 1990) până în

2030, stabilită prin pachetul "Fit for 55", poate fi atinsă prin respectarea cotei din RES de minim 38-40% până în 2030, ceea ce, va asigura, pe termen lung (la nivelul anului 2050) neutralitatea climatică. În acest context, sunt necesare eforturi accelerate, în materie de eficiență energetică, a tuturor statelor membre. [11] [103]. Schimbările majore în ceea ce privește mixul energetic [40] sunt date de creșterea masivă a producției de energie regenerabilă (solare fotovoltaice și eoliene). Pe de altă parte, decarbonizarea și sustenabilitatea energetică au făcut necesară trecerea la generarea energiei din surse regenerabile ori de câte ori este posibil [11], [59].

Un aspect important în abordarea prezentului energetic mondial îl reprezintă acceptarea provocărilor, căutarea oportunităților și potențialului energetic [40], [104], [105], [106], [107], care să asigure fiabilitatea aprovizionării cu energie, eficiența și sustenabilitatea sistemelor de alimentare cu energie pentru că prin exploatarea surselor regenerabile deși, crește mult capacitatea de generare, rețelele de transport și distribuție a energiei electrice nu mai sunt la fel de stabile și previzibile ca în trecut. Deci, un controlul fiabil al producției și transportului energiei va asigura emisii de carbon reduse și aprovizionare eficientă cu energie.

Pe de altă parte, un aspect abordat de-a lungul activității științifice și de cercetare, poate, la fel de important ca și eficientizarea producției și transportului de energie îl reprezintă reducerea consumului energetic în clădiri prin identificarea surselor de energie pierdută [39], [41], [45], [49], [52], [53] și a resurselor naturale neutilizate prin folosirea acestora pentru alte aplicații [9], [18], [22], [26], [36], [60].

Având în vedere acest context actual al poluării mediului, la care participă și instalațiile care utilizează energie din surse convenționale am efectuat o serie de cercetări care vizează reducerea emisiilor poluante prin eficientizarea instalațiilor care deservește clădirile.

În acest sens, cercetările au vizat pe de o parte analize în ceea ce privește reducerea consumurilor de energie produsă din surse convenționale și adaptarea noilor tehnologii regenerabile la instalațiile care deservește clădirile (sisteme solare termice, sisteme solare fotovoltaice, pompe de căldură) [14], [15], [19], [20], [24], [25], [39], [73], [74], [89], [90], [91] și pe de altă parte atât reutilizarea resurselor energetice pierdute, cât și a resurselor naturale neutilizate) [9], [18], [22], [26], [36], [60], . Prin utilizarea resurselor regenerabile și recuperarea și utilizarea resurselor risipite, sistemele de instalații vor contribui substanțial la reducerea emisiilor poluante pe de o parte, și pe de altă parte vor proteja resursele naturale de tipul apei și combustibililor fosili.

Având în vedere faptul că prin strategia pe termen lung a Comisiei Europene, cetățenii Uniunii Europene (EU) sunt încurajați să promoveze acțiuni pentru a contribui la un climat verde, până în 2050 [39], [82]. Referitor la România, prin adoptarea programului privind instalarea panourilor fotovoltaice (PFV) de către persoanele fizice prin Agenția Fondului de Mediu (AFM), se dorește crearea de mici unități de producție de energie electrică (3kW) pentru consum propriu și livrarea surplusului în SEN [83].

Tehnologia fotovoltaică pentru producerea de energie este răspândită în întreaga lume variind foarte mult ca și aplicabilitate de la sisteme autonome la cele conectate la rețea, de la instalații de mici dimensiuni pentru uz casnic, la instalații de capacități medii, până la parcuri solare fixe sau cu sisteme de urmărire solară cu una sau două axe.

Pe de altă parte, datorită inovației tehnologice, echipamente extrem de eficiente, cum ar fi pompele de căldură (PC) devin din ce în ce mai disponibile pe piață și reprezintă o soluție

promițătoare pentru asigurarea necesarului de energie termică. Aceste tehnologii ar putea debloca eficientizarea proceselor termice în clădiri. Pompele de căldură care au ca sursă aerul viciat evacuat pot recupera căldura din aerul ventilat folosind-o pentru încălzirea apei de consum menajer sau a spațiilor, însă datorită posibilității de a recupera sursele de căldură reziduală (aer viciat) este necesar ca sistemul de ventilare să funcționeze continuu pe durata sezonului de încălzire/răcire, deci necesitatea cuplării acestora cu sisteme fotovoltaice, pentru a asigura eficiența sistemului (COP-Coefficient de performanță - indice de putere termică în raport cu puterea electrică consumată, SCOP- Coeficientul de Performanță Sezonier- coeficient de putere termică obținut sau necesar pentru a încălzi clădirea pe durata întregului sezon rece raportat la puterea electrică consumată pe durata întregului sezon rece), este din nou evidentă.

Mai mult, cuplarea acestor dispozitive cu sisteme fotovoltaice și unități de stocare termică ar dezvălui potențialul de flexibilitate al sistemelor energetice. Implementarea strategiilor de management al cererii în procesele cu consum mare de energie ar putea duce la beneficii semnificative atât pentru consumatori, cât și pentru sistemul energetic național (SEN) în ceea ce privește echilibrarea, costul energiei, integrarea surselor regenerabile și reducerea globală a emisiilor de carbon. Cu toate acestea, pentru a permite implementarea pe scară largă a pompelor de căldură și a stocării energiei, este important să crească gradul de conștientizare cu privire la beneficiile pe care aceste tehnologii le-ar putea aduce atât sectorului consumatorilor, cât și sistemului energetic.

Având în vedere contextul actual privind poluarea mediului, la care participă și funcționarea instalațiilor convenționale care asigură confortul ambiental, s-au efectuat o serie de analize prin încercări experimentale, pentru a evalua viabilitatea implementării sistemelor fotovoltaice cuplate cu pompe de căldură în clădiri existente.

- **Încercări experimentale privind eficiența panourilor fotovoltaice**

Deși, literatura de specialitate, oferă suficiente studii realizate în laborator, în medii controlate folosind simulatoare solare, care demonstrează efectele supraîncălzirii panourilor asupra eficienței modulelor fotovoltaice [84], [85], [86], [87], [88], am considerat utilă realizarea de experimente sub expunere în mediul natural (climatul din Timișoara) pentru a analiza un comportament mai realist într-un mediu de operare real, raportat la orașul Timișoara. În contextul cerințelor actuale de diversificare a surselor de energie având ca scop reducerea consumurilor de energie (electrică și termică) din surse convenționale, realizat prin eficientizarea sistemelor de instalații care deservește clădirile, studiile au vizat aplicabilitatea sistemelor fotovoltaice în diverse zone ale orașului Timișoara, ca de exemplu: unități de învățământ: Facultatea de Construcții [89], Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară a Banatului din Timișoara [19], Liceul Tehnologic de Silvicultură și Agricultură Casa Verde [25], Colegiul Tehnic Henri Coandă [90], [91], și clădiri industriale din vecinătate [48]. Pe de altă parte, cerințele pe care trebuie să le asigure sursele, pun accent pe aspectul ecologic în detrimentul celui economic, și din acest motiv, pentru sectorul energetic, mixul surselor convenționale și regenerabile este inevitabil [90]. Necesitatea tranziției sistemelor de instalații care echipează clădirile spre SRE este evidentă și din creșterea emisiilor de CO₂ care, în 2022, au crescut cu 1,5% comparativ cu anul 2021, iar raportat la 2010 creșterea este de 25% ceea ce face ca sistemele centralizate de încălzire să înregistreze 4% din emisiile globale de CO₂ [93]. Cel mai mare contributor la

intensitatea emisiilor de CO₂ este China, pe când Europa, chiar dacă este cel de-al treilea contributor, participă cu aproximativ jumătate din emisiile Chinei, ceea ce înseamnă că în Europa tranziția spre SRE începe să își dovedească eficiența [90], [93].

În acest sens, cercetările au demarat prin trasarea etapelor de lucru care au vizat: analize ale datelor climatice ale locațiilor [19], [48], [89], [90], [91], [92], [94], [95], identificarea spațiilor disponibile pentru instalarea panourilor fotovoltaice, analize experimentale privind comportarea panourilor fotovoltaice policristaline și thin film, în condiții reale de funcționare, sub diferite influențe (praf, umbră, peliculă de apă, depuneri de materiale solide, îmbătrânire) [20], [24], simulări privind amplasarea panourilor pe suprafețele identificate cu ajutorul software-ului PolySun [94], [95], evaluări ale producției de energie electrică, a reducerii consumului de energie și a emisiilor poluante [19], [89], [59], [90], [91], și în final fiabilitatea cuplării sistemelor fotovoltaice cu pompe de căldură.

În prima etapă, o serie de variabile, de exemplu, iradierea, viteza vântului etc., au fost monitorizate continuu pe perioada desfășurării experimentului. Pe de altă parte, condițiile de mediu reale în care funcționează panourile fotovoltaice care au fost luate în considerare în timpul testării se referă la: încărcarea cu praf a panourilor fotovoltaice, peliculă de apă, nori/efecte de umbră parțială și depuneri solide (frunze uscate, iarbă, paie) aduse de vânt pe suprafața panourilor. Toate aceste aspecte au fost simulate pentru a evalua blocarea radiației solare de către praf și frunze și astfel de a analiza efectul de reducere a eficiența de conversie a panourilor fotovoltaice policristaline. În acest sens, s-a analizat modul în care producția de energie electrică a instalațiilor fotovoltaice este influențată de îmbătrânirea celulelor fotovoltaice care o compun, dar și de anumiți factori naturali (picături de apă, umbră provocată de nori). Pentru aceste condiții reale de funcționare (picături de apă, umbră provocată de nori) pentru realizarea măsurătorilor experimentale s-au folosit panouri fotovoltaice thin-film ZY-S100 noi și respectiv îmbătrânite (după 7 ani de funcționare) [24]. De asemenea, pentru testarea sub influența factorilor climatici care pot interveni în condiții reale de funcționare (praf, peliculă de apă, depuneri solide și nori/umbră parțială) s-au utilizat și panouri fotovoltaice de tip policristalin SV-L-230. Acestea au fost supuse unor condiții de testare mai complete deoarece tehnologia siliciului cristalin este dominantă pe piața panourilor fotovoltaice (PV) reprezentând aproximativ 90% din aceasta, dar și pentru că acest tip de panouri sunt cel mai des utilizate în instalații fotovoltaice, în România [20].

Pentru achiziția datelor experimentale s-a folosit un aparat de test MI 3109 EurotestPV Lite METREL, iar pentru realizarea măsurătorilor experimentale s-au folosit: clești ampermetrici pentru măsurarea curentului (c.c./c.a.), senzori pentru măsurarea temperaturii celulelor fotovoltaice, senzor de măsurare a radiației solare, multimetre pentru măsurarea tensiunii și curentului pe o rezistență de sarcină. De asemenea, cu ajutorul MI 3109 EurotestPV Lite METREL am obținut informații privind operarea în siguranță a sistemelor fotovoltaice: rezistența izolației, continuitatea conductorilor PE, tensiunea la mers în gol U_{oc} și curentul de scurtcircuit I_{sc} .

Cu ajutorul datelor obținute s-au trasat curbele de variație $P = f(U)$ și $P = f(I)$ a modulelor fotovoltaice în condiții reale de funcționare (iradiație și temperatură) evidențiind efectul îmbătrânirii panourilor PV, al umbririi totale sau parțiale, al peliculei de apă și a depunerilor particulelor solide (praf, vegetație uscată transportată de vânt, etc). [20], [24].

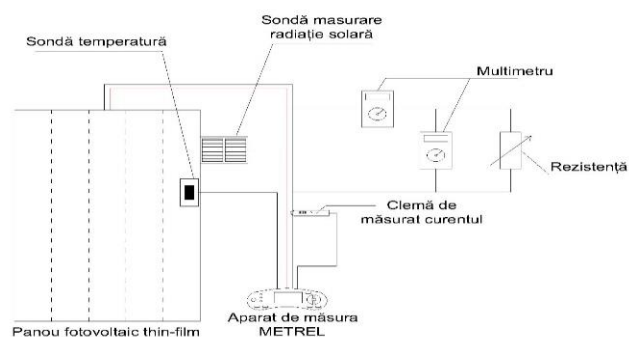
-testarea panourilor fotovoltaice thin-film ZY-S100 la efectele îmbătrânirii și a picăturilor de ploaie

Din punct de vedere al problematicii principale abordate, în cadrul încercărilor experimentale (influența îmbătrânirii celulelor fotovoltaice asupra eficienței panourilor), cercetările au arătat că panoul îmbătrânit a suferit o scădere a eficienței de 25% în cei șapte ani de funcționare, adică o scădere medie de 3,57% pe an [24].

Pentru realizarea încercărilor experimentale s-au folosit un panou (modul) fotovoltaic de tip thin-film ZY-S100 nou și ulterior unul îmbătrânit (după o funcționare de 7 ani), de același tip. Panourile fotovoltaice au fost fixate la o înclinare de 45° pe orientarea EST (singura variantă disponibilă pentru amplasarea panourilor pentru o instalație concretă analizată). Instalația experimentală și schema de măsurare și conexiuni sunt prezentate în Fig. 1 [24].



a)



b)

Fig. 1 Încercarea panourilor fotovoltaice [24]

a) Instalație experimentală, b) Schema de conexiuni

Modulele fotovoltaice au fost testate în condiții reale de funcționare, timp de 4 zile, monitorizând puterea de ieșire în fiecare oră. Unul dintre aceste module a fost curățat înainte de încercări astfel încât suprafața de captare să fie liberă (fără factori de obstrucție), iar celălalt panou a fost încărcat cu picături de apă pe toată suprafața.

Un alt factor determinant l-a reprezentat temperatura, care este un factor determinant semnificativ ce afectează viteza fluxurilor electrice prin orice circuit electric.

Puterea de ieșire, curentul de scurtcircuit și tensiunea în circuit deschis a fiecărui modul studiat expus la picături de apă sunt prezentate în Fig. 2, în care se observă comparativ, efectele picăturilor de ploaie asupra puterii de ieșire, între panoul nou și panoul îmbătrânit [24].

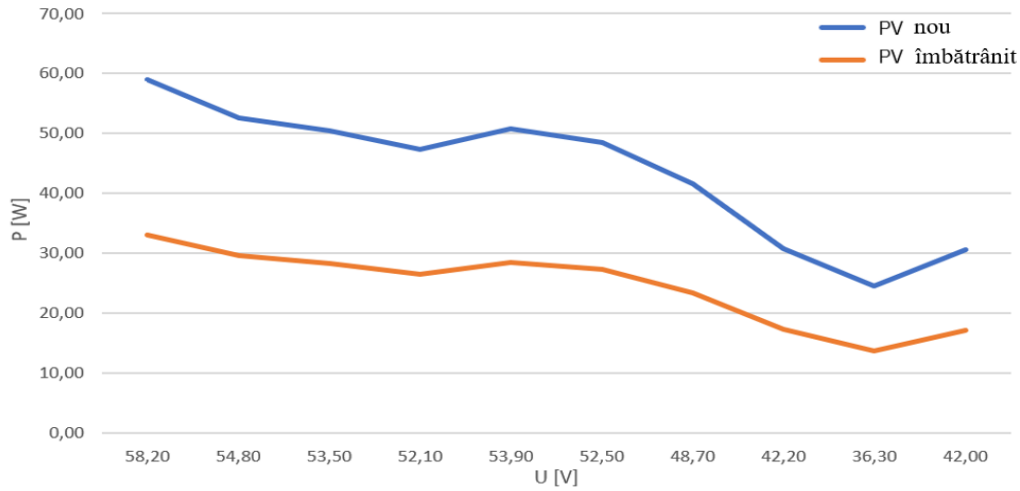


Fig. 2. Puterea de ieșire pentru panouri acoperite cu picături (panou nou vs. îmbătrânit) [24]

Picăturile de apă scad temperatura modulului fotovoltaic, care la rândul său crește diferența potențială, îmbunătățindu-se astfel puterea de ieșire. Pentru a descrie impactul temperaturii asupra eficienței modulului fotovoltaic, tensiunea de ieșire a unui modul fotovoltaic s-a estimat la o anumită temperatură folosind relația (1) [24]:

$$U_{oc,amb} = \tau_{coef} \cdot (T_{STC} - T_{amb}) + U_{oc,STC} \quad (1)$$

unde:

$U_{oc,amb}$ - tensiunea la mers în gol la temperatura ambiantă T_{amb} ;

$U_{oc,STC}$ - tensiunea la mers în gol la STC (condiții de testare standard);

T_{STC} - temperatura la mers în gol la STC.;

τ_{coef} - coeficient de reglare dimensională, considerat ca fiind egal cu 0,33.

Relația arată că, pentru temperatura ambiantă scăzută, s-ar obține o tensiune ridicată. Curgerea apei pe suprafața panoului prezintă două avantaje și anume: răcirea și curățarea panoului. Rata de răcire pentru celulele fotovoltaice este de 2°C/min, în funcție de condițiile de funcționare. S-a observat că, indiferent de starea panoului, nou sau îmbătrânit, efectele picăturilor de apă sunt aceleași [24].

În literatura de specialitate [96] se precizează că, pentru a evalua efectele de îmbătrânire a modulelor fotovoltaice (degradarea acestora) trebuie luate în considerare efectele de degradare optică și electrică prin coeficienții de pierderi optice prin sticlă și încapsulare (α_{opt}) și respectiv coeficienții de pierderi prin inserierea rezistențelor (α_{Rs}), pentru care s-au obținut valorile: $\alpha_{opt} = 0,6\%/an$ și $\alpha_{Rs} = 0,23\%/an$. Ambele legi de degradare, reducerea transmisivității τ și creșterea rezistenței serie R_s în funcție de timpul t , sunt date de relațiile (2) și (3) [24]:

$$\tau(t) = \tau_0(-\alpha_{opt} \cdot t + 100\%) \quad (2)$$

$$R_s(t) = R_{s0}(+\alpha_{Rs} \cdot t + 100\%) \quad (3)$$

Se remarcă faptul că îmbătrânirea este un fenomen pe termen lung, iar legile îmbătrânirii sunt definite pe o scară lungă în comparație cu detectarea instantanee a MPP: $\Delta T \gg \Delta t$. Durata de viață a unui modul fotovoltaic este cuprinsă între 20 și 25 de ani, iar cea a unui invertor este în jur de 10 ani. Sunt comparate rezultatele dintre timpul inițial și $t = 20$ de ani. Convertorul DC / DC și invertorul ar trebui să-și păstreze proprietățile constante, în timp, pentru a aprecia efectul de degradare al modului fotovoltaic.

În ceea ce privește rezistența modului fotovoltaic, aceasta este mărită datorită efectului de îmbătrânire, iar mai apoi aceasta limitează puterea de ieșire. Diminuarea puterii în funcție de tensiune este redată în Fig. 3 pentru un panou care a funcționat pentru o perioadă de $t = 7$ ani [24].

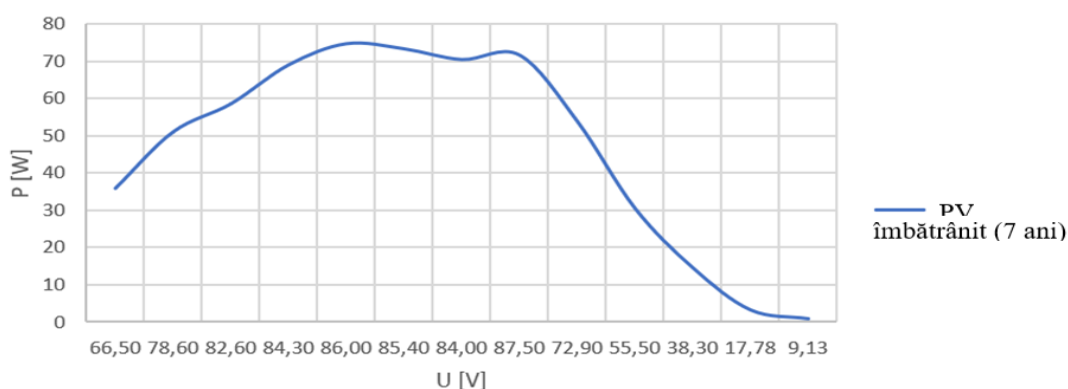


Fig. 3. Puterea în funcție de tensiune ($t = 7$ ani) [24]

De asemenea, s-a monitorizat și temperatura panoului, fapt care a dus la concluzia că diminuarea puterii este influențată atunci când temperaturile modului sunt mai ridicate. Temperaturile măsurate la suprafața panoului au înregistrat valori de până la $50,8^{\circ}\text{C}$.

Literatura de specialitate indică ca procent al scăderii randamentului de 1%/an pentru panouri fotovoltaice [96]. Alura curbelor trasate pentru perioada în care s-au efectuat înregistrările (4 zile) este aproximativ aceeași, fiind comparabilă cu literatura de specialitate, și din acest motiv s-a reprezentat în Fig. 3 [24] curba puterii în funcție de tensiune pentru un grad de însorire ridicat (cer fără nori).

-testarea panourilor fotovoltaice thin-film ZY-S100 la efectele umbririi în prezența norilor

O altă etapă în cadrul acestei cercetări a constat în analiza influenței norilor asupra eficienței panourilor PV. În perioada în care au avut loc măsurătorile, prezența norilor, a influențat eficiența panourilor fotovoltaice, ceea ce se poate observa în Fig. 4 [24]. Măsurătorile s-au efectuat din oră în oră pe un panou fotovoltaic nou.

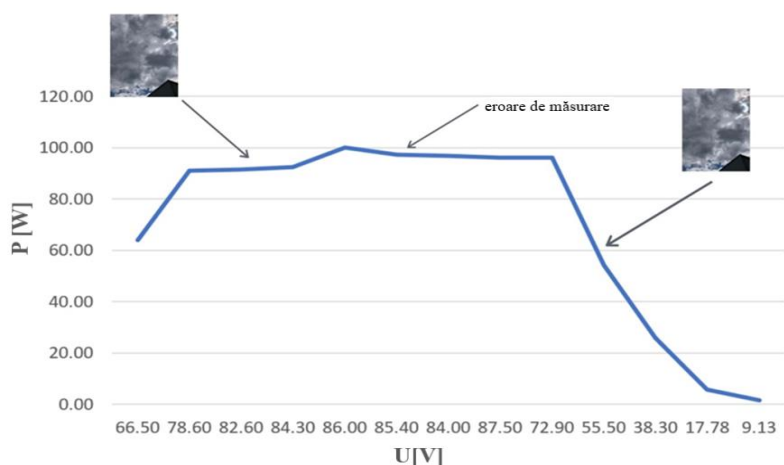


Fig. 4. Influența norilor asupra eficienței panoului fotovoltaic nou [24]

Umbrirea provocată de nori tinde să fie în detrimentul performanței modulelor fotovoltaice. Condiția de umbră provocată de nori a fost considerată una dintre cele mai considerabile surse de pierdere pentru instalațiile fotovoltaice. Soluția optimă pentru rezolvarea acestei probleme este evitarea umbririi pe cât mai mult posibil. Impactul pe care umbrirea o are asupra performanței modulului fotovoltaic depinde de anumiți parametri precum: nivelul iradiației solare și distribuția umbrelor pe suprafața panoului. Rezultatele obținute indică faptul că tensiunea de ieșire a panoului fotovoltaic scade odată cu creșterea suprafeței umbrite. Valoarea maximă a tensiunii pentru panoul fotovoltaic fără umbră a fost de 86 V, iar în prezența umbrei datorată norilor, tensiunea maximă a fost de 82,6 V ceea ce indică o scădere de 3,95% (Fig. 4.). Efectele norilor asupra curbei de putere sunt evidențiate prin imagini pe Fig. 4 la orele la care s-au produs.

În Fig. 5 s-a prezentat comparativ variația puterii în funcție de tensiune pentru un panou nou față de unul îmbătrânit, putându-se observa o scădere a eficienței panoului thin-film ZY-S100 de 25%, ceea ce înseamnă o scădere cu 3,57% pentru fiecare an de funcționare [24].



Fig. 5. Puterea de ieșire panou nou vs îmbătrânit [24]

În ceea ce privește impactul picăturilor de apă de pe suprafața panoului, s-a ajuns la concluzia că picăturile de apă scad temperatura modulului fotovoltaic, care la rândul său crește diferența potențială, îmbunătățindu-se astfel puterea de ieșire. De asemenea, s-a observat că indiferent de starea panoului, nou sau îmbătrânit, efectele picăturilor de apă sunt aceleași.

Măsurătorile efectuate asupra panoului fotovoltaic atunci când cerul era acoperit de nori au indicat faptul că umbrirea provocată de nori tinde să fie în detrimentul performanței modulelor fotovoltaice, tensiunea de ieșire a panoului scăzând odată cu creșterea suprafeței umbrite. Totodată, din măsurători și calcule s-a observat că, pentru panourile utilizate în prezența norilor, a avut loc o scădere a tensiunii de ieșire de 3,95%.

Rezultatele testelor privind impactul îmbătrânirii celulelor fotovoltaice asupra producției de energie electrică a panourilor thin-film ZY-S100 a arătat o scădere a eficienței panoului de 25% în cei 7 ani de funcționare, ceea ce înseamnă o scădere cu 3,57% pentru fiecare an de funcționare. Chiar dacă în literatura de specialitate se indică un procent al scăderii randamentului pe an de 1% pentru panouri fotovoltaice, studiul efectuat a evidențiat faptul că este importantă specificarea tipului de panou și a celulelor fotovoltaice pentru care s-au efectuat măsurători experimentale.

-testarea panourilor fotovoltaice policristaline SV-L-230 la efectele depunerilor de praf

Pentru a evalua influența prafului asupra panourilor fotovoltaice policristaline, s-a testat un panou prăfuit care a fost expus condițiilor reale de mediu (zona cu trafic aglomerat) timp de 10 luni [20]. Testările s-au efectuat timp de 4 zile monitorizând puterea de ieșire din ora în ora. La începutul încercărilor experimentale, măsurarea tensiunii de ieșire și a curentului de scurtcircuit au fost monitorizată din 10 în 10 minute pentru verificarea conexiunilor aparaturii de măsurare [20]. Acumularea de praf pe un panou a fost de 12,1974 g și a avut un aspect argilos (Fig. 6) având în componență nisip argilos și cenușă zburătoare. Panoul fotovoltaic având o suprafață de 1,729 m² s-a calculat că în timpul celor 10 luni de expunere pe panou sa depus o cantitate de 23,51 mg/m² zi.



Fig. 6. Panouri policristaline testate încărcate cu praf [20]

Variația puterii funcție de tensiune pentru panoul fotovoltaic acoperit cu praf, este prezentată în Fig. 7, comparativ cu înregistrările efectuate pe un panou curat [20]. În punctele de inflexiune ale curbei s-au marcat prin imagini cauzele scăderii puterii (nori care au umbrat panoul). Rezultatele măsurătorilor au fost approximate prin curbe polinomiale marcate punctat pe figură.

Se observă diferența de putere de ieșire între cele două panouri (prăfuit vs. neprăfuit). Praful acumulat pe panoul fotovoltaic testat (PVT) acoperă și blochează iradierea solară care ajunge la suprafața panoului, iar acest lucru influențează valoarea curentului și puterea la bornele panoului fotovoltaic testat acoperit cu praf (PVT_{ap}). Prin urmare, puterea de ieșire de la panoul fotovoltaic de referință (PVR) este mai mare decât a panoului PVT_{ap} a cărei eficiență a fost afectată de praf [20].

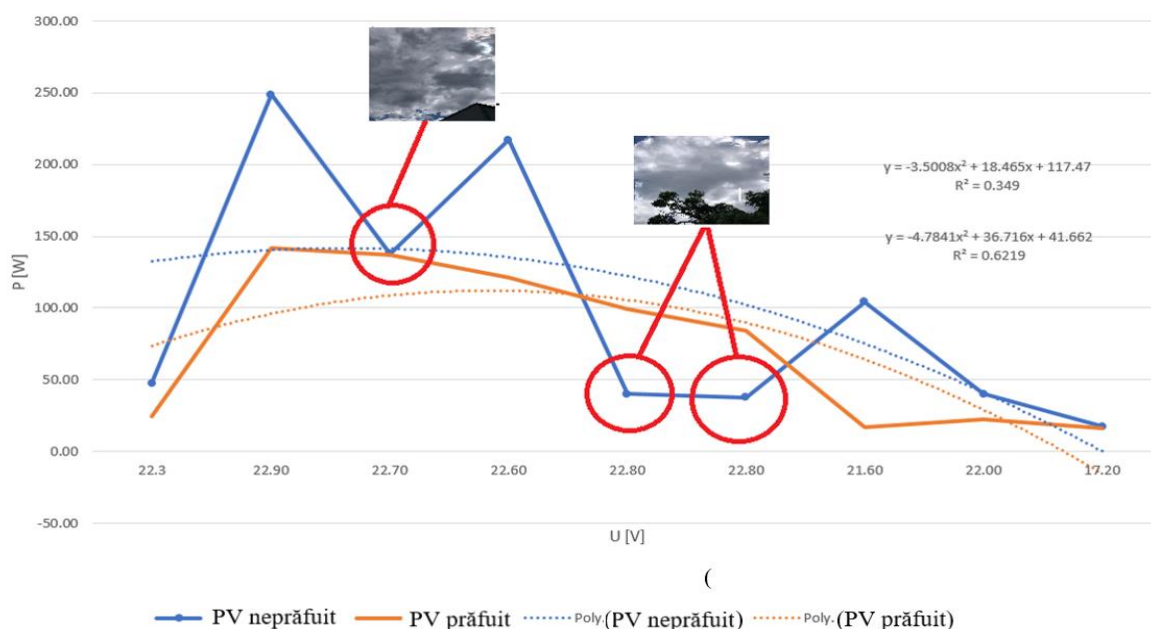


Fig. 7. Variația puteri panou curat vs. panou prăfuit [20]

Reducerea puterii și eficiența modulelor fotovoltaice poate fi determinată analitic pe baza relațiilor (4) și respectiv (5) [20]:

$$p = P_{PVR} - \frac{P_{PVT}}{P_{PVR}} \cdot 100\% \quad (4)$$

$$e = \eta_{PVR} - \frac{\eta_{PVT}}{\eta_{PVR}} \cdot 100\% \quad (5)$$

Puterea de ieșire pentru PVR la ora 10:00 a fost de 248,57 W, în timp ce puterea de ieșire pentru PVT_{ap}, în același timp, a fost de 141,98 W. În consecință, reducerea puterii de ieșire a fost de 43%. Eficiența PVR calculată a fost egală cu 100%, iar eficiența PVT_{ap} a fost egală cu 57,12%. Așadar s-a înregistrat o reducere a eficienței cu 42,9% [20]. Rezultatele au arătat că aceste reduceri ale puterii și eficienței au fost cauzate de scăderea curentului de scurtcircuit al modulului PV cu acumulare de praf. Se pare că particulele de praf dispersează razele solare care cad pe suprafața panoului fotovoltaic, reducând astfel cantitatea puteri de ieșire. După curățarea colectorului solar de praf s-a colectat o cantitate de 12,1974 grame [20].

Mai mult compoziția prafului a condus la scăderea eficienței panoului fotovoltaic prin crearea unui ecran impermeabil pentru radiația solară. De exemplu, nisipul argilos împreună cu apa poate crea asemenea ecrane.

-testarea panourilor fotovoltaice policristaline SV-L-230 la efectele peliculei de apă

Temperatura este un factor determinant semnificativ care afectează viteza fluxurilor electrice prin orice circuit electric. În consecință, s-au efectuat diverse modalități de îmbunătățire a

sistemului PV din punct de vedere al eficienței și performanțelor în condiții de temperatură neoptimale, de exemplu, sisteme de răcire care utilizează aerul exterior și apa.

Pentru a simula influența peliculei de apă asupra performanțelor panourilor fotovoltaice, în concret asupra puterii debitate, în timpul măsurărilor a fost creată o pelicula de apă pe suprafața panoului fotovoltaic, ceea ce se poate observa în Fig. 8 [20].



Fig. 8. Formarea peliculei de apă pe panoul fotovoltaic

În Fig. 9 și Fig. 10 se prezintă diferența de putere de ieșire dintre PVR și a panoului fotovoltaic testat cu peliculă de apă ($P_{VT_{pl}}$). Pentru a arăta influența peliculei s-au efectuat măsurători în intervalul orar 13:05-13:50 pe un panou cu film de apă și panou curat uscat, în zile diferite respectând intervalul orar și la o iradiere aproximativ aceeași, care a variat de la 697 și 536 W/m^2 .

Reprezentarea puterii debitate în cele două situații s-a realizat în funcție de tensiune (Fig. 9) și curentul de scurtcircuit (Fig. 10) pe intervalul orar considerat [20].

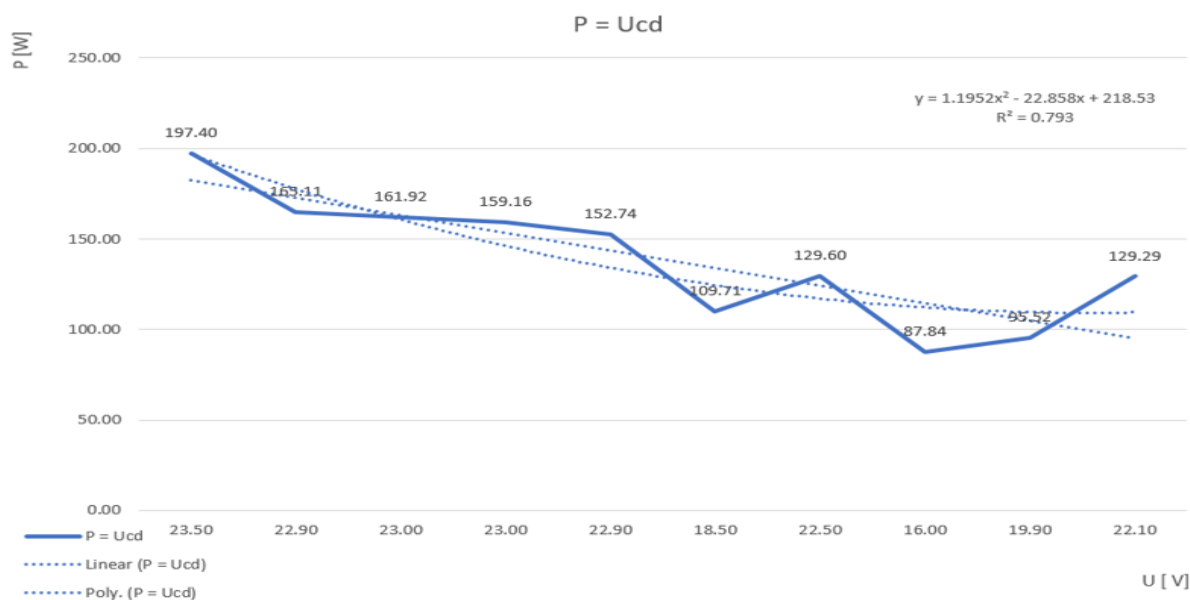
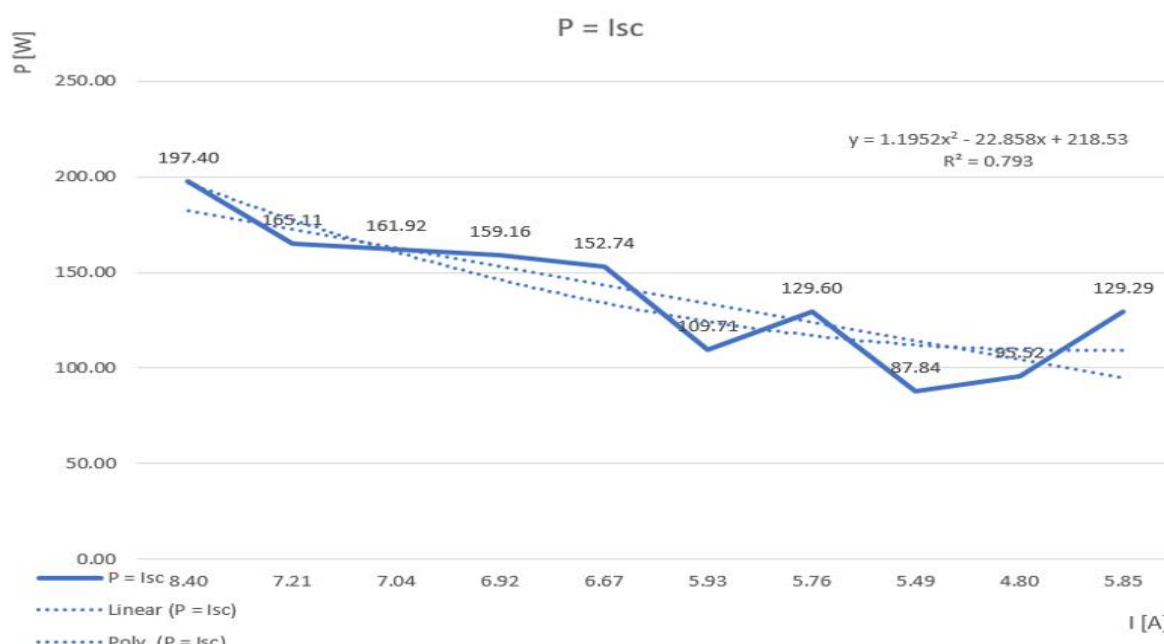


Fig. 9. Variația puterii sub influența filmului de apă - $P=f(U)$ [20]

Fig. 10. Variația puterii sub influența filmului de apă - $P=f(I)$ [20]

Din analiza Fig. 9 și Fig. 10, este evident că puterea de ieșire pentru PVT_{pl} este mai mare decât cea a PVR (uscat). Puterea de ieșire pentru PVR la 13:05 a fost egală cu 184,60 W, iar pentru PVT_{pl} în același timp, puterea de ieșire a fost de 197,40 W. A rezultat un procent de îmbunătățire a puterii de 6,5%. Pelicula de apă scade temperatura panoului fotovoltaic, care la rândul său crește diferența potențială, îmbunătățindu-se astfel puterea de ieșire. Pentru celula solară policristalină, la scăderea temperaturii cu 1°C, tensiunea la bornele panoului crește.

Tensiunea de mers în gol U_0 se determină folosind relația (6), iar tensiunea de ieșire a unui panou fotovoltaic $U_{cd \text{ amb}}$ (tensiunea circuitului deschis la temperatura ambiantă) poate fi estimată, la o anumită temperatură, cu relația (1) [20]:

$$U_0 = U_{ost} - 0,0023 \cdot n_c \cdot (T_c - 25) \quad (6)$$

unde:

U_{ost} - tensiunea de mers în gol la temperatura standard;

T_c - temperatura curentă a celulei, în °C;

n_c - numărul de celule interconectate în modulul PV.

Relația (1) arată că, pentru o temperatură ambiantă scăzută, s-ar obține o tensiune ridicată. Curgerea apei pe suprafața panoului fotovoltaic are două avantaje: răcirea panoului fotovoltaic la supraîncălzire și curățarea panourilor amplasate în regiuni prăfuite. Rezultatele obținute confirmă că eficiența PVR este îmbunătățită. Acest lucru se datorează faptului că apa căzând pe suprafața panoului a dus la scăderea temperaturii ceea ce a determinat creșterea puterii. În consecință, eficiența generală a panoului este îmbunătățită, în special în timpul zilelor de vară și cer senin. Prin urmare, se poate concluziona că sistemele de răcire cu peliculă/stropire cu apă oferă o

soluție optimă pentru asigurarea eficienței energetice a panoului. Cu toate acestea, viabilitatea economică a soluției este discutabilă.

-testarea panourilor fotovoltaice policristaline SV-L-230 la efectele depunerilor solide (frunze uscate, iarbă, paie etc.)

Murdărirea panourilor cu depuneri de tipul frunze uscate, iarbă, paie și apa de ploaie încărcată cu poluanți, poate duce la scăderea performanței panourilor fotovoltaice prin reducerea transmitanței capacului de sticlă ale panourilor fotovoltaice. Potrivit statisticilor oferite de NREL [20], [97] și ale producătorilor de panouri fotovoltaice, pierderile datorate acestor cauze se situează în intervalul 25-30%. Frunzele, iarba și paiele pot fi considerate o formă de „umbrire”, care împiedică radiația solară să ajungă la suprafața panoului.

În Fig. 11 se observă o reducere a puterii de ieșire la ora 16:25 care este egală cu 47%, ceea ce ilustrează că depunerile de frunze uscate, iarbă și paie au afectat eficiența modulelor fotovoltaice [20].

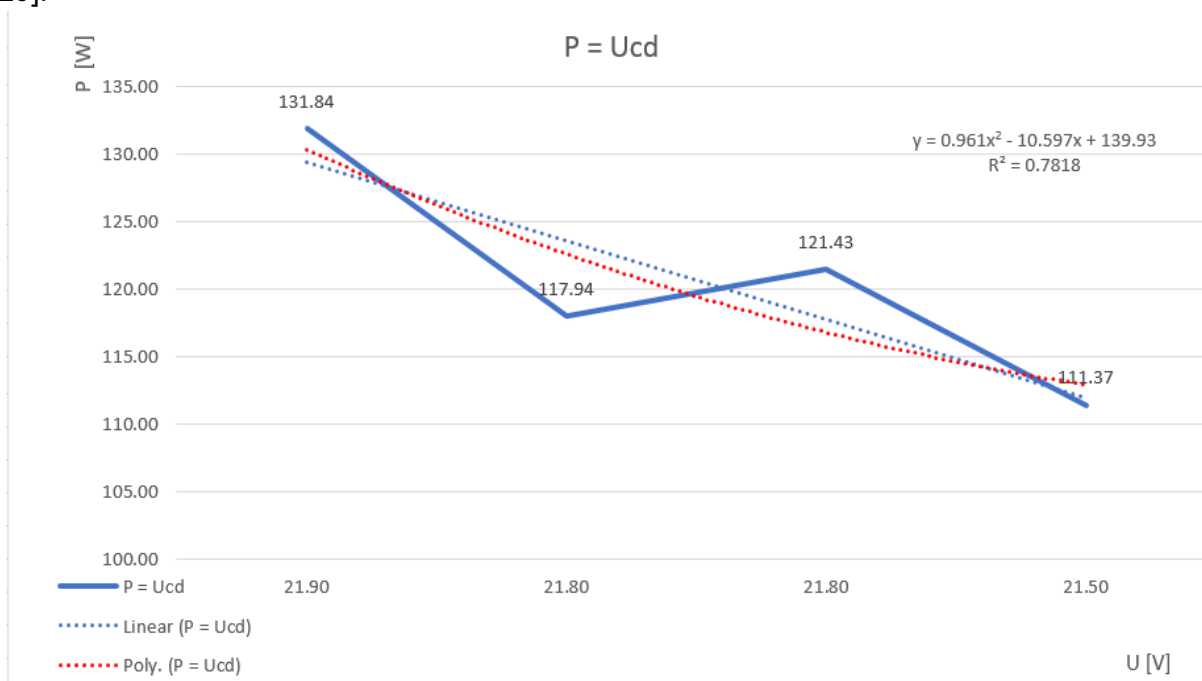


Fig. 11. Efectul depunerilor de frunze uscate, iarbă, paie (murdări) la puterea și tensiunea circuitului deschis [20]

-testarea panourilor fotovoltaice policristaline SV-L-230 la efectele norilor / umbririi parțiale

Norii și umbrirea parțială tind să fie în detrimentul performanței modulelor fotovoltaice. Această cauză apare în general atunci când panourile se umbresc unele pe altele, fenomen denumit în mod obișnuit „umbrire de șir”. Prezența acestui fenomen este evidențiată în Fig. 12 [20], iar în Fig. 13 [20] se observă efectele acestui fenomen asupra performanțelor panourilor fotovoltaice.



Fig. 12. Umbrirea parțială a panoului fotovoltaic [20]

Se observă că umbrirea parțială, care apare inevitabil din cauza amplasării fixe a panourilor PV, poate fi considerată una dintre cele mai importante surse de pierdere pentru un panou fotovoltaic. Soluția optimă este evitarea umbririi parțiale, ori de câte ori este posibil. Impactul umbririi asupra performanței modulelor fotovoltaice este influențată de o serie de parametri care includ nivelul de reducere a radianței solare, distribuția umbrelor pe suprafața panoului. Aceste efecte pot fi atenuate cu ajutorul diodelor bypass și prin configurația panourilor în matricea sistemului [20].

Studiul efectuat a evaluat efectul de umbrire considerând că jumătate de PV este umbrît, ceea ce a determinat reducerea curentului de scurtcircuit, a tensiunii și prin urmare a puterii de ieșire a panoului PV umbrît parțial, așa cum se arată în Fig. 13 [20].

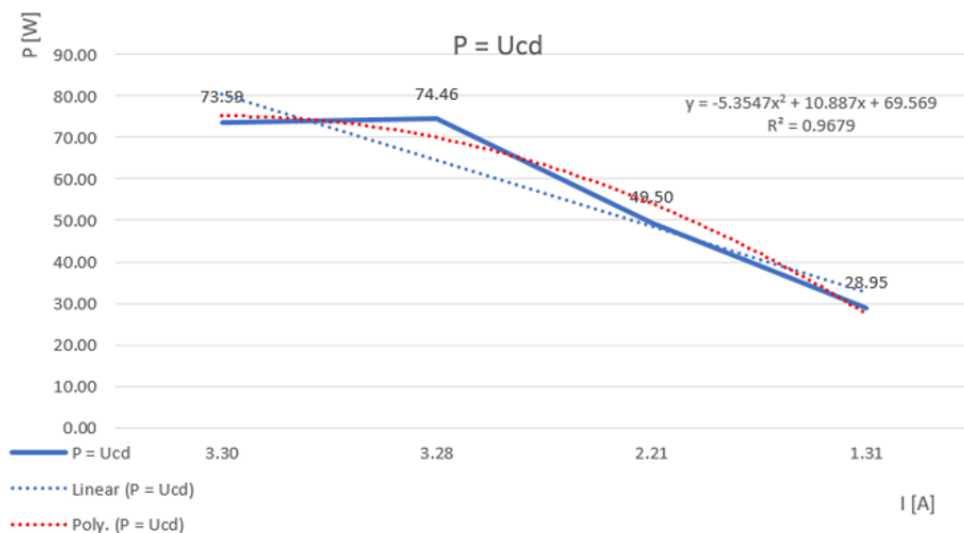


Fig. 13. Variația puterii sub efectul de umbrire parțială a PV [20]

Valoarea fără efectul umbririi panoului fotovoltaic, măsurat la ora 15:05 este de 104,42W, iar când panoul fotovoltaic a fost umbrît pe jumătate din suprafață, puterea panoului fotovoltaic, la aceeași oră și în aproximativ aceleași condiții climatice a fost de 73,59W, înregistrându-se o reducere a puterii generate de 30%, ceea ce arată că o zonă umbrîtă chiar și pe porțiuni mici poate duce la o pierdere considerabilă de putere [20].

În perioada încercărilor experimentale au existat și perioade de înnorare timp de 10-20 minute, perioadă în care s-au efectuat măsurători pentru realizarea unei comparații în ceea ce privește scăderea puterii, tensiunii și curentului de scurtcircuit a panoului fotovoltaic.

Puterea de ieșire s-a redus odată cu umbrirea cauzată de nori a panoului fotovoltaic. Valoarea puterii panoului PV neumbrit la orele 12:00 a fost de 217,06W și la orele 15:00 a fost de 104,42W). Pentru panoul fotovoltaic acoperit de nori, în același interval orar 12:00-15:00 (aproximativ aceleași condiții climatice), puterea panoului fotovoltaic PV a fost de 40,04W și respectiv 37,76W. Cantitatea de putere s-a redus până la 81% în intervalul orar analizat (12:00-15:00). În Fig.14 se arată că o umbrire cu nori într-un interval orar de două ore poate duce la o pierdere dramatică a puterii sistemelor fotovoltaice [20].

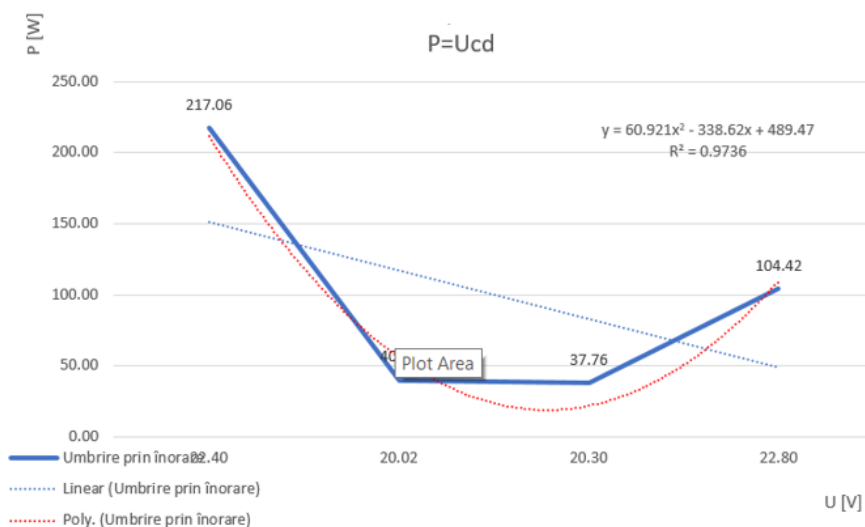


Fig. 14. Efectele umbririi cu nori, asupra puteri [20]

Pe baza datelor obținute s-a realizat o analiză comparativă între eficiența panoului fotovoltaic policristalin SV-L-230 în condiții reale de funcționare vs. condiții de testare. Puterea panoului SV-L-230 în condiții de testare este de 230 W, care privită comparativ cu condițiile reale de testare a generat următoarele diferențe [20]:

- putere maximă obținută în condiții de însorire (condiții reale de funcționare) 248,57 W (ora 10:00), orientare EST, înclinare la 45° → obținerea eficienței maxime 100 %;
- putere maximă obținută la testarea în condiții de praf 141,98 W (ora 10:00), orientare EST, înclinare la 45° → o scădere cu 38% ;
- putere maximă obținută la testarea cu peliculă de apă 197,40 W (ora 13:05), orientare EST, înclinare la 45° → o creștere cu 6,5%;
- putere maximă obținută la testarea cu depuneri solide (frunze uscate, iarbă, paie etc.) 131,84 W (ora 16:25), orientare EST, înclinare la 45° → o scădere cu 47%;
- putere maximă obținută la testarea cu nori/umbrirea parțială 73,59 W (ora 15:05), orientare EST, înclinare la 45° → o scădere cu 70% ;

Chiar dacă analizele s-au făcut pentru studii de caz care au impus orientarea panourilor pe direcția EST, panourile fotovoltaice s-au testat și pentru orientarea optimă, respectiv direcția SUD, păstrându-se înclinația de 45°. Rezultate obținute privite comparativ cu rezultatele pentru orientarea panourilor pe direcția EST, considerând aceleași condiții de însorire favorabile și starea panourilor uscată, au scos în evidență următoarele aspecte care sunt evidențiate și în Fig. 15 [20]:

- putere maximă obținută în condiții de însorire (condiții reale de funcționare) 248,57 W (ora 10:00), orientare EST, înclinare la 45° → obținerea eficienței maxime 100 %, care scade drastic după ora 16 în lunile de vară datorită faptului că panoul se auto umbrește total.

- pentru a vedea dacă orientarea SUD este favorabilă producției de energie și după ora 16:00, s-au efectuat măsurători începând cu ora 15:30 până la ora 16:30 reprezentate în (Fig.15). Puterea maximă obținută în condiții de însorire (condiții reale de funcționare) este 207,93 W (ora 15:30) și scade până la 173,72 W (ora 16:30) ceea ce demonstrează influența orientării panourilor fotovoltaice asupra producției de energie în funcție de intervalul de însorire.

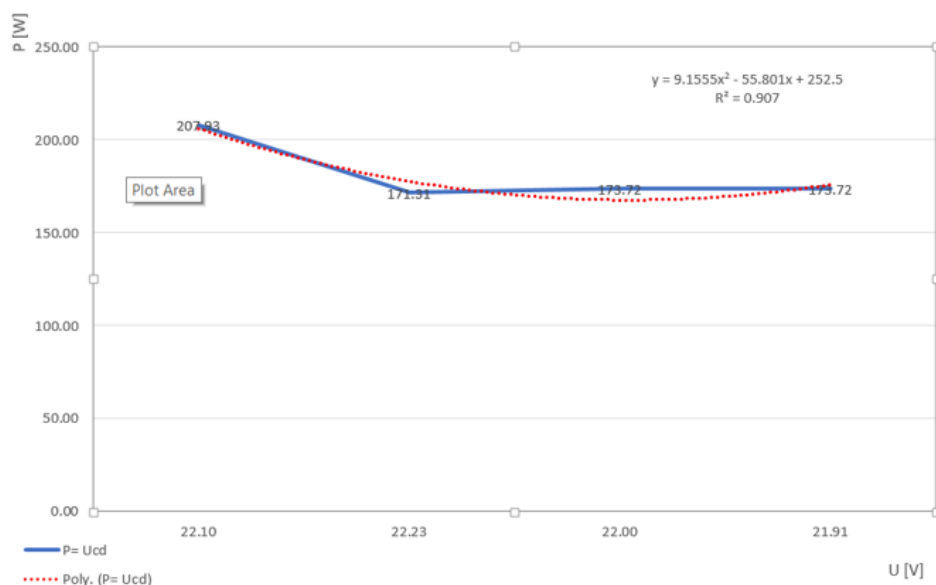


Fig. 15. Eficiența puterii panoului orientat pe direcția SUD [20]

Prin urmare, testarea panourilor fotovoltaice policristaline tip Solovent SV-L-230 a scos în evidență impactul condițiilor climatice (în diferite scenarii: acumulare de praf, peliculă de apă, nori/efecte de umbră parțială și depuneri solide - frunze uscate, iarbă, paie) asupra performanței acestora.

Rezultatele experimentale, indică perturbări în curbele I-U și P-U pentru panourile cu praf, dar și o scădere a I_{sc} pentru panourile cu praf comparativ cu cele curate. Aceste rezultate sunt explicate prin efectul acumulării de praf pe suprafața modulului, care blochează radiația solară și astfel reduce eficiența de conversie a modulelor fotovoltaice, înregistrându-se o pierdere de putere de 38%. Aceste rezultate arată clar importanța întreținerii corecte a modulelor fotovoltaice pentru a evita degradarea acestora prin depunerile de praf. Ca atare, panourile solare

trebuie curățate în mod regulat în conformitate cu condițiile meteorologice și gradul de poluare a zonelor în care acestea sunt amplasate. Mai mult, compoziția prafului duce la scăderea eficienței panoului fotovoltaic prin crearea unui ecran impermeabil pentru radiația solară. De exemplu, nisipul argilos împreună cu apa pot crea asemenea ecrane. Pentru o exploatare judicioasă a sistemelor fotovoltaice se impune monitorizarea operațiunilor de îndepărtare a prafului și eventual cantitatea de praf colectată pentru a crea scenarii și predicții privind producția de energie.

Energia captată de sistemul fotovoltaic cu nori/parțial umbrit este mult mai mică decât estimată a fi captată pentru radiație solară medie și procentul de reducere a crescut prin scăderea suprafeței panoului fotovoltaic care primește lumina soarelui. Rezultatul arată că, umbrirea parțială, a determinat o reducere a curentului de scurtcircuit și a tensiunii, iar puterea a scăzut cu 70%, ceea ce demonstrează faptul că sistemele fotovoltaice trebuie amplasate în locații adecvate pentru a obține o eficiență maximă prin evitarea condițiilor de umbrire [20].

Rezultatele testelor privind impactul peliculei de apă pe un panou fotovoltaic indică o îmbunătățire a puterii de ieșire debitată de panoul fotovoltaic, de cel puțin 6,5%. Pelicula de apă scade temperatura pe față și spatele panourilor fotovoltaice (de exemplu, acestea par să aibă și un efect de amplificare a radiației solare) în timp ce crește tensiunea panoului fotovoltaic. Este, de asemenea, evident că utilizarea apei ca agent de răcire pe suprafețele panoului PV poate fi un proces eficient de răcire și curățire pentru astfel de suprafețe și, prin urmare, pot genera mai multă energie, în special în zilele foarte însorite, când soarele cade direct pe suprafața panourilor solare [20].

Panoul fotovoltaic care a fost acoperit de depuneri solide (frunze uscate, iarbă, paie) reduce puterea de ieșire a sistemului fotovoltaic cu aproximativ 47%. Prin urmare, rezultatele sugerează că reducerea puterii de ieșire a panoului depinde de cantitatea de depuneri solide. În consecință, importanța perioadei de curățarea a celulelor solare nu trebuie trecută cu vederea atunci când se încearcă obținerea eficienței dorite a unui sistem fotovoltaic [20].

- ***Simulări experimentale privind fiabilitatea implementării sistemelor solare autonome sau cuplate cu pompe de căldură. Studii de caz***

În următoarea etapă de cercetare, pe baza rezultatelor cercetărilor experimentale efectuate s-au efectuat o serie de simulări privind amplasarea panourilor fotovoltaice pe diferite corpuri de clădire a unor instituții de învățământ din Timișoara (clădirile au fost selectate considerând că există posibilitatea de a instala suficiente panouri astfel încât să acopere, cel puțin parțial, necesarul de energie electrică).

Prin exemplificările pe studii de caz s-a studiat eficiența integrării tehnologiilor fotovoltaice autonome sau cuplate cu pompe de căldură. Simulările pentru sistemele fotovoltaice s-au efectuat folosind software-ul Polysun [19], [25] [89], [90], [91].

Studiu de caz 1- Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară a Banatului din Timișoara – (USAMVBT)

În prima etapă de cercetare s-a avut în vedere cazul ce mai simplu și anume a unui consumator (din categoria clădiri de învățământ) neracordat la sistemul centralizat de energie termică. Astfel, s-a identificat Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară a Banatului

din Timișoara - USAMVBT), cu un necesar de căldură de 1,2 MW [19]. Pentru această situație s-a analizat extinderea rețelei de distribuție în varianta clasică, zonarea sistemului și integrarea SRE, în variantele:

- *racordarea directă la sistemul de termoficare;*

În acest context, problematica studiată a fost identificarea de soluții aplicabile atât la furnizorul de energie termică cât și la nivelul consumatorului final, care să permită reducerea temperaturii de alimentare la o valoare cât mai scăzută fără a afecta consumatorul final [19]. Soluțiile abordate necesită măsuri atât la furnizorul de energie termică cât și la nivelul consumatorului final. Pentru început s-a pornit de la necesitatea utilizării conductelor cu un grad cât mai ridicat de izolare termică pentru reducerea pierderilor pe rețea.

Studiul de caz realizat propune alimentarea unui consumator nou, izolat, și anume clădirile din campusul Universității de Științe Agricole și Medicină Veterinară a Banatului (USAMVB) Timișoara. Racordarea se realizează din rețeaua primară existentă, necesitând un traseu de 1500 m și țevi din oțel preizolate D219,1x355mm, conform Fig. 16 [19], [12].



Fig. 16. Racordare USAMVB Timișoara [19]

- a) Extinderea rețelei – încadrare în zonă, b) Amplasare vană de amestec – detaliu
c) Punct termic propus - detaliu

În prima variantă de alimentare, cea clasică, direct din rețeaua termică primară (Fig.16 a), agentul termic transportat va avea o temperatură maximă pe tur de 110°C și pe retur de 60°C. Această variantă este cea mai ușor de implementat datorită faptului că nu implică echipamente speciale de control și automatizare, însă marele dezavantaj este lipsa posibilității de a se realiza diferite reglaje ale parametrilor agentului termic furnizat, iar circulația acestuia este una continuă pe tot parcursul anului neexistând posibilitatea de a fi oprit în situația în care consumatorul final nu are nevoie de energie termică pentru încălzirea spațiilor. Schema de principiu a instalației de alimentare a consumatorului în varianta clasică este prezentată în Fig. 17, iar variația pierderilor de energie este prezentată în Fig. 18 [19].

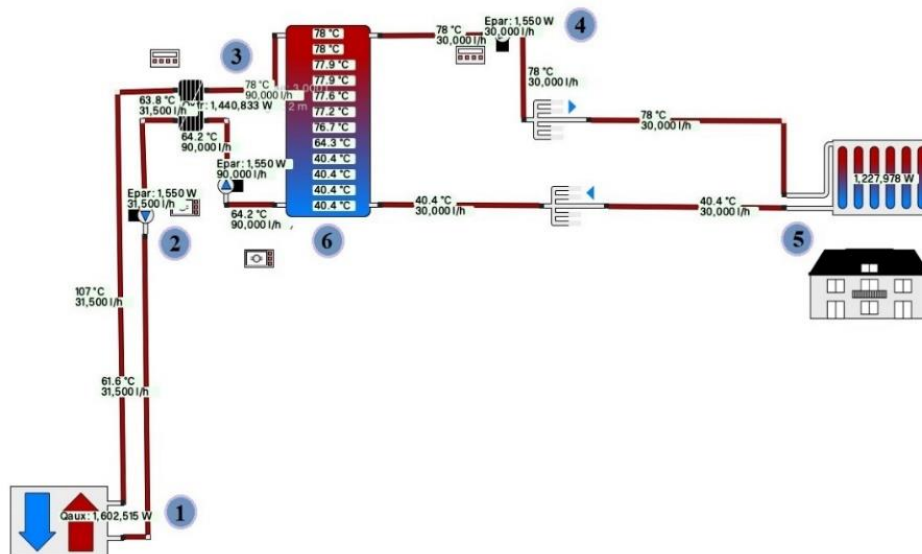


Fig. 17. Schema instalației existente [19]

1 – Punct termic, 2 – Pompă de circulație pe circuitul primar, 3 – Schimbător de căldură
4 – Pompă de circulație pe circuitul secundar, 5 – Consumator, 6 - Rezervor de stocare apă caldă

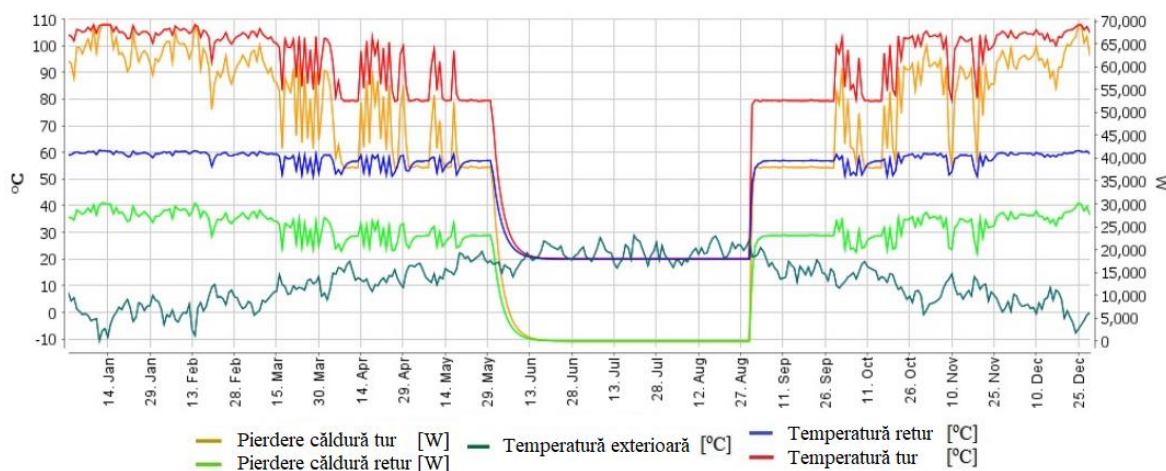


Fig. 18. Variația pierderilor de căldură – varianta clasică [19]

Simularea sistemului analizat, pentru alimentarea cu agent termic a USAMVB Timișoara s-a efectuat cu ajutorul programului de calcul Polysun [94], [95] care se bazează pe relația analitică (7), conform normativelor de proiectare a instalațiilor de încălzire [109], [110].

$$Q = m \cdot c_p \cdot (t_1 - t_2) \quad (7)$$

unde:

m – debit masic, în kg / s;

c_p – căldura specifică a apei, în kJ / kg · K;

t_1 – temperatura apei, în °C;

t_2 – temperatura exterioară, în °C.

- reducerea temperaturii agentului termic utilizând vane de amestec;

Pentru a fi realizată reducerea de temperatură s-a identificat ca primă soluție, alimentarea obiectivelor care au nevoi de temperatură diferite utilizând trasee dedicate pentru fiecare consumator, lucru care permite reglarea temperaturii agentului termic și reducerea temperaturii pentru consumatorii care dețin instalații interioare de joasă temperatură (încălzire radiantă). Fig. 19. [19], [111], [112].

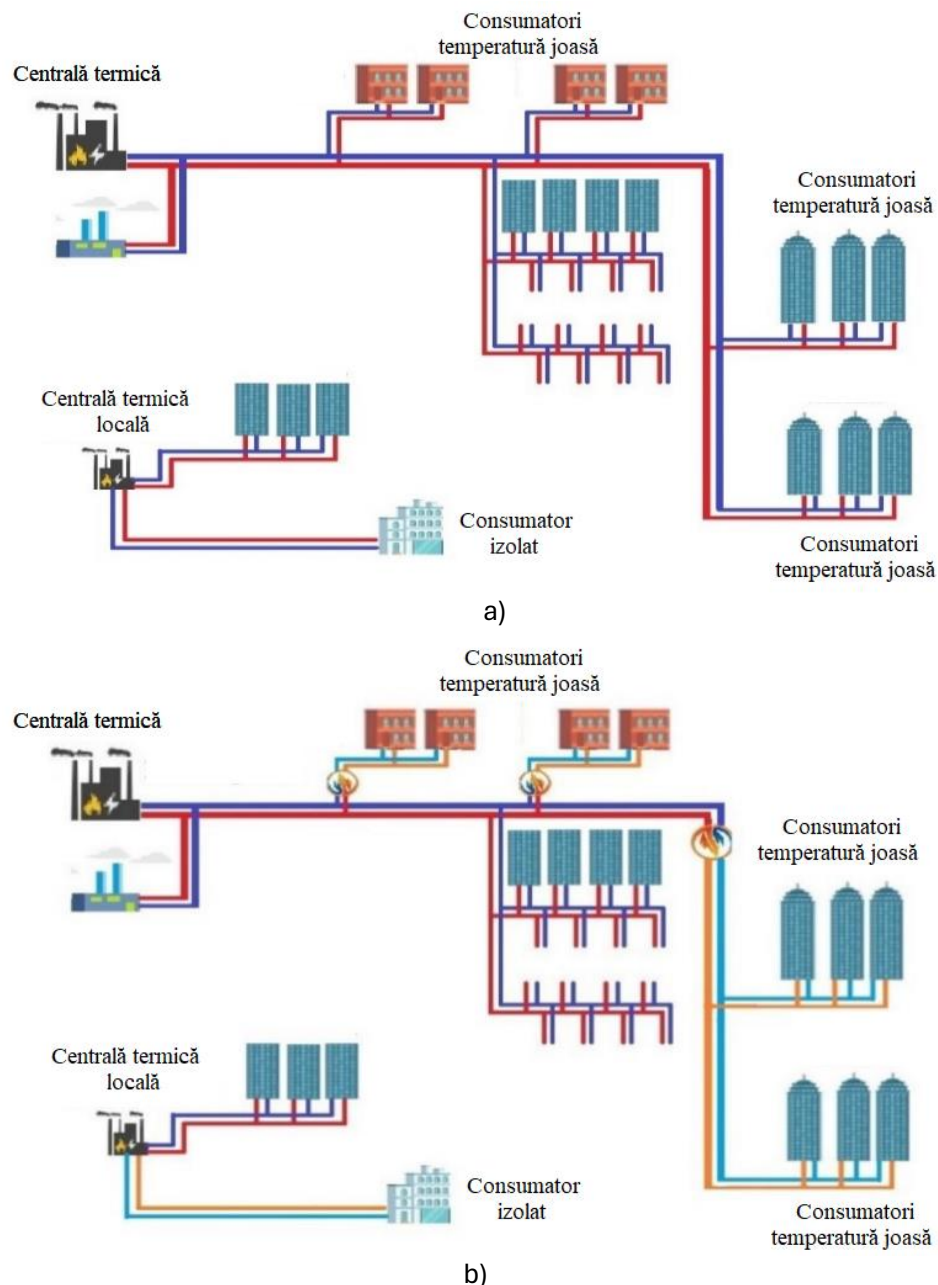


Fig. 19. Soluții de zonare a sistemului de termoficare [2]

a) înainte de zonare b) după zonare

O a **doua soluție** de modernizare a sistemului de distribuție a agentului termic este utilizarea unei bucle de amestec care realizează un amestec între agentul termic tur și agentul termic retur,

soluție care duce la reduceri de temperatură pe conductele care alimentează consumatorul propus pentru racordare. Bucla de amestec are rolul de a prelua apa de pe returul sistemului la temperatura t_r și de a o injecta în turul sistemului de alimentare care are temperatura t_t , astfel că se va obține o temperatură de amestec t_{am} [19], [111]. Temperatura de amestec este de fapt temperatura necesară asigurării parametrilor instalației consumatorilor finali din zona deservită de bucla de amestec. În situația studiată în care noul consumator pentru care se propune racordarea la sistemul centralizat de termoficare nu se află localizat în apropierea unui punct termic existent pentru a putea fi alimentat prin intermediul unei rețele de termoficare dedicată, s-a propus utilizarea unei alte soluții de modernizare a rețelei de distribuție a agentului termic și anume introducerea unei vane de amestec pe traseul extins ce va alimenta noul consumator [111].

Modernizarea propusă are ca scop atât reducerea pierderilor de energie prin transportul agentului termic cât și reducerea emisiilor de CO_2 [111] prin controlul temperaturii de alimentare pe traseul ce deservește noul consumator în funcție de cerințele acestuia. Primul reglaj al temperaturii propune trecerea la un regim de temperatură mai scăzut față de cel clasic și anume temperatura maximă pe tur de $80^\circ C$ și pe retur de $60^\circ C$, în Fig. 20 observându-se variația pierderilor de căldură.

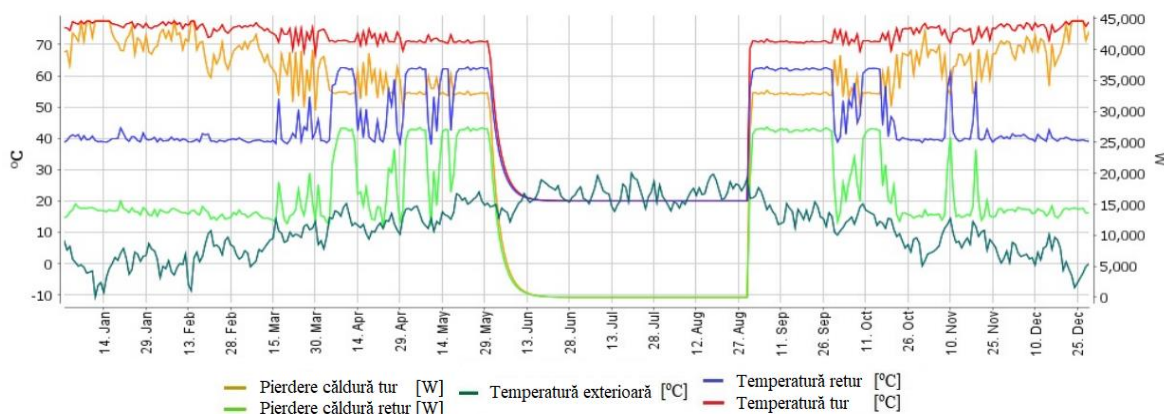


Fig. 20. Variația pierderilor de căldură – varianta cu vane de amestec și reducerea temperaturii pe tur la $80^\circ C$ și pe retur la $60^\circ C$ [19]

În cadrul acestei soluții de alimentare având în vedere faptul că temperatura de alimentare este încă destul de ridicată acest lucru permite și posibilitatea alimentării și a altor clădiri aflate în vecinătatea traseului termic extins care nu dețin instalații interioare de mare eficiență și necesita o temperatură mai ridicată de alimentare.

Alegerea acestei soluții de racordare indică o reducere a pierderii de energie pe traseul de alimentare cu un procent de 29,5 % față de varianta clasică O etapă ulterioară de eficientizare a distribuției agentului termic către consumator prin care temperatura de alimentare este din nou redusă pe tur/retur, de la $80/60^\circ C$ la $60/40^\circ C$ indică o reducere a pierderii de căldură pe traseul de alimentare cu un procent de 38,1 % față de varianta clasică (Fig. 21) [19].

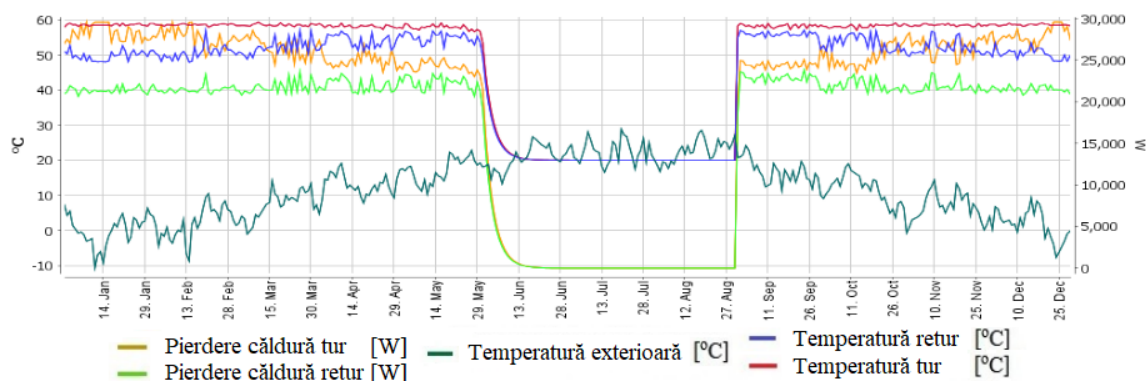


Fig. 21. Variația pierderilor de căldură – varianta cu vane de amestec și reducerea temperaturii pe tur la 60°C și pe retur la 40°C [19]

Practic, avantajul acestei noi reduceri de temperatură este reducerea evidentă a pierderii de căldură pe conductele de transport, însă apare și dezavantajul faptului că nu mai pot fi racordați din rețeaua de alimentare ce deservește USAMVB Timișoara și alți consumatori mai defavorizați care au nevoie de un nivel mai ridicat al temperaturii de alimentare [19].

Avantajele pe care le oferă utilizarea vanelor de amestec se referă în principal la reducerea pierderilor de căldură, la posibilitatea racordării surselor de energie regenerabilă, la controlul temperaturii și presiunii și nu în ultimul rând la reducerea emisiilor de CO₂. Prin monitorizarea părților critice ale rețelei cu bypass-uri inteligente sau puncte de măsurare, vanelor de amestec ajustează temperatura și presiunea pentru a satisface nevoia consumatorului în timp real, scăzând și mai mult pierderile de căldură și îmbunătățind confortul în mod continuu [19], [111], [112], însă aceste aspecte nu sunt tratate în mod deosebit în lucrarea de abilitare, ci s-a pus accent pe integrarea sistemelor fotovoltaice și a pompelor de căldură.

- *reducerea temperaturii agentului termic concomitent cu utilizarea energiei regenerabile*

În continuarea studiului s-a efectuat a treia etapă de simulare care vizează eficientizarea sistemului prin realizarea unei noi etape de reducere a temperaturii de alimentare concomitent cu utilizarea energiei regenerabile.

Soluția propusă pentru utilizatorul final presupune utilizarea ca sursă de energie agentul termic primar furnizat de sistemul centralizat al orașului, concomitent cu realizarea unui punct termic la nivel de consumator prin intermediul căruia să fie integrate diverse surse de energie regenerabilă. Ca primă sursă de energie regenerabilă s-a folosit o pompă de căldură apă-apă, care preia energia termică din rețeaua de termoficare, îi crește temperatura în funcție de cerința consumatorului final și o stochează într-un rezervor de 3000 de litri. O a doua sursă de energie termică o constituie instalarea unui număr de 50 de panouri solare termice, cu o suprafață totală de captare de 149m², care produc apă caldă captând energia solară, după care o transferă către apa din rezervorul de acumulare de 3000 l prin intermediul serpentinei cu care acesta este dotat.

Având în vedere creșterea consumului de electricitate prin integrarea pompei de căldură s-a considerat necesar să se instaleze panouri fotovoltaice pentru alimentarea cu energie electrică a acestora, a căror poziționare este prezentată în Fig. 22 [12], [19].

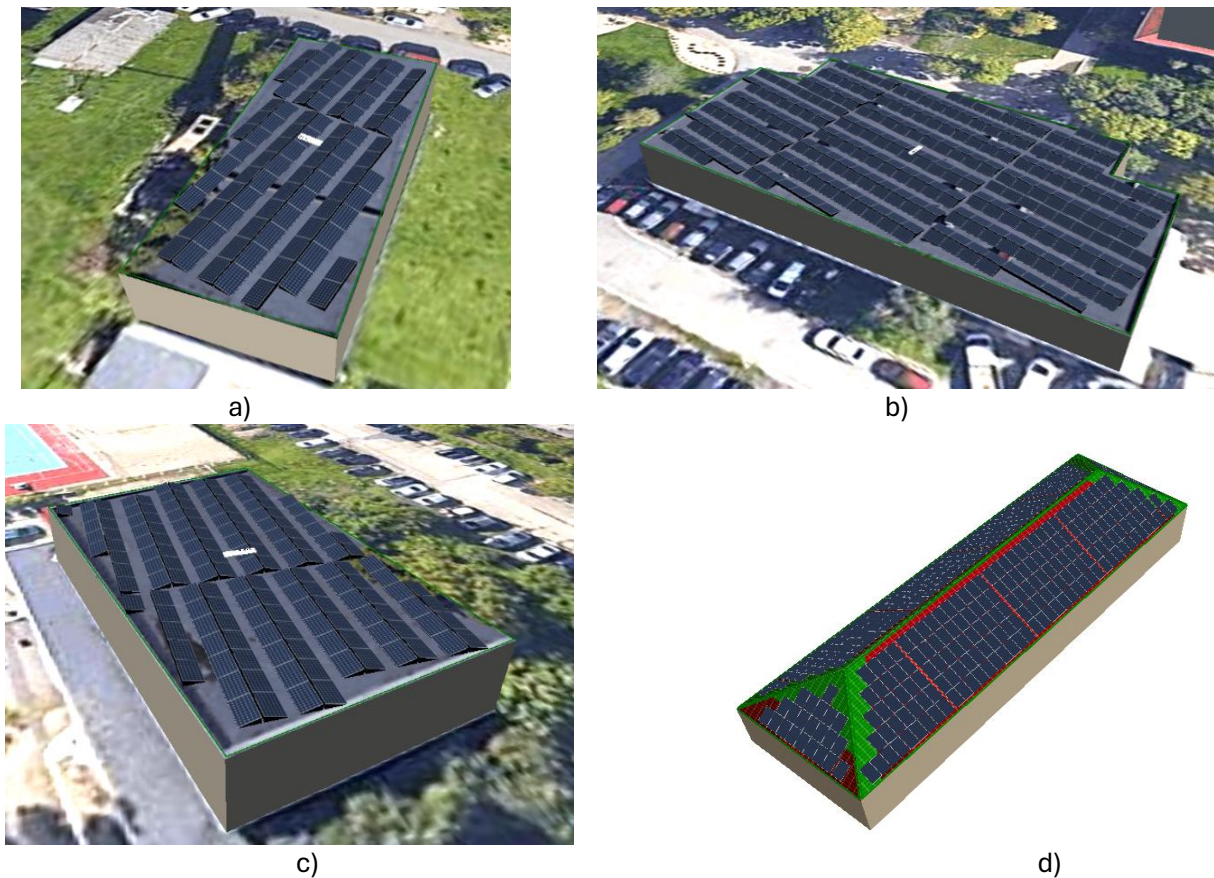
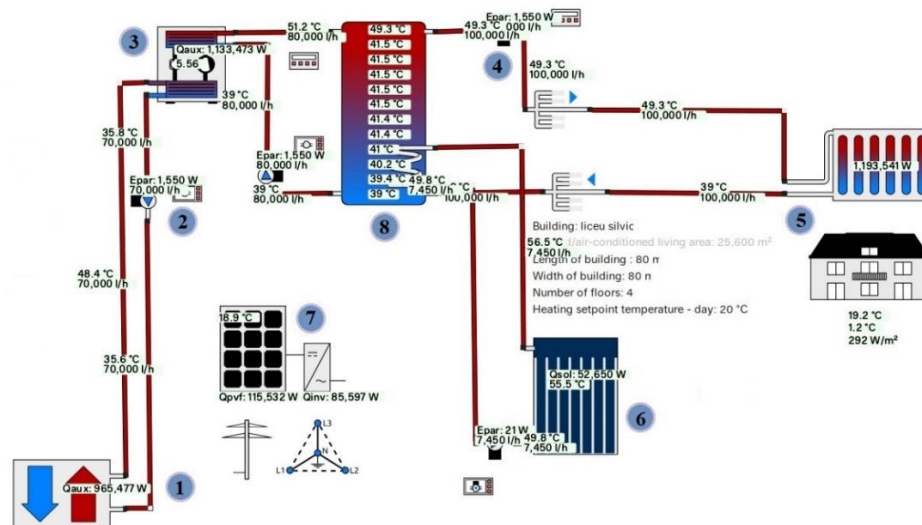


Fig. 22. Ansamblul corpurilor de clădire a Universității USAMVB [12], [19]

a) Clădire punct termic, b) Cantină, c) Sală de sport, d) Cămin 1, Cămin 2

Schema de funcționare a instalației de alimentare a USAMVB Timișoara care integrează SRE, este cea prezentată în Fig. 23 a, iar un detaliu al sistemului fotovoltaic este prezentat în Fig. 23 b [12], [19].



a)

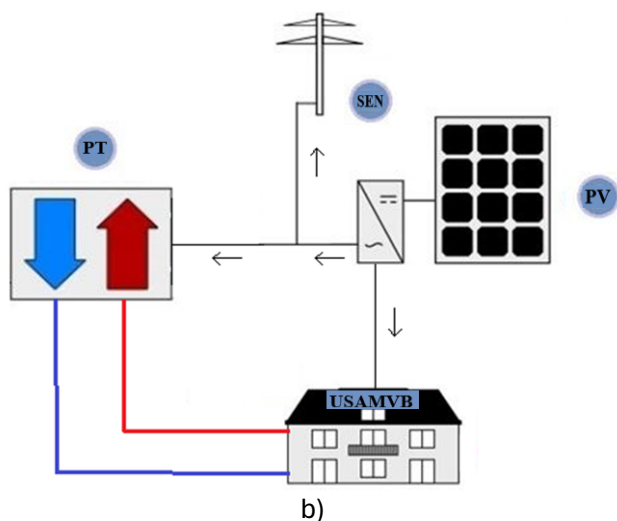


Fig. 23. Schemă funcțională pentru alimentarea cu energie termică a clădirilor USAMVB, cu integrarea SRE [19]

a) Schemă funcțională a instalației, b) Schema sistemului fotovoltaic

- 1 – Bucla de amestec, 2 – Pompă de circulație sistem, 3 – Pompă de căldură, 4 – Pompă de circulație consumator final, 5 – Consumator final, 6 – Panouri solare termice, 7, PV – Sistem fotovoltaic, 8 – Rezervor de stocare apă caldă, PT – Punct termic, SEN – Sistem Energetic Național

Pentru acesta etapă de eficientizare s-a realizat o nouă reducere a temperaturii agentului termic de alimentare a consumatorului final de la 60/40°C, tur/retur, la 50/30°C, iar rezultatele se pot observa în Fig. 24 [19], în care se prezintă variația pierderilor de căldură pe conductele de termoficare ce alimentează consumatorul final. Reducerea prin această eficientizare a pierderii de energie pe traseul de alimentare s-a realizat cu un procent de 70,4 % față de varianta clasică [19].

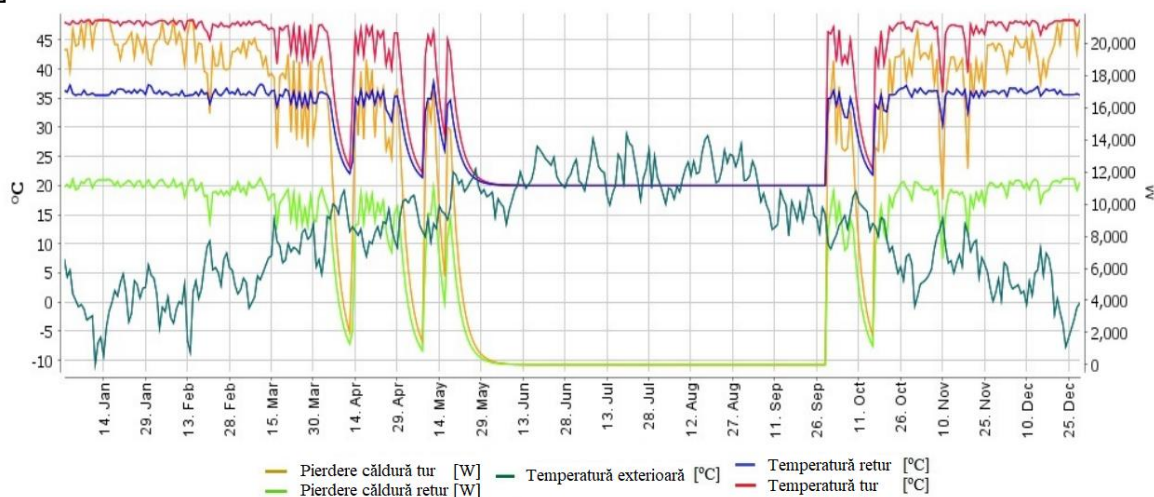


Fig. 24. Variația pierderilor de căldură – varianta cu integrarea SRE [19]

Rezultatele obținute în cele trei etape de simulare sunt centralizate și prezentate comparativ cu varianta clasică, în Tab. 1 [19].

Tab. 1. Analiza reducerii anuale a consumului și pierderilor de căldură [19]

Parametru	U.M.	Varianta clasică	Varianta 1 (tur/retur 80/60°C)	Varianta 2 (tur/retur 60/40°C)	Integrarea SRE (tur/retur 50/30°C)
Pierdere anuală de căldură	[MWh]	509,66	359,37	315,26	150,73
Reducerea pierderii de căldură	[%]	-	29,5	38,1	70,4

Această ultimă etapă de eficientizare simulată, care presupune integrarea SRE, introduce o multitudine de beneficii care îndeplinesc cerințele europene atât în ceea ce privește pierderea de energie, cât și reducerea emisiilor de CO₂.

Figurile 25, 26 și 27 arată reducerea consumului de energie și a emisiilor de CO₂ în varianta integrării sistemelor cu pompă de căldură, panouri solare termice și, respectiv panouri fotovoltaice [19].

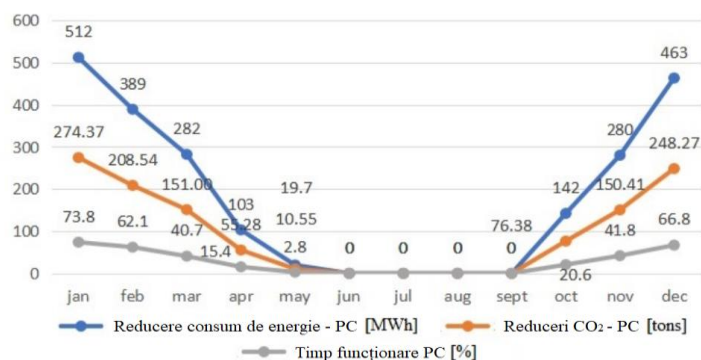
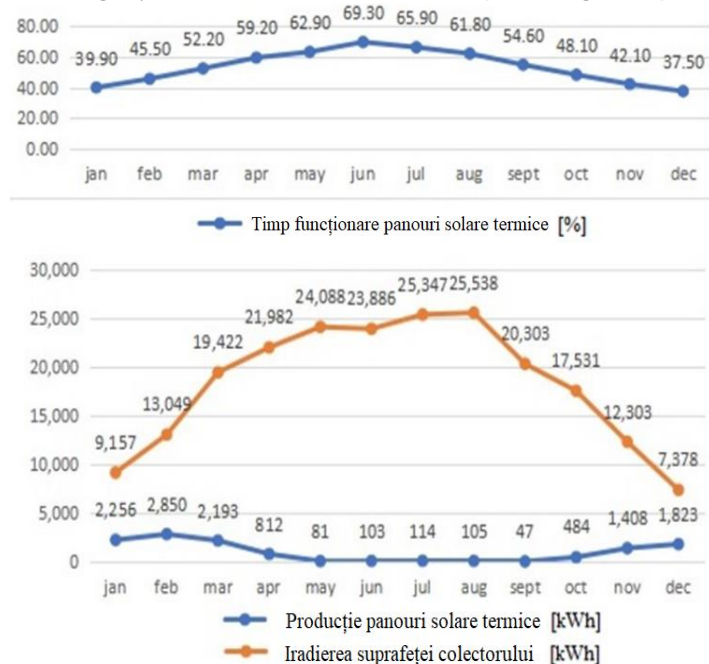
Fig. 25. Economia de energie și reducerea emisiilor de CO₂ prin integrarea pompei de căldură [19]

Fig. 26. Randamentul și perioada de funcționare a panourilor termice solare [19]

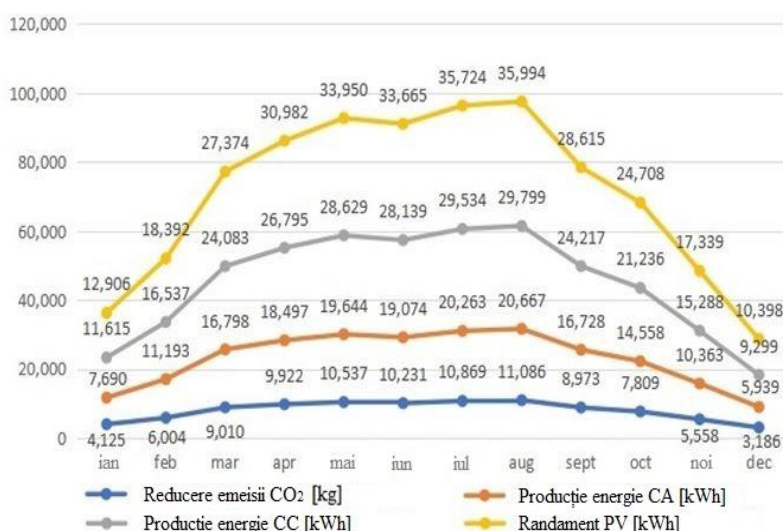


Fig. 27. Economia de energie și reducerea emisiilor de CO₂ integrând panouri fotovoltaice [19]

Din analiză efectuată privind posibilitatea alimentării cu căldură a clădirii de învățământ, de la sistemul centralizat al localității, se poate spune că în cazul racordării utilizând vane amestec s-a obținut o reducere a pierderii de energie pe traseul de alimentare cu un procent de maxim 38,1 % față de varianta clasică. O creștere a eficienței a fost dată de integrarea SRE. Astfel, prin integrarea pompei de căldură s-a obținut o reducere totală de 2190,7MWh, iar în ceea ce privește reducerea emisiilor de CO₂, s-a realizat o reducere totală de 1272,11 tone, prin integrarea pompelor de căldură și a panourilor solare termice. Integrarea panourilor fotovoltaice pentru alimentarea cu energie electrică a pompelor de căldură contribuie, de asemenea, substanțial la reducerea totală a emisiilor de CO₂ [19].

Studiu de caz 2- Facultatea de Construcții din Timișoara (Clădire principală, Depozit, Clădire Metal și ASPC)

Tot sub acest aspect s-au efectuat simulări și pentru clădirile Facultății de Construcții din Timișoara (Clădire principală, Depozit, Clădire Metal și ASPC), al cărui sistem de încălzire este alimentat dintr-un punct termic care este racordat la sistemul centralizat de termoficare din Timișoara prin rețeaua termică secundară până la consumatorii finali [14], [19], [89], [91]. S-a analizat, prin simulări experimentale cu ajutorul software-urilor Polysun SPTX Constructor [94] și Polysun Designer [95], posibilitatea instalării unui sistem fotovoltaic amplasat pe acoperișul corpurilor de clădire, cuplat cu o pompă de căldură aer-apă de 200kW [89], [91]. Scopul cercetărilor este acela de a realiza reducerea costurilor cu energia termică și electrică și implicit și a emisiilor poluante.

Studiile au pornit de la situația reală și anume aceea că cele patru corpuri de clădire sunt alimentate cu agent termic pentru încălzire și apă caldă de consum menajer din punctul termic care este racordat la circuitul secundar al rețelei de termoficare a orașului Timișoara.

Cercetările au demarat prin selectarea unui corp de clădire cu suprafața disponibilă cea mai mare pretabilă pentru instalarea unui sistem fotovoltaic, și anume corpul ASPC.

Primele analize efectuate s-au concentrat pe cercetări privind principalele influențe pe care le-ar prezenta suprafața disponibilă (1850 m²) asupra producției de energie:

- influența umbririi;
- influența unghiului de înclinare a panourilor;

De asemenea, s-a urmărit și posibilitatea extinderii conceptului de prosumator, ca soluție de stocare a energiei electrice [91].

Din punct de vedere al umbririi panourilor fotovoltaice se știe că atunci când un obiect (copac, casă, clădire) începe să umbrească panourile fotovoltaice în conformitate cu mișcarea soarelui, panourile nu vor produce aceeași cantitate de energie electrică ca celelalte. Deci, aceasta înseamnă că panourile umbrite vor trebui să fie ocolite prin dioda de bypass, altfel întregul sistem va genera mai puțină energie [91], [113]. La proiectarea sistemelor fotovoltaice este necesar să luăm în considerare efectul umbririi și să alegem orientarea panoului în consecință [91].

În cazul umbririi, fiecare celulă fotovoltaică din șirul de celule trebuie să funcționeze la curentul impus de celula umbrită. Prin urmare, această limitare împiedică celulele neumbrite să funcționeze la performanță maximă. Fiecare celulă solară este ca o verigă dintr-un lanț, celula umbrită fiind „cea mai slabă verigă”, reducând disponibilitatea de putere a tuturor celorlalte celule.

Astfel, chiar și o umbrire parțială poate avea un efect semnificativ asupra puterii totale de ieșire a unui sistem solar fotovoltaic. Acest principiu se aplică și modulelor fotovoltaice conectate între ele [20], [24]. Modulele conectate în serie formează șiruri, iar șirurile se conectează în paralel la un invertor. Intensitatea curentului electric prin toate modulele unui șir și tensiunea șirurilor paralele trebuie să fie aceleași la o intrare a unui invertor. Umbrirea unui modul dintr-un șir poate reduce semnificativ puterea de ieșire a șirului, dar nu reduce puterea de ieșire a unui șir paralel. În Fig. 28 se evidențiază diferența de ieșire de la panoul solar umbrit și respectiv neumbrit, iar Fig. 29 indică variația tensiunii U [V] și intensitatea I [A] în funcție de gradul de umbrire (0, 20, 50, 75, 100 %) a modulelor PV [113].

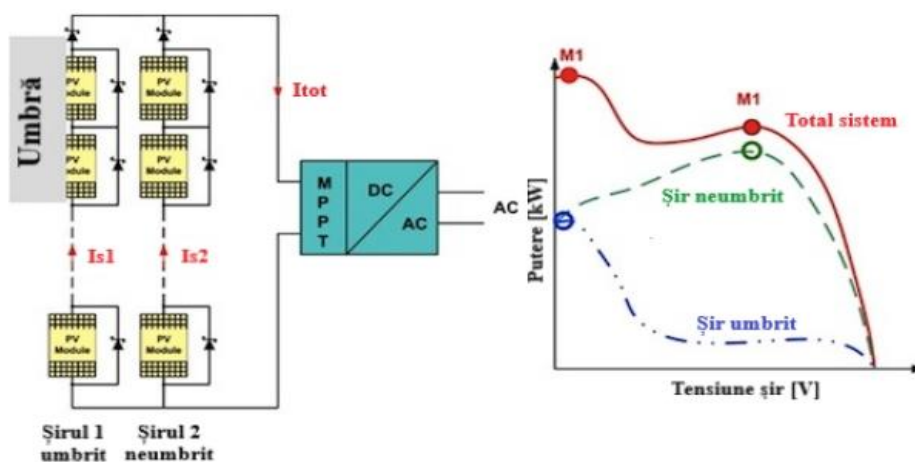


Fig. 28 Influența umbririi asupra panourilor fotovoltaice [91], [113]

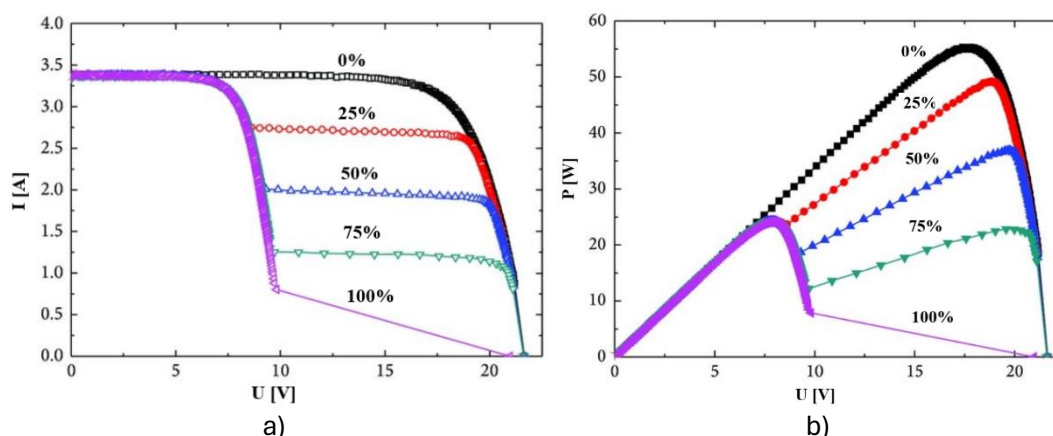


Fig. 29 Efectele gradului de umbrire asupra performanțelor modulelor PV [113]
a) $I=f(U)$, b) $P=f(U)$

Din acest motiv, gruparea modulelor umbrite în șiruri separate, este posibil să maximizeze puterea totală a sistemului PV. Principalii factorii care cauzează umbrirea și care sunt luați, de regulă, în considerare sunt norii, clădirile, autoumbrirea dată de alte panouri/șiruri de panouri, murdărirea, praful, etc [20], [24], [48]. Impactul umbririi asupra întregului sistem depinde de modul în care panourile sunt conectate împreună. Prin urmare, analiza umbririi este unul dintre pașii esențiali în proiectarea sistemelor solare fotovoltaice pentru a evalua eventualele și potențiale obstacole, inclusiv copacii sau clădirile predispuse la blocarea razelor solare.

În baza cercetărilor experimentale anterioare realizate pe panouri fotovoltaice thin-film [24] și respectiv policristaline [20], s-au simulat, Folosind programul de simulare Polysun SPTX Constructor [94], diverse condiții de umbrire generate de orientarea modulelor PV, realizând astfel un studiu comparativ. Amplasarea sistemului PV s-a realizat pe acoperișul de tip terasă al clădirii ASPC, a Facultății de Construcții din Timișoara, clădire în care se desfășoară activități didactice. Clădirea studiată are o înălțime de 13m (P+3E), iar acoperișul de tip terasă are atic perimetral de 50 cm înălțime și 30 cm lățime (Fig. 30 a). Având în vedere faptul că s-a urmărit cea mai eficientă orientare a modulelor PV, din considerentul umbririi acestora, au fost luate în considerare cele două zone de interferență generate de gurile de aerisire a clădirii cu înălțimea de 50 cm și suprafețele de 1,5 m² respectiv 3 m² (Fig. 30 b).



a)



b)

Fig. 30 Clădirea ASPC a Facultății de Construcții din Timișoara [94]

Consumul anual de electricitate aproximativ este de 60 MWh. Simularea s-a efectuat utilizând module PV de tipul EvoCells 400 MIB, cu o putere maximă de producție de 400 Wp. Din punct de

vedere al iradierii solare medii anuale, Timișoara dispune de un potențial solar de 1300-1350 (kWh/m²/an), încadrându-se în zona de radiație solară II [94].

De asemenea, au fost luate în considerare și aspectele climatice ale zonei: încărcarea din zăpadă 1,2 [kN/m²] corespunzătoare zonei 1 pe harta climatică [114] și respectiv acțiunea vântului 0,614 [kN/m²] dată de viteza vântului de 27 m/s [115].

Simularea sistemului fotovoltaic s-a realizat cu ajutorul software-ului PolySun [94], [95], folosind inițial orientarea panourilor spre Est - Vest (Fig. 31). A rezultat un număr de 431 panouri cu o putere totală instalată de 172,4 kWp și o producție de 76,4 MWh/an (Fig. 31).



Fig. 31 Amplasare sistem PV - orientarea Est și Vest [18]

Setarea distanței dintre șiruri este esențială pentru etapa de proiectare a sistemului PV, În Polysun SPTX Constructor s-a impus o distanță între șiruri de 150 cm pentru orientarea modulelor PV pe Est – Vest la un unghi de înclinare de 45°. Totodată, se asigură un culoar de trecere de 40 cm pentru un grup de 10 șiruri. În urma simulării efectuate, s-a realizat și evidențierea procentuală a gradului de umbră al modulelor PV, ceea ce echivalează cu scăderea procentuală a eficienței acestora, după cum se poate observa în Fig. 32 [91].

Așa cum s-a demonstrat în cazul încercărilor experimentale pe panourile policristaline, puterea de ieșire scade drastic de până la 70% în funcție de gradul de umbră [20]. Chiar și câțiva centimetri de umbră provoacă o pierdere de putere de 33%, fapt evidențiat în Fig. 33 [91]. Pentru a minimiza influența funcționării în modul de scurtcircuit al sistemului, panourile susceptibile la umbră ar trebui grupate.

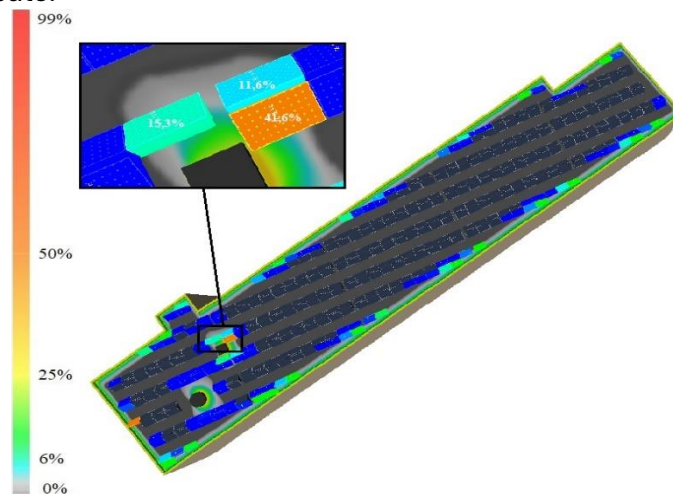


Fig. 32 Evidențierea gradului de umbră a modulelor PV în varianta de amplasare cu orientarea Est - Vest [91]

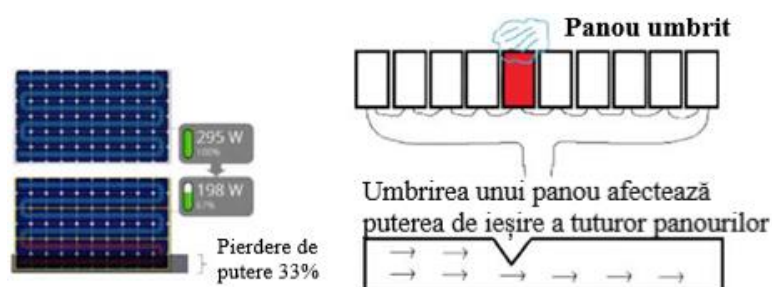


Fig. 33 Amplasare sistem PV - orientarea Sud [91]

În a doua variantă de amplasare a modulelor PV s-a ales orientarea Sud poziționându-se un total de 395 de module PV, rezultând astfel o putere totală instalată de 158 kWp cu o producție de 66,6 MWh/an, pentru un unghi optim de înclinare de 10° (Fig. 34).



Fig. 34 Amplasare sistem PV - orientarea Sud [91]

În acest caz, s-a luat în considerare o distanță între șiruri de 52,2 cm pentru orientarea modulelor PV pe direcția Sud și un culoar de trecere de 40 cm pentru un grup de 10-12 șiruri. Calculul de umbră al modulelor PV și scăderea procentuală a eficienței acestora se poate observa în Fig. 35.

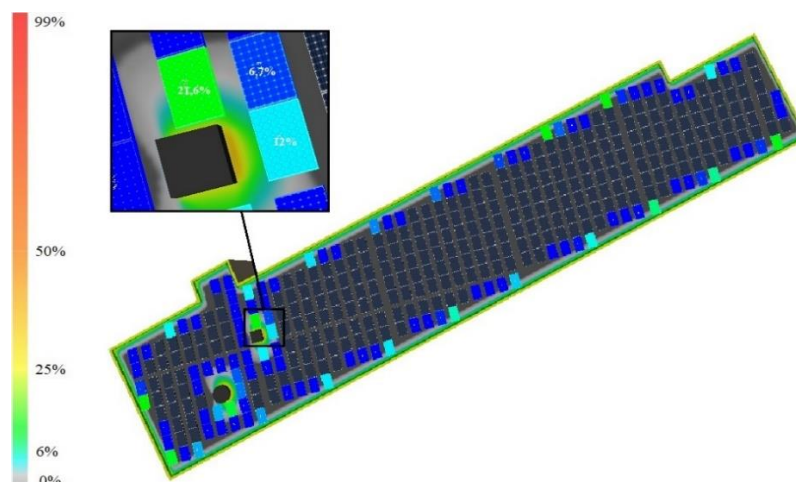


Fig. 35 Evidențierea gradului de umbră a modulelor PV în varianta de amplasare cu orientarea Sud [91]

În urma simulărilor realizate pentru cele două variante de orientare a modulelor PV studiate, se poate observa comparativ, în Fig. 36 și respectiv în Tab. 2, producția lunară de energie electrică [91].

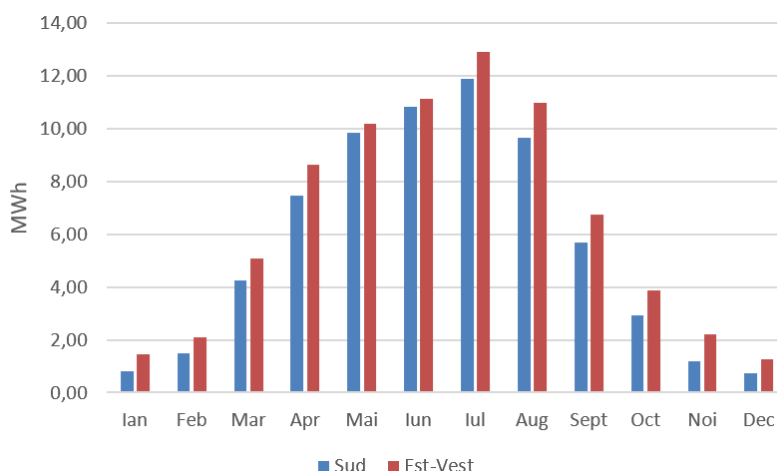


Fig. 36 Grafic comparativ al producției de energie electrică pentru cele două variante de sisteme PV (Sud și respectiv Est-Vest) [91]

Tab. 2 Producția lunară de energie electrică pentru orientările Sud și respectiv Est-Vest

Producția lunară de energie sistem PV	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Anual
Orientare Sud [MWh]	0,80	1,49	4,26	7,45	9,82	10,80	11,87	9,63	5,69	2,92	1,19	0,74	66,67
Orientare Est-Vest [MWh]	1,46	2,08	5,08	8,62	10,19	11,12	12,90	10,96	6,74	3,87	2,20	1,25	76,47

Se observă că pentru sistemul solar analizat gruparea modulele umbrite de atic, în șiruri separate este favorizată de orientarea acestora pe direcția Est-Vest. În acest fel, șirurile neumbrite pot genera o putere mai mare. Acest lucru este semnificativ deoarece curentul printr-un întreg șir de module poate fi redus semnificativ dacă chiar și un singur modul este umbrit.

Ca rezultat, întregul sistem fotovoltaic ar avea performanțe inferioare nereușind să furnizeze energia, economiile și reducerea emisiilor de carbon, care de fapt sunt avantajele așteptate de la aceste sisteme [91].

Fig. 37 prezintă o diagramă comparativă de bilanț energetic între cele două variante analizate. Se observă că pentru studiul de caz, din punct de vedere al intrărilor și ieșirilor energetice din sistemul fotovoltaic, varianta de orientare Est-Vest este cea mai eficientă [91].

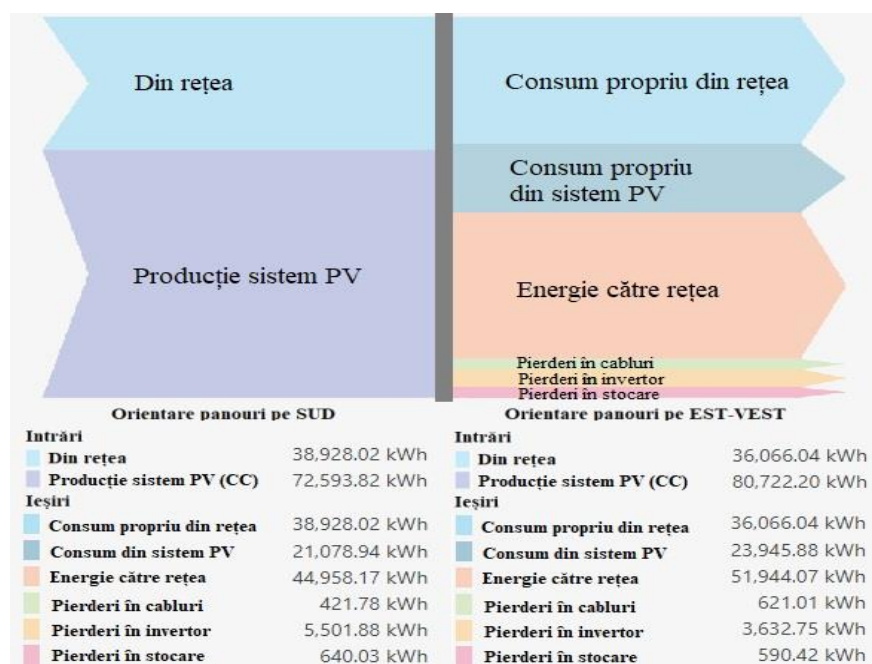


Fig. 37 Diagrama comparativă de bilanț energetic pentru variantele analizate [91], [94]

Rata anuală a fluxului de energie este prezentată în Fig. 38 în care se poate observa că se înregistrează un consum de energie electrică din SEN, cu 3,15 MWh mai mic decât dacă s-ar instala un sistem fotovoltaic cu orientarea Sud.

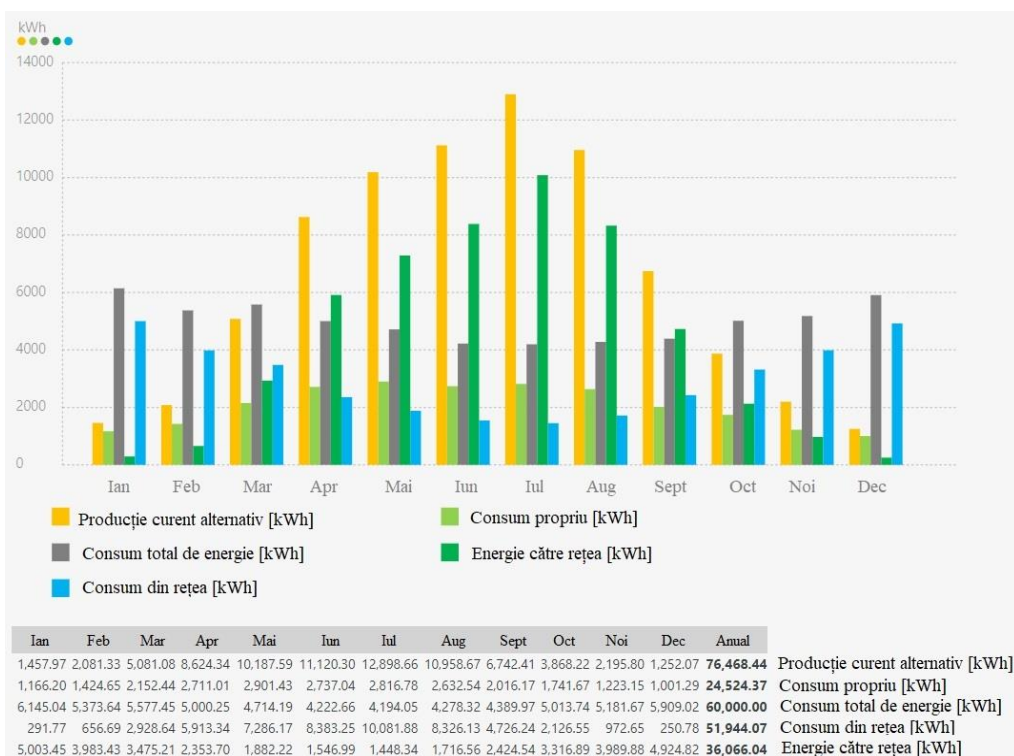


Fig. 38 Rata anuală a fluxului energetic [91], [94]

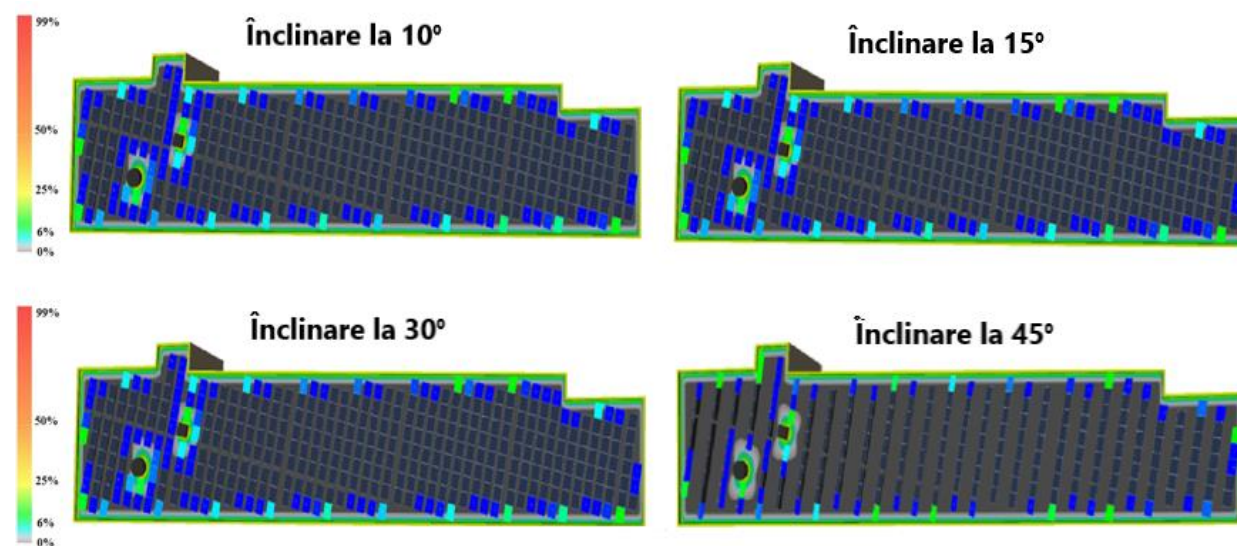
Totodată, din punct de vedere al producției de energie, a sistemul PV cu orientare Est-Vest, se observă o creștere cu 5,58 % față de sistemul PV cu orientare Sud și respectiv o scădere a consumului de energie din rețea cu 8,2%.

În concluzie, pentru sistemul PV analizat, chiar dacă teoretic orientarea Sud este cea recomandată, s-a constatat că efectele umbririi fac ca orientarea Est-Vest să fie cea mai bună soluție.

Pentru studiul anterior privind influența umbririi panourilor PV, simularea s-a efectuat pentru unghiuri optime de înclinare care au rezultat în urma analizei influenței unghiului de înclinare al panourilor asupra producției de energie

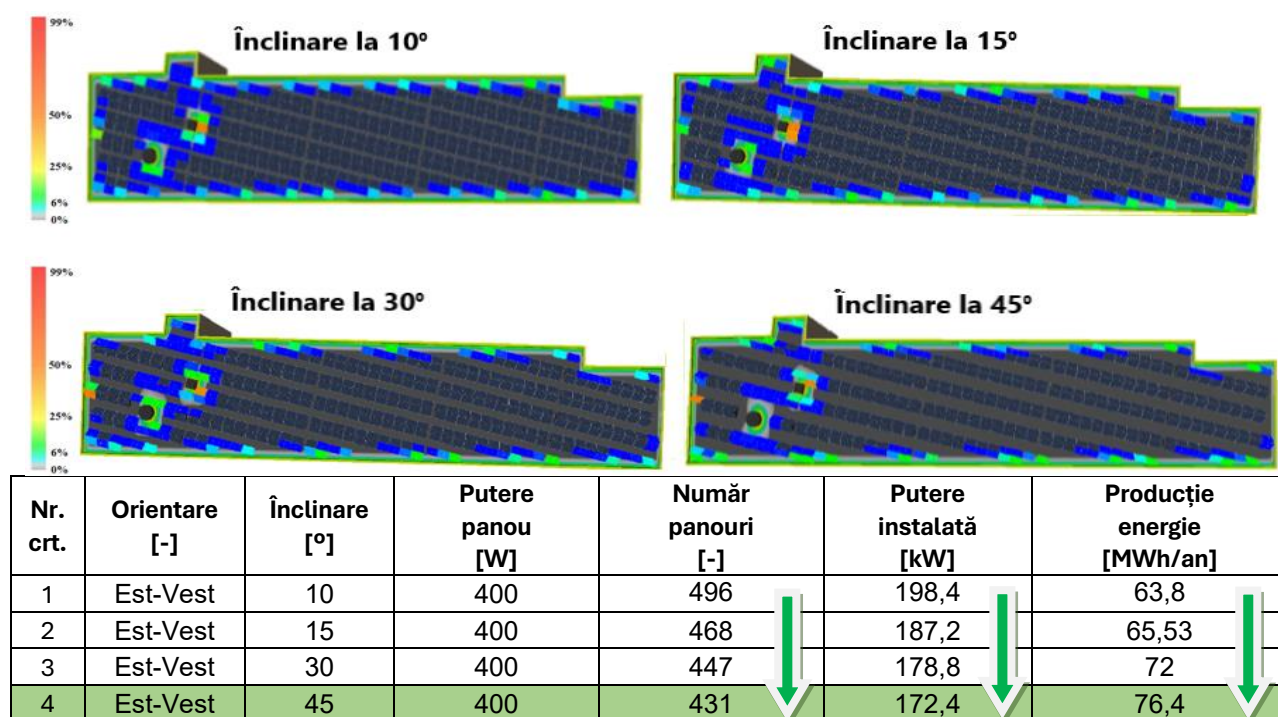
Astfel, s-au efectuat 2 seturi de simulări pentru 4 unghiuri de înclinare diferite (10°, 15°, 30° și 45°) păstrând aceleași condiții referitoare la clădire.

În Fig. 39 se poate observa că, pe direcția sud, folosind un unghi de montare de 10°, comparativ cu celelalte unghiuri, crește puterea instalată, iar pe direcția est-vest, folosind unghiul de montare de 45°, comparativ cu celelalte unghiuri, la scăderea puterii instalate se produce mai multă energie, dar se reduc și costurile de investiție inițiale (număr mai mic de panouri fotovoltaice).



Nr. crt.	Orientare [-]	Înclinare [°]	Putere panou [W]	Număr panouri [-]	Putere instalată [kW]	Producție energie [MWh/an]
1	Sud	10	400	395	158	66,6
2	Sud	15	400	349	139,6	63,7
3	Sud	30	400	267	106,8	57,7
4	Sud	45	400	230	92	49

a)



b)

Fig. 39 Influența unghiului de înclinare al panourilor asupra producției de energie [91]

a) direcția sud, b) direcția est-vest

În urma analizelor efectuate s-a stabilit ca și variantă avantajoasă, instalarea panourilor fotovoltaice pe direcția est-vest cu o înclinare de 45°, rezultate care au stat la baza formulării conceptului privind instalarea sistemului fotovoltaic pe toate suprafețele de tip acoperiș disponibile, în condițiile reale de funcționare.

Astfel, în Fig. 40 se prezintă vederea de ansamblu a dispunerii corpurilor de clădire și variantele de dispunere a panourilor fotovoltaice pe acoperiș [89].



a)

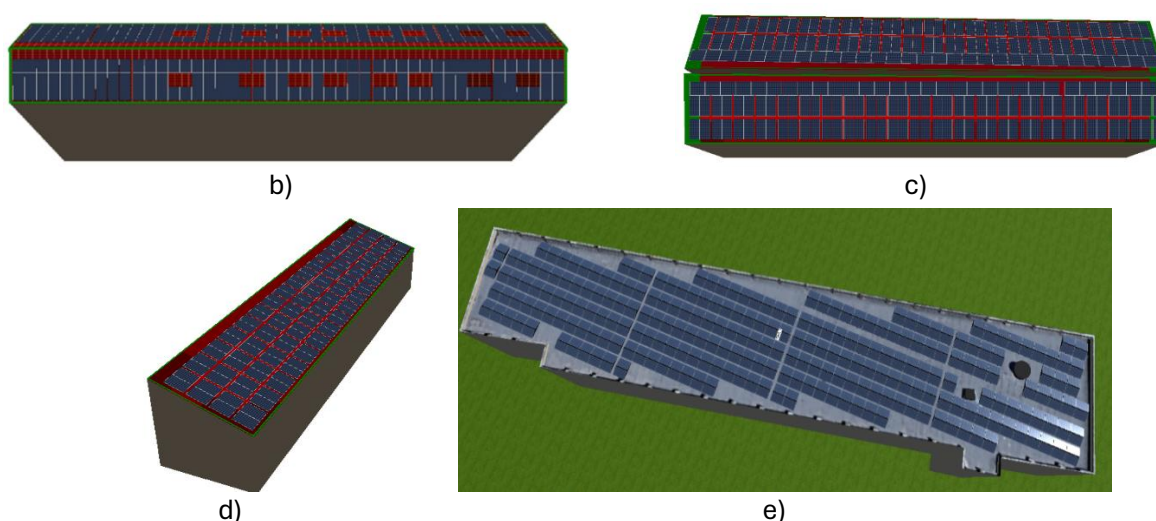


Fig.40. Ansamblul corpurilor de clădire a Facultății de Construcții [89]

a) Vedere de ansamblu, b) Poziționare PV pe corpul principal (CT), c) Poziționare PV pe corpul Metal (M), d) Poziționare PV pe corpul Depozit (D), e) Poziționare PV pe corpul ASPC

Suprafețele disponibile, consumurile și necesarul termic în situația existentă au constituit datele de intrare pe baza cărora s-a efectuat simularea (Tab. 3) [89].

Tab. 3 Date de intrare [89]

Corp clădire	Suprafață acoperiș [m ²]	Consum energie electrică din SEN [MWh/an]	Necesar termic [MWh/an]
ASPC	1850	57,3	58,50
M	660	23,88	19,15
D	420	9,55	3,50
CT	600	114,60	95,73
Total	3530	205,325	176,87

Rezultatele simulării, prezentate în Tab. 4 [89], au arătat că este posibilă instalarea unui sistem fotovoltaic cu putere totală instalată de 416 kW prin montarea a 1040 de panouri fotovoltaice de tip EvoloCells 400 MIB de 400Wp care acoperă o suprafață totală de 3530m² de acoperiș și produce o cantitate de energie electrică de 157,22 MWh/an. Pentru sistemul fotovoltaic s-au ales patru invertoare de tip SMA Sunny Tripower CORE2 STP 110-60 (eficiență maximă de 98,6%) și 20 de baterii de stocare de tip REACT-3,6TL 6kWh [89].

Tab. 4 Rezultate – sistem fotovoltaic [94], [95]

Corp clădire	Număr panouri [buc]	Putere instalată [kW]	Cantitatea de energie electrică produsă [MWh/an]
ASPC	431	172,4	76,40
M	233	52,8	17,52
D	132	93,2	30,92
CT	244	97,6	32,38
Total	1040	416,0	157,22

Din analiza Tab. 4 și Tab.5 se observă că prin instalarea sistemului fotovoltaic propus se poate acoperi consumul de energie electrică într-un procent de 76,57% din SRE.

Schema de principiu a sistemului existent de alimentare cu căldură a ansamblului de clădiri este prezentată în Fig. 41, iar cea a propunerii de eficientizare energetică a sistemului de alimentare cu energie termică, în Fig. 42 [89].

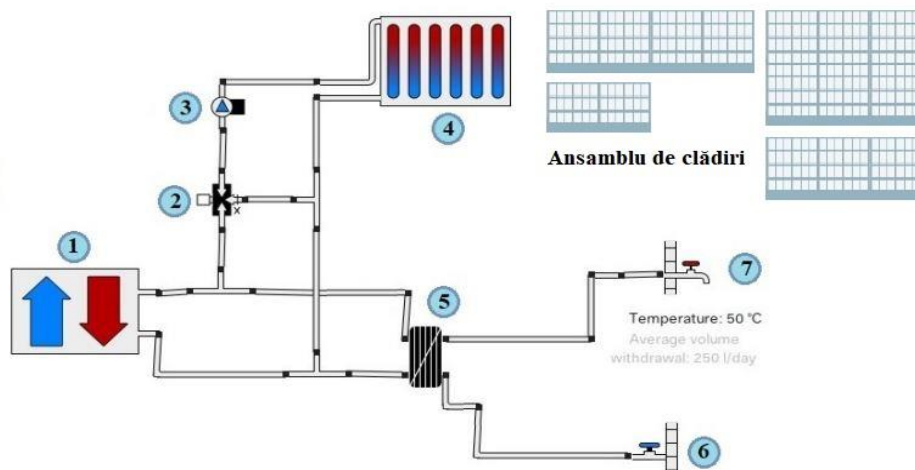


Fig. 41. Schema de principiu a sistemului existent [89]

1 – Rețea termoficare, 2 – Vană de amestec, 3 - Pompă de circulație, 4 – Instalație de încălzire interioară, 5 – Schimbător de căldură ACC, 6 - Alimentare cu apă rece, 7 - Consumatori ACC

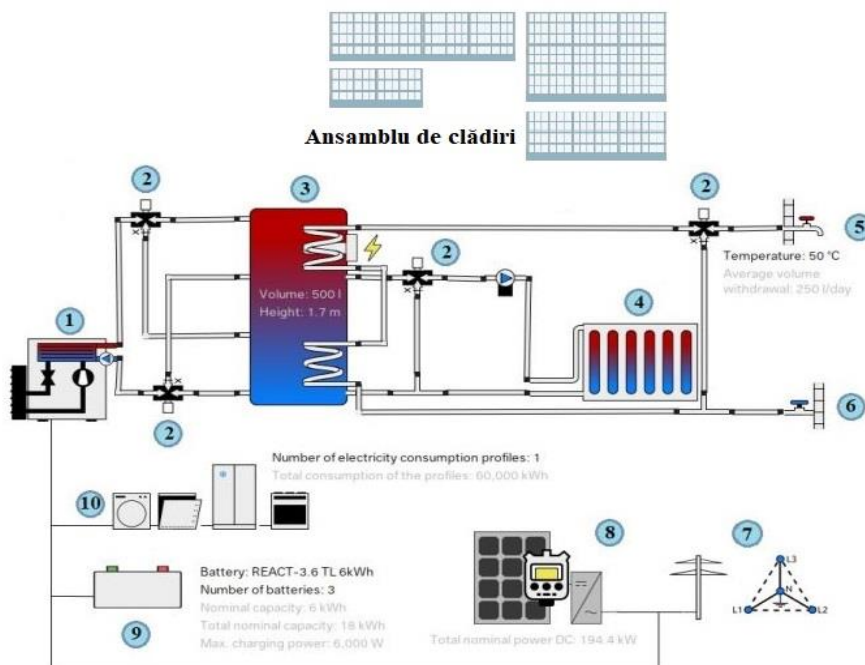


Fig. 42. Schema de principiu a sistemului propus [89]

1 – Pompă de căldură, 2 – Vană de amestec, 3 - Rezervor de acumulare, 4 – Instalație de încălzire interioară, 5 – Consumatori ACC, 6 - Alimentare cu apa rece, 7 - SEN, 8 - Sistem PV, 9 - Baterii de stocare, 10 - Consumatori de energie electrică

Pentru analiza comparativă între cele două situații ale sistemului (existent vs. eficientizat) s-au luat în considerare consumul de energie termică din sistemul local de termoficare și consumul de energie electrică din SEN pentru toate cele patru clădiri considerate (Tab. 5) [89].

Pentru calcule s-a considerat un preț de 1008,65 lei/MWh (205,85 Euro/MWh) pentru energia termică și respectiv 1500 lei/MWh (306,12 Euro/MWh) pentru energia electrică [89].

Tab. 5 Costuri totale sistem existent vs. modernizat [89]

Tipul și sursa energiei	Situație sistem	Consum [MWh]	Preț [Euro]	Cost total [Euro]
Clădire ASPC				
Căldură din termoficare	Ex	58,50	12.042,05	30.409,39
Energie electrică din SEN		60	18.367,35	
Căldură din termoficare	Ef	57,3	0,00	17.540,82
Energie electrică din SEN			17.540,82	
Clădire Metal				
Căldură din termoficare	Ex	19,15	3.941,03	11.594,09
Energie electrică din SEN		25	7.653,06	
Căldură din termoficare	Ef	23,88	0,00	7.308,67
Energie electrică din SEN			7.308,67	
Clădire Depozit				
Căldură din termoficare	Ex	3,50	720,46	3.781,69
Energie electrică din SEN		10	3.061,22	
Căldură din termoficare	Ef	9,55	0,00	2.923,47
Energie electrică din SEN			2.923,47	
Clădire principală CT				
Căldură din termoficare	Ex	95,73	19.705,17	56.439,86
Energie electrică din SEN		120	36.734,69	
Căldură din termoficare	Ef	114,60	0,00	35.081,63
Energie electrică din SEN			35.081,63	

Notă: Ex-existent, Ef-Eficientizat

Din analiza costurilor prezentate în Tab. 5 se poate constata că se obține o reducere a costurilor cu energia, de 42,32% pentru clădirea ASPC, 36,96% pentru corpul M, 22,69% pentru corpul D și 37,84% pentru corpul CT, ceea ce va reprezenta o reducere de 38,51% pentru punctul termic care alimentează cele patru corpuri de clădire [89].

De asemenea, pentru sistemul fotovoltaic propus s-a generat o diagramă a fluxului de energie electrică (Fig. 43) pe baza consumului/surplusului lunar de energie electrică a sistemului fotovoltaic propus pentru instalare [89].

Analizând Fig. 43 se observă că pe perioada lunilor de vară surplusul de energie generat de sistemul fotovoltaic este considerabil. Mai mult, în această perioadă activitățile sunt restrânse sau chiar sistate în spațiile corpurilor de clădire și prin urmare, beneficiarul clădirilor de învățământ (Universitatea Politehnica Timișoara) poate deveni prosumator fiind în același timp și consumator activ și producător de energie, îmbunătățindu-și astfel momentul de consum prin injectarea în rețea a surplusului de energiei din producția proprie [90].

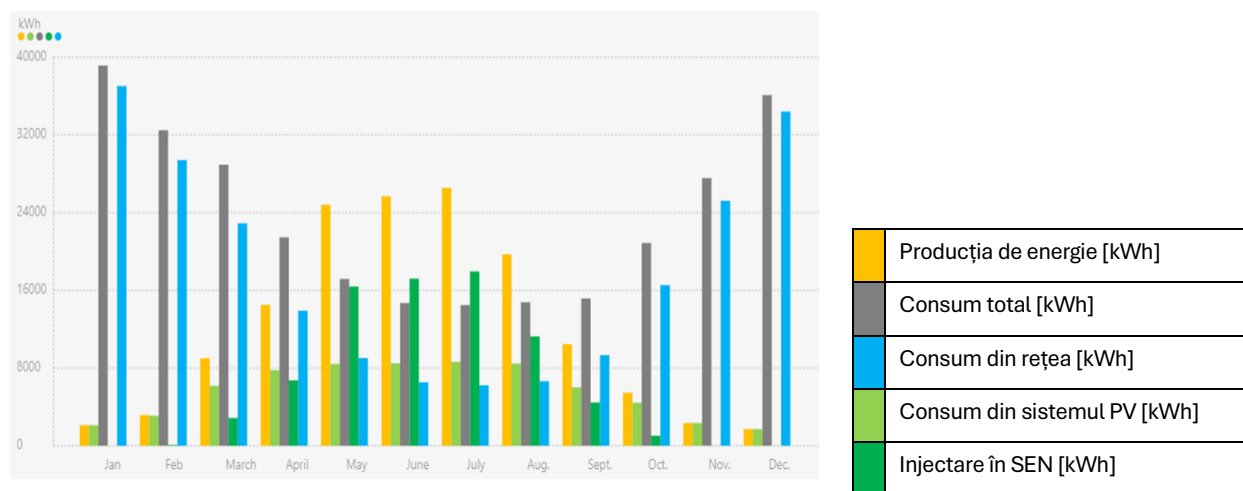


Fig. 43. Diagrama fluxului anual de energie pentru sistemul fotovoltaic [89]

Însă, având în vedere problemele legate de injectarea energiei electrice în SEN, ca și direcție viitoare de cercetare, vizez realizarea unei cercetări experimentale privind implementarea unor soluții pentru utilizarea surplusului de energie, de exemplu răcirea spațiilor corpurilor de clădire care au activitate restrânsă sau utilizeze în alte scopuri (alimentarea cu energie electrică sau apă caldă de consum menajer a clădirilor de locuit de tip colectiv din imediata vecinătate).

Prin urmare, sistemul hibrid: pompă de căldură și panouri fotovoltaice, este un sistem viabil pentru eficientizarea energetică a sistemelor de alimentare cu energie termică a clădirii analizate, având în vedere reducerea costurilor anuale cu 38,51% obținută prin simulare.

Studiu de caz 3 - Liceul Tehnologic de Silvicultură și Agricultură Casa Verde Timișoara (LTSACVT)

O altă situație analizată este aceea a unui punct termic zonal care produce energie termică pentru consumatorii din apropiere sau pentru consumatori mai îndepărtați (Fig. 44 a) și integrează SRE [25]. Soluția de reglare a temperaturii pentru consumatorul îndepărtat este aceea a alimentării pe un traseu dedicat din punctul termic cel mai apropiat astfel existând posibilitatea

de reglare a temperaturii în funcție de cerința de energie a acestuia (Fig. 44 b) [25]. În general, utilizarea temperaturilor scăzute reduce pierderile de transport în conducte și poate crește eficiența totală a lanțurilor energetice totale utilizate în sistemele de alimentare cu căldură. Obținerea eficienței ridicate presupune atât optimizarea sistemelor de alimentare, cât și a conversiei energiei regenerabile, precum și adaptarea instalațiilor interioare de încălzire și apă caldă de consum menajer (ACC), ale consumatorilor finali, la utilizarea temperaturilor scăzute furnizate de rețea (de exemplu: sisteme de încălzire radiantă). Din acest motiv, implementarea soluțiilor bazate pe cote mari de energii regenerabile necesită o adaptare a infrastructurii tehnice și a instalațiilor eferente clădirilor.

Ca și primă soluție, s-a propus zonarea astfel încât fiecare zonă să constituie, practic, o ramură din rețeaua primară principală (Fig. 44 a), iar în aceste puncte de ramificare se propune schimbarea temperaturii prin instalarea unei vane de amestec (Fig. 44 b) [112] pentru adaptarea temperaturii la cererea reală de căldură a zonei, deservite, reducând la minim pierderea de căldură pe ramura respectivă [28].

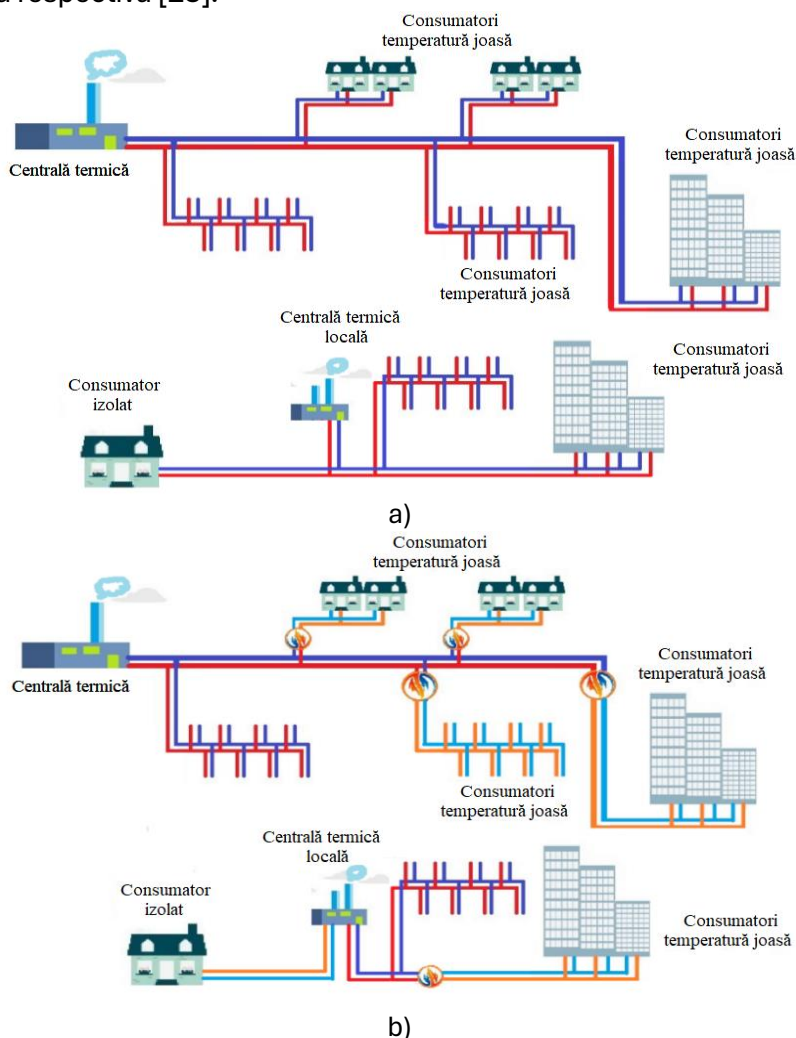


Fig. 44. Soluții de reglarea a temperaturii pe rețeaua de termoficare [25]
a) Înainte de reglarea temperaturii, b) După reglarea temperaturii

Având în vedere faptul că rețeaua termică primară și secundară nu acoperă suprafața totală a orașului Timișoara, care este în continuă dezvoltare și extindere, apare problema găsirii unor soluții cât mai economice și eficiente din punct de vedere tehnic, cu ajutorul cărora să poată fi alimentate noile construcții sau cartiere la nevoile consumatorilor finali. Una dintre soluțiile clasice este extinderea rețelei termice primare și realizarea unui nou punct termic care să deservească noua zonă de clădiri ce se dorește a fi racordată. Având în vedere că circuitul termic primar alimentează întregul oraș, agentul termic transportat prin rețeaua primară are o temperatură destul de ridicată, cu o variație între 90-115°C pe conducta de tur și 50-65°C pe conducta de retur, generând o pierdere de energie considerabilă [111].

Studiul de caz analizează alimentarea liceului Tehnologic de Silvicultura și Agricultură Casa Verde Timișoara, ce are un necesar de căldură de 1MW [116], [25]. Modernizarea propusă are ca scop atât reducerea pierderilor de energie prin transportul agentului termic cât și reducerea emisiilor de CO₂.

LTSACVT este alimentat din punctul termic PT UMT, după cum se poate observa în Fig. 45, prin intermediul unui traseu dedicat, realizat cu conducte preizolate din oțel D139,7x250mm [108], cu o lungime de 1200m, prin care se transportă agent termic având o temperatură pe tur de 80°C și pe retur de 60°C, Schimbul de căldură între agentul termic livrat din PT UMT și agentul termic circulat prin instalația interioară a consumatorului se face cu ajutorul unui modul termic [116].

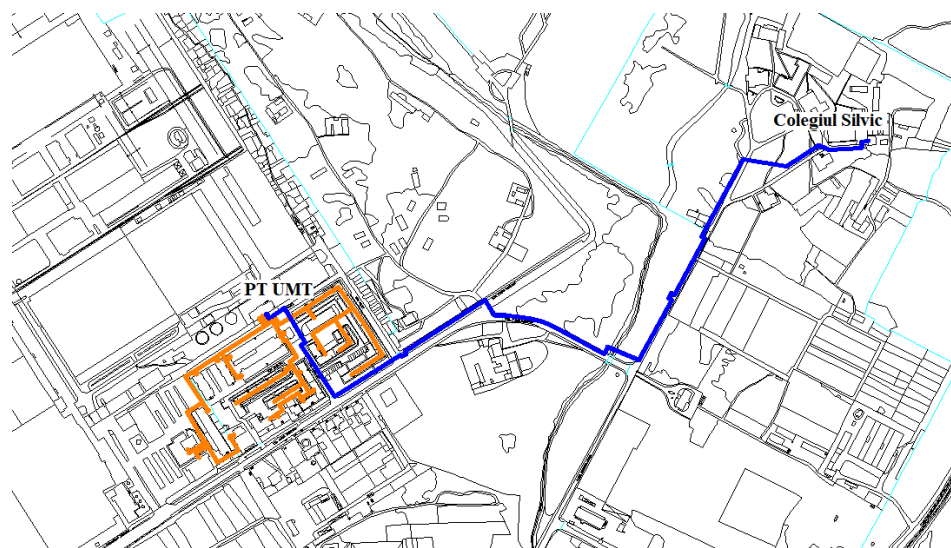


Fig. 45. LTSACVT [25], [116]

- Rețea de alimentare LTSACVT
- Rețea de alimentare clădiri de locuit

Și în această situație s-a analizat reducerea pierderii de energie termică pe conductele de termoficare prin două modalități:

- utilizarea de conducte cât mai bine izolate din punct de vedere termic;
- reducerea temperaturii agentului termic la o temperatură cât mai mică posibil, fără afectarea parametrilor termici necesari la consumatorul final.

Având în vedere faptul că traseul de rețea termică, pentru cazul analizat, este realizat din conducte preizolate de bună calitate [116], s-a analizat soluția de reducere a pierderii de energie prin scăderea temperaturii de transport a agentului termic.

În situația studiată având în vedere lungimea mare a traseului sistemului de alimentare până la consumatorul final, cât și destinația de clădire de învățământ, am identificat o primă etapă de modernizare a sistemului de alimentare care presupune tranziția de la o furnizare continuă a agentului termic pe timpul unei zile, la o furnizare corelată cu cerința consumatorului final.

Simularea sistemului pentru alimentarea cu agent termic a liceului LTSACVT s-a efectuat cu ajutorul programului de calcul Polysun [94], [95] care se bazează pe relația analitică (8), conform normativelor de proiectare a instalațiilor de încălzire [109], [110].

Schema de principiu a instalației de alimentare a consumatorului în situația existentă este prezentată în Fig. 46 [25].

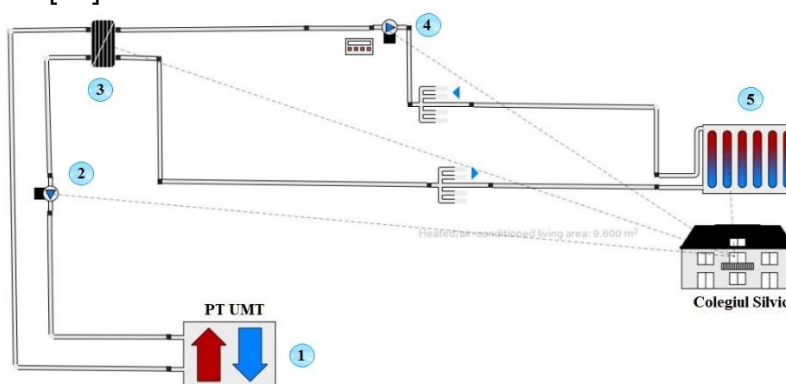
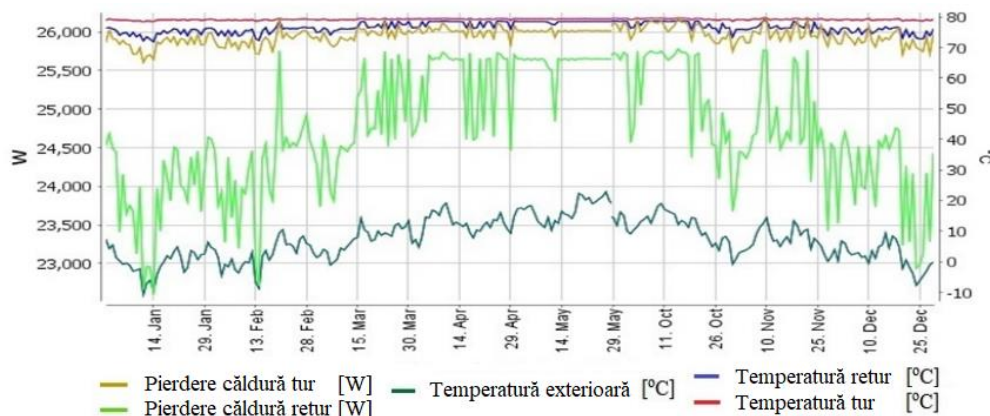


Fig. 46. Schema de principiu a instalației existente [25]

- 1 – Punct termic, 2 – Pompa circulație sistem de alimentare, 3 – Schimbător de căldură,
4 – Pompa de circulație consumator, 5 – Consumator final

Pentru situația existentă de alimentare cu căldură a liceului LTSACVT, la temperaturile tur/retur de 80/60°C, au fost simulate pierderile de căldură în funcție de temperatura medie exterioară pentru Timișoara [94], [95], [109], [110], [117], pentru anul 2022. În Fig. 47 [25] se prezintă variația pierderilor de căldură (Fig. 47 a) [25] și respectiv consumul lunar de energie (Fig. 47 b) [25].



a)

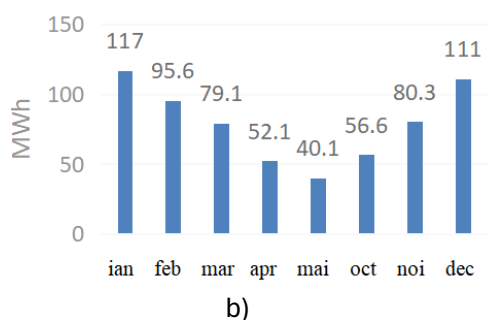
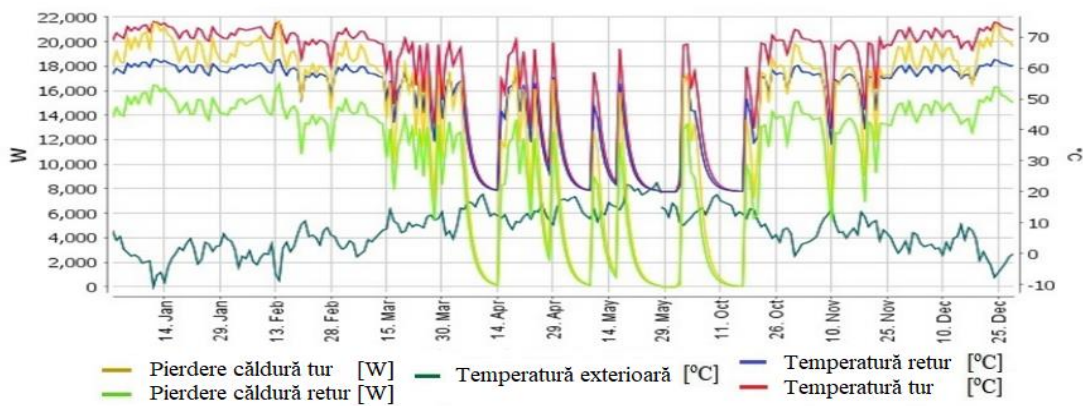


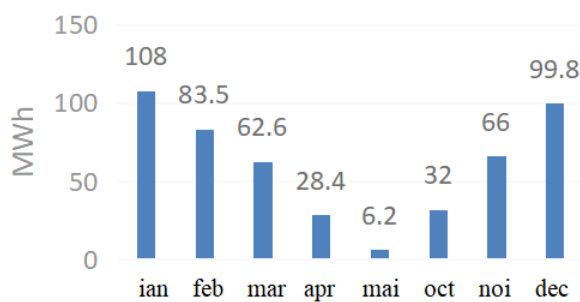
Fig. 47. Pierderi de căldură și consum de energie pentru situația existentă [94], [95], [25]

Prima etapă a presupus modernizarea punctului termic PT-UMT prin introducerea unei automatizări pentru pompa de circulație a agentului termic spre consumatorul studiat, astfel încât pe rețeaua de transport să se realizeze circulația agentului termic doar în perioada funcționării instalației de încălzire interioară a consumatorului studiat [25].

În această etapă de modernizare la temperaturile tur/retur de 80/60°C, au fost simulate, în aceleași condiții, pierderile de căldură în funcție de temperatura medie exterioară. În Fig. 48 [25] se prezintă variația pierderilor de căldură (Fig. 48 a) [25] și respectiv consumul lunar de energie (Fig. 48 b) [25].



a)



b)

Fig. 48. Pierderi de căldură și consum de energie pentru situația de modernizare (automatizare pompare) [25], [94], [95]

Având în vedere soluția de alimentare a consumatorului final pe un traseu dedicat, s-a studiat posibilitatea de a implementa o etapă de eficientizare a sistemului de alimentare prin

reducerea temperaturii agentului termic furnizat de la situația inițială 80/60°C la 60/40°C, iar rezultatele se pot observa în Fig. 49 [25] în care se prezintă variația pierderilor de căldură (Fig. 49 a) [25] și respectiv consumul lunar de energie (Fig. 49 b) [25].

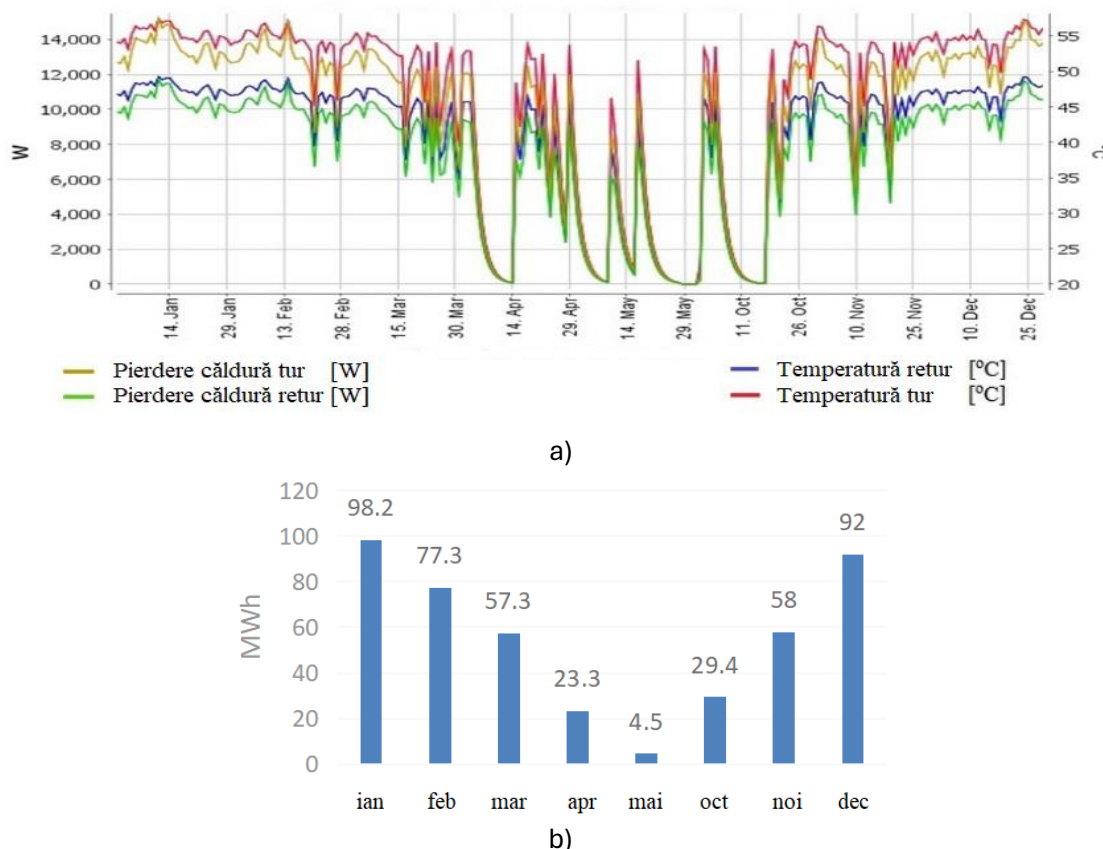


Fig. 49. Pierderi de căldură și consum de energie pentru situația de eficientizare (reducerea temperaturilor tur/retur) [25], [94], [95]

Comparativ cu situația existentă, etapa de modernizare poate contribui la reducerea pierderii de energie pe traseul de alimentare cu un procent de 51,12%, iar etapa de eficientizare cu un procent de 65,87%, conform Tab. 6 [25]. Tot în acest sens, se observă că pentru etapa de modernizare și respectiv de eficientizare se poate realiza o economie de 145,3 MWh prin aplicarea automatizării pompării și respectiv 191,8MWh prin reducerea temperaturii agentului termic [25].

Tab. 6. Analiza consumului anual de energie termică și reducerea pierderilor de căldură [25]

Caracteristica	U.M.	Situație existentă	Etape	
			Modernizare	Eficientizare
Pierderi anuale de căldură	[MWh]	295,60	144,50	100.87
Reducerea pierderilor de căldură	[%]	-	51.12	65.87
Consumul anual de energie	[MWh]	631,8	486,5	440
Reducere anuală de energie	[MWh]	-	145,30	191,80

O analiză comparativă obținută prin simularea parametrilor de funcționare, între cele trei variante de alimentare cu căldură (în perioada rece a anului) a consumatorului izolat analizat este prezentată în Fig. 50 [25].

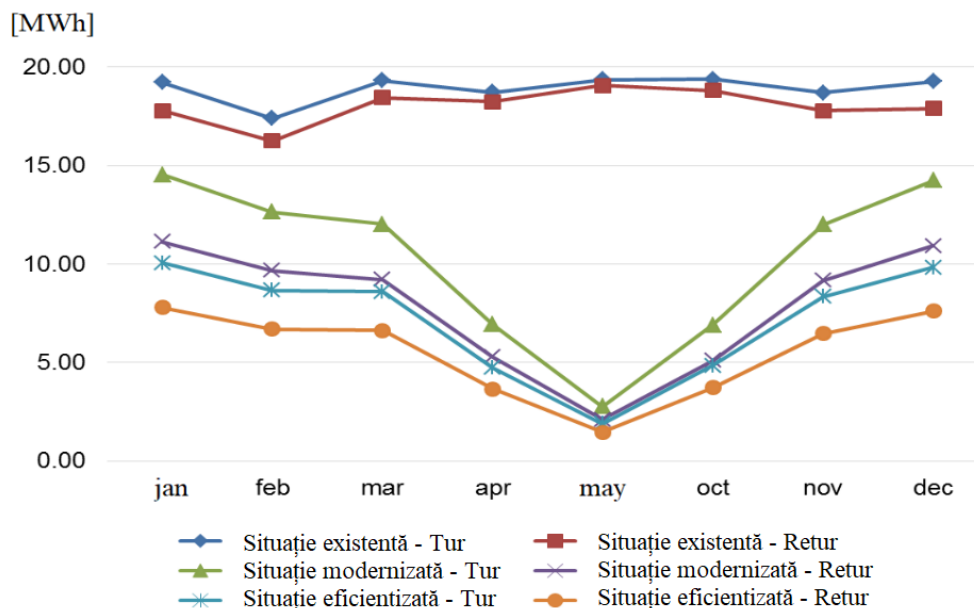


Fig. 50. Compararea pierderilor de căldură pentru cele trei variante analizate [25]

Din analiza reprezentării grafice din Fig. 50, se poate observa că în situația existentă curbele pierderii de căldură pe turul și returul sistemului își păstrează alura pe toată perioada anului, în timp ce în situația sistemului modernizat prin automatizarea pompării și cea a sistemului considerat eficient din punct de vedere energetic își modifică alura în sensul că au o tendință descrescătoare pe măsură ce crește temperatura exterioară [25].

Pentru studiul de caz, pe baza rezultatelor obținute prin simulare, se poate observa că pentru prima etapă de modernizare s-a obținut o reducere a pierderilor de energie de 51,12% comparativ cu situația existentă (circulație continuă), iar pentru etapa de eficientizare prin reducerea temperaturilor tur/retur a agentului termic s-a obținut o reducere a pierderilor de energie de 65,87% comparativ cu situația existentă. Pe de altă parte, un aspect important este cel al reducerii consumului anual de energie termică, concretizat printr-o reducere cu 145,3 MWh prin automatizarea pompării și respectiv 191,8 MWh prin eficientizarea sistemului prin reducerea temperaturilor tur/retur a agentului termic [25].

Pornind de la soluțiile anterioare de modernizare și respectiv eficientizare, s-a trecut la o altă etapă suplimentară de eficientizare care presupune integrarea SRE.

Astfel, pentru această etapă s-a realizat un studiu care a vizat integrarea unui sistem fotovoltaic pentru asigurarea necesarului de energie electrică aferent punctului termic PT-UMT (alimentarea pompelor pentru pomparea agentului termic la toți consumatorii, alimentarea instalațiilor electrice proprii PT-UMT).

Necesarul anual de energie electrică pentru pomparea agentului la liceu este de 107kWh rezultat în urma etapelor de modernizare și eficientizate - Etapa 1, conform Tab. 7. S-au

considerat doar perioadele de funcționare a instalațiilor termice (Ianuarie-Mai și respectiv Octombrie-decembrie).

Tab. 7. Analiza consumului anual de energie electrică pentru pomparea energiei termice la LTSACVT [116]

Regim de temperatură [°C]	Consum [kWh]								
	Ian.	Feb.	Mar.	Apr.	Mai	Oct.	Nov.	Dec.	Total
Situație existentă									
80/60	37,7	33,0	33,8	30,2	29,9	31,5	33,1	37,0	383,0
Etapa de Modernizare – automatizare									
80/60	16,8	12,7	8,7	3,3	0,6	4,0	9,3	15,3	70,8
Etapa 1 de Eficientizare – reducerea temperaturilor									
60/40	25,3	19,4	13,4	4,6	0,7	6,3	13,7	23,3	107,0

Schema de principiu a instalației de alimentare a consumatorului în situația integrării unui sistem fotovoltaic este prezentată în Fig. 51 [94], [95].

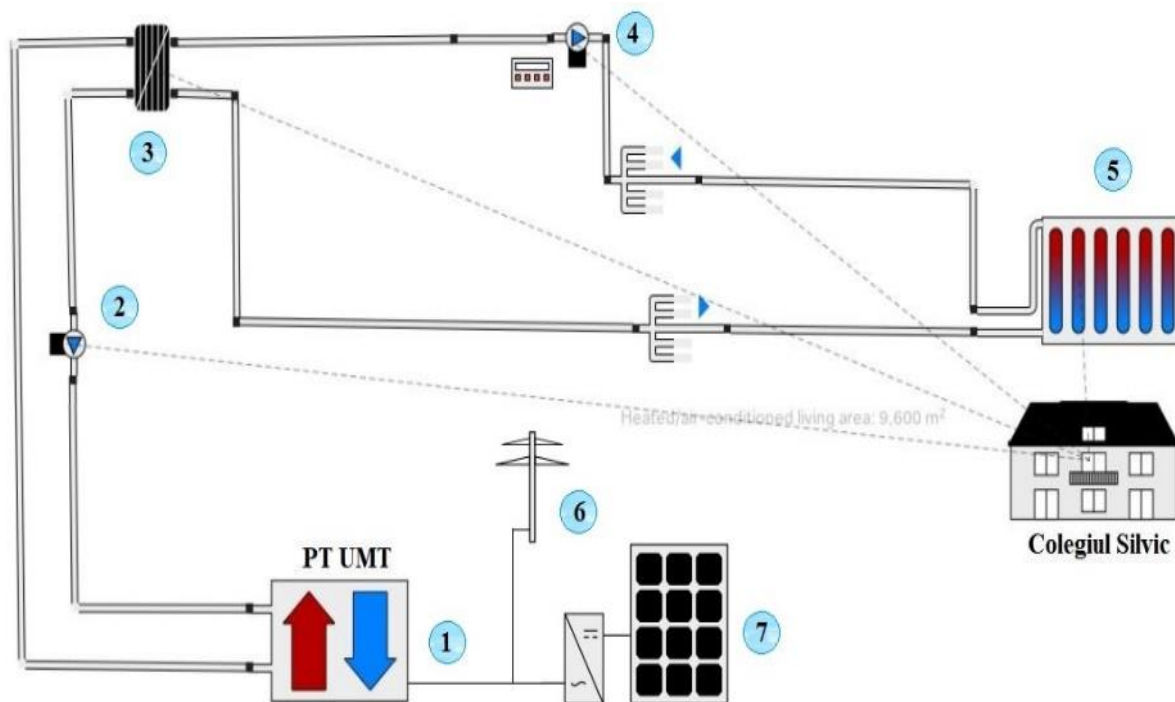


Fig. 51. Schema de principiu a instalației

- 1 – Punct termic, 2 – Pompă circulație sistem centralizat de alimentare cu energie termică,
 3 – Schimbător de căldură, 4 – Pompă de circulație consumator, 5 – Consumator final,
 6 – SEN, 7 – Sistem fotovoltaic

În Fig. 52 se prezintă varianta optimă de dispunere pe acoperiș a celor 84 de panouri fotovoltaice de tip EvoCells 400 MIB de 400Wp [94], [95].



Fig. 52. Poziționarea PV pe corpul clădirii LTSACVT [94]

Producția lunară de energie electrică rezultată în urma simulării este prezentată în Fig. 53, iar diagrama de bilanț energetic pentru sistemul analizat, în Fig.54 [94].

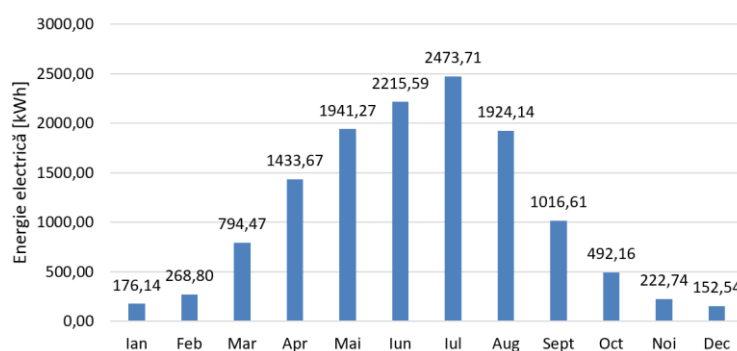


Fig. 53. Producția lunară de energie electrică LTSACVT [94], [95]

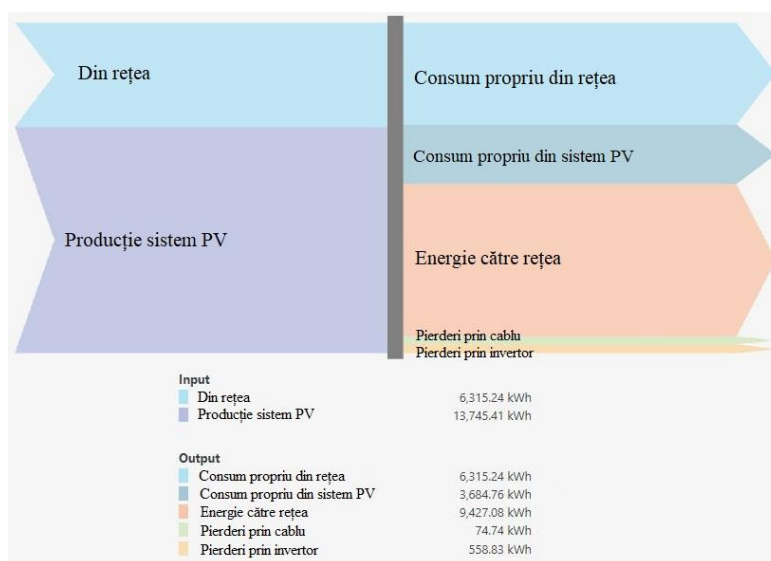


Fig. 54. Diagrama de bilanț energetic [94], [95]

Studiu de caz 4 - Colegiul Tehnic "Henri Coandă" Timișoara (CTHCT)

Studiul de caz a fost realizat pe clădirile unității de învățământ: Colegiul Tehnic Henri Coanda Timișoara (CTHCT) și stația DH PT34, după cum se arată în Fig. 55 [90].

În Tab. 8 [90] sunt prezentate datele de intrare pentru fiecare clădire, respectiv suprafața construită (A_d), necesarul de căldură considerat (Q_{nec}), energia termică anuală necesară pentru încălzire ($E_{nec\ th}$) și consumul de energie electrică al clădirilor studiate ($E_{nec\ el}$). Simularea a fost realizată folosind software-ul de calcul Polysun SPTX Constructor [94].



Fig. 55. Planul de situație al clădirilor studiate [94]

Tab. 8 Date de intrare – clădiri studiate [90], [94]

Clădire	A_d [m ²]	Necesar de căldură Q_{nec} [kW]	Consum de energie	
			Termică $E_{nec\ th}$ [MWh]	Electrică $E_{nec\ el}$ [MWh]
Cantină	556,00	69,50	7,50	18,00
Cămin 1	3.050,00	381,25	33,80	24,00
Cămin 2	3.050,00	381,25	33,80	22,00
PT 34	165,00	-	-	7,00
Sală de sport	951,00	118,88	12,50	25,00
Școala 1	4.192,00	524,00	46,50	50,00
Școala 2	1.628,00	203,50	18,50	20,00
Total	13.592,00	1.678,38	152,60	166,00

Studiul s-a axat pe integrarea SRE cu ajutorul panourilor fotovoltaice montate pe acoperișurile clădirilor prezentate în planul de situație. Energia electrică produsă este utilizată în primă fază pentru a-și asigura propriul consum de energie electrică. În Fig. 56 [90], [94], [95] se prezintă amplasarea panourilor fotovoltaice pe clădirile studiate, iar în Tab. 9 [90], [94], [95] se prezintă datele de ieșire rezultate în urma simulării.

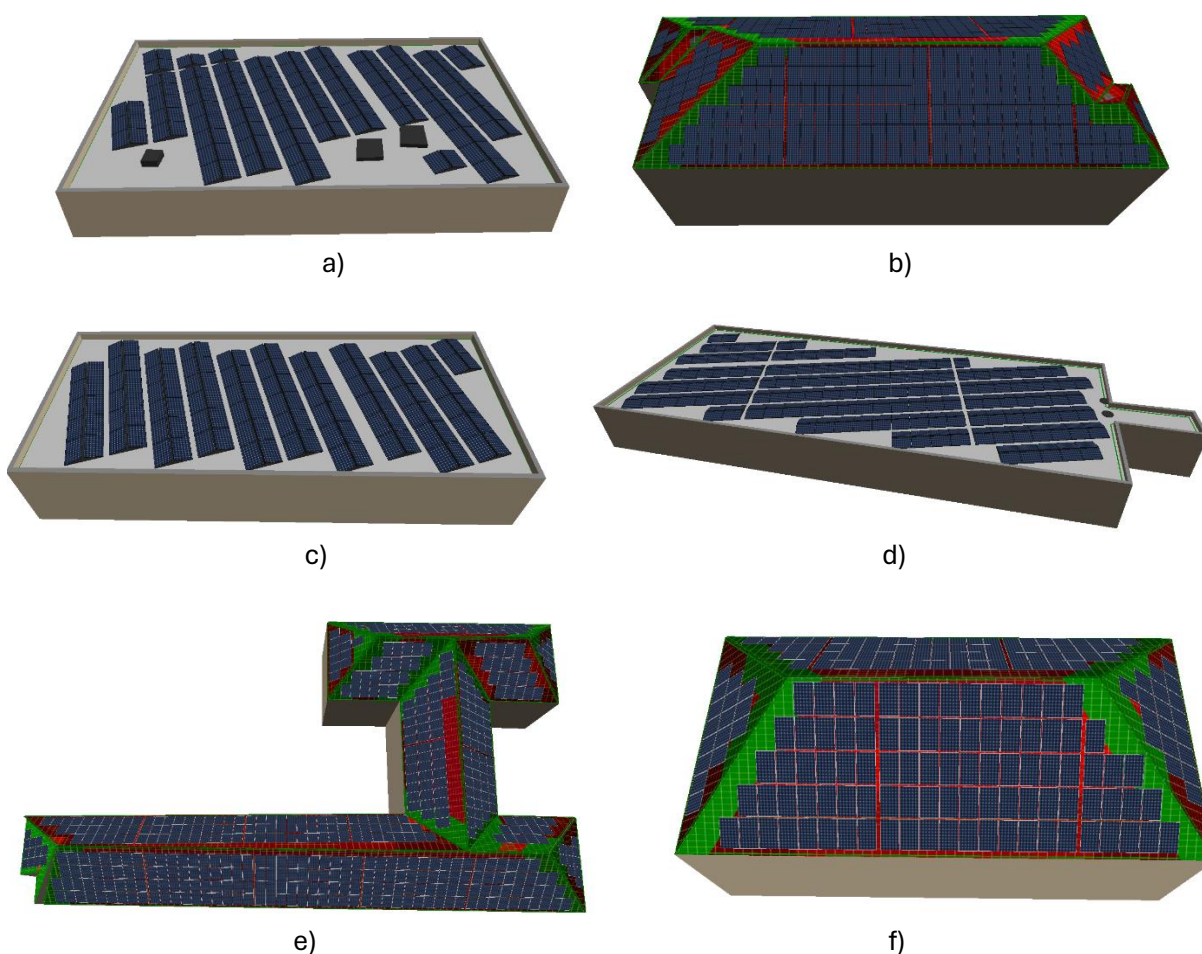


Fig. 56. Amplasarea panourilor fotovoltaice pe clădirile studiate [8]

a) Cantină, b) Cămin 1 și 2, c) Punct termic PT34, d) Sală de sport, e) Școală 1, f) Școală 2

În urma simulării a rezultat necesitatea instalării a 1956 de panouri fotovoltaice EvoloCells 400 MIB 400 W pe o suprafață totală a acoperișului de 13.592 m² [90].

Tab. 9 Date de ieșire-clădiri studiate [90]

Clădire	Număr panouri	PV inst [MW]	PV prod [MWh/an]
Cantină	154	61,60	67,60
Cămin 1	333	133,20	142,60
Cămin 2	297	118,80	124,35
PT 34	122	48,80	53,96
Sală de sport	294	117,60	130,04
Școala 1	552	220,80	218,43
Școala 2	204	81,60	82,54
Total	1.956	782,40	820,00

Având în vedere surplusul considerabil de energie electrică anuală produsă în urma asigurării consumului propriu de energie electrică necesar exploatareii clădirilor de învățământ (aproximativ

654 MWh), s-a propus instalarea a șase pompe de căldură aer-apă, fiecare cu o capacitate de încălzire de 200 kW. Energia termică produsă de pompele de căldură care utilizează energia electrică din sistemul fotovoltaic al unității de învățământ poate fi utilizată în primul rând pentru prepararea apei calde consumate în clădirile proprii precum și pentru furnizarea de căldură în instalațiile proprii de încălzire, rezultând pentru încălzire un sistem hibrid care folosește energie termică primară din sistemul centralizat cu aport de energie din SRE. În Tab. 10 se prezintă producția de energie a sistemului fotovoltaic (PV_{prod}), consumul de energie electrică pentru iluminat ($E_{nec\ el}$), consumul de energie electrică pentru prepararea apei calde pentru consum ($E_{nec\ ACC}$), aportul de energie termică pentru încălzire spații ($E_{nec\ th}$) și surplusul de energie solară produsă (E_{pvs}).

Tab. 10 Producția și consumul de energie electrică [90]

Luna	$E_{nec\ el}$ [MWh]	$E_{nec\ th}$ [MWh]	$E_{nec\ ACC}$ [MWh]	PV_{prod} [MWh]	E_{pvs} [MWh]
Ianuarie	20,00	90,64	21,74	24,07	-108,31
Februarie	18,50	73,11	20,14	36,44	-75,31
Martie	18,00	57,95	22,25	64,84	-33,36
Aprilie	17,00	27,79	20,90	88,45	22,76
Mai	16,00	9,28	20,49	106,31	60,54
Iunie	9,50	1,62	18,61	111,35	81,61
Iulie	1,00	0,03	18,17	115,98	96,78
August	1,00	0,00	17,58	101,20	82,62
Septembrie	10,00	7,88	17,07	70,83	35,88
Octombrie	17,00	30,90	18,31	50,99	-15,23
Noiembrie	18,00	56,08	18,80	30,87	-62,01
Decembrie	20,00	81,72	20,68	18,73	-103,67
Total	166,00	437,00	234,74	820,00	-17,69

Chiar și după utilizarea energiei solare produse pentru acoperirea diferitelor categorii de necesar de energie pentru consum propriu, se poate observa în Tab. 10 că sunt câteva luni în perioada de vară în care se înregistrează un surplus considerabil de energie electrică. Soluția clasică este ca acest surplus de energie electrică să fie livrat în SEN, dar datorită problemelor generate de imposibilitatea preluării energiei s-a propus ca surplusul de energie în lunile de vară să fie utilizat pentru producerea de apă caldă menajeră, care va fi apoi introdusă în rețeaua de distribuție a sistemului centralizat și poate alimenta cu apă caldă un cartier din vecinătate, devenind astfel prosumator de energie termică [90].

În situația studiată, această opțiune este ușor de implementat și datorită faptului că substația DH PT34 se află în imediata apropiere a clădirilor de învățământ.

În Fig. 57 este prezentată schema funcțională propusă cu integrarea sistemului fotovoltaic, a instalației de preparare a agentului termic necesar pentru încălzire și prepararea apei calde menajere pentru consum propriu și livrare în sistemele centralizate, astfel încât beneficiarul clădirilor studiate să devină prosumator de energie termică și electrică [90].

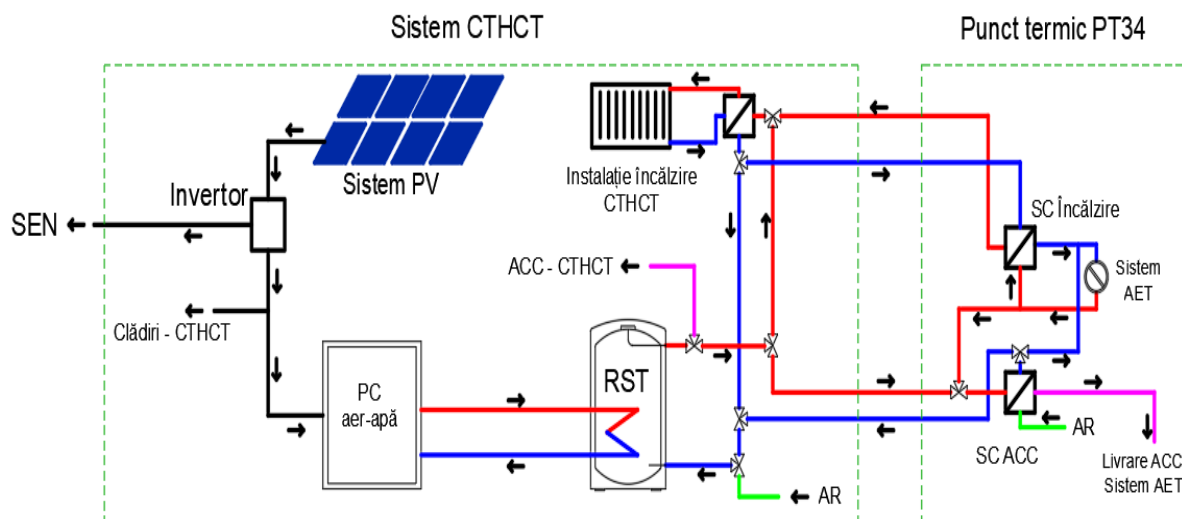


Fig. 57. Schema funcțională a instalației termice și electrice [90], [95]

PC-pompă de căldură, RST-rezervor de stocare apă caldă, ACC-apă caldă de consum menajer, AR – apă rece, SC-schimbător de căldură, AET-alimentare cu energie termică

Sistemul hibrid propus este gândit ca în lunile de toamnă – iarnă (potențial solar scăzut), instalația termică să producă, în primul rând, apă caldă pentru acoperirea necesarului clădirilor CTHCT și aport de căldură pentru instalațiile proprii de încălzire. În lunile de primăvară și vară, surplusul de energie electrică solară va fi folosit pentru producerea de apă caldă de consum, care va fi livrată în sistemul centralizat pentru alimentarea cartierelor învecinate. În ambele moduri de funcționare, apa caldă produsă este stocată într-un rezervor de stocare energie termică (RST). Surplusul rămas de energie electrică care nu este convertită în energie termică este livrat către SEN [90].

Integrarea SRE în sistemele de producere și furnizare a energiei, atât termice cât și electrice, a devenit o necesitate în zilele noastre, cauzată atât de contextul energetic problematic, cât și de nevoia de a reduce poluarea mediului. Beneficiarii clădirilor, fie ele rezidențiale sau instituții publice, trebuie să privească necesitatea utilizării SRE ca o oportunitate de trecere de la consumatori la prosumatori, atât de energie termică, cât și de energie electrică. Din punct de vedere al sistemelor de încălzire, adaptarea la schimbările climatice și securitatea alimentării cu căldură pot fi realizate prin trecerea la sisteme de încălzire moderne cu surse regenerabile, dar și prin implementarea sistemelor de încălzire inteligente.

Tot în direcția eficientizării energetice, studiile și cercetările prezentate anterior au fost aplicate în 4 proiecte [118], [119], [120], [121] de eficientizare energetică, după cum urmează:

- integrarea energiei solare fotovoltaice pentru două clădiri administrative la sediul Inspectoratului Teritorial al Poliției de Frontieră Timișoara (IPTF Timișoara) [118], [119];
- integrarea energiei solare fotovoltaice pentru două sisteme de alimentare cu energie electrică pentru turnuri de comunicații ale IPTF Timișoara [120], [121];

În cadrul proiectelor de cercetare [118], [119] s-a efectuat studii privind fiabilitatea integrării SRE (sisteme fotovoltaice) la sediul IPTF Timișoara pe o clădire care urmează să fie construită și

care are destinația de depozitare materiale confiscate (IPTF-D) [118], pe o clădire existentă cu destinația Pavilion (IPTF-P) [119], și respectiv pentru bransamentele turnurilor de comunicații de aparținând IPTF [120], [121].

Proiectele de integrare a energiei solare fotovoltaice la sistemele de alimentare cu energie electrică pentru turnuri de comunicații ale IPTF Timișoara [120], [121] sunt în faza de analiză și nu vor face subiectul acestei lucrări.

Pentru cele două proiecte de integrare a energiei solare fotovoltaice la clădirile administrative IPTF-D [118] și IPTF-P [119] s-a obținut finanțare și se vor instala în anul 2024, fiind prezentate în cele ce urmează.

Pentru ambele sisteme s-a propus orientarea panourilor fotovoltaice pe sud-vest cu respectarea unghiului de înclinare al acoperișului astfel încât acestea să primească maximul posibil de lumină solară [118], [119].

Pentru locația analizată, radiația globală anuală este de 1328,60 kWh/m², iar pentru cea mai scăzută temperatură exterioară s-a considerat -15°C în două zile, care este atinsă sau depășită de 10 ori în 20 de ani, valori care s-au luat în calcul pentru simularea sistemului PV [94].

Ambele sisteme sunt de tip on-grid cu autoconsum, fără acumulatori și sunt compuse din panouri fotovoltaice monocristaline cu puterea de 540 Wp/panou, tablou de curent continuu, invertor, cabluri solare, tablou de injecție CA, etc. [118], [119].

- **Pavilion – clădire existentă (IPTF-P)**

Clădirea pentru care s-a analizat viabilitatea instalării unui sistem fotovoltaic, cu destinația Pavilion are acoperișul de tip șarpantă de lemn, termoizolat și hidroizolat, cu învelitoare din țiglă ceramică de culoare maro roșiatic, în 4 ape, la unghi de 20° [119].

În urma simulării sistemului fotovoltaic [94], a rezultat un număr de 117 panouri fotovoltaice, cu o putere totală instalată de 63,18kWp, poziționate pe direcția sud conform Fig. 58 [119].

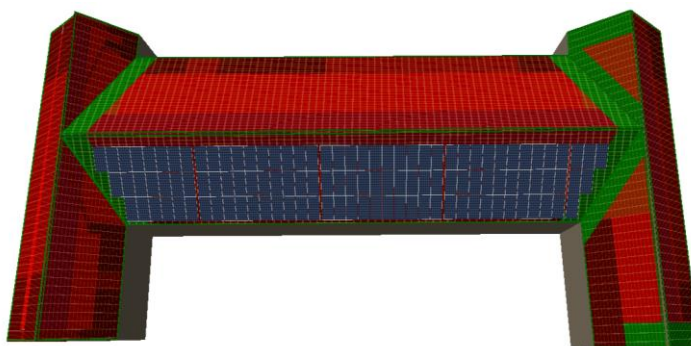


Fig. 58. Amplasarea panourilor fotovoltaice pe clădirea IPTF-P [94], [119]

Sistemul fotovoltaic are o producție maximă de energie electrică de 87,87 MWh (curent continuu - CC) și respectiv de 86,102 MWh în primul an (curent alternativ - CA) (Fig. 59) cu o rată de performanță de 87,0 % (relația dintre randamentul energetic real și teoretic posibil al sistemului) [94], [119]) (Fig. 60) [94], [119].

Practic, puterea instalată este de 63,18 kW. Pentru sistem s-a ales un invertor de tip Sunny Tripower 7000TL-20 și unul de tip Sunny Tripower 60-10.

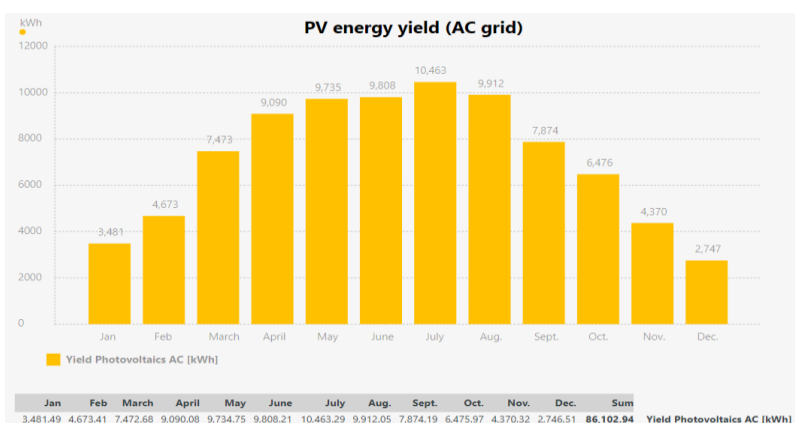


Fig. 59. Producție maximă de energie electrică (CA) - sistem PV- clădire IPTF-P [94]

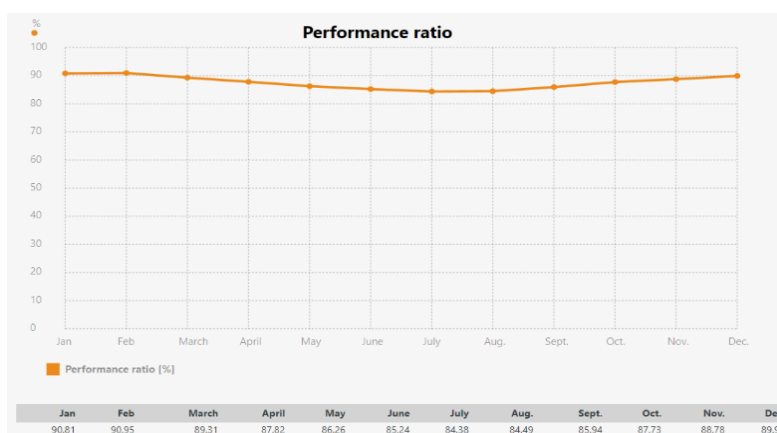


Fig. 60 Raport de performanță - sistem PV- clădire IPTF-P [94]

Diagrama de bilanț energetic pentru sistemul analizat este prezentată în Fig.61.

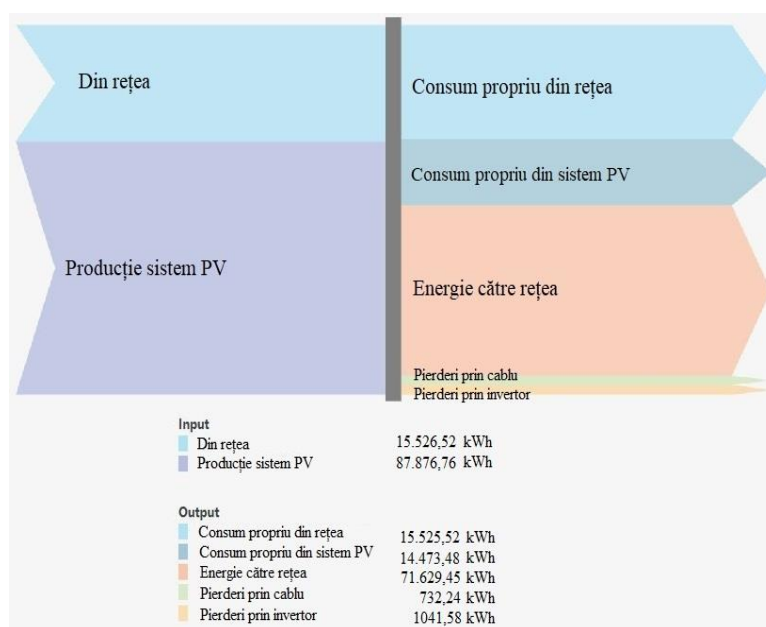


Fig. 61. Bilanț energetic - sistem PV- clădire IPTF-P [94]

În Fig. 62 este prezentată reducerea emisiilor de CO₂, emisii care s-ar evacua în atmosferă, în mod normal dacă producția de electricitate s-ar realiza din surse convenționale de energie. Astfel, se obține o reducere de CO₂ de 51,66 tone/an (Fig. 62).

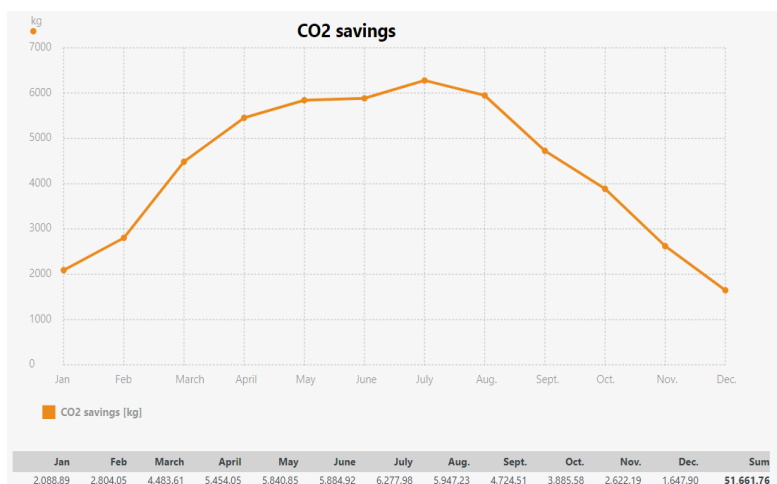


Fig. 62. Reducerea emisiilor de CO₂ - clădirea IPTF-P [94]

Schema de racordare a sistemului fotovoltaic la SEN și respectiv la instalația electrică care deservește clădirea este prezentată în Fig. 63 [119].

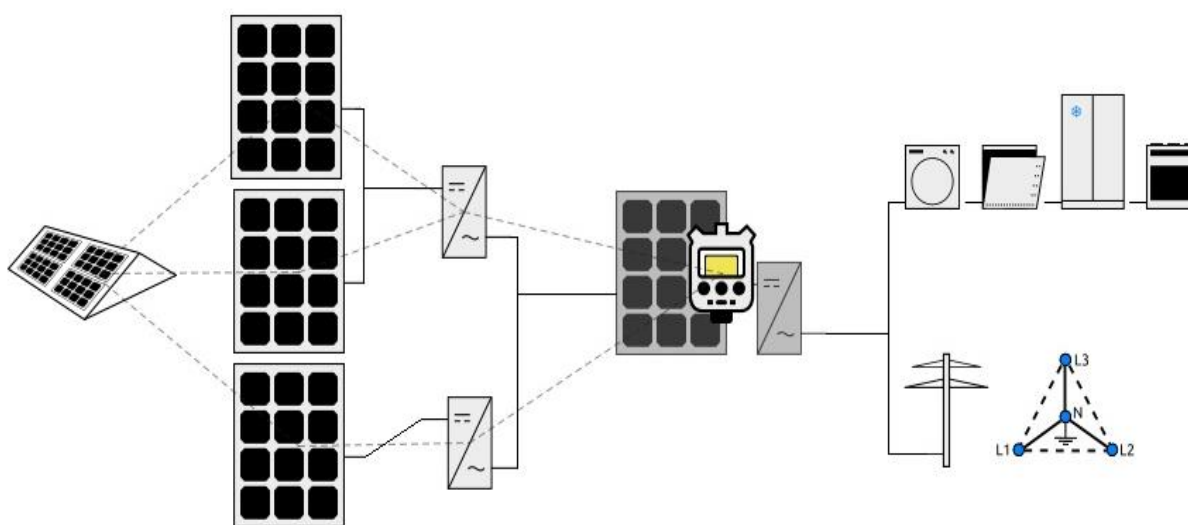


Fig. 63. Schema de racordare a sistemului fotovoltaic - clădirea IPTF-P [119]

- **Depozit – clădire nou construită (IPTF-D)**

La clădirea cu destinația Depozit, acoperișul este de tip șarpantă de metal cu închideri din panouri sandwich cu vată minerală, termoizolat și hidroizolat, cu învelitoare din tablă, în 2 ape, la unghi de 15° [118].

În urma simulării sistemului fotovoltaic a rezultat că este optimă instalarea unui număr de 198 de panouri fotovoltaice monocristaline, fiecare cu o putere de 540 Wp, montate pe învelitoare,

orientate pe sud (Fig. 64) [94], [118].

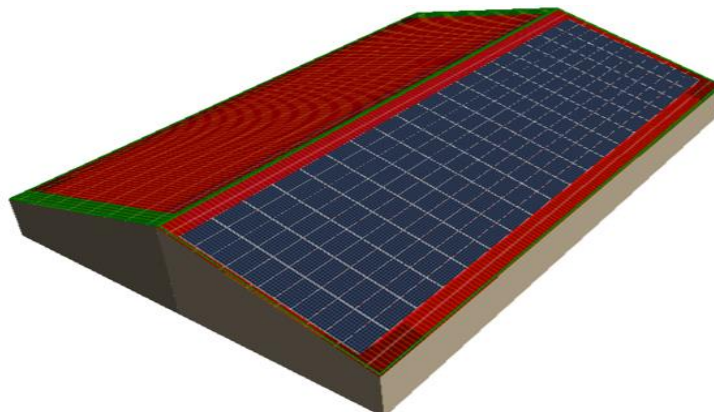


Fig. 64. Amplasarea panourilor fotovoltaice pe clădirea IPTF-D [94], [118]

Sistemul este de tip on grid cu autoconsum, fără acumulatori. Cantitatea de energie produsă (curent alternativ) este de 133,53 MWh în primul an (Fig. 65) [94] cu o rată de performanță de 84,0 % (relația dintre randamentul energetic real și teoretic posibil al sistemului) (Fig. 66) [94]. Puterea instalată a sistemului este de 106,92 kW, [94], [118]. Pentru sistem s-a ales un invertor de tip STP 110-60.

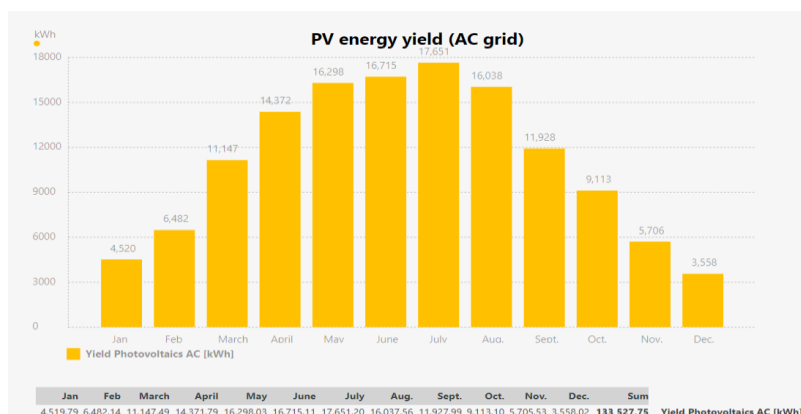


Fig. 65. Producția maximă de energie electrică (CA) a sistemului PV- clădirea IPTF-D [94]

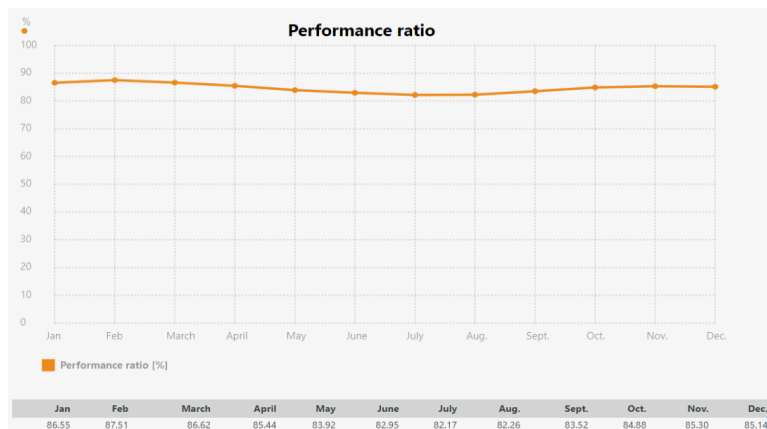


Fig. 66 Raportul de performanță al sistemului PV- clădirea IPTF-D [94]

Diagrama de bilanț energetic pentru sistemul analizat este prezentată în Fig.67.

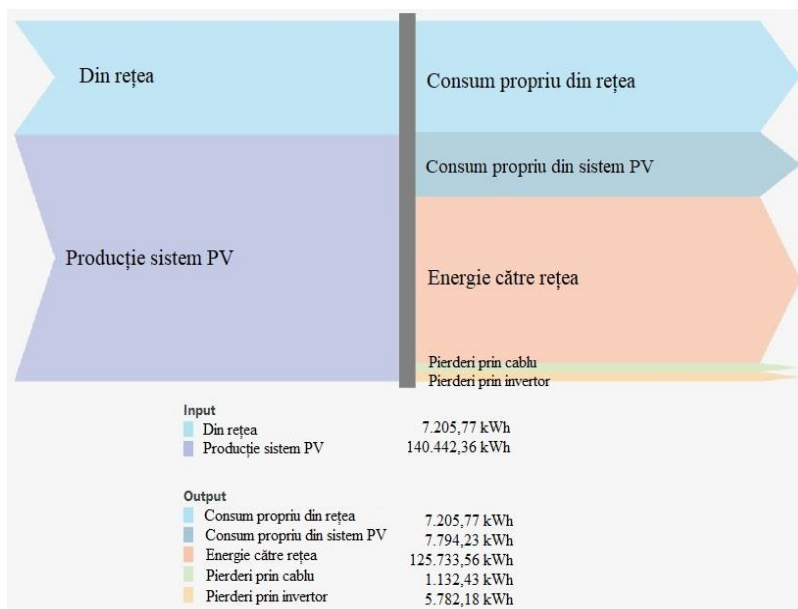


Fig. 67. Bilanț energetic - sistem PV- clădire IPTF-D [94]

În Fig. 68 este prezentată reducerea emisiilor de CO₂, emisii care s-ar evacua în atmosferă, în mod normal dacă producția de electricitate s-ar realiza din surse convenționale de energie. Astfel, se obține o reducere de CO₂ de 80,12 tone/an (Fig. 68).

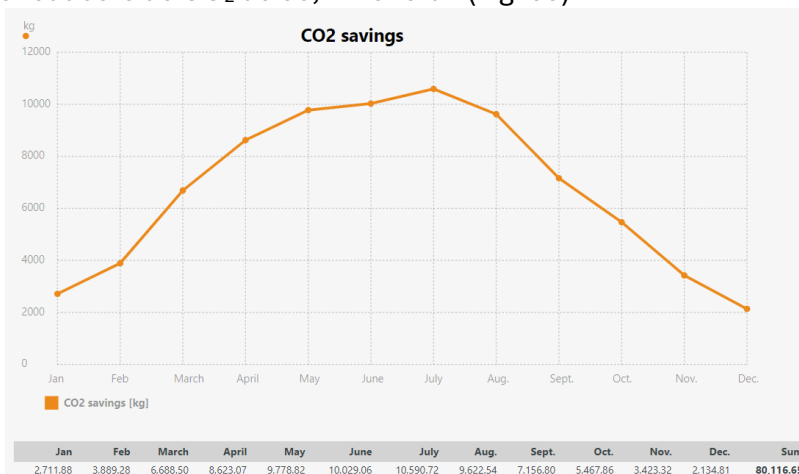


Fig. 68. Reducerea emisiilor de CO₂ - clădire IPTF-D [94]

Schema de racordare a sistemului fotovoltaic la SEN și respectiv la instalația electrică care deservește clădirea este prezentată în Fig. 69 [118].

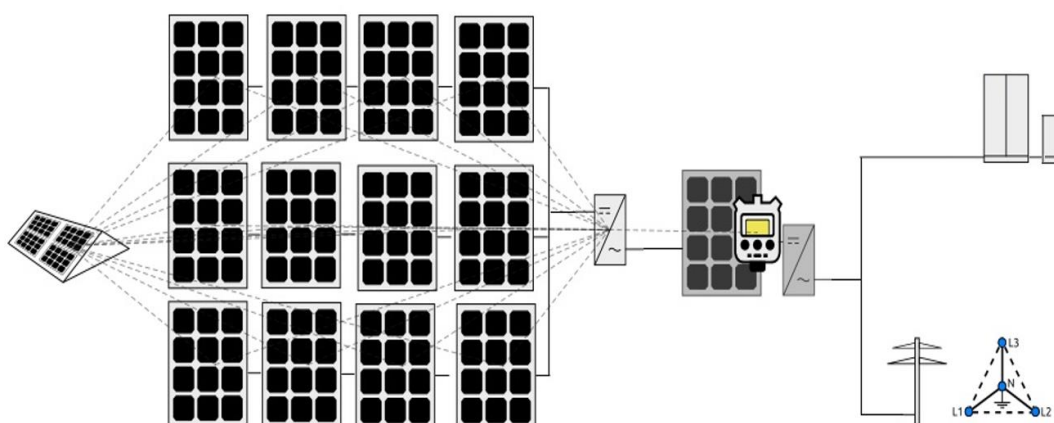


Fig. 69. Schema de racordare a sistemului fotovoltaic - clădire IPTF-D [118]

1.2.2. Cercetări privind reducerea consumului de energie și a emisiilor poluante în clădiri industriale prin recuperarea energiei pierdute și eficientizare energetică integrând surse regenerabile de energie

În sectorul industrial, utilizarea energiei are un rol esențial atât pentru desfășurarea proceselor tehnologice, cât și pentru asigurarea necesarului de căldură [17], frig și iluminatul spațiilor. Un raport al Eurostat [122] realizat pentru Uniunea Europeană (UE), arată că în 2021, sectorul industrial a reprezentat 25,6 % din consumul final de energie (al treilea după sectorul transporturilor și cel al gospodăriilor). Astfel, în Fig. 60 se prezintă evoluția consumului final de energie în sectorul industrial pe produs energetic (combustibili primari și secundari sau la grupe/categorii de combustibili precum gaz natural, electricitate, surse regenerabile), în perioada 1990-2021 [122].

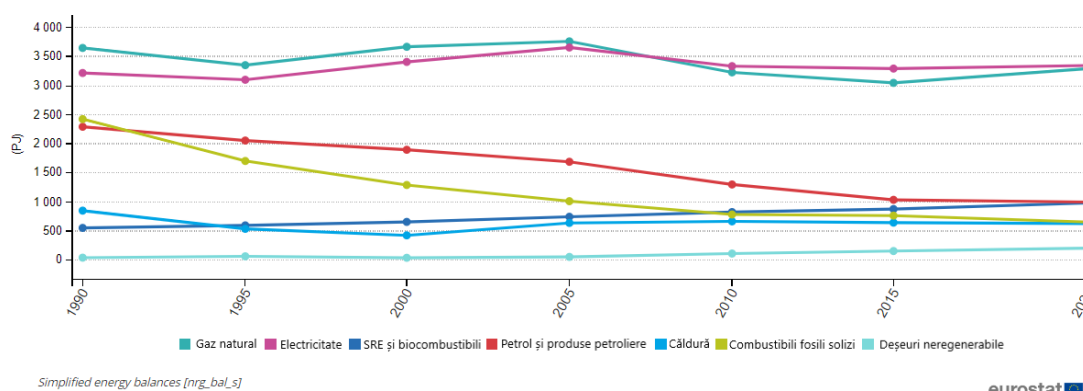


Fig. 70. Evoluția consumului final de energie în sectorul industrial (1990-2021) [122]

Se observă că ponderea cea mai mare în consumul final de energie o are gazul, fiind plasat la același nivel cu electricitatea în 2021, însă începând cu 2005 ponderea consumului de gaz este ușor descrescătoare.

Având în vedere actualele ținte propuse de UE pentru 2030 și respectiv 2050 în ceea ce privește scăderea emisiilor de CO₂ cu cel puțin 55% până în 2030 [103], consumul de energie din combustibili fosili (petrol și cărbune) ar trebui să ajungă la zero până în 2050. Dacă în ultimii 30 de

ani, consumul de petrol și produse petroliere a scăzut de la 2288,09PJ la 990,98PJ [122] înseamnă că se poate aprecia o scădere anuală de 43,24PJ. Astfel, dacă se păstrează acest trend descrescător, reducerea totală a dependenței de petrol și produse petroliere s-ar întâmpla în următorii 23 de ani, adică în 2047, ceea ce înseamnă că se pot atinge țintele stabilite pentru 2050. Din punct de vedere al consumului de cărbune, consumul acestuia a scăzut de la 2420,18PJ la 647,17PJ [122] ceea ce înseamnă o scădere anuală de 59,10PJ. Sub același raționament, se poate interpreta că păstrarea trendului descrescător ar conduce la reducerea totală a dependenței de cărbune în următorii 11 de ani, adică în 2035. Prin urmare, din punct de vedere al acțiunilor de reducere a consumului de energie din combustibili fosili, se poate aprecia că țintele pentru 2030 și respectiv 2050 sunt viabile [103].

Din punct de vedere al integrării SRE consumul de energie din SRE a crescut de la 545,82PJ la 975,98PJ [122] pe perioada celor 30 de ani, deci o creștere medie anuală de 14,34PJ, ceea ce înseamnă că dacă se păstrează același trend crescător, tranziția de la sursele fosile la SRE s-ar întâmpla în aproximativ 115 ani. Acest scenariu nu poate asigura atingerea țintelor noilor norme propuse de UE [103]. Practic, pentru înlocuirea totală a surselor fosile de energie cu SRE până în 2050, când se țintește la neutralitatea climatică a Europei, consumul de energie din SRE ar trebui să crească în următorii 25 de ani cu 65,53PJ/an, ceea ce presupune o accelerare a consumului de energie din SRE de aproximativ 5 ori.

Pe de altă parte măsurile privind stabilirea unui preț al carbonului și a plafonării numărului de certificate de emisii (ETS) introduse pe piață care vor descrește anual, dar și a certificatelor CBAM introduse prin mecanismul de ajustare la frontieră, vor contribui esențial la noile obiective ale tranziției energetice [103]. Privind asupra procentului de 25,6 % al sectorului industrial, din consumul final de energie, înseamnă că este necesară o accelerare a măsurilor de integrare a SRE în acest sector de activitate. Deci, pentru sectorul industrial, consumul de energie din SRE trebuie să crească anual cu 17PJ sau din punct de vedere al ponderii energiei provenite din SRE până în 2030, stabilite prin noile obiective, sectorul industrial trebuie să asigure o creștere anuală de 1,6%. La asigurarea acestei rate de creștere poate contribui, chiar dacă nu se consideră energie regenerabilă, și recuperarea energie pierdute care va asigura o reducere a consumului de energie și implicit a emisiilor poluante. În ceea ce privește România, tot în statisticile Eurostat, o analiză comparativă, raportată la UE, în ceea ce privește ponderea producției primare, în 2021, după sursa de energie, prezentată în Fig.71 [123], arată că în România cea mai mare pondere (32,3%) o are gazul natural depășind de 5 ori ponderea în UE.

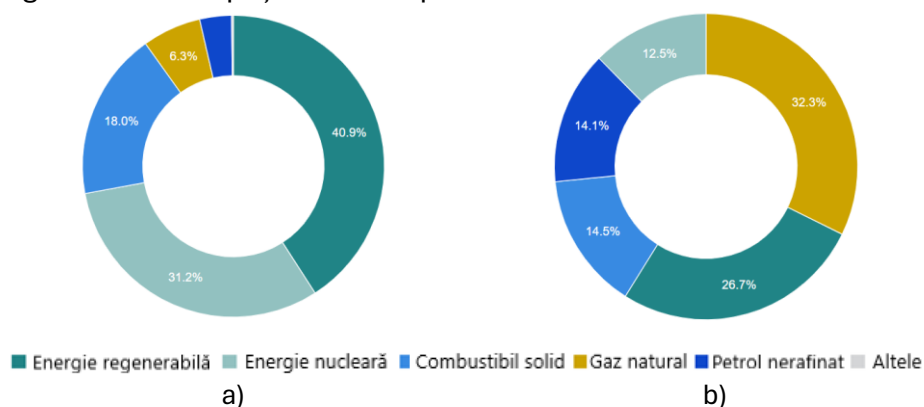


Fig. 71. Ponderea producției primare după sursa de energie -România vs. UE (2021) [123]

a) UE, b) România

Tot raportat la anul 2021, Fig. 72 [124] prezintă repartitia consumatorilor de gaze naturale combustibile în UE, unde se observă că sectorul energetic deține un procent de 26% din totalul consumului.

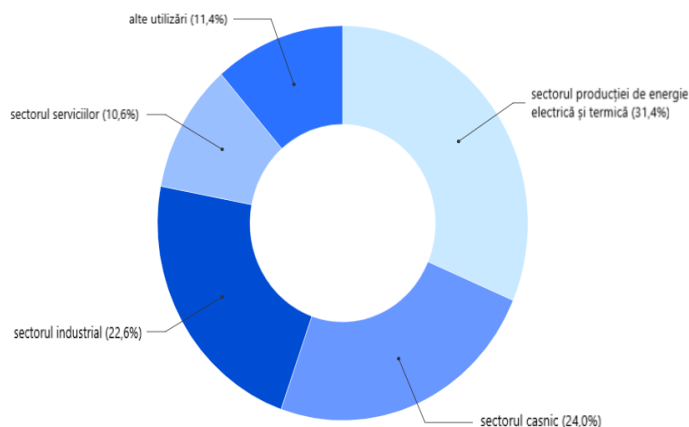


Fig. 72. Ponderea consumului de gaze naturale în UE, pe sectoare de activitate (2021) [124]

Însă, în contextul politic actual, începând cu anul 2022 s-au făcut eforturi pentru ca importurile de gaze din Rusia în UE să se reducă semnificativ, astfel că până în prezent s-a înregistrat o reducere de 19% rezultată ca medie a reducerilor consumurilor înregistrate de țările membre (Fig. 73) [125].

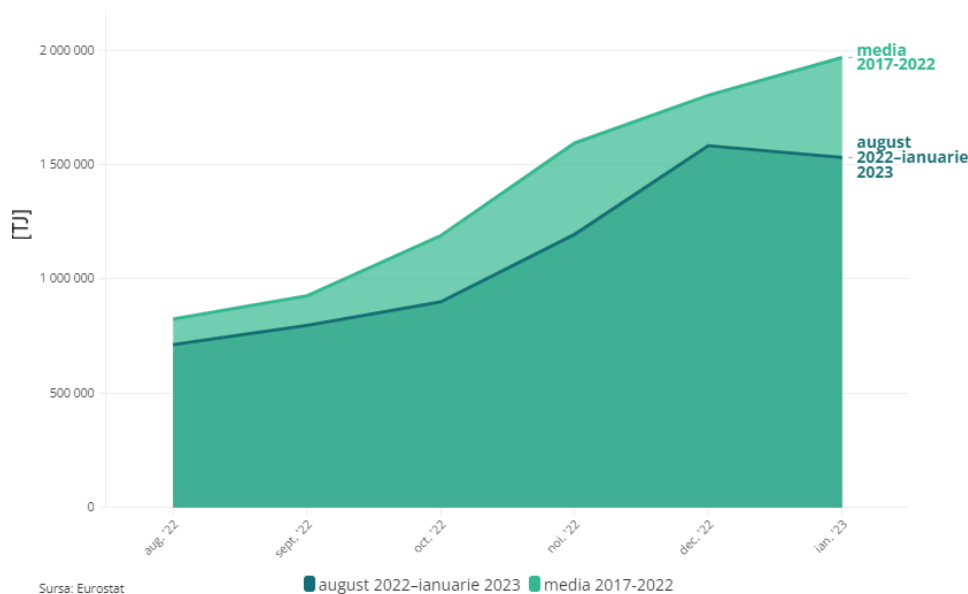


Fig. 73. Evidențierea reducerii consumului de gaze naturale în UE în perioada 2022-2023 [125]

Deci, pentru tranziția mai rapidă către o energie mai curată prin trecerea de la gazele fosile la surse regenerabile și la gaze cu emisii scăzute de carbon, noile norme europene au stabilit ca și obiective [103]:

- creșterea procentului de integrare a SRE de la 40%, la cel puțin 42,5% până în 2030;
- reducerea consumului de energie cu 11,7% prin eficientizare energetică, până în 2030 raportat la nivelul stabilit în 2020.

Totuși, în tranziția spre un viitor regenerabil, gazul natural va rămâne, încă o componentă esențială în mixul energetic, în special în țările care au suficiente rezerve de gaze naturale, așa cum este și cazul României [137].

Referitor la sectorul industrial, în contextul descris anterior, este necesar să se stabilească măsuri clare care să conducă spre realizarea acestor obiective. În prezent, eficientizarea energetică a sectorului industrial din România trebuie să pornească de la certitudinea că acest sector a fost conceput să funcționeze având ca sursă principală de energie gazele naturale pentru producerea de electricitate, energie termică și abur industrial pentru încălzirea spațiilor și desfășurarea proceselor tehnologice. Procesele tehnologice, în multe ramuri industriale reprezintă una dintre cele mai semnificative componente ale consumurilor industriale de energie. Datorită temperaturilor ridicate implicate în procesele tehnologice, căldura necesară sectorului industrial se consideră că este, încă, greu de decarbonizat deoarece asigurarea acesteia se bazează, în cea mai mare parte, pe combustibili fosili (de obicei cazane pe gaz). Deci, pentru a decarboniza sectorul industrial este esențial să decarbonizăm căldura.

Practic, pot fi discutate patru direcții transversale de cercetare și dezvoltare care ar permite decarbonizarea eficientă și competitivă a sectorului industrial, și anume [126]:

- combustibili cu zero carbon;
- surse de căldură cu zero carbon;
- electrificarea căldurii;
- îmbunătățirea managementului căldurii.

Pentru majoritatea sectorului industrial costurile cu energia electrică pentru asigurarea necesarului de căldură depășesc, de obicei, costurile combustibililor fosili, astfel încât sistemele alternative pentru producerea căldurii au nevoie de coeficienți de performanță $COP > 1$ [126], [127]. Pe de altă parte, la nivel de sistem energetic, electrificarea completă a producerii de căldură ar necesita creșteri mari ale infrastructurii de transport și distribuției a energiei electrice. În prezent, consumul și producerea energiei, la nivel mondial, sunt responsabili pentru 75% din emisiile de gaze cu efect de seră [103], [128], [129].

Producerea căldurii din energie electrică este decarbonizată numai dacă energia electrică este generată fără emisii de carbon, adică din SRE. Însă, datorită inovației tehnologice, tehnologiile regenerabile (sisteme fotovoltaice, pompe de căldură de înaltă temperatură (PV, PCÎT) devin din ce în ce mai disponibile pe piață și reprezintă o soluție promițătoare pentru asigurarea necesarului energetic în sectorul industrial. Cu siguranță, aceste tehnologii ar putea debloca utilizarea energiei electrice pentru acoperirea necesarului termic al proceselor industriale și ar putea asigura eficiențe ridicate datorită posibilității de a recupera căldura reziduală, care, de cele mai multe ori, atinge temperaturi de până la 200°C. Mai mult, cuplarea acestor sisteme cu unități de stocare a energiei electrice/termice (SEE/SET) ar dezlănțui potențialul de flexibilitate care decurge din electrificarea sectorului industrial. Implementarea strategiilor de management privind cererea de energie (SMCE) în procesele cu consum mare de energie ar putea duce la beneficii semnificative atât pentru actorii industriali, cât și pentru operatorii de rețele în ceea ce

privește echilibrarea, costul energiei, integrarea surselor regenerabile și reducerea globală a emisiilor de carbon. Astfel că, în industrie, pentru a permite desfășurarea pe scară largă a tehnologiilor regenerabile și a stocării energiei, este de maximă importanță creșterea gradului de conștientizare cu privire la beneficiile pe care aceste tehnologii le-ar putea aduce atât sectorului de producție, cât și sistemului energetic, dar și clarificarea măsurilor energetice propuse prin directive și programe naționale.

Din punct de vedere al înlocuirii combustibililor fosili cu combustibili ecologici cu zero carbon (hidrogenul, amoniacul, biocombustibilii și hidrocarburile sintetice) se pune încă problema competitivității costului acestora în condițiile imaturității tehnologice în ceea ce privește producerea, manipularea și utilizarea lor ca sursă de căldură în mediul industrial. Tehnologiile analizate până în prezent, de o serie de cercetări, este simplă, implicând înlocuirea directă și modificări minore ale echipamentelor [130], [131], [132] [133].

Astfel că, toate aceste acțiuni urmăresc să permită sectorului industrial să devină forța care să conducă tranziția către neutralitatea climatică [103].

Din acest motiv, scopul activităților de cercetare prezentate în teza de abilitare nu este acela de a fi cuprinzător, ci au vizat o analiză a impactului recuperării energiei pierdute și integrarea SRE asupra reducerii consumului de energie electrică și termică în sectorul industrial prin investigarea unui set de soluții în diferite scenarii de funcționare, la un agent economic care înregistrează mari consumuri de energie (electrică și termică), în special pentru desfășurarea proceselor industriale. Totodată s-au evidențiat provocările de cercetare și dezvoltare care, dacă sunt îndeplinite, ar avea impact pozitiv. Toate aceste aspecte, de reducere a consumului de energie prin valorificarea energiei pierdute și integrarea SRE, au fost analizate prin lupa reducerii considerabile a emisiilor de CO₂ în sectorul industrial, dar și a flexibilității energetice oferite de aceste sisteme.

În acest context, în perioada 2016-2020, în cadrul proiectului 74BG/2016 [134] pe care l-am coordonat, am efectuat o serie de analize, studii și cercetări atât prin simulări și măsurări experimentale cât și prin integrarea unor sisteme experimentale în procesele tehnologice existente. Aceste activități au vizat în mod special reducerea consumului de energie prin valorificarea potențialului energetic pierdut care au condus la propuneri de modernizare a unor instalații tehnologice existente.

Cercetările experimentale s-au desfășurat la un agent economic care are în dotare cabine de vopsire/uscare (CVU), consumatoare de gaze naturale combustibile și energie electrică. CVU sunt în construcție metalică și echipate cu generator de aer cald, sistem de exhaustare cu filtrare uscată poziționat în spatele cabinelor și instalații electrice de iluminat, acționare și automatizare și sunt utilizate în procesele de vopsire și uscare a pieselor pulverizate cu vopsea lichidă (Fig. 74.) [41], [134], [135] [136].



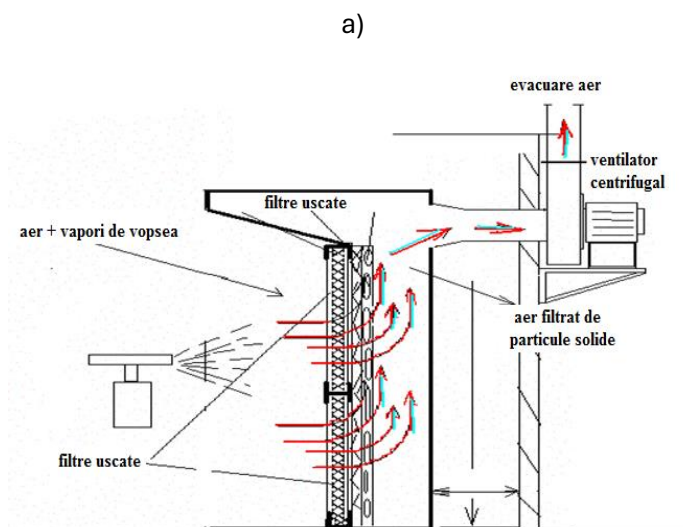


Fig. 74. Cabina de vopsire uscare [41], [135]

a) Imagini exterior/interior CVU, b) Schema de principiu a CVU

Cabinele de vopsire/uscare au puteri electrice instalate cuprinse între 5,5-13,5 kW, iar cele termice de 246-315 kW [135].

În procesul de vopsire, aspirarea particulelor de vopsea rezultate este asigurată de fronturile aspirante, poziționate în peretele posterior și tavanul CVU. Pătrunderea prafului în interiorul CVU este împiedicată prin creerea unei suprapresiuni datorată accelerării mișcării aerului prin tavanul filtrant. Suprapresiunea creată accelerează și deplasarea particulelor încărcate cu vapori de vopsea spre frontul aspirant. Suprafețele filtrante au valori de 8,64-16,2 m² la admisie, respectiv 1,52-5,84 m³/h la evacuare [135]. Ventilatorul de exhaustare, racordat la hota peretelui aspirant prin intermediul unei tubulaturi din tablă zincată, are rolul de a evacua relativ constant aerul viciat. Ventilatorul asigură debite de aer aspirate de 8400 și 16800 m³/h și evacuate de 8400 și 13440 m³/h. Debitele de gaz (gaz natural de tip G20) ale arzătoarelor aferente CVU sunt de 26,74 Nm³/h respectiv 34,24 Nm³/h [135].

CVU funcționează la temperaturi reglabile și termostatate în funcție de procesul tehnologic desfășurat în interiorul acesteia (vopsire sau uscare).

Desfășurarea proceselor tehnologice, la agentul economic analizat, pentru vopsirea și uscarea produselor metalice și din rășini armate cu fibră de sticlă, au un impact negativ asupra mediului atât din punct de vedere termic (căldura evacuată prin aerul viciat și gazele fierbinți), cât și din punct de vedere chimic (concentrația de gaze poluante evacuate în atmosferă). Deși agentul economic a luat măsuri de îmbunătățire a procesului de vopsire/uscare și sistematizare a producției care au condus la scăderea consumului de energie și a emisiilor poluante, totuși s-a identificat, ca și necesitate, reducerea consumului de energie prin recuperarea energiei pierdute [135]. Deoarece agentul economic este un consumator important de energie (200MWh/an), pentru reducerea consumului de energie și a emisiilor poluante am implementat soluții de recuperare a căldurii și conversia energiei pierdute prin sistemele de exhaustare. Prin cercetările efectuate, am urmărit evidențierea sustenabilității economice prin recuperarea energiei pierdute ca urmare a activităților de producție.

- **Obiectivele și etapele cercetării privind posibilitățile de recuperare a energiei pierdute**

Energia pierdută sub formă de căldură se înregistrează în cea mai mare parte în sectorul industrial. Datorită nevoii de a reduce costurile energetice și de a minimiza impactul asociat deșeurilor, asupra mediului, majoritatea agenților economici acordă atenție recuperării și reutilizării deșeurilor vizibile (metalice, hârtie, polietilenă, etc), însă de cele mai multe ori recuperarea energiei pierdute (căldură reziduală, energie cinetică și potențială a fluidelor tehnologice) este neglijată. Din acest motiv, este necesar să se dezvolte un cadru reglementat pentru a oferi sectorului industrial o metodologie de evaluare a activităților de producție și a instalațiilor aferente care produc căldură reziduală, concomitent cu analiza compatibilității instalațiilor cu echipamente recuperatoare de energie pierdută. De asemenea este necesar ca sectorul productiv să beneficieze de suport tehnic care să evalueze și să evidențieze beneficiile economice. Oportunitatea economică de recuperare a energiei pierdute din desfășurarea activităților industriale este demonstrată prin cercetările efectuate la agentul economic analizat.

• **Fluxul cercetării**

Identificarea și evaluarea oportunităților de recuperare a energiei pierdute la CVU din dotarea agentului economic, a necesitat o abordare complexă, în special pentru selectarea soluției optime care să aducă cele mai mari beneficii atât din punct de vedere al reducerii consumului de energie prin recuperarea energiei pierdute, cât și al rentabilității investiției.

Cadrul de evaluare s-a desfășurat în cinci faze distincte, care sunt rezumate în Fig. 75 [41].

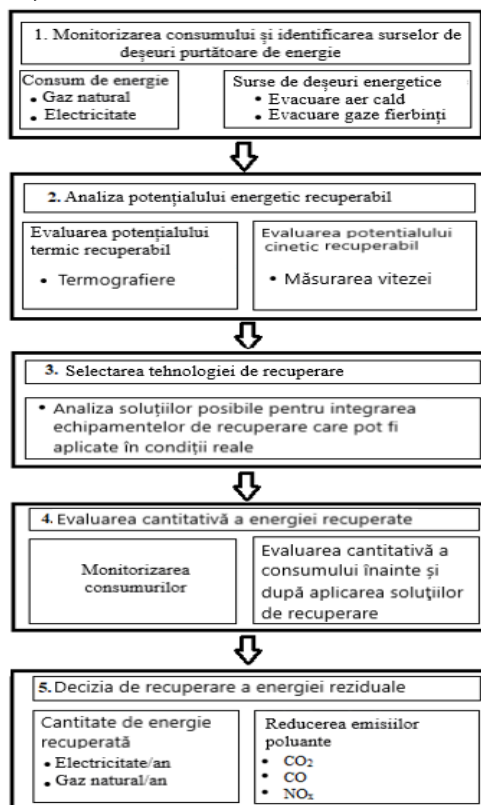


Fig. 75. Cadrul de evaluare a valorificării energiei [41]

Pentru o evaluare cât mai relevantă, cercetările s-au desfășurat pe o perioadă de 2 ani (octombrie 2016- octombrie 2018), perioadă în care au fost parcurse și analizate toate cele cinci faze. S-a studiat comportamentul dotărilor tehnologice industriale (DTI) de tipul CVU și al echipamentelor instalate atât în sezonul rece cât și în sezonul cald [41], [134].

- **Aparatura utilizată**

Pentru măsurarea parametrilor vizați și a monitorizării datelor de intrare/ieșire la CVU analizate s-au utilizat/instalat aparate de măsură și control (AMC), după cum urmează:

- contoare de energie electrică în tabloul de distribuție al postului de transformare aerian (contor de tip CST0410E) și în tablourile electrice de comandă ale CVU analizate (contor de tip T2-CA43) - pentru monitorizarea și evaluarea cantitativă a consumurilor de energie electrică;
- contoare de tip G10 - pentru monitorizarea și evaluarea cantitativă a consumului de gaze naturale combustibile;
- contoare orare electromecanice, de tip Revalco, Hour Meter și AEG UWZ 48 instalate pe tablourile de comanda ale CVU – pentru înregistrarea orelor de funcționare;
- înregistratoare de temperatură YCT R1-6111Temperature + RTD Temperature Data logger la care s-au conectat sonde de temperatură PT 100 – pentru monitorizarea temperaturilor din interiorul/exteriorul CVU și a temperaturii aerului viciat evacuat;
- sistem de achiziție date 5690-2M – pentru colectarea și stocarea datelor;
- cameră de termoviziune FLIR – pentru obținerea imaginilor termice în scopul identificării surselor cu potențial termic recuperabil;
- anemometru portabil – pentru măsurarea vitezei aerului în scopul determinării potențialului cinetic al jeturilor de aer evacuate
- analizor de gaze Testo 350S – pentru măsurarea noxelor evacuate în atmosferă de arzătoare CVU.

- **Monitorizarea consumurilor**

- Monitorizare consumuri de energie electrică și gaze naturale

Astfel, în etapa de identificare s-au efectuat studii de monitorizare a echipamentelor mari consumatoare de energie electrică și gaze naturale combustibile, prin instalarea de aparatură de măsurare (contoare de energie electrică și gaze naturale) [134].

S-au colectat și monitorizat următoarele date de intrare:

- energia electrică consumată la cabinele de vopsire/uscare;
- consumul de gaze naturale pentru încălzirea aerului introdus în cabine;
- temperatura mediului exterior;
- temperatura interioară în cabinele de vopsire/uscare;
- temperatura gazelor fierbinți evacuate în atmosferă;
- viteza curenților de aer în canalele de evacuare a sistemului de exhaustare.

Echipamentele care au fost monitorizate sunt prezentate în Fig. 76 [45], [135].



Fig. 76. Echipamente monitorizate (CV1J, CV2J, CV3J, CV4J) [45], [135]

Monitorizarea datelor de intrare s-a realizat prin citirea contoarelor de energie și a contoarelor orare pentru perioada aferenta ciclului productiv într-un anumit interval de timp astfel încât să se poata stabili o medie a consumurilor energetice pentru un anumit tip de activitate.

➤ *Monitorizare consumuri de energie electrică*

Astfel, monitorizarea consumului de energie electrică s-a realizat prin citirea zilnică a contorului CST0410E ACDSGMR-201101, 3X230/400V seria 16G14570110069756, care s-a montat în tabloul de distribuție al postului de transformare aerian (PTA 2229).

Înregistrarea consumurilor de energie electrică, la cabinele de vopsire/ uscare CV3J și CV4J s-a realizat cu ajutorul contoarelor de energie de tip T2-CA43, 3x230/400V, $I_{max}=5A$, montate în proximitatea tabloului electric de distribuție, Corp J [134].

Pentru cabinele CV1J și CV2J, înregistrarea consumului de energie electrică s-a realizat ulterior, după realizarea bazei de date aferente cabinelor CV3J și CV4J.

Pentru instalarea contoarelor de energie electrică conform schemei de conexiuni (Fig.77) a fost necesară realizarea unui tablou electric (Fig.78) în care s-au montat 6 transformatoare de curent cu caracteristicile prezentate în Tab. 11 [134]. Modul de amplasare a contoarelor la cabinele de vopsire/uscare este prezentat în Fig. 79 [134].

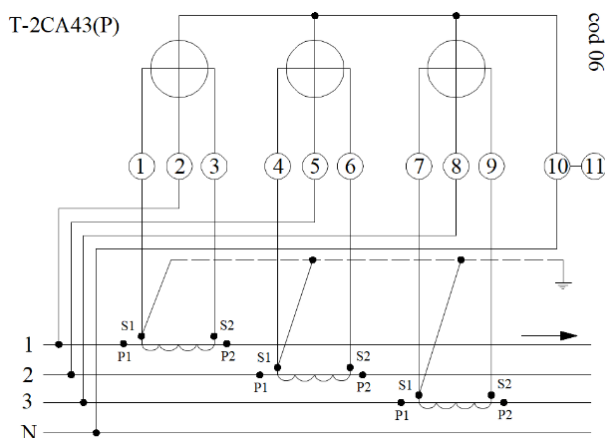


Fig. 77. Schemă de conexiuni [134]



Fig. 78. Realizarea tabloului electric și instalarea transformatoarelor de curent [134]

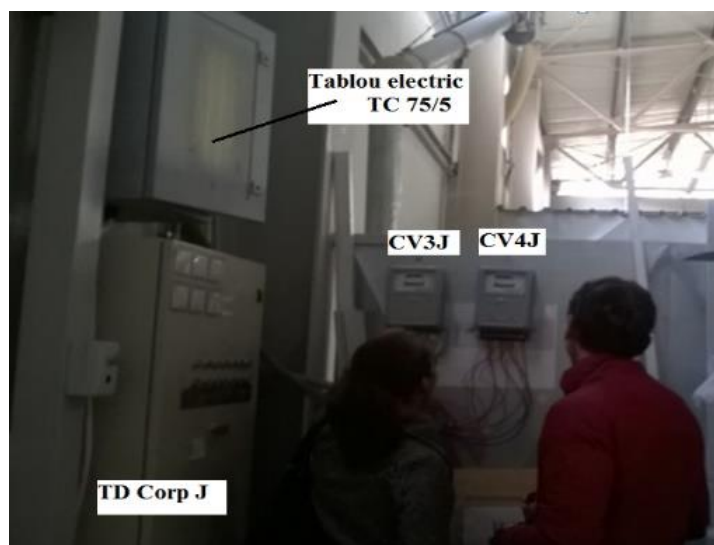


Fig. 79. Amplasarea contoarelor de energie electrică pentru monitorizarea consumului la cabinele CV3J și CV4J [134]

Tab.11. Caracteristici transformator de curent [134]

Tip	Raport de transformare I_n [A]	Tensiunea maximă U_{max} [kV]	Puterea aparentă S [VA]	Frecvența nominală f [Hz]	Nr. înfășurări secundare	Modul de tratare al neutrlui	Standard de fabricație
GIRS 05	75/5	0,75	10	50	1	Legat la pământ	SR CEI 185

Pe baza valorilor înregistrate în fișele de citire contor energie electrică, s-a reprezentat grafic consumul global de energie electrică (energie activă și reactivă) în Fig. 80 pentru luna octombrie și respectiv pentru luna noiembrie 2016 [134].

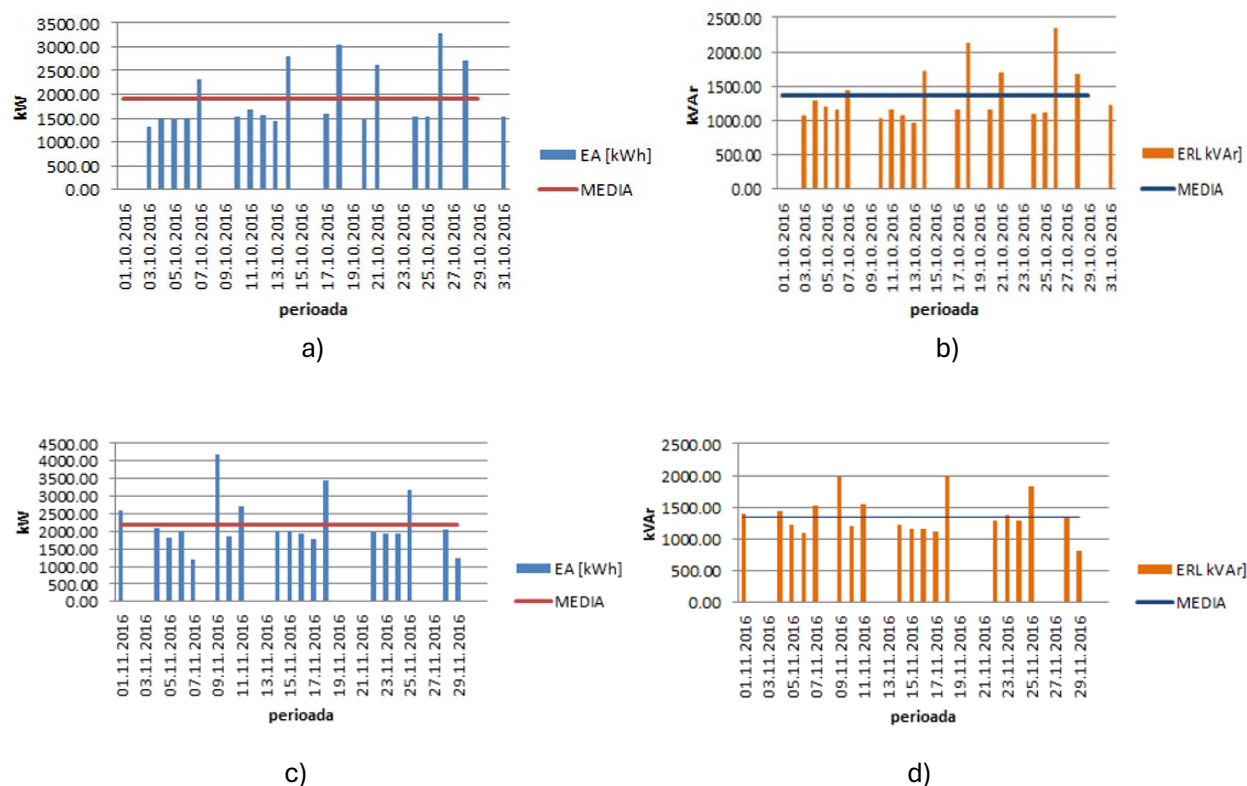


Fig. 80. Consum global energie electrică [134]

a) energie activă-octombrie 2016, b) energie reactivă- octombrie 2016

c) energie activă-noiembrie 2016, d) energie reactivă-noiembrie 2016

În cele două luni monitorizate agentul economic a înregistrat un consum de 36499kW, respectiv 25739kVAr în luna octombrie 2016 și un consum de 41883kW, respectiv 26043kVAr în luna noiembrie 2016, conform repartiției zilnice reprezentate în Fig. 81. Astfel, pentru cele două luni monitorizate s-a înregistrat un consum total de 78.382 kW și respectiv 51.782 kVAr.

➤ Monitorizare consumuri de gaze naturale

Monitorizarea zilnică a consumului de gaze naturale combustibile (GNC), utilizat pentru producerea energiei termice necesare în cabinetele de vopsire/ uscare, pentru încălzirea spațiilor de producție și a celor aferente birourilor, s-a efectuat cu un contor pentru gaze natural FMG 160 cu pistoane rotative din seria FMR, cu caracteristicile specificate în Tab. 12 [134].

Tab12. Caracteristici contor FMG 160 [134]

Tip	Debit [Nm ³ /h]			Volum ciclic [dm ³]	Presiune maximă de lucru [bar]	Interval de temperatură		Racord
	Q _{max}	Q _{min}	Q _t	V	P _{max}	PED	MID	
FMR DN80 G160	250	1,6	12,5	1,80529	16	- 30°C la +60°C	- 25°C la +55°C	DN80

Pentru monitorizarea consumului de gaze naturale al cabinelor CVU, pe circuitul de alimentare cu gaze naturale al cabinei CV3J s-a instalat un contor G10, $Q=16\text{Nmc/h}$ (Fig.81) [41], [134].

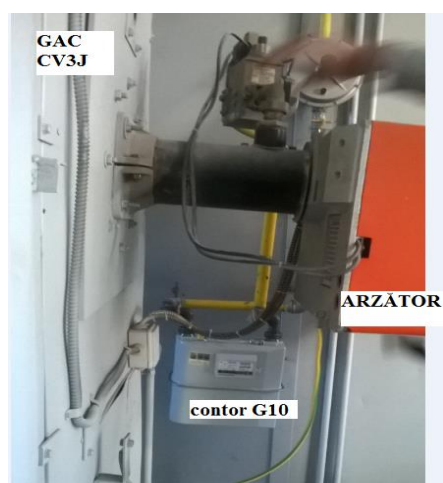


Fig. 81. Poziționarea contorului de gaze combustibile de tip G10 [41], [134]

În cele două luni monitorizate s-a înregistrat, un consum de 8736 Nmc în luna octombrie 2016 și un consum de 11969 Nmc în luna noiembrie 2016, conform repartiției zilnice reprezentate în Fig.82.

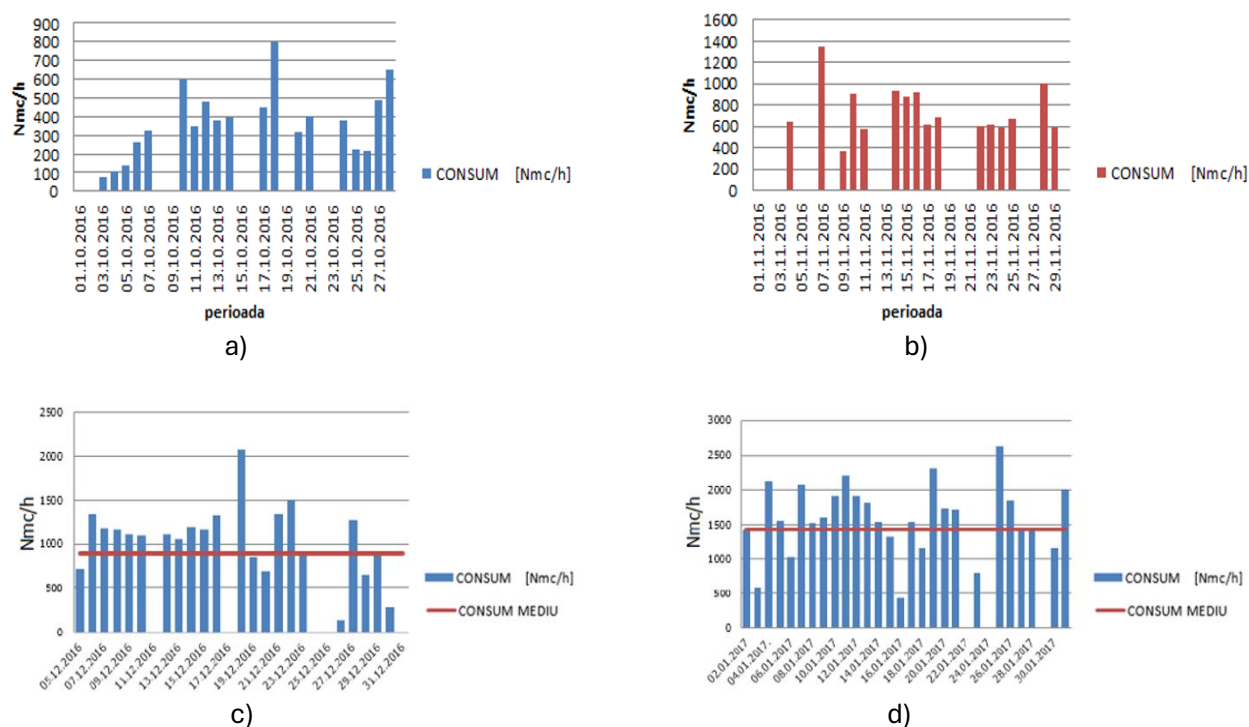


Fig. 82. Consum global gaze naturale [134]

a) octombrie 2016, b) noiembrie 2016, c) decembrie 2016, d) ianuarie 2017

- *Monitorizarea numărului de ore de funcționare*

Orele de funcționare s-au înregistrat prin montarea pe tablourile de comanda ale cabinelor de vopsire/uscare a unor contoare orare cu caracteristicile din Tab. 13. Contoarele sunt alimentate din circuitul de comanda al cabinelor CV1J, CV3J, CV4J.

Tab. 13. Caracteristici contoare orare

ID cabină	Tip contor	Interval tensiune alimentare Ua [V]	Tehnologie afișare	Grad etanșeitate	Număr caractere/ Interval citire
CV1J	REVALCO	18-26 V c.a	Electromecanic Fără reset	IP 41	7/99999,99
CV3J	HOUR METER	18-26 V c.a	Electromecanic Fără reset	IP 41	7/99999,99
CV4J	AEG UWZ 48	18-26 V c.a	Electromecanic Fără reset	IP 41	7/99999,99

În perioada octombrie- noiembrie s-au înregistrat:

- pentru cabina CV1J un număr de 93,7 ore de funcționare;
- pentru cabina CV3J un număr de 57,6 ore de funcționare;
- pentru cabina CV4J un număr de 63,45 ore de funcționare.

Pentru cabina CV2J, care funcționează doar în regim de uscare nu s-a monitorizat numărul de ore de funcționare datorită faptului că s-a dorit monitorizarea numărului de ore de funcționare pentru utilizare continuă a CVU (atât vopsire, cât și uscare).

- *Monitorizarea temperaturilor din interiorul și exteriorul CVU*

Pentru înregistrarea temperaturilor din interiorul și exteriorul cabinei de vopsire/uscare CV3J, s-a instalat un înregistrator de temperatură YCT R1-6111Temperature + RTD Temperature Data logger la care am conectat, la canalul CH2, o sondă de temperatură PT 100, amplasată în interiorul cabinei CV3J (Fig. 83). Înregistratorul are încorporată o sondă de temperatură, conectată la canalul CH1, care înregistrează temperatura din exteriorul cabinei.

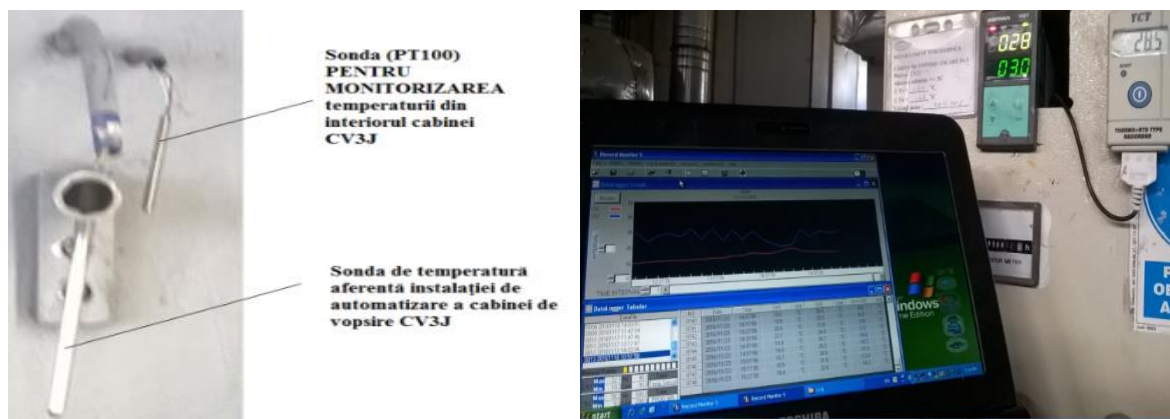


Fig. 83. Amplasarea înregistratorului și a senzorilor de temperatură [134]

Caracteristicile înregistratorului de temperatură YCT R1-6111Temperature + RTD Temperature Data logger sunt centralizate în Tab. 14 [134].

Tab. 14. Caracteristici înregistrator [134]

Nr. canale	Canal CH1	Canal CH2	Interval măsurare	Precizie	Interfață
2	sondă încorporată	sondă exterioară	10 min	$\pm 0,1\%$ citire $+ 0,5^\circ \text{C}$ ($18^\circ \text{C} \sim 28^\circ \text{C}$)	RS232

Valorile temperaturilor interioară / exterioară înregistrate pentru perioada monitorizată sunt reprezentate grafic în Fig. 84.

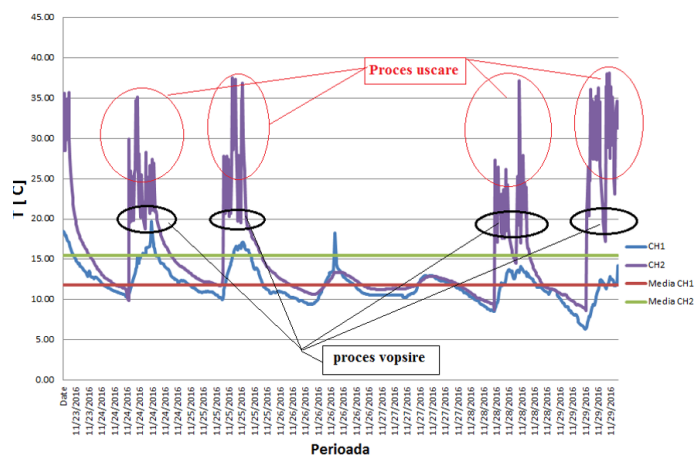


Fig. 84. Variația temperaturii interioare/ exterioare. Cabina de vopsire/ uscare CV3J

Temperatura maximă înregistrată în interiorul cabinei CV3J în perioada de funcționare a fost de $38,1^\circ \text{C}$, iar în perioada de nefuncționare s-a înregistrat un minim de $8,6^\circ \text{C}$. În reprezentarea grafică am marcat zonele de temperaturi aferente proceselor de vopsire și respectiv uscare.

➤ *Monitorizarea consumului de energie electrică pe circuitul de iluminat al CVU*

Observând faptul că în timpul procesului de vopsire se consumă o cantitate importantă de energie electrică pentru iluminat, am instalat pe circuitul de iluminat contoare pentru măsurarea energiei electrice (Fig.85), ale căror caracteristici sunt prezentate în Tab. 15 [134]:

- la cabina CV3J – contor monofazat ELSTER –A100C;
- la cabina CV4J – contor monofazat CAMILLE BAUER- Sineax A210.

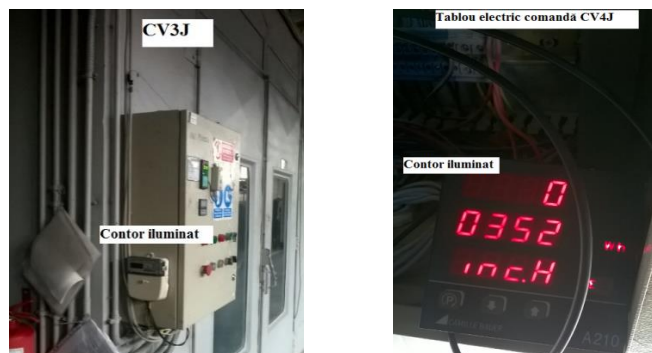


Fig. 85. Amplasarea contoarelor pe circuitul de iluminat [134]

Tab. 15. Caracteristicile contoarelor electrice montate pe circuitul de iluminat [134]

Tip	VARIANTĂ	Tensiune referință U [V]	Domeniu tensiune [V]	Curent de bază/curent maxim Ib/ I _{max} [A]	Frecvență nominală f [Hz]	Clasa de precizie	Tensiune alimentare [V]
Elster A100C	1fază, 2 fire	230	190-260	5/60	50	1 sau 2 IEC62053 -21:2003	-
Camille Bauer-Sineax A210	1fază, 2 fire	230	500	5/5	45-65	IEC 688 EN 688	230

Ca urmare a monitorizării consumurilor de energie electrică și gaze naturale s-au obținut informații tehnice edificatoare pentru agentul economic în ceea ce privește consumurile mari de energie, pe care acesta le înregistrează la cabinele de vopsire / uscare și s-a dovedit necesitatea eficientizării energetice a echipamentelor din dotare. Totodată, rezultatele obținute au reprezentat baza cercetărilor care s-au desfășurat în etapele următoare, în care cercetările s-au axat pe realizarea sistemelor pentru reducerea consumului de energie și a emisiilor poluante.

- **Identificarea circuitelor cu potențial energetic recuperabil aferent dotărilor tehnologice industriale analizate (CVU)**

- *Identificarea circuitelor cu potențial termic recuperabil*

În această etapă de cercetare s-a pornit de la analiza circuitelor cu potențial energetic recuperabil aferente dotărilor tehnologice analizate. O schemă de funcționare generală, valabilă pentru toate CVU existente la agentul economic este prezentată în Fig. 86 [134].

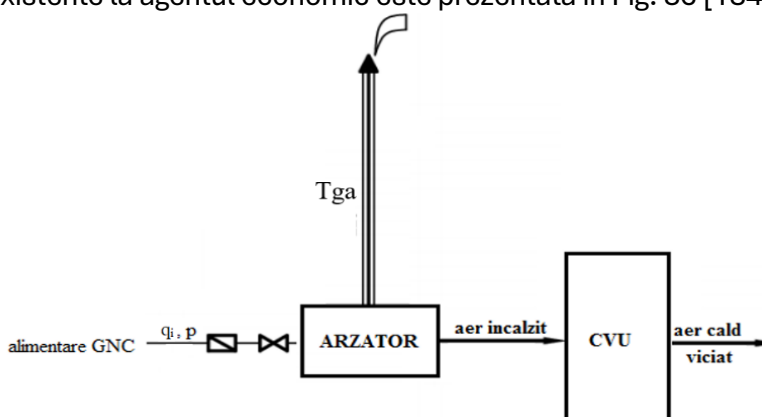


Fig. 86. Schema bloc a instalației existente la agentul economic [134]

T_{ga} - temperatură gaze arse, p - presiune GNC, q_i - debit instalat GNC

Arzătoarele cabinelor de vopsire/uscare CVU au următoarele caracteristici comune:

- Combustibil: gaz natural combustibil;

- Presiune: $p = 25$ mbar;
- Debit instalat: $q_i = 34,24$ Nm³/h;
- Putere maximă: $P_{\max} = 315$ kW;
- Debit ventilator introducere aer cald/exhaustare aer viciat: $Q = 20.000$ m³/h

Din punct de vedere al regimului de funcționare, arzătoarele CVU au regim aleatoriu (debit și presiuni), care variază în funcție de cerințele de producție ale agentului economic.

Circuitele de interes, cu potențial recuperabil analizat, au fost:

- circuitele de evacuare gaze arse și aer viciat – potențial termic recuperabil;
- circuitul de evacuare aer viciat – potențial cinetic recuperabil.

Identificarea circuitelor de unde se poate recupera energie pierdută s-a efectuat prin termografieri cu ajutorul unei camere de termoviziune în infraroșu FLIR. Rezultatele termografierii circuitului de evacuare gaze arse de la arzătoare sunt prezentate în Fig. 87 [134].

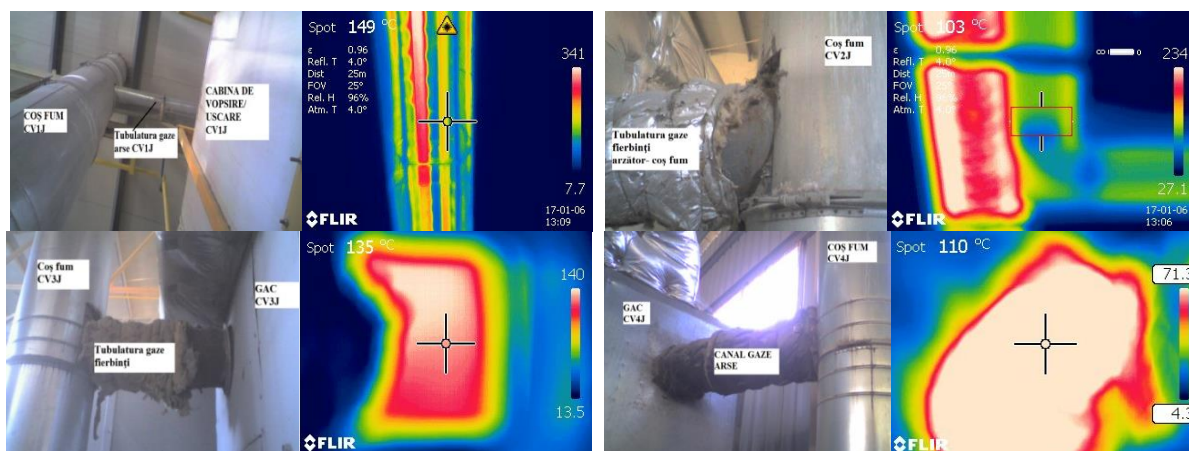


Fig. 87. Termografiera circuitului de evacuare gaze fierbinți [134]

Temperatura maximă a gazelor arse (T_{ga}), înregistrată la ieșirea din arzător, se situează în jurul valorii de 149°C [134]. Rezultatele termografierii circuitului de evacuare aer viciat este prezentat în Fig. 88 [134].

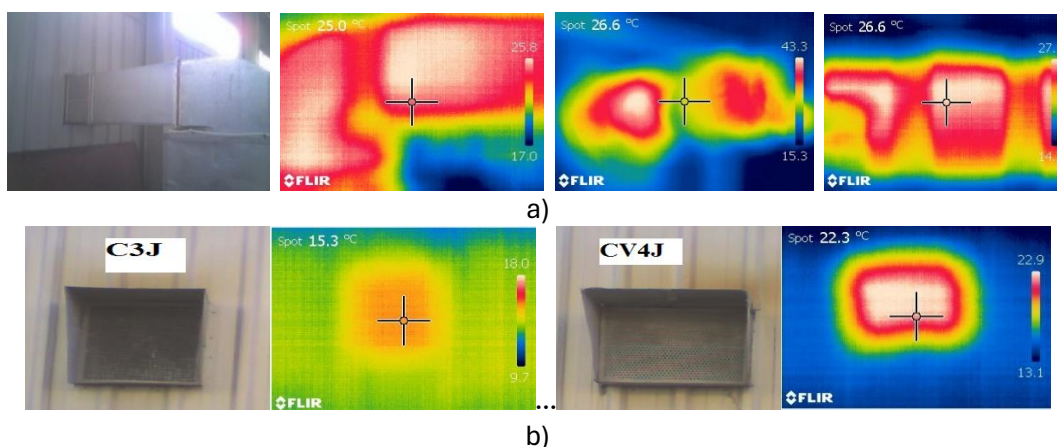


Fig. 88. Termografiera circuitului de evacuare aer viciat de la CVU (CV3J și CV4J) [134]

a) pe circuitul de evacuare interior, b) la grila de evacuare

S-a constatat că temperatura aerului în secțiunea de ieșire a sistemului de exhaustare este cuprinsă în intervalul $(15,3-22,3)^{\circ}\text{C}$.

Pe baza analizei termografierilor efectuate se observă că fluidele evacuate în atmosferă (aer viciat și gaze fierbinți) sunt purtătoare de energie termică care se pierde prin evacuare în atmosferă. Pe baza rezultatelor au fost stabilite soluții pentru recuperarea energiei termice, soluții care să realizeze reduceri ale consumului final de energie la consumatorul industrial.

- *Identificarea circuitelor cu potențial cinetic recuperabil*

Pentru evaluarea energiei cinetice a jeturilor de aer evacuate prin sistemele de exhaustare - energie cinetică necesară producerii energiei electrice - s-a monitorizat viteza jeturilor de aer evacuate de la cabinele CV3J și CV4J, la diferite distanțe în axa jetului. Înregistrarea s-a efectuat cu ajutorul anemometrelor (Fig. 89) [53], [134], rezultând variații ale vitezei jeturilor de aer la ieșirea din canalele de evacuare aer viciat, variații redată grafic în Fig. 90 [53], [134].



Fig. 89. Poziționarea anemometrelor [53], [134]

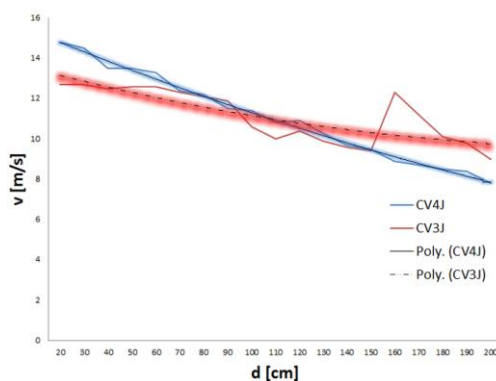


Fig. 90. Variația vitezei jeturilor de aer la ieșirea din canalele de evacuare aer viciat, de la CV3J și CV4J, la distanța $d[\text{cm}]$ față de grila de evacuare, $v=v(d)$ [53], [134]

Pe de altă parte prin măsurarea vitezei aerului viciat evacuat prin sistemul de ventilare al incintelor cabinelor CVU s-a identificat ca și potențial recuperabil și energia cinetică a jetului de aer [53], [134].

Prin urmare, au fost identificate două direcții posibile pentru recuperarea energiei pierdute evacuate în atmosferă prin canale de evacuare.

Deci, analizând valorile rezultate în urma monitorizării consumurilor de energie, a parametrilor termici la cabinetele de vopsire/uscare și a vitezelor curenților de aer la sistemele de exhaustare amplasate la agentul economic, s-a constatat că procesele tehnologice desfășurate la o temperatură considerabilă constituie o importantă sursă de căldură pierdută, iar aerul viciat

evacuat dispune de un potențial cinetic considerabil. Astfel, soluțiile de recuperare a energiei termice pierdute vizează montarea recuperatoarelor de căldură pe circuitele de evacuare (aer viciat și gaze de ardere) și utilizarea energiei termice recuperate pentru încălzirea spațiilor sau pentru încălzirea apei utilizate în scop tehnologic, combinate cu sisteme de conversie a energiei cinetice a curenților de aer viciat evacuat (mini centrale eoliene). În acest sens, în etapele următoare s-a evaluat eficiența recuperării căldurii reziduale, de la sisteme de exhaustare a aerului viciat evacuat și a gazelor fierbinți industriale și posibilitatea convertirii potențialului energiei cinetice a jeturilor de aer viciat evacuate, în energie electrică.

- **Soluții analizate pentru recuperarea energiei pierdute**

- *Sisteme analizate*

Pornind de la monitorizarea consumurilor energetice și identificarea surselor purtătoare de deșeuri energetice la DTI analizate, pentru cele două direcții identificate, s-au propus 4 soluții prin care se pot realiza reduceri ale consumului de energie [45], [134].

În condițiile concrete ale funcționării și amplasării CVU și a instalațiilor aferente acestora la agentul economic, s-a analizat posibilitatea amplasării unui recuperator de căldură pe circuitul de evacuare gaze arse și pe cel de evacuare aer viciat, circuite pe care se pierd cantități importante de energie. Pentru utilizarea energiei cinetice a jeturilor de aer evacuate cu viteze semnificative s-a analizat posibilitatea instalării unei centrale eoliene de mică putere care să asigure necesarul de energie electrică pentru iluminatul CVU [45], [53], [134].

Astfel, s-au analizat următoarele soluții posibile:

- **Soluția 1** - intercalarea recuperatorului de căldură pe circuitul de evacuare gaze arse (Fig. 91) [45], [134].

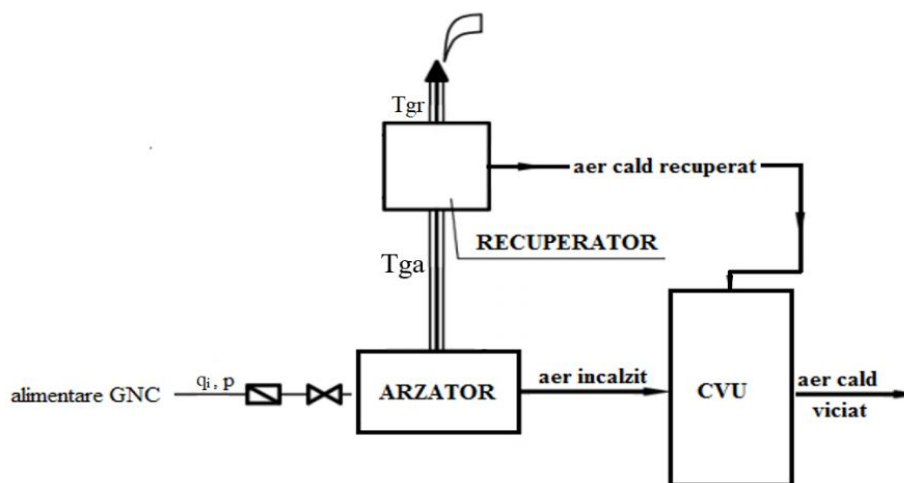


Fig. 91. Schema bloc a instalației propusă prin Soluția 1 [45], [134]

T_{ga} - temperatură gaze arse, T_{gr} - temperatură gaze răcite, p -presiune GNC, q_i - debit instalat GNC

- **Soluția 2** - intercalarea recuperatorului de căldură pe circuitul de evacuare aer viciat, înainte de ventilatorul de evacuare (Fig. 92) [45], [134].

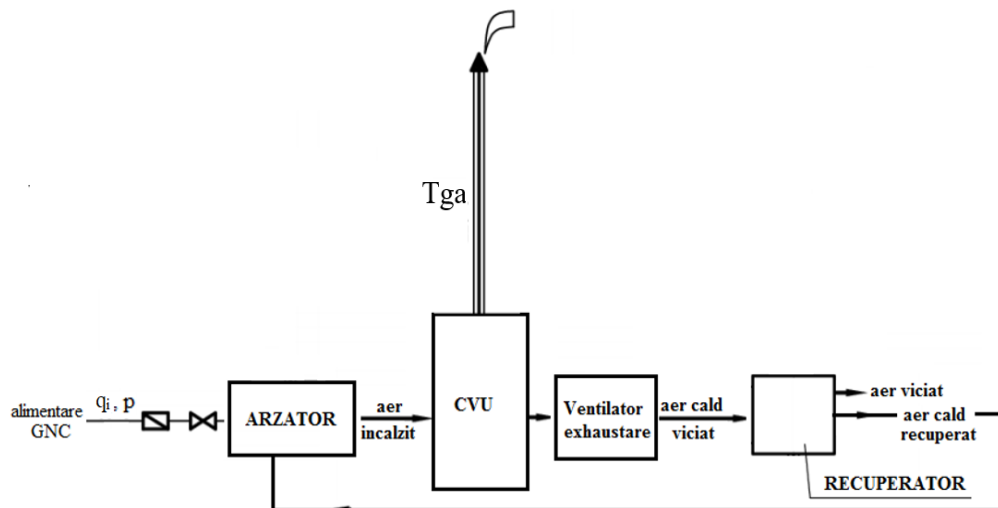


Fig. 92. Schema bloc a instalației propusă prin Soluția 2 [45], [134]

T_{ga} - temperatură gaze arse, p -presiune GNC, q_i - debit instalat GNC

- **Soluția 3** - intercalarea recuperatorului de căldură pe circuitul de evacuare gaze arse și instalarea turbinei eoliene la grila de evacuare aer viciat (Fig. 93) [45], [134].

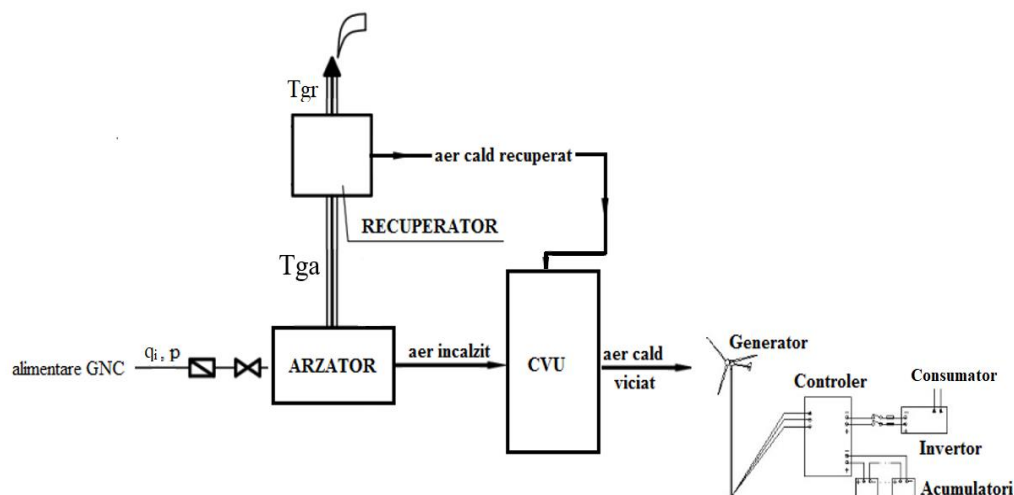


Fig. 93. Schema bloc a instalației propusă prin Soluția 3 [45], [134]

T_{ga} - temperatură gaze arse, T_{gr} - temperatură gaze răcite, p -presiune GNC, q_i - debit instalat GNC

- **Soluția 4** - intercalarea recuperatorului de căldură pe circuitul de evacuare aer viciat, după ventilatorul de evacuare aer viciat și instalarea turbinei eoliene la grila de evacuare aer viciat (Fig. 94) [45], [134].

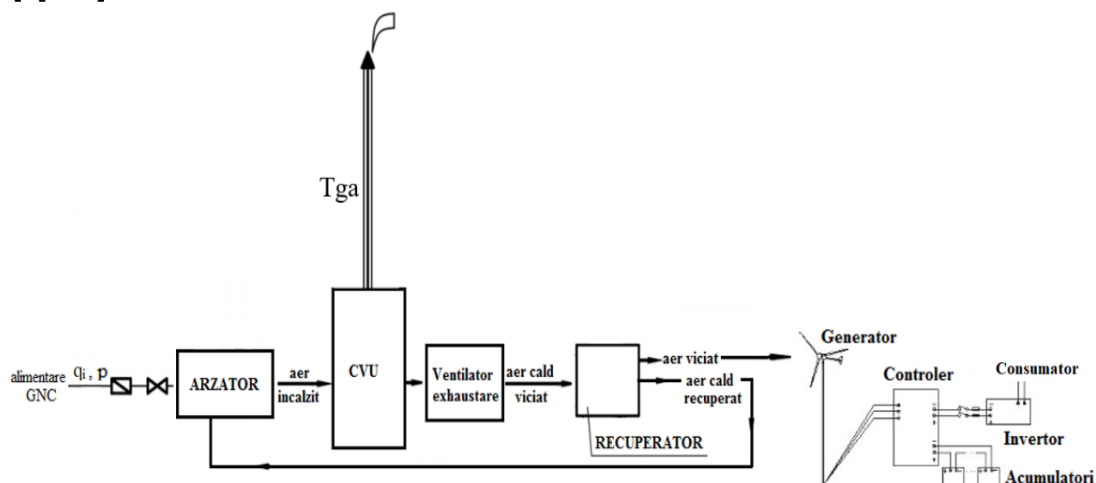


Fig. 94. Schema bloc a instalației propusă prin Soluția 4 [45], [134]

T_{ga} - temperatură gaze arse, p -presiune GNC, q_i - debit instalat GNC

- *Analiza soluțiilor propuse și interpretarea rezultatelor*

Pentru analiza soluțiilor propuse s-au monitorizat o serie de parametri semnificativi pentru evaluarea cantității de energie recuperată. Astfel, s-a monitorizat temperatura gazelor de ardere, temperatura la ieșire din recuperator, durata de funcționare a CVU, consumul mediu de gaze naturale combustibile, consumul mediu orar de gaze naturale combustibile și temperatura în interiorul cabinei. Pentru monitorizarea temperaturilor s-au utilizat senzori de temperatura PT 100, montați pe coșul de evacuare gaze de ardere, pe intrarea și ieșirea din recuperator, iar pentru monitorizarea temperaturii în interiorul CVU s-a utilizat un înregistrator de temperatură YCT R1-6111Temperature + RTD Temperature Data logger. Consumul de gaze naturale combustibile s-a înregistrat prin instalarea unui contor pentru gaze naturale tip G6 [45], [134].

Pentru cabinele de vopsire/uscare, **Soluția 1** este adecvată atât din punct de vedere al amplasării echipamentelor în spațiul existent, dar și al costului scăzut de exploatare. Pentru ilustrarea temperaturii la ieșire din recuperator s-a procedat la termografierea circuitului. Valorile înregistrate sunt prezentate în Fig. 95 [45], [134].

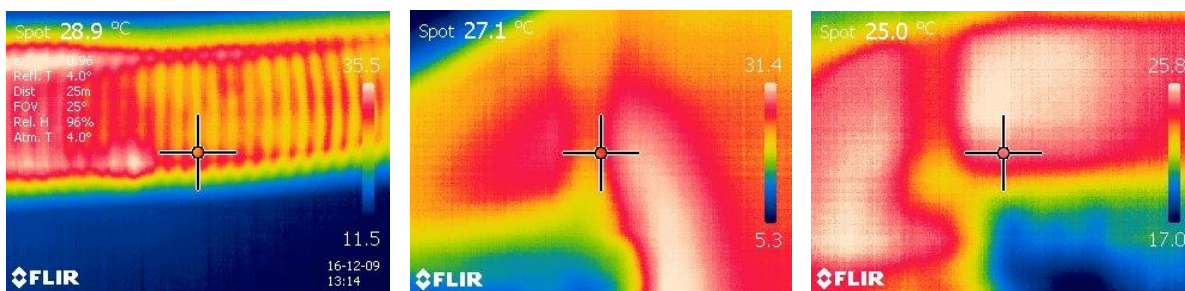


Fig. 95. Termografierea tubulaturii la ieșire din recuperator [45], [134]

Evaluarea cantității de energie recuperată în cazul aplicării **Soluției 2**, s-a efectuat pe baza monitorizării aceluiași parametrii cu luarea în considerare și a rezultatelor termografierii circuitelor de evacuare aer viciat (Fig. 88) în perioadele aferente analizei efectuate în cadrul Soluției 1.

În timpul procesului tehnologic de uscare, în interiorul cabinelor este necesar să se asigure o temperatură de 40-60°C, iar pentru procesele tehnologice de vopsire, temperatura necesară în interiorul CVU este de 20°C. S-a constatat că temperatura la ieșire din recuperator variază în funcție de operațiile tehnologice care au loc în interiorul CVU (vopsire sau uscare). Astfel, în timpul operațiilor de uscare, la ieșirea din recuperator, s-au înregistrat temperaturi cuprinse în intervalul 25-30°C, iar în cazul celor de vopsire temperatura variază între 8-10°C [134].

Pentru cea de-a doua direcție luată în considerare, și anume conversia energiei cinetice a jetului de aer evacuat de sistemele de exhaustare ale CVU, s-au monitorizat vitezele jeturilor de aer exhaustate la diferite distanțe în raport cu grilele de evacuare (Fig. 90) [53], [134].

Soluția 3 și **Soluția 4** s-au obținut, ca urmare a instalării în circuitul de funcționare a **Soluției 1**, respectiv Soluției 2, a unei centrale eoliene la grila de evacuare aer viciat. Centrala eoliană instalată, model NE - 600M2, este cu generator trifazat, sincron, cu magnet permanent de 0,6 kW [10].

Pentru realizarea **Soluției 3** s-a intercalat recuperatorul de căldură pe circuitul de evacuare gaze arse, iar în exteriorul spațiului de producție, la grila de evacuare aer viciat, s-a instalat o centrală eoliană de mică putere. Cele două circuite au fost tratate și evaluate separat. Pentru intercalarea recuperatorului de căldură pe circuitul de evacuare gaze arse au fost analizați aceiași parametri ca și în cadrul Soluției 1, iar pentru turbina eoliană s-au efectuat măsurători ale turației rotorului la diferite orientări ale palelor turbinei în raport cu direcția de acțiune a jetului de aer. Pentru analiza recuperării căldurii de pe circuitul de evacuare gaze arse, rezultatele sunt prezentate în Fig. 96 [134].

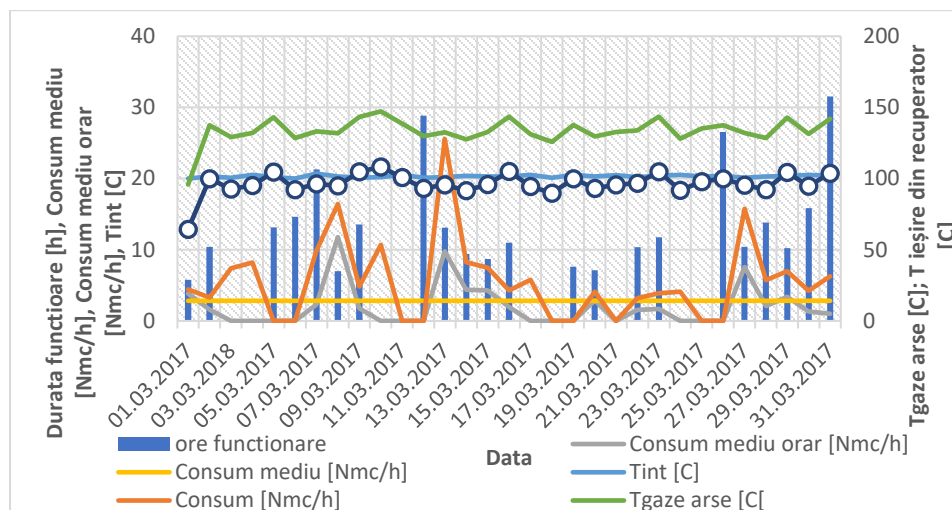


Fig. 96. Parametrii înregistrați pentru sistemul propus prin Soluția 1 [134]

Centrala eoliană de mică putere a fost instalată în proximitatea grilelor de evacuare aer viciat la două dintre cabinele analizate, întrucât secțiunile de evacuare sunt amplasate la aceeași înălțime (2,5m față de cota terenului normalizat). Această amplasare a permis realizarea unei structuri simple și mobile pentru susținerea centralei eoliene ne fiind necesară construcția unor fundații.

Pentru eliminarea oricăror dubii legate de efectul scăderii vitezei jetului de aer în urma intercalării recuperatorului de căldură pe circuitul de evacuare aer viciat, s-a analizat și **Soluția 4**, și anume, instalarea recuperatorului de căldură pe circuitul de evacuare aer viciat și a centralei eoliene la grila de evacuare aer viciat [134].

Din interpretarea comparativă a rezultatelor experimentale s-a concluzionat:

- În cazul aplicării **Soluției 1**, intervalul valorilor de temperaturi (35-40°C), înregistrat la ieșirea din recuperator pe circuitul de introducere aer preîncălzit în CVU, nu depinde de alternanța operațiilor (vopsire/uscare) care au loc în interiorul CVU și contribuie într-o mare măsură la preîncălzirea aerului introdus în cabine.
- În ceea ce privește analiza **Soluției 2**, chiar dacă intervalele de valori ale temperaturilor la ieșire din recuperator (25-30°C) în timpul operațiilor de uscare și, respectiv (8-10)°C aferente operațiilor de vopsire nu sunt deloc de neglijat, s-au constatat trei inconveniente majore ale aplicării Soluției 2, și anume [134]:
 - încărcarea aerului evacuat cu vapori de vopsea care s-au depus pe filtrul recuperatorului;
 - micșorarea vitezei de evacuare a jetului de aer;
 - intercalarea recuperatorului pe acest circuit presupune asigurarea unui spațiu suplimentar care poate afecta organizarea spațiului productiv al agentului economic.

Din aceste motive, Soluția 2 nu a fost propusă pentru integrarea în sistemul propus ca și sistem optim.

Ca și sistem optim propus s-a stabilit intercalarea recuperatorului de căldură pe circuitul de evacuare gaze arse și instalarea centralei eoliene pe circuitul de exhaustare aer viciat, adică **Soluția 3**.

Având în vedere intervențiile la instalațiile agentului economic, pe perioada desfășurării lucrărilor de instalare au fost efectuate verificări ale etanșeității instalațiilor de utilizare GNC cu analizorul de gaze portabil TESTO 350S. Pentru implementarea sistemului optim s-a ales una dintre cabine pe baza celui mai mare număr de ore de funcționare și a posibilităților de instalare a recuperatorului de căldură fără costuri suplimentare. Recuperatorul de căldură s-a amplasat deasupra cabinei realizând astfel trasee scurte atât pentru circuitul de evacuare gaze arse, cât și pentru circuitul de ieșire din recuperator și introducere în interiorul CVU. Unitatea de recuperare a căldurii utilizează două ventilatoare și două rețele separate de conducte pentru circuitul de gaze arse, respectiv pentru circuitul de aer proaspăt.

Pentru monitorizarea parametrilor pe circuitul de evacuare gaze arse s-au instalat senzori de temperatură pe traseele de intrare/ieșire din recuperator conectați la o stație de achiziție date, iar pentru evaluarea conversiei energiei cinetice a jetului de aer evacuat de sistemul de exhaustare aer viciat, s-a instalat o centrală eoliană de mică putere (Fig. 97) [134].

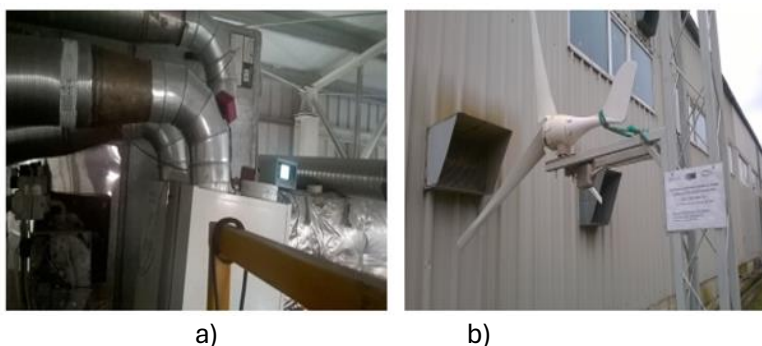


Fig. 97. Implementarea sistemului optim (Soluția 3) [134]
a) Recuperare de căldură, b) producere de energie electrică

Pentru soluția optimă (**Soluția 3**) au fost monitorizate monitorizat timp de o lună (noiembrie 2017), temperaturile de intrare și ieșire din recuperator (Fig. 98) [134].

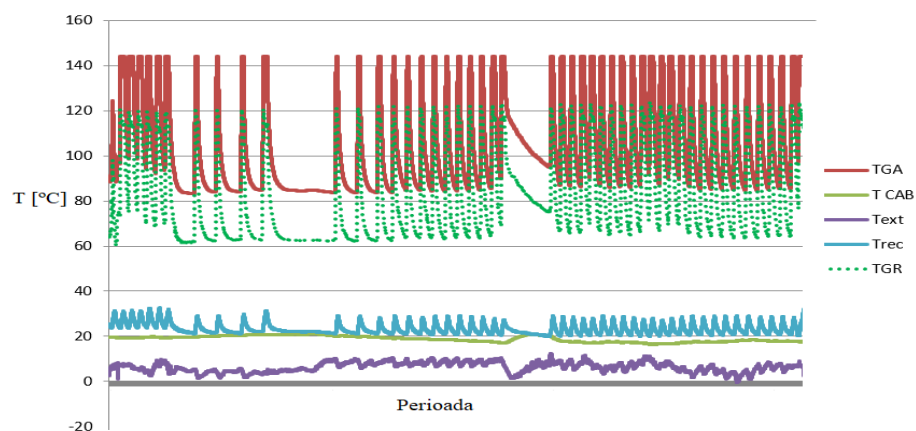


Fig. 98. Monitorizarea parametrilor la intrare/ieșire pentru instalația cu recuperator de căldură (Noiembrie 2017) [134]

T_{GA} -temperatură gaze arse (la intrare în recuperator), T_{CAB} -temperatura în interiorul CVU, T_{ext} -temperatura exterioară, T_{rec} -temperatura recuperată (la ieșire din recuperator), T_{GR} -temperatura gazelor arse reci (la ieșire din recuperator)

În ceea ce privește monitorizarea parametrilor de funcționare, pentru centrala eoliană s-a înregistrat turația rotorului turbinei eoliene cu ajutorul unui tuometru electronic fără contact, la diferite valori ale vitezei jetului de aer. Rezultatele monitorizării sunt prezentate în Fig. 99 [134], [135].

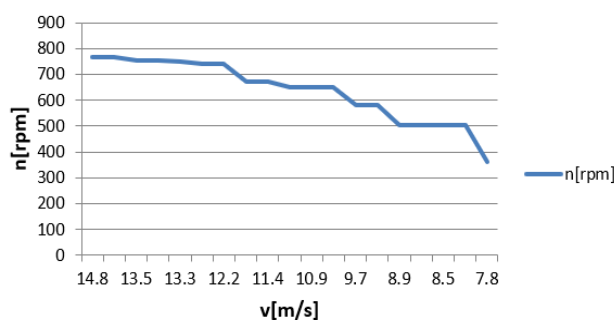


Fig. 99. Monitorizarea turației rotorului turbinei eoliene [134], [135]

Din analiza variației vitezei funcție de distanța de amplasare (Fig. 90) și a turației centralei eoliene funcție de viteză (Fig. 99) se observă că la o distanță de 0,5m de amplasare în raport cu grila de evacuare, viteza jetului de aer este de aproximativ 13m/s (viteză care corespunde valorii nominale a centralei eoliene) valoare la care turația va înregistra aproximativ 750rot/min.

Energia electrică produsă de centrala eoliană este înmagazinată în 2 acumulatori de 200Ah și convertită în curent alternativ cu ajutorul inverterului de tip Axpert EX-MEX + 1 kVA -3kVA. Până la realizarea conexiunilor cu sistemul de iluminat al cabinei, sistemul eolian alimentează un consumator de 100W utilizat la iluminarea spațiului exterior pe timp de noapte (Fig. 100) [134].



Fig. 100. Instalații electrice iluminat spațiu exterior [134]

Pentru menținerea în stare caldă a bateriilor, au fost instalate două panouri fotovoltaice (Fig. 101) de câte 100W, racordate la bornele controlerului hibrid eolian/solar WWS04-24-BO0D, care să încarce bateria în perioada în care centrala eoliană nu produce energie electrică (cabinele de vopsire/uscare nu funcționează) [134].



Fig. 101. Racordarea panourilor fotovoltaice [134]

Astfel, evaluările comparative au condus la stabilirea soluției optime, care a fost implementată la agentul economic fără modificarea semnificativă a instalațiilor tehnologice din dotare. Deci, soluția optimă de recuperare a energiei pierdute, aplicabilă fără modificări majore, o reprezintă montarea recuperatoarelor de căldură pe sistemul de evacuare gaze de ardere și utilizarea energiei termice recuperate pentru preîncălzirea aerului proaspăt introdus în CVU concomitent cu instalarea unei microcentrale eoliene pe circuitul de evacuare aer viciat în scopul conversiei potențialului cinetic al jetului de aer evacuat, în energie electrică (Fig. 102) [45], [53], [134].

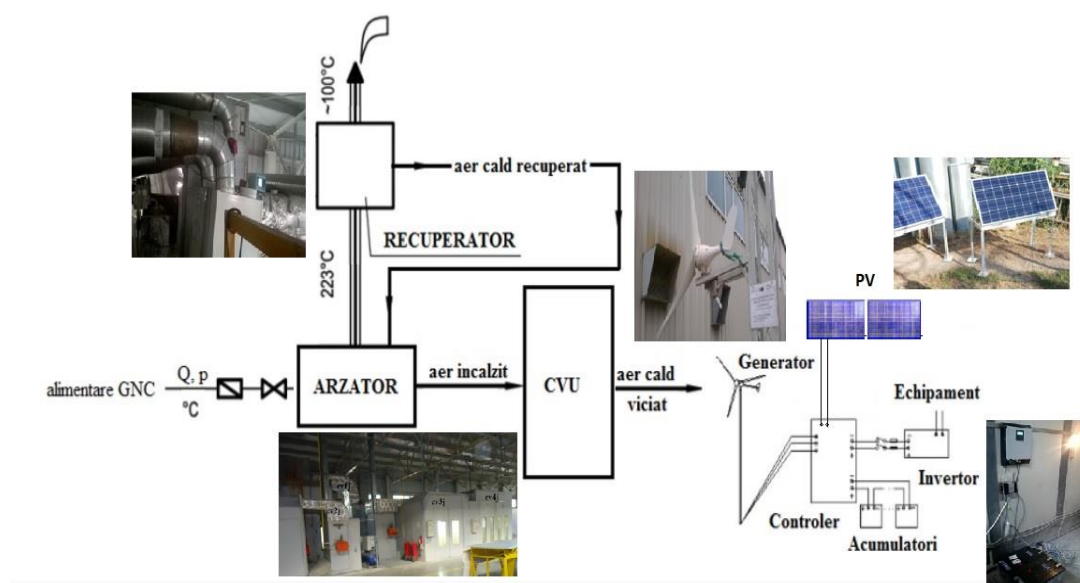
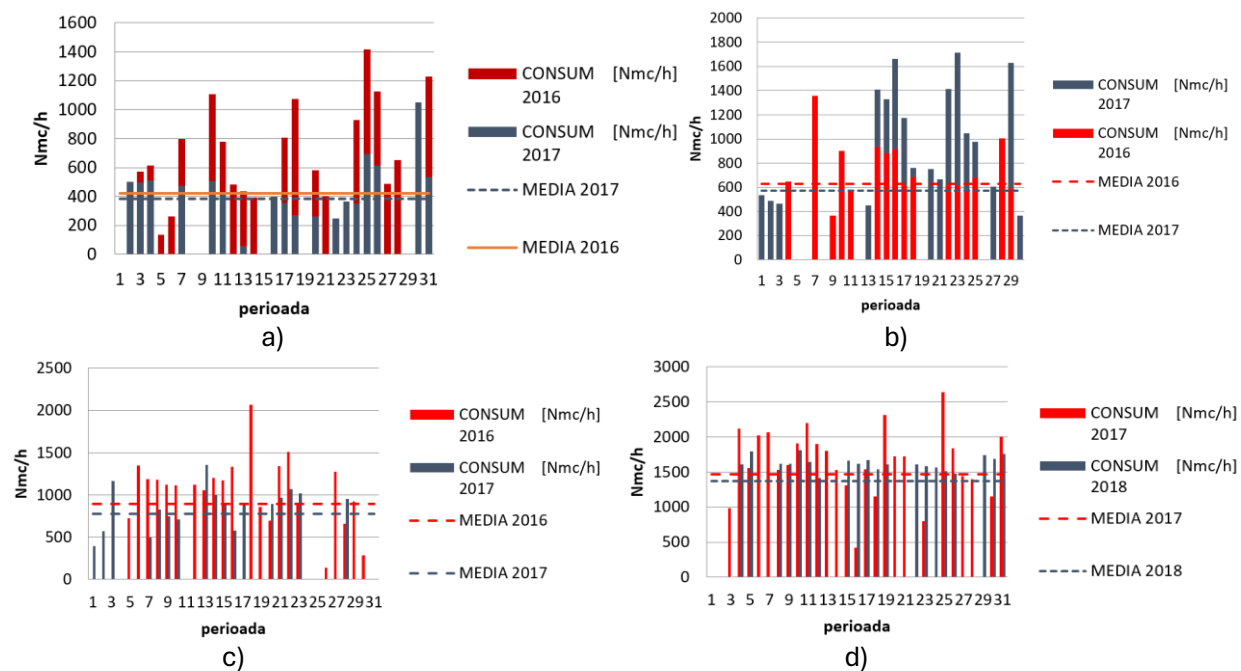


Fig. 102. Soluția implementată [134]

Evaluarea eficienței recuperării energiei pierdute s-a efectuat prin analiza parametrilor de intrare/ieșire și a consumurilor înregistrate în etapa de monitorizare și a celor înregistrate în urma instalării variantei de schemă de recuperare stabilită ca și optimă (Fig. 102).

Consumurile globale, de gaze naturale combustibile (Fig. 103) și de energie electrică (Fig. 104), sunt prezentate comparativ, între funcționarea sistemului existent la operatorul economic (monitorizări 2016/2017) și sistemul rezultat ca și optim (monitorizări 2017/2018)



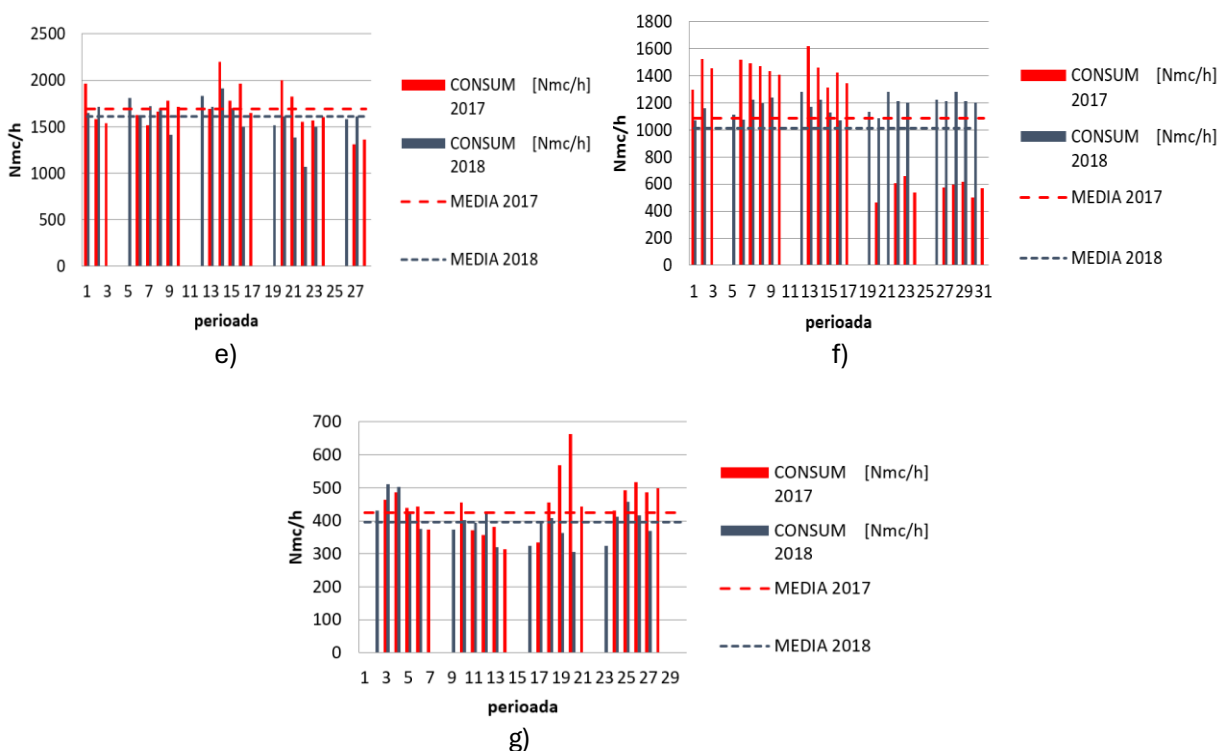
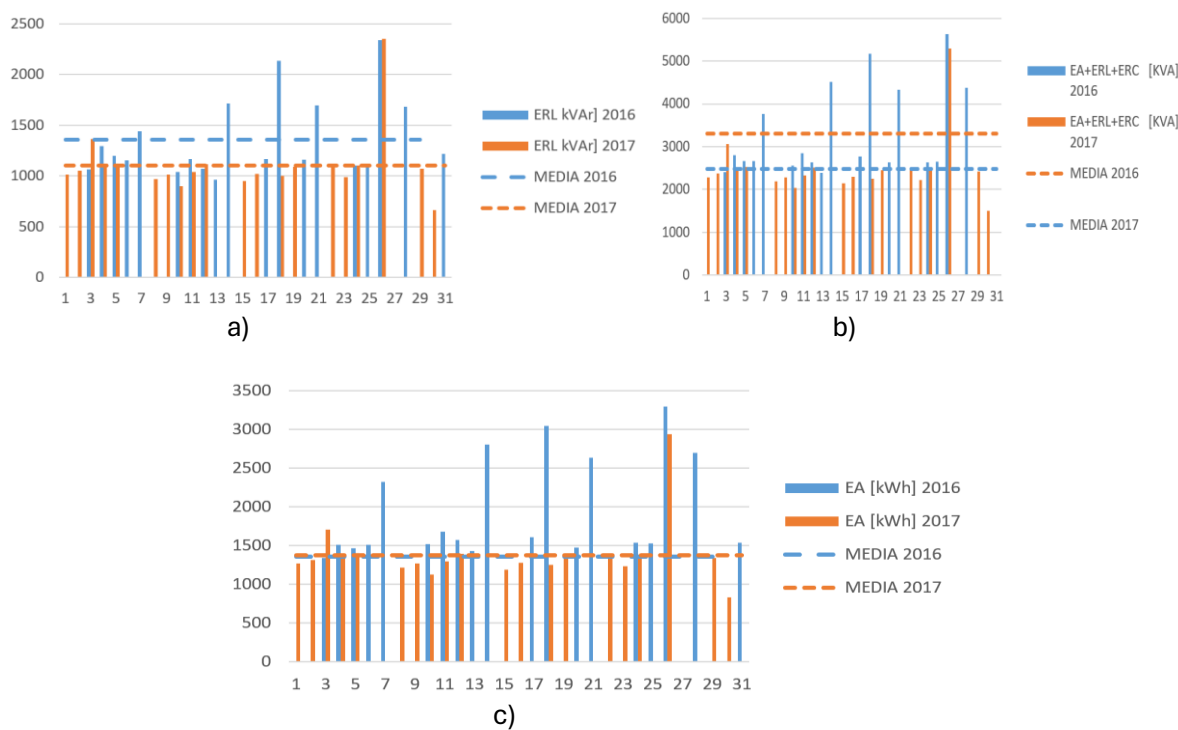


Fig. 103. Consumuri GNC- sistem existent vs. sistem optim [134]

a) Octombrie 2016/2017, b) Noiembrie 2016/2017, c) Decembrie 2016/2017, d) Ianuarie 2017/2018, e) Februarie 2017/2018, f) Martie 2017/2018, g) Aprilie 2017/2018



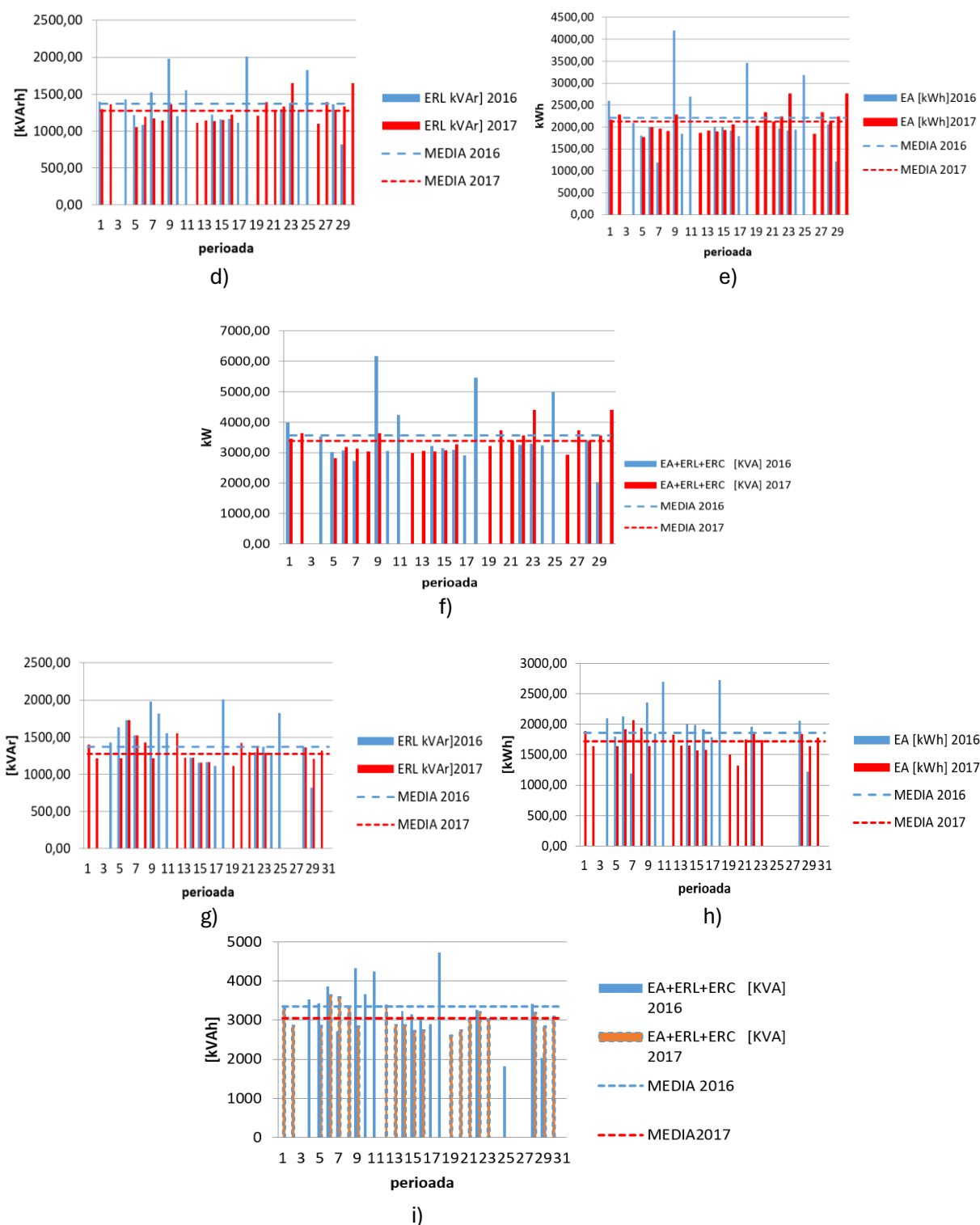


Fig. 104. Consumuri energie electrică- sistem existent vs. sistem optim [134]

a) Energie reactivă-Octombrie 2016/2017, b) Energie activă-Octombrie 2016/2017, c) Consum global-Octombrie 2016/2017, d) Energie reactivă-Noiembrie 2016/2017, e) Energie activă-Noiembrie 2016/2017, f) Consum global-Noiembrie 2016/2017 g) Energie reactivă-Decembrie 2016/2017, h) Energie activă-Decembrie 2016/2017, i) Consum global-Decembrie 2016/2017

Cea mai eficientă soluție de recuperare a energiei pierdute în procesele industriale de vopsire uscare o reprezintă valorificarea resurselor energetice secundare rezultate, în speță, a gazelor de ardere. Soluția instalării centralei eoliene pe circuitul aerului evacuat este o soluție sustenabilă deoarece produce energia electrică necesară alimentării parțiale a corpurilor de iluminat aferente cabinei.

Pentru a pune în evidență gradul de recuperare al energiei pierdute s-au reprezentat grafic consumul orar de energie electrică (Fig.105.a) și consumul orar de gaze naturale (Fig.105.b), înainte (2017) și după implementarea sistemului optim (2018).

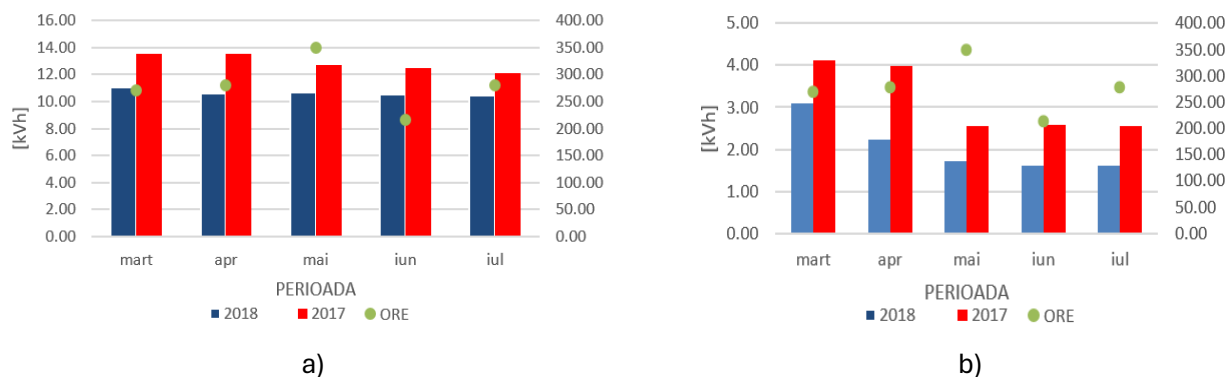


Fig.105. Consumuri energetice orare
a) energie electrică, b) gaze naturale

Consumurile energetice înregistrate la cabina de vopsire/uscare CV1J, în intervalele 01.03.2017 – 31.07. 2017 (fără recuperare) și respectiv 01.03.2018 – 31.07. 2018 (cu recuperare), sunt următoarele:

- pentru 1038,91 ore de funcționare în perioada 01.03.2017 – 31.07. 2017, CV1J a consumat 13381,46 kWh energie electrică, din care 2483,00 kWh pentru iluminat și 3263,28 Nm³ gaze naturale;
- pentru 1396,56 ore de funcționare în perioada 01.03.2018 – 31.07. 2018, CV1J a consumat 14917,50 kWh energie electrică, din care 2346,00 kWh pentru iluminat și 2867,01 Nm³ gaze naturale;
- media orară a consumului de energie electrică în perioada 01.03.2017 – 31.07. 2017 este de 12,86 kWh, iar în perioada 01.03.2018 – 31.07. 2018 este de 10,68 kWh;
- media orară a consumului de gaze naturale în perioada 01.03.2017 – 31.07. 2017 este de 3,16 Nm³/h, iar în perioada 01.03.2018 – 31.07. 2018 este de 10,68 kWh.

Analiza comparativă a rezultatelor prezentate detaliat în ANEXA 3, pentru intervalul considerat, indică:

- o reducere a consumului de energie electrică de 2279,81kWh, ceea ce reprezintă o economie de 1101,15 lei +TVA realizată la CV1J;
- o reducere a consumului de gaze naturale combustibile de 12966,99kWh (1144,48Nm³ gaz natural), ceea ce reprezintă o economie de 2009,88 lei +TVA realizată la CV1J.

Funcționarea microcentralei eoliene la o putere medie de 250Wh, într-un interval de 1039h a produs 415,56kWh realizând o economie de 239lei. Realizând această economie, investiția pentru centrala eoliană este amortizată în aproximativ 6 ani, perioadă mai mică decât durata de viață a

centralei, dată de producător. Mai mult, centrala eoliană poate funcționa și produce energie și în condiții de vânt.

Analiza comparativă a rezultatelor obținute înainte și după implementarea sistemului recuperativ, indică o reducere a consumului de gaze naturale combustibile de 12966,99kWh și o reducere a consumului de energie electrică de 2279,81kWh, la CVU analizat, realizând astfel o economie totală de 800 Eur [134].

Pe de altă parte, microcentrala eoliană care a funcționat 1039h, la o putere de 250Wh, a realizat o economie de 61Eur [134].

Având în vedere că agentul economic analizat are în dotare cinci CVU se poate aprecia o economie totală de aproximativ 4300 Eur pe perioada celor 6 luni monitorizate, ceea ce ar reprezenta o economie anuală de aproximativ 8600 Eur.

- Evaluarea reducerii emisiilor poluante

Măsurarea noxelor evacuate în atmosferă de arzătoarele cabinelor de vopsire/uscare, atât în cazul intercalării recuperatorului de căldură pe circuitul de evacuare gaze arse, cât și în cazul alimentării cabinelor fără intercalarea recuperatoarelor s-a efectuat cu ajutorul analizorului de gaze Testo 350S (Fig. 106) [49], [134].



Fig. 106. Măsurarea noxelor [49]

Rezultatele obținute sunt centralizate în Tab. 16.

Tab.16. Valorile emisiilor poluante la coșul de fum [49] [134]

Parametru	Temperatură gaze arse [°C]		Valori admise
	84	120	
CO ₂ [%]	3,23	4,91	
CO [mg/m ³]	4,11	5	100 mg/m ³ <40mg/kWh (EN 676)
NO _x [mg/m ³]	17	24	350 mg/m ³ ≤103mg/kWh (EN 676-EN 746-2)
NO [mg/m ³]	16	23	350
O ₂ [%]	13,2	12,34	
Temperatura ambiantă [°C]	28,8	28,8	-
Coeficientul excesului de aer	1,78	2,42	
Randament [%]	93,8	92,2	-

În urma comparării rezultatelor, s-a evidențiat faptul că, recuperarea căldurii din gazele de ardere, prin intercalarea echipamentelor recuperative pe circuitul de evacuare gaze arse, determină o creștere a randamentului arzătorului cu 1,6% și prin răcirea gazelor de ardere și o diminuare considerabilă a concentrațiilor emisiilor de CO₂, CO, NO și NO_x.

• ***Analiza rezultatelor de convergență și calitatea soluției implementate***

Prin analiza rezultatelor obținute experimental, s-au formulat argumente care să susțină soluția optimă în scopul realizării convergenței cu economia reală de combustibil.

Principalele rezultate urmărite prin obiectivele specifice au fost:

- realizarea de economii în consumul de energie prin recuperarea energiei pierdute și implicit scăderea emisiilor poluante evacuate în atmosferă la nivelul agentului economic;
- întărirea capacității producătorului industrial de a identifica și implementa măsuri de eficiență energetică pe fluxurile principale de energie (energie electrică, gaze naturale combustibile) prin contorizarea consumului dotărilor tehnologice și eficientizarea energetică a instalațiilor care le deserveșc, în vederea cunoașterii pierderilor de energie cu potențial recuperabil și de localizare a punctelor de aplicare;
- promovarea efectelor pozitive în scopul încurajării adoptării acestor soluții la nivelul consumatorilor industriali similari.

În vederea eficientizării energetice prin valorificarea energiei pierdute rezultate în urma funcționării cabinelor de vopsire/uscare s-au urmărit aspectele:

- utilizarea energiei recuperate direct în cadrul dotării tehnologice;
- realizarea economiei de combustibil în scopul reducerii consumului energetic asociat dotării care a generat resursa energetică recuperabilă;
- eliminarea unor cheltuieli suplimentare de exploatare prin intercalarea instalațiilor recuperatoare în fluxul tehnologic;
- creșterea productivității dotării tehnologice.

Gazele de ardere evacuate având un conținut de căldură sensibilă mare, există posibilitatea recuperării în mai multe trepte (în cascadă) prin combinarea unor soluții, ceea ce ar duce la obținerea unui grad total de recuperare, posibil mai mare decât prin aplicarea independentă a fiecărei soluții de recuperare, însă având în vedere amplasarea cabinelor și posibilitatea integrării echipamentelor recuperative, problema repartiției cantității totale de căldură între diferite direcții (soluții) de recuperare, s-a ținut cont de toate aceste aspecte și s-a stabilit o variantă optimă de schemă de recuperare care a fost acceptată și de responsabilul din partea agentului economic. În aceste condiții, analiza eficienței recuperării s-a efectuat prin analiza consumurilor înregistrate în etapa de monitorizare și consumurile înregistrate în urma instalării variantei de schemă de recuperare stabilită ca și optimă.

În urma analizei rezultatelor de convergență, s-a desprins concluzia că recuperarea energiei pierdute în timpul funcționării dotărilor tehnologice analizate au diverse efecte, și anume:

- *efecte de natură tehnică* – încadrarea recuperatoarelor de căldură pe circuitele de gaze arse și respectiv aer cald contribuie la optimizarea schemei procesului tehnologic. Integrarea recuperatorului de căldură în instalația cabinelor de vopsire uscare, pentru încălzirea/preîncălzirea aerului introdus în cabină reprezintă pentru agentul economic, în

principal o reducere a consumului de combustibil și a costurilor, dar și trecerea la o tehnologie nouă care contribuie la creșterea gradului de recuperare. Un alt beneficiu al recuperării căldurii din gazele de ardere îl reprezintă creșterea duratei de viață a întregii instalații aferente cabinelor de vopsire/uscare prin diminuarea solicitărilor termice la care sunt supuse părțile componente. Evident, efectele de natură tehnică sunt corelate și se regăsesc în cele din urmă în efectele de natură economică.

Integrarea microcentralei eoliene realizează conversia energiei cinetice a jeturilor de aer evacuate în energie electrică asigurând o fracțiune din consumul necesar alimentării sistemului de iluminat.

- *efecte de natură energetică* - practic, aceste efecte sunt cuantificate prin economia de combustibil realizată prin recuperarea căldurii din gazele de ardere și conversia energiei cinetice a jetului de aer în energie electrică: Principalul indicator energetic pe baza căruia s-a apreciat eficiența energetică a soluției de recuperare a energiei pierdute o reprezintă echivalentul în combustibil al energiei economisite (cantitate de gaz natural și energie electrică) stabilită ca diferență între consumul de combustibil înainte și după recuperare.

Având în vedere că obiectivul proiectului este reducerea consumului de combustibil și conștientizarea agentului economic asupra soluțiilor de recuperare și implicit de reducere a poluării, gradul total de recuperare ca raport între căldura efectiv recuperată, datorită unor restricții termodinamice și tehnico-economice existente, dar neidentificate, și căldura conținută efectiv de resursa energetică risipită în atmosferă, se va stabili în cadrul unei colaborări viitoare între membrii echipei de proiect și agentul economic.

- *efecte de natură economică* - în funcție de direcția în care s-a făcut recuperarea, efectele imediate - sub aspect economic - sunt determinate în primul rând de economia de energie realizată la nivelul cabinei de vopsire/uscare, realizându-se astfel o reducere a consumului de combustibil la nivelul consumului global al agentului economic. Reducerea consumului de energie se reflectă economic prin reducerea cheltuielilor de producție aferente produselor vopsite/uscate, ceea ce în final determină reducerea prețului de fabricație al produselor uscate/vopsite. Efectul indirect cuantificat prin reducerea cererii de energie primară, care se reflectă prin reducerea energiei pierdute și a consumului efectiv de energie.

- *efecte de natură ecologică* - Chiar dacă efectele de natură ecologică nu au fost urmărite în principal prin aplicarea acestui proiect, considerăm că efectele recuperării energiei pierdute reflectate asupra mediului ambiant au o importanță deosebită. Din acest motiv, pe perioada desfășurării activităților proiectului s-au efectuat o serie de măsurători ale emisiilor poluante în limita aparaturii disponibile. Recuperarea căldurii gazelor de ardere a fost tratată în primul rând din considerente economice, dar și ecologice. Răcirea gazelor de ardere prin intercalarea recuperatorului de căldură pe circuitul de evacuare gaze arse a condus la scăderea concentrației emisiilor poluante fapt certificat de măsurătorile efectuate cu ajutorul analizorului de gaze Testo 350S, în coșul de evacuare gaze de ardere atât înainte cât și după instalarea recuperatorului de căldură. Prin urmare, valorificarea energetică a energiei pierdute, în limitele eficienței tehnico-economice contribuie la conservarea mediului ambiant. Pornind de la extracție, combustibili clasici au efecte negative asupra echilibrului ecologic. Din acest motiv, orice economie de combustibil, realizată prin recuperare reprezintă o reducere substanțială a cererii de resursă de

energie primară, reducându-se astfel efectele nocive asupra mediului ambiant. Din punct de vedere ecologic, efectul implementării soluției de recuperare propusă, poate fi cuantificat prin reducerea indicatorilor de impact, comparativ cu soluția de referință, iar din punct de vedere economic efectele ecologice pot fi cuantificate prin ecotaxe.

1.3. Realizări profesionale

Conștientă fiind de faptul că profesia de inginer implică activități intelectuale cu implicații tehnice, economice, sociale și ecologice, desfășurate în folosul comunității, am înțeles că este esențial ca formarea profesională să fie continuă și susținută deoarece implică responsabilități. Ingineria, în sine, presupune inovație și creativitate, soluționarea problemelor cotidiene prin punerea în aplicare a noutăților și principiilor științifice.

Dezvoltarea profesională continuă mi-a asigurat acumularea de noi experiențe și abilități pe care le-am folosit în desfășurarea activităților științifice, de cercetare și didactice.

Astfel, de-a lungul carierei am participat la cursuri de formare profesională atât în domeniul didactic, cât și al profesiei de inginer în domeniul ingineriei instalațiilor, în urma cărora am dobândit o serie de competențe, dintre care:

- **2023:**

- Expert tehnic – EGd- Expert tehnic pentru obiectivele/sistemele din sectorul gazelor naturale- Sisteme de distribuție a gazelor naturale- ANRE;
- Verificator de proiecte – VGd- Verificator de proiecte pentru obiectivele/sistemele din sectorul gazelor naturale- Sisteme de distribuție a gazelor naturale- ANRE.

- **2022:**

- Verificator de Proiecte- Ci- Securitate la incendiu pentru instalații- MDLPA;
- Verificator de Proiecte-Nivel I - Ig- Instalații de alimentare cu gaze aferente construcțiilor: instalații cu gaze naturale combustibile și instalații de gaze petrol lichefiate- MDLPA.

- **2021:**

- Proiectant Sisteme de Securitate, cod COR -215119, Certificat de absolvire, , Ministerul Muncii, Familiei, Protecției Sociale și Persoanelor Vârstnice, Ministerul Educației Naționale.
- Evaluator de competențe profesionale, cod COR -242405, Certificat de absolvire, , Ministerul Muncii, Familiei, Protecției Sociale și Persoanelor Vârstnice, Ministerul Educației Naționale.

- **2020:**

- Curs postuniversitar Antreprenariat inovativ organizat în cadrul proiectului POCU - Asigură-ți Viitorul prin Educație și Antreprenariat – AVEA, ID 123900.

- **2018:**

- Verificator de proiecte în domeniul instalațiilor electrice tehnologice, No. 201820342 - Instalații electrice tehnologice sau părți electrice aparținând unor proiecte complexe, atât a celor racordate/ aparținând SEN sau unor sisteme electroenergetice izolate, Autorizație ANRE.

- **2014:**

- Formator, Cod COR 242401, Certificat de absolvire, Ministerul Muncii, Familiei, Protecției Sociale și Persoanelor Vârstnice, Ministerul Educației Naționale.

- **2013:**

- Certificat de absolvire , Program de formare și dezvoltare profesională continuă, Formare în blended – learning si tehnologii educaționale moderne si utilizarea TIC in procesul didactic, DidaTec, POSDRU87/1.3/S/60891, Centrul de e-Learning, Universitatea “Politehnica” din Timișoara;

- Diriginte de Șantier pentru domeniul Instalații Electrice, Instalații Gaze Naturale, Rețele termice și sanitare / Autorizație, Inspectoratul de Stat în Construcții, MDRT;

- Electrician Autorizat Grad III A și IIIB pentru Proiectare/Execuție Instalații Electrice cu orice putere instalată tehnic realizabilă și la o tensiune nominală maximă de 20kV / Autorizație, ANRE.

- **2010:**

- Personal tehnic de specialitate, Responsabil cu Supravegherea Lucrărilor la instalații sub presiune clasice / Atestat, ISCIR.

- **2007:**

- Instalator Autorizat Gaze Naturale Grad ID pentru Proiectare (PGD, PGIU, EGD, EGIU), Avizare Tehnică proiecte precum și Coordonare Lucrări de execuție, Exploatare, Recepție și Punere în Funcțiune/Autorizație, ANRE.

- **2003:**

- Certificat de Absolvire / Curs Postuniversitar de perfecționare, Specializarea Administrarea Afacerilor, Facultatea de Drept, Universitatea de Vest, Timisoara

- **1989:**

- Analist / Programator Ajutor, Certificat de Absolvire / Curs de perfecționare F6-Analiză și programare sisteme și produse informatice de gestiune FELIX-C, Centrul de perfecționare a cadrelor în informatică, calcul electronic și consultanță, Ministerul Educației și Cercetării.

- **Asociații profesionale:**

De asemenea, sunt membru activ în asociații profesionale din domeniul ingineriei, în cadrul cărora îndeplinesc următoarele funcții:

- Asociația Inginerilor de Instalații din România (AIIR):
 - Președinte - Asociația Inginerilor de Instalații din România - filiala AIIR Banat-Timișoara;

- Membru în Consiliu Director și Biroul Executiv - Asociația inginerilor de instalații din România;
 - Președinte – Comisia Bază de Inovare și Învățământ Tehnic - Asociația Inginerilor de Instalații din România - filiala AIIR Banat-Timișoara.
- Asociația Română a Electricienilor (AREL):
 - Membru.
- Societatea Inginerilor de Automobile din România (SIAR):
 - Membru.
- Societatea Română a Termotehnicienilor (SRT):
 - Membru.

Competențele profesionale dobândite prin dezvoltarea profesională continuă m-au ajutat atât în exercitarea profesiei de inginer în domeniul Ingineriei Instalațiilor, cât și în cariera didactică prin posibilitatea de a actualiza materialele didactice la disciplinele didactice pe care le predau și prin care pot transmite studenților din experiența dobândită.

2. Prezentare generală a propunerilor de dezvoltare a carierei profesionale, academice și științifice ale autorului

Profesia de cadru didactic este una complexă a cărei succes se bazează pe receptivitate la nou, flexibilitate, dinamism și reflecție critică.

În cariera didactică universitară implementarea standardelor profesionale este importantă deoarece implică sporirea calității sistemului educațional. Cerințele acestor standarde sunt strâns legate de conștientizarea caracterului continuu al formării profesionale, de integrarea noilor metode și tehnologii de comunicare, în activitatea didactică, toate spre promovarea învățării și educării de calitate.

Profesia de cadru didactic îmi oferă șansa și provocarea de a-mi desfășura activitatea pe trei domenii esențiale: educație, inginerie și cercetare, domenii care îmi oferă satisfacții profesionale atât individual, cât și conectate între ele.

Am avut șansa de a mă dezvolta profesional într-un context multifuncțional, adică pe lângă activitatea didactică în mediul universitar care aduce după sine oportunități, dar și multe obligații, îmi desfășor activitatea și în domeniul ingineriei instalațiilor, profesie care și ea implică anumite standarde de calitate profesională. Prin urmare, dobândirea de noi cunoștințe și aptitudini în domeniile în care activez: educație, inginerie și cercetare se poate obține prin instruire continuă și astfel, să pot atinge un nivel de excelență în contextul unui mediu universitar internațional din ce în ce mai competitiv, prin dezvoltarea capacității de predare și cercetare interdisciplinară în domeniul ingineriei instalațiilor.

2.1. Propuneri de dezvoltare a carierei academice

În dezvoltarea carierei academice mă voi axa pe dezvoltarea materialelor didactice pentru disciplinele pe care le predau și care sunt cuprinse în planul de învățământ al programelor de studii: Instalații pentru Construcții, Optimizarea și modernizarea Sistemelor de Instalații și

Dezvoltare Durabilă și Audit Energetic. Permanent am fost preocupată de realizarea actualizarea materialelor didactice (cărți de specialitate, îndrumătoare și ghiduri de proiectare, cursuri și suport de cursuri în format fizic și online, preocupări pe care le voi continua și în viitor.

Pentru următoarele perioade de evoluție, dar care au ca și numitor comun dezvoltarea continuă profesională în beneficiul eficientizării activităților didactice și de cercetare îmi propun, pe termen scurt, mediu și lung, să dezvolt următoarele obiective:

- *Creșterea gradului de înțelegere pentru studenții de Facultatea de Construcții:*
 - corelarea fenomenelor de dezvoltare a unor domenii multidisciplinare;
 - dezvoltarea de noi cursuri și revizuirea celor vechi - permanent;
 - elaborarea de materiale didactice cu conținut științific ridicat care să prezinte cele mai noi realizări în domeniu – următorii 2 ani;
 - coordonarea activității de cercetare a studenților în realizarea lucrărilor de licență - permanent;
 - coordonarea activității de cercetare a studenților în cadru cercurile științifice studențești - permanent.
- *Folosirea judicioasă în procesul didactic a resurselor disponibile pe internet:*
 - găsirea și filtrarea rapidă a informației care este strict necesară în funcție de disciplinele studiate - permanent;
 - înțelegerea și modul de utilizare a informației - permanent.
- *Dezvoltarea aptitudinilor de cercetare pentru studenții de la ciclul master:*
 - predarea interactivă a cursurilor - permanent;
 - utilizarea bazelor de date internaționale pentru căutarea informației științifice - permanent;
 - îndrumarea, sprijinirea și încurajarea studenților să participe la activități de cercetare, conferințe și simpozioane - permanent.
- *Dezvoltarea de relații profesionale durabile:*
 - invitarea agenților economici și a asociațiilor profesionale care activează în domeniul cursurilor predate care să prezinte ultimele actualități din domeniu – de două ori pe an/disciplină;
 - încurajarea schimbul de idei și creșterea personală a ambelor părți (agenți economici și instituția de învățământ) – permanent;
- *Creșterea gradului de înțelegere:*
- Dezvoltarea unor direcții de cercetare care să nu implice costuri exagerate pentru cercetători:
 - Dezvoltarea unor standuri experimentale multidisciplinare pe care să se poată simula diverse procese-următorii 2 ani;
 - Automatizarea sistemelor de instalații-următorii 2 ani;
 - Formarea de parteneriate cu centre de dezvoltare naționale și internaționale-următorii 2 ani;
 - Direcțiile de cercetare se vor baza pe strategii complexe-următorii 2 ani;
 - Utilizarea bazei materiale existente-permanent.
- Crearea și îndrumarea unui grup de cercetare pentru masteranzi și doctoranzi:

- Crearea unei echipe multidisciplinare cu un nucleu permanent de 2-3 cercetători-următorii 2 ani;
- Îndrumarea unui doctorand după obținerea certificatului de abilitare-următorul an;
- Îndrumarea cel puțin a unui doctorand în fiecare an-anual;
- Promovarea dezvoltării abilităților experimentale și de analiză a experimentelor-permanent;
- Încurajarea dezvoltării unei gândiri critice, independente și originale-permanent;
- Respectarea cercetării și a modului în care voi redacta și publica lucrările științifice proprii-permanent.
- Creșterea numărului de citări:
 - Creșterea indicilor Hirsch-următorii 2 ani;
 - Diseminarea în reviste din fluxul național și internațional-permanent;
 - Rezultatele cercetărilor se vor publica în articole științifice, în cărți și capitole de cărți-anual;
 - Participări la evenimente și competiții naționale și internaționale-anual;
 - Participarea cu propuneri la competiții interne și internaționale-o dată la 3 ani.

De asemenea, voi continua să desfășor activitățile didactice prin metode interactive astfel încât studenții să se poată concentra pe înțelegerea conținutului disciplinei. Am fost și voi fi preocupată de dezvoltarea spiritului inovator al studenților, al spiritului de competitivitate și al abilităților de a lucra în echipă și voi încuraja dezvoltarea unei atitudini profesionale în activitatea acestora.

În activitatea de practică (Practică de Domeniu și Practică Profesională) pe care o desfășor cu anul I-licență-ICT și respectiv anii I și II-master-OMSI, îmi propun să continui pregătirea practică a studenților prin tururi de studiu și pregătire practică în cadrul unor agenți economici și instituții publice care activează în domeniul ingineriei instalațiilor, astfel încât aceștia să facă legătura între teorie și practică.

Totodată, îmi propun să implic studenții în organizarea activităților educaționale extrașcolare (voluntariat, activități sportive, etc).

Din punct de vedere al abordării temelor de licență și disertație mă voi preocupa ca acestea să fie de actualitate care să corespundă tendințelor recente și viitoare de pe piața muncii.

Având în vedere competențele și expertiza obținută de-a lungul carierei didactice și profesionale, domeniile de cercetare pentru care voi propune teme de doctorat vor fi:

- eficientizarea energetică a sistemelor de instalații;
- integrarea SRE în sistemele de instalații;
- soluții de reducere a consumului și emisiilor poluante prin eficientizarea sistemelor de instalații
- investigarea numerică și experimentală a sistemelor de instalații cu consum redus de energie;

Pentru a asigura infrastructura necesară desfășurării activității de cercetare ale tinerilor doctoranzi, în prezent sunt preocupată de modernizarea laboratoarelor existente ale specializării

ICT și respectiv de dezvoltarea și dotarea a două laboratoare: Laborator de tehnologie și montajul instalațiilor (TMI) și Laborator de Încercări Experimentale (LIExp) de care vor beneficia toți studenții Facultății de Construcții.

De asemenea, Laboratorul SI al specializării ICT este dotat cu software-uri de simulare și proiectare și calculatoare de înaltă performanță, proces de modernizare și dotare, în care am fost direct implicată. Laboratoarele existente și cele în curs de amenajare vor asigura infrastructura necesară pentru desfășurarea activității de cercetare experimentală, a doctoranzilor.

Totodată, voi colabora cu colegi de la alte universități din țară și străinătate, dar și cu companii industriale în scopul de a oferi studenților doctoranzi teme de cercetare de actualitate și accesul la o infrastructură suplimentară de cercetare. În toată această perioadă voi implica doctoranzii în viitoarele mele granturi și proiecte de cercetare pentru a le mări plaja de competențe, pentru a dobândi mai multă experiență și nu în ultimul rând pentru a le asigura o sursă suplimentară de venit.

2.2. Propuneri de dezvoltare a carierei științifice și de cercetare

Din punct de vedere al dezvoltării carierei științifice și de cercetare, voi continua să abordez subiecte de cercetare din ariile:

- eficientizare energetică a sistemelor de instalații;
- reducerea consumurilor de energie ca urmare a utilizării eficiente a energiei;
- reducerea emisiilor poluante prin utilizarea SRE;
- conversia și integrarea SRE în sistemele de instalații.

Obținerea de noi rezultate de cercetare vor fi diseminate prin publicarea de lucrări în reviste științifice, prin participarea la evenimente științifice de prestigiu în domeniu, indexate în ISI Web of Knowledge și BDI, dar pot contribui și la dezvoltarea unor noi direcții de cercetare.

Tot în această direcție de dezvoltare, îmi propun:

- Menținerea și dezvoltarea relațiilor de colaborare cu universități/centre de cercetare prestigioase din România și străinătate care să contribuie la aplicarea propunerilor de proiecte în vederea accesării fondurilor structurale și finanțări guvernamentale, europene și internaționale;
- Menținerea și dezvoltarea relațiilor de cooperare cu entități din mediul economic privat în vederea accesării fondurilor structurale și finanțări guvernamentale, europene și internaționale.

De asemenea, voi continua să particip la organizarea anuală a conferinței științifice cu participare internațională “Instalații pentru Construcții și Confortul Ambiental”, împreună cu Asociația Inginerilor de Instalații din România.

Un obiectiv important, pe care mi-l propun, îl reprezintă coagularea unei echipe de cercetare interdisciplinară prin încurajarea colaborării cu colectivele celorlalte departamente, care să contribuie la creșterea reputației științifice personale, dar și a echipei de cercetare ca reprezentanți ai Facultății de Construcții și a Universității Politehnica Timișoara.

2.3. Propuneri de dezvoltare a carierei profesionale

Din punct de vedere al dezvoltării profesionale îmi propun să continui organizarea de cursuri de formare profesională a specialiștilor în domeniul ingineriei instalațiilor (Instalator Panouri Fotovoltaice, Instalator Autorizat Gaze Naturale -proiectare și execuție, Electrician Autorizat), împreună cu cadre didactice de specialitate din Departamentul CCI, dar și cu specialiști de la alte universități din țară sau de la asociații profesionale din domeniu.

În următorii ani, îmi propun să organizez o școală de vară cu tematica ” Energie durabilă și eficientizarea energetică”.

Pentru dezvoltarea profesională personală, pentru perioada următoare îmi propun să obțin următoarele competențe:

- **2026:**
 - Verificator de Proiecte-Nivel I - Is- Instalații sanitare- MDLPA;
 - Verificator de Proiecte-Nivel I - It- Instalații termice- MDLPA.
- **2027:**
 - Expert tehnic- Ci- Securitate la incendiu pentru instalații- MDLPA;
 - Expert tehnic-Nivel I - Is- Instalații de alimentare cu gaze aferente construcțiilor: instalații cu gaze naturale combustibile și instalații de gaze petrol lichefiate- MDLPA;
 - Profesor universitar.
- **2028:**
 - Expert tehnic-Nivel I - Is- Instalații sanitare- MDLPA;
 - Expert tehnic-Nivel I - It- Instalații termice- MDLPA.

Bibliografie

- [1] A. Tokar, Cercetări privind interacțiunea dintre automobilul echipat cu m.a.i. și mediu, Teza de doctorat, Universitatea Politehnica Timișoara, 2009.
- [2] I. Sârbu, A. Tokar, *Water Distribution Systems. Numerical Modelling and Optimisation*, Collection Building Services, Editura „Politehnica” Timișoara, 2018, 309 pag., I.S.B.N. 978-606-35-0207-1.
- [3] A. Tokar, *Instalații sanitare și de gaze. Partea I*, Editura “Politehnica” Timișoara, 2016, 333 pag, I.S.B.N. 978-606-35-0087-9 , I.S.B.N. 978-606-35-0086-2.
- [4] A. Tokar, A. Negoțescu, *Termotehnică. Aplicații*, Editura „Mirton” Timișoara, 2009, 146 pag., I.S.B.N. 978-973-52-0711-3.
- [5] A. Tokar Adriana, D. Tokar, *Instalații de alimentare cu gaze naturale combustibile a consumatorilor din clădiri. Ghid de proiectare*, Editura Politehnica, Timișoara, 2016, 156 pag., ISBN 978-606-35-0088-6
- [6] A. Tokar, L. Mihon, D. Ostoia, *Dinamica autovehiculelor. Lucrări de laborator*, Editura Mirton, Timișoara, 2009, 108 pag., ISBN 978-973-52-0712-0.
- [7] D. Ostoia, A. Negoitescu, A. Tokar, *The Wearing out Compesation of Diesel Engines Combustion Chambers*, DAAAM International Scientific Book 2009, Vol. 8, Chapter 16, ISSN 1726-9687, ISBN: 978-3-902734-69-8.
- [8] A. Mihai, A. Tokar, M. Cinca, D. Muntean, Energy efficient refrigeration solutions, Hidraulica Magazine - Magazine of Hydraulics, Pneumatics, Tribology, Ecology, Sensorics, Mechatronics, ISSN 1453 – 7303, No. 4, pp. 44-59, 2023.
- [9] A. Tokar, D. Muntean, D. Tokar, Case study on reducing potable water in residential buildings by implementing rainwater storage systems, Hidraulica Magazine - Magazine of Hydraulics, Pneumatics, Tribology, Ecology, Sensorics, Mechatronics, ISSN 1453 – 7303, No. 3, pp. 14-21, 2023.
- [10] A. Mihai, A. Tokar, M. Cinca, D. Muntean, Energy efficient refrigeration solutions, Hidraulica Magazine - Magazine of Hydraulics, Pneumatics, Tribology, Ecology, Sensorics, Mechatronics, ISSN 1453 – 7303, No. 3, pp. 44-59, 2023.
- [11] A. Tokar, D. Tokar, M. Adam, C. Păcurar, D. Muntean, C. Dragotă, Considerations for limiting the contribution of buildings to climate change through efficient energy use, Revista Română de Inginerie Civilă, Vol. 14 Nr. 3, pp. 243-250, 2023.
- [12] Muntean D., Tokar A., Tokar D., Dorca A., Soluții de eficientizare energetică a sistemului de termoficare din Timișoara. Studii de caz, Volumul celei de-a 42-a Conferință Știința Modernă și Energia (SME), Editura Risoprint, Cluj-Napoca, pp. 91-104, ISSN 2066-4125, 2023
- [13] M. Țoropoc, A. Tokar, D. Tokar, M. Cinca, M. F. Oprea, Comparative study of two heating/cooling systems for an office building using Design Builder software, Revista Română de Inginerie Civilă, Vol. 14 Nr. 3, pp. 273-285, 2023
- [14] D. Muntean, A. Tokar, D. Tokar, Energy efficiency of educational buildings using photovoltaic panels and air-water heat pumps. Case Study, Revista Română de Inginerie Civilă, Vol. 14 Nr. 3, pp. 193-198, 2023.

- [15] D. Tokar, D. Muntean, A. Tokar, M. Adam, Contributions to the passive house concept through the usage of photovoltaic blinds, *Revista Română de Inginerie Civilă*, Vol. 14 Nr. 3, pp. 261-272, 2023.
- [16] M. Adam, A. Tokar, D. Tokar, C. Păcurar, The influence of filters in the structure of air treatment plants units (ATP) on energy efficiency, *Revista Română de Inginerie Civilă*, vol. 14, Iss. 3, pp. 147-150, 2023.
- [17] D. Tokar, M. Cinca, M. Țoropoc, A. Tokar, The influence of the vertical temperature gradient on working conditions in industrial halls heated with radiant tubes. Case Study, *Revista Română de Inginerie Civilă*, vol. 14, Iss. 3, pp. 251-260, 2023
- [18] A. Tokar, M. Toropoc, D. Muntean, D. Tokar, S. Popa-Albu, Proposals for the Separation of Inorganic Components from Technological Wastewater in order to Reduce Landfills, AIP Conference Proceedings "World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium WMCAUS 2022, 5-9 September, Prague, Czech Republic", vol. 2928, ID Article: 090007, doi.org/10.1063/5.0170357, 2023.
- [19] D. Muntean, M. Mirza, A. Tokar, D. Tokar, Modernization of the Heat Supply System of the University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine of Banat, from Timisoara, AIP Conference Proceedings "World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium WMCAUS 2022, 5-9 September, Prague, Czech Republic", vol. 2928, ID Article: 070013, doi.org/10.1063/5.0170360, 2023
- [20] D. Tokar, A. Tokar, D. Muntean, A. Visan, The Impact of Environmental Conditions on the Performance of Polycrystalline Photovoltaic Panels, AIP Conference Proceedings "World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium WMCAUS 2022, 5-9 September, Prague, Czech Republic", vol. 2928, ID Article: 070021, doi.org/10.1063/5.0170359, 2023.
- [21] D. Muntean, A. Tokar, Reducing operating costs in district heating systems by optimizing functional parameters. Comparative studies, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol. 1136, ID Article: 012060, pp. 1-10, DOI 10.1088/1755-1315/1136/1/012060, 2023.
- [22] A. Tokar, L. Fekete-Nagy, C. Badea, D. Tokar, A. Fekete-Nagy, Wastewater and Abrasive Sludge Recycling Solutions from Abrasive Water Jet Cutting Machines (AWJCM), *Hidraulica Magazine - Magazine of Hydraulics, Pneumatics, Tribology, Ecology, Sensorics, Mechatronics*, ISSN 1453 – 7303, No. 2, pag. 66-74, 2022.
- [23] N. Kaba, A. Retezan, A. Tokar, Thermal rehabilitation of a educational building in the context of the adaptation of buildings to the effects of climate change. Case Study, *Hidraulica - Magazine of Hydraulics, Pneumatics, Tribology, Ecology, Sensorics, Mechatronics*, ISSN 1453 – 7303 No. 3, pag. 66-74, 2022.
- [24] A. Tokar, D. Tokar, F. Stoian, D. Muntean, Experimental Research on the Influence of Factors on the Electricity Production of Thin-Film Photovoltaic Panels, *Hidraulica Magazine - Magazine of Hydraulics, Pneumatics, Tribology, Ecology, Sensorics, Mechatronics*, ISSN 1453 – 7303, No. 1, pp. 46-52, 2022.
- [25] D. Muntean, M. Mirza, A. Tokar, D. Tokar, Simulations regarding the Modernization of the District Heating System in Timisoara by Controlling the Supply and Regulating the Temperature of the Heating Agent, *Hidraulica Magazine - Magazine of Hydraulics*,

- Pneumatics, Tribology, Ecology, Sensorics, Mechatronics, ISSN 1453 – 7303, No. 1, pp. 76-84, 2022.
- [26] A. Tokar, P. Frăsie, D. Tokar, Rainwater Harvesting, a Solution to Reduce Drinking Water Consumption for Buildings, *Hidraulica Magazine - Magazine of Hydraulics, Pneumatics, Tribology, Ecology, Sensorics, Mechatronics*, ISSN 1453 – 7303, No. 2, pp. 57-63, 2021.
- [27] P. Frăsie, A. Tokar, Hot Water Recirculation in High Rise Buildings to Reduce Water Consumption, *Hidraulica Magazine - Magazine of Hydraulics, Pneumatics, Tribology, Ecology, Sensorics, Mechatronics*, ISSN 1453 – 7303, No. 1, pp. 38-43, 2021
- [28] D. Muntean, M. Mirza, A. Tokar, Soluții de reducere a pierderilor de căldură în sistemele de termoficare prin zonarea temperaturii de livrare, *Revista Ingineria Instalațiilor*, Nr. I, Anul I/XLIII, pg. 26-31, 2021.
- [29] A. Filipovici, S. M. Toropoc, M. Adam, D. Rusen, D. Tokar, A. Tokar, Study on Thermal Comfort in Industrial Buildings, Heated by Radiation, *WMCAUS Conference, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, Vol.1203, ID Article: 022089, pp. 1-10, doi:10.1088/1757-899X/1203/2/022089, 2021.
- [30] D. Tokar, A. Tokar, M. Adam, Experimental Study for the Analysis of the Potential Energy Conversion of Wastewater Discharged from Installations and Equipment's of the Civil and Industrial Buildings, *WMCAUS Conference, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, Vol.1203, ID Article: 022076, pp. 1-10, doi:10.1088/1757-899X/1203/2/022076, 2021.
- [31] D. Tokar, S. M. Toropoc, R. Frunzulica, P. Toma, A. Tokar, Mathematical Modelling and Operation Simulation of the Indirect Connection Scheme of the Heating Installation and of the Consumption Hot Water Preparation in an Accumulating Stage, *WMCAUS Conference, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, Vol.1203, ID Article: 022077, pp. 1-10, doi:10.1088/1757-899X/1203/2/022077, 2021.
- [32] D. Tokar, P. Frăsie, A. Tokar, Leaks, Pipe Breaks, and Preventive Maintenance, *WMCAUS Conference, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, Vol.1203, ID Article: 022078, pp. 1-9, doi:10.1088/1757-899X/1203/2/022078, 2021.
- [33] I. Sarbu, A. Tokar, S. Popa-Albu, Optimisation techniques of urban water distribution networks, *Revista Română de Inginerie Civilă*, vol. 11, Nr. 3, 2020.
- [34] D. Tokar, S. Popa-Albu, A. Tokar, Alternative Solutions for Pressure Control in Water Distribution Systems by Hydro-Electric Conversion, *The 19th edition - „Modern Technologies for the 3rd Millenium”*, Oradea, 2020.
- [35] D. Tokar, A. Tokar, M. Adam, Experimental stand for the study of energy conversion and storage, *Revista Română de Inginerie Civilă*, vol. 11, Nr. 3, 2020.
- [36] A. Tokar, D. Foriş, D. Tokar, S. Popa-Albu, Solutions for the Reuse of Rainwater in Indoor Plumbing, *Hidraulica Magazine - Magazine of Hydraulics, Pneumatics, Tribology, Ecology, Sensorics, Mechatronics*, ISSN 1453 – 7303, No. 4, pp. 51-58, 2020.
- [37] I. Sârbu, S. Popa-Albu, A. Tokar, Multi-objective optimization of water distribution networks: An overview, *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, ISSN: 2313-626X, Vol. 7, Issue 11, November, doi.org/10.21833/ijaas.2020.11.008, pp. 74-86, 2020.

- [38] P. D. Toma, A. Tokar, M. S. Țoropoc, Modelling and Simulation Eutrophication of Water Rivers, *Revista de Chimie*, Vol. 70, nr.8, pp. 2912-2916, august 2019, Chem. Abs. RCBUAU 70(8) (2912-2916) ISSN 0034-7752, București, 2019.
- [39] D. Tokar, C. Stroita, A. Tokar, A. Rusen, Hybrid System that Integrates the Lost Energy Recovery on the WaterWater Heat Pump Exhaust Circuit, 4th International Conference World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium (WMCAUS), IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 603 (2019) 042002 IOP Publishing, DOI:10.1088/1757-899X/603/4/042002, Prague, Czech Republic, 17- 21 June, 2019.
- [40] D. Tokar, D. Foris, A. Tokar, T. Foris, Sustainable development of disadvantaged regions by renewable energy sources integration, *Proceedings of the 2019 International Conference Economic Science for Rural Development*, Issue 51, pp. 237-244, Jelgava, LLU ESAF, 9-10 May 2019.
- [41] A. Tokar, D. Negoțescu, M. Adam, D. Tokar, A. Negoțescu, The waste energy recovery, an energy-efficient solution for the industrial sector, *E3S Web of Conferences*, CLIMA 2019 Congress, Volume 111, eISSN: 2267-1242, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911106063>, Bucharest, Romania, May 26-29, 2019.
- [42] M. Adam, A. Tokar, Energy efficiency in HVAC system using air cooling by direct evaporation, *Acta Technica Corviniensis – Bulletin of Engineering Tome XII, Fascicule 4*, ISSN: 2067-3809, pp. 57-61, 2019.
- [43] A. Țenchea, D. Tokar, A. Tokar, Reducing Pollutant Emissions by Integrating Flue Gas Treatment Systems into a Corn Coal Fired Coating Plant, *Hidraulica - Magazine of Hydraulics, Pneumatics, Tribology, Ecology, Sensorics, Mechatronics*, ISSN 1453 – 7303 No. 1/2019, pag. 31-37, 2019.
- [44] M. Adam, A. Tokar, Experimental study on the influence of cooling water temperature and night ventilation on energy efficiency the HVAC systems, *Bulletin of the Transilvania University of Brașov, Series I: Engineering Sciences*, Vol. 12 (61) No. 1, 2019.
- [45] A. Tokar, A. Negoțescu, A. Rusen, Solutions to Recover the Energy Lost to an Industrial Consumer, 10th International Conference KOD 2018, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 393 (2018) 012078, DOI 10.1088/1757-899X/393/1/012078, 2018.
- [46] D. Foriș, D. Tokar, A. Tokar, T. Foriș, Sustainable Rural Development Through Improving Water Supply in Mountain Huts, 19th International Scientific Conference, *Proceedings of the 2018 International Conference "Economic Science for Rural Development"*, No.47, pp. 81-88, ISSN 1691-3078, ISSN 2255-9930 on line, ISBN 978-9984-48-292-7 (E-book), Jelgava, Latvia- LLU ESAF, DOI 10.22616/ESRD.2018.009, 9-11 May 2018.
- [47] I. Sarbu, A. Tokar, Numerical modelling of high-temperature radiant panel heating system for an industrial hall, *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, Volume 5, Issue 5 (May 2018), Pages: 1-9, <https://doi.org/10.21833/ijaas.2018.05.001>, Print ISSN: 2313-626X, EISSN: 2313-3724, Publisher: Institute of Advanced Science Extension (IASE), Taiwan, 2018.
- [48] D. Tokar, D. Negoțescu, A. Tokar, A. Negoțescu, Causes Regarding the Efficiency Reduction of the Solar Systems with Photovoltaic PV panels, 10th International Conference KOD

- 2018, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 393 (2018) 012079, DOI 10.1088/1757-899X/393/1/012079, 2018.
- [49] A. Tokar, A. Negoîtescu, D. Negoîtescu, M. Adam, A Solution to Reduce Pollutant Emissions by Recovering the Flue Gases Waste Heat, *Analele Universităţii “Eftimie Murgu”, Fascicula de Inginerie*, Vol. XXV / 1, pp. 126-131, ISSN 1453 – 7397 , Reşiţa, 2018.
- [50] M. Adam, O. Bancea, A. Tokar, Cristian Păcurar, Influence of Thermal Confort and Air Quality on Performance of Athletes in Enclosed Spaces, *Revista Română de Inginerie Civilă*, Vol. 9 (2018), Nr.4, Editura MatrixRom, Bucureşti, 2018.
- [51] I. Sârbu, A. Tokar, Numerical Simulation of Unsteady Flow in Water Supply Pipe Networks, *Annals of Faculty Engineering Hunedoara, International Journal of Engineering*, Tom XVI (2018), Fascicule 3 (august), pp 17-26, ISSN: 2601-2332, 2018.
- [52] A. Negoîtescu, A. Tokar, D. Negoîtescu, C. Hamat, Energy Efficiency of Technological Equipment at the Economic Agent by Identifying the Points with Recoverable Heat Potential, *Analele Universităţii “Eftimie Murgu”, Fascicula de Inginerie*, Vol. XXIV / 1, pp. 257-266, ISSN 1453 – 7397 , Reşiţa, 2017.
- [53] D. Negoîtescu, D. Tokar, A. Tokar, A. Negoîtescu, Aspects regarding the Valorization of the Air Jets Energy Potential from Industrial Technological Equipment, *Analele Universităţii “Eftimie Murgu”, Fascicula de Inginerie*, Vol. XXIV / 1, pp. 267-278, ISSN 1453 – 7397, Reşiţa, 2017.
- [54] A. Negoîtescu, A. Tokar, Thermal Systems Modeling for the Heating Process Efficiency Improvement in Industrial Spaces, *ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering*, Tome XV– Fascicule 4, pp. 111-116, ISSN: 1584-2665, Hunedoara, Romania, 2017.
- [55] A. Tokar, A. Retezan, A. Negoîtescu, Estimative analysis of investment payback for industrial spaces heated with radiant tubes, *Revista Română de Inginerie Civilă*, Volumul 8 (2017), Nr. 1, Bucureşti, 2017.
- [56] A. Tokar, A. Negoîtescu, C. Hamat, Ş. Roşu, The chemical and ecological state evaluation of a storage lake, *Revista de Chimie*, Vol. 67, nr.9, pp. 1860-1863, septembrie 2016, Chem. Abs. RCBUAU 67(9) (1860-1863) ISSN 0034-7752, Bucureşti, 2016.
- [57] A. Negoîtescu, A. Tokar, C. Hamat, The influence of the air thermal and rainfall regimes on storage lakes water turbidity, *Materiale Plastice*, Vol. 53, nr.3, pp. 542-545, Chem.l Abs. MPLAAM 53(3), ISSN 0025-5289, Bucureşti, 2016.
- [58] L. Mihon, A. Negoitescu, A. Tokar, D. Ostoia, Modeling And Diagnosis Of A Powertrain Through Specific Parameters, *Applied Mechanics and Materials*, ISSN: 1662-7482, Vol. 822, pp 252-258, doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.822.252, Trans Tech Publications, Switzerland, 2016.
- [59] A. Negoîtescu, A. Tokar, Solar energy as an alternative to energy saving and pollutand emmision reduction, *Analele Universităţii “Eftimie Murgu”, Fascicula de Inginerie*, Vol. XXII / 1, pp. 195-202, ISSN 1453 – 7397, Reşiţa, 2016.
- [60] A. Tokar, A. Negoîtescu, Treatment Solutions for Rainwater Contaminated with Various Pollutants, *Analele Universităţii “Eftimie Murgu”, Fascicula de Inginerie*, Vol. XXII / 1, ISSN 1453 – 7397, pp. 405-414, Reşiţa, 2015.

- [61] A. Tokar, A.rina Negoîtescu, Hot Water Recirculation and Control, a Solution to Reduce Energy Consumption, *Analele Universităţii "Eftimie Murgu"*, Fascicula de Inginerie, Vol. XXII / 1, ISSN 1453 – 7397, pp. 415-424, Reşiţa, 2015.
- [62] A. Negoîtescu, A. Tokar, The Influence of Various Operation Modes on Diesel Passenger Cars CO2 Emissions, *Analele Universităţii "Eftimie Murgu"*, Fascicula de Inginerie, Vol. XXII / 1, ISSN 1453 – 7397, pp. 315-322, Reşiţa, 2015.
- [63] A. Tokar, A. Negoîtescu, M. Adam, D. Tokar, Research on Mechanical Strength of Technological Fluid Storage Tank Made of Polyester Resin Reinforced with Fiberglass, *Revista de Materiale Plastice*, Bucureşti, Vol. 51, nr.3, pp. 432-434, Chem. Abs. MATER PLAST 51(4), ISSN 0025-5289, aprilie 2014.
- [64] A. Negoîtescu, A. Tokar, Investigations on Car Emissions Under the Urban Traffic Conditions with the Influence on Timişoara Air Quality, *Transport*, Volume 28, Issue 1, pp. 38-45, Transport, ISSN 1648-4142, DOI: 10.3846/16484142.2013.781060, Publish. House Elsevier, Vilnius, 2013.
- [65] A. Tokar, A. Negoîtescu, The Influence of the Water Supply Indoor Installations Pipes Wear and Clogging on Water Consumption and Hygiene and Sanitary Comfort Level, *Analele Universităţii "Eftimie Murgu"*, Vol. XX / 2, ISSN 1453 – 7397, pp. 239-250, Reşiţa, 2013.
- [66] A. Negoîtescu, A. Tokar, Influence of Urban Traffic Driving Conditions and Vehicle Cubic Capacity on CO and VOC Emissions, *Analele Universităţii "Eftimie Murgu"*, Fascicula de Inginerie, Vol. XX / 2, ISSN 1453 – 7397, pp. 227-238, Reşiţa, 2013.
- [67] A. Negoîtescu, A. Tokar, The Estimation of Electric Vehicle Impact on Co2 Emissions Reduction, *Annals of Faculty Engineering Hunedoara, International Journal Of Engineering*, Tom XI, Fascicola 3, pp. 83-86, ISSN 1584-2673, Hunedoara, 2013.
- [68] D. Ostoia, L.Mihon, A. Negoîtescu, A. Tokar, Aspects Regarding Constructive Modification to Engines Fulfill the Euro 5 and Euro 6 Demands to Passenger Car, *Acta Technica Corviniensis - Bulletin of Engineering*, Tom VI, Fascicola 3, pp. 131-134, ISSN 2067-3809, Hunedoara, 2013.
- [69] A. Negoîtescu, A. Tokar, Water Disinfection and the Implementation of Modern Technologies at Potable Water Treatment Station, *Revista de Chimie*, Vol. 63, nr.10, pp. 1079-1089, octombrie 2012, Chem. Abs. RCBUAU 63(10) (1079-1083) ISSN 0034-7752, Bucureşti, 2012.
- [70] A. Tokar, A. Negoîtescu, Researches on the Chemical Indicators of Discharged Water, Treated by Mechano-biological Methods, *Revista de Chimie*, Vol. 63, nr.11, pp. 1181-1186, RCBUAU 63(11) (1181-1186) ISSN 0034-7752, Bucureşti, 2012.
- [71] A. Negoîtescu, A. Tokar, Opacity Analysis and Estimation of CO2 Exhausted by a Diesel Engine Vehicle Running under Urban Traffic Conditions, *WSEAS Transactions on HEAT and Mass Transfer*, Vol. 7/2, pp. 27-36, ISSN 2224-3461, April, 2012.
- [72] A. Tokar, A. Negoîtescu, Variation of CO2, HC, NOX Emissions for an EURO III Engine under Urban Traffic Conditions, *WSEAS TRANSACTIONS on HEAT and MASS TRANSFER*, Vol. 7/2, pp. 37-46, ISSN 2224-3461, Aprilie, 2012.
- [73] A. Negoîtescu, A. Tokar, Solar Storage Tank Insulation Influence on the Solar Systems Efficiency, *Analele Universităţii "Eftimie Murgu"*, Fascicula de Inginerie, Vol. XIX/ 1, ISSN 1453 – 7397, pp. 235-243, Reşiţa, 2012.

- [74] A. Tokar, A. Negoîtescu, Energetic Efficiency Evaluation by Using Ground-Water Heat Pumps, *Analele Universităţii “Eftimie Murgu”, Fascicula de Inginerie*, Vol. XIX/ 1, ISSN 1453 – 7397, pp. 325-334, Reşiţa, 2012.
- [75] A. Negoîtescu, A. Tokar, Catalysts Efficiency Evaluation by using CC Analysis Test, *Analele Universităţii “Eftimie Murgu”, Fascicula de Inginerie*, Vol. XVIII/ 3, ISSN 1453 – 7397, pp. 163-170, Reşiţa, 2011.
- [76] A. Tokar, A. Negoîtescu, The Importance of Thermal Heat Bridges in Civil Engineering, *Analele Universităţii “Eftimie Murgu”, Fascicula de Inginerie*, Vol. XVIII/ 3, ISSN 1453 – 7397, pp. 227-234, Reşiţa, 2011.
- [77] L. Mihon, A. Negoîtescu, A. Tokar, D. Ostoia, Motor and Vehicle Optimization Process Modeling by Using the AVL Cruise in Standard Applications, *Annals of Faculty Engineering Hunedoara, International Journal Of Engineering*, Tom IX, Extra Fascicola, pp. 83-86, ISSN 1584-2673, Hunedoara, 2011.
- [78] A. Tokar, A. Negoîtescu, Evaluation of Emissions Exhausted by Diesel Vehicles on Urban Routes, *NAUN International Journal of Energy and Environment*, Issue 2, Volume 4, pp. 35-44, ISSN 2308-1007, 2010.
- [79] A. Negoîtescu, A. Tokar, Efficiency and Economy Solutions Regarding the Industrial Buildings Heating, *WSEAS Transactions on Environment and Development*, Issue 4, Volume 6, pp. 288-297, ISSN 1790-5079, April, 2010.
- [80] A. Tokar, A. Negoîtescu, Comparative Analysis of Exhausted Gases Opacity under Urban Traffic Conditions, 8th IASME/WSEAS International Conference on Heat Transfer, Thermal Engineering and Environment (HTE’10), Taipei, Taiwan, pp. 209-213, ISBN 978-960-474-215-8, ISSN 1792-4596, 20-22th August, 2010.
- [81] A. Negoîtescu, A. Tokar, Aspects Regarding the Performance Improvement of Heating Systems with Radiant Tubes, 5th IASME/WSEAS International Conference on Energy&Environment (EE’10), University of Cambridge, UK, pp. 205-210, ISBN 978-960-474-159-5, ISSN 1790-5095, 20-22th February, 2010.
- [82] ***, The Commission calls for a climate neutral Europe by 2050* http://europa.eu/rapid/press-release_IP-18-6543_en.htmZ.
- [83] ***, https://www.afm.ro/casa_verde.php.
- [84] E.T. Hasim, A.A. Abbood, Temperature Effect on Power Drop of Different Photovoltaic Modules, *Journal of Engineering*, Vol.22, No. 5, pp. 129-139, 2016.
- [85] P. K Dash and N. C Gupta, Effect of Temperature on Power Output from Different Commercially available Photovoltaic Modules, *Journal of Engineering Research and Applications*, Vol. 5, Issue 1 (Part 1), pp. 148-151, 2015.
- [86] S. Kumari, A. Bhende, A. Pandit, S. Rayalu, Efficiency enhancement of photovoltaic panel by heat harvesting techniques, *Energy for Sustainable Development*, Vol. 73, pp. 303–314, 2023.
- [87] I. Laabab, S. Ziani, A. Benami, Solar panels overheating protection: a review, *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, Vol 29, No 1, pp.49-55, 2023.
- [88] M. Q. Al-Odat, Experimental Study of Temperature Influence on the Performance of PV/T Cell under Jordan Climate Conditions, *Journal of Ecological Engineering*, Vol. 23, No.10, p., 80–88, 2022.

- [89] D. Muntean, A. Tokar, D. Tokar, A. Dorca, Modernization of the District Heating System in Timisoara Through the Integration of RES in Heat Points. Case Study, *Revista Română de Inginerie Civilă*, vol. 15, Nr. 1, pp. 98-104, ISSN 2068-3987, Editura Matrix, 2024.
- [90] D. Muntean, A. Tokar, A. Dorca, D. Tokar, M. Adam, Expanding the prosumer concept to enhance the efficiency of district heating systems. A case study], *Revista Ingineria Instalațiilor*, Nr. IV/2023, Anul III/XLV, pp. 18-23, 2023.
- [91] D. Tokar, D. Muntean, A. Tokar, F. T. Negruț, Extending the prosumer concept by integrating photovoltaic panels and heat pumps for thermal and electrical energy production, *International HVAC&R Congress and Exhibition-Medunarodni kongres i izložba o KGH*, Belgrade, 6-8 December, 2023.
- [92] National Renewable Energy Laboratory (NREL), PVWatts® Calculator, <http://pvwatts.nrel.gov>, accesat: March 2018.
- [93] IEA, District Heating. 2021, Available online: <https://www.iea.org/reports/district-heating>, accesat: 28 Septembrie 2022.
- [94] ***, PolySun SPTX Constructor software from Vela Solaris.
- [95] ***, PolySun Designer software from Vela Solaris.
- [96] A. Azizi, P.O. Logerais, A. Omeiri, A. Amiar, A. Charki, O. Riou, F. Delaleux and J.F. Durastanti, Impact of the aging of a photovoltaic module on the performance of a grid-connected system, *Solar Energy*, Vol. 174, 455 – 454, 2018.
- [97] NREL, Photovoltaic Research, <https://www.nrel.gov/pv/>, accesat: Martie 2018.
- [98] M. Economidou, V. Todeschi, P. Bertoldi, D. D'Agostino, P. Zangheri, L. Castellazzi, „Review of 50 years of EU energy efficiency policies for buildings”, in *Energy and Buildings*, vol. 225, ID Article 110322, 2020.
- [99] N. Bauer, K. Calvin, J. Emmerling, O. Fricko, S. Fujimori, J. Hilairea, J. Eom, V. Krey, E. Kriegler, I. Mouratiadou, H. Sytze de Boer, M. van den Berg, S. Carrara, V. Daioglou, L. Drouet, J.E. Edmonds, D. Gernaat, P. Havlik, N. Johnson, D. Klein, P. Kyle, G. Marangoni, T. Masui, R. C. Pietzcker, „Manfred Strubegger, Marshall Wise, Keywan Riahi, Detlef P. van Vuuren, Shared Socio-Economic Pathways of the Energy Sector – Quantifying the Narratives”, in *Global Environmental Change*, vol. 42, pp. 316–330, 2017.
- [100] K. Burkart, \$1.5T for 1.5°C: a ‘back of envelope’ budget to save the planet, in *One Earth*, November 10, 2021.
- [101] B. Hare, „No time to lose: the 1.5°C limit in the Paris Agreement”, in *Climate Analytics*, August 2016.
- [102] A. Revi, H. Coninck, M. Babiker, P. Bertoldi, M. Buckeridge, A. Cartwright, W. Dong, J. Ford, S. Fuss, J.-C. Hourcade, D. Ley, R. Mechler, P. Newman, A. Revokatova, S. Schultz, L. Steg, T. Sugiyama, „Chapter 4-Strengthening and Implementing the Global Response”, in: *Global Warming of 1.5°C.*, Publisher: Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, pp. 313-444, 2018.
- [103] Comisia Europeană, Fit for 55, <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>, accesat 11.01.2024.
- [104] S.B. Tsai, Y. Xue, J. Zhang, Q. Chen, Y. Liu, J. Zhou, W. Dong, „Models for forecasting growth trends in renewable energy”, in *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 77, pp. 1169–1178, 2017.

- [105] S. Teske, Kriti Nagrath, Tom Morris, Kate Dooley, „Chapter 7 -Renewable Energy Resource” Assessment in book Achieving the Paris Climate Agreement Goals. Global and Regional 100% Renewable Energy Scenarios with Non-energy GHG Pathways for +1.5°C and +2°C, pp. 161-173, 2019.
- [106] A. Golubev, V.A. Verbnikova, I. A. Lopyrev, D. D. Voznesenskaya, R.N. Alimov, O. V. Novikova, E. A. Konnikov, „Energy Evolution: Forecasting the Development of Non-Conventional Renewable Energy Sources and Their Impact on the Conventional Electricity System”, in Sustainability, vol. 13 (22), Article Number: 12919, 2021.
- [107] A.Tokar, D. Foriș, A. Negoîtescu, T. Foriș, The Vulnerability of Isolated Communities and Buildings Regarding of the Utilitties Access, Proceedings of the 4th International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences, & Arts SGEM 2017, Section Urban Studies, Albena, Bulgaria, pp. 301-308, 2017.
- [108] Isoplus Technical Documentation , www.isoplus.org, accesat: 02.12.2021.
- [109] ***, SR 1907-1: 2014 – Instalații de încălzire. Necesarul de căldură de calcul. Metodă de calcul, ADSRO, 2014.
- [110] ***, SR 1907-2: 2014 - Instalații de încălzire. Necesarul de căldură de calcul. Temperaturi interioare convenționale de calcul, ADSRO, 2014.
- [111] D. Muntean, M. Mirza, A. Tokar, Solutions for reducing heat loss in district heating systems by zoning the delivery temperature, Revista Ingineria Instalațiilor, Nr. 1, Anul I/XLIII, pg. 26–31, 2021.
- [112] A. Nielsen, C. Winther Hansen, Grundfos iGrid temperature zone, District Heating - Grundfos white paper, pp.1-9, 2019.
- [113] S. Yunlin, S. Chen, L. Xie, R. Hong, H. Shen, Investigating the Impact of Shading Effect on the Characteristics of a Large-Scale Grid-Connected PV Power Plant in Northwest China, International Journal of Photoenergy, Article ID 763106, 9 pages, 2014.
- [114] ***, SR EN 1991-1-3:2005/NA:2017, Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor. Partea 1-3: Acțiuni generale - Încărcări date de zăpadă. Anexă națională, ASRO, 2017.
- [115] ***, SR EN 1991-1-4:2006, Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor. Partea 1-4: Acțiuni generale - Acțiuni ale vântului, ASRO, 2006.
- [116] ***, Compania Locală de Termoficare Colterm S.A. Timișoara, 2022.
- [117] AIIR, Enciclopedia Tehnică de Instalații, Manualul de Instalații, Instalații de încălzire, Ediția II, Editura ARTECNO, București, 2010.
- [118] A. Tokar, Contract de cercetare BC 40/23.05.2023, Construire depozit materiale confiscate în cadrul imobilului 49-237 sediul Inspectoratului Teritorial al Poliției de Frontieră Timișoara”, finanțat de Inspectoratul Teritorial al Poliției de Frontieră Timișoara, valoare: 104.958 lei, Timișoara, 2023.
- [119] A. Tokar, Contract de cercetare BC 41/23.05.2023, ”Reabilitare și modernizare Pavilion 5E din cadrul I.T.P.F. Timișoara, județ Timiș”, finanțat de Inspectoratul Teritorial al Poliției de Frontieră Timișoara, valoare: 99.960 lei, Timișoara, 2023.
- [120] D. Tokar, Contract de cercetare BC 42/23.05.2023, Cercetare și consultanță tehnică pentru realizarea documentației la faza D.A.L.I. pentru obiectivul de investiții Branșament electric repetor ANINA (Brădet), județul Caraș Severin, finanțat de Inspectoratul Teritorial al Poliției de Frontieră Timișoara, valoare: 73.780 lei, Timișoara, 2023.

- [121] D. Tokar, Contract de cercetare BC 43/23.05.2023, Cercetare și consultanță tehnică pentru realizarea documentației la faza D.A.L.I. pentru obiectivul de investiții Branșament electric repetor Cheile Nerei, județul Caraș Severin, finanțat de Inspectoratul Teritorial al Poliției de Frontieră Timișoara, valoare: 73.780 lei, Timișoara, 2023.
- [122] ***, Final energy consumption in industry - detailed statistics, Eurostat Statistics Explained, <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained>, accesat: 31.01.2024.
- [123] ***, Shedding light on energy in the EU, Eurostat, <https://ec.europa.eu/eurostat/web/interactive-publications/energy-2023>, accessed: 31.01.2024.
- [124] Consiliul UE și al Consiliului European, Infografic - De unde provin gazele utilizate în UE?, <https://www.consilium.europa.eu/ro/infographics/eu-gas-supply/>, accesat 02.02.2024.
- [125] Consiliul UE și al Consiliului European, Infografic - Reducerea cererii de gaze în UE, <https://www.consilium.europa.eu/ro/infographics/gas-demand-reduction-in-the-eu/>, accesat: 02.02.2024.
- [126] G. P. Thiel, A. K. Stark, To decarbonize industry, we must decarbonize heat, *Joule*, Vol. 5, No. 3, pp. 531–472 550, 2021.]
- [127] C C. McMillan, M. Ruth, Industrial Process Heat Demand Characterization, NREL Data Catalog. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory, doi: 10.7799/1461488, 2018.
- [128] K. Kavvadias, J. P. Jimenez Navarro, G. Thomassen, Decarbonising the EU heating sector: Integration of the power and heating sector, EUR 29772 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, doi:10.2760/072688, JRC114758, 2019.
- [129] European Commission, A clean planet for all. A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy, In-depth analysis in support of the commission communication COM (2018) 773, Brussels, 28 November 2018.
- [130] S. J. Davis, N. S. Lewis, M. Shaner, S. Aggarwal, D. Arent, I. L. Azevedo, S. M. Benson, T. Bradley, J. Brouwer, Y.-M. Chiang, et al, Net-zero emissions energy systems, *Science*, Vol. 360, pp. eaas9793, 2018.
- [131] J. Rissman, C. Bataille, E. Masanet, N. Aden, W.R. Morrow III, N. Zhou, N. Elliott, R. Dell, N. Heeren, B. Huckestein, et al., Technologies and policies to decarbonize global industry: review and assessment of mitigation drivers through, *Applied Energy*, Vol. 266, ID Number 114848, 2020.
- [132] S.J. Friedmann, Z. Fan, K. Tang, Low-carbon heat solutions for heavy industry: sources, options and costs today, Columbia/SIPA Center on Global Energy Policy, October 07, 2019.
- [133] F.A. Lunga, B.D. Toader, D. Tokar, Sustainability of Nuclear Energy as a Source of the Future, *Hidraulica*, No. 4, pp. 50-57, 2023.
- [134] A. Tokar, Eficientizare energetică prin valorificarea energiei jeturilor de aer din sistemele de exhaustare la S.C. Clagi-Coplass S.R.L., Proiect nr. 74BG/2016 Bridge Grant (PN-III-CERC-CO-BG-2016), Rapoarte Științifice și Tehnice privind implementarea proiectului-Etapa I, II și III, 2016-2018.
- [135] A. Tokar, A. Negoîtescu, D. Negoîtescu, M. Adam, An Approach Regarding the Application of Energy Efficiency Measures to Industrial Consumers, Conferința “Instalații pentru

- Construcții și Confortul Ambiental”, Ediția a 26–a,– Timișoara, România, pp. 223-230, 2017.
- [136] A. Tokar, A. Negoțescu, A. Retezan, S.I. Doboși, Concept de economisire a consumului de gaze naturale combustibile la cabine de vopsire/uscare, Conferința cu participare internațională-Știința Modernă și Energia - SME 2017, Producerea, Transportul și Utilizarea Energiei, Ediția a 36-a, pp 217-224, Editura Risoprint, ISSN 2066-4125, Cluj-Napoca, Mai, 2017.
- [137] A. Tokar, A. Negoțescu, D. Tokar, Consideration Regarding the Development of Fuel Natural Gas Transport Systems in Europe, Conferința cu participare internațională, Instalații pentru construcții și confortul ambiental, Ediția a 25-a, pp 210-217, ISSN 1842-9491, Timișoara, Aprilie, 2016.