

RAPORTARE ȘTIINȚIFICĂ

ETAPA II

☒ RST – raport științific și tehnic

Titlul proiectului: Holistica impactului surselor regenerabile de energie asupra mediului și climei (HORESEC)

Nr. proiect: 31PCCDI/2018

1. Rezumatul etapei

România are un potențial energetic al RES semnificativ și diversificat (eolian, solar, hidroenergetic, geotermal și biomasă), determinat de condițiile favorabile de mediu (relief și climă). Distribuția potențialului energetic al RES reflectă disponibilitatea regională a principalelor tipuri de resurse, după cum urmează: 1. Delta Dunării (solar); 2. Dobrogea (eoliană și solară); 3. Moldova (microhidrocentrale, eoliană și biomasă); 4. Carpați (microhidrocentrale, biomasă); 5. Transilvania (microhidrocentrale); 6. Câmpia de Vest (geotermală); 7. Subcarpați (solar, biomasă și microhidrocentrale); 8. Câmpia Română (biomasă, solar și geotermală).

Tendențele de evoluție a resurselor climatice solare și eoliene disponibile pentru valorificare în scopuri energetice la nivelul României sunt în consens cu tendințele generale de creștere a temperaturii aerului, intensificare a radiației solare și schimbărilor în circulația generală a atmosferei, observate la nivel global și european.

Comportarea dinamică a sistemelor electroenergetice ridică probleme din ce în ce mai complexe și mai dificile, pe măsură ce acestea se extind, devenind din ce în ce mai greu de modelat. În consecință, simularea rețelelor care conțin surse distribuite de generare a energiei electrice, pe baza unor modele matematice viabile, constituie un pas important în dezvoltarea unor astfel de sisteme, permițând analizarea diferitelor aspecte legate de operarea sistemelor din faza de concepție sau în funcționare on-line.

Valorificarea biocombustibililor a apărut ca o provocare la întrebările privind o producție de energie durabilă (regenerabilă și ecologică). Se constată că astăzi trăim în mijlocul unor mutații revoluționare, iar referitor la energie constatăm că aceasta ne slujește tot mai mult, dar pe de altă parte ne-a și subjugat existența. De altfel, constatăm că totul se transformă într-un ritm foarte grăbit, lucru ce ne împinge spre o penurie de materii prime, dar și de apă. Mai mult, existența noastră individual este tot mai mult captată de tendințele globalizării, omenirea devenind un tot, în care rămâne totuși esențial aportul individual.

La nivelul actual tehnologic există mai multe categorii de combustibili bioenergetici ale căror derivate rezultate prin prelucrări chimico-fizice sunt mai rentabile de a fi folosite în scopul producerii energiei. Există și cazul în care se pot utiliza atât combustibilii bioenergetici în stare natural (pură) cât și derivatele obținute din aceștia, cazul cel mai reprezentativ fiind lemnul.

Noțiunea de matrice conceptuală pentru combustibili bioenergetici apare ca o necesitate în definirea și clasificarea numărului foarte mare de biocombustibili ce conduc la noțiunea de bioenergetică. Se are în vedere gruparea acestora, atât pe baza caracteristicilor de proveniență, cât și a eficienței de aplicare tehnologică în vederea producerii energiei.

Arhitectura finală și schema de funcționare a unei microrețele depinde de obiectivele economice, tehnice și de mediu. În funcționarea economică, obiectivul este de a minimiza costurile totale indiferent de impactul asupra rețelei electrice amonte. Sursele distribuite funcționează fără a considera rețeaua amonte sau impactul asupra mediului, iar restricțiile sunt determinate de capacitatea surselor. Funcționarea tehnică optimizează funcționarea microrețelei (minimizează pierderile de putere, variațiile de tensiune etc), fără a lua în considerare costurile de producție. În cazul în care se ia în considerare impactul asupra mediului, funcționarea grupului electrogen este limitată.

2. Descrierea științifică și tehnică, cu punerea în evidență a rezultatelor etapei și gradul de realizare a obiectivelor - se vor indica rezultatele și modul de diseminare a rezultatelor la nivelul proiectului complex, cât și la nivelul fiecărui proiect component, incluzând realizarea indicatorilor de rezultat atinși.

Pr.1 – A2.1. Analiza comparativă a evoluției parametrilor climatologici și de mediu înainte de instalarea surselor regenerabile

Rezultatele asumate prin Agenda Comună a proiectului complex CDI și modul de diseminare a rezultatelor:

- Livrabil/indicator de rezultat: bază de date /1

Realizat: bază de date /1

În contextul creșterii populației la nivel global și a dezvoltării economice, există o cerere crescută pentru energiile alternative, pentru reducerea dependenței de resurse limitate și pentru limitarea impactului schimbărilor climatice. La nivelul UE, elementul-cheie al cadrului actual al politicilor privind energia din surse regenerabile este Directiva privind energia din surse regenerabile, parte integrantă din pachetul energie/climă pentru 2020. Acesta stabilește obiectivele ce trebuie realizate până în 2020 la nivelul UE. În cazul României, ținta de 20% energie produsă din surse regenerabile în consumul final brut de energie a fost deja atinsă. Astfel, în 2014, Consiliul European a adoptat un nou cadru privind clima și energia, care stabilește noi obiective de îndeplinit până în 2030, respectiv cel puțin 27 % din energia UE ar trebui să provină din surse regenerabile. În acest scop, Comisia a prezentat mai multe propuneri legislative, în special în cadrul pachetului „Energie curată pentru toți europenii” (denumit și „Pachetul de iarnă”) ce include o propunere de revizuire a Directivei privind energia din surse regenerabile. România, din nou, își adaptează politicile și strategiile în vederea atingerii acestor noi ținte, așa cum prevede și Strategia Energetică a României 2019-2030, recent adoptată. În perioada 2014-2020, România a sprijinit în mod semnificativ proiectele de energie din surse regenerabile pentru autoconsum (în exploatarea agricolă sau în întreprindere, fără vânzare de energie). Cu toate acestea, s-a alocat un buget redus pentru promovarea utilizării eficiente a resurselor și sprijinirea tranziției către o economie cu emisii reduse de carbon și rezistentă la schimbările climatice în sectoarele agricol, alimentar și silvic (prin Fondul European Agricol pentru Dezvoltare Rurală). În acest sens, pentru a evidenția eventualele diferențe în evoluția resurselor de energie regenerabilă în legătură cu potențialul acestora în vederea atingerii acestor ținte, s-a făcut o evaluare a cadrului legislativ și a evoluției înființării infrastructurii de valorificare a resursei regenerabile eoliene și solare. Acestea reprezintă cele mai importante surse regenerabile datorită potențialului natural și infrastructurii de valorificare. Totodată, au fost descrise și reprezentate grafic atât potențialul energetic solar și eolian la nivel național funcție de resursele climatice, cât și distribuția spațială a parcurilor solare și eoliene pe unități de relief, puterea instalată și dinamica exploatarei.

România are un potențial energetic al RES semnificativ și diversificat (eolian, solar, hidroenergetic, geotermal și biomasă), determinat de condițiile favorabile de mediu (relief și climă). Distribuția potențialului energetic al RES reflectă disponibilitatea regională a principalelor tipuri de resurse, după cum urmează: 1. Delta Dunării (solar); 2. Dobrogea (eoliană și solară); 3. Moldova (microhidrocentrale, eoliană și biomasă); 4. Carpați (microhidrocentrale, biomasă); 5. Transilvania (microhidrocentrale); 6. Câmpia de Vest (geotermală); 7. Subcarpați (solar, biomasă și microhidrocentrale); 8. Câmpia Română (biomasă, solar și geotermală) (Fig. 1).

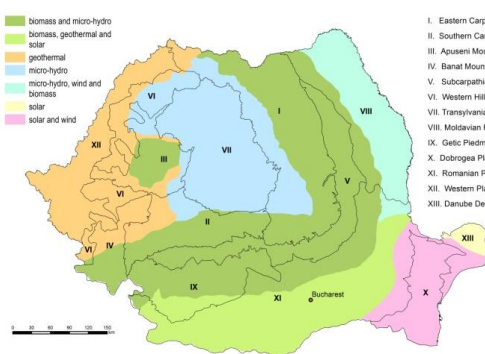


Fig. 1. Distribuția spațială a tipurilor / potențialului RES pe principalele unități de relief din România (prelucrate și adaptate după ANRE, 2016)

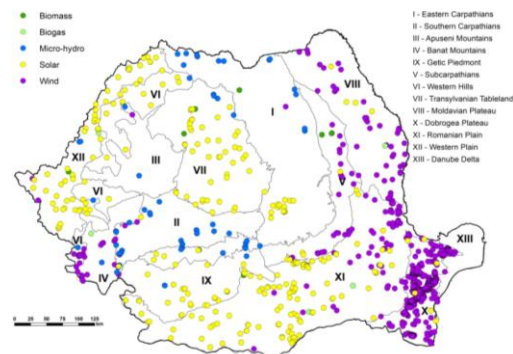


Fig. 2. Distribuția spațială a proiectelor RES în România (Sursa: Baza de date geo-spațială, 2011; Google Earth și Transelectrica, 2019)

În prezent, cele mai importante surse regenerabile valorificate în România sunt hidroenergia, energia eoliană și cea solară, restul RES (biomasă, biogaz și energia geotermală) fiind utilizate pentru generarea de energie electrică cu precădere la nivel local (Fig. 2). Resursele solare și eoliene au prezentat o atractivitate deosebită pentru

investitorii privați, încă dinainte de anul 2017, datorită schemei de sprijin bazată pe un mecanism de tranzacționare a certificatelor verzi, combinată cu o cotă obligatorie de achiziție a certificatelor verzi.

Potențialul solar. România dispune de resurse solare bogate, mai mult de jumătate din suprafața țării beneficiind de un flux radiant ridicat. Un exemplu de hartă care reflectă distribuția spațială a resurselor solare la nivelul României, este obținută prin proceduri de spațializare bazate pe metode geostatistice de interpolare de tip Regression Kriging, utilizând date de radiație solară globală înregistrate la nivelul stațiilor meteorologice și informația extrasă din produsul SIS-SARAH. Conform ANM, produsul satelitar SIS-SARAH poate explica peste 90% din variabilitatea temporală a radiației solare globale măsurate în rețeaua de stații radiometrice (abaterile înregistrate au variat de la -45 la 58 W/m²) și implicit, poate fi utilizat în evaluarea potențialului energetic solar la nivelul României. Această hartă relevă concentrarea celor mai importante resurse solare în regiunile joase de câmpie și podiș din sudul, estul și vestul țării, unde a fost de altfel implementată cea mai mare parte a infrastructurii de valorificare a potențialului energetic solar al țării (Fig. 3). Din punct de vedere al duratei de strălucire a Soarelui, la nivel anual se observă aceeași distribuție spațială a regiunilor principale de însorire la nivel național: Câmpia Română (de la 2000 la peste 2400 ore/an), Dobrogea și litoralul Mării Negre (2200-2400 ore/an), regiunile sudice ale Podișului Moldovei și Câmpia de Vest (2100-220 ore/an) (Fig. 4).

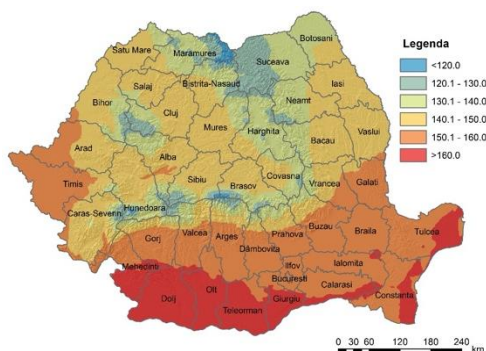


Fig. 3. Radiația solară globală (W/m²) în România (1983-2013) derivată din produsul satelitar SIS-SARAH (CM-SAF), rezoluție spațială 0.01°x0.01° (ANM)

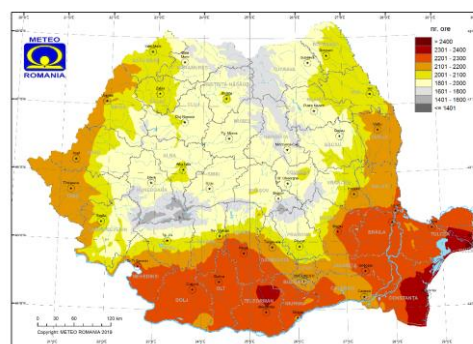


Fig. 4. Durata anuală de strălucire a Soarelui în România (1961-2018) (ANM)

Sezonier, potențialul solar variază în strânsă dependență cu schimbările în circulația atmosferică, atingând un maxim în perioada de vară, în condițiile persistenței regimului anticiclonic (800-900 ore în majoritatea regiunilor cu altitudini mai mici de 600-700 m) și un minim, iarna, pe fondul intensificării activității ciclonice și creșterii instabilității atmosferice (sub 200 ore).

România deține un total de 283 parcuri fotovoltaice cu cea mai mare răspândire în Câmpia Română (primul înființat în anul 2010, în comuna Singureni, județul Giurgiu și dat în funcțiune în Ianuarie 2011), regiunea cu cel mai ridicat potențial, însă insuficient exploatat. Aici, cele mai multe parcuri fotovoltaice au fost realizate în perioada 2012-2015, existând un cadru legislativ favorabil. Puterea totală instalată este de 629,3 MWh (peste 50% din total putere instalată la nivelul României). Potențialul energetic eolian este de aproximativ 14000 MW, echivalentul a 23000 de GWh/an.

Resursele eoliene. Vântul este unul cele mai dinamice elementele meteorologice (în spațiu și timp), fiind expresia contrastului baric generat în cadrul circulației generale a atmosferei, prin dezvoltarea diferitelor sistemelor barice și activitatea centrilor barici de acțiune. La ora actuală, energia vântului constituie o alternativă de energie verde prin intermediul turbinelor eoliene care transformă energia cinetică a vântului în energie mecanică. România se plasează printre țările europene cu cel mai mare potențial energetic eolian, valorificat în prezent numai pe uscat, cu o putere instalată comparativă cu cea a Olandei, Irlandei, Belgiei și Austriei (3 GW).

Conform acestor măsurători, viteza vântului și durata anuală în ore a dinamicii acestuia nu sunt uniforme la nivelul țării în regim mediu multianual, viteza vântului atinge cele mai mari valori în Carpați (7-10 m/s pe creste și 3-7 m/s pe versanți și văi) și în nordul Dobrogei, pe litoralul românesc al Mării Negre și Delta Dunării (5-7 m/s). Resursele eoliene sunt direct influențate de caracteristicile morfologice și morfometrice ale reliefului, precum și de prezența obstacolelor la înălțimi de până la 100 metri. Viteza vântului la înălțimea de 10 m deasupra solului constituie o modalitate indirectă de estimare a potențialului energetic eolian deoarece viteza medie nu constituie o valoare reprezentativă în estimarea producției de energie, mai ales în condițiile limitărilor tehnice ale agregatelor eoliene. Viteza de la care este rentabilă exploatarea vântului ca resursă energetică se referă la viteza vântului de la înălțimea rotorului turbinelor centralelor eoliene situat în prezent, de obicei la înălțimi de peste 50 m deasupra solului (Fig. 5).

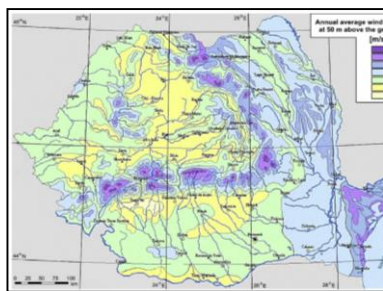


Fig. 5. Viteza medie anuală a vântului la înălțimea de 50 m deasupra solului în România (1961-2018) (ANM)

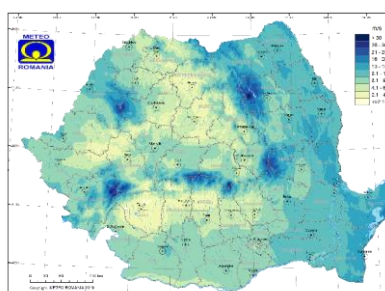


Fig. 6. Viteza medie a vântului în anotimpul de iarnă (stânga) și vară (dreapta) în România (1961-2018) (ANM)

Energia vântului, la fel ca energia solară, este supusă variabilității sezoniere a condițiilor meteorologice, dependent de schimbările anotimpuale în circulația generală a atmosferei. Randamentul unei instalații eoliene este mai mare iarna, când contrastul termo-baric este mai accentuat și implicit, viteza vântului mai mare și se reduce în lunile de vară. Cunoașterea distribuției spațiale a vitezei medii multianuale a vântului este astfel esențială în alegerea arealor în care se urmărește amplasarea agregatelor electrice eoliene (Fig. 6). Această analiză a fost completată de zonarea potențialului energetic eolian la nivel național conform ICEMENERG și de rolul acesteia în valorificarea energetică a potențialului în funcție de relief și anotimp.

Centralele eoliene din România însumează un total de 5038 MWh, dintre care doar 3029 MW sunt dați în funcțiune (173,2 MWh în Câmpia Română). La nivel de județ, potențialul energetic al RES este variabil, cele mai bine cotate fiind județele Constanța (2572.5 MW) și Tulcea (1294.7 MW), prin contribuția sectorului energiei eoliene și Prahova (1271.7 MW), prin contribuția preponderentă a cogenerării.

Odată cu aprobarea măsurilor de reducere a numărului de certificate verzi pentru energiile din surse regenerabile, cuprinsă în HG nr. 994/2013, în cazul ambelor tipuri de infrastructuri s-a înregistrat o scădere considerabilă a noilor construcții de instalații.

În vederea evidențierii relației dintre evoluția parametrilor climatologici și de mediu înainte de instalarea surselor regenerabile, analiza de față a fost completată de evaluări cantitative și calitative ale (i) ponderii energiei regenerabile în consumul final de energie, (ii) ponderii energiei din surse regenerabile pentru electricitate, (iii) ponderii energiei din surse regenerabile pentru încălzire și răcire și a (iv) ponderii energiei din surse regenerabile pentru încălzire și răcire la nivelul UE prin o serie de indicatori socio-economici și de mediu. Acești indicatori se bazează pe definițiile incluse în Directiva 2009/28/EC (Directiva Energiei Regenerabile) ce privește promovarea utilizării surselor de energie regenerabilă. În general, România a înregistrat o dinamică pozitivă la acești indicatori: (i) de la 16,18% în 2004 la 24,46% în 2017; (ii) de 28,1% în 2007, la 30,4% în 2010 și 42,7% în 2016; (iii) o dinamică oscilantă în perioada 2007-2016, de la 19,4% în 2007 la 27,2% în 2010, la 24,3% în 2011 și 26,9% în 2016; România a ocupat locul 10 în UE în cadrul ierarhiei anului 2016; (iv) dinamica ascendentă de la 2,4% în 2007 la 6,2% în 2016.

România are un mix diversificat de energie electrică, bazat în cea mai mare parte pe resursele energetice indigene. Ca urmare, a fost analizată structura puterii instalate a grupurilor electrogene pe categorii de centrale electrice. Ca o primă concluzie, se remarcă o diversificare a acestora în perioada 1992-2017. Astfel dacă în 1992 existau două tipuri de centrale, termoelectrice și hidroelectrice, în anul 1996 a apărut și tipul de central nuclear. Începând cu anul 2007, respectiv 2012 au apărut pe piața energiei și centralele eoliene, respectiv cele solare. Această analiză a fost completată de structura producției de energie electrică la nivelul României. Aceasta a variat de la o structură formată doar din energie termoelectrică și hidroelectrică în anul 1992 la o structură cu cinci tipuri în 2016, cele trei tipuri care s-au adăugat fiind energia nucleară, energia eoliană și cea solară. În privința dinamicii producției de energie electrică se remarcă următoarele: scădere de 32,5% în cazul energiei termoelectrice (1992-2017); creștere de 26,9% în cazul energiei hidroelectrice (1992-2017); o creștere de la 1386 la 11509 kilowatt-ora în cazul energiei nucleare (1996-2017); o creștere de la 3 la 7406 kilowatt-ora în cazul energiei eoliene (2007-2017) și o creștere de la 8 la 1856 kilowatt-ora în cazul energiei solare (2012-2017).

Pentru a evidenția mai bine estimarea consumului regional de energie pe baza consumului de energie la nivel național, a fost elaborat un studiu de caz regional focalizat pe Valea Dunării Românești. Astfel, pornind de la datele naționale privind consumul de energie la nivel de sectoare de consum final (rezidențial și agricultura, industrie și transport) s-a încercat o estimare a consumului de energie la nivel de județ. Prin urmare, energia totală consumată (în România și/sau Valea Dunării Românești) a fost descompusă într-o „componentă a populației” și „o componentă economică”. Cele două componente au fost evaluate prin indicatori demografici (mărimea populației, ponderea populației urbane, populația activ-economic pe activități ale economiei naționale: agricultură, industrie, transport), respectiv indicatori economici (consumul de energie pe activități ale economiei naționale: agricultură, industrie, transport, consum rezidențial de energie, PIB pe cap de locuitor). Pentru a calcula consumul

de energie la nivel de județ, am folosit date despre populația activă din activitățile economice respective, precum și date despre populația domiciliată disponibile la nivel de județ. Astfel, rezultatele obținute sunt mai precise decât în cazul utilizării datelor privind consumul final de energie (raportarea consumului final de energie la nivel de județ în funcție de populația activă totală la nivel de județ). În celălalt caz, ar fi rezultat subestimări ale consumului final de energie dacă un județ are ponderi importante ale activităților economice mari consumatoare de energie (transporturi, industrie).

Pr.1 – A2.2. Modelul evoluției parametrilor climatici la dezvoltarea emergentă a resurselor regenerabile
 Rezultatele asumate prin Agenda Comună a proiectului complex CDI și modul de diseminare a rezultatelor:
 - Livrabil/indicator de rezultat: model funcțional/1
 Realizat: model funcțional/1

Înțelegerea evoluției *tendențelor observate de evoluție a resurselor solare și eoliene în România înainte de dezvoltarea și implementarea infrastructurii de valorificare a RES* este deosebit de importantă pentru a evidenția și, eventual, anticipa dezvoltarea emergentă a resurselor regenerabile. În ceea ce privește durata de strălucire a Soarelui se remarcă o tendință generală și semnificativă statistic de creștere pe suprafețe extinse la nivelul țării, mai ales din a doua jumătate a deceniului 9. Cele mai pronunțate creșteri au fost observate în regiunile sudice de câmpie. Semnalul amplificării tendinței de creștere a numărului de ore de strălucire a Soarelui coincide momentului de tranziție de la perioada de diminuare (*dimming*) la cea de intensificare (*brightening*) a intensității radiației solare în numeroase regiuni din Europa, fapt dovedit atât din date de măsurare *in situ* (observații meteorologice), cât și satelitare. La nivel anotimpual, vara și primăvara se disting prin cele mai generalizate tendințe de creștere la nivel național, ceea ce susține o valorificare eficientă a resursei solare în scopuri energetice în majoritatea regiunilor țării. Analizele de tendință la nivel anual și anotimpual la nivelul unor areale de studiu reprezentative – opt parcuri fotovoltaice cu suprafață de cel puțin 30 ha din Câmpia Română (Tabel 1, Fig. 7), utilizând baza de date climatice ROCADA a Administrației Naționale de Meteorologie, relevă o intensificarea a potențialului climatic solar exploatabil în scopuri energetice, în majoritatea anotimpurilor (exceptând toamna), cu precădere vara și primăvara, la fel ca la nivel național.

Tabel 1. Parcurile fotovoltaice alese ca studiu de caz pentru analiza tendințelor în durata de strălucire a Soarelui înainte de dezvoltarea și implementarea infrastructurii de valorificare energetică a resursei solare

Parcuri fotovoltaice	Suprafață (ha)	Capacitate (MW)	Anul construcției	Județ
PV1-GR	142.0	69.98	2013	Giurgiu
PV2-PH	52.9	20.849	2013	Prahova
PV3-GJ	42.44	20.921	2013	Gorj
PV4-AG	42.3	29.88	2017	Argeș
PV5-MH	36	11.986	2013	Mehedinți
PV6-CL	34.7	9.2	2013	Călărași
PV7-OT	31.4	9.935	2013	Olt
PV8-DJ	28.13	7.5	2013	Dolj

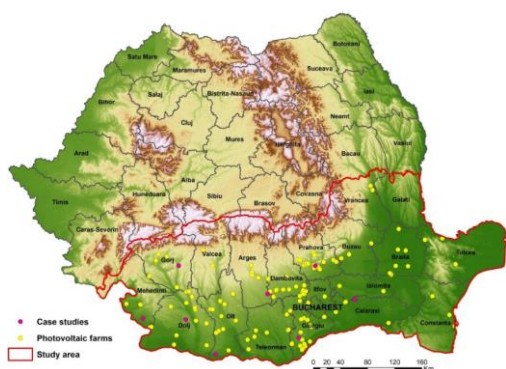


Fig. 7. Amplasarea parcurilor fotovoltaice din Câmpia Română alese ca studiu de caz.

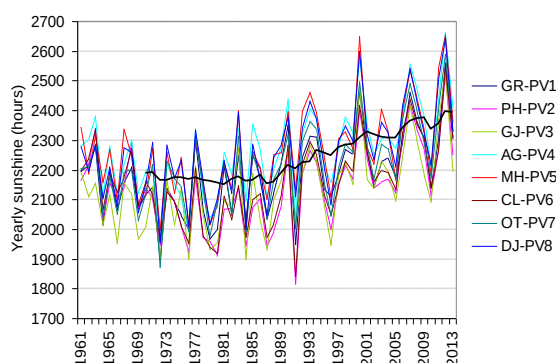


Fig. 8. Variabilitatea și tendințele de evoluție observate ale duratei anuale de strălucire a Soarelui (1961-2013) în locațiile celor opt parcuri fotovoltaice din Câmpia Română.

Caracteristicile tendințelor observate în evoluția duratei anuale și sezoniere de strălucire a Soarelui în perioada 1961-2013, suprapus perioadei de dinainte de începutul dezvoltării și implementării infrastructurii de valorificare energetică a resursei solare sunt sintetizate în Figura 8 și Tabelul 2.

În ceea ce privește viteza vântului din datele de observații în rețeaua meteorologică națională (10 m deasupra solului), schimbările observate în evoluția pe termen lung (1961-2013) sunt majore, evidențiind o scădere generalizată la nivelul țării, mai bine evidențiată în regiunea extracarpatică și mai puțin în cea intracarpatică. La nivel sezonier se remarcă diferențieri regionale ale tendinței de scădere, mai bine evidențiate iarna și primăvara cu precădere în regiunile extracarpatice și mai puțin vara și toamna.

În scopul caracterizării tendințelor de evoluție în viteza vântului (10 m deasupra solului) dinainte de implementarea infrastructurii de valorificare a resursei eoliene, am ales ca areal de studiu reprezentativ regiunea Dobrogei, selectând trei stații meteorologice (Galați, Tulcea, Medgidia) care surprind potențialul eolian regional pe uscat, exploatat în prezent în cadrul unor parcuri eoliene extinse – ex. Fântânele-Cogealac (al grupului CEZ – 11 km², 600 MW, 240 turbine, înființat în 2010). Datele care au stat la baza acestei analize au fost furnizate de Administrația Națională de Meteorologie, fiind disponibile la nivel lunar pentru perioada 1961-2007.

Tabel 2. Tendințe în durata anotimpuală de strălucire a Soarelui (1961-2013) la opt parcuri fotovoltaice din Câmpia Română.

Parcuri PV	Anotimpuri	Tendința (ore deceniu ⁻¹)	Semnificație statistică	Parcuri PV	Anotimpuri	Tendința (ore deceniu ⁻¹)	Semnificație statistică
GR-PV1	DJF	15.7	.<0.01	MH-PV5	DJF	15.8	.<0.05
	MAM	22	.<0.001		MAM	18.6	.<0.001
	JJA	16.3	.<0.05		JJA	17.4	.<0.01
	SON	-4.7	n.s.		SON	-3.4	n.s.
PH-PV2	DJF	11.5	.<0.05	CL-PV6	DJF	13	.<0.05
	MAM	19.3	.<0.001		MAM	20	.<0.001
	JJA	15.6	.<0.05		JJA	16.3	.<0.05
	SON	-7.7	n.s.		SON	-8	n.s.
GJ-PV3	DJF	16.7	.<0.01	OT-PV7	DJF	17.5	.<0.01
	MAM	17.5	.<0.001		MAM	20.8	.<0.001
	JJA	14.9	.<0.05		JJA	17.3	.<0.05
	SON	-4.9	n.s.		SON	-5.5	n.s.
AG-PV4	DJF	16.3	.<0.01	DJ-PV8	DJF	20.1	.<0.01
	MAM	21.1	.<0.001		MAM	20.8	.<0.001
	JJA	18.9	.<0.01		JJA	15.9	.<0.01
	SON	-4.4	n.s.		SON	-4.5	n.s.

Tabel 3. Tendințe în viteza vântului (1961-2007) la trei stații meteorologice din Dobrogea

Stația meteorologică	Anotimp	Schimbări în viteza vântului	
		m/s perioadă	Semnificația statistică
Galați	DJF	-2.67	<0.001
	MAM	2.19	<0.001
	JJA	2.41	<0.001
	SON	2.01	<0.001
Tulcea	DJF	1.18	<0.001
	MAM	1.06	<0.001
	JJA	0.73	<0.001
	SON	0.30	<0.001
Medgidia	DJF	0.00	Nici o tendință
	MAM	0.63	<0.01
	JJA	0.55	<0.05
	SON	0.74	<0.01

Tendențele de scădere a vitezei vântului la nivelul de 10 m deasupra solului, observate la nivel național au fost evidențiate și în regiunea Dobrogei, în special în nordul acesteia (Galați și Tulcea), în toate anotimpurile, dar mai ales iarna și vara la Galați (cu 2.4-2.7 m/s deceniu⁻¹) și iarna și primăvara la Tulcea (cu 1.0-1.2 m/s deceniu⁻¹), sugerând o posibilă diminuare a potențialului energetic al vântului (Tabel 3). Cu toate acestea, la Medgidia, tendințele observate sunt opuse, indicând o ușoară creștere a vitezei vântului în majoritatea anotimpurilor exceptând iarna (pentru care nu s-a identificat nici o tendință), cu rate reduse de 0.6-0.7 m/s deceniu⁻¹.

Considerând rezultatele analizelor de tendință la nivel local, putem aprecia ca cel puțin până în anul 2007, potențialul eolian în regiunea Dobrogei a înregistrat o scădere vizibilă și semnificativă din punct de vedere statistic în toate anotimpurile (creșterile observate evidențiind rate net inferioare celor de creștere), în consens modificările observate în circulația generală a atmosferei. Acest fapt a fost bine evidențiat și prin analiza evoluției vântului pe direcții la cele trei stații, unde au fost observate schimbări vizibile în direcția dominantă a curenților de aer după cum urmează: o scădere cu 4-6% a frecvenței vântului din sectorul nordic la Galați; o creștere cu 6-8% a frecvenței vântului nord-vestic la Tulcea; o creștere cu circa 6% a frecvenței vântului din sector vestic la Medgidia (Fig. 9).

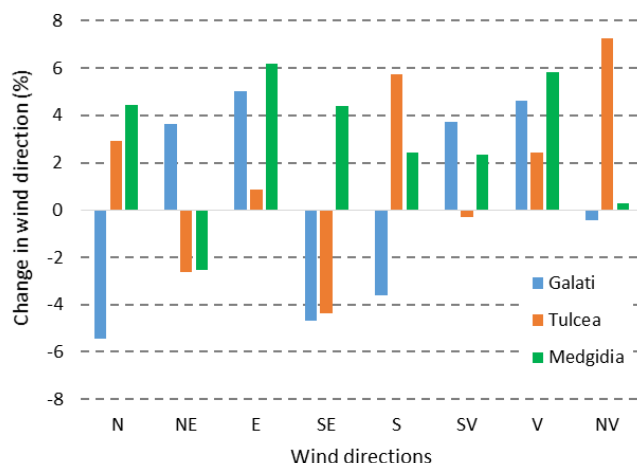


Fig. 9. Schimbări (%) observate în direcția vântului la trei stații meteorologice din Dobrogea (1961-2007).

În urma acestor analize, a rezultat faptul că tendințele de evoluție a resurselor climatice solare și eoliene disponibile pentru valorificare în scopuri energetice la nivelul României sunt în consens cu tendințele generale de creștere a temperaturii aerului, intensificare a radiației solare și schimbărilor în circulația generală a atmosferei, observate la nivel global și european.

Pr.2 – A2.3. Modelarea interfeței sistemelor de conversie de putere și a logicilor de control

Rezultatele asumate prin Agenda Comună a proiectului complex CDI și modul de diseminare a rezultatelor:

- Livrabil/indicator de rezultat: model funcțional /1

Realizat: model funcțional /1

Se pot evidenția, la limită, două concepții opuse de producere a energiei:

- o concepție centralizată, bazată pe centrale electrice de mare putere, care utilizează surse primare cu „concentrare energetică mare” (combustibili fosili sau nucleari). Puterea acestor centrale este de regulă superioară consumului local, implicând existența unui sistem de transport și distribuție a energiei electrice;
- o concepție distribuită, cu surse mici, amplasate lângă consumatori. Se bazează în general pe utilizarea unor surse primare „ușoare”, cu concentrare energetică redusă (solară, eoliană etc.). Centrala este destinată strict pentru acoperirea consumului local, eliminându-se necesitatea de a transporta energia electrică la distanță.

În prezent concepția centralizată are încă o pondere mult mai mare, rolul producerii distribuite crescând însă odată cu accesul tot mai dificil la sursele primare cu concentrare energetică ridicată și ținând cont de restricțiile tot mai severe impuse de protecție a mediului.

În planul strategiei energetice europene s-a evidențiat foarte clar că există trei provocări majore ce trebuie depășite: impactul asupra schimbării climatice, siguranța în alimentarea energetică, competitivitatea industrială și creșterea economică în domeniu.

Un răspuns la problemele amintite mai sus poate consta în promovarea pe scară largă a generării distribuite (GD). Prin GD se produce energie electrică utilizându-se două sau mai multe surse de energie primară. Aceste surse de energie primară pot fi:

- surse finite (combustibili fosili și nucleari) – surse de energie limitate atât în timp, cât și în spațiu, capabile să acopere nevoile societății umane doar pentru o durată limitată de timp;
- surse regenerabile (hidraulică, solară, eoliană, geotermală, marea, valuri, biomasă) - categorii de surse primare de energie care sunt generate în mod continuu de către sistemele naturale.

Producerea de energie descentralizată sau distribuită, în mod general face referire la o microrețea, amplasată în apropierea sarcinii, minimizându-se pierderilor de transport, evitându-se cheltuielile cu extinderea și modificarea rețelilor de transport și distribuție și crescând siguranța în alimentarea cu energie electrică, prin promovarea dezvoltării durabile.

Sursele de energie regenerabilă au un caracter variabil, motiv pentru care necesită anumite sisteme, care includ electronica de putere, pentru a putea genera o tensiune constantă (Fig.10). Aceste sisteme pot genera perturbații nedorite care să afecteze calitatea energiei furnizată de microsistem.

Aplicațiile tipice ale sistemelor de generare distribuită sunt: surse de rezervă, cogenerare (energie și căldură), aplatizarea curbilor de sarcină (nivelarea perioadelor de vârf de consum de energie), suport pentru rețeaua centrală și operare insularizată.

Conectarea la rețea a generatoarelor distribuite poate crea anumite probleme. Din punct de vedere al operatorului de rețea, cele mai importante sunt următoarele:

- modificarea profilului de tensiune de-a lungul rețelei;
- creșterea puterii de scurtcircuit;
- modificarea circulațiilor de putere;
- funcționarea necorespunzătoare a protecțiilor existente în rețea;
- impact negativ asupra calității energiei electrice;
- congestia în laturile sistemului este funcție de nivelurile de producție;
- restricții în regim permanent și la scurtcircuit;
- utilizarea convertoarelor de putere ca interfață între unitatea de generare distribuită și rețea poate constitui o sursă de armonici.

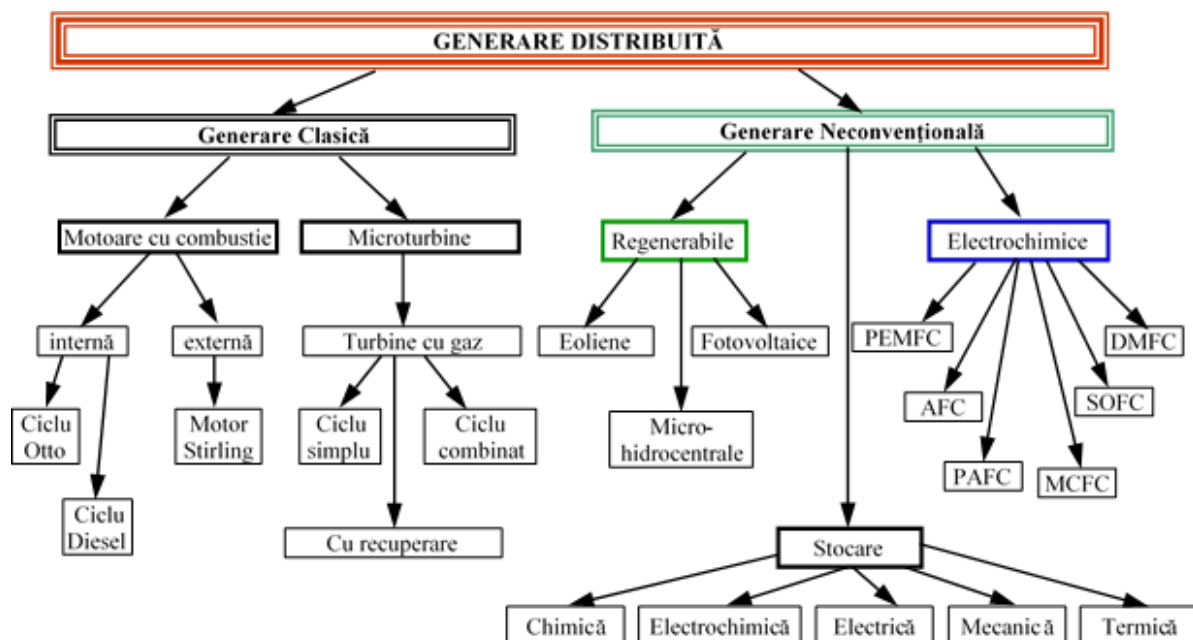


Fig.10. Tipuri de instalații pentru producerea distribuită a energiei electrice

Comportarea dinamică a sistemelor electroenergetice ridică probleme din ce în ce mai complexe și mai dificile, pe măsură ce acestea se extind, devenind din ce în ce mai greu de modelat.

În consecință, simularea rețelilor care conțin surse distribuite de generare a energiei electrice, pe baza unor modele matematice viabile, constituie un pas important în dezvoltarea unor astfel de sisteme, permițând analizarea diferitelor aspecte legate de operarea sistemelor din faza de concepție sau în funcționare on-line.

Pr.2 – A2.4. Modelarea generatoarelor distribuite pentru a răspunde dinamicii creșterii energiei regenerabile

Rezultatele asumate prin Agenda Comună a proiectului complex CDI și modul de diseminare a rezultatelor:

- Livrabil/indicator de rezultat: model funcțional /1

Realizat: model funcțional /1

Conceperea și realizarea unui model funcțional de generatoare distribuite pentru a răspunde dinamicii creșterii energiei regenerabile este subiectul principal abordat în acest studiu, plecând de la trecerea în revistă a

principalelor generatoare distribuite, cadrul legislativ și de la o serie de efecte pe care prezența unităților distribuite de generare a energiei electrice o are asupra rețelelor la care sunt racordate.

În sensul realizării unui model funcțional de simulare a principalelor regimuri de funcționare ale rețelelor electrice de distribuție, la care sunt conectate din ce în ce mai multe generatoare distribuite, se impune cunoașterea punctelor sau a nodurilor din rețea în care acestea vor fi montate. În acest context, prima etapă a constat în identificarea soluției optime de amplasare a surselor de generare distribuită la consumatorii rezidențiali alimentați la nivelul rețelei de distribuție de joasă tensiune. Obiectivul urmărit a fost amplasarea optimă a unui număr finit de surse de generare distribuită (4 prosumatori) prin minimizarea pierderilor de putere și energie activă dintr-o microrețea reală ce deservește un cartier rezidențial format din 27 de consumatori monofazați aflat la periferia unui oraș din N-E României. Microrețeaua este prevăzută din etapa de proiectare cu sistem de contorizare inteligentă și este alimentată de pe barele unui post de transformare aerian echipat cu un transformator. În acest context, a fost dezvoltat un model matematic de optimizare în mediul de programare Matlab, care are la bază metoda de calcul al regimului permanent Newton-Raphson, având ca date de intrare înregistrările privind sarcinile de putere activă și reactivă, măsurate cu ajutorul contoarelor inteligente montate la consumatori sub forma a 24 de paliere orare.

Pentru a determina influența pe care prosumatorii o au asupra pierderilor de putere și energie, s-a considerat ca regim de bază rețeaua fără nici o sursă de generare de mică putere conectată, pentru care s-au determinat soluțiile optime de amplasare a celor 4 surse mici de generare distribuită și s-au identificat alte trei scenarii de funcționare, respectiv:

- ✓ Scenariul 1 (este conectat un singur prosumator, patru cazuri).
- ✓ Scenariul 2 (sunt conectați doi prosumatori simultan, șase cazuri).
- ✓ Scenariul 3 (sunt conectați trei prosumatori simultan, patru cazuri).

Creșterea producerii de energie din surse regenerabile are efecte secundare asupra rețelelor clasice de distribuție, deoarece cantitatea de energie generată variază zilnic sau sezonier. Deoarece există fluctuații mari în consumul de energie pe parcursul zilei, sursele de stocare a energiei (SSE) pot juca un rol esențial în depășirea acestor probleme și pare să fie o soluție eficientă a viitoarelor rețele inteligente. În acest sens, s-a efectuat un studiu care a luat în considerare trei scenarii de amplasare a unor surse de stocare a energiei: cazul 1 cu o SSE, cazul 2 pentru două SSE și cazul 3 pentru trei SSE, iar comparațiile dintre rezultatele simulării au fost făcute cu cazul de referință (fără SSE). Amplasarea optimă a surselor de stocare a energiei provenite de la prosumatori s-a făcut utilizând algoritmul PSO (Particle Swarm Optimization) care are la bază informații reale privind curbele de sarcină activă și reactivă, urmărind, pe de o parte minimizarea pierderilor de energie pe laturi iar pe de altă parte îmbunătățirea nivelului de tensiune în noduri.

Un aspect secundar urmărit prin amplasarea suplimentară a generatoarelor distribuite, dar foarte important din punctul de vedere al operatorilor de distribuție, se referă la reglajul tensiunii în rețelele de distribuție. Pentru rețelele electrice de distribuție de joasă tensiune sau, mai ales, a microrețelelor, tensiunile în noduri trebuie să crească sau să scadă până în apropierea tensiunii de funcționare, în toate scenariile considerate. Pentru a evalua calitatea tensiunii la nivelul rețelei electrice de distribuție de joasă tensiune analizate, s-a propus utilizarea unei legi de reglaj pentru transformatorul coborâtor care echipează postul de transformare aerian, prevăzut cu comutator automat de ploturi.

În urma studiilor efectuate, s-a constatat o influență benefică a integrării surselor de generare distribuită și a surselor de stocare a energiei în rețelele clasice, transformându-le în rețele de distribuție activă. Principalele beneficii rezultate sunt următoarele:

- ✓ minimizarea pierderilor de putere și energie activă, ca urmare a conectării surselor distribuite înspre capătul rețelelor;
- ✓ îmbunătățirea nivelului de tensiune în fiecare nod și pe fiecare fază, datorită injectiilor de putere activă și reactivă locale;
- ✓ minimizarea impactului asupra mediului prin reducerea cantității de energie distribuită prin postul de transformare, ca urmare a modificării circulațiilor de puteri și a scăderii pierderilor de putere.

Pr.2 – A2.5. Testări experimentale a modelelor de generatoare distribuite pentru a răspunde dinamicii creșterii energiei regenerabile

Rezultatele asumate prin Agenda Comună a proiectului complex CDI și modul de diseminare a rezultatelor:

- Livrabil/indicator de rezultat: model experimental /1

Realizat: model experimental /1

O etapă importantă în realizarea standului experimental a constat în programarea și automatizarea sistemului, astfel încât prin intermediul programului realizat să poată fi controlată aproape în întregime comportarea echipamentelor din componența standului experimental.

Logica de control a fost implementată pe un automat programabil Siemens, din gama S7-1200, acesta având capacitatea de a controla o gamă foarte largă de aplicații din categoria automatizărilor industriale. Designul compact, instrucțiunile de control variate și performante din punct de vedere tehnic, fac din automatele S7-1200 o soluție perfectă pentru a dezvolta o plajă largă de aplicații.

Mediul actual de programare al automatelor din gama S7-1200 îl constituie aplicația software TIA portal (Total Integrated Automation portal), aplicație care dispune de o librărie cu funcții foarte variate ce permite realizarea de programe complexe. Aplicația software TIA portal este compatibilă cu un număr foarte mare de echipamente din gama SIMATIC, având de asemenea posibilitatea de a controla și echipamente de la alți producători pe diferite protocoale de comunicație.

Aplicația implementată pe automatul programabil are rolul de a controla simultan două procese care se desfășoară la nivelul standului experimental:

➤ Unul din procesele controlate constă în impunerea unui anumit nivel al consumului de energie electrică, de către un receptor de tip rezistiv. Prin acest control se dorește a fi realizată o sarcină electrică variabilă care să echivaleze consumul de energie electrică dintr-o locuință. Puterea electrică furnizată receptorului rezistiv poate proveni din mai multe surse de energie electrică: generator eolian, panou fotovoltaic, acumulator, rețea națională de distribuție a energiei electrice. La nivelul standului experimental sunt măsurate independent valorile și sensurile de circulație ale puterilor electrice vehiculate de fiecare din sursele de energie electrică (generator eolian, panou fotovoltaic, acumulator, rețea națională de distribuție a energiei electrice). De asemenea se monitorizează și puterea electrică absorbită de către consumator (receptor de tip rezistiv variabil în trepte).

Graficul impus al consumului de energie a fost implementat pe o durată de 24 ore, prin intermediul mai multor puncte ale căror coordonate descriu din cinci în cinci minute valoarea puterii debitate.

Consumatorul electric, variabil în trepte, este realizat prin conectarea în paralel a mai multor lămpi incandescente cu halogen, de diferite puteri. Cea mai mică putere a lămpilor cu incandescență folosite este de 50W iar de cea mai mare putere este de 300W. Se utilizează un număr de 10 lămpi de 50W și 6 de 300W. În acest fel se poate obține o variație a puterii absorbite de consumator între 0 și 2300W, cu un pas de variație de 50W.

➤ Cel de-al doilea proces controlat constă în prescrierea unui anumit grafic de viteză pentru un motor asincron de antrenare care echivalează funcționarea unei turbine eoliene la diferite viteze ale vântului. Motorul asincron este cuplat mecanic cu un generator de turbină eoliană cu magneți permanenți, pe care o antrenează la diferite viteze. Acesta echivalează de fapt funcționarea unei turbine eoliene cu trei pale, care în condiții reale de mediu ar trebui să antreneze direct generatorul de eoliană.

Controlul vitezei motorului asincron se realizează prin variația frecvenței tensiunii de alimentare. Convertorul de frecvență folosit, Altivar 58F produs de Schneider Electric, lucrează după principiul controlului scalar, $U/f=ct$. Acesta a fost parametrizat astfel încât frecvența dorită la ieșire să fie impusă prin intermediul unui semnal de curent, citit de convertor, de pe una din intrările analogice ale acestuia.

Pr.3 – A2.6. Definirea unei matrice conceptuale a combustibililor bioenergetici ai viitorului

Rezultatele asumate prin Agenda Comună a proiectului complex CDI și modul de diseminare a rezultatelor:

- Livrabil/indicator de rezultat: model conceptual /1; 2 cecuri vizite de lucru

Realizat: model conceptual/1 transmis între parteneri și preluat în lucrări (Conceptual Matrix for the Biofuels of the Future Applicable to the Romanian Economy, DOI: 10.1051/e3sconf/201911202002)

Noțiunea de matrice conceptuală pentru combustibili bioenergetici apare ca o necesitate în definirea și clasificarea numărului foarte mare de biocombustibili ce conduc la noțiunea de bioenergetică. Se are în vedere gruparea acestora, atât pe baza caracteristicilor de proveniență, cât și a eficienței de aplicare tehnologică în vederea producerii energiei.

Valorificarea biocombustibililor a apărut ca o provocare la întrebările privind o producție de energie durabilă (regenerabilă și ecologică). Se constată că astăzi trăim în mijlocul unor mutații revoluționare, iar referitor la energie constatăm că aceasta ne slujește tot mai mult, dar pe de altă parte ne-a și subjugat existența. De altfel, constatăm că totul se transformă într-un ritm foarte grăbit, lucru ce ne împinge spre o penurie de materii prime, dar și de apă. Mai mult, existența noastră individual este tot mai mult captată de tendințele globalizării, omenirea devenind un tot, în care rămâne totuși esențial aportul individual.

La nivelul actual tehnologic există mai multe categorii de combustibili bioenergetici ale căror derivate rezultate prin prelucrări chimico-fizice sunt mai rentabile de a fi folosite în scopul producerii energiei. Există și cazul în care se pot utiliza atât combustibilii bioenergetici în stare natural (pură) cât și derivatele obținute din aceștia, cazul cel mai reprezentativ fiind lemnul.

Pentru ca un biocombustibil să fie utilizat în scopul producerii de energie trebuie să îndeplinească următoarele concluzii:

- O producție vegetală inițială pentru un anumit nivel de utilizare;
- Posibilitatea de colectare și depozitare eficientă;
- Existența unei filiale economice de transformare în bioderivate combustibile;

- Utilizare eficientă finală.

Biomasa de tip ulei, prin tratare chimică cu alcool conduce la formarea metil-esterilor (biodiesel-ul).

Starea de agregare (solidă, lichidă sau gazoasă) va reprezenta o grupare esențială în matricea conceptuală a combustibililor, mai ales că prin prelucrare fizico-chimică unii combustibili bioenergetici trec de la o stare de agregare la alta. Tehnologic, combustibilii lichizi și gazoși, prezintă avantaje în stocare și combustie, iar dacă prețul crește față de cel al combustibilului de bază, acesta va trebui în final comparat cu cel al combustibililor fosili. Facilitățile utilizării tehnologice pentru producția de energie poate conduce, de asemenea, definitiv asupra stării de agregare referitor la utilizarea unui biocombustibil.

Un circuit economic esențial cuprinde în final raportarea prețului energiei la costurile totale de producție.

Modelul conceptual

Biocombustibilii viitorului în România, raportați la clima României sunt prezentați în tabelul 4.

Tabelul 4

Materie primă	Biocombustibili				
	Solid	Lichid			Gazos
	Ardere directă	Bioetanol și biometanol	Biodiesel	Ulei vegetal pur	Biogaz
A - Biomasă forestieră					
A1 - Lemnul brut (de foc)	A 1.1				
A2 - Deșeuri lemnoase industriale	A 2.1				
A3 - Brichete și pelete	A 3.1				
A4 - Mangal, gaz de piroliză, degrezogen	A 4.1				A 4.3
B - Culturi agricole					
B1 - Cereale (orz, ovăz, secară, grâu)		B 1.3	B 1.2		
B2 - Sfecla de zahăr		B 2.3			B 2.3
B3 - Sorg (tulpini)		B 3.1	B 3.3	B 3.3	B 3.3
B4 - Rapița		B 4.3	B 4.2	B 4.2	
B5 - Porumb (boabe, tulpini, coceni)	B 5.1	B 5.3		B 5.2	B 5.3
B6 - Floarea soarelui (tulpini, coji, boabe)	B 6.1	B 6.3	B 6.3	B 6.1	
B7 - Cartof		B 7.3			
B8 - Soia			B 8.2	B 8.1	
B9 - Paie cereale (baloți, brichete, pelete)	B 9.1		B 9.3		B 9.3
B10 - Salcia energetică și plopul energetic (tocătură, brichete, pelete)	B 10.1				
C - Culturi viticole (corzi vița de vie)	C1				
D - Culturi pomice (pomi fructiferi, arbori ornamentali, frunze, crengi)	D1				
E - Grăsimi animaliere	E1				
F - Proteină animalieră					F3
G - Deșeuri menajere combustibile	G1				G3
H - Deșeuri organice și combustibile industriale	H1				H3
I - Tratarea apelor					I3
J - Dejecții	J1				J3

Pe baza datelor prezentate anterior privind nomenclatorul de biocombustibili bioenergetici ai viitorului și a calității acestora, s-a construit matricea de mai jos cu următoarea structură:

- Linia I: combustibilii bioenergetici ai viitorului;
- Linia II: utilizarea biocombustibililor viitorului în stare natural solidă;
- Linia III: utilizarea biocombustibililor viitorului în stare lichidă;
- Linia IV: utilizarea biocombustibililor viitorului în stare gazoasă.

O parte din biocombustibilii viitorului din liniile III și IV sunt obținuți prin procedee fizico-chimice ca urmare a tendinței de obținere a combustibililor cu calitate superioare (fig. 11).

A1	B1	B2	B3	B4	B5	B7	B8	B9	B10	C	D	E	F	G	H	I	J
A1.1	A2.1	A3.1	A4.1	B3.1	B4.1	B5.1	B6.1	B8.1	B9.1	B10.1	C1	D1	E1	G1	H1		J1
	A6.2				B1.2	B4.2	B3.3	B8.2									
	A5.3			B1.3	B2.3	B3.3	B4.3	B6.3	B7.3	B9.3			F3	G3	H3	I3	J3

Fig 11. Matricea biocombustibililor viitorului în România

Biocombustibilii utilizați la producția de energie electrică în România sunt prezentați în tabelul 5.

Tabelul 5

Combustibilul bioenergetic	Operatorul economic	Puterea electrică instalată, MW
A1	A6 IMPEX S.R.L. - Dej	9,73
A2	EGGER ROMANIA S.R.L. - Rădăuți	14,5
	SAUCOLEMN S.R.L.	0,31
	FIRST BIOGAZ S.R.L.	1,49
	GENERAL ENERGETIC S.R.L. - Pângărați	6,5
	SORTILEMN S.A. - Gherla	1,44
	HOLZINDUSTRIE SCHWEIGHOFER S.R.L.	21,25
	EXPLOCOM GK S.R.L. – Lupeni - Harghita	0,82
	BIO ELECTRICA TRANSILVANIA S.R.L.	19,93
	BIOENERGY SUCEAVA S.R.L.	29,65
B1.2, B1.3 A4.3 B5.3 B6.3	AAYLEX PROD S.R.L.	2,26
	AGROTRUST S.R.L.	0,25
	ARMAN CONSTRUCTION S.R.L.	0,40
	COM ABM S.R.L.	0,99
	IRIDEX GROUP IMPORT EXPORT S.R.L.	3,60
	MEVCER S.R.L.	0,50
	NEW LIFE ENERGY S.R.L.	0,50
	RENEWABLE POWER S.R.L	0,66
	SANA RA S.R.L.	1,60
	TEB PROJECT ONE S.R.L.	2,98
	UAT ORASUL SEINI	0,37
	BIOCARNIC ESCO S.R.L.	0,52
	GENESIS BIOTECH S.R.L.	1,06
I5	APASERV SATU MARE S.R.L.	0,35
	COMPANIA DE APA ORADEA S.A.	0,72
	COMPANIA DE UTILITATI PUBLICE S.A.	0,25
B10.1	BEST TEAM CONSULTING S.R.L.	0,25
	RIG BIOMASS S.R.L.	1,28

Pentru producția de energie atât electrică, cât și termică, în România, în balanța biocombustibililor domină sectorul forestier. Se remarcă însă marele potențial al biocombustibililor din culturile agricole.

Referitor la utilizarea deșeurilor, aplicațiile sunt extrem de reduse, mai ales astăzi când noțiunea de economie circulară este într-un plin progres.

Făcându-se un recensământ pentru România al utilizării biocombustibililor în producția de energie electrică și termică, rezultă un număr de biocombustibili foarte redus din matricea de definire a acestora utilizați efectiv în prezent.

Pr. 3 – A2.7 Stabilirea gamei de combustibili bioenergetici ai viitorului prin analiza complexă a amestecurilor generate între aceștia

Rezultatele asumate prin Agenda Comună a proiectului complex CDI și modul de diseminare a rezultatelor:

- Livrabil/indicator de rezultat: model conceptual /1

Realizat: model conceptual / 1 transmis între parteneri și preluat în lucrări (Researches on the mixture limits of animal fats with liquid hydrocarbons for combustion at industrial level, DOI: 10.1051/e3sconf/201911202001)

Privind în timp evoluția utilizării biocombustibililor pentru producția de energie se remarcă:

- mărirea numărului acestora, în special prin apelarea la resursele agricole;
- menținerea unei rate încă înalte a utilizării biocombustibililor forestieri;

- utilizarea într-un număr și cantitate tot mai mare a derivatelor obținute prin procedee fizico-chimice din biocombustibilii naturali, tocmai în scopul unei utilizări energetice mai ușoare și mai eficiente;
- tendința de a realiza neutralizarea unor deșeuri industriale și menajere, inclusiv din tratarea apelor.

Această paletă foarte largă referitoare la diversitatea biocombustibililor utilizați în viitor, conduce la necesitatea realizării unei analize privind complexitatea combustiei mai ales dacă se utilizează și amestecurile dintre aceștia.

Amestecurile dintre biocombustibili pot apare ca urmare a următoarelor situații:

- realizarea debitului de biocombustibili necesari unei producții de energie prin apelarea la mai mulți combustibili;
- neutralizarea unor deșeuri prin amestecarea acestora cu alți biocombustibili, cu caracteristici energetice superioare;
- combustia unor biocombustibili sau a unor deșeuri de joasă calitate energetică cu aport termic realizat de către biocombustibilii energetici superiori.

La combustia amestecurilor de biocombustibili o mare importanță o are stare de agregare a acestora.

Cel mai ușor de realizat este combustia a doi biocombustibili solizi, când de regulă se utilizează aceeași instalație de ardere. Combustia unui combustibil solid cu unul lichid sau gazos, ca și a unui combustibil lichid cu unul gazos impune utilizarea a două instalații de ardere (arzătoare), sau a uneia singură duală, ce reprezintă deja un utilaj dificil. Foarte rar amestecul de combustibili cuprinde un melanj dintre aceștia. Melanjul este cel mai facil de realizat la combustia în fază solidă, când se realizează la depozitare sau direct la alimentare.

Utilizarea uleiurilor vegetale și a celor uzate (arse), din industria alimentară și din transporturi, conduc, de regulă, la mixarea acestora cu hidrocarburi lichide.

Tot mixare în hidrocarburi lichide este tehnologia aplicată în cazul combustiei grăsimilor animaliere.

Biogazul de putere calorifică scăzută datorită conținutului ridicat de CO₂ care prezintă o viteză de ardere redusă în combustie va trebui să aibă un suport termic.

Criteriile termodinamice impuse de o combustie performantă într-o instalație de ardere cuprind:

- capacitatea de aprindere;
- realizarea unei încălzări termice normate pentru un anumit focar;
- corelarea lungimii flăcării cu lungimea incintei de ardere (focarul);
- realizarea unei anumite temperaturi teoretice de ardere în focar;
- realizarea unei anumite temperaturi la finele focarului;
- controlul emisiilor poluante.

Gazeificarea în strat fluidizat permite o funcționare într-o dinamică mai mare a calității biocombustibililor, dar acordă o importanță deosebită dimensiunii particulelor de biocombustibil, dimensiune obținută prin tocare.

În figura 12 se prezintă schemele de gazeificare în strat fix:



Fig 12. Schema gazeificării în strat fix: a) – echicurent; b) – contracurent

Pentru a se asigura combustia biocombustibililor devolutilizați (mangalul, semicocul și cocul), combustibili cu aprindere grea se apelează la:

- arderea împreună cu un biocombustibil cu conținut ridicat de volatile și cu un conținut de umiditate sub 30% ($W_t < 30\%$);
- arderea cu un suport de combustibil gazos sau lichid, care să asigure în special faza de aprindere.

Combustibilul suport termic poate fi gazul natural sau GPL-ul, sau cel reprezentat de hidrocarburile lichide ușoare. Nu se recomandă biogazul, care el însuși are deficiențe la aprindere.

Pe baza caracteristicilor energetice ale deșeurilor avicole s-a simulat combustia într-un focar nerăcit dotat cu grătar (ardere în strat fix). Această tehnologie de ardere, impune arderea susținută termic de gaz natural, în proporție termică de minimum 10%, pentru realizarea unor încărcări termice corespunzătoare volumului focarului și pentru obținerea unei temperaturi a gazelor de ardere la finele focarului de peste 930°C.

O posibilitate de combustie a deșeurilor avicole se poate realiza și în amestec cu biomasă. În lume, în special în Franța, sunt astfel de realizări la nivelul unor ferme agricole.

La Universitatea Politehnică din București este în curs de implementare a unei cercetări experimentale de combustie pe grătar de biomasă solidă cu deșeu avicol.

Ca o alternativă la combustia directă cu suport termic, s-a analizat tehnologia de piroliză a deșeurilor avicole, combustia pentru producerea de energie cuprinzând în acest caz produsul final, semicocsul sau cocsul de deșeu.

Tratarea termică a deșeurilor, pe principiul pirolizei, constituie o alternativă ecologică de neutralizare a deșeurilor cu recuperare de energie. În acest sens s-a optat pentru un proces de piroliză în 2 trepte, prima treaptă având scopul de preîncălzire și eliminare a umidității. S-a considerat uscarea până la limita de început de degajare a materiilor volatile 200 - 250°C. Ca urmare a eliminării umidității, în procesul de piroliză se va obține prin volatilizare un gaz bogat în elemente combustibile CO, CH₄, H₂. Acest produs final al pirolizei a fost analizat din punct de vedere al conținutului de C, H, N, S, S-a putut astfel determina puterea calorică a semicocsului. Pentru evaluarea potențialului energetic s-a realizat un bilanț teoretic al consumului energetic în procesul de piroliză și a energiei dezvoltate prin combustie a semicocsului, bilanț pozitiv energetic.

O cercetare inovativă dezvoltată în România la Universitatea Politehnică din București, este reprezentată și de arderea combinată a biomasei solide cu suport de hidrogen sau de gaz îmbogățit în hidrogen (HRG). S-a urmărit creșterea performanțelor combustiei biomasei prin apelarea la calitatea hidrogenului referitoare la viteză foarte mare de ardere.



Fig. 13. Cazanul de ardere în strat fluidizat

Arderea în strat a biomasei solide lemnoase cu suport de HRG s-a testat experimental la un cazan pilot de 35 kW de la UPB, departamentul TMETF. Pentru a evita returul gazului HRG spre buncărul de biomasă a fost necesară implementarea unui închizător de gaz pneumatic. Experimentările au confirmat realizarea unei combustii eficiente cu emisii controlate de CO și NO_x în limitele utilizabile pentru această tehnologie.

Rezultatele pozitive ale combustiei tocăturii de salcie energetică cu suport termic de gaz HRC s-au analizat în cadrul tehnologiei de ardere în strat fluidizat concentrate, la o instalație cu o putere termică de 35 kW, instalație prezentată în figura 13.

Energetica biocombustibililor lichizi ai viitorului ce vor apela la ardere în amestecuri în vederea susținerii termice cuprinde:

- Uleiurile vegetale pure;
- Uleiurile uzate din industria alimentară;
- Uleiurile uzate din domeniul transporturilor;
- Grăsimile animaliere.

Grăsimile animaliere cu toate că sunt în faza inițială solidă, combustia lor se realizează prin transformare în fază lichidă prin încălzire.

Problema general dificilă pentru combustia acestor biocombustibili constă în aprinderea dificilă datorită conținutului mai redus de volatile decât în cazul hidrocarburilor lichide ușoare.

Această dificultate este atașată și celei legate de vâscozitatea mai ridicată deasemenea față de cea a hidrocarburilor lichide ușoare.

Ca urmare, s-a găsit rezolvarea problemelor legate de combustia biocombustibililor lichizi prin mixarea cu hidrocarburi fosile lichide ușoare. Mixarea reprezintă o formă superioară de ardere combinată (a amestecurilor) a doi combustibili, prin integrarea lor într-un singur combustibil ce mediază proporțional cu procentul de mixare caracteristicile lor finale.

Cercetările privind combustia au indicat necesitatea unui mixaj cu hidrocarburi lichide ușoare în limitele pentru grăsimea de vită până la 0-30%, în proporție masică.

Cel mai dificil biogaz pentru combustie este cel produs prin fermentația anaerobă a proteinelor. La biogazul produs din proteine predomină componenta CH_4 și CO_2 , puterea calorifică inferioară varînd între 14500 și 21500 KJ/m³N.

Pentru combustia biogazului cu putere calorifică sub 15500 KJ/m³N, se impune arderea acestuia în amestec cu un gaz superior, prin două tehnologii:

- mixarea prin injecția biogazului în gazul cu putere calorifică superioară;
- arderea concomitentă, prin injecție în focar prin duze diferite ale unui arzător combinat.

Noua gamă de biocombustibili ai viitorului reprezentați de deșeurile agricole umede, deșeuri menajere umede și de joasă putere calorifică, deșeuri animaliere și avicole, nămoluri, grăsimi animaliere, biogaz de la epurarea apei și a nămolurilor, biogaz de la fermentarea deșeurilor menajere și a proteinelor, gaz de gazogen și piroliză a biocombustibililor și a deșeurilor solide, prezintă nenumărate probleme pentru utilizarea lor în producția de energie, așa cum s-a prezentat sintetic anterior. Soluția general aplicabilă o reprezintă arderea acestora în amestec cu un alt biocombustibil sau cu combustibili fosili.

Pr. 3 – A2.8 Realizarea matricei conceptuale a tehnologiilor de combustie prin modelarea complexă a proceselor din instalațiile de ardere și din motoarele diesel

Rezultatele asumate prin Agenda Comună a proiectului complex CDI și modul de diseminare a rezultatelor:

- Livrabil/indicator de rezultat: model funcțional /1

Realizat: Model funcțional /1 transmis între parteneri și preluat în lucrări (Conceptual matrix for the biofuels of the future applicable to the romanian economy, DOI: 10.1051/e3sconf/201911202002)

După o primă etapă de utilizare a biocombustibililor prin combustie directă, astăzi, din ce în ce mai mult se apelează la o prelucrare a biocombustibilului brut și la combustia unor derivate. Acestea, de regulă, conform dirijării spre o anumită tehnologie, au caracteristici energetice cu cel puțin un element hotărâtor în aplicarea unei tehnologii de combustie.

Dezvoltarea nomenclatorului de combustibili bioenergetici impune o analiză complexă, tehnică, dar și economică și ecologică pentru alegerea tehnologiei adecvate de combustie.

Matricea tehnologiei de combustie pentru un combustibil bioenergetic este redată în figura 14.

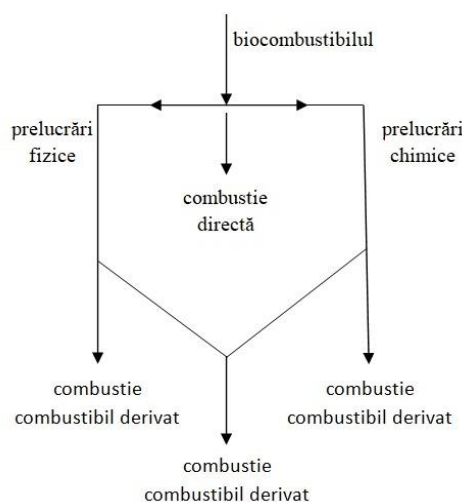


Fig. 14. Matricea tehnologiei de combustie pentru un combustibil bioenergetic

Prelucrările fizice cuprind:

- Sortare;
- Densificare;
- Brichetare;
- Peletizare.
- Prelucrările chimice cuprind:
- Digestie anaerobă, cu producere de combustibil gazos;
- Gazeificare, ca producere de combustibil gazos;
- Piroliză, cu producere de combustibil solid și gazos;
- Fermentație, pentru producerea de etanol și metanol.

Matricea tehnologiei de combustie directă pentru un combustibil bioenergetic solid este redată în figura 15.

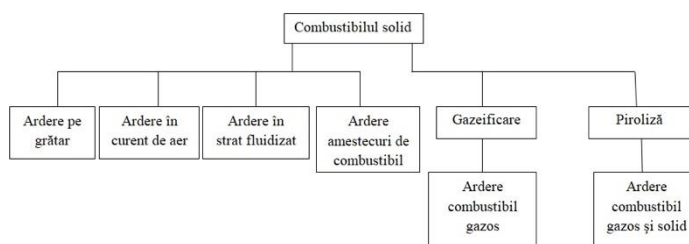


Fig. 15. Matricea combustiei pentru combustibilii bioenergetici solizi

Matricea valorificării conceptuale energetice a deșeurilor este prezentată în figura 16.

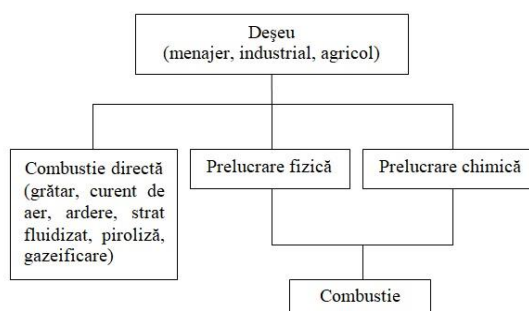


Fig. 16. Matricea conceptuală a tehnologiilor de combustie a deșeurilor

Materialele (deșeurile) plastice datorită conținutului de Cl și F, prin combustie emit dioxine, emisie neutralizată prin condiția termică de realizare în flacără a unui nivel de minimum 1200°C pentru o perioadă de 2 săptămâni.

Aceeași soluție se impune și în cazul deșeurilor sanitare sau a celor cu un risc de pericol (în acest caz se află și uleiul de transformator).

Modelarea proceselor din instalația de ardere reprezintă o etapă importantă în alegerea tehnologiei adecvate de combustie, în funcție de caracteristicile energetice ale combustibilului și de puterea termică a instalației.

Modelarea complexă a proceselor din instalațiile de ardere cuprinde:

- Modelare analitică;
- Modelare numerică;
- Modelare experimentală.

Se poate utiliza una, două sau toate trei metodele de modelare.

În lucrare s-au prezentat în continuare trei modele de cercetare, toate cu referință la combustibilii bioenergetici. Modelele dezvoltate cuprind:

- Modelare analitică, numerică și experimentală pentru procesele tehnologice dinamice de la un arzător orizontal pentru pelete în biomasă cu puterea termică de 150kW;
- Modelare analitică și experimentală a procesului de combustie a grăsimilor animale în amestec masic de până la 30% cu combustibil lichid ușor. Cercetările s-au efectuat pe un cazan de 55 kW generator de apă caldă;

- Modelare experimentală a combustiei biogazului obținut prin fermentație anaerobă a proteinelor animale. Cercetările experimentale s-au realizat pentru un stand de încercare a arzătoarelor de gaz de la UPB, pentru un debit de gaz de 0,8-1,0 m³N/h.

În cadrul acestei activități s-a realizat o matrice conceptuală pentru tehnologia de combustie a biocombustibililor, completată prin trei aplicații de modelare complexă a proceselor din instalațiile de ardere respective.

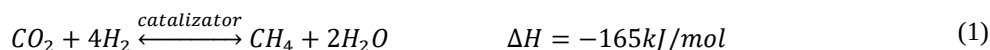
Pr. 3 – A2.9 Determinări de laborator a parametrilor catalizatorului

Rezultatele asumate prin Agenda Comună a proiectului complex CDI și modul de diseminare a rezultatelor:

- Livrabil/indicator de rezultat: model demonstrativ /1

Realizat: studiu de interes național/1 transmis între parteneri și preluat în lucrări (Decarbonization of Low Power Applications through Methanation Facilities Integration, DOI: 10.1109/ISGTEurope.2019.8905506)

Data fiind stabilitatea moleculei de dioxid de carbon (CO₂), obținerea metanului (CH₄) pe baza acestuia impune utilizarea unui catalizator care să permită depășirea limitărilor cinetice ale reacției de metanizare (1). Acesta trebuie să fie activ la temperaturi relativ scăzute și să comporte selectivități ridicate în raport cu formarea CH₄.



Se remarcă faptul că există două variante prin care reacția de metanizare a CO₂ poate avea loc, respectiv calea termochimică (investigată în această activitate de cercetare, ca urmare a performanțelor superioare) sau electrochimică. Teoretic, intervalul termic optim, la care se înregistrează rate de conversie a CO₂ și selectivități de formare a CH₄ de până la 100%, este în domeniul temperaturilor scăzute. Totuși, aportul caloric implicit al desfășurării reacției poate să conducă la temperaturi peste 600 °C. Trebuie subliniat că trebuie evitate temperaturile peste 550 °C, care pot determina dezactivarea catalizatorului prin sinterizare. Pe de altă parte, conform principiului lui Le Chatelier, producerea reacției de metanizare este favorizată la presiuni ridicate. Analizele prezentate în literatură demonstrează că, pentru temperaturi în intervalul [200,500] °C și presiuni superioare valorii de 10 bar, rata de conversie a CO₂ depășește 90%, așa cum reiese (calitativ) din Fig. 17. Mai mult, s-a observat cum catalizatorii metalici cu reactivitate ridicată (Nichel – Ni sau Ruteniu – Ru) determină aproape în exclusivitate producerea de CH₄, în timp ce aceia mai puțin reactivi (Paladiu – Pd, Platină – Pt, Rodiu – Rh, Molibden – Mo sau Aur – Au) generează produși secundari precum monoxidul de carbon (CO) sau metanolul (CH₃OH). Prin urmare, catalizatorii pe bază de Ni reprezintă o opțiune viabilă pentru metanizarea CO₂, atât din punct de vedere al bunelor performanțe chimice, dar și al costurilor accesibile.

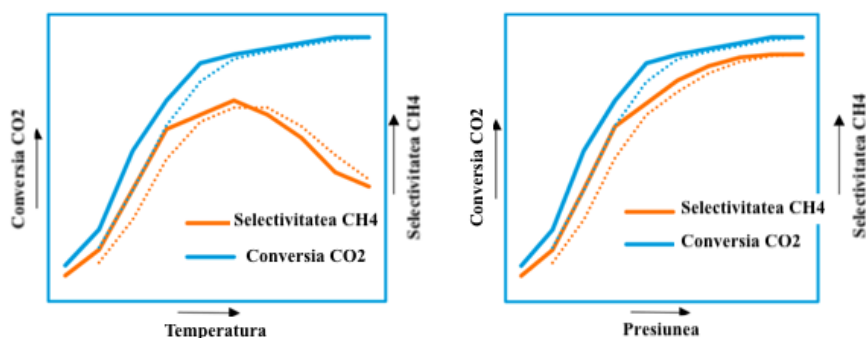


Fig. 17. Dependenta calitativă a performanțelor procesului de metanizare de condițiile de reacție

Metanizarea catalitică a CO₂ prin metoda termochimică *Sabatier* necesită temperaturi și presiuni în intervalul [150,500] °C, respectiv [1, 100] bar și se bazează pe utilizarea catalizatorilor metalici, în reactoare cu pat fix sau mobil de construcție specifică. Referitor la proprietățile catalizatorului, se preferă folosirea pulberilor, acestea asigurând intensificarea transferului masic și termic, pierderi de presiune reduse în coloană și o mai bună controlabilitate a parametrilor reacției.

Prepararea catalizatorului are un rol foarte important în desfășurarea reacției de metanizare, întrucât tehnica folosită pentru combinarea metalului cu materialul suport afectează structura cristalină a produsului rezultat, dispersia sa în reactor și activitatea catalitică în general. În ce privește tehnicile de preparare a catalizatorului, există următoarele variante:

- Sol-Gel: se formează o structură poroasă solidă coloidală din molecule de oxizi metalici alcalini, nitrizi sau sulfizi. În general, pentru reacția catalitică de metanizare, acest catalizator metalic se generează combinând săruri metalice cu metalul de bază.
- Sinteza micro-emulsiilor: produce catalizatori cu suprafața mare de contact și dispersie foarte bună a fazei metalice, ceea ce îmbunătățește reacția de metanizare.
- Impregnarea capilară: se utilizează pentru obținerea catalizatorilor eterogeni. În principiu, metalul activ este dizolvat într-o soluție apoasă sau organică, cu care este impregnat (prin absorbție) materialul suport.
- Dubla impregnare: presupune două etape, respectiv impregnarea suportului (anorganic) cu un reactiv organic și, după uscare, impregnarea cu o soluție ionică a metalului activ.
- Precipitare/depunere.

În continuare sunt prezentate rezultatele investigațiilor experimentale conduse în vederea evaluării condițiilor optime în care un catalizator pe bază de Ni (în particular 1 – Ni/Al₂O₃ și 2 – Ni/hidrotalcit de Al) permite obținerea performanțelor maxime în reacția catalitică de metanizare a CO₂ la presiune atmosferică, într-un reactor cu pat fix. Pentru prima opțiune, suportul a fost obținut prin metoda Sol-Gel și a fost ulterior impregnat secvențial, iar pentru a doua catalizatorul a fost obținut prin co-precipitare într-o soluție alcalină.

Așa cum reiese din Fig. 18:

- pentru Ni/Al₂O₃ (Catalizator 1), intervalul optim de temperaturi pentru care rata de conversie a CO₂ atinge valoarea maximă (78%) este cuprins între [300,350] °C ;
- pentru Ni/hidrotalcit de Al (Catalizator 2), rata de conversie a CO₂ crește liniar cu temperatura, fiind superioară valorii de 90% pe tot intervalul de temperaturi luat în considerare.

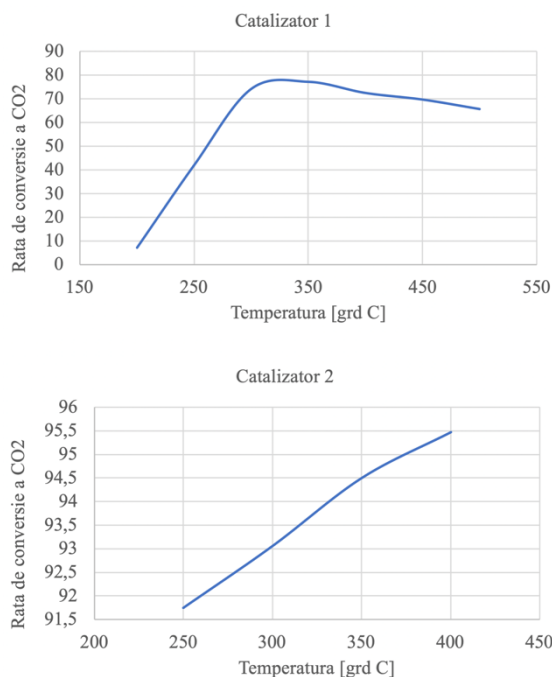


Fig. 18. Rezultate experimentale privind variația ratei de conversie a CO₂ cu temperatura

Se menționează faptul că ambele soluții studiate ating selectivitate 100% pentru formarea CH₄.

În concluzie, este necesar să se stabilească o soluție de compromis, accesibilă economic și capabilă să asigure valori ridicate ale ratei de conversie a CO₂ și selectivității în formarea CH₄, în condiții de presiune și temperatură care să implice consumuri energetice reduse.

Ca rezultat al cercetărilor teoretice și experimentale efectuate în cadrul acestei activități s-a obținut un model demonstrativ pentru evaluarea performanțelor a două tipuri de catalizatori în reacția (catalitică) de metanizare.

Pr. 3 – A2.10 Identificarea arhitecturilor posibile și compararea lor în funcție de decalaj temporal și capacitate de transmisie, precum și din punct de vedere al sustenabilității economice

Rezultatele asumate prin Agenda Comună a proiectului complex CDI și modul de diseminare a rezultatelor:

- Livrabil/indicator de rezultat: model funcțional /1.

Realizat: model funcțional /1 transmis între parteneri și preluat în lucrări (Innovative power management of hybrid energy storage systems coupled to RES plants: The Simultaneous Perturbation Stochastic Approximation approach, DOI: 10.1109/ISGTEurope.2019.8905775).

O microrețea poate avea diferite arhitecturi, în funcție de tensiune (tensiune continuă sau tensiune alternativă), precum și ca dimensiune: la nivel de rețea de joasă tensiune, fider de joasă tensiune sau o microrețea într-o casă inteligentă (fig. 19). Deoarece o microrețea este scalabilă, ea poate crește în dimensiune și să fie echipată cu cât mai multe capacități de echilibrare și să aibă caracteristici de control care să permită reducerea intermitențelor consumului sau surselor regenerabile. În fig. 19 sunt prezentate diferite arhitecturi.

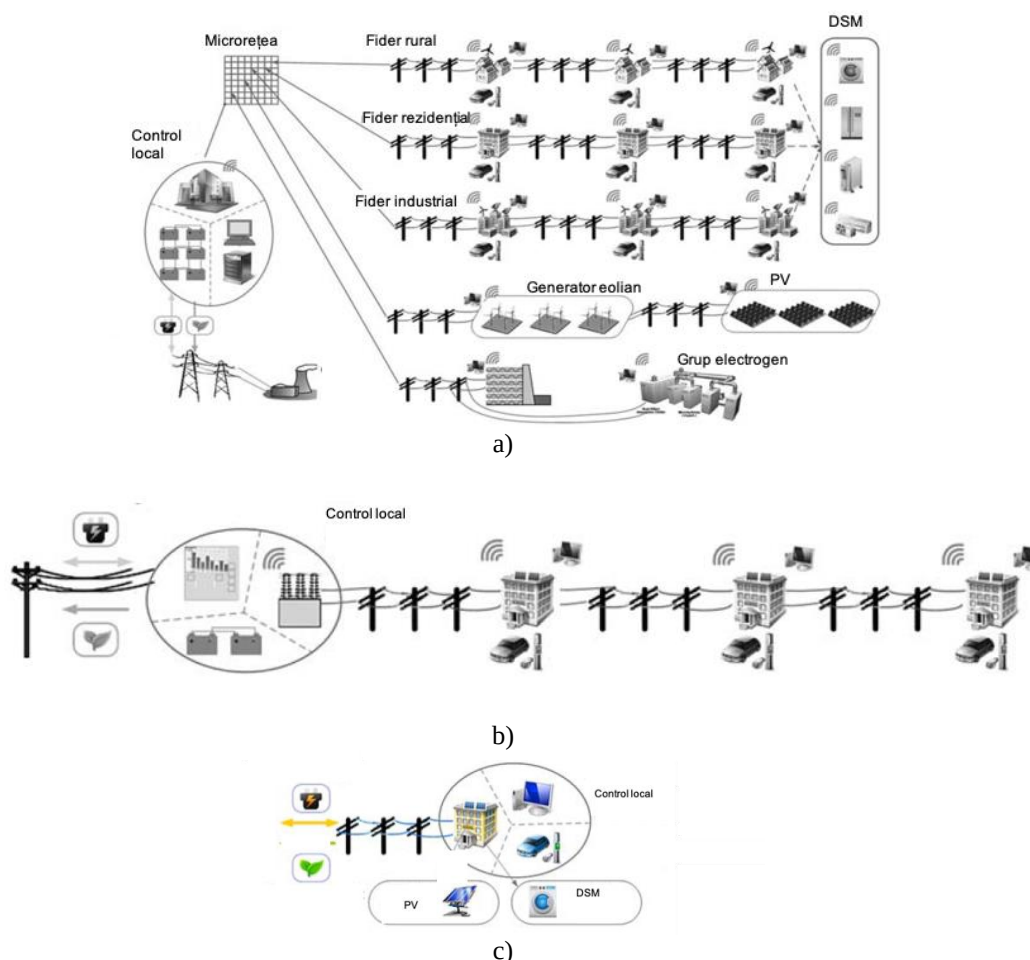


Fig. 19. a) Microrețea cu arhitectură de rețea de joasă tensiune; b) Microrețea cu arhitectură de fider de joasă tensiune; c) Microrețea cu arhitectură de casă inteligentă

În aceste microrețele, consumul net (consum minus producția din surse regenerabile) poate fi echilibrat prin intermediul rețelei amonte sau local cu ajutorul sistemelor de stocare. Sisteme de stocare permite echilibrarea pe termen scurt (milisecunde/minute) sau pe termen lung (orar sau zilnic) în funcție de capacitatea lor.

De asemenea, echilibrarea producției din surse regenerabile poate fi realizată ajustând consumul în funcție de:

1. Perioada de utilizare: prețurile energiei electrice la vârf sunt mult mai mari decât prețul energiei electrice în perioadele de gol sau weekend. Prin urmare, consumatorul este informat de prețul energiei electrice și își poate transla consumul pe perioada zilei.
2. Preț al dinamic energiei electrice: prețurile variază pentru a ilustra modificările din piață concurențială.

Arhitectura finală și schema de funcționare a unei microrețele depinde de obiectivele economice, tehnice și de mediu (fig. 20). În funcționarea economică, obiectivul este de a minimiza costurile totale indiferent de impactul asupra rețelei electrice amonte. Sursele distribuite funcționează fără a considera rețeaua amonte sau impactul asupra mediului, iar restricțiile sunt determinate de capacitatea surselor. Funcționarea tehnică optimizează funcționarea microrețelei (minimizează pierderile de putere, variațiile de tensiune etc), fără a lua în considerare costurile de producție. În cazul în care se ia în considerare impactul asupra mediului, funcționarea grupului electrogen este limitată.

Funcția obiectiv globală rezolvă o problemă multi-obiectiv, luând în considerare aspectele economice, tehnic și de mediu.

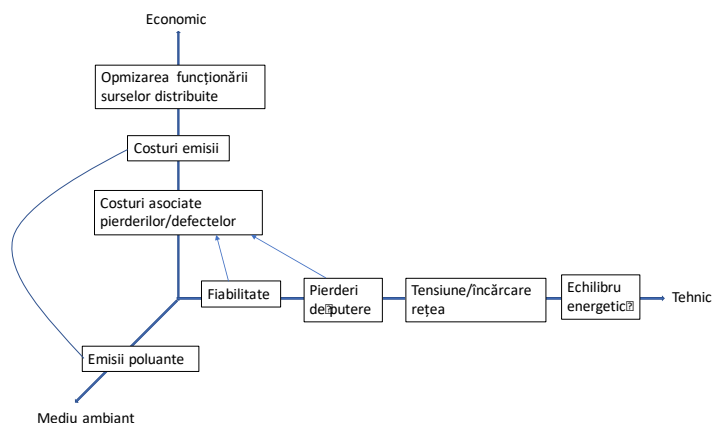


Fig. 20. Strategii de funcționare a instalației

Integrarea progresivă a producției de electricitate din surse regenerabile de energie (SRE) se reflectă puternic la nivel de sistem. Incertitudinea caracteristică SRE, repartitia geografică inegală și variabilitatea temporală evidențiază necesitatea proiectării și analizei unor soluții care să permită penetrarea SRE în sistemele energetice fără a afecta negativ parametrii de calitate a energiei. În cadrul acestei activități au fost dezvoltate modele matematice în vederea simulării comportamentului și interacțiunii dintre SRE / sisteme stocare / consumator / rețea, obținându-se un model funcțional care permite analiza performanțelor și beneficiilor integrării în sistemele energetice a unor configurații de tipul SRE / sistem de stocare. Studiile derulate au urmărit examinarea impactului integrării SRE la diferite nivele de tensiune și în diferite arhitecturi. În prima etapă s-a efectuat o analiză pe baza rezultatelor simulării comportării unui model de sistem electric care include un parc eolian reprezentând 34% din capacitatea instalată la diferite contingențe, în absența surselor adiționale de flexibilitate. În fig. 21 este prezentată evoluția tensiunii la deconectarea celei mai încărcate linii din rețeaua de transport, în condiții de funcționare la sarcină maximă a sistemului, în trei noduri reprezentative, respectiv la nodul de tensiune maximă, minimală (în regim normal de funcționare) și la nodul de conectare a parcului eolian la rețea. Se remarcă faptul că regimul tranzitoriu durează până la 5 secunde și valoarea tensiunii se stabilizează în afara benzii admisibile pentru nivelul de tensiune considerat. Pentru soluționarea acestei probleme, sunt propuse diverse arhitecturi care combină SRE cu sisteme de stocare, obținând netezirea profilului de producție intermitent specific SRE, îmbunătățind totodată performanțele sistemului prin creșterea flexibilității, rezilienței și fiabilității, echilibrând diferențele cauzate de decalajul temporal dintre producția SRE și consum. În plus, se urmărește satisfacerea consumului de energie la nivel local, reducând tranzitul de putere în rețeaua de transport și astfel pierderile de putere.

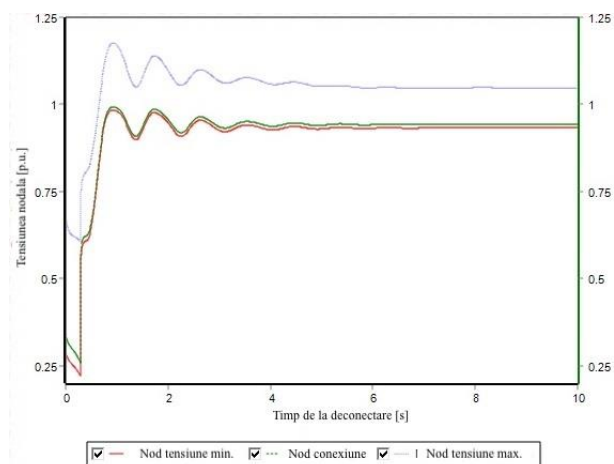


Fig. 21. Variația tensiunii la nodurile reprezentative în cazul deconectării celei mai încărcate linii din rețeaua de transport

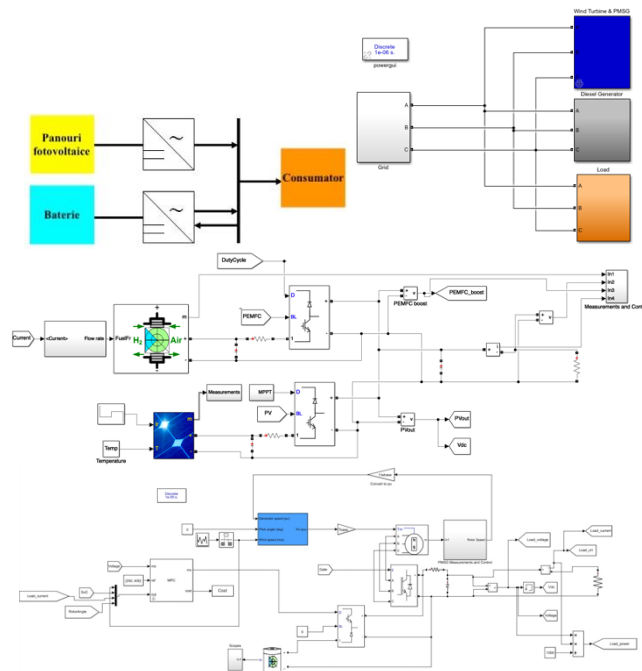


Fig. 22. Configurații analizate

În continuare, au fost studiate patru configurații propuse în vederea depășirii limitărilor actuale ale integrării SRE (enumerate mai jos și reprezentate în fig. 22).

- panouri fotovoltaice / baterie Li-ion;
- panouri fotovoltaice / pilă cu combustibil;
- turbină eoliană / baterie Li-ion;
- turbină eoliană / grup diesel;

Se remarcă faptul că dispozitivele cuplate cu SRE vizează orizonturi de timp diferite. Au fost definite strategii de control performante adaptate fiecărei configurații propuse și a fost investigat răspunsul lor în diferite scenarii reprezentative, selectate pe baza analizei statistice a unor curbe reale de producție / consum. În plus, au fost avute în vedere aspecte economice referitoare la exploatarea echipamentelor integrate (redate în fig. 23), în particular:

- variația procentului de încărcare a bateriei (diferite tehnologii) la modificarea bruscă a puterii impuse, cu impact asupra ciclului de viață al bateriei;
- variația consumului de combustibil a grupului diesel în funcție de puterea solicitată;
- evoluția puterii la bornele pilei cu combustibil pentru diferite strategii de control implementate, la variații treaptă ale consumului, care influențează negativ durata de viață a pilei.

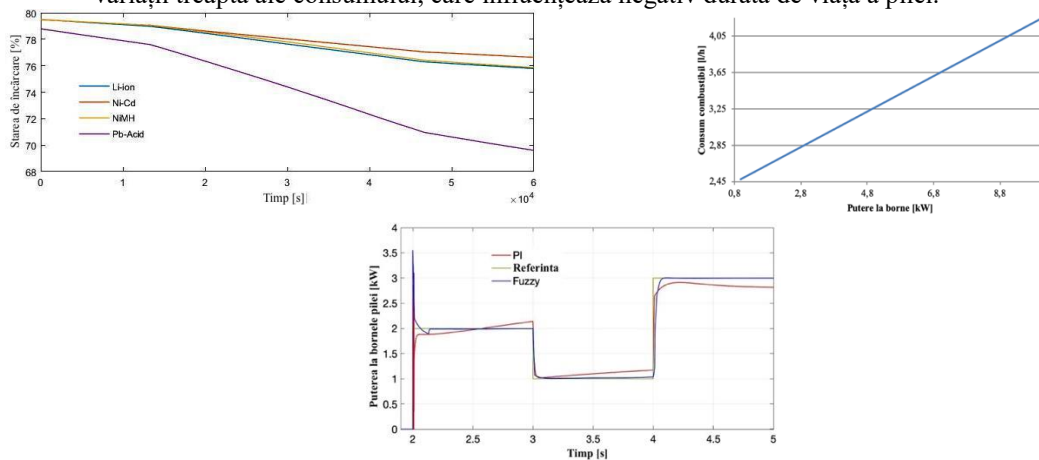


Fig. 23. Rezultatele simulării

În concluzie, modelul funcțional realizat în această activitate de cercetare permite analiza performanțelor în exploatare și a impactului integrării diferitelor configurații hibride SRE / sistem de stocare din punct de vedere tehnico-economic. Este pus în evidență că, prin capacitatea lor de a acumula energia în perioadele de exces de

producție, sistemele de stocare favorizează creșterea ponderii SRE în bilanțul energetic global prin reducerea necesității de decuplare de la rețea din motive de depășire a limitelor capacității de transport.

În perspectivă, se urmărește dezvoltarea modelului curent la stadiul reprezentat în fig. 24, prin includerea modelelor de electrolizor și decarbonator, având drept scop creșterea sustenabilității economice prin asigurarea unor surse alternative de energie (hidrogen produs prin electroliză, respectiv metan obținut prin metanizarea dioxidului de carbon din gazele de ardere evacuate de grupul diesel).

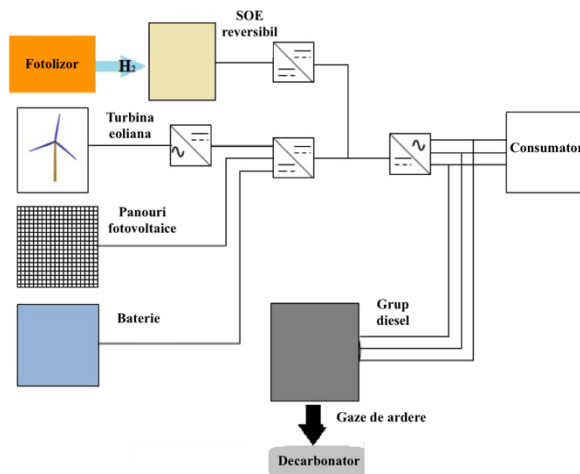


Fig. 24. Sistem integrat

Pr. 4 – A2.11 Elaborare model conceptual metanizator cu catalizator

Rezultatele asumate prin Agenda Comună a proiectului complex CDI și modul de diseminare a rezultatelor:

- Livrabil/indicator de rezultat: model conceptual/1;

Realizat: model conceptual /1 transmis între parteneri și preluat în lucrări (HOLISTICA IMPACTULUI SURSELOR REGENERABILE DE ENERGIE ASUPRA MEDIULUI ȘI CLIMEI Vol. 1 : Impactul soluțiilor de stocare asupra integrării surselor regenerabile în sistemele energetice, Modeling renewable energy share dynamics, Simulation of a small scale renewable energy system, etc.

Tehnologiile de conversie a electricității în agenți energetici gazoși (Power-to-Gas – P2G) care pot fi stocați pe termen lung joacă un rol esențial în dezvoltarea contemporană a sistemelor energetice cu amprentă redusă de carbon. P2G reprezintă o soluție viabilă pentru stocarea energiei regenerabile puternic variabile pe termen mediu și lung, asigurând astfel satisfacerea dezechilibrelor temporale dintre producția și cererea de energie în contextul actual incert. Principiul de bază al P2G este reprezentat în fig. 25 și constă în producerea unui gaz combustibil (care poate fi stocat sau injectat în rețeaua de distribuție) utilizând:

- energia regenerabilă pentru obținerea hidrogenului (H_2) prin electroliză;
- o sursă adițională de dioxid de carbon (CO_2) pentru producerea gazului natural sintetic (Synthetic Natural Gas – SNG), cu conținut important de metan (CH_4), în reacția de metanizare.

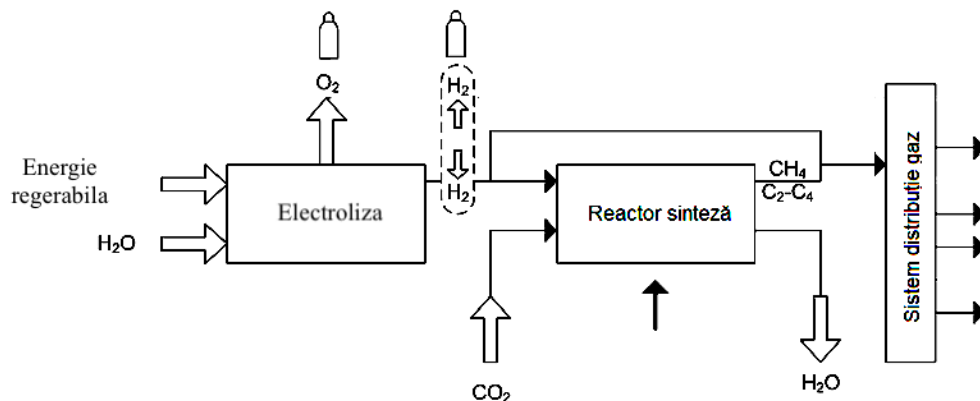


Fig. 25. Reprezentarea schematică a principiului tehnologiei P2G

Această activitate de cercetare își propune să analizeze una dintre cele două variante pentru obținerea SNG, respectiv calea termochimică (prin procedeul Sabatier, reprezentat în fig. 26), în vederea elaborării unui model conceptual de metanizator.

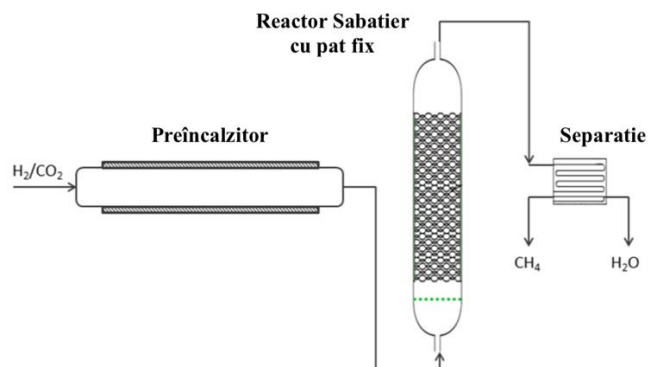
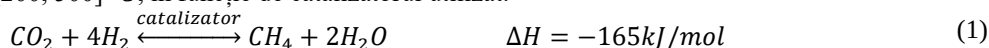


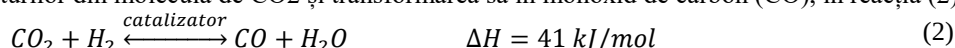
Fig. 26. Schema de principiu a procedeului Sabatier

Metanizarea termochimică a CO₂, conform ecuației (1), este o reacție exotermă catalitică ce are loc la temperaturi între [200, 500] °C, în funcție de catalizatorul utilizat.



Reacția utilă are loc în două etape:

- ruperea legăturilor din molecula de CO₂ și transformarea sa în monoxid de carbon (CO), în reacția (2):



- formarea metanului, conform reacției 3:



Pe lângă produșii de reacție utili, în amestecul rezultat se pot regăsi și alte hidrocarburi saturate (cum ar fi etanul – C₂H₆) sau chiar atomi de carbon:



În scopul investigării experimentale (la scară de laborator) a procesului de metanizare, a fost proiectat modelul conceptual de metanizator redat în fig. 27. Acesta va fi dezvoltat într-o activitate ulterioară în cadrul proiectului, în vederea determinării condițiilor de funcționare optime și a studiului catalizatorilor cu performanțe adecvate în reacția de metanizare.

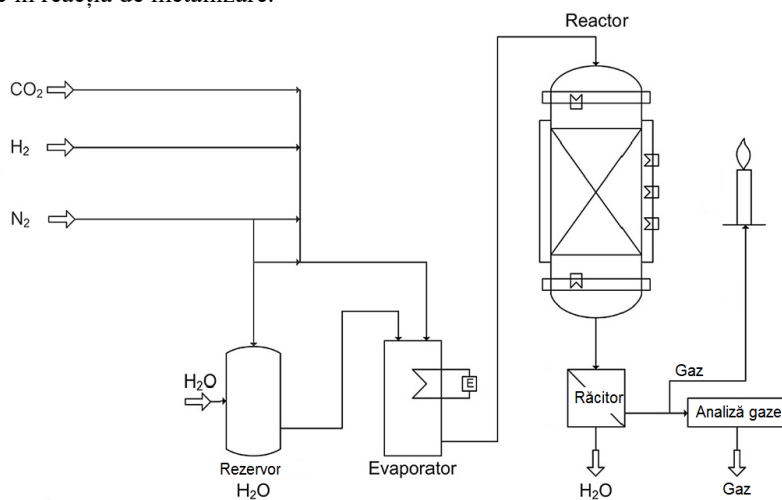


Fig. 27. Model conceptual metanizator.

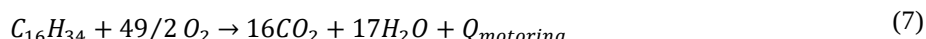
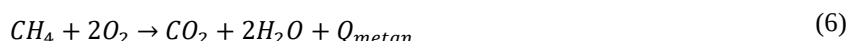
Pr. 4 – A2.12 Demonstrarea funcționalității model funcțional metanizator

Rezultatele asumate prin Agenda Comună a proiectului complex CDI și modul de diseminare a rezultatelor:

- Livrabil/indicator de rezultat: raport de testare/1;

Realizat: raport de testare/1 transmis între parteneri și preluat în lucrări (HOLISTICA IMPACTULUI SURSELOR REGENERABILE DE ENERGIE ASUPRA MEDIULUI ȘI CLIMEI Vol. 1 : Impactul soluțiilor de stocare asupra integrării surselor regenerabile în sistemele energetice, Modeling renewable energy share dynamics, Simulation of a small scale renewable energy system, etc.

În vederea demonstrării funcționalității modelului de metanizator proiectat în cadrul proiectului, acest raport prezintă rezultatele evaluării cantității de metan (CH_4) ce poate fi obținută prin metanizarea dioxidului de carbon (CO_2) din fluxul de gaze de ardere la evacuarea unui grup diesel. Trebuie precizat că grupul diesel este integrat în instalația dezvoltată în cadrul proiectului și îndeplinește funcția de UPS (Uninterruptible Power Supply), iar în continuare sunt luate în considerare două variante de combustibil de alimentare, respectiv motorină și CH_4 . Reacțiile de ardere corespunzătoare fiecăruia dintre aceștia respectă ecuațiile chimice (6) și (7).



Mai precis, grupul diesel are o putere nominală de 8.8 kW, reprezentând 29% din capacitatea instalată în sistemul care îl include și are un randament mediu de conversie a energiei termice în energie electrică de 38.5%. Puterea calorifică a celor două variante de combustibil luate în considerare înregistrează valorile medii $H_i^{\text{CH}_4} = 52.5 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$, respectiv $H_i^{\text{motorina}} = 44 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$. În condiții de funcționare la sarcină nominală, debitul masic de combustibil necesar rezultă $B_{\text{CH}_4} = 0.396 \text{ g/s}$ și $B_{\text{motorina}} = 0.472 \text{ g/s}$. Conform ecuațiilor de ardere stoechiometrică (6) și (7), emisiile de CO_2 și concentrația lor în fluxul de gaze de ardere sunt reprezentate în fig. 28.

Se remarcă faptul că, pentru un debit de combustibil cu 16.2% mai mic în cazul CH_4 , emisiile de CO_2 rezultante sunt reduse cu 26.7%. Debitul de H_2 necesar este diminuat în consecință cu 1.6 g/s. În ce privește concentrația emisiilor de CO_2 în debitul de gaze de ardere, acestea sunt reduse de la 565.9 g/m³N în cazul arderii motorinei, la 405.8 g/m³N dacă se folosește CH_4 , ceea ce reprezintă o scădere cu 28.3%.

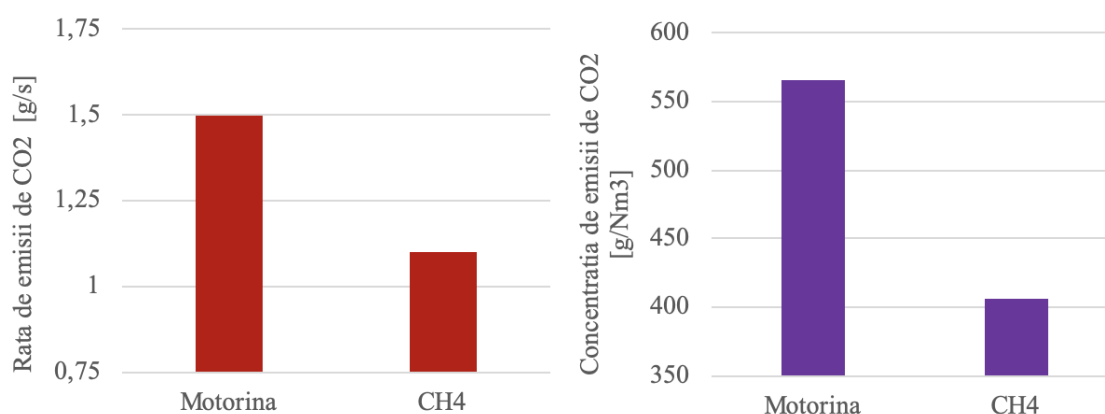


Fig. 28. Rata emisiilor de CO_2 și concentrația lor în fluxul de gaze de ardere.

În continuare sunt analizate performanțele celor doi catalizatori investigați în cadrul cercetărilor anterioare desfășurate în cadrul proiectului, respectiv Ni/ Al_2O_3 și Ni/hidrotalcit de Al. Se pot observa diferențe considerabile în ce privește nu doar eficiența în procesul de conversie a CO_2 , dar și condițiile termice în care are loc reacția, așa cum reiese din Tabelul 6. Se estimează deci că debitul de CH_4 necesar funcționării la sarcină nominală a grupului diesel poate fi acoperit în proporție de cel puțin 78% de CH_4 obținut în procesul de metanizare a gazelor de ardere evacuate.

Tabelul 6. Caracteristicile Catalizatorilor.

Catalizator	Temperatura [°C]	Presiunea [bar]	Rata de conversie a CO_2 [%]	Selectivitatea de formare a CH_4 [%]
23 wt% Ni/ Al_2O_3	300-350	1	78	100
Ni/Hidroalcit de Al	320-370	1	95	100

În plus, sunt discutate și avantajele integrării unei astfel de instalații în arhitecturi mai complexe care presupun o inclusiv abordări integrative sectoriale. Unul dintre avantajele stocării energiei sub formă de CH_4 (comparativ cu stocarea sub formă de hidrogen – H_2) este acela că nu există restricții cantitative (ci doar calitative) în ce privește CH_4 livrat în rețeaua de distribuție a gazelor. Dacă gazul natural sintetic obținut în procesul de

metanizare nu prezintă un conținut suficient de bogat de CH₄, atunci trebuie efectuată o purificare ulterioară pentru utilizarea în aplicații din domeniul energetic sau al transporturilor. Ca dezavantaj se remarcă investițiile mai ridicate în echipamente. Pentru proiectarea unei soluții avantajoase tehnico-economic trebuie puse în balanță posibilitățile curente sau fezabile într-un orizont apropiat de utilizare a CH₄ și H₂.

Decarbonatarea prin metanizare este realizabilă tehnic printr-o combinație de tehnologii (reactor de metanizare, electrolizor pentru producerea H₂, etc.). Ca urmare, producerea CH₄ în procese de decarbonare nu este, în prezent, competitivă economic cu tehnologia de producție convențională dacă se intenționează utilizare CO₂ atmosferic. O posibilă soluție mai accesibilă și implementabilă într-un timp mai scurt este prin „reutilizarea” CO₂ emis de instalații poluante. Acest concept se încadrează în domeniul tehnologiilor de captare și utilizare a carbonului, care poate anula emisiile de CO₂ generate în funcționarea diverselor instalații poluante (cum sunt centralele clasice). Prin urmare, este demonstrată conceptual și cantitativ funcționalitatea metanizatorului propus în cadrul activităților de cercetare desfășurate în cadrul proiectului.

Dacă motorul produce o putere de 8 kW, la un randament termic de 70%, va rezulta că prin combustie va trebui să producem o energie de 11,4285 kW = 9826.7411 kcal.

Pentru a produce o putere de 8 kW, la un randament total de 39%, va rezulta că prin combustie va trebui să producem o energie de 20,5128 kW = 17637,8332 kcal.

Puterea calorică a metanului (CH₄) este : 15,4 kWh/kg = 55,5 MJ/kg= 13241,619 kcal/kg= 13,241 kcal/g= 212 kcal/mol= 9463,68 kcal/m³

Puterea calorică a Motorinei este: 10 210 kcal/kg = 11,872 kWh/kg = 45,6 MJ/kg.

Pr. 4 – A2.13 Elaborare model conceptual de electrolizor pe baza de SOE

Rezultatele asumate prin Agenda Comună a proiectului complex CDI și modul de diseminare a rezultatelor:

- Livrabil/indicator de rezultat: model conceptual/1;

Realizat: model conceptual /1.

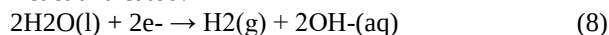
Cerințele conceptului modelului conceptual de electrolizor pe baza de SOE

- Obiectivul general al proiectului este de a dezvolta un concept de SOE - electrolizor alcalin pe bază de oxid solid pentru producția de hidrogen.
- Scopul este de a proiecta o unitate modulară (10 celule/modul) de electroliza cu eficiență ridicată și costuri reduse, pentru o capacitate de producție de hidrogen de 50 NL / h până la 100 NL / h la un consum de energie de aproximativ 500 watt (2,2 V / celulă @ 24A).
- S-a optat pentru un concept modular pentru a facilita producția, instalarea și întreținerea mai ușoare, precum și o adaptabilitate sporită.
- Dezvoltarea modului de celule trebuie realizată din materiale rezistente în mediul puternic coroziv alcalin.
- Alegerea electrozilor și a diafragmei de separare trebuie făcută în scopul unei eficiențe ridicate și a durabilității ridicate la costuri reduse.
- Materialele cu electrozi trebuie să aibă o bună rezistență la coroziune, conductibilitate ridicată și activitate catalitică ridicată pentru reacția de formare a hidrogenului (HER) și reacția de formare a oxigenului (OER).

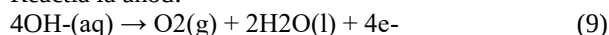
Componenta sistemului

O celulă de electroliză alcalină este formată din patru componente majore: electrolitul, care este de obicei hidroxid de potasiu (KOH) în concentrații mari (de obicei peste 25% în greutate), catodul, anodul și o membrana de separare (diafragmă). Membrana separă gazele produse pentru a evita recombinarea și contaminarea și, în plus, trebuie să fie permeabilă la ioni de hidroxid și apă. Hidrogenul se formează la catod, unde are loc descompunerea apei în prezenta electronilor furnizați de reacția chimică de la anod. Ioni de hidroxid formați la catod sunt descompusi la anod, unde degajarea oxigenului are loc odată cu formarea apei. Un desen schematic de bază al unui electrolizator alcalin împreună cu cele mai importante componente este prezentat în fig. 29. Reacțiile de bază ale descompunerii apei într-un electrolizator alcalin sunt date de ecuațiile (8) și (9).

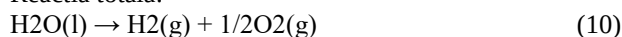
Reacția la catod:



Reacția la anod:



Reacția totală:



Materialul de electrod

În practică, o gamă largă de materiale metalice sunt utilizate ca electrozi. Fiecare metal are un nivel de activitate diferit; rezistență electrică și rezistență la coroziune. Aurul și platina sunt cunoscute a fi două dintre cele mai bune opțiuni pentru a fi folosiți ca electrozi. Cu toate acestea, prețurile ridicate limitează utilizarea lor în electrolizatoarele industriale și comerciale. Alumiul, nichelul Raney, nichelul și cobaltul sunt cele mai comune

materiale pentru electrozi pentru a fi utilizate în băile electrolitice alcaline. Această popularitate este rezultatul gamei de prețuri satisfăcătoare, a rezistenței la coroziune și a stabilității chimice.

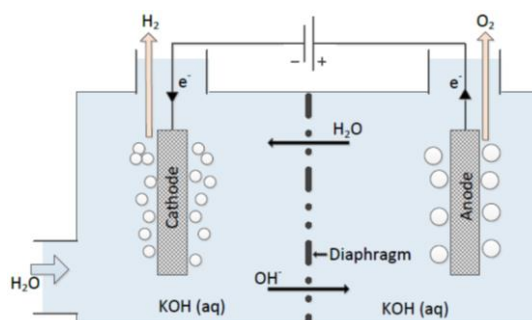


Fig. 29. Reprezentarea schematica a unui electrlizor alcalin. O₂ se degaja la anod eliberand electronii necesari descompunerii apei la catod. H₂ se degaja la catod

Oțelul și fierul sunt cele mai frecvent utilizate pentru electroliza apei. Acești electrozi sunt folosiți ca anod și sunt sacrificați în electroliză, deoarece anodul rugineste (se oxidează), în timp ce catodul se reduce. Multe exemple în literatura au fost date pentru utilizarea oțelului inoxidabil, alamei și aluminiului ca anodi, datorită proprietăților lor privind rezistența la coroziune. În consecință, procesul de electroliză a apei are nevoie de un material cu o bună conductivitate electrică și rezistență bună la coroziune. Totodată, considerând aspectele economice, varianta aleasă este utilizarea oțelului inoxidabil tip 316 pentru realizarea electrozilor.

Tabelul 7. Compozitia chimica a oțelului inox 316

%								
C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Ni	N
0.08	2	0.75	0.045	0.03	17	3	13	0.1

Diafragma de separare

O membrană sau o diafragmă de separare este un material microporos cu pori medii mai mici de un micron. Materialul de diafragmă ar trebui să aibă următoarele proprietăți: i. conductivitate electrică scăzută, ii. bună stabilitate chimică și fizică, iii. rezistență ridicată la difuzia electroliților între compartimente, cu excepția transportului ionului de transport dorit și iv. cost scăzut. Rapoartele științifice indică înlocuirea completă a azbestului din sistemele de electroliză cu separatoare microporoase bazate pe PTFE (Teflon). De asemenea, o altă membrană utilizată în sisteme electrichimice este cea cu schimb de cationi de tip perfluorosulfonic numită Nafion. Pentru aplicații în electroliză, a mai fost raportată dezvoltarea unor diafragme stabile chimic și rezistente fizic, dar relativ scumpe, cu rezistență electrică specifică scăzută la suprafață, pentru electroliza apei alcaline, destinată să funcționeze la temperaturi în jurul și peste 120 °C la densități de curent crescute și totuși la tensiune celulară redusă. Aceste diafragme sunt realizate dintr-un ciment poros produs din particule ceramice (titanati și zirconati) și NiO prin sinterizare reductivă. Alegerea materialului de separare pentru modelul conceptual presupune utilizarea unei membrane ieftine, ușor de procurat, care să permită o separare eficientă a gazelor produse la electrozi și totodată conductivitatea optimă a ionilor hidroxil de la anod la catod. Totodată, se dorește ca diafragma să fie stabilă pe o plajă de temperaturi între 20°C și 80°C. În acest sens, varianta aleasă pentru modelul conceptual este o diafragmă tip SOE - pe baza de polipropilena și SiO₂ având denumirea comercială ENTEK LR, care este utilizată în mod curent în producția bateriilor de nouă generație cu Pb.

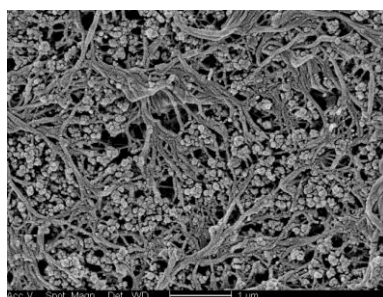


Fig. 30. Micrografie a materialului de diafragmă de tip ENTEK LR

În cele ce urmează se prezintă o imagine de ansamblu a materialului de diafragmă de tip ENTEK LR (fig. 30, furnizată de producător). Micrografia arată un prim-plan al aceleiași diafragme în care particulele anorganice de SiO_2 pot fi văzute ca particule albe, iar șirurile cenușii sunt un material polimeric. Polimerul hidrofob funcționează ca o matrice care fixează particulele anorganice hidrofile. Cantitatea de polimer de pe suprafață și dimensiunea porilor are o influență mare asupra proprietăților diafragmei compozite. Porii mici conferă o forță capilară mai mare, prin urmare, este necesară o presiune mai mare în diafragmă pentru a permite electrolitului să traverseze dintr-o cameră în alta. Acest aspect îi conferă capacitățile sale sporite de separare a gazelor.

Analiza preliminară

Modelul conceptual constă într-un electrolizor format din $n_c = 10$ celule, alimentat cu ajutorul unei surse de energie electrică (0,5 kW / 22-24 Vcc / 24A). O zonă specifică activă de 80 cm² este considerată pentru fiecare celulă (anod și catod). Se consideră o densitate de curent de lucru de 100mA/cm² până la 400mA/cm². Electrolitul utilizat este soluție de KOH de concentrație de până la 30%.

Calculul producției teoretice de hidrogen (pentru eficiența faradaică $\eta_F = 1$):

$$q_{H_2} (\text{mol s}^{-1}) = 0.15 \text{ mol/h} = 3.36 \text{ NL/h @ } 100\text{mA/cm}^2$$

$$q_{H_2} (\text{mol s}^{-1}) = 0.30 \text{ mol/h} = 6.72 \text{ NL/h @ } 200\text{mA/cm}^2$$

$$q_{H_2} (\text{mol s}^{-1}) = 0.45 \text{ mol/h} = 10.8 \text{ NL/h @ } 300\text{mA/cm}^2$$

$$q_{H_2} (\text{mol s}^{-1}) = 0.60 \text{ mol/h} = 13.44 \text{ NL/h @ } 400\text{mA/cm}^2$$

Evaluarea producției de hidrogen în cazul practic (pentru eficiența faradaică $\eta_F = 0.8$):

$$q_{H_2} (\text{mol s}^{-1}) = 0.12 \text{ mol/h} = 2.69 \text{ NL/h @ } 100\text{mA/cm}^2$$

$$q_{H_2} (\text{mol s}^{-1}) = 0.24 \text{ mol/h} = 5.38 \text{ NL/h @ } 200\text{mA/cm}^2$$

$$q_{H_2} (\text{mol s}^{-1}) = 0.36 \text{ mol/h} = 8.64 \text{ NL/h @ } 300\text{mA/cm}^2$$

$$q_{H_2} (\text{mol s}^{-1}) = 0.48 \text{ mol/h} = 10.75 \text{ NL/h @ } 400\text{mA/cm}^2$$

Analiza s-a concentrat în mod specific pe utilizarea componentelor standard pentru a controla costurile generale ale sistemului. După analiza preliminară au fost determinate următoarele specificații tehnice:

- Nr de celule în modul: 10 celule în pachet
- Dimensiunile de electrod: 10 cm x 10 cm (din care 80 cm² zona activă)
- Materialul de electrod: SS 316
- Materialul de separare (diafragmă): ENTEK LR
- Puterea max: 500W
- Producția maximă de hidrogen: 10.75 NL/h @ 400mA/cm²
- Tensiunea admisibilă a modului: < 24 V (max. 2.4V/celula)
- Curentul admisibil: < 32 A
- Presiunea de lucru: 1 bar
- Temperatura de lucru: 20°C - 80°C
- Eficiența sistemului: 80%
- Gabaritul: 120x120x300mm

Proiectarea modelului conceptual a modului de electroliza



Fig. 31. Ansamblu electrozi – diafragma (vedere explodată)

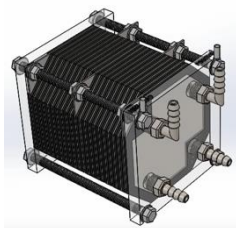
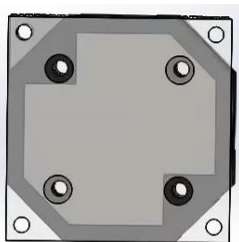


Fig. 32. Modul de electroliza cu 10 celule în pachet (vedere față și lateral)

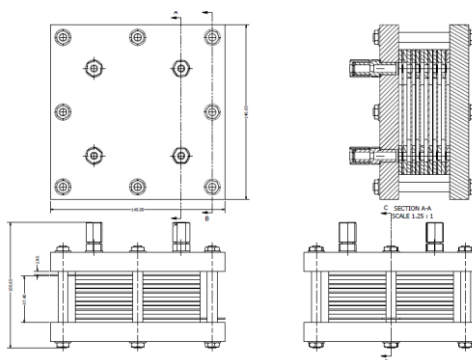


Fig. 33. Electrolizor pe baza de SOE – desen de execuție

- Modelul conceptual propus are următoarele specificații tehnice:
 - ✓ Nr de celule în modul: 10 celule în pachet
 - ✓ Dimensiunile de electrod: 10 cm x 10 cm (din care 80 cm² zona activă)
 - ✓ Materialul de electrod: SS 316
 - ✓ Materialul de separare (diafragma): ENTEK LR
 - ✓ Puterea max: 500W
 - ✓ Productia maxima de hidrogen: 10.75 NL/h @ 400mA/cm²
 - ✓ Tensiunea admisibilă a modului: < 24 V (max. 2.4V/celula)
 - ✓ Curentul admisibil: < 32 A
 - ✓ Presiunea de lucru: 1 bar
 - ✓ Temperatura de lucru: 20°C - 80°C
 - ✓ Eficiența sistemului: 80%
 - ✓ Gabaritul: 120x120x300mm

Pr. 4 – A2.14 Demonstrarea funcționalității unui model funcțional de electrolizor pe baza de SOE

Rezultatele asumate prin Agenda Comună a proiectului complex CDI și modul de diseminare a rezultatelor:

- Livrabil/indicator de rezultat: raport de testare/1;

Realizat: raport de testare /1.

Tensiunea Ucell care trebuie aplicată unei celule pentru a produce hidrogen și oxigen cu o rată dată, depinde de temperatura de operare presiune, precum și de o serie de alți factori, cum ar fi materialul electro-catalizator și microstructura electrodului, adică este necesară o suprafață specifică ridicată. În plus, alegerea corectă a concentrației electrolitului pentru o temperatură specifică și circulația corespunzătoare a electrolitului sunt factori importanți care trebuie luați în considerare.

Pierderile de potențial care apar în timpul procesului de electroliză (diferența dintre potențialul aplicat și tensiunea reversibilă a celulei) determină o cădere de tensiune care este definită drept polarizare. De asemenea, polarizarea poate fi separată în supratensiunea catodică, η_{H_2} , pentru reacția de evoluție a hidrogenului, HER, supratensiunea anodică, η_{O_2} , pentru reacția de evoluție a oxigenului, OER și pierderile ohmice în electrolit. Pierderile ohmice la electrozi sunt de obicei relativ mici în comparație cu HER, OER și pierderile ohmice în electrolit. Pierderile ohmice sunt relativ mici la densități mici de curent, dar devin semnificative la densitățile de curent relevante la nivel industrial (200 mAcm⁻² sau mai mult). Formarea de bule afectează și polarizarea celulei, în special la densități mai mari de curent, datorită formării de bule, care blochează parțial transportul de ioni. Deoarece electroliza este o reacție endotermică, o parte din pierderile electrice care se transformă în căldură sunt de fapt utilizabile în interiorul celulei.

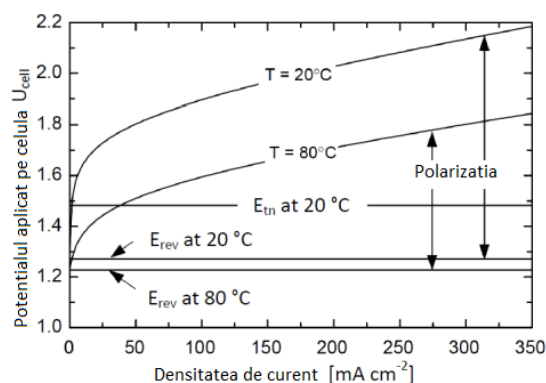
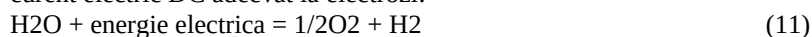


Fig. 34. Polarizarea unei cellule de electroliza ca o funcție de temperatură și densitate de curent la temperaturile 20°C și 80°C

Următoarea reacție electrochimică privind divizarea apei în hidrogen și oxigen are loc atunci când se aplică un curent electric DC adecvat la electrozi:



Ecuatia 11 este endotermă și variațiile generale ale entalpiei ΔH și a entropiei $T\Delta S$ pot fi calculate luând în considerare atât diferențele dintre produse (H_2 și O_2) cât și reactanții (H_2O). Variația entalpiei și entropiei este legată de variația energiei Gibbs ΔG prin următoarea relație:

$$\Delta H = \Delta G + T\Delta S \quad (12)$$

Variația energiei Gibbs ΔG reprezintă lucrarea reversibilă minimă necesară pentru descompunerea apei, în timp ce schimbarea totală a entalpiei ΔH este cantitatea de energie necesară în electroliza apei. Diferența dintre ΔH și ΔG este furnizată sub formă de căldură ($T\Delta S$).

La temperatură și presiune standard (respectiv, 298 K și 105 Nm⁻²), variația entalpiei standard ΔH° și energiei Gibbs ΔG° pot fi evaluate fata de hidrogen pur (H_2), oxigen (O_2) și apă (H_2O), presupunând că hidrogenul și oxigenul se comporta ca gaze ideale și apa se comporta ca un fluid incompresibil: $\Delta H^\circ = 286 \text{ kJ mol}^{-1}$; $\Delta G^\circ = 237 \text{ kJ mol}^{-1}$. ΔH° și ΔG° sunt, de asemenea, referite ca valoarea superioară a energiei de încălzire (HHV) și respective valoarea inferioară a energiei de încălzire (LHV) pentru hidrogen.

Mai mult, legea Faraday permite corelarea energiei electrice necesare pentru descompunerea apei la rata de conversie chimică în cantități molare, iar apoi potențialul reversibil U_{rev}^0 pentru a efectua electroliza apei este dat de ecuația:

$$U_{rev}^0 = \frac{\Delta G^0}{n \cdot F} = \frac{237000}{2 \cdot 96485} = 1.23 \text{ V} \quad (13)$$

unde n este numărul de sarcini transferate pe moleculă de hidrogen ($n = 2$) și F este constanta lui Faraday (96 485 C mol⁻¹). În schimb, potențialul termoneutral U_{tm}^0 este corelat cu modificarea generală a entalpiei ΔH prin ecuația:

$$U_{tm}^0 = \frac{\Delta H^0}{n \cdot F} = \frac{286000}{2 \cdot 96485} = 1.48 \text{ V} \quad (14)$$

Potențialul termoneutral U_{tm}^0 descrie potențialul la care procesul din celula de electroliză nu este nici endotermic, nici exotermic; pierderile electrice sunt egale cu căldura necesară procesului de electroliză endotermă și descrie necesarul total de energie pentru reacție.

Potențialul termoneutral U_{tm}^0 la temperatură și presiune standard (STP, 25°C; 101.325 kPa) este de 1.481 V pentru $\Delta H_f^\circ = -285.840 \text{ kJ mol}^{-1}$. Entalpia pentru divizarea apei poate fi calculată folosind entalpiile din tabelele de abur la temperaturi peste 25°C. U_{tm} în funcție de temperatură poate fi calculat, de asemenea, prin ecuația empirică 5, valabilă pentru apă în domeniul de temperatură 25°C - 100°C, iar temperatura este în [°C]:

$$U_{tm, 25-100^\circ\text{C}} [\text{V}] = 1.485 - 1.49 \cdot 10^{-4} t - 9.84 \cdot 10^{-8} t^2 \quad (15)$$

O creștere a temperaturii produce o ușoară scădere a potențialului reversibil U_{rev} ($U_{rev}(80^\circ\text{C}, 100\text{kPa}) = 1.184 \text{ V}$), în timp ce potențialul termoneutral U_{tm} poate fi considerat constant sau exprimat ca o funcție a temperaturii cu deviație relativă mai mică de 2% pentru o temperatură de până la 80°C ($U_{tm}(80^\circ\text{C}, 100\text{kPa}) = 1.473 \text{ V}$); creșterea presiunii produce o ușoară creștere a ($U_{rev}(25^\circ\text{C}, 3\text{Mpa}) = 1.1295 \text{ V}$), în timp ce U_{tm} rămâne constant.

Influența temperaturii asupra entalpiei aburului la presiunea atmosferică poate fi calculată folosind ecuația empirică 16 de la aceiași autori, $H_{f, \text{H}_2\text{O}(g)}^\circ (-241.827 \text{ kJ mol}^{-1})$ fiind entalpia de formare a aburului la STP.

$$\Delta H_f - \Delta H_{f, \text{H}_2\text{O}(g)}^\circ [\text{J mol}^{-1}] = 730.68 - 28.752 t - 0.01898 t^2 \quad (16)$$

Conform legii lui Faraday, rata producției de hidrogen într-un electrolizator este direct proporțională cu rata transferului electronilor la electrozi, care la rândul său este echivalenta cu curentul electric din circuitul extern.

Rata totală a producției de hidrogen q_{H_2} (mol s^{-1}) în electrolizorul format cu n_c celule conectate în serie poate fi calculată prin:

$$q_{H_2} = \eta_F \cdot \frac{n_c \cdot I}{z \cdot F} \quad (17)$$

unde: z este numărul de sarcini transferate pe moleculă de hidrogen ($z = 2$); F constanta Faraday ($96\,485 \text{ C mol}^{-1}$); η_F este eficiența Faradică a electrolizatorului

Pe de altă parte, puterea Pr (W) necesară electrolizatorului pentru funcționarea sa este data de relația:

$$Pr = U_c \cdot n_c \cdot I = U \cdot I \quad (18)$$

unde U este tensiunea furnizată electrolizorului. Prin urmare, rata totală de producție de hidrogen Q_{H_2} ($\text{Nm}^3 \text{ h}^{-1}$) în electrolizorul format cu N_c celule conectate în serie și o eficiență Faradică η_F , poate fi calculată luând în considerare un volum molar ideal de gaz de $22,414 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$ la temperatura standard de 273 K și presiunea de 105 N m^{-2} :

$$Q_{H_2} = 80.69 \cdot \eta_F \cdot \frac{N_c \cdot I_{el}}{n \cdot F} = 80.69 \cdot \eta_F \cdot \frac{N_c \cdot P_r}{U \cdot n \cdot F} \quad (19)$$

Eficiența Faradică este o modalitate de evaluare a sistemului de electroliză și este definită ca raportul dintre cantitatea maximă efectivă și cea teoretică de hidrogen produsă în electrolizor. Este adesea denumită eficiență curentă, deoarece este legată de pierderile de curent parazitare de-a lungul conductelor de gaz. Eficiențele Faradice inferioare sunt cauzate de o creștere a temperaturii care produce mai puțină rezistență și mai multe pierderi parazitare. Eficiența Faradica poate fi calculată din ecuația:

$$\eta_F = \frac{U \cdot z \cdot F \cdot Q_{H_2}}{80.69 \cdot n_c \cdot P_r} \quad (20)$$

Un mod frecvent de exprimare a sistemului de electroliză este eficiența energetică sau eficiența termică η_T evaluată ca:

$$\eta_T = \frac{\Delta H^0}{\Delta H} \quad (21)$$

Aceasta este definită ca raportul dintre modificarea entalpiei corespunzătoare potențialului termoneutru U_{tn}^0 și cel corespunzător potențialului real U_c . Cu alte cuvinte, η_T este evaluată prin raportul dintre consumul de energie specific, în raport cu HHV, și consumul de energie specific (MJ Nm^{-3}). De aceea, pentru $\eta_T = 1$, electrolizorul ar consuma $10,58 \text{ MJ}$ pentru fiecare Nm^{-3} de hidrogen produs.

Eficiența unui electrolizator alcalin este de o importanță ridicată pentru analiza economică a unui sistem de stocare a energiei bazat pe hidrogen. Eficiența electrică în raport cu valoarea de încălzire mai mare (HHV) a unei celule de electroliză, η_{elHHV} , poate fi calculată prin ecuația 12. Aceasta este 100% dacă $U_{Cell} = U_{tn}$. Dacă tensiunea celulei este sub U_{tn} , procesul este endoterm, iar eficiența electrică este peste 100%. Pentru tensiunea celulară mai mare decât U_{tn} , procesul este exotermic, iar eficiența este sub 100%.

$$\eta_{elHHV} = \frac{E_{tn,0}}{U_{Cell}} = \frac{1.481 \text{ V}}{U_{Cell}} \quad (22)$$

Eficiența η_{elLHV} a unei celule de electroliză în raport cu valoarea inferioară de încălzire, LHV ($241.827 \text{ kJ mol}^{-1}$ la STP), poate fi calculată prin ecuația 13:

$$\eta_{elLHV} = \frac{LHV n^{-1} F^{-1}}{U_{Cell}} \quad (23)$$

Realizarea modelului functional de electrolizor pe baza de SOE

Un model functional pe baza de SOE a fost realizat. Specificatiile tehnice ale acestuia sunt urmatoarele:

- Nr de celule in modul: 5 celule conectate in serie, cu electrozi bipolari
- Dimensiunile de electrod: $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ (din care 50 cm^2 zona activa)
- Materialul de electrod: SS 316
- Materialul de separare (diafragma): ENTEK LR
- Electrolit: KOH (max 30%)
- Puterea max: 250W
- Productia maxima de hidrogen: 5 NL/h
- Tensiunea admisibila a modului: $< 12 \text{ V}$ (max. 2.4 V/celula)
- Curentul admisibil: $< 32 \text{ A}$
- Presiunea de lucru: 1 bar
- Temperatura de lucru: 20°C
- Eficienta sistemului: 80%

- Gabaritul: 120x120x150mm

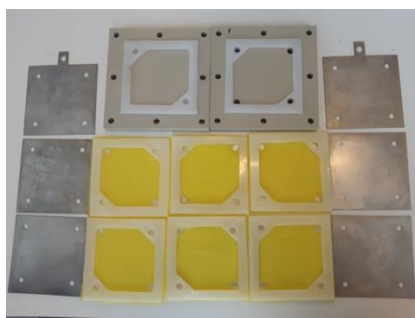


Fig. 35. Imagine cu partile componente ale electrolizorului pe baza de SOE

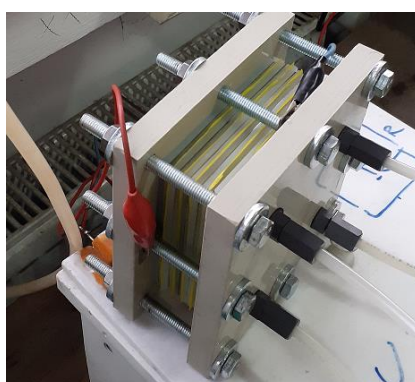


Fig. 36. Imagine a modulului de electrolizor ansamblat cu 5 celule pe baza de SOE, conectate in serie, cu electrozi bipolari

Demonstrarea functionalitatii modulului de electrolizor pe baza de SOE

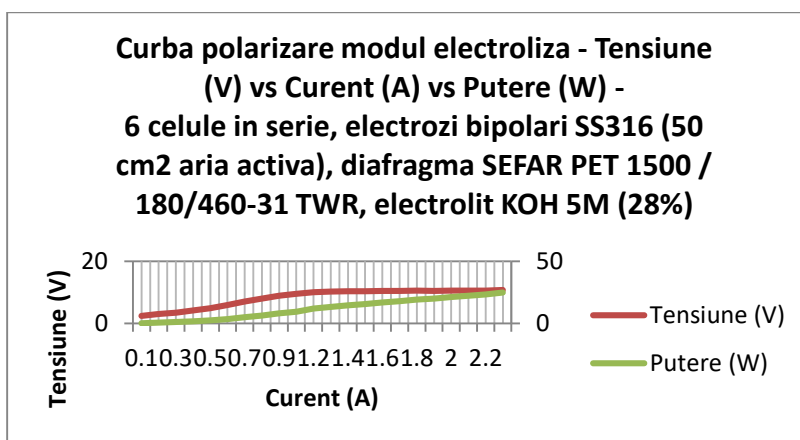
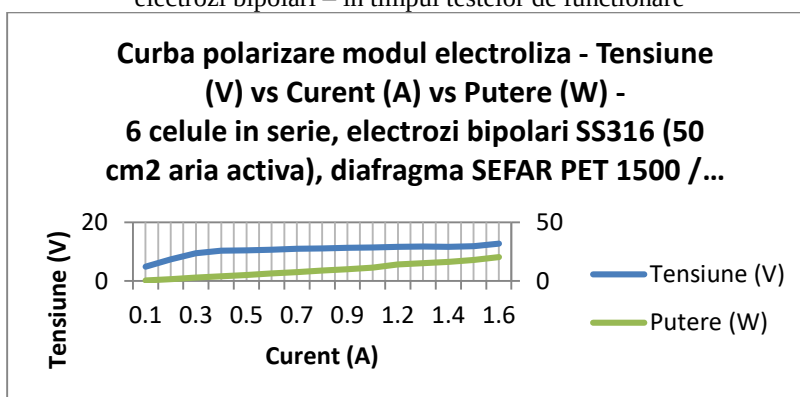
Demonstrarea functionalitatii a fost realizata prin inregistrarea curbei de polarizare a sistemului la doua concentratii de electrolit KOH (1M / 5% si 5M/25%), crescand succesiv current aplicat pe electrozi si inregistrand potentialul electric al modulului. Astfel, inregistrările s-au efectuat in domeniul 0,1A – 3A, reprezentand densitati de current cuprinse intre 2mA/cm² si 60 mA/cm². Datele inregistrate au fost urmatoarele:

Polarizare modul electroliza - Tensiune (V) vs Curent (A) vs Putere (W) - 6 celule in serie, electrozi bipolari SS316 (50 cm2 aria activa), diafragma SEFAR PET 1500 / 180/460-31 TWR, electrolit KOH 1M (5,6%) / KOH 5M (28%)											
KOH 1M (5%)						KOH 5M (25%)					
Curent (A)	Tensiune (V)	Putere (W)	Tensiunea pe celula (V)	Rezistenta el in celula (ohm)	Densitatea de curent (mA/cm2)	Curent (A)	Tensiune (V)	Putere (W)	Tensiunea pe celula (V)	Rezistenta el in celula (ohm)	Densitatea de curent (mA/cm2)
0.1	4.9	0.49	0.98	9.8	0.4	0.1	2.4	0.24	0.48	4.8	0.4
0.2	7.4	1.48	1.48	7.4	0.8	0.2	3	0.6	0.6	3	0.8
0.3	9.5	2.85	1.9	6.33	1.2	0.3	3.5	1.05	0.7	2.33	1.2
0.4	10.3	4.12	2.06	5.15	1.6	0.4	4.2	1.68	0.84	2.1	1.6
0.5	10.5	5.25	2.1	4.2	2	0.5	4.9	2.45	0.98	1.96	2
0.6	10.7	6.42	2.14	3.57	2.4	0.6	5.9	3.54	1.18	1.97	2.4
0.7	11	7.7	2.2	3.14	2.8	0.7	7.1	4.97	1.42	2.03	2.8
0.8	11.1	8.88	2.22	2.78	3.2	0.8	8	6.4	1.6	2	3.2
0.9	11.3	10.17	2.26	2.51	3.6	0.9	8.9	8.01	1.78	1.98	3.6
1	11.4	11.4	2.28	2.28	4	1	9.5	9.5	1.9	1.9	4
1.2	11.7	14.04	2.34	1.95	4.8	1.2	10.1	12.12	2.02	1.68	4.8

1.3	11.8	15.34	2.36	1.82	5.2	1.3	10.3	13.39	2.06	1.58	5.2
1.4	11.7	16.38	2.34	1.67	5.6	1.4	10.4	14.56	2.08	1.49	5.6
1.5	11.9	17.85	2.38	1.59	6	1.5	10.4	15.6	2.08	1.39	6
1.6	12.7	20.32	2.54	1.59	6.4	1.6	10.5	16.8	2.1	1.31	6.4
						1.7	10.5	17.85	2.1	1.24	6.8
						1.8	10.6	19.08	2.12	1.18	7.2
						1.9	10.5	19.95	2.1	1.11	7.6
						2	10.6	21.2	2.12	1.06	8
						2.1	10.6	22.26	2.12	1.01	8.4
						2.2	10.6	23.32	2.12	0.96	8.8
						2.3	10.8	24.84	2.16	0.94	9.2



Fig. 37. Imagine a modulului de electrolizor ansamblat cu 5 celule pe baza de SOE, conectate in serie, cu electrozi bipolari – in timpul testelor de functionare



Productia de hidrogen inregistrata @ 1,5A (30mA/cm²):

Electrolit: KOH

Concentratie electrolit : 5M

Curentul: 1,5 A (6mA/cm²)
 Aria totala activa: 5 x 50 cm²
 Potentialul electric la bornele modului: 9.9 V
 Productia de hidrogen = 2 052 cm³/h (0,25 x 10⁻⁴ mol/s)

Calculul eficientei modului de electroliza:

Eficiența electrică (vs HHV) = 74,79%, s-a calculat din relatia:

$$\eta_{elHHV} = \frac{E_{tn,0}}{U_{Cell}} = \frac{1.481 V}{U_{Cell}}$$

unde: η_{elHHV} este eficienta electrica vs HHV; 1,481V este potentialul termoneutru U_{tn}^0 si U_{cell} este tensiunea pe celula (1,98V) la curentul aplicat de 1,5A.

Eficiența electrică (vs LHV) = 48,73%, s-a calculat din relatia:

$$\eta_{elLHV} = \frac{LHV n^{-1} F^{-1}}{U_{Cell}}$$

unde: η_{elLHV} este eficienta electrica vs LHV; n este numarul de celule 5 celule); F este constanta Faraday (96500C) si U_{cell} este tensiunea pe celula (1,98V) la curentul aplicat de 1,5A.

Eficiența Faradică = 48,73%, s-a calculat din relatia:

$$q_{H_2} = \eta_F \cdot \frac{n_c \cdot I}{z \cdot F}$$

unde: q_{H_2} (mol s⁻¹) este productia de hidrogen; unde: z este numărul de sarcini transferate pe moleculă de hidrogen (z = 2); F constanta Faraday (96 485 C mol⁻¹); η_F este eficiența Faradică a electrolizatorului

- A fost realizat un model functional de electrolizor pe baza de SOE. Specificatiile tehnice ale acestuia sunt urmatoarele:
 - Nr de celule in modul: 5 celule conectate in serie, cu electrozi bipolari
 - Dimensiunile de electrod: 10 cm x 10 cm (din care 50 cm² zona activa)
 - Materialul de electrod: SS 316
 - Materialul de separare (diafragma): ENTEK LR
 - Electrolit: KOH (max 30%)
 - Puterea max: 250W
 - Productia maxima de hidrogen: 5 NL/h
 - Tensiunea admisibila a modului: < 12 V (max. 2.4V/celula)
 - Curentul admisibil: < 32 A
 - Presiunea de lucru: 1 bar
 - Temperatura de lucru: 20°C
 - Eficienta sistemului: 80%
 - Gabaritul: 120x120x150mm
 - Demonstrarea functionalitatii modelului a fost efectuata. Modelul functional produce 2L/h hidrogen la 1.5A, prezentand o eficienta electrica vs HHV de 74.79%.

Pr. 5 – A2.15 Proiectarea arhitecturii instalației pilot

Rezultatele asumate prin Agenda Comună a proiectului complex CDI și modul de diseminare a rezultatelor:

- Livrabil/indicator de rezultat: model funcțional/1;

Realizat: model funcțional /1.

Ținta pentru un sistem energetic bidirecțional care este robust, sigur, eficient, fiabil, echilibrat, flexibil și care utilizează surse regenerabile de energie și sisteme de stocare a determinat realizarea instalației din fig. 38. Rețeaua prezentată este un sistem inteligent, eficient și dinamic cu posibilități nelimitate și cu provocări tehnologice dificile.

Cu alte cuvinte, rețeaua este o rețea electrică care poate integra eficient din punct de vedere energetic și informațional acțiunile tuturor utilizatorilor racordați la aceasta pentru a asigura eficiența economică a sistemului electroenergetic cu pierderi reduse și siguranță, fără a face compromisuri în ceea ce privește costurile și calitatea energiei electrice. Rețelele inteligente permit gestionarea unui număr mare de consumatori, producători și unități

de stocare a energiei electrice printr-un management eficient al consumului, producției, stocării și a rețelei precum și o eficiență energetică crescută.

Instalația este localizată în Constanța, la Baza Marină Constanța. Instalația este realizată să funcționeze atât conectată la rețea cât și deconectată de la rețea, aceasta alimentând necesarul de consum din Baza Marină Constanța.

Modulul 1 este compus din:

- Turbină eoliană de 1,5 kW cu două pale;
- Invertor trifazat de 5 kW sincronizat la rețea;
- Interfață invertor pentru rețea pentru turbina eoliana.

Modulul 2 este compus din:

- Un grup electrogen diesel, de rezerva, cu putere nominală de 8,8 kW;
- Motor trifazat cu interfață PWM (Pulse-Width-Modulation) pentru turație variabilă (antrenează generatorul sincron de 2 kW);
- Generator sincron cu magneți permanenți 2 kW (pentru simularea turbinei eoliene);
- Interfață redresor pentru rețea pentru turbina eoliana – Regulator Bornay Wind +, putere maximă 6000 Wp, intrare: 80-450V AC, ieșire: 48 V, execută și funcția de detectare a punctului de maximă putere;
- Rezistențe variabile 5900 W.

Modulul 3 este compus din:

- Generator fotovoltaic cu o putere de 21x245 Wp;
- Invertor trifazat de 5 kW sincronizat la rețea;
- Contor inteligent bidirecțional SMA Energy Meter pentru controlul debitării energiei în rețeaua locală sau națională.

Modulul 4 este compus din:

- Tablou de automatizare cu PLC (Programmable Logic Controller) pentru monitorizarea la distanță a parametrilor desemnați (putere produsă, parametrii calitate energie electrică), cu funcție de simulare on/off grid, precum și pentru comutarea manuală a scenariilor predefinite de testare – Janita;
- Invertoare bidirecționale pentru acumulatori Sunny Island 3x3,3 kW;
- Acumulator solar Li-Ion, capacitate de stocare 6,7 kWh, DoD (Depth of Discharge – Adâncimea de descărcare) 80% (descărcare până la 20%).

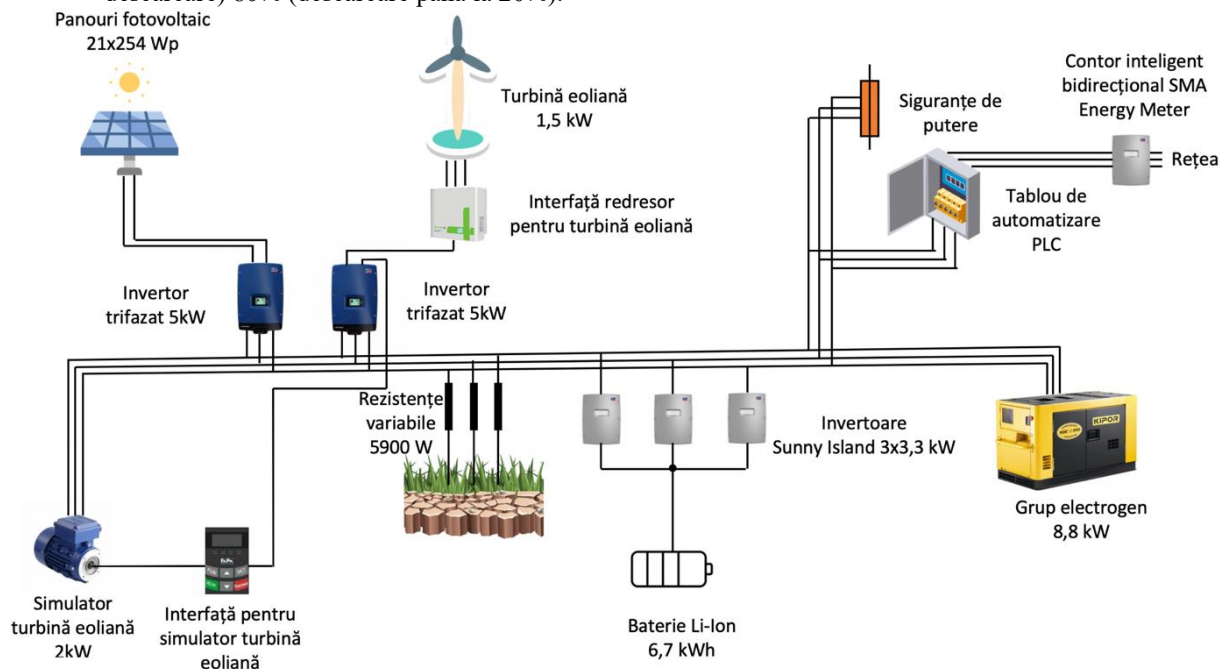


Fig. 38. Arhitectura instalației pilot

În Fig. 38 este reprezentată instalația pilot împreună cu legăturile de comunicații dintre echipamentele ce fac parte din instalație.

Generatorul fotovoltaic cu o putere de 21x245 Wp este conectat la rețeaua trifazată printr-un invertor trifazat de 5 kW sincronizat la rețea. La rețeaua trifazată este conectat și contor inteligent bidirecțional SMA Energy Meter pentru controlul debitării energiei în rețeaua locală sau națională.

Turbina eoliană de 1,5 kW cu două pale este conectată la rețeaua trifazată prin interfața inverter pentru rețea destinată special acestei turbine eoliene și un inverter trifazat de 5 kW sincronizat la rețea.

Grupul electrogen diesel, de rezerva, cu putere nominală de 8,8 kW este conectat la rețeaua trifazată.

Motorul trifazat cu interfață PWM (Pulse-Width-Modulation) pentru turație variabilă (antrenează generatorul sincron de 2 kW) și generator sincron cu magneți permanenți 2 kW (pentru simularea turbinei eoliene) sunt conectate la rețeaua trifazată printr-o interfață pentru simulatorul turbinei eoliene.

Tablou de automatizare cu PLC (Programmable Logic Controller) pentru monitorizarea la distanță a parametrilor desemnați (putere produsă, parametrii calitate energie electrică), cu funcție de simulare on/off grid, precum și pentru comutarea manuală a scenariilor predefinite de testare – Janita este de asemenea conectat la rețeaua trifazată.

Acumulatorul Li-Ion, capacitate de stocare 6,7 kWh, DoD (Depth of Discharge – Adâncimea de descărcare) 80% (descărcare până la 20%) este conectat la rețeaua trifazată prin invertoarele bidirecționale pentru acumulatori Sunny Island 3x3.3 kW.

Interfață redresor pentru rețea pentru turbina eoliană – Regulator Bornay Wind +, putere maximă 6000 Wp, intrare: 80-450V AC, ieșire: 48 V, execută și funcția de detectare a punctului de maximă putere.

Rezistențe variabile 5900 W sunt conectate la rețea pentru a realiza diferite scenarii în care consumul rețelei variază pentru a observa răspunsul echipamentelor conectate la rețea.

Pr.5 – A2.16. Proiectarea comunicațiilor instalației pilot

Rezultatele asumate prin Agenda Comună a proiectului complex CDI și modul de diseminare a rezultatelor:

- Livrabil/indicator de rezultat: model demonstrativ/1;

Realizat: model demonstrativ /1.

Rețeaua de telecomunicații reprezintă elementul de bază al sistemului informatic pe care se pot implementa și dezvolta servicii și aplicații IT care deservesc utilizatorii finali. În Fig. 39 este indicată schema de monitorizare a unei zone dintr-o rețea de distribuție de medie tensiune care alimentează o rețea de joasă tensiune în care sunt conectate atât surse distribuite cât și utilizatori pasivi.

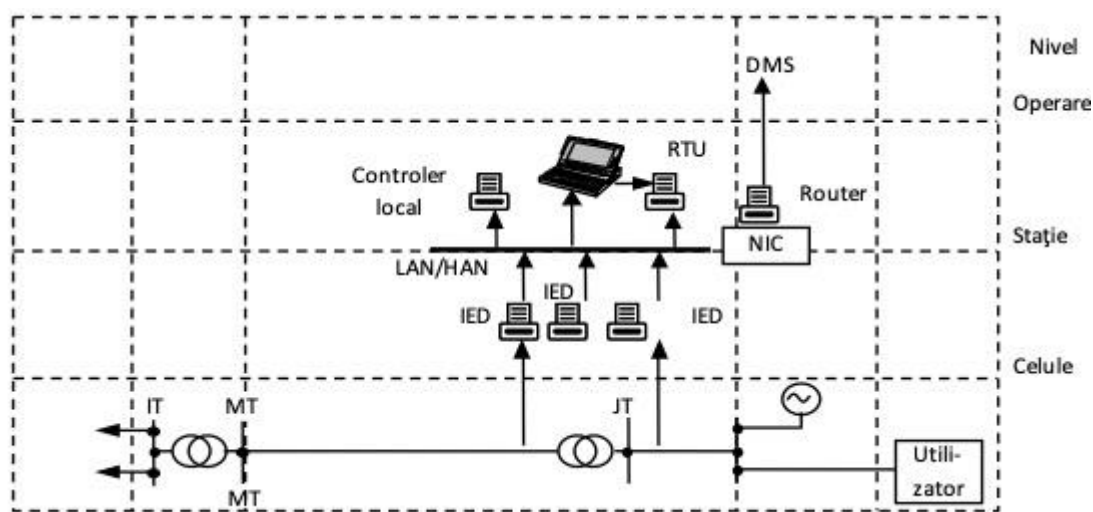


Fig. 39. Sistem de monitorizare:

IED – echipament electronic inteligent (*Intelligent Electronic Device*); LAN – rețea locală de comunicații (*Local Area Network*); HAN – rețea internă de comunicații (*Home Area Network*); RTU – terminat de control la distanță (*Remote Terminal Unit*); NIC – control de interfață (*Network Interface Controller*); DMS – sistem de management al distribuției (*Distribution Management System*), Router – echipament de comunicație care asigură interconectare rețelei locale cu rețeaua publică de comunicații.

RTU - Unitățile Terminale Comandate la Distanță - (Remote Terminal Unit)

RTU realizează conexiunea cu echipamentele supravegheate, citesc starea acestora (cum ar fi poziția deschis / închis a unui releu), citesc mărimile măsurate cum ar fi tensiunea sau curentul. RTU pot controla echipamentele trimițând semnale, cum ar fi cel de închidere a unui releu. RTU pot citi stări logice digitale sau măsurători analogice, și pot trimite comenzi digitale sau setări de valori analogice de referință.

PLC - Controllere logice programabile (Programmable Logic Controller)

Un PLC, este un mic computer cu un microprocesor folosit pentru automatizarea proceselor. Programul unui PLC poate adesea controla secvențe complexe. Programul este apoi salvat în memoria EEPROM. Ceea ce diferențiază un PLC de alte computere este faptul că este prevăzut cu intrări/ieșiri către senzori și relee. PLC-urile citesc starea comutatoarelor, a indicatoarelor de temperatură, de poziție s.a. PLC-urile comandă motoare electrice, pneumatice sau hidraulice, relee magnetice. Intrările/ieșirile pot fi externe prin module I/O sau interne. Adesea un PLC poate fi programat să înlocuiască sute de relee. Funcționalitatea unui PLC s-a dezvoltat de-a lungul anilor pentru a include controlul releelor, controlul mișcării, control de proces, Sisteme de Control Distribuit și rețele complexe. În prezent, linia ce delimitează un computer programabil de un PLC este tot mai subțire. PLC-urile s-au dovedit a fi mai robuste, în timp ce computerele au încă deficiențe. Folosind standardul IEC 61131-3 acum este posibilă programarea PLC folosind limbaje de programare structurată și operații logice elementare. La unele PLC este disponibilă programarea grafică denumită (Sequential Function Charts) bazată pe Grafcet.

HMI - Interfața om-mașină (Human Machine Interface)

Industria de HMI/SCADA a apărut din nevoia unui terminal prietenos pentru utilizator într-un sistem alcătuit cu unități PLC. Un PLC este programat să controleze automat un proces, însă faptul că unitățile PLC sunt distribuite într-un sistem amplu, colectarea manuală a datelor procesate de PLC este dificilă. De asemenea informațiile din PLC sunt de obicei stocate într-o formă brută, neprietenoasă. HMI/SCADA are rolul de a aduna, combina și structura informațiile din PLC printr-o formă de comunicație.

Infrastructura de comunicație

Sistemele SCADA folosesc combinate conexiuni radio, seriale sau conexiuni modem în funcție de necesități. Pentru amplasamente mari cum ar fi căi ferate sau stații de alimentare sunt folosite de asemenea conexiuni Ethernet și IP/Sonet. Protocoalele SCADA sunt concepute foarte compacte și multe sunt concepute ca să poată trimite informații stației master chiar și când stația master interoghează RTU. Protocoalele inițiale SCADA de baza sunt Modbus, RP-570 și Conitel. Aceste protocoale sunt dependente de producător. Protocoalele standard sunt IEC 60870-5-101 sau 104, Profibus și DNP3. Acestea sunt protocoale standardizate și recunoscute de majoritatea producătorilor SCADA. Multe din aceste protocoale conțin acum extensii pentru operarea pe TCP/IP, cu toate acestea securitatea cerută în practică sugerează evitarea conexiunii la Internet pentru a reduce riscurile unor atacuri. Pentru realizarea unui sistem SCADA de automatizare, există o gamă largă de produse, în categoriile: Automat Programabil Basic/C sau Automate Programabile PLC sau HMI Interfețe Operator sau Convertoare de Protocol.

Pr.5 – A2.17. Proiectarea metodelor de măsurare și senzorilor adecvați pentru monitorizarea principalelor mărimi electrice

Rezultatele asumate prin Agenda Comună a proiectului complex CDI și modul de diseminare a rezultatelor:

- Livrabil/indicator de rezultat: tehnologie/1;

Realizat: tehnologie /1.

Sistemul de măsurare inteligentă măsoară, colectează și analizează date privind producerea și utilizarea energiei de la contoare electrice prin intermediul mai multor mijloace media. Pentru o microrețea, infrastructura de măsurare inteligentă furnizează legătura de comunicație dintre utilizator și rețea și permite măsurarea și observarea sistemului.

Prin integrarea tehnologiilor precum contoare inteligente, rețele de internet locale, comunicații integrate, aplicații de management de date și interfețe software standardizate, sistemul de măsurare avansată reprezintă o legătură esențială între rețeaua publică, consumatori, sursele de producere din microrețea și sistemele de stocare.

Toate echipamentele din instalație sunt echipate cu senzori inteligenți care comunică direct prin intermediul unei rețele LAN. Tensiunea, curentul și alte date măsurate sunt transmise prin nodul de proces Ethernet. Informațiile merg către calculatorul central care conduce la acțiuni pentru managementul optim al întregului ansamblu.

Agregarea datelor înregistrate, stabilirea unui sistem eficient de transfer a acestora către bazele de date, alarmarea la depășirea valorilor admise privind indicatorii de calitate, atașarea informațiilor suplimentare (marca de timp, locul de măsurare, configurația rețelei în momentul măsurării etc.), stabilirea duratei de stocare a datelor (în cele mai multe cazuri, stocarea datelor este organizată într-un buffer circular inteligent) trebuie să asigure condițiile pentru obținerea tuturor informațiilor necesare pentru evaluarea evenimentelor analizate.

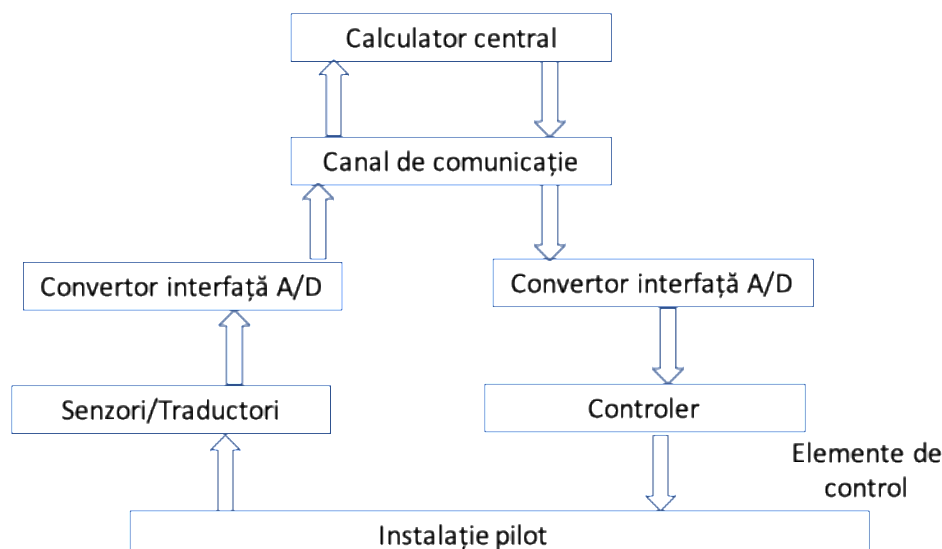


Fig. 40. Monitorizare instalație pilot

Toate condițiile de funcționare trebuie să fie semnalizate local fie prin intermediul unei diagrame funcționale, fie prin intermediul unor mesaje pe un ecran grafic sau alfanumeric.

Apariția uneia sau mai multor semnalizări trebuie să determine intervenția unei semnalizări acustice, precum și indicația unor alarme active pe ecran.

Alarma acustică trebuie să se reactiveze în cazul prezenței unui nou tip de semnalizare. Se prezintă în cele ce urmează alarmele și semnalizările care trebuie vizualizate prin intermediul unui ecran local.

Pr.5 – A2.18. Elaborare caiet de sarcini model electrolizor și metanizator

Rezultatele asumate prin Agenda Comună a proiectului complex CDI și modul de diseminare a rezultatelor:

- Livrabil/indicator de rezultat: model conceptual/1;
- Realizat: model conceptual /1.

Electrolizorul – generator de hidrogen de înaltă puritate, bazat pe electroliza apei.

1. Cerințe tehnice: Alimentare 230V, 50Hz, stecher conectare rețea model european pentru priza cu împământare.
2. Specificații aparat pentru producerea hidrogenului:
 - tehnologie Proton Exchange Membrane (PEM);
 - fără întreținere;
 - funcționează cu apă deionizată;
 - puritate minima: 99.9995% (Grade 5.0);
 - debit nominal: 1000cm³/minut;
 - presiune: 0.2-4 bar;
 - putere nominala: 450W-500W;
 - capacitate tanc apa: 2,5-3,5 litri.
3. Condiții de lucru a echipamentului
Funcționare în interior, temperatura de lucru 5°C - 40°C, umiditate < 80% RH, încăpere ventilată.
4. Produsul va fi furnizat împreună cu:
 - Manual de utilizare în limba engleză;
 - Set de 4 membrane de schimb.

Produsul va fi nou, sigilat, de ultima generație, însoțit de declarația de conformitate, fișa tehnică certificatul de calitate și garanție a produselor.

Metanizatorul

1. Caracteristici tehnice ale unui reactor tubular
Material: Otel inoxidabil alimentar 5NiCr180 (304 sau 1.4301)
 - Limita de curgere $R_{p0.2} = 110$ [MPa] la temperatura de 300 °C
 - Rezistența la rupere $\sigma_a = 500$ [MPa]
2. Temperatura maxima de lucru: 300 °C;
3. Presiunea maxima de lucru: 100 bar.

4. Diametru interior al recipientului: 12 cm;
5. Înălțimea recipientului: 50 cm

Sunt necesare un număr de 8 suruburi cu piulita de $\Phi 10$ mm pentru strângerea capacului.

Pentru etansarea recipientului se poate folosi: garnitura de viton care rezistă la maxim $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ și garnitură dintr-un aliaj moale alama sau cupru.

Garnitura de etansare de viton cu o grosime de 10 mm.

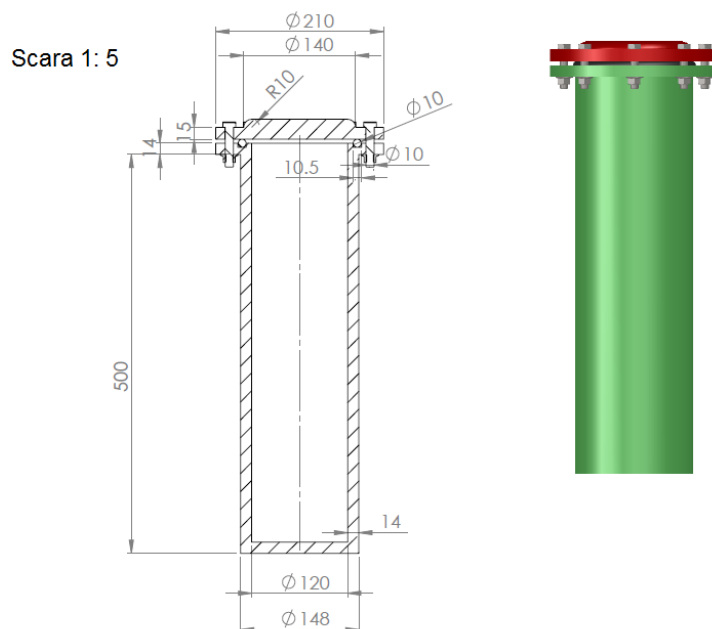


Fig. 41. Secțiune longitudinală prin reactorul tubular.

Electrovalva 24V-20bar, normal închis

Caracteristici:

- Presiunea minimă de operare: 0,1 bar
- Presiunea max. permisă: 20 bar
- Temperatura de lucru: $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ $+130\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Tensiune de alimentare: 24V
- Curentul de alimentare: 0.6A
- Marime filet: 3/8 F – 3/8F
- Material corp: alama
- Material garnituri: FKM

Tipul indicatorilor	Denumirea indicatorilor	UM/an	Valoare
Indicatori de rezultat	Articole publicate in reviste indexate ISI	Nr.	11
	Articole acceptate in reviste indexate ISI	Nr.	0
	Articole in evaluare in reviste indexate ISI	Nr.	0
	Articole publicate in reviste indexate in baze de date internationale	Nr.	0
	Articole acceptate in reviste indexate in baze de date internationale	Nr.	0
	Articole in evaluare in reviste indexate in baze de date internationale	Nr.	0
	Brevete (sau cereri de brevet) Nationale	Nr.	0
	Brevete (sau cereri de brevet) Internationale	Nr.	0
	Participari conferinte	Nr.	61
	Carti	Nr.	0
	Capitole de carte	Nr.	0
	Produce	Nr.	0
	Produce Informatice	Nr.	0
	Tehnologii	Nr.	0
	Servicii	Nr.	0
	Servicii Informatice	Nr.	0
	Studii	Nr.	0
	Alte Rezultate	Nr.	0

Inapoi la lista proiectelor...

Inapoi la interfata de control a proiectului...

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

Servicii de cercetare și tehnologice:

- studiul acționărilor electrice și a sistemelor energetice <https://erris.gov.ro/Naval-Electrical-Systems-Res>
- analiza chimică <https://erris.gov.ro/DEPARTMENT-for-ADVANCED-MATE>
- modelarea și simularea instalațiilor din domeniul energetic <https://erris.gov.ro/SPMS-UPB>
- monitorizarea și controlul calității energiei electrice <https://erris.gov.ro/MCCE---UPB>
- optimizarea funcționării sistemelor energetice <https://erris.gov.ro/OMEMLab---UPB>
- analiză sisteme fotovoltaice <https://erris.gov.ro/LER>
- spectroscopie și analiză spectrală <https://erris.gov.ro/Condensed-Matter-Department>

4. Locuri de munca susținute prin program, inclusiv resursa umana nou angajata: Asumate prin proiect complex: 14 Realizate: 14

106	Partener 3 proiect complex (P3) - UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN BUCURESTI	NU	U-1900-061S-9344 Dana-Alexandra Ciupageanu https://www.brainmap.ro/dana-alexandra-ciupageanu	Prenume: Dana-Alexandra NUME: CIUPAGEANU	2930614340939	Doctorand	Membru-Doctorand (nou)
107	Partener 3 proiect complex (P3) - UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN BUCURESTI	NU	U-1700-038R-0190 Catalina Sima https://www.brainmap.ro/alexandra-catalina-sima	Prenume: Alexandra-Catalina NUME: SIMA	2930702440055	Doctorand	Membru-Doctorand (nou)

108	Partener 3 proiect complex (P3) - UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN BUCURESTI	NU	U-1700-032H-7567 Mihai Dragne https://www.brainmap.ro/mihai-ionel-dragne	Prenume: Mihai-Ionel NUME: DRAGNE	1901107521694	Doctorand	Membru-Cercetator (nou)
109	Partener 3 proiect complex (P3) - UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN BUCURESTI	NU	U-1900-061K-9350 Elena-Adriana Jarcu https://www.brainmap.ro/elena-adriana-jarcu	Prenume: Elena-Adriana NUME: JARCU	2910411151937	Doctorand	Membru-Doctorand (nou)
110	Partener 3 proiect complex (P3) - UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN BUCURESTI	NU	U-1700-037S-8708 Laura Alexandra Stanescu https://www.brainmap.ro/laura-alexandra-stanescu	Prenume: Laura-Alexandra NUME: STANESCU	2910813460020	Doctorand	Membru-Doctorand (nou)
111	Partener 1 proiect complex (P1) - INSTITUTUL DE GEOGRAFIE	NU	U-1900-062M-2101 Alexandra-Roxana Vrinceanu https://www.brainmap.ro/alexandra-roxana-vrinceanu	Prenume: Alexandra-Roxana NUME: VRINCEANU	2941006430011	Doctorand	Membru-Doctorand (nou)
112	Coordonator proiect complex (CO) - UNIVERSITATEA MARITIMA DIN CONSTANTA	NU	U-1900-062T-0622 Alexandru Gheorghiu https://www.brainmap.ro/alexandru-gheorghiu	Prenume: Ion-Alexandru NUME: GHEORGHIU	1940417450057	Doctorand	Membru-Doctorand (nou)
113	Partener 4 proiect complex (P4) - INSTITUTUL NATIONAL DE CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU ELECTROCHIMIE SI MATERIE CONDENSATA - INCHEM TIMISOARA	NU	U-1700-027W-5883 Ionel Ciucanu https://www.brainmap.ro/ionel-ciucanu	Prenume: Ionel NUME: CIUCANU	1531028354720	ACS - Asistent de cercetare științifică	Membru-Cercetator (nou)
114	Coordonator proiect complex (CO) - UNIVERSITATEA MARITIMA DIN CONSTANTA	NU	U-1900-061D-9959 Ojoc George-Ghiocel https://www.brainmap.ro/ojoc-george-ghiocel	Prenume: George Ghiocel NUME: OJOC	1930623170094	Doctorand	Membru-Doctorand (nou)

115	Partener 5 proiect complex (P5) - INSTITUTUL NATIONAL DE CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU INGINERIE ELECTRICA ICPE - CA BUCURESTI	NU	U-1900-062A-1564 Topirlan Valentina- Andreea https://www.brainmap.ro/topirlan-valentina-andreea	Prenume: Valentina-Andreea NUME: ȚOPÎRLAN	2941012341182	ACS - Asistent de cercetare științifică	Membru-Cercetator (nou)
116	Partener 2 proiect complex (P2) - UNIVERSITATEA "ȘTEFAN CEL MARE" DIN SUCEAVA	NU	U-1700-031Z-7262 Eugen Hopulele https://www.brainmap.ro/eugen-hopulele	Prenume: Eugen NUME: HOPULELE	1831127336527	ACS - Asistent de cercetare științifică	Membru-Doctorand (nou)
117	Partener 2 proiect complex (P2) - UNIVERSITATEA "ȘTEFAN CEL MARE" DIN SUCEAVA	NU	U-1700-032Q-7399 Dumitru Cernusca https://www.brainmap.ro/dumitru-cernusca	Prenume: Dumitru NUME: CERNUȘCĂ	1900909330539	ACS - Asistent de cercetare științifică	Membru-Doctorand (nou)
121	Coordonator proiect complex (CO) - UNIVERSITATEA MARITIMA DIN CONSTANTA	NU	U-1900-063B-3219 Dumitrescu Valentin Marius https://www.brainmap.ro/dumitrescu-valentin-marius	Prenume: Valentin-Marius NUME: DUMITRESCU	1680103131305	Doctorand	Membru-Doctorand (nou)
122	Partener 6 proiect complex (P6) - UNIVERSITATEA TEHNICA DIN CLUJ - NAPOCA	NU	U-1900-064S-9428 Bogdan Iuga https://www.brainmap.ro/bogdan-iuga	Prenume: Bogdan NUME: IUGA	1890102330791	Doctorand	Membru-Doctorand (nou)
123	Partener 3 proiect complex (P3) - UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN BUCURESTI	NU	U-1900-064P-9536 Rodica Manuela Tilici https://www.brainmap.ro/rodica-manuela-tilici	Prenume: Rodica-Manuela NUME: TILICI	2680506272647	Doctorand	Membru-Doctorand (nou)

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

Cecuri tip B:

Categorie: Vizită de lucru Cercetători cu experiență

Denumire: Pregătirea tehnico-stiințifică în problema modelării matematice a procesului de decarbonare

Instituția Ofertantă: Partener 4 proiect complex (P4) - INSTITUTUL NATIONAL DE CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU ELECTROCHIMIE SI MATERIE CONDENSATA - INCEMC TIMISOARA

Instituția Beneficiară: Partener 3 proiect complex (P3) - UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN BUCURESTI

Perioada: 29/07/2019 - 02/08/2019

Nr.de zile: 5

Descriere: Vizita de lucru pentru problematica decarbonatării gazelor de ardere. Au fost analizate diverse soluții constructive și funcționale pentru sistemele de decarbonare
Persoana: Lăzăroiu Gheorghe

Cecuri tip B:

Categorie: Vizită de lucru Cercetători cu experiență

Denumire: Pregătirea tehnico-stiințifică în problema modelelor funcționale utilizate în procesul decarbonării

Instituția Ofertantă: Partener 4 proiect complex (P4) - INSTITUTUL NATIONAL DE CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU ELECTROCHIMIE SI MATERIE CONDENSATA - INCEMC TIMISOARA

Instituția Beneficiară: Partener 3 proiect complex (P3) - UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN BUCURESTI

Perioada: 29/07/2019 - 02/08/2019

Nr.de zile: 5

Descriere: Vizita de lucru pentru problematica decarbonatării gazelor de ardere. Au fost analizate diverse soluții constructive și funcționale pentru sistemele de decarbonare

Persoana: Mihăescu Lucian

Cecuri tip B:

Categorie: Vizită de lucru Cercetători cu experiență

Denumire: Pregătirea tehnico-stiințifică în problema modelării matematice a procesului de decarbonare

Instituția Ofertantă: Coordonator proiect complex (CO) - UNIVERSITATEA MARITIMA DIN CONSTANTA

Instituția Beneficiară: Partener 3 proiect complex (P3) - UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN BUCURESTI

Perioada: 29/07/2019 - 02/08/2019

Nr.de zile: 2

Descriere: Vizită de lucru pentru analiza realizării practice a instalației solare și găsirea metodelor matematice adecvate pentru modelarea panourilor fotovoltaice cuplate în instalația complexă

Persoana: Lăzăroiu Gheorghe

Cecuri tip B:

Categorie: Vizită de lucru Cercetători cu experiență

Denumire: Pregătirea tehnico-stiințifică în problema modelării generatorului electric

Instituția Ofertantă: Coordonator proiect complex (CO) - UNIVERSITATEA MARITIMA DIN CONSTANTA

Instituția Beneficiară: Partener 3 proiect complex (P3) - UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN BUCURESTI

Perioada: 29/07/2019 - 02/08/2019

Nr.de zile: 2

Descriere: Vizita de lucru pentru analiza realizării practice a generatorului electric și găsirea metodelor matematice adecvate pentru modelarea generatorului electric integrat în instalația complexă

Persoana: Mihăescu Lucian