

RAPORTARE ȘTIINȚIFICĂ

ETAPA I

CU TITLUL Evaluarea potențialului regenerabil și soluții de integrare într-un sistem energetic durabil

☒ 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

Strategia energetică a României pentru perioada 2007-2020 (actualizată pentru perioada 2011-2020) stabilește drept obiectiv-cheie pentru 2020 creșterea ponderii energiei regenerabile în consumul final brut de energie la 24%. În România există 5 surse regenerabile de energie (SRE): eoliană, solară, hidro, geotermică și cea provenind de la biomasă. Energia solară este o sursă importantă de energie regenerabilă, dar insuficient exploatată, deținând 12.4% din totalul energiei regenerabile utilizate în România. În România, principala regiune cu potențial energetic eolian este aceea a vârfurilor montane (> 8 m/s), urmată de Litoralul Mării Negre, Delta Dunării și nordul Dobrogei (aprox. 6 m/s) și Podișul Bârladului (4-5 m/s). Biomasă este considerată ca fiind cea mai importantă resursă regenerabilă pentru producerea de electricitate și căldură în statele Uniunii Europene. Pentru estimarea resurselor de biomasă forestieră supraterană din România a fost folosită metoda non-invazivă, bazată pe o serie de ecuații alometrice, aplicate la date spațiale derivate din produse de teledetecție. Astfel, în ansamblu, pentru anul 2018 a fost estimată o masă totală de cca. 1.345.000.000 tone, cu o medie de 147 tone/ha. Cea mai mare biomasă forestieră a fost estimată pentru Regiunile de Dezvoltare Vest (22,5%), Centru (20%) și Nord-Est (17%), regiuni care înglobează unele dintre județele cu cele mai întinse suprafețe forestiere din țară: Caraș-Severin, Suceava, Hunedoara, Harghita, Bacău, Alba, Neamț. O cantitate însemnată de biomasă a fost estimată și pentru Regiunea de Dezvoltare Nord-Vest (15,5%) unde, de asemenea, suprafețe semnificative de teren sunt acoperite cu vegetație forestieră, îndeosebi în județele Maramureș, Bistrița-Năsăud și Cluj. Ceea mai mică biomasă a fost estimată pentru Regiunile de Dezvoltare București-Ilfov ($<0,1\%$), Sud-Est (6%) și Sud-Muntenia (8,5%) unde, utilizarea terenurilor preponderent agricolă, expansiunea urbană, cât și specificul fizico-geografic al Deltei Dunării au determinat despăduriri masive în trecut sau au limitat dezvoltarea pădurilor pe suprafețe extinse. Conform datelor statistice, energia din surse regenerabile în România, a înregistrat pentru ultimile trei decenii o rată de creștere continuă medie anuală de minimum 2%, relativ ridicată. Balanța producerii de energie electrică din surse regenerabile în România, cuprinde energia eoliană (putere instalată circa 3100 MW în decembrie 2017), energia fotovoltaică (putere instalată 1378 MW), microhidrocentrale sub 10 MW (putere instalată 588 MW) și biomasă (103 MW), la care trebuie adăugat și biogazul din combustibili regenerabili. Culturile de salcie energetică sau de alte plante cu creștere rapidă sunt destinate suprafețelor de regulă necultivabile economic, acești combustibili rămânând a fi analizați numai sub aspectul eficienței financiare. Ministerul Agriculturii în ultimii doi ani a luat o poziție clară, de delimitare a culturilor exclusiv energetice numai pentru terenurile din afara sectorului cultivabil agricol. Ca urmare, suprafața cultivată cu salcie energetică astăzi în România este de numai circa 2500 ha, zonele dominante fiind în județele Covasna, Harghita, Brăila și Timiș. Tehnologiile „biomasă pentru energie” și „energie din reziduuri” reprezintă baza unor surse energetice regenerabile, care concurează direct cu combustibilii fosili, de aceea dezvoltările viitoare în procese inovatoare, tehnologii și sisteme noi și eficiente poate ajuta și biomasă agricolă să pătrundă și să se dezvolte pe piața combustibililor energetici. În ansamblu, analizele demonstrează că România are un potențial ridicat pentru sursele regenerabile de energie. De asemenea, s-a acumulat și o experiență tehnologică deosebită. La dezvoltarea sectorului bioenergetic și în general al energiei regenerabile a contribuit și politica economică concretizată prin certificatele verzi.

Creșterea ponderii surselor regenerabile de energie pentru generarea energiei electrice în rețeaua electrică publică poate avea un impact important asupra performanțelor sistemului electroenergetic. O problemă importantă în sistemul electroenergetic este asigurarea continuității în alimentare. Planificarea investițiilor în unități generatoare și linii de transport (G&TEP) este necesară deoarece infrastructura rețelei îmbătrânește și consumul crește. Modelul matematic al problemei minimizării investițiilor a fost construit considerând integrarea unor centrale eoliene de mare putere în zona Dobrogea și necesitatea construirii de noi linii pentru evacuarea energiei produse către zonele de consum din centrul României. Aspectele legate de prognoza producției surselor regenerabile au devenit deosebit de importante odată cu creșterea ponderii energiei electrice obținută din acestea. Incertitudinea privind producția este una dintre dificultățile majore privind conducerea sistemului electroenergetic de către operatorul de sistem, cu efecte negative asupra securității sistemului și a performanțelor economice ale acestuia. Energia generată de o instalație fotoelectrică poate fi estimată pe baza cunoașterii potențialului energetic local, a caracteristicilor panourilor utilizate și având în vedere prognoza meteoologică (zile senine și zile cu nori). Având în vedere variabilitatea condițiilor de iluminare a panourilor fotoelectrice și a diferenței relativ mari între condițiile ideale și cele reale, evaluarea energiei generată într-un an se poate face numai cu aproximație. Prognoza resurselor de vânt se bazează pe modele complexe în care mărimile de intrare sunt datele meteorologice locale, datele istorice privind vitezele vântului, caracteristicile locale de teren. Incertitudinea datelor introduse în modelele de calcul face ca erorile de prognoză să se situeze în limitele 25-40% fiind mai mari odată cu creșterea orizontului de timp pentru prognoză.

Conectarea surselor solare și a celor eoliene, pentru creșterea eficienței lanțului de conversie și maximizarea transferului de energie, în rețelele electrice va necesita considerarea de noi modele topologice de rețea, fiind posibile rețele mixte tensiune alternativă și tensiune continuă. Stocarea energiei electrice reprezintă soluția care permite nu doar creșterea eficienței generării energiei folosind tehnologii regenerabile, dar și separarea în timp și spațiu a producției și consumului. Astfel, se facilitează tranziția către sistemele distribuite și se îmbunătățesc performanțele la nivel de sistem. Utilizarea surplusului de energie din surse regenerabile pentru producția de hidrogen prin electroliză permite stocarea energiei în hidrogen și utilizarea sa ulterioară pentru producția de energie. Sistemul de control al unei rețele include funcțiile de control ce definesc rețeaua ca un sistem care se poate singur gestiona energetic, poate funcționa izolat sau conectat la rețea publică, se poate conecta/deconecta de la rețeaua de distribuție și poate furniza servicii auxiliare. În cazul funcționării în paralel cu rețeaua de 50 Hz, surplusul de putere este injectat în rețea, în timp ce în funcționarea în insulă excesul de putere generată în comparație cu sarcina determină o creștere a tensiunii. În cazul dispozitivelor interconectate la un sistem la tensiune alternativă, relația de legătură între variația puterii active produse și frecvență trebuie implementată în controlul convertoarelor de interfață a surselor regenerabile, precum și un sistem de control a tensiunii. Conectarea surselor regenerabile la rețeaua electrică publică poate determina perturbații importante afectând calitatea energiei electrice din sistem. Funcționarea convertoarelor de frecvență aflate la interfața dintre sursa regenerabilă de energie și rețeaua electrică publică, în lipsa unui sistem eficient de limitare a distorsiunii curbei de curent electric (filtre de armonice, comandă PWM a învertoarelor) poate genera probleme ale calității energiei electrice.

Măsurătorile din rețea, precum și datele provenite de la senzorii din rețea reprezintă un volum mare de informații, a căror utilizare va crește performanța rețelei electrice, în special în privința deciziilor de investiții (dezvoltarea rețelei și cuantificarea calității alimentării consumatorilor). Pentru ca datele colectate să fie utilizate eficient, funcțiile de asociere a datelor colectate de la instalațiile din rețea și din rapoartele meteorologice trebuie implementate pentru a crea un istoric de date și pentru a determina capacitatea surselor. Volumul semnificativ de informații necesită implementarea de soluții pentru procesarea acestui volum mare de date.

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 - A1.1 Stabilirea principalilor parametri climatici și de mediu cu impact asupra resurselor regenerabile de energie

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

- Livrabil/indicator de rezultat: studiu de interes național/I

Realizat: studiu de interes național/I transmis între parteneri și preluat în articol revistă ISI Q1 "USING CLIMATIC SCENARIOS AS A SUPPORT FOR A SUSTAINABLE AGRICULTURE IN THE ROMANIAN PLAIN" și în carte HOLISTICA IMPACTULUI SURSELOR REGENERABILE DE ENERGIE ASUPRA MEDIULUI ȘI CLIMEI Vol. 2 : Biomasa solidă : sursă de energie curată; Solar energy as a part of romanian renewable energy industry: a multi-levels territorial approach, etc)

Creșterea continuă a populației și dezvoltarea economică au determinat o creștere nevoilor de consum punând o presiune din ce în ce mai mare asupra resurselor naturale. În acest context, s-a realizat o detaliere a celor mai importante documente strategice ale Uniunii Europene (UE) și naționale cu rol în îmbunătățirea performanței ecologice și a gestiunii durabile a resurselor regenerabile de energie din România (ex. Strategia Europe 2020 și "Obiectivele 20-20-20" din Pachetul Legislativ Energie - Schimbări Climatice, este Strategia UE privind adaptarea la schimbările climatice, Strategia Națională privind Schimbările Climatice 2013-2020, Strategia Energetică a României 2016-2030, cu perspectiva anului 2050).

Eficiența energetică este una dintre principalele ținte ale UE pe care și le-a asumat România (reducerea cererii de energie primară cu 27-30% până în 2030) prin măsuri semnificative de creștere a acestora în toate ramurile de consum. În acest sens, s-a făcut o evaluare a resurselor de energie ale României în perioada 1990-2016, în vederea identificării unor parametri de stare ai satisfacerii necesarului de energie în acord cu prevederile Strategiei Energetice a României pentru perioada 2007-2020 și a Strategiei Energetice a României 2016-2030 cu perspectiva anului 2050. Astfel, s-au analizat parametri precum: dinamica resurselor de energie primară (global și pe surse de proveniență și categorii); gradul de independență energetică; evoluția resurselor de energie; evoluția consumului final energetic (global și din principalele activități ale industriei); puterea instalată a grupurilor electrogene, dinamica și structura producției de energie electrică etc.

Strategia energetică a României pentru perioada 2007-2020 (actualizată pentru perioada 2011-2020) stabilește drept obiectiv-cheie pentru 2020 creșterea ponderii energiei regenerabile în consumul final brut de energie la 24%. În România există 5 surse regenerabile de energie (SRE): eoliană, solară, hidro, geotermică și cea provenind de la biomasă. În acest sens, s-a realizat o evaluare a principalilor parametri climatici și de mediu în relație cu resursele regenerabile de energie din România. Țara noastră deține condiții de mediu favorabile unei mari diversități de surse regenerabile cu un potențial energetic substanțial. Pe unități de relief, distribuția resurselor de energie regenerabilă depinde de caracteristicile fizico-geografice. Astfel, unitățile de câmpie și de dealuri joase din sudul și sud-estul României dețin resurse importante de energie solară, eoliană și biomasă, în timp ce arealele montane se caracterizează prin importante resurse de biomasă și microhidro, iar vestul României concentrează cea mai mare parte a resurselor geotermale. Din producția totală de energie (anul 2017), aproximativ 38% este reprezentată de sursele de energie regenerabilă. Între acestea, cea mai mare pondere este deținută de producția de hidroenergie (23%), urmată de energia eoliană (12%), solară (2%) și cea obținută din biomasă (1%). În ansamblu, în intervalul 2013-2017, producția de energie regenerabilă a crescut cu 19.2%. O creștere semnificativă a fost înregistrată în cazul energiei solare cu peste 800 %, în timp ce energia eoliană a crescut cu 55.5% (<http://version1.sistemulenergetic.ro/>).

În continuare a fost făcută o analiză a principalilor parametri climatici cu rol în valorificarea energetică. Energia solară, provenită de la Soare sub forma radiației solare, este o sursă importantă de energie regenerabilă, dar insuficient exploatată, deținând 12.4% din totalul energiei regenerabile utilizate în România. Energia solară este în prezent exploatată prin utilizarea tehnicilor active solare reprezentate de panourile fotovoltaice și captatorii solar termici. În acest context, au fost prezentate principalele variabile de măsurare a energiei solare (ex. radiația solară, temperatura ambientală, umezeala relativă, viteza vântului, nebulozitatea și durata de strălucire a Soarelui) care stau la baza tuturor estimărilor și modelării potențialului energetic solar (fotovoltaic), în vederea exploatării în scop energetic; infrastructura de măsurare (stații radiometrice), infrastructuri de date spațiale referitoare la radiația solară pentru aplicații meteorologice și pentru estimarea potențialului energetic fotovoltaic (radiația solară derivată din observații meteorologice, din baze de date de reanaliză, teledetecție, Proiectul PVGIS) și zonarea radiației solare și a potențialului energetic radiativ în România.

Potențialul energetic eolian a fost prezentat prin prisma parametrilor meteorologici care îl evidențiază reprezentați în principal de direcția și viteza vântului. În România, principala regiune cu potențial energetic eolian este aceea a vârfurilor montane (> 8 m/s), urmată de Litoralul Mării Negre, Delta Dunării și nordul Dobrogei (aprox. 6 m/s) și Podișul Bârladului (4-5 m/s). De asemenea, a fost analizat potențialul eolian și pe baza literaturii climatologice care include numeroase studii de specialitate la diverse nivele teritoriale, atât în cadrul unor lucrări de sinteză cu caracter monografic (monografii, hărți, atlase), cât și în cadrul unor lucrări cu caracter teoretic, metodologic sau regional.

Principalii parametri de mediu analizați au fost cei legați de resursele hidroenergetice și cele geotermale. În cazul resurselor hidroenergetice accentul a fost pus pe principalul factor care îi influențează - precipitațiile - prin distribuția și cantitățile medii anuale de precipitații, cantitățile extreme anuale, lunare și semestriale de precipitații, maximele absolute lunare și anuale cazute în 24 ore. Toate acestea având o contribuție esențială la alimentarea rețelei hidrografice și la creșterea potențialului hidroenergetic. Totodată, au fost prezentate sursele de apă ale României pe bazinele hidrografice (inclusiv cele subterane), distribuția pe județe, precum și lacurile de acumulare cu rol hidroenergetic. Resursele geotermale au fost analizate prin prisma caracteristicilor sistemelor geotermale și a localizării acestora.

O atenție specială a fost acordată unui studiu de caz care a vizat industria energiei solare ca parte a industriei regenerabile (verzi). Studiul aduce în atenție aspecte legate de factorii economici și legislativi care

influențează utilizarea și distribuția teritorială a energiei solare. Abordarea s-a realizat la diferite nivele teritoriale (național, regional și județean) a caracteristicilor utilizării resurselor regenerabile de energie, evidențiată prin dinamica variabilelor statistice oficiale. Analiza de la nivel local a evidențiat efectele utilizării energiei solare (în parcuri fotovoltaice) asupra mediului și caracteristicilor socio-economice ale comunităților umane din o serie de localități din județul Giurgiu.

Toate aspectele prezentate anterior au un impact asupra economiei - ocupării "verde" a forței de muncă din România în contextual preocupărilor privind trecerea la o economie verde, combaterea dar și adaptarea la schimbările climatice și diminuarea efectelor negative ale activității umane asupra mediului înconjurător. Acest lucru se poate realiza în primul rând prin modificări majore în domeniul ocupării forței de muncă prin: crearea de noi locuri de muncă (în activități din domeniul controlului poluării); substituirea unora dintre locurile de muncă existente (din industria resurselor neregenerabile către cele regenerabile, ori din activități de incinerare a deșeurilor către recilcarea lor etc); desființarea anumitor locuri de muncă; redefinirea, din perspectiva calificărilor, a metodelor de lucru, a numeroase locuri de muncă.

În prezent, România a atins țintele UE 2020 referitoare la consumul de energie din surse regenerabile. Cu toate acestea, eficiența economică a utilizării energiei din surse regenerabile este deficitară din cauza: (1) numărului mare de furnizori de energie între cei care mențin un preț ridicat la energie; (2) implementării unui sistem costisitor de contorizare inteligentă care vizează sprijinirea economisirii de energie - care, de fapt, nu este funcțional; (3) funcționarea defectuoasă a schemei de susținere a certificatelor verzi; (4) pierderile înregistrate între producția finală și consumul de energie. Pentru 2030 a fost stabilită o nouă țintă (32%) care poate fi atinsă printr-o serie de măsuri cum ar fi: transport (autovehicule publice urbane - electrice), energie termică (reducerea pierderilor, consumul, trecerea la soluții moderne, mai eficiente și mai ecologice de încălzire/răcire, depozitare).

Pr.2 - A1.2. Modele actuale topologice de rețele electrice cu surse eoliene și fotovoltaice

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

- Livrabil/indicator de rezultat: studiu de interes național/1

Realizat: studiu de interes național/1 transmis între parteneri și preluat în lucrări (Current State of Researches in the Development of Energy Systems at Stefan cel Mare University of Suceava; Automatic Reconfiguration of Medium Voltage Power Distribution Networks in Emergency Mode; Over Grid Connection of Large Photovoltaic Power Plants in Romania, etc)

Circuitul de transfer a puterii generate de instalațiile eoliene individuale până la stația de colectare este de tip radial utilizând medie tensiune. Se consideră că nu sunt necesare legături redundante având în vedere faptul că, de cele mai multe ori, liniile din sistemul intern sunt realizate în cablu subteran, de fiabilitate ridicată, iar în caz de defect ponderea puterii generată de o instalație sau de mai multe instalații conectate pe același circuit este relativ redusă față de puterea totală generată de parcul eolian. Alegerea concretă a structurii rețelei electrice interne a unui parc eolian trebuie să aibă în vedere amplasarea reală pe teren a instalațiilor eoliene, limitarea investiției dar și limitarea pierderilor în rețea. Ca exemplu, în figura 1 sunt indicate diferite structuri ale rețelelor interne ale parcurilor eoliene. În cazul mai multor grupări în cadrul parcului (figura 1 a)) fiecare grupare poate avea o schemă proprie de medie tensiune, transferul în rețeaua publică fiind realizat prin intermediul unui transformator MT/IT. Dacă există grupuri eoliene amplasate la distanțe relativ reduse poate fi utilizat un singur transformator JT/MT pentru preluarea puterii generate de câte două instalații (figura 1 b)). În cazul puterilor relativ reduse ale instalațiilor eoliene, cu stația de înaltă tensiune în apropiere, legătura la stație poate fi realizată cu o singură linie de MT (figura 1 c)). În figura 1 d) este prezentată o schemă cu bară comună la medie tensiune și transferul puterii generate prin intermediul unei linii de 110 kV.

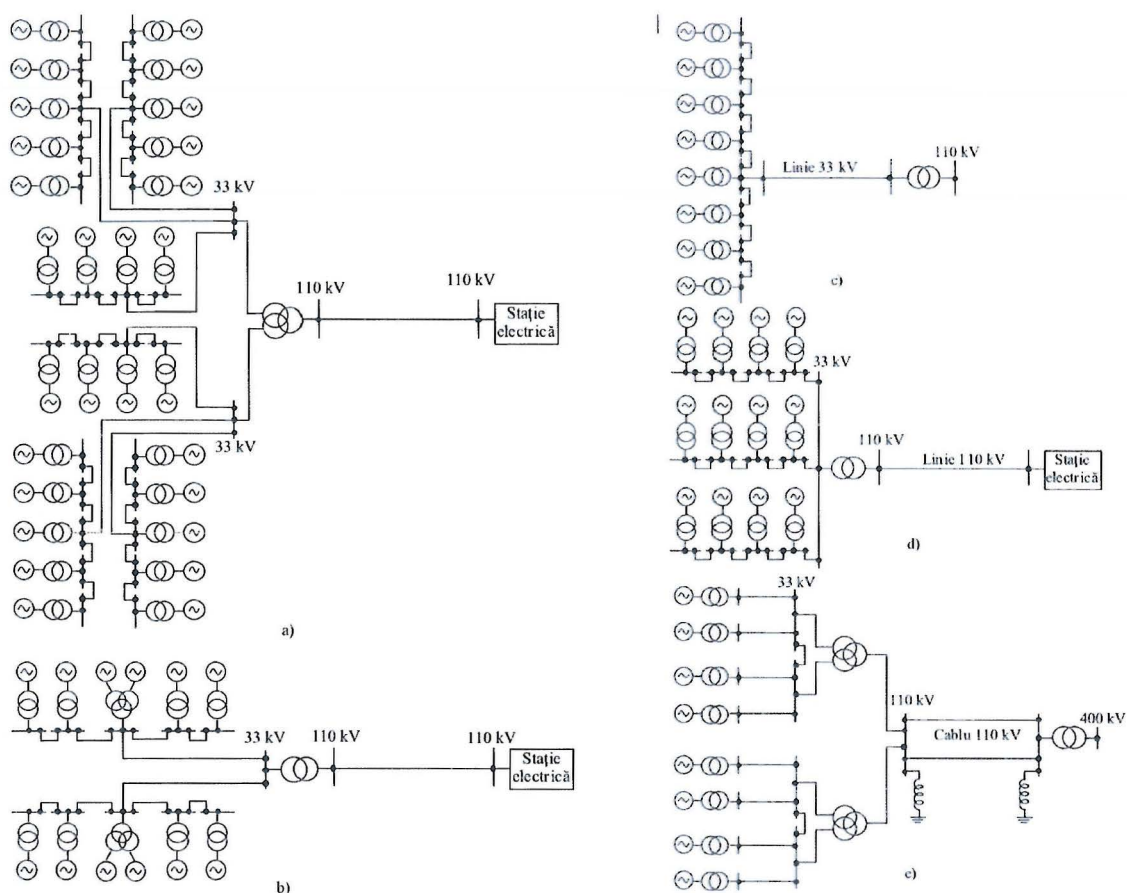


Figura 1. Structuri ale rețelelor interne ale parcurilor eoliene

În funcție de tipul invertoarelor utilizate, centralele fotoelectrice pot fi cu bară comună la tensiune continuă (figura 2) sau la tensiune alternativă (figura 3). În primul caz este folosit un singur inverter de interfață (soluție utilizată în general la puteri instalate relativ reduse ale centralei fotoelectrice) iar în al doilea caz este folosit un număr mai mare de invertoare.

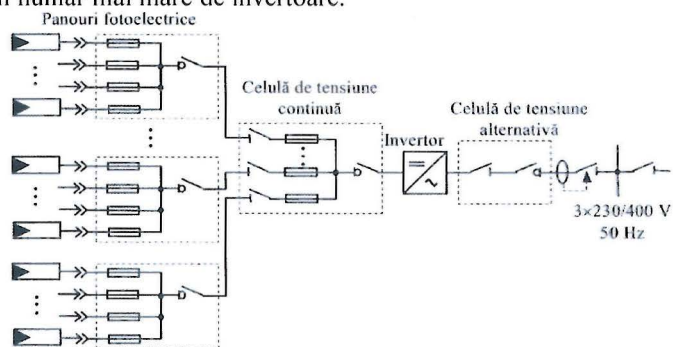


Figura 2. Conectarea panourilor fotoelectrice pe partea de tensiune continuă.

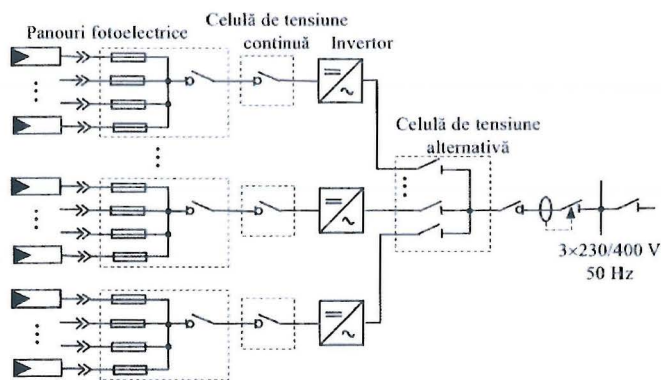


Figura 3. Conectarea panourilor fotoelectrice pe partea de tensiune alternativă.

Generatoarele eoliene moderne au un sistem back-to-back, bazat pe electronică de putere, pentru a fi conectate la rețeaua de 50 Hz, iar generatoarele fotovoltaice generează energie la tensiune continuă. Prin urmare, acestea ar putea fi conectate direct la o bară la tensiune continuă. La această bară la tensiune continuă ar putea fi conectate și sistemele de stocare folosite pentru alimentarea utilizatorilor critice sau folosite pentru a înmagazina surplusul de producție din surse regenerabile (figura 4).

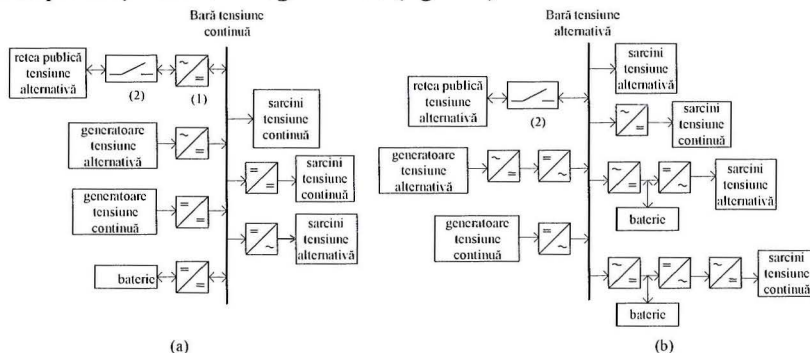


Figura 4. Comparatie între sistem de distribuție la tensiune continuă (a) și la tensiune alternativă (b)

Pr.2 - A1.3 Analiza critică a controlului descentralizat

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 (Determination of the effective capacity of lead-acid batteries using the least squares method: Strategies for Charging Electric Vehicles in Smart Grid, etc)

Sistemul de control al unei micrețele include funcțiile de control ce definesc micrețeaua ca un sistem care se poate singur gestiona energetic, poate funcționa izolat sau conectat la rețea, se poate conecta/deconecta de la rețeaua de distribuție și poate furniza servicii auxiliare. Sistemul de control al micrețelei trebuie să conțină controlul în timp real și funcțiile de management care acționează în următoarele situații:

- Funcționarea în modul conectat la rețea și în modul izolat,
- Tranziția automată de la funcționarea conectat la rețea la modul izolat pentru a asigura alimentarea fără întreruperi a utilizatorilor pe durata funcționării anormale a rețelei de distribuție sau în cazul întreruperilor planificate în sistem,
- Reconectarea și resincronizarea rețelei din modul izolat în modul conectat la rețea,
- Optimizarea puterii active și reactive generate și consumate,

Pentru rețeaua de distribuție la care este conectată, o micrețea trebuie să se prezinte ca o singură entitate controlabilă (figura 5). Sistemul de control este sistemul care îndeplinește acest obiectiv. Acesta satisface condițiile de conectare utilizând funcții de nivel înalt, de bază și nivel scăzut. Generatoarele, utilizatorii și unitățile de stocare au propriile dispozitive specifice de control. Acestea sunt definite ca funcții de nivel scăzut în sistemul de control al micrețelei.

Funcțiile de nivel scăzut sunt supervizate de două funcții de bază:

- a) Funcția de dispecerizare, care oferă valori de referință și moduri de funcționare dispozitivelor individuale.

b) Funcția de tranziție, care supervizează tranziția dintre stările conectat/ deconectat și asigură dispecerizarea potrivită pentru starea respectivă.

Funcțiile de nivel scăzut sunt folosite pe termen scurt în timp ce funcțiile de bază operează pe termen lung. În cazul în care microrețeaua funcționează izolat, funcția de tranziție nu este utilizată. În acest caz, sistemul de control al microrețelei implementează doar funcția de dispecerizare, dispecerizând elementele componente ale microrețelei, asigurând stabilitatea și pornirea black start.

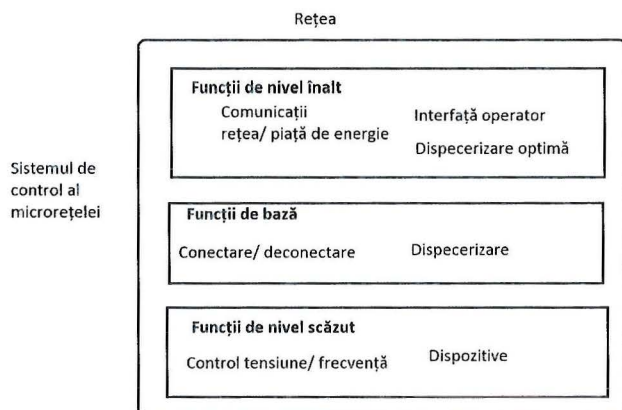


Figura 5. Sistemul de control al unei microrețele

Rolul unui sistem de control a microrețelei este de asemenea, de a monitoriza starea sistemului și de a notifica sistemul de protecție asupra schimbării stării microrețelei ce poate solicita schimbarea setărilor protecțiilor. Pentru controlul generatoarelor conectate în sistem la tensiune continuă se poate implementa, în absența unui sistem de monitorizare și supraveghere, un sistem de control bazat pe valori de referință ale tensiunii continue atribuite fiecărui generator. Fiecărui dispozitiv i se atribuie o valoare de tensiune astfel încât funcționarea acestuia este similară cu cea a unei surse de tensiune. Funcționarea în paralel a mai multor generatoare de tensiuni diferite nu este posibilă, prin urmare reglajul tensiunii este realizat de diferite dispozitive, în funcție de necesități. Celelalte dispozitive sunt în schimb controlate în curent. Dacă un dispozitiv este predominant în raport cu celelalte, atunci se comportă ca o sursă de tensiune, realizând reglajul tensiunii pe bara în cc. Din analiza tranzițiilor care sunt posibile între diferitele generatoare, este evident că trecerea cea mai critică este cea de la funcționarea normală la funcționarea pe baza bateriei, deoarece nu are loc o tranziție de la un generator la altul, ci o pierdere bruscă a generării (rețeaua electrică la tensiune alternativă) care trebuie să fie imediat acoperită de sistemul de stocare. Din păcate, această tranziție de stare este și cea mai frecventă, deoarece apare de fiecare dată când are loc o deconectare a rețelei electrice la 50 Hz chiar și pentru un gol de tensiune mare sau pentru o întrerupere de scurtă durată. Celelalte tranziții au loc întotdeauna între două generatoare în funcțiune, care pot să fie controlate astfel încât să aibă loc o trecere a alimentării sarcinii de la un generator la celălalt destul de lentă, evitând astfel oscilații ale tensiunii continue.

Pr. 2 - A1.4 Analiza modelelor de interfețe pentru sistemele de conversie de putere și logicilor de control

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 (Solution to improve the quality of electricity in low voltage networks; Analysis of a PEMFC System for Automotive Applications, etc)

Schema cu generator sincron este conectată la rețeaua electrică publică prin intermediul unui convertor de frecvență spate în spate (back to back) cu circuit intermediar de tensiune continuă (figura 6). Avantajul important al generatorului sincron constă în faptul că nu există o legătură electrică directă între rețeaua electrică și generator, ceea ce permite să fie decuplată viteza de rotație a paletelor turbinei eoliene de frecvența tensiunii din rețeaua electrică publică. Pentru puteri normate ale instalației fotovoltaice peste 5 kW este posibilă realizarea unei surse monofazate. Pentru puteri mai mari este obligatorie realizarea instalațiilor în schemă trifazată. Pentru obținerea unei puteri maxime, instalația trebuie să lucreze în punctul MPP; funcționarea instalației fotoelectrice în punctul de putere maximă PMPP se realizează cu ajutorul unui sistem de urmărire (MPP Tracking) care înglobează circuitul de control al tensiunii (figura 7).

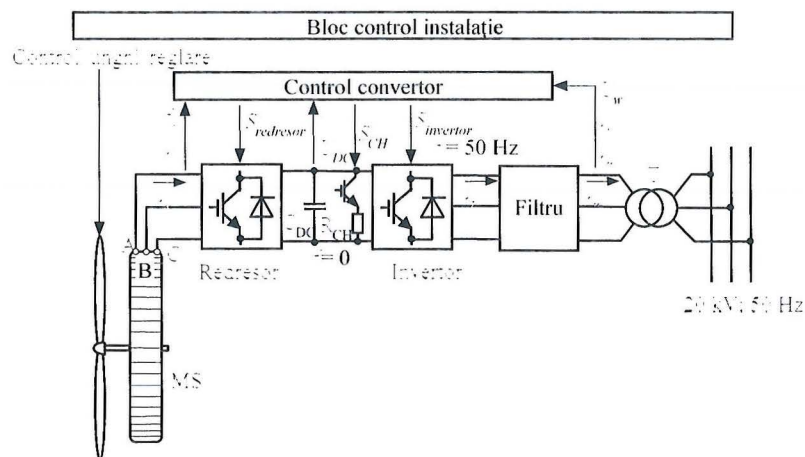


Figura 6. Schema de conectare la rețeaua electrică a unei instalații eoliene cu generator sincron.

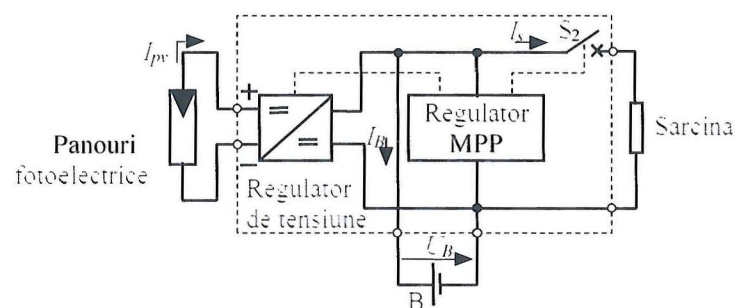


Figura 7. Schema de reglare pentru funcționare în punctul de putere maximă PMPP.

Convertorul trifazat prezentat în figura 8 utilizat într-o rețea de JT cu conductor neutru este în configurație cu trei ramuri, cu secțiunea în continuu la tensiune impusă. Condensatoarele indicate cu C_{cc} sunt efectiv realizate din mai multe elemente în paralel, de obicei de tip electrolitic, al căror scop este acela de a filtra tensiunea continuă.

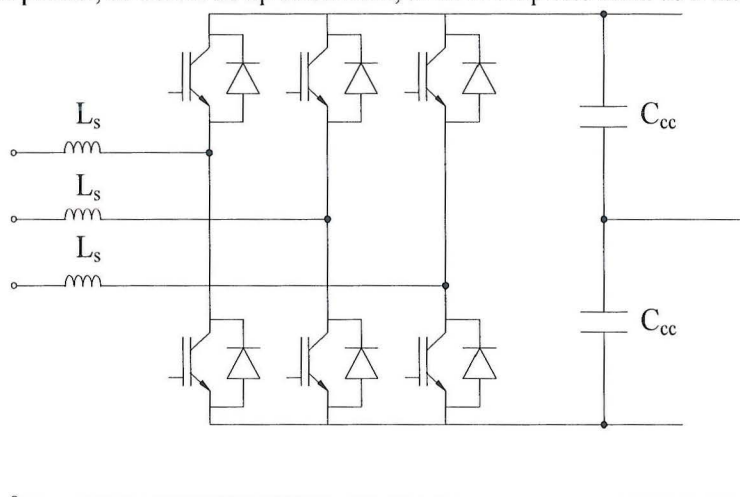


Figura 8. Convertor tensiune alternativă/tensiune continuă cu comutație forțată cu condensatoare de filtrare

Figura 9 ilustrează configurația unui redresor monofazat echipat cu tranzistoare de timp IGBT cu comanda în lățime a pulsului. Acest convertor este de tip ridicător ("boost") și are conectată o bobină pe partea de tensiune alternativă. Figura 10 ilustrează o posibilă schemă de control a acestui convertor care determină curentul electric de intrare să fie în fază cu tensiunea de intrare.

În cazul în care se dorește ca frecvența de comutație a convertorului să fie fixă și nu variabilă (ca în cazul benzii de histeresis), se poate adopta o tehnică de comutație în tensiune. În acest caz tensiunea alternativă sinusoidală de ieșire a convertorului este comparată cu un semnal triunghiular, de frecvență egală cu frecvența de comutație, ce determină o secvență de pulsuri ilustrate în figura 11.

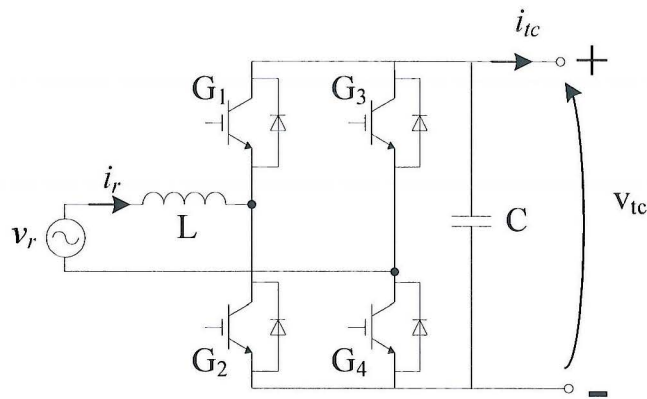


Figura 9. Redresor monofazat

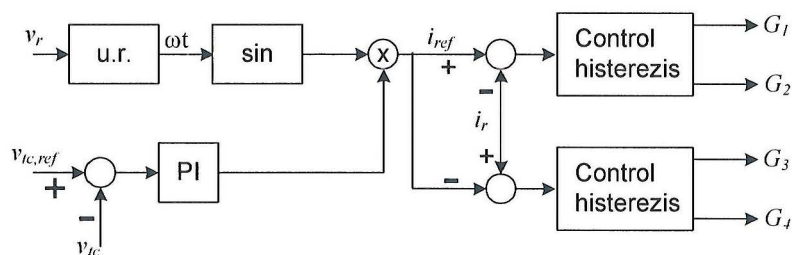


Figura 10. Schema de control a redresorului pentru modulația în lățime a pulsurilor folosind banda de histerezis

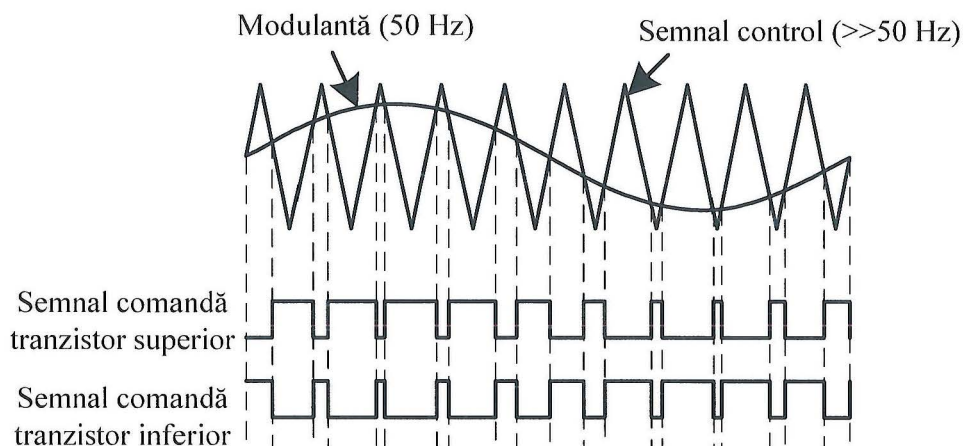


Figura 11. Modulația în tensiune a unui convertor

Un convertor tensiune continuă/tensiune continuă este necesar pentru a face conexiunea între două sistem la tensiune continuă însă la niveluri de tensiune diferite. Raportul între tensiunea de ieșire și tensiunea de intrare, denumit raportul de conversie, dacă este mai mic decât 1 avem un convertor coborâtor, iar dacă este mai mare decât 1 este denumit convertor ridicător. Când acest raport poate fi fie mai mare fie mai mic decât 1, atunci convertorul este coborâtor-ridicător.

Convertor tensiune continuă/tensiune continuă coborâtor ar putea fi folosit pentru alimentarea utilizatorilor alimentați din rețeaua la tensiune continuă în cazul în care tensiunea lor de funcționare este mai mică decât tensiunea de funcționare a rețelei. Bobină și condensatorul acționează ca un filtru. Tranzistorul G este conectat și deconectat și se consideră perioada de comutație ca fiind T iar raportul de funcționare (duty cycle) ca fiind k . Prin urmare, perioada când acest tranzistor nu este în funcțiune este $(1-k)T$. Acest circuit are două moduri de funcționare în funcție de modul conectat/deconectat al lui G , ilustrate în figura 12 (în stânga G conectat, în dreapta G deconectat). Figura 13 ilustrează configurația unui convertor tensiune continuă/tensiune continuă ridicător, precum și schemele echivalente pe perioadele când G este conectat sau deconectat.

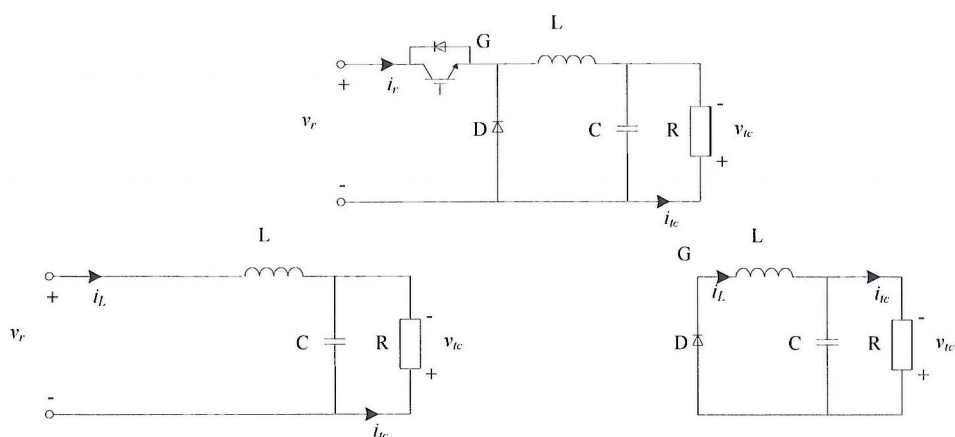


Figura 12. Convertor tensiune continuă/tensiune continuă de tip coborâtor

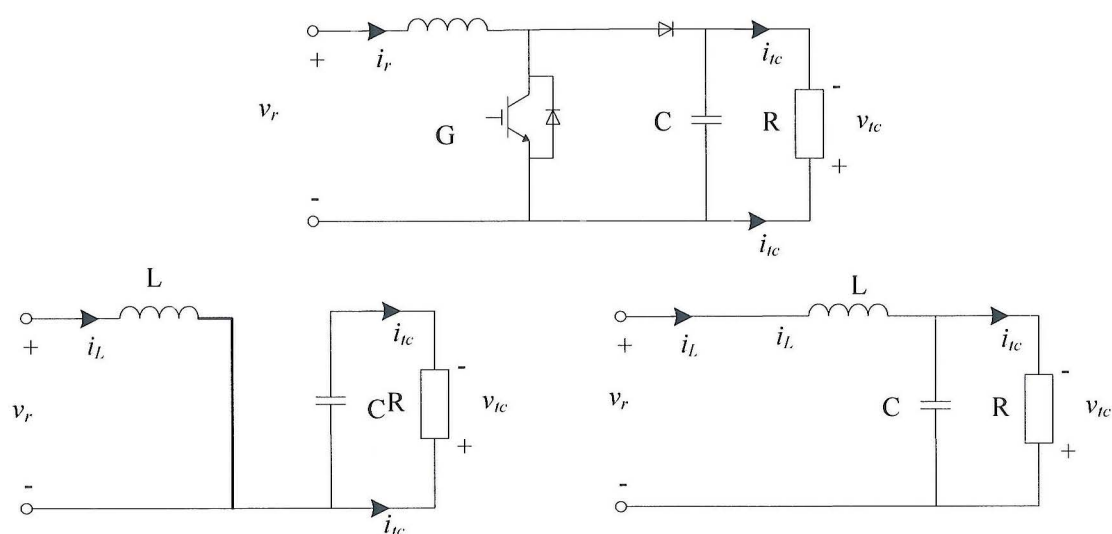


Figura 13. Convertor tensiune continuă/tensiune continuă de tip ridicător

Convertorul coborâtor-ridicător (buck-boost) este ilustrat în figura 14. Schemele echivalente ale acestui convertor sunt ilustrate în figura 9.

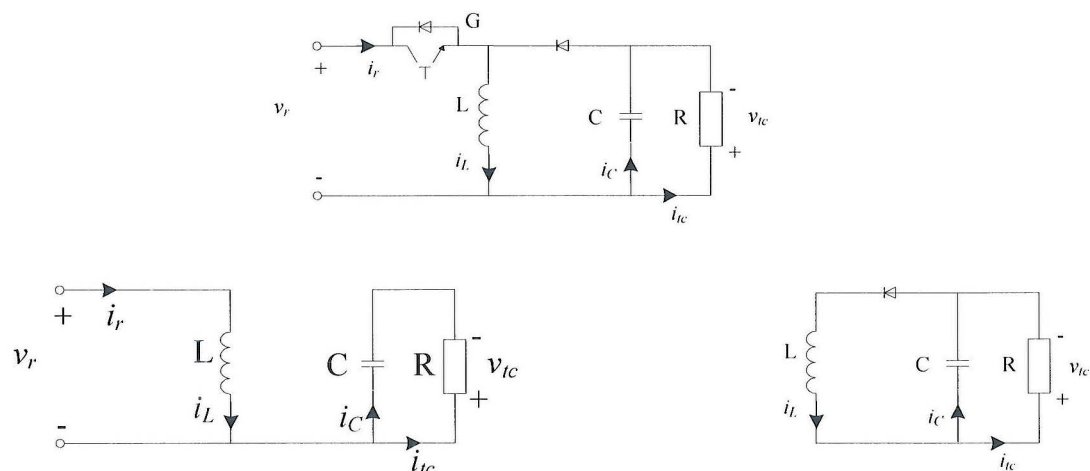


Figura 14. Configurație convertor buck-boost

Pr.3 - A1.5. Cartografierea resurselor din biomasa la nivelul țării

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 transmis între parteneri și preluat în lucrări (Study of renewable energy resources by use of IT applications; Cereal straw - sole power supply for the thermal energy necessary for a bread factory in north-eastern Romania; New metrics for the measurement of energy efficiency in data centers, etc)

Biomasa este considerată ca fiind cea mai importantă resursă regenerabilă pentru producerea de electricitate și căldură în statele Uniunii Europene unde, până în 2020 se dorește ca 20% din energia produsă să provină din resurse regenerabile (Comisia Europeană, 2014, 2017). Dintre toate resursele de biomasa, biomasa forestieră joacă un rol important în contextul schimbărilor climatice întrucât stochează mari rezerve de carbon, îndeosebi în partea sa supratrană. Din aceste considerente, estimarea biomasei este vitală în monitorizarea cantitativă a fluxului de carbon (Vashun & Jayakumar, 2012), punându-se tot mai mult accent pe dezvoltarea unor metode cat mai precise și ușor de utilizat. În prezent, pentru evaluarea potențialului de biomasa sunt cunoscute două metode care includ o abordare tradițională, distructivă, și alta nedistructivă, prin utilizarea noilor tehnici de teledetecție. Deși cea de-a doua metodă nu este atât de precisă comparativ cu prima, ea presupune un consum mic de timp și costuri reduse și poate furniza date pentru suprafețe mari, inclusiv pentru areale inaccesibile.

Pentru estimarea resurselor de biomasa forestieră supratrană din România a fost folosită metoda non-invazivă, bazată pe o serie de ecuații alometrice, aplicate la date spațiale derivate din produse de teledetecție. Astfel, au fost utilizate două seturi de date spațiale de bază obținute din sursele de date de pe platformele NASA și Copernicus din care au fost extrase, analizate și prelucrate date referitoare la: înălțimea arborilor incluși în vegetația forestieră în anul 2008 (rezoluția de 1 km); terenurile acoperite cu vegetație forestieră în anul 2015 (rezoluția de 20 m); speciile forestiere dominante (foioase, rășinoase) în anul 2015 (rezoluția de 20 m) și densitatea vegetației forestiere în anul 2015 (rezoluția de 20 m). Cuantificarea biomasei s-a bazat pe ecuațiile alometrice și coeficienții aferenți calculați de Muukonen (2007) pentru două din speciile de rășinoase și foioase din pădurile Scandinaviei (*Picea abies* și *Fagus* spp.), informațiile fiind considerate aplicabile studiilor la nivel național pentru țările europene din zonele temperate și boreale. Rezultatele astfel obținute, care reflectă valoarea biomasei pentru un singur arbore, au fost în continuare ponderate cu numărul de arbori/ha, cuantificat pe baza a cca. 100 areale test distribuite aleatoriu la nivelul tuturor tipurilor de pădure prin interpretarea vizuală a unor imagini de înaltă rezoluție. Întrucât s-a observat o scădere a densității arborilor în funcție de diametrul acestora, pentru estimarea numărului de indivizi pe suprafața dată s-a folosit un raport invers diametru-număr, definit de tendințele de tip exponențial identificate. În final au fost obținute date spațiale la o rezoluție de 100x100 m în vederea cuantificării distribuției biomasei forestiere supratrană la nivel de 1 ha. Harta obținută prezintă o distribuție a valorilor asemănătoare cu estimările prezentate de Avitable și Camia (2018) bazate pe metoda de evaluare dezvoltată de Kinderman et al. (2008), cu diferențieri locale și regionale specifice țării noastre, determinate atât de caracteristicile fizico-geografice, reflectate îndeosebi în zona altitudinală a pădurilor, speciile forestiere predominante și caracteristicile alometrice ale acestora, cât și de specificul socio-economic și modul de utilizare al terenurilor, reflectate îndeosebi în dinamica trecută și actuală a suprafețelor împădurite. Astfel, în ansamblu, pentru anul 2018 a fost estimată o masă totală de cca. 1.345.000.000 tone, cu o medie de 147 tone/ha. Cea mai mare biomasa forestieră a fost estimată pentru Regiunile de Dezvoltare Vest (22,5%), Centru (20%) și Nord-Est (17%), regiuni care înglobează unele dintre județele cu cele mai întinse suprafețe forestiere din țară: Caraș-Severin, Suceava, Hunedoara, Harghita, Bacău, Alba, Neamț. O cantitate însemnată de biomasa a fost estimată și pentru Regiunea de Dezvoltare Nord-Vest (15,5%) unde, de asemenea, suprafețe semnificative de teren sunt acoperite cu vegetație forestieră, îndeosebi în județele Maramureș, Bistrița-Năsăud și Cluj. Ceea mai mică biomasa a fost estimată pentru Regiunile de Dezvoltare București-Ilfov (<0,1%), Sud-Est (6%) și Sud-Muntenia (8,5%) unde, utilizarea terenurilor preponderent agricolă, expansiunea urbană, cât și specificul fizico-geografic al Deltei Dunării au determinat despăduriri masive în trecut sau au limitat dezvoltarea pădurilor pe suprafețe extinse. Deoarece estimarea biomasei forestiere supratrană în acest studiu ridică o serie de incertitudini, derivate atât din metodologia de determinare a indicatorilor alometrici, sursele de date și rezoluția acestora, cât și din lipsa unui set de date reale necesar în validarea statistică a datelor rezultate, putem spune că harta indică doar valori orientative, fiind așteptat ca biomasa să fie mai mult sau mai puțin supraestimată sau subestimată de la o arie la alta.

Pr.3 - A1.6. Evaluarea potențialului recuperabil al biomasei lemnoase în scopul producerii de energie

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

- Livrabil/indicator de rezultat: studiu de interes național/1

Realizat: studiu de interes național/l transmis între parteneri și preluat în lucrări (Low power cogeneration installation using solid vineyard waste biomass, Cereal straw - sole power supply for the thermal energy necessary for a bread factory in north-eastern Romania, etc)

Biomasa solidă, din care fac parte lemnul, deșeurile din lemn, granulele și alte deșeuri vegetale legate de pădure, joacă un rol din ce în ce mai important în producția de căldură și electricitate în Uniunea Europeană. Începând cu anul 2000, producția de energie primară în UE și România a crescut în medie cu 3,8% pe an. Scăderea producției în anul 2011 a reprezentat un caz excepțional, datorat unei ierni anormal de blânde. În 2012, energia din biomasă solidă își reia creșterea, înregistrând o producție în creștere cu 5,4%, respective 4,2 Mtep. Spre deosebire de energia termică, evoluția producției de electricitate din biomasă solidă este mult mai puțin afectată de variațiile anuale ale nivelului de temperatură, modalitățile de utilizare a electricității fiind mai independente decât cele de încălzire. Consumul brut de energie din biomasă solidă a atins 1 tep/loc în 2012. Având în vedere că țara noastră nu importă biomasă, producția este destinată în totalitate consumului național. Acesta din urmă a adus beneficii în principal sectorului procesator, prin vânzarea către rețelele termice (+15,1% între 2011 și 2012), însă și prin producția de electricitate (+6,2%), respectiv o creștere de 599 GWh.

În tabelul următor se prezintă producția de biomasă solidă utilizată pentru producerea de energie termică și electrică

Țara	tep/loc	Țara	tep/loc
Germania	0,144	Ungaria	0,144
Franța**	0,160	Belgia	0,137
Suedia	0,996	Țările de Jos	0,081
Finlanda	1,571	Estonia	0,610
Polonia	0,178	Grecia	0,102
Spania	0,103	Lituania	0,334
Austria	0,598	Bulgaria	0,174
Italia	0,087	Slovacia	0,133
România	0,173	Slovenia	0,272
Portugalia	0,222	Irlanda	0,046
Republica Cehă	0,196	Luxemburg	0,082
Regatul Unit	0,039	Cipru	0,014
Letonia	0,548	Malta	0,002
Danemarca	0,443	UE 27	0,170

În ceea ce privește producția de electricitate, se remarcă că va fi dificil să se atingă obiectivele pentru 2020 din Planurile de acțiune naționale, respectiv o producție de 155 TWh. Acest lucru ar necesita o creștere regulată și structurată a puterii, atât la nivelul capacităților de producție, cât și al infrastructurilor ce permit producția și transportul de combustibili. Sau dacă incertitudinile legate de condițiile de finanțare a acestei conversii persistă, ele nu vor mai permite din punct de vedere material să se atingă acest nivel de producție. Accelerarea ritmului de conversie după anul 2015, anunțată de cea mai mare parte a operatorilor, nu ar mai fi de ajuns. Graficul din figura 15 prezintă tendința consumului de energie electrică produsă din biomasă solidă comparativ cu foaia de parcurs a planurilor de acțiune naționale pentru energiile regenerabile.

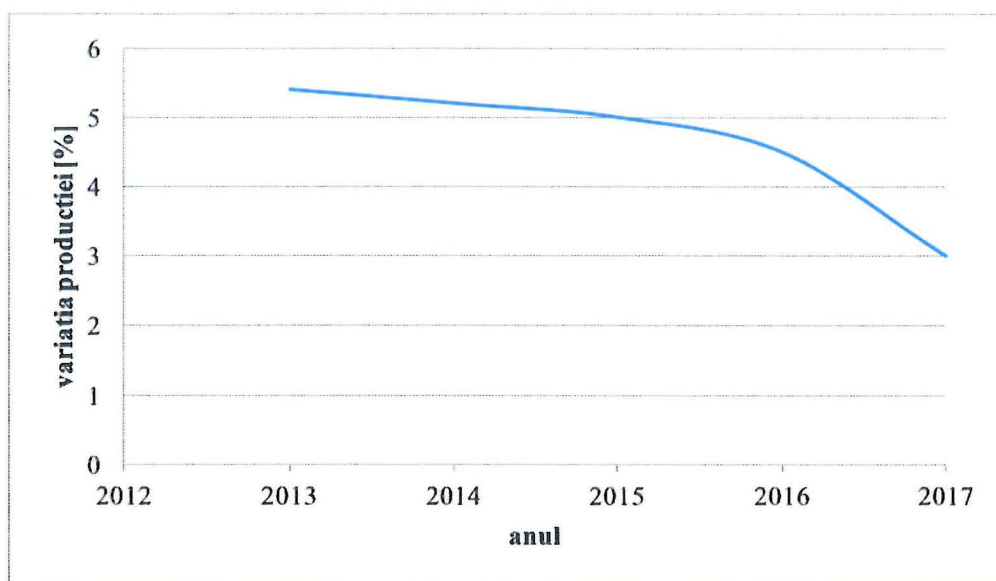


Figura 15. Variația consumului de energie electrică produsă din biomasă solidă comparativ cu foaia de parcurs a planurilor de acțiune naționale pentru energiile regenerabile

Dezvoltarea la scară largă a producției de electricitate și a cogenerării la utilizarea biomasei, fie că se face prin construcția de noi central sau prin conversia centralelor pe cărbune, va constitui în următorii ani principala axă de dezvoltare a energiei din biomasă solidă. Această evoluție este sprijinită de Comisia Europeană care și-a prezentat la începutul lunii noiembrie 2015 noile orientări în vederea reformei mecanismelor de susținere a energiilor regenerabile. Concret, Comisia pledează pentru o suprimare progresivă a tarifelor de achiziție în beneficiul altor instrumente de susținere, care să-i încurajeze pe producători să se adapteze la evoluția pieței. Aceste mecanisme alternative includ cereri de oferte, primele de răscumpărare care se adaugă la prețurile pieței și cotele care-i obligă pe furnizorii de energie să cumpere o anumită cantitate de regenerabile. Comisia precizează că această evoluție va trebui să se facă progresiv pentru a nu stopa investițiile.

Pr.3 - A1.7. Biomasa reprezentată de produsele agricole vegetale, ca sursă pentru producerea unei energii curate

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

- Livrabil/indicator de rezultat: studiu de interes național/I

Realizat: studiu de interes național/I transmis între parteneri și preluat în lucrări (Holistica impactului surselor regenerabile de energie asupra mediului și climei Vol. 2 : Biomasa solidă : sursă de energie curată, Power engineering advances and challenges: energy plantations value-added options, etc)

Pentru încadrarea unei surse de energie în categoria surselor regenerabile, aceasta trebuie să îndeplinească două condiții: să aibă potențial și să poată fi convertită în energie prin tehnologii accesibile momentului considerat. Conform datelor statistice, energia din surse regenerabile în România, a înregistrat pentru ultimile trei decenii o rată de creștere continuă medie anuală de minimum 2%, relativ ridicată. Balanța producerii de energie electrică din surse regenerabile în România, cuprinde energia eoliană (putere instalată circa 3100MW în decembrie 2017), energia fotovoltaică (putere instalată 1378 MW), microhidrocentrale sub 10 MW (putere instalată 588 MW) și biomasă (103 MW), la care trebuie adăugat și biogazul din combustibili regenerabili. Lemnul reprezintă încă un important combustibil energetic, atât pentru gospodăriile individuale, cât și pentru producerea de energie termică și electrică. Încă cu circa 10 ani în urmă s-a ridicat analiza respectării noțiunii de etică socială, pentru culturile destinate sectorului producerii de energie. S-a avut în vedere nu numai la unele producții de biomasă destinate îndeosebi hranei, ci și considerarea și integrarea noțiunii de perenitate a culturilor destinate energiei. Se are în vedere diferența enormă între perenitatea unui teren cultivat și cel încorporat de exemplu în helioferme sau parcuri eoliene. Perenitatea de 1 an a celor mai multe culturi agricole, permite și flexibilitate între producția de energie și respectiv de hrană. Reîmpăduririle sunt caracterizate de asemenea de un timp extrem de lung (de peste 30 de ani), încât această operațiune, pentru un viitor potențial de biomasă, nu poate fi considerată financiar de un agent economic, după părerea autorilor, reîmpăduririle rămânând în exclusivitate numai politicilor statale.

Culturile de salcie energetică sau de alte plante cu creștere rapidă sunt destinate suprafețelor de regulă necultivabile economic, acești combustibili rămânând a fi analizați numai sub aspectul eficienței financiare. Ministerul Agriculturii în ultimii doi ani a luat o poziție clară, de delimitare a culturilor exclusiv energetice numai pentru terenurile din afara sectorului cultivabil agricol. Ca urmare, suprafața cultivată cu salcie energetică astăzi în România este de numai circa 2500 ha, zonele dominante fiind în județele Covasna, Harghita, Brăila și Timiș. Tehnologiile „biomasă pentru energie” și „energie din reziduuri” reprezintă baza unor resurse energetice regenerabile, care concurează direct cu combustibilii fosili, de aceea dezvoltările viitoare în procese inovatoare, tehnologii și sisteme noi și eficiente poate ajuta și biomasa agricolă să pătrundă și să se dezvolte pe piața combustibililor energetici. În ansamblu, analizele demonstrează că România are un potențial ridicat pentru sursele regenerabile de energie. De asemenea, s-a acumulat și o experiență tehnologică deosebită. Producția de paie din România utilizabilă energetic variază între 2 și 7 milioane tone anual (s-a scăzut reutilizarea inclusiv în agricultură), valoarea energetică fiind de $736,58 \cdot 10^3$ tep. Pentru România, conform STRATEGIEI DE VALORIFICARE A SRE aprobată prin HG 1535-2003, ponderea biomasei agricole în producerea de energie va trebui să atingă cifra de 6,87%. Din acest punct de vedere, aportul paielor de cereale va avea un impact semnificativ. Paiele au o putere calorică ridicată (14 000 – 15 000 kJ/kg), asemănătoare lemnului și o umiditate redusă. Pentru eliminarea problematichilor legate de duritatea cenușii depuse în focar, la noi în țară s-a dezvoltat o tehnologie de ardere care permite prin controlul temperaturii ca cenușa să rămână friabilă și ușor de evacuat din focar. Arderea biomasei solide în tehnologia stratului fix sau mobil prezintă greutăți legate de realizarea unui debit masic necesar producerii unei puteri termice ridicate. Pentru puteri termice mai mari de 1000 kW, arderea în suspensie a biomasei reprezintă soluția de viitor. Se are în vedere în special biomasa lemnoasă reprezentată prin rumeguș, dar și prin tocătură (cu aplicație directă și la salcia energetică). Densificarea biomasei solide, realizată prin presare conduce la creșterea prețului, atât ca operație mecanică cât și ca urmare a reducerii umidității, dar avantajele asupra instalațiilor de ardere sunt total benefice. În afara paielor de cereale, se poate considera drept sursă energetică și porumbul și floarea soarelui. În România rezultă aproximativ 17 000 000 t tulpini de porumb și 2 000 000 t știuleți. Din aceste cantități până la maxim 40% se utilizează drept furaj, restul putând fi destinat utilizării în producția de energie. La floarea soarelui rezultă circa 1 800 000 t tulpini, din care cea mai mare parte poate fi destinată producției de energie. Corzile de viță de vie rezultate din operațiunile de curățare reprezintă circa 220 000 t, iar cantitatea de la curățarea livezilor circa 230 000 t.

Avantajele utilizării biomasei agricole în producerea de energie:

- scăderea cheltuielilor pentru spațiile de depozitare;
- obținerea de venituri prin vânzare;
- o dezvoltare a zonelor defavorizate și o ocupare rațională a forței de muncă.

Avantajele consumatorului de biomasă sunt:

- scăderea costurilor asociate cu combustibilul regenerabil față de folosirea combustibililor convenționali; de regulă, în România, biomasa agricolă s-a impus pentru producerea de energie termică;
- Reducerea cheltuielilor cu protecția mediului.

Pr. 1 - A1.8. Evoluția capacității instalate în surse regenerabile și a ponderii acestora în producția de energie

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

- Livrabil/indicator de rezultat: studiu de interes național/1; cecuri /2

Realizat: studiu de interes național/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); cecuri tip B/4

Analizând datele energetice, rezultă că producția de energie din surse regenerabile din țara noastră a evoluat după un curs ascendent. Astfel, la finele anului 2016, ponderea energiei din surse regenerabile a fost de 25,1 %, peste ținta asumată pentru anul 2020 de 24 % (raportat la energia consumată).

Conform datelor ANRE, la mijlocul anului 2016, aveau licență de funcționare 726 de producători E-SRE, cu o capacitate de producție de 4662,42 MW. Dintre acestea, biomasa reprezentând 105,99 MW.

Rezultă că biomasă reprezintă o resursă energetică pentru care în România pașii către atingerea potențialului sunt încă la început.

Referitor la biomasă, Parlamentul Uniunii Europene a impus ca 40 % din producția bioenergiei să provină din surse durabile, fără a afecta sau concura cu producția de alimente. Astfel, culturile energetice să nu afecteze pe cele destinate producției de alimente, ambele obiective, alimente și energie, să poată coexista.

La dezvoltarea sectorului bioenergetic și în general al energiei regenerabile a contribuit și politica economică concretizată prin certificatele verzi. Biomasa a intrat pe piața certificatelor verzi în anul 2009 cu un număr de circa 39 000 certificate, pentru ca în anul 2015 să atingă numărul de 1202663.

Datele prezentate în tabelul de mai jos evidențiază ponderea biomasei în puterea instalată în țara noastră:

Tip resursă	2008	2009	2010	2011	2012	2013
UM	MW	MW	MW	MW	MW	MW
Instalații eoliene	6,91	14,16	370,27	826,04	1822,04	2782,55
Instalații fotovoltaice		0,88	0,01	1,01	49,33	1022,04
Centrale hidroelectrice	40,41	74,36	75,94	380,84	425,64	530,03
Deșeuri agricole, forestiere	-	8,08	23,33	23,33	34,95	64,70
Plante energetice	-	-	-	-	2,47	13,02
Gaz de depozit	-	-	-	1,92	2,40	2,72
Biogaz	-	-	-	-	-	2,26
Gaz de fermentare	-	-	-	-	-	0,35
Total	47,31	97,47	469,55	1233,13	2336,82	4417,66

Pr. 4 - A1.9. Criterii de alegere a soluțiilor de stocare

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

- Livrabil/indicator de rezultat: studiu de interes național /1;

Realizat: studiu de interes național/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; Dynamic Simulation of a Stand-alone Photovoltaic/Battery Energy Storage System; Determination of the effective capacity of lead-acid batteries using the least squares method etc)

Stocarea energiei este o componenta importanta in asigurarea flexibilității si susținerea integrării surselor regenerabile de energie in sistemele energetice. Poate echilibra generarea electricității atât la nivel centralizat cat si distribuit, contribuind concomitent la sporirea securității energetice. Stocarea energiei completează managementul cererii de energie si producția flexibila astfel încât sa asigure un cadru complet pentru dezvoltarea rețelelor electrice. Stocarea energiei contribuie si la decarbonizarea altor sectoare ale economiei, prin facilitarea creșterii ponderii surselor regenerabile de energie, caracterizate de o puternica variabilitate, in domeniul transporturilor, construcțiilor si industriei. Prin urmare, stocarea energiei contribuie major la implementarea obiectivelor Uniunii Energetice, in special in domeniul piețelor interne si al reducerii emisiilor de dioxid de carbon. Pentru a permite ca stocarea energiei sa aibă un rol foarte important si in alte domenii ale economiei, se impune o abordare integrata. Exista mai multe mecanisme de sprijin a soluțiilor integrate pe piață, cum ar fi stocarea energiei electrice sub forma de combustibil gazos („Power to Gas”) sau includerea energiei regenerabile ca materie prima in industrie. Astfel este încurajată decarbonizarea mai multor sectoare ale economiei, fiind simultan create noi oportunități de desfacere a tehnologiilor de stocare. Progresul tehnologic accelerat al tehnologiilor specifice va continua, in special in cazul bateriilor, având ca scop principal reducerea costurilor, prin prelungirea duratei de viață, creșterea experienței de exploatare si a volumului producției. O puternica influenta se va resimți din partea pieței autovehiculelor electrice. Pe termen scurt, costurile aplicațiilor de acest tip nu se vor modifica semnificativ, însă se vor clarifica trendurile lor de evoluție. In contextul integrării unor cote tot mai mari de energie regenerabila, situația se schimba rapid la nivel continental si zonal. În viitor, sistemele de stocare vor completa managementul cererii de energie si rețelele inteligente. Modelele pe care le urmează producția de energie se schimba, ceea ce implica modificarea nu doar a funcțiilor pe care trebuie sa le îndeplinească sistemele de stocare, dar si a modalităților de utilizare a acestora astfel încât progresele din sfera electricității sa se reflecte si in decarbonizarea industriei si a transporturilor. Perspectivele de aplicare si potențialele beneficii ale integrării sistemelor de stocare sunt analizate intensiv in ultima perioada, îndeplinind funcții din domeniul calității energiei, protecția sistemelor energetice sau managementul energiei.

Având in vedere natura stohastică a energiei regenerabile, puterea la bornele centralei nu se suprapune cu

variația cererii, ceea ce implica diferite probleme tehnice și economice de exploatare a sistemelor electrice. Aceasta limitează creșterea ponderii surselor regenerabile în acoperirea cererii de energie. Stocarea energiei în perioadele în care producția regenerabilă abundă și folosirea ei când este necesar contribuie la translatarea în timp a cererii de energie și aplatizarea curbei de sarcină. Sistemele de stocare utilizate în acest domeniu trebuie să aibă timpi de descărcare de ordinul orelor, remarcându-se în acest sens sistemele de stocare cu aer comprimat, centralele hidroelectrice cu acumulare prin pompare, bateriile convenționale și cele în flux, dar și sistemele pe baza de hidrogen. În direcția unei economii cu emisii reduse de dioxid de carbon, obiectivul unei ponderi de cel puțin 27% energie regenerabilă, concomitent cu o eficiență energetică mai mare de 40% și o reducere cu mai mult de 40% a emisiilor de gaze cu efect de seră până în anul 2030 va reprezenta instrumentul principal în îndeplinirea prevederilor politicilor Uniunii Energetice. Aceasta presupune o creștere a ponderii energiei regenerabile în producerea de electricitate, de la 27% actualmente, la 50% la finele anului 2030 și extinderea electrificării în tot mai multe arii. O integrare economică avantajoasă a unei cantități mari de energie variabilă în sistem este un pas important într-o tranziție energetică reușită și exploatarea eficientă a grupurilor generatoare. Etapa de tranziție către noul sistem energetic trebuie privită deci ca oportunitatea de a optimiza rețeaua electrică, adaptând infrastructura existentă. Chiar dacă inițial vor fi necesare investiții, o bună planificare și implementarea unor tehnologii inovative va reduce costurile la nivel de sistem, în timp. Cadrul în care se dezvoltă stocarea energiei electrice se extinde într-un ritm accelerat. Deși anumite tehnologii de stocare sunt puternic cuplate cu câteva tipuri de centrale electrice, diversitatea acestora și cercetările din domeniu fac necesară considerarea a multiple criterii în selectarea unei soluții adecvate, care să răspundă corespunzător cerințelor la nivel de sistem. Principalele caracteristici ale unui sistem de stocare care trebuie avute în vedere sunt: energia specifică, densitatea energetică, puterea specifică și densitatea de putere, eficiența, durata de viață, numărul de cicluri suportate, rata de auto descărcare, costul specific al energiei, costul specific al puterii, aria de aplicabilitate, maturitatea tehnică și impactul asupra mediului. Cum preocupările în ce privește securitatea energetică și sustenabilitatea sunt intensificate în ultima perioadă, și numărul de amplasamente adecvate construirii centralelor hidroelectrice cu acumulare prin pompare precum și profitabilitatea lor s-au redus, se impune găsirea unor soluții noi. Una dintre alternativele viabile pentru aplicații la nivel de rețea este reprezentată de sistemele de stocare cu aer comprimat. O altă este bateria în flux, care, pe lângă performanțe mai bune, are și avantajul că nu mai depinde de amplasamentul geologic; totuși, costurile mai ridicate, impactul asupra mediului și considerentele de siguranță constituie un dezavantaj. Pilele de combustie au un potențial crescut pentru aplicații la scară mare, dar aspectele legate de durata lor de viață împiedică utilizarea lor extensivă.

Pr. 5 - A1.10 Algoritmi pentru diagnosticare și identificarea punctelor de defect în rețelele electrice cu ajutorul analizei statistice descriptive și inferențiale a datelor direct înregistrate din rețea

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 transmis între parteneri și preluat în lucrări (Solution to improve the quality of electricity in low voltage networks; Study of a System for Reducing Electricity Losses; etc)

Conectarea surselor solare și a celor eoliene la rețeaua electrică publică poate determina perturbații importante afectând calitatea energiei electrice din sistem. Funcționarea convertoarelor de frecvență aflate la interfața dintre sursa regenerabilă de energie și rețeaua electrică publică, în lipsa unui sistem eficient de limitare a distorsiunii curbei de curent electric (filtre de armonice, comandă PWM a invertoarelor) poate genera importante perturbații armonice care se vor regăsi în curba tensiunii în punctul comun de conectare (PCC). Pornirea și oprirea instalațiilor eoliene precum și caracteristicile lor specifice de funcționare determină perturbații sub formă de fluctuații de tensiune. De asemenea, variațiile rapide de putere, determinate de variații rapide ale puterii generate (datorită modificării irradiației solare) pot conduce la apariția de fluctuații de tensiune în punctul de conectare. Funcționarea imprevizibilă a surselor regenerabile de energie de puteri mari, în special în rețelele de medie tensiune poate conduce la variații importante ale tensiunii în PCC care pot să afecteze utilizatorii conectați în rețea. Algoritmii pentru diagnosticare permit a identifica părți din rețeaua electrică care sunt afectate de o defecțiune, pentru a le izola și a restabili o nouă schemă operațională:

- Auto-reparare: funcțiile asociate determină exact locația defectelor din rețea utilizând datele obținute de la echipamentele din rețea (ex: sistem centralizat din stația electrică). Automatizările implementate calculează cele mai eficiente planuri de realimentare a celor mai mulți utilizatori, în cel mai scurt timp. Acest lucru permite ca multe defecte simultane din rețeaua electrică să fie procesate simultan, ceea ce nu este posibil pentru un singur operator. În plus, analiza informațiilor, cum ar fi tensiunea și pierderile, sunt luate în considerare în calcul pentru a maximiza eficiența configurației de realimentare.

- Detectarea defecțiunilor în rețeaua de joasă tensiune: operatorul va afla date despre defecțiunile care afectează rețeaua de joasă tensiune prin intermediul testelor cu semnale de comunicație, efectuate la intervale de timp

stabilite, între contoare și sisteme centralizate de pe același fider. Operatorul va putea diagnostica originea defectului, de ex. deconectarea unei faze;

- Comunicația după apariția defectului: în cazul în care utilizatorul raportează un defect, operatorul poate verifica de la distanță contorul clientului și poate diagnostica situația; ar putea fi fie un defect fie în rețeaua electrică publică, fie la instalațiile ale utilizatorului.

În cazul rețelelor electrice având surse distribuite, defectele din rețea identificate cu ajutorul protecțiilor maxime de curent depind de punctul de conectare și de tipul și capacitatea surselor distribuite. În aceste rețele, direcția și amplitudinea curenților de scurtcircuit vor varia aproape continuu deoarece condițiile de funcționare ale unei rețele electrice cu surse distribuite se modifică atât datorită consumului, cât și datorită producției surselor regenerabile. Prin urmare, setările protecțiilor maxime de curent trebuie să considere modificările continue ale topologiei rețelei și amplasarea, tipologie și capacitatea surselor distribuite. Adaptarea setărilor s-ar putea face prin modificarea continuă a setărilor caracteristicilor releelor sau prin intermediul unui grup de setări. Protecția adaptivă poate fi privită ca o activitate online care modifică în timp util răspunsul protecțiilor la o schimbare a condițiilor sau cerințelor sistemului, prin intermediul unor semnale generate extern sau a unei acțiuni de control externe. Cerințele tehnice pentru o implementare practică a unui sistem adaptiv de protecție pentru o micro-rețea pot fi utilizarea releelor maxime de curent direcționale digitale, deoarece siguranțele fuzibile sau releele electromecanice nu prezintă flexibilitate în schimbarea setărilor de deconectare și nu au capacitatea de a detecta sensul curentului. Acestea ar trebui să aibă posibilitatea utilizării unor caracteristici de detectare a sensului curentului (mai multe grupuri de setări, de exemplu releele maxime de curent digitale moderne pentru joasă tensiune au 2-4 grupuri de setări), să poată fi parametrizate local sau de la distanță, în mod automat sau manual, să utilizeze infrastructura de comunicație nouă/existentă și protocoalele de comunicație standard (cum ar fi ca releele individuale să poată comunica și să facă schimb de informații cu calculatorul central sau între diferite releee individuale, rapid și fiabil garantând performanța cerută. Integrarea rutinelor de estimare a stării se poate face într-o configurație a sistemului de protecție care monitorizează starea de funcționare a surselor distribuite și stabilește un schimb de date corespunzător cu sistemul de protecții. Astfel, pot fi evaluate noile condiții de funcționare ale rețelei, poate fi analizată funcționarea sistemului de protecții și, dacă este necesar, setările protecțiilor pot fi adaptate. Algoritmul releului de protecție adaptivă este alcătuit din două blocuri: în timp real și în regim static. Blocul în timp real analizează starea reală a microrețelei, determinată prin măsurarea continuă a parametrilor microrețelei și detectează perturbații datorate caracteristicilor de deconectare implementate ale dispozitivelor de protecție. Când se detectează o stare de deconectare, algoritmul generează un semnal de deconectare de către protecție pentru acționarea întreruptorului respectiv. Blocul static utilizează datele de prognoză ale capacității surselor distribuite pentru a evalua selectivitatea caracteristicilor de deconectare pentru fiecare condiție nouă de funcționare și pentru a le adapta în consecință. Dacă adaptarea este reușită și condițiile la frontieră nu sunt încălcate, caracteristicile de deconectare ale releelor respective vor fi îndeplinite. Dacă nu există o soluție posibilă fără a încălca condițiile la limită, se va genera un semnal care va interzice acceptarea operației prevăzute de sistemul (descentralizat) de management al energiei. Pentru a obține informațiile necesare cunoașterii nivelului perturbațiilor induse de funcționarea instalațiilor regenerabile de energie în rețeaua electrică publică și pentru a asigura controlul încadrării în limitele impuse de avizul de racordare emis de operatorul de rețea se impune conectarea în PCC de analizoare de calitate a energiei electrice care să monitorizeze nivelul perturbațiilor electromagnetice, să transmită alarme la depășirea indicatorilor de calitate și să ofere datele necesare pentru implementarea eventualelor echipamente de limitare a perturbațiilor. Pentru a se asigura comparabilitatea datelor și obținerea unor rezultate relevante care să stea la baza deciziilor privind limitarea perturbațiilor determinate de funcționarea surselor regenerabile de energie, echipamentele de monitorizare trebuie să îndeplinească condiții specifice. Trebuie să fie de clasă A, procedura de măsurare să corespundă normelor internaționale și să fie îndeplinite condițiile de montare și de prelucrare a datelor conform normelor europene. Nivelurile măsurare ale perturbațiilor electromagnetice trebuie să se încadreze în limitele stabilite prin normativele în vigoare.

Pr. 4 - A1.11. Analiza tehnologiilor inovative de decarbonare prin metanizare

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

- Livrabil/indicator de rezultat: tehnologie/1

Realizat: tehnologie/1 transmis între parteneri și preluat în lucrări (Analysis of a PEMFC System for Automotive Applications; SWOT analysis of decarbonization through methenization process, etc)

Politicile energetice au drept obiective principale, recunoscute la nivel mondial, scăderea consumului de energie, sporirea siguranței în alimentare și protejarea mediului ambiant. Îndeplinirea acestora, respectând deopotrivă conceptele dezvoltării durabile, este posibilă prin susținerea dezvoltării unor tehnologii viabile de exploatare a surselor regenerabile de energie, ceea ce permite creșterea ponderii energiei produse din surse

ecologice în satisfacerea cererii. În consecință, emisiile de dioxid de carbon și alte gaze cu efect de seră ce provin din industria energetică sunt reduse corespunzător. Există diferite posibilități de stocare a acestui surplus energetic: o stocare directă a energiei electrice poate fi realizată, de exemplu, cu supercapacitoare și cu stocarea superconductoare a energiei magnetice (SMES). Prin utilizarea centralelor de acumulare cu pompă, energia electrică este transformată în energie potențială. O comparație a tehnologiilor de stocare descrise în ceea ce privește capacitatea lor de stocare și timpul lor caracteristic de încărcare/descărcare este prezentat în figura 16. O cerință esențială pentru tehnologiile de stocare este o capacitate de stocare ridicată combinată cu perioade mari de încărcare/evacuare. Numai purtătorii chimici de energie secundară, cum ar fi hidrogenul și combustibilii pe bază de carbon (SNG), îndeplinesc această cerință. Tehnicile de stocare, cum sunt volantele și bateriile, sunt puternic limitate în ceea ce privește capacitatea și durata de încărcare. Pe lângă ciclul de încărcare și descărcare mare, eficiența procesului este o altă caracteristică importantă. Figura 17 ilustrează pierderile de eficiență ale unui procedeu tipic Power-to-Gas.

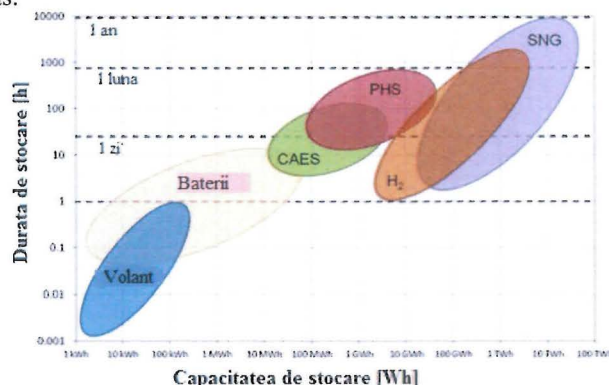


Figura 16. Comparație a tehnologiilor de stocare

Legendă: CAES - stocarea energiei în aer comprimat, PHS - stocare hidrolică pompată, SNG – gaz natural sintetic.

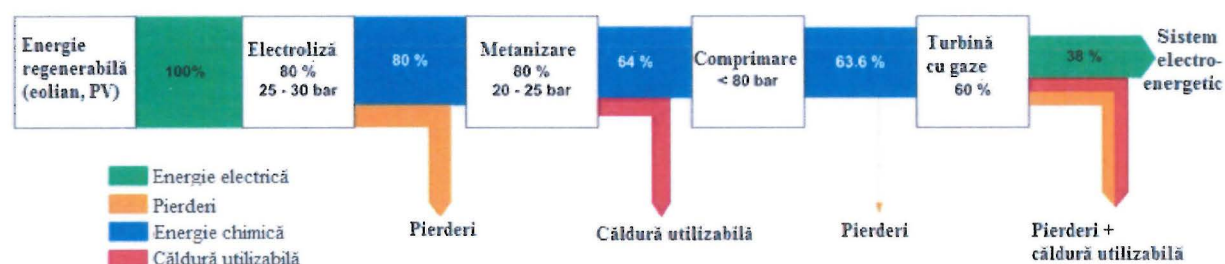


Figura 17. Diagrama Sankey pentru tehnologia Power-to-Gas de stocare a energiei

Decarbonatarea sau decarbonizarea reprezintă procesul de reducere a emisiilor de compuși gazoși pe bază de carbon rezultate în urma unui proces. Deșidecarbonatarea sistemului energetic mondial este relativ lentă (0,3% pe an), tendința a persistat în ultimele două secole. Metanizarea în contextul tehnologiei Power-to-Gas - La modul general, Power-to-Gas este o tehnologie care convertește puterea/energia electrică în combustibil gazos și s-a dezvoltat în ultimii ani ca o soluție pe termen lung la surplusul de energie regenerabilă. Această abordare promițătoare va îndeplini un rol important în ceea ce privește stocarea energiei regenerabile, din moment ce abordează două probleme de interes major: stabilitatea rețelei electrice în situațiile în care sunt implicate cu preponderență sursele regenerabile și transformarea energiei regenerabile în combustibili gazoși prin utilizarea CO sau CO₂.

Clasificarea reactoarelor pentru metanizarea catalitică în funcție de profilul de temperatură: a. Reactoare adiabatice. Reactoarele adiabatice în pat fix fără sistem de răcire prezintă un profil de temperatură aproape adiabatic, cu un spot fierbinte la nivelul patului și cu temperaturi de ieșire ridicate; b. Reactoare izotermice. Reactoarele în pat fluidizat și cele pentru metanizare în sistem cu trei faze sunt reactoare izotermice. Procesul are loc la o temperatură care asigură transformarea completă a CO sau a CO₂; Reactoarele politropice sunt reactoare în pat fix răcite și reactoare structurate. Acestea au de obicei un spot fierbinte aproape de intrarea în reactor.

Importanța catalizatorilor în procesele de metanizare - Temperatura mare de reacție și catalizatorii sensibili constituie principalele motive pentru care metanizarea este considerată un proces greu de controlat. Un catalizator bun, pe lângă proprietatea de disociere a apei cu formare de oxigen și hidroxid - intermediari reactivi adsorbiți pe suprafața catalizatorului - ar trebui să fie capabil și să rupă legătura C-C, în special în cazul

deschiderii inelelor aromatice. Intermediarii reactivi adsorbiți se pot combina cu fragmente de compuși organici și să formeze CO și CO₂, în timp ce eliberarea atomilor de hidrogen adsorbiți duce la formarea de molecule de hidrogen.

Pr. 2 - A1.12 Potențialul energetic al zonelor urbane pentru sistemele solare hibride recuperative termofovoltaice

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

- Livrabil/indicator de rezultat: model conceptual/I

Realizat: model conceptual /I transmis între parteneri și preluat în lucrări (Modeling of Photovoltaic Panels; Over Grid Connection of Large Photovoltaic Power Plants in Romania; Spatial assessment of solar energy potential at global scale. a geographical approach, etc)

Energia din surse regenerabile este inepuizabilă și se prezintă sub diferite forme : eoliană, hidroenergie, din intemperii, lumina și căldura solară, temperatura pământului și biomasa. Avantajul major al acestuia este dat de nu se produce dioxid de carbon și nu apar nici reziduuri atomice. În ultima perioadă s-a pus accent pe acest gen de energie datorită faptului că reduce dependența de combustibili fosili importati și efectul de seră a scăzut semnificativ. Conform Uniunii Europene, energia regenerabilă trebuie să sustină 20% din consumul de energie până în anul 2020. În acest scop statele membre trebuie să utilizeze energia regenerabilă în încălzire-răcire, electricitate și transport. Avantajele utilizării surselor regenerabile sunt date de costuri reduse în exploatare și de faptul că sunt nepoluante și au un rol important în dozarea rațională a resurselor epuizabile. Importanța sursele regenerabile este dată de creșterea siguranței în alimentarea cu energie precum și de vastă utilizare plan local și național al acestuia.

- Energie solară: rata de creștere este de aproximativ 32.6 % în perioada 1971 - 2000
- Energie eoliană: în România energia eoliană a atins în anul 2014 o capacitate de 2.954 MW, ridicându-se la 2,976 MW în anul 2015.
- Bioenergie: până în anul 2050 pe plan mondial se estimează o medie de 450EJ ceea ce este reprezentată o creștere mult mai mare decât cererea totală actuală de energie în plan mondial.
- Energie geotermală: reprezintă o sursă de energie regenerabilă importantă pentru multe țări (cel puțin 58 de țări: 39 pot fi alimentate 100% din energie geotermală, 4 cu mai mult de 50%, 5 cu mai mult de 20% și 8 cu mai mult de 10 %).

În ceea ce privește radiația solară, ecartul lunar al valorilor de pe teritoriul României atinge valori maxime în luna iunie (1.49 kWh/ m²/zi) și valori minime în luna februarie (0.34 kWh/ m²/zi). În următorul tabel se regăsește durata medie orară de strălucire a soarelui la ora 12 (11.30 – 12.30).

Tehnologia termofotovoltaică se bazează pe conversia radiației termice a unei surse de căldură, în energie electrică, folosind celule fotovoltaice. Celulele termofotovoltaice (TPV) se compun dintr-o sursă emitoare de căldură, care poate avea la bază orice tip de combustibil, filtre care adaptează radiația transmisă la spectrul absorbit de celulele fotovoltaice, un sistem de focalizare a radiației pe celule fotovoltaice (oglinzi) și sistemul receptor de celule fotovoltaice. Creșterea randamentului sistemului termofotovoltaic poate fi obținută prin folosirea unor celule fotovoltaice cu performanțe (randamente) ridicate. Pretul unui astfel de sistem poate fi diminuat dacă se folosesc celule performante cu dimensiuni mici, către care este concentrată radiația emitentă cu ajutorul unor oglinzi. Aceasta metodă poate conduce, însă, la supraîncălzirea celulelor. Soluția optimă este reprezentată de o geometrie a sistemului care să ofere un maxim de performanță la un cost minim

Pr. 4 - A1.13. Analiza comparativă a soluțiilor de stocare

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

- Livrabil/indicator de rezultat: studiu de interes național/I

Realizat: studiu de interes național/I transmis între parteneri și preluat în lucrări (Dynamic simulation of a stand-alone photovoltaic/battery energy storage system; Model predictive control application for a battery energy storage system in a wind power plant; Energy Storage at Different Voltage Levels - Case studies from selected countries - Romania and Italy, etc)

Stocarea energiei electrice reprezintă soluția care permite nu doar creșterea eficienței generării energiei folosind tehnologii regenerabile, dar și separarea în timp și spațiu a producției și consumului. Astfel, se facilitează tranziția către sistemele distribuite și se îmbunătățesc performanțele la nivel de sistem. Tehnologiile de stocare a energiei electrice se referă la procesele de conversie a energiei dintr-o formă în alta, cel mai frecvent electrică, într-o formă ce poate fi stocată în diverse medii, pentru a fi ulterior transformată din nou în energie electrică spre a fi utilizată atunci când este necesar.

Deși potențialele beneficii ale instalării sistemelor de stocare a energiei electrice sunt recunoscute pe scară largă atât din punct de vedere al operatorului de sistem, cât și al consumatorului, câteva provocări semnificative se interpun utilizării acestora, mai ales privitor la modalitatea de alegere a tehnologiei de stocare adecvate satisfacerii cerințelor sistemului energetic sau cum se pot reduce costurile la o valoare acceptabilă pentru implementarea lor în sistem, mai ales când este vorba despre tehnologii aflate în dezvoltare.

Perspectivile utilizării instalațiilor de stocare a energiei electrice în exploatarea sistemelor energetice sunt favorabile conform ultimelor statistici, cu aplicații specifice fiecărui tip de tehnologie și caracteristicilor acestora referitoare la calitatea energiei, schemele de protecții și managementul energiei. Orice instalație de stocare integrată într-un sistem funcționează în trei regimuri: încărcare, stocare și descărcare. Durata fiecărui regim, intervalul de comutație specific și eficiența sa sunt determinate de restricțiile la nivel de sistem. Înaintea instalării oricărui dispozitiv de stocare în rețeaua electrică, trebuie stabilite cerințele pe care acesta trebuie să le satisfacă, precum și marja puterii și capacității nominale.

Este evident faptul că nicio tehnologie de stocare a energiei electrice nu poate satisface individual toate cerințele unui sistem electroenergetic. Selecția indicatorilor reprezentativi ai sistemelor de stocare se bazează pe evaluarea diferitelor caracteristici ale lor în raport cu cerințele sistemului în care se urmărește implementarea acestora. Dintre indicatorii reprezentativi menționăm: densitatea de putere și energie; puterea și energia specifică masică; timpul de răspuns; capacitatea nominală; timpul de descărcare la puterea nominală (figura 18); eficiența unui ciclu încărcare/descărcare; rata de autodescărcare; durata de viață; costul specific al puterii și energiei; timpul de stocare; numărul de cicluri suportate; eficiența în procesul de descărcare.

Dimensionarea dispozitivelor de stocare este un factor important pentru multe aplicații. Pentru o anumită cantitate de energie, cu cât densitatea de putere și energie crește, cu atât se reduce volumul sistemului de stocare necesar. Majoritatea bateriilor, volanții în mișcare și celulele cu combustibil au valori medii ale densităților de putere și energie. Sistemele de stocare cu acumulare prin pompare și cele cu aer comprimat sunt caracterizate de o densitate de putere și energie scăzută, deci sunt utilizate în principal în sisteme de stocare statice și necesită rezervoare de mari dimensiuni pentru a se preta aplicațiilor la nivel de rețea.

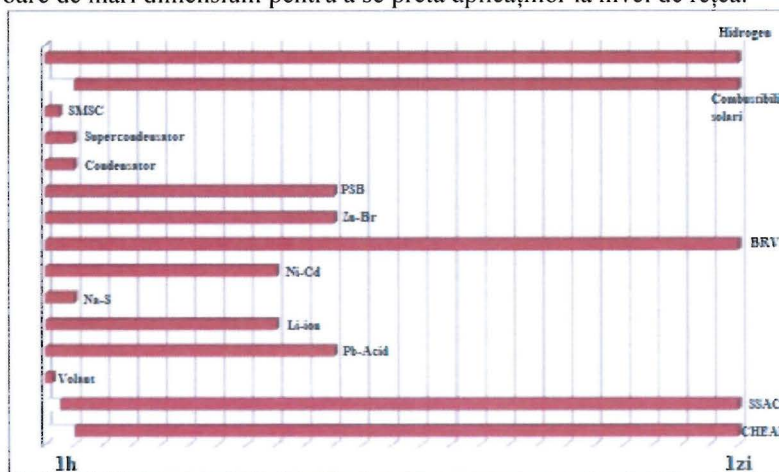


Figura 18. Timp de descărcare la puterea nominală

Condensatoarele și super-condensatoarele au densități mari de putere, dar scăzute de energie. Pilele redox au densități de putere și energie mai scăzute decât ale bateriilor convenționale, dintre care cele mai larg utilizate pentru caracteristicile lor deosebite sunt bateriile cu ioni de Li. Datorită timpului de răspuns rapid, condensatoarele, super-condensatoarele și sistemele magnetice super-conductoare sunt potrivite utilizării în domeniul calității energiei. Valorile medii ale densităților de putere și energie califică volanții în mișcare, bateriile convenționale și pilele redox pentru a gamă largă de utilizări.

Un criteriu similar este reprezentat de energia și puterea specifică, este adesea utilizat pentru a compara diferite tehnologii. Dispozitivele cu timp de răspuns scurt, cum sunt condensatoarele sau și volanții în mișcare au o putere specifică mare și o energie specifică redusă. În schimb, combustibilii au un timp de răspuns redus și sunt caracterizați de o energie specifică ridicată și o putere specifică mică.

Eficiența unui ciclu se definește drept raportul dintre energia electrică la bornele sistemului și energia "consumată" inițial. În funcție de tipul sistemului de stocare, pierderile pot surveni din diferite cauze (mecanice, ohmice sau chimice). Majoritatea tehnologiilor utilizate la scară comercială (centralele hidroelectrice cu acumulare prin pompare, volanți în mișcare, toate bateriile, condensatoarele și super-condensatoarele, sistemele magnetice super-conductoare, sistemele cu aer comprimat, celulele cu combustibil) au eficiențe scăzute, sub 60%, dar se fac cercetări spre creșterea acestor valori prin diverse metode.

Rata de auto-descărcare reprezintă procentul de energie care se disipă, sub formă de căldură, pierderi de presiune sau electrochimice. Aceasta reprezintă unul dintre criteriile pe baza căruia se stabilește durata adecvată

de stocare. Centralele hidroelectrice cu acumulare prin pompare, instalațiile cu aer comprimat, bateriile cu NaS, pilele redox, celulele cu combustibil și combustibilii solari au rate foarte mici de auto-descărcare zilnică, deci pot fi utilizate pentru stocare pe termen lung. Pentru perioade medii, de ordinul zilelor, se folosesc tehnologii care au procentul de autodescărcare în intervalul 0,03-5%, ca majoritatea bateriilor convenționale. Sistemele magnetice super-conductoare, volanții în mișcare, condensatoarele și super-condensatoarele au rate foarte mari de auto-descărcare zilnică, ajungând chiar să se descarce complet în mai puțin de câteva ore.

Durata de viață și numărul de cicluri suportate reprezintă alți doi factori ce afectează costul total al investiției și se definesc drept numărul de ani, respectiv de cicluri încărcare/descărcare suportate fără a-și deteriora caracteristicile de putere, energie sau eficiență. Valori scăzute ale acestora determină o creștere a costurilor de mentenanță și înlocuire. Din cauza deteriorării componentelor chimice, majoritatea bateriilor suportă un număr redus de cicluri încărcare/descărcare comparativ cu sistemele mecanice sau electrice. Maturitatea fiecărei tehnologii se reflectă asupra riscurilor tehnice și economice asociate implementării. Soluțiile aflate în stadiul de dezvoltare sunt realizabile din punct de vedere tehnic și prezintă un potențial ridicat în ce privește instalarea în viitoare sisteme de stocare a energiei; deși sunt disponibile pe piață nu sunt utilizate pe scară largă. Costurile sistemelor de stocare sunt în scădere, ca urmare a preocupărilor continue de cercetare în domeniu, ceea ce implică și o trecere relativ rapidă a diferitelor tehnologii de stocare dintr-o categorie într-alta a maturității tehnice. Acestea includ investiția efectivă în echipamente, dar și costurile de mentenanță și exploatare.

Deși unele sisteme necesită inițial investiții scăzute costurile antrenate pe parcursul operării sunt ridicate; costurile specifice ale puterii și energiei pot avea valori foarte diferite, după cum și puterile și energiile specifice diferă.

În funcție de caracteristicile specifice ale fiecăreia dintre tehnologiile de stocare disponibile pe piață sau în actuală dezvoltare, aria lor de aplicabilitate diferă. Stocarea energiei electrice are un rol extrem de important în optimizarea utilizării energiei prin decuplarea în timp a producției și consumului.

Pr. 4 - A1.14 Analiza comparativă a soluțiilor de producere a hidrogenului prin electroliză

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

- Livrabil/indicator de rezultat: studiu de interes național/1

Realizat: studiu de interes național/1 transmis între parteneri și preluat în lucrări (Presentation of the HORESEC project; HORESEC - Un proiect de succes, etc)

Studiul evaluează comparativ performanțele ecologică, financiară, socială și tehnică a 19 metode de producere a hidrogenului, dintre care 3 metode electrochimice: sistem alcalin, sistem PEM și sistem SOE. Sursele energetice: electrice, termice, fotonice, electro-termice, foto-biochimice și electrofotonice sunt elementele primare de energie ale acestor metode selectate. Sursele de hidrogen ale acestor metode sunt: apa, biomasa și combustibilii fosili. Au fost utilizate șase criterii pentru comparare: Potențialul de încălzire globală (GWP), potențialul de acidifiere (AP), costul social al carbonului (SCC), costul de producție și eficiențele energetică și exergetica.

Comparatia privind metodele de producere a H₂ fata de sursele lor energetice și materiale.

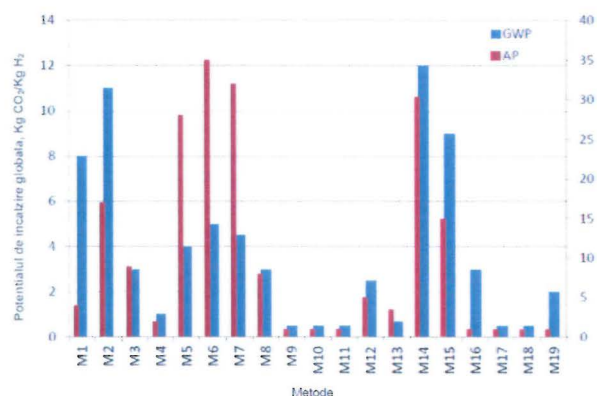
Cod	Metoda	Sursa		Descriere
		Energie primara	Material	
M1	Electroliza alcalina / PEM	Electrica	Apa	Energia electrica este direct folosita pentru disocierea apei in H ₂ si O ₂
M2	Arc de plasma		Fosil	Gazul atural curat este trecut prin arc de plasma pentru a genera H ₂
M3	Termoliza	Termica	Apa	Descompunerea termica a vaporilor de apa la temperaturi > 2500K
M4	Disociere apa		Apa	Reactii chimice ciclice avand ca rezultat disocierea apei in H ₂
M5	Conversie Biomasa		Biomasa	Conversie termochimica
M6	Gazeificare biomasa			Conversia apei in syngaz
M7	Reformare biomasa			Conversia biomasei lichide in H ₂
M8	Electroliza fotovoltaiica	Foton	Apa	Panouri PV sunt utilizate pentru a genera electricitate

M9	Fotocataliza			Apa este disociata in H ₂ prin utilizarea perechilor electron-gol generate de fotocatalizator
M10	Metode fotoelectrochimice			Celula hibrida care produce simultan curent si tehsiune prin absorbtia luminii
M11	Fermentarea anaeroba la intuneric	Biochim	Biomasa	Sisteme biologice utilizate pentru a genera H ₂ in absenta luminii
M12	Electroliza SOE	Electrica +Termica	Apa	Energia electrica si termica utilizate impreuna pentru disociere la temperaturi ridicate
M13	Reformare termochimica hibrida			Energia electrica si termica utilizate impreuna pentru a conduce reactiile chimice ciclice
M14	Gazeificarea carbunelui		Fosil	Conversia carbunelui in syngaz
M15	Reformarea combustibililor fosili			Combustibilii fosili sunt convertiti la H ₂ si CO ₂
M16	Biofotoliza	Foton + Biochim	Biomasa + Apa	Sisteme biologice (ex. microbi, bacterii) sunt utilizate pentru a genera H ₂
M17	Fotofermentatia			Procese de fermentare activate prin expunere la
M18	Fotosinteza artificiala			Sisteme chimice proiectate pentru a simula fotosinteza in scopul henerarii H ₂
M19	Fotoelectroliza	Electric + Foton	Apa	Energia electrica din surse externe si fotoelectrozi sunt utilizate pentru a disocia apa in procesul de

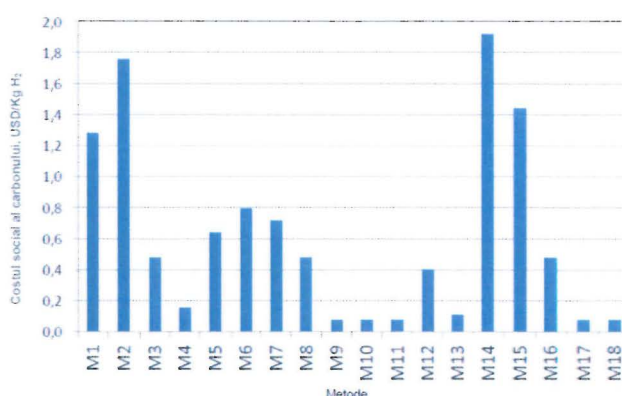
Date comparative privind specificatiile tehnice ale sistemelor de electroliza alcalina, PEM și SOE

Specificatia	Electroliza alcalina	Electroliza PEM	Electroliza SOE
Maturitatea tehnologica	Comercial	Demo	R&D
Temperatura de lucru (°C)	60-80	50-80	800-1000
Presiunea de operare (bar)	15-30	15-30	15-30
Densitatea de curent (A/cm ²)	0.1-0.4	0.5-2.2	0.2-0.9
Potentialul electric pe celula (V)	1.7-2.3	1.7-2.1	0.9-1.2
Densitatea de putere (W/cm ²)	Max. 1.0	Max. 4.4	-
Eficienta electrica (%)	60-80	60-75	80-85
Consumul energetic (kWh/Nm ³)	4.3-6.8	4.3-7.3	2.0-3.5
Productia de hidrogen (Nm ³ /h)	700-800	15-25	-
Timpul de maxim exploatare al stackului (ore)	<90000	<20000	<40000
Timpul de maxim exploatare al sistemului (ani)	20-30	10-20	-
Puritatea hidrogenului (%)	>99.8	99.999	-
Raspuns pornire la rece (min)	15	<15	>60

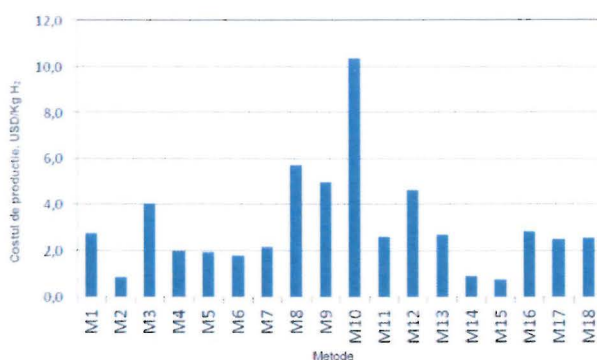
Comparatii privind impactul de mediu, costul social al carbonului, costurile de productie si eficienta proceselor de obtinere a hidrogenului



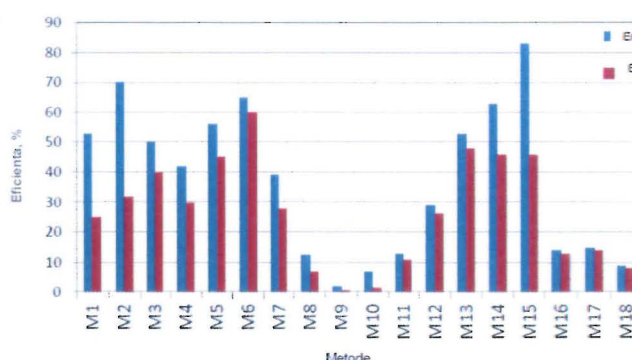
Comparatia privind impactul de mediu



Comparatia privind costul social al carbonului



Comparatia privind costurile de productie



Comparatie privind eficienta procesului

Pr. 5 - A1.15 Model conceptual al sistemului energetic pentru maximizarea producției de energie

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

- Livrabil/indicator de rezultat: studiu de interes național/I

Realizat: studiu de interes național/I transmis între parteneri și preluat în lucrări (Integration of renewable energy sources using generation expansion planning; Deterministic approach for generation and transmission expansion planning; A deterministic approach for generation expansion planning optimization; Power Engineering: Advances and Challenges Part B: Electrical Power: Electricity Markets Operation with Renewable Energy Sources, etc)

Puterea instalată în Sistemul Energetic Național (SEN), figura 19, la data de 01.01.2018 a fost de 24738 MW, cu 24 MW mai mare decât cea instalată la data de 01.01.2017, creștere foarte mică, determinată, în principal, de evoluția puterii instalate în surse regenerabile (centrale electrice eoliene – creștere de 5 MW, centralele electrice fotovoltaice - creștere de 4 MW).

O problemă importantă în sistemul electroenergetic este asigurarea continuității în alimentare. Consumatorii trebuie alimentați în orice condiții pentru a evita penalizările aferente nealimentării lor. Planificarea investițiilor în unități generatoare și linii de transport (G&TEP) este necesară deoarece infrastructura rețelei îmbătrânește și consumul crește. Sursele regenerabile sunt de obicei construite în zone în care viteza vântului sau radiația solară este cea mai bună.

Puterea instalată în diferite tipuri de centrale [MW]

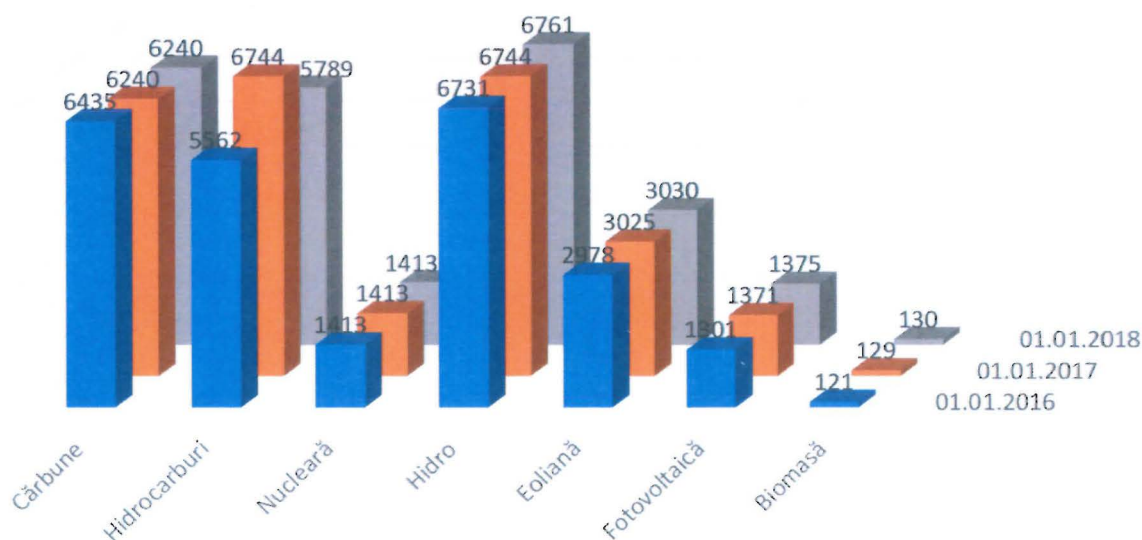


Figura 19. Puterea instalată în diferite tipuri de centrale [MW], 2016-2018

Funcția obiectiv (FOB) a modelului matematic minimizează costurile de generare, costurile aferente deconectării consumatorilor și investiția în construcția de noi linii de transport și unități generatoare. Modelul matematic G&TEP este prezentat în cele ce urmează. Acesta poate fi modificat de operatorul de sistem astfel încât să poată satisface cerințele și nevoile oricărei alte rețele ce solicită investiții în unități generatoare de orice tip și în noi linii de transport. În cadrul acestei probleme se consideră noi unități generatoare ce pot fi construite, figura 20, tipul acestora fiind eolian (WPP₃, WPP₇, WPP₂₀, WPP₂₁, WPP₂₂, WPP₂₃ și WPP₂₄). Liniile ce pot fi construite sunt l₆, l₁₁, l₁₃, l₁₉ și l₂₆. Pentru acest caz s-au considerat două condiții de operare. Bugetele considerate pentru problema G&TEP sunt 25 mil. € pentru noile linii de transport cu 250 mil. € pentru noile unități generatoare, 50 mil. € cu 500 mil. €, 75 mil. € cu 750 mil. € și 100 mil. € cu 1000 mil. €. Analizând figura 21 se poate observa construcția noilor linii de transport. În figura 22 sunt ilustrate noile unități generatoare și capacitatea acestora.

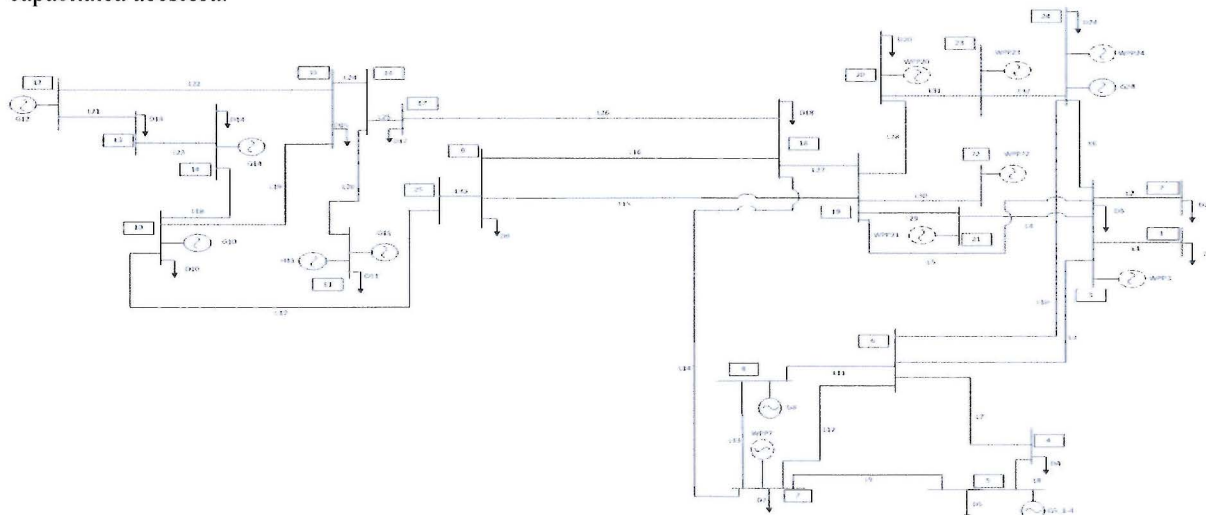


Figura 20. Rețea analizată pentru maximizarea producției de energie din surse regenerabile

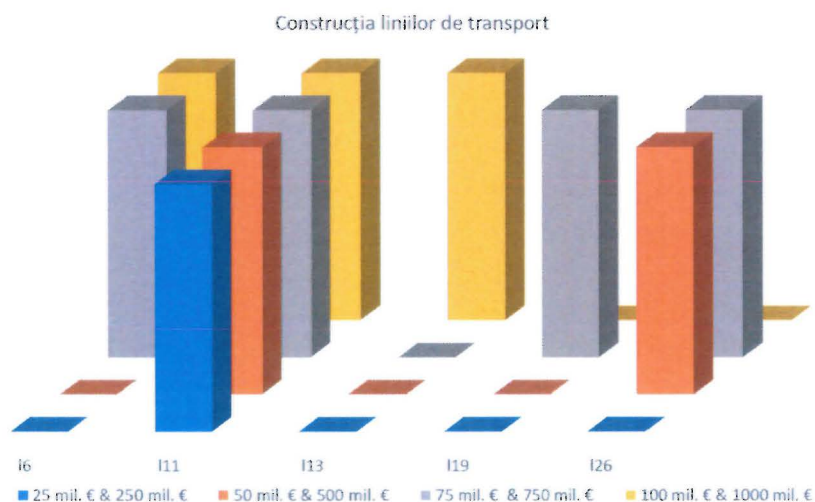


Figura 21. Construcția liniilor de transport pentru cele patru bugete considerate



Figura 22. Capacitatea noilor unități generatoare – soluția optimă

Pr. 2 - A1.16 Studiul fluxurilor energetice la variațiile consumului local

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 (Blockchain and smart metering towards sustainable prosumers: Smart agent to optimize recharge of electric vehicles (evs) into smart cities; etc)

Microrețelele sunt compuse din capacități de generare la scară mică, surse regenerabile de energie, sisteme de stocare a energiei electrice și utilizatori controlabili. Microrețeaua poate funcționa ca un singur sistem controlabil conectat la rețeaua de distribuție sau izolat.

Funcționarea unei microrețele depinde de identificarea funcțiilor de bază pe care trebuie să le îndeplinească precum și condițiile care trebuie îndeplinite la interfața cu rețeaua de distribuție publică. Microrețeaua analizată este compusă dintr-un motor termic, un sistem fotovoltaic, un sistem de stocare electrochimic, sarcini critice și întreruptibile. Ca rezervă este considerat un generator clasic și o unitate de stocare de dimensiuni mici.

Se pot defini, pentru fiecare dintre elemente, stările posibile de funcționare. În special au fost identificate elemente și stările lor de funcționare sunt descrise în tabelul 1.

Tabelul 1

Posibile stări de funcționare ale elementelor rețelei

Element	Nr. de stări posibile	Stări posibile
Convertor de interfață C_i	3	ON flux de putere ca $\rightarrow$ cc ON flux de putere cc $\rightarrow$ ca OFF
Sistem de stocare a energiei (baterie)	3	Încărcat Parțial încărcat Descărcat
Convertor al bateriei C_B	3	ON flux de putere baterie $\rightarrow$ rețea cc ON flux de putere rețea cc $\rightarrow$ baterie OFF
Grup Diesel	3	ON OFF Rezervă caldă
Flux de putere cc $\leftrightarrow$ Sarcină	2	Flux de putere cc $\rightarrow$ Sarcină Flux de putere Sarcină $\rightarrow$ cc

Starea în care se află sistemul electric la un moment dat este dată de combinația de stări ale elementelor din rețeaua la tensiune continuă la momentul respectiv. Din punct de vedere pur matematic, considerând subdivizarea din tabelul 1 rețeaua la tensiune continuă ar avea numeroase condiții diferite de funcționare, date de produsul dintre numărul de stări ale fiecărui element; totuși, cea mai mare parte a acestora corespunde condițiilor de funcționare inacceptabile sau necorespunzătoare. Este posibil a evidenția patru stări ale sistemului ce pot fi

considerate utile pentru această analiză, dintre care una de funcționare în paralel cu rețeaua electrică la tensiune alternativă și trei de funcționare în insulă (figura 23).

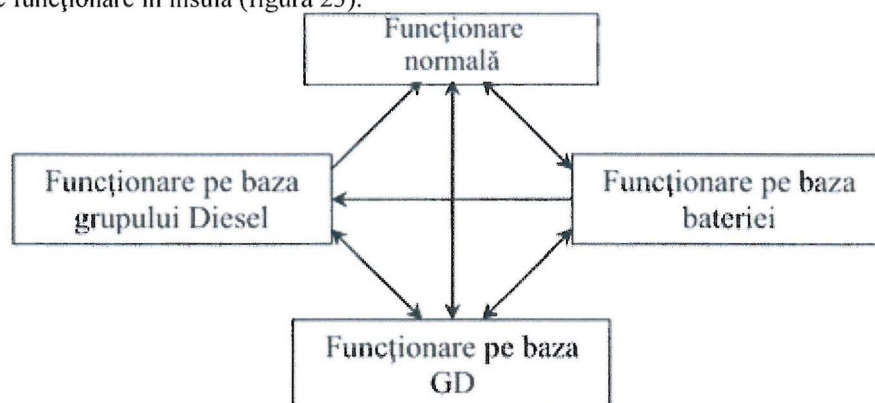


Figura 23. Posibile tranziții de funcționare de la o stare la o altă stare

Funcționarea optimă necesită folosirea la maxim a resurselor interne și minimizarea costurilor de funcționare pentru alimentarea consumului. Microrețeaua analizată este ilustrată în figura 24. Microrețeaua include unități de generare locale (o sursă fotovoltaică și un motor termic), un sistem de stocare electrochimic, o sarcină critică și o sarcină întreruptibilă. Controllerul microrețelei poate participa la piața de energie electrică, ca vânzător sau cumpărător de energie electrică.

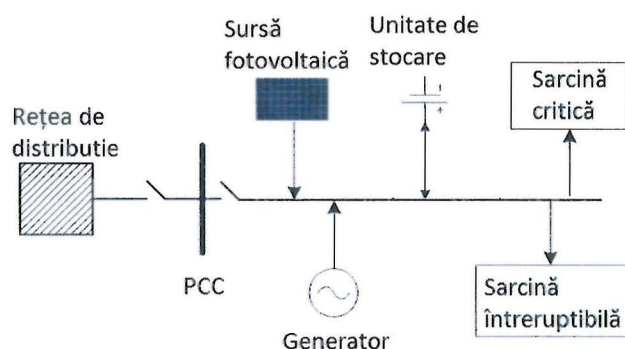


Figura 24. Structura microrețelei

Variații producției de energie electrică pentru acoperirea consumului este ilustrată în figura 25.

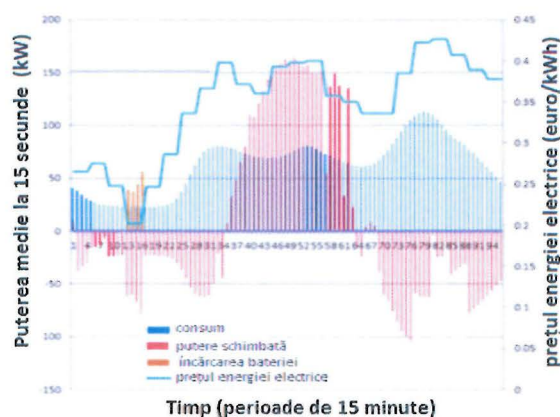


Figura 25. Variația puterii produse pentru acoperirea variației consumului

Pr. 2 - A1.17 Stabilire logică de control a sistemelor de conversie de putere

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 (Blockchain and smart metering towards sustainable prosumers: Modeling and control of a low power wind turbine; PSCAD simulation and experimental validation of a synchronous generatorbased wind turbine generator, etc)

În cazul funcționării în paralel cu rețeaua de 50 Hz, surplusul de putere este injectat în rețea, în timp ce în funcționarea în insulă excesul de putere generată în comparație cu sarcina determină o creștere a tensiunii.

În cazul dispozitivelor interconectate la un sistem la tensiune alternativă, relația de legătură între variația puterii active produse și frecvență trebuie implementată în controlul convertoarelor de interfață a surselor regenerabile, precum și un sistem de control a tensiunii.

Schemă de control Master/Slave. Această schemă de control este aplicată în cazul mai multor convertoare funcționând în paralel. Un convertor reglează tensiunea iar curentul electric rezultat aferent acestui convertor definește curentul de referință al celorlalte unități. Prin urmare, acest convertor master se comportă ca sursă de tensiune iar celelalte convertoare ca surse de curent. Această schemă prezintă avantajul că implementarea sa necesită un algoritm simplu de control a componentelor, însă modularitatea sistemului este redusă (sunt necesare cabluri de legături, un control ierarhic superior, comunicații etc).

Schemă de control Multi-master În acest caz comunicațiile și cerințele de cablaj ar putea fi evitate când convertoarele își setează intern puterile instantanee active și reactive. În acest caz se folosesc funcțiile de statism putere reactivă/tensiune și putere activă/frecvență pentru controlul convertoarelor (figura 26). În acest caz controlul ierarhic superior furnizează statismul și valorile de consemn de frecvență și tensiune în regim static de funcționare. În cazul acestei scheme se folosesc valorile de frecvență și tensiune măsurate local în cadrul rețelei.

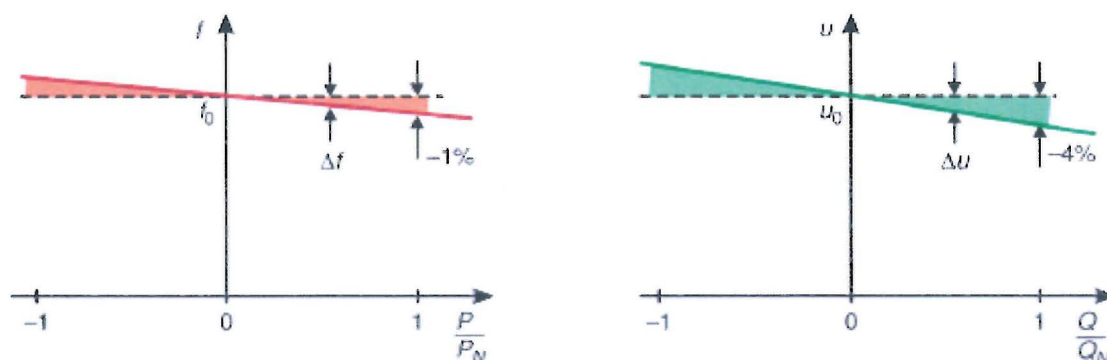


Figura 26. Schemă de control cu funcții de statism

Această schemă are un caracter redundant ridicat și nu necesită comunicații ridicate. Totuși, orice modificare a unghiului de defazaj dintre cele două tensiuni determină o circulație de putere activă iar orice diferență între valorile efective ale tensiunii va determina o circulație de putere reactivă. În cazul mai multor convertoare funcționând în paralel, mici diferențe între tensiuni (ale modulului și unghiului de fază) determină circulația unor curenți electrici importanți. Aceste deviații sunt determinate și de erorile de măsură ale senzorilor, valorilor de consemn și, prin urmare, sunt necesare metode de control precise.

Trecerea de la un mod de funcționare la altul se poate realiza în mod natural, fără a determina în rețea regimuri tranzitorii deosebit de mari sau bruște, pentru controlul cărora este necesar un sistem de supraveghere care coordonează acțiunile diferitelor dispozitive. Acest lucru se datorează faptului că diversele dispozitive au întotdeauna un control în curent de valoare impusă chiar și atunci când acestea acționează ca surse de tensiune. În acest caz, de fapt, sistemul de reglaj controlează curentul, și astfel puterea produsă de dispozitiv, astfel încât să mențină constantă valoarea tensiunii pe bară în cc, realizând la fiecare moment echilibrul între puterea absorbită și puterea generată; în această etapă dispozitivul se comportă ca un generator de curent controlat în tensiune.

Pr. 2 - A1.18. Tehnici avansate de diagnosticare online pentru verificarea capacității surselor

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 (Simulation of a small scale renewable energy system; Modelling and control of a DC motor, etc)

Aspectele legate de prognoza producției surselor regenerabile au devenit deosebit de importante odată cu creșterea ponderii energiei electrice obținută din acestea. Incertitudinea privind producția este una dintre

difficultățile majore privind conducerea sistemului electroenergetic de către operatorul de sistem, cu efecte negative asupra securității sistemului și a performanțelor economice ale acestuia.

Energia generată de o instalație fotoelectrică poate fi estimată pe baza cunoașterii potențialului energetic local, a caracteristicilor panourilor utilizate și având în vedere prognoza metereologică (zile senine și zile cu nori). Având în vedere variabilitatea condițiilor de iluminare a panourilor fotoelectrice și a diferenței relativ mari între condițiile ideale și cele reale, evaluarea energiei generată într-un an se poate face numai cu aproximație.

Prognoza resurselor de vânt se bazează pe modele complexe în care mărimile de intrare sunt datele meteorologice locale, datele istorice privind vitezele vântului, caracteristicile locale de teren. Incertitudinea datelor introduse în modelele de calcul face ca erorile de prognoză să se situeze în limitele 25% ... 40% fiind mai mari odată cu creșterea orizontului de timp pentru prognoză.

Sunt utilizate prognoze pe termen scurt, pe termen mediu și pe termen lung. Pentru prognozele pe termen scurt (următoarele ore, 1...2 zile) sunt utilizate metode fizice și metode statistice sau o combinație a acestora. De asemenea, sunt propuse metode de prognoză bazate pe tehnici de inteligență artificială: rețele neurale, logica fuzzy, algoritmi genetici. Acuratețea rezultatelor obținute, în toate cazurile, depinde de veridicitatea datelor istorice de intrare aflate la dispoziție privind viteza vântului.

Metodele fizice de prognoză se bazează pe modele privind dinamica atmosferei și a straturilor de aer, pe cunoașterea particularităților locale și a înălțimii la care este amplasată turbina eoliană. Dezvoltarea unor metode fizice de predicție necesită profunde cunoștințe privind dinamica atmosferei plecând de la un set amplu de date obținute din sistemul de carioaj utilizat de meteorologi. Programele de calcul construite pe acest principiu trebuie să fie corectate în funcție de condițiile locale, trebuie să fie îmbunătățite pe baza datelor din amplasament și calibrate în funcție de valorile reale ale vitezei vântului.

Metodele statistice se bazează pe cunoașterea unui set de valori și evaluarea valorii prognozate.

Măsurătorile din rețea, precum și datele provenite de la senzorii din rețea reprezintă un volum mare de informații, a căror utilizare va crește performanța rețelei electrice, în special în privința deciziilor de investiții (dezvoltarea rețelei și cuantificarea calității alimentării consumatorilor). Pentru ca datele colectate să fie utilizate eficient, funcțiile de asociere a datelor colectate de la instalațiile din rețea și din rapoartele meteorologice trebuie implementate pentru a crea un istoric de date și pentru a determina capacitatea surselor. Volumul semnificativ de informații necesită implementarea de soluții pentru procesarea acestui volum mare de date.

Funcțiile de dispecerizare în rețelele electrice cu surse distribuite includ informațiile disponibile instantaneu referitoare la situația rețelelor, consum și producție, provenite de la senzori și instrumente de aproximare a stării echipamentelor, cunoașterea în prealabil (cu o oră înainte) a restricțiilor pe termen scurt determinate de calculul prognozei producției și consumului. Aceasta este o funcție cheie pentru a garanta siguranța funcționării rețelei. Datele primite de la diferite surse din rețeaua electrică sunt analizate și utilizate optim. Această funcție este dezvoltată pentru a oferi operatorului o imagine de ansamblu asupra rețelelor de MT și JT. Aceasta face posibilă determinarea limitelor și a defectelor în rețeaua de MT, precum și posibilitatea gestionării alarmelor. Se utilizează senzori și instrumente de aproximare a stării. Senzorii sistemului de contorizare avansată (AMI) sunt capabili să furnizeze indicații precise privind starea rețelei electrice de JT (defecțiuni) sau calitatea alimentării cu energie electrică (respectând nivelele de tensiune). Alți senzori de tensiune și putere sunt instalați în anumite stații electrice de distribuție vulnerabile (ponderea surselor regenerabile de energie sau vehicule electrice, creșteri de tensiune, etc.). Datele măsurate sunt comunicate dispeceratului regional prin canalele de comunicație existente (AMI sau alte sisteme de telecomunicații) după o soluționare inițială la nivel local.

Optimizarea funcționării rețelelor electrice prin utilizarea informațiilor disponibile din rețea are drept obiective:

- controlul dinamic al tensiunii pentru a permite surselor regenerabile de energie să aibă o producție maximă prin influențarea consumului sau generării de putere reactivă a surselor regenerabile de energie; acționarea asupra condensatoarelor (din stațiile electrice primare și din rețea) pentru a compensa scăderea tensiunii; modelarea consumului și producției pentru a modifica profilului de tensiune de-a lungul fiderilor de MT și JT;
- minimizarea pierderilor tehnice: determinarea stării generale a rețelei, estimarea pierderilor tehnice și elaborarea soluțiilor constând în noi scheme de funcționare

Realizarea condițiilor impuse privind menținerea parametrilor în nodurile în care sunt conectate surse regenerabile de energie și participarea acestora la menținerea parametrilor la nivelul stabilit, depinde de performanțele tehnice ale grupurilor generatoare. Dacă acestea dispun de un reglaj on-line al factorului de putere (între 0,9 inductiv și 0,9 capacitiv) atunci este posibilă asigurarea tensiunii în limitele admise. Dacă se admite conectarea de grupuri cu factor de putere fix, apare riscul ca pe durata funcționării, dacă în rețea nu există alte mijloace de reglare a tensiunii, să apară intervale de timp în care tensiunea iese din banda admisă (mai ales în cazul unor reconfigurări ale schemei rețelei electrice sau la modificări de regimuri ale sursei regenerabile de

energie. De asemenea, sursele de reglare a puterii reactive pentru controlul factorului de putere în punctul comun de cuplare a surselor regenerabile pot avea un rol important.

Regimul specific de funcționare a surselor regenerabile de energie corelat cu puterea activă utilizată local, poate conduce la situații în care nu mai sunt respectate criteriile de stabilitate ca urmare a imposibilității preluării întregii producții de către rețeaua electrică. Pentru fiecare nod se poate determina o putere maximă ce poate fi generată de sursele regenerabile de energie care să asigure încadrarea în banda admisă de tensiune și de încărcare a elementelor de rețea. Independent de probabilitatea redusă (sub 3%) de realizare a puterii maxime (instalate) în centralele bazate pe surse regenerabile este necesară verificarea condițiilor pentru rețeaua cu toate elemente în funcțiune.

Creșterea ponderii surselor regenerabile în sistemele electroenergetice va conduce la modificarea importantă a graficului de producție pentru celelalte tipuri de surse de energie electrică. Producția maximă a surselor fotovoltaice în orele din mijlocul zilei poate determina apariția unui gol de producție pentru celelalte surse de energie electrică în aceste ore.

Dezvoltarea parcurilor din surse regenerabile, de dimensiuni mari, poate avea o influență importantă asupra condițiilor de funcționare a sistemelor electroenergetice. Deoarece cele mai multe dintre instalațiile regenerabile actuale sunt conectate la rețeaua electrică prin intermediul convertoarelor de frecvență, determinând decuplarea sursei de rețeaua electrică, masa inerțială a sistemului se reduce (convertoarele de frecvență nu prezintă inerție), scade curentul electric de scurtcircuit în nodurile din sistem și deci rigiditatea acestora, scade energia cinetică stocată în masele în mișcare rotativă a mașinilor, scade timpul de răspuns la defecte din sistem (prin limitarea amortizărilor determinate de grupurile rotative).

Indicatori de rezultat			
Tipul indicatorilor	Denumirea indicatorilor	UM/an	Valoare
Indicatori de rezultat	Articole publicate in reviste indexate ISI	Nr.	1
	Articole acceptate in reviste indexate ISI	Nr.	1
	Articole in evaluare in reviste indexate ISI	Nr.	0
	Articole publicate in reviste indexate in baze de date internationale	Nr.	1
	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.	2
	Brevete (sau cereri de brevet) Internationale	Nr.	0
	Participari conferinte	Nr.	85
	Carti	Nr.	2
	Capitole de carte	Nr.	4
	Produce	Nr.	0
	Produce Informatic	Nr.	0
	Tehnologii	Nr.	0
	Servicii	Nr.	0
	Servicii Informatic	Nr.	0
	Studii	Nr.	0
	Alte Rezultate	Nr.	0

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 sustinute prin program, inclusiv resursa umana nou angajata:
Asumate prin proiect complex: 14
Realizate: 10**

124	Partener 3 proiect complex (P3) - UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN BUCURESTI	NU	Nume: CIUPAGEANU Prenume: Dana-Alexandra	2930614340939	Doctorand	Membru-Doctorand (nou)
125	Partener 3 proiect complex (P3) - UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN BUCURESTI	NU	Nume: SIMA Prenume: Alexandra-Catalina	2930702440055	Doctorand	Membru-Doctorand (nou)
126	Partener 3 proiect complex (P3) - UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN BUCURESTI	NU	Nume: DRAGNE Prenume: Mihai-Ionel	1901107521694	Doctorand	Membru-Cercetator (nou)
127	Partener 3 proiect complex (P3) - UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN BUCURESTI	NU	Nume: IARCU Prenume: Elena-Adriana	2910411151937	Doctorand	Membru-Doctorand (nou)
128	Partener 3 proiect complex (P3) - UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN BUCURESTI	NU	Nume: STANESCU Prenume: Laura-Alexandra	2910813460020	Doctorand	Membru-Doctorand (nou)
129	Partener 3 proiect complex (P3) - UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN BUCURESTI	NU	Nume: POPA Prenume: Mihai-Andrei	1930729440037	Doctorand	Membru-Doctorand (nou)
130	Partener 1 proiect complex (P1) - INSTITUTUL DE GEOGRAFIE	NU	Nume: VRINCEANU Prenume: Alexandra-Roxana	2941066430011	Doctorand	Membru-Doctorand (nou)
131	Coordonator proiect complex (CO) - UNIVERSITATEA MARITIMA DIN CONSTANTA	NU	Nume: GHEORGHIU Prenume: Ion-Alexandru	1940417450057	Doctorand	Membru-Doctorand (nou)

Număr posturi noi cercetători: 7

Posturi vacante (care nu le includ pe cele noi): 0

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

Cecuri tip B:

Categorie: Vizită de lucru Cercetători cu experiență

Denumire: vizite de lucru pentru cercetătorii cu experiență

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: 03/09/2018 - 05/09/2018

S-a desfășurat un schimb de experiență pentru cunoașterea potențialului științific al fiecărui partener. D-l Lazaroiu a transmis din experiența sa pentru a îmbunătății competențele beneficiarului referitor la tehnologiile inovative de decarbonatare.

Cecuri tip B:

Categorie: Vizită de lucru Cercetători cu experiență

Denumire: vizite de lucru pentru cercetătorii cu experiență

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: 03/09/2018 - 05/09/2018

S-a desfășurat un schimb de experiență pentru cunoașterea potențialului științific al fiecărui partener. D-l Mihăescu a transmis din experiența sa pentru a îmbunătății competențele beneficiarului referitor la tehnologiile inovative pentru sisteme solare hibride recuperative termo-fotovoltaice.

Cecuri tip B:

Categorie: Vizită de lucru Cercetători cu experiență

Denumire: vizite de lucru pentru cercetătorii cu experiență

Instituția Ofertantă: Partener 6 proiect complex (P6) - UNIVERSITATEA TEHNICA DIN CLUJ - NAPOCA

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

Perioada: 25/09/2018 - 28/09/2018

S-a desfășurat un schimb de experiență pentru cunoașterea potențialului științific al fiecărui partener. D-l Lazaroiu a transmis din experiența sa pentru a îmbunătății competențele beneficiarului referitor analiza critică a controlului descentralizat și la analiza modelelor de interfețe pentru sistemele de conversie de putere și logicilor de control.

Cecuri tip B:

Categorie: Vizită de lucru Cercetători cu experiență

Denumire: vizite de lucru pentru cercetătorii cu experiență

Instituția Ofertantă: Partener 2 proiect complex (P2) - UNIVERSITATEA "ȘTEFAN CEL MARE" DIN SUCEAVA

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

Perioada: 25/09/2018 - 28/09/2018

S-a desfășurat un schimb de experiență pentru cunoașterea potențialului științific al fiecărui partener. D-l Lazaroiu a transmis din experiența sa pentru a îmbunătății competențele beneficiarului referitor analiza critică a controlului descentralizat și la analiza modelelor de interfețe pentru sistemele de conversie de putere și logicilor de control.

DIRECTOR PROIECT,

