

STUDIU DE FEZABILITATE EMERGE



Tipul documentului:
STUDIU DE FEZABILITATE

Titlul studiului:

**ANALIZĂ DE OPORTUNITATE PENTRU ÎNFIINȚAREA UNEI COMUNITĂȚI DE
ENERGIE ÎN CADRUL COMUNEI BUTENI**

Studiu realizat cu sprijinul Innovation Norway, contract de finanțare 2024/392551

**Proiect: EMERGE Romania – Împuternicirea Comunităților pentru Tranziția
Energetică către Neutralitatea Carbonului în România**

**ROMÂNIA
2025**

Foaie de Semnături

<u>PARTENER</u>	<u>RESPONSABIL PROIECT</u>	<u>SEMNĂTURA</u>
S.C. ENERGY ADVISOR S.R.L.	Dr. ing. Alexandru MUREȘAN Manager Energetic pentru Localități Atestat Nr 0203/18.05.2022	
<u>ECHIPA DE IMPLEMENTARE</u>		
S.C. ENERGY ADVISOR S.R.L.	Dr.ing.Ioan-Dacian Jurj	
S.C. ENERGY ADVISOR S.R.L.	Drd. Mircea Lăncrăjan	
S.C. ENERGY ADVISOR S.R.L.	Prof. Dr.ing.mat.Dan Doru Micu	
S.C. ENERGY ADVISOR S.R.L.	Conf.Dr.ing. Andrei Ceclan	
S.C. ENERGY ADVISOR S.R.L.	Conf.Dr.ing. Levente Czumbil	
S.C. ENERGY ADVISOR S.R.L.	Drd. Laura Neacșu	
<u>PARTENER</u>	<u>Responsabil Proiect</u>	<u>Semnătura</u>
UNIVERSITATEA POLITEHNICA TIMIȘOARA	Conf.dr.ing. Attila SIMO	
<u>ECHIPA DE IMPLEMENTARE</u>		
UNIVERSITATEA POLITEHNICA TIMIȘOARA	Conf.dr.ing. Florin MOLNAR-MATEI	
UNIVERSITATEA POLITEHNICA TIMIȘOARA	Conf.dr.ing. Alexandru BĂLOI	
UNIVERSITATEA POLITEHNICA TIMIȘOARA	Șl.dr.ing. Ioan BORLEA	
<u>COORDONATOR PROIECT</u>	<u>RESPONSABIL PROIECT</u>	<u>SEMNĂTURA</u>
ACADEMIA DE STUDII ECONOMICE BUCUREȘTI	Dr. Corina MURAFĂ	

Beneficiar

Primăria Buteni

Primar
Mircea Braiti

Semnătura

Data
24.02.2025

CUPRINS

CUPRINS	3
LISTA DE FIGURI	5
LISTA DE TABELE	7
1. Informații generale privind obiectivul de investiții	8
1.1 Denumirea obiectivului de investiții.....	8
1.2 Ordonator principal de credite/investitor.....	8
1.3 Ordonator de credite (secundar/terțiar).....	8
1.4 Beneficiarul investiției.....	8
1.5 Elaboratorul studiului de fezabilitate.....	8
2. Situația existentă și necesitatea realizării proiectului de investiții.....	8
2.1 Concluziile studiului de fezabilitate	8
2.2 Prezentarea contextului.....	9
2.3 Analiza situației existente, identificarea deficiențelor și oportunităților	16
2.3.1 Obiectivele specifice ale metodologiei.....	16
2.3.2 Gradul tehnologic de pregătire al comunității de a devenii comunitate de energie.	19
2.3.3 Analiza interacțiunii comunității Buteni cu rețeaua națională.....	24
2.3.4 Autosuficiența energetică a comunității	24
2.3.5 Consumul Anual net	25
2.3.6 Consumul Iarna net total.....	27
2.3.7 Consumul Primăvara net total	28
2.3.8 Consumul Vara net total	28
2.3.9 Consumul Toamna net total.....	29
2.3.10 Capacitatea de producție existentă	29
2.4 Analiza cererii de bunuri și servicii	31
2.5 Obiective preconizate a fi atinse prin realizarea investiției	36
3. Identificarea, propunerea și prezentarea de scenarii și opțiuni tehnico-economice pentru realizarea obiectivului de investiții.....	37
3.1 Analiza Teoretică - Scenariul 1: Analiza capacității de producție instalată și contractată	37
3.1.1 Producția anuală netă	38
3.1.2 Analiza comparativă a consumului și producției anuale.....	40
3.2 Scenariul 2 - Creșterea capacității fotovoltaice și instalarea unei capacități de stocare centralizate.....	44

3.3 Scenariul 2.1: Instalarea unei centrale electrice fotovoltaice care să acopere integral consumul de energie anual pentru CE Buteni.....	55
3.4 Scenariul practic – etapa II	64
3.4.1 Scenariul A.....	67
3.4.2 Scenariu B	69
3.4.3 Scenariul C	73
3.4.4 Analiză Comparativă a Scenariilor A, B și C.....	77
3.4.5 Analiză Comparativă.....	78
3.5 Conceptul de Virtual Net Metering (VNM) pentru Comuna Buteni	79
3.5.1. Considerații preliminare	79
3.5.2. Principiul de funcționare al Virtual Net Metering (VNM)	80
3.5.3. Soluții de realizare a VNM pentru comunitățile energetice	80
3.5.4. Soluție de realizare a VNM pentru comuna Buteni	83
3.5.5. Studiu de caz	87
4. Modelarea unei structuri juridice pentru implementarea unei comunități de energie în proiectul pilot Buteni	89
Concluzii.....	94

LISTA DE FIGURI

Figura 1 Consumul Anual Net pentru comunitatea Buteni	25
Figura 2 Ponderea sezonieră a consumului de energie electrică raportată la valoarea totală anuală pe tip de consumator	26
Figura 3 Ponderea sezonieră a consumului de energie electrică raportată la valoarea totală anuală pe tip de consumator	26
Figura 4 Ponderea consumului pe tip de consumator în satul Buteni	27
Figura 5 Consumul Net Iarna pentru comunitatea Buteni.....	27
Figura 6 Consumul Net Primăvara pentru comunitatea Buteni	28
Figura 7 Consumul Net Vara pentru comunitatea Buteni	28
Figura 8 Consumul net Toamna pentru comunitatea Buteni.....	29
Figura 9 Producția netă energie electrică pentru comunitatea Buteni nivel lunar.....	30
Figura 10 Producție/Consum pentru comunitatea Buteni nivel lunar	30
Figura 11 Evoluția prețului la energie.....	33
Figura 12 Evoluția prețului la energie.....	34
Figura 13 Nivelul de taxare la nivel European.....	35
Figura 14 Evoluția prețului la energie.....	35
Figura 15 Consum lunar de energie în comunitatea Buteni	36
Figura 16 Producția anuală de energie electrică.....	38
Figura 17 Energie produsă la nivel orar timp de un an	39
Figura 18 Ponderea sezonieră raportată la total	39
Figura 23 Comparatie Consum/Producție anuală net în CE Buteni.....	42
Figura 20 Grad de autosuficiență raportat la cantitatea netă de energie produsă și consumată în CE Buteni	42
Figura 26 Analiză comparativă consum - producție în scenariul în care parcul PV alimentează doar consumatori casnici	43
Figura 22 Exemplu date statistice orare	45
Figura 23 Curba sintetica de consum orar, CE Buteni	46
Figura 29 Profil orar de consum și producție la nivel CE Buteni	47
Figura 30 Profile orare de consum și producție la nivel CE Buteni.....	48
Figura 31 Ponderea momentelor de export vs. import calculata la nivel orar pe parcursul unui an calendaristic.....	48
Figura 32 Cantități lunare de energie importata și exportata la nivelul CE Buteni.....	49
Figura 33 Fluxul orar de energie tranzitat prin baterie, scenariul 100%.....	51
Figura 34 Fluxul orar de energie tranzitat prin baterie, toate scenariile.....	52
Figura 35 Fluxul lunar de energie tranzitat prin baterie, scenariul 100%	53
Figura 36 Evoluția ciclurilor de încărcare - descărcare a capacității de stocare, scenariu 100%	53
Figura 37 Evoluția ciclurilor de încărcare - descărcare a capacității de stocare, scenariu 100%	54
Figura 38 Propunere parc fotovoltaic pentru acoperirea integrala a consumului net anual în CE Buteni	56
Figura 39 Propunere schemă electrică simplificata.....	57
Figura 40 Curba de producție anuală energie electrică a CEF CE Buteni	57
Figura 41 Analiză comparativă consum/producție.....	58

Figura 42 Analiză comparativă la nivel de lună a consumului și a producției de energie electrică în CE Buteni.....	58
Figura 43 Evidențierea surplusului de energie produsă de sistemul PV	59
Figura 44 Evoluția energiei înmagazinată în baterii pe o durată 1 an.....	60
Figura 45 Evoluția ciclurilor de încărcare - descărcare a capacității de stocare, scenariu 100%	60
Figura 46 Numărul de descărcări complete la nivel lunar.....	61
Figura 47 Situația consumului și a producției de energie electrică – scenariu A.....	67
Figura 48 Situația consumului și a producției de energie electrică – scenariu B	69
Figura 49 Situația previzionată a consumului și a producției de energie electrică – scenariu B	70
Figura 50 Situația previzionată a consumului și a producției de energie electrică cu reducerea importului – scenariu B	71
Figura 51 Reprezentarea fluxului de energie în capacitatea de stocare propusa.....	71
Figura 52 Situația consumului și a producției de energie electrică – scenariu C	73
Figura 53 Situația previzionată a consumului și a producției de energie electrică – scenariu C	73
Figura 54 Reprezentarea fluxului de energie în capacitatea de stocare propusa.....	74
Figura 55 Situația previzionată a consumului și a producției de energie electrică – scenariu C	75
Figura 56 Sistem VNM centralizat – prezentare generală	81
Figura 57 Sistem radial de VNM – prezentare generală	82
Figura 58 Sistem intrare-ieșire de VNM – prezentare generală	82
Figura 59 Sistem intrare-ieșire de VNM – schema electrică monofilară	83

LISTA DE TABELE

Tabel 1 Informații financiare UAT BUTENI.....	20
Tabel 2 Grad de adopție contorizare digitală (smart metering energie electrică)	20
Tabel 3 Prosumatori Rezidențiali/Comerciali/Clădiri Publice	21
Tabel 4 Locuri de consum energie	22
Tabel 5 Consum de energie termică	22
Tabel 6 Unități de stocare.....	22
Tabel 7 Numărul de clădiri publice și clasa energetică.....	23
Tabel 8 Matricea suport - Poziționarea Tehnologică a Comunității	24
Tabel 9 Consum energie electrica la nivelul satului Buteni	24
Tabel 11 Producția și consumul de energie în CE Buteni	41
Tabel 12 Ponderea energiei verzi consumate în scenariul în care se consideră că parcul PV alimentează un singur tip de consumator	43
Tabel 13 Cantități Import/Export CE Buteni	49
Tabel 14 Soluție Stocare Propusă.....	51
Tabel 15 Valorile necesare aferente scenariilor	54
Tabel 16 Lista de cantități pentru Scenariul 3	56
Tabel 17 Valoare capacitate baterie	62
Tabel 18 Analiză comparativă scenarii	63
Tabel 19 Scenariu A – putere instalată fotovoltaice 400 kWp.....	68
Tabel 23 Scenariu B – putere instalată fotovoltaice 1200 kWp.....	70
Tabel 24 Soluție de stocare propusa în Scenariul B.....	71
Tabel 25 Date generale la nivel anual scenariul B	72
Tabel 26 Analiză capacitate de stocare zilnică.....	72
Tabel 27 Scenariu C – putere instalată fotovoltaice 2100 kWp.....	73
Tabel 28 Soluție de stocare propusa în Scenariul C.....	74
Tabel 29 Date generale la nivel anual scenariul C	75
Tabel 30 Analiză Putere de Încărcare Disponibilă scenariul C.....	75
Tabel 31 Analiză Capacitate de Stocare Zilnică	76
Tabel 32 Analiză scenarii prezentate (A, B, C).....	78
Tabel 33 Exemplificare distribuție credite cazul 1	85
Tabel 34 Exemplificare distribuție credite cazul 2.....	86
Tabel 35 Exemplificare distribuție credite cazul 2.....	87
Tabel 36 Distribuție credite Comuna Buteni.....	88
Tabel 37 Distribuție credite Comuna Buteni.....	88

- **Informații generale privind obiectivul de investiții**

1.1 Denumirea obiectivului de investiții

REALIZAREA UNEI COMUNITĂȚI DE ENERGIE

1.2 Ordonator principal de credite/investitor

COMUNA BUTENI

Adresă: Piața Eroilor, Nr. 1, Buteni

Oraș / Țară: Buteni, Arad, România

Website: <https://buteni.ro/>

Tel: +40257320129

Email: registratura@buteni.ro

1.3 Ordonator de credite (secundar/terțiar)

Nu este cazul.

1.4 Beneficiarul investiției

PRIMĂRIA COMUNA BUTENI

1.5 Elaboratorul studiului de fezabilitate

P1 - S.C. Energy Advisor S.R.L., reprezentată prin Dr. Ing. Alexandru MURESAN

Echipa

Dr.ing. Ioan-Dacian Jurj

Drd. Mircea Lăncrănjan

Prof. Dr.ing.mat. Dan Doru Micu

Conf.Dr.ing. Andrei Ceclan

Conf.Dr.ing. Levente Czumbil

Drd. Laura Neacșu

P2 - Universitatea Politehnica Timișoara, reprezentată prin:

Conf.dr.ing. Attila SIMO

Conf.dr.ing. Florin MOLNAR-MATEI

Conf.dr.ing. Alexandru BĂLOI

Șl.dr.ing. Ioan BORLEA

- **Situația existentă și necesitatea realizării proiectului de investiții**

2.1 Concluziile studiului de prefezabilitate

Nu a fost realizat un studiu de prefezabilitate.

2.2 Prezentarea contextului

Proiectul EMERGE – Romania

Proiectul **EMERGE** (**EM**powering Communities for **EneRGy** Transition towards Carbon **NE**utrality in **Romania**) are ca obiectiv principal dezvoltarea comunităților energetice în România, prin cooperarea cu Norvegia, pentru a susține tranziția către surse regenerabile de energie și a optimiza integrarea acestora în rețeaua națională. În România, numărul de prosumatori (persoane sau entități care produc și consumă energie) a crescut rapid, depășind capacitatea instalată a celor două reactoare nucleare de la Cernavodă, generând provocări tehnice și sociale pentru rețeaua de distribuție. Această situație a condus la o scădere a calității energiei electrice și la pierderi mai mari în rețea. În acest context, a apărut conceptul de „prosumator vulnerabil”, referindu-se la prosumatorii care nu pot beneficia pe deplin de energia produsă local din cauza limitărilor tehnice ale rețelei de distribuție.

Consortiul EMERGE:

PP - Academia de Studii Economice București reprezentată de Lector Dr. Corina MURAFĂ

P1 - S.C. Energy Advisor S.R.L., reprezentată prin Dr. Ing. Alexandru MURESAN

Echipa

Dr.ing. Ioan-Dacian Jurj

Drd. Mircea Lăncrănjan

Prof. Dr.ing.mat. Dan Doru Micu

Conf.Dr.ing. Andrei Ceclan

Conf.Dr.ing. Levente Czumbil

Drd. Laura Neacșu

P2 - Universitatea Politehnica Timișoara, reprezentată prin:

Conf.dr.ing. Attila SIMO

Conf.dr.ing. Florin MOLNAR-MATEI

Conf.dr.ing. Alexandru BĂLOI

Șl.dr.ing. Ioan BORLEA

P3 - Smart Innovation Norway, reprezentată prin Manuela Frete

P4 - Primăria Municipiului Alba Iulia, reprezentată prin Primar Gabriel Pleșa

P5- Primăria Buteni, reprezentată prin Primar Mircea Brait

P6- Primăria Crucea, reprezentată prin Primar Iulian Tudorache

Proiectul EMERGE propune crearea de comunități energetice ca soluție pentru a echilibra producția și consumul de energie la nivel local, reducând astfel presiunea asupra rețelei și îmbunătățind calitatea energiei. Pentru a atinge acest obiectiv, colaborarea cu Norvegia, o țară cu experiență avansată în integrarea surselor regenerabile de energie și în dezvoltarea comunităților energetice, este esențială. Norvegia va contribui prin transferul de cunoștințe în ceea ce privește metodologiile operaționale, partajarea valorii energiei, designul piețelor locale, stimulentele financiare și măsurile de răspuns la cerere.

Pe parcursul proiectului, se vor sprijini trei comunități energetice pilot în România, care vor servi drept modele pentru extinderea acestui concept la nivel național. Aceste comunități vor fi create pentru a demonstra beneficiile unei astfel de abordări în contextul

specific al României și pentru a sprijini prosumatorii vulnerabili. De asemenea, proiectul va implica realizarea unor studii de fezabilitate din punct de vedere legal, tehnic și economic, evaluând astfel impactul și viabilitatea comunităților energetice pe termen lung. Aceste studii vor furniza date esențiale pentru elaborarea de politici publice și pentru modificarea cadrului legislativ, necesare pentru sprijinirea extinderii comunităților energetice.

Un alt aspect important al proiectului EMERGE este creșterea gradului de conștientizare în rândul cetățenilor și al autorităților publice cu privire la beneficiile comunităților energetice. În acest sens, vor fi desfășurate campanii de informare și educare, workshop-uri și evenimente dedicate, menite să faciliteze implicarea activă a comunităților locale. Colaborarea dintre partenerii români și norvegieni va genera, de asemenea, recomandări pentru îmbunătățirea politicilor publice, contribuind la dezvoltarea unui cadru legislativ mai favorabil pentru implementarea comunităților energetice.

Impactul proiectului EMERGE va fi semnificativ, abordând problemele tehnice și sociale generate de integrarea surselor regenerabile de energie în rețea și sprijinind prosumatorii vulnerabili. Comunitățile de energie vor optimiza utilizarea energiei din surse regenerabile și vor reduce pierderile din rețea, contribuind astfel la îmbunătățirea calității energiei electrice pentru toți consumatorii. Pe termen lung, proiectul va deschide calea pentru extinderea acestui model de comunități energetice la nivel național și internațional. Rezultatele vor fi diseminate prin articole științifice, conferințe și publicații, asigurând un impact durabil asupra sectorului energetic. Proiectul va susține, de asemenea, alinierea României la obiectivele Uniunii Europene privind tranziția verde, reducerea emisiilor de carbon și creșterea utilizării surselor regenerabile de energie, consolidând astfel rolul României în tranziția verde a Europei de Sud-Est.

Apariția conceptului de Comunități de Energie în România reprezintă o dezvoltare notabilă, generând discuții în cercurile academice, instituțiile de cercetare și diversele părți interesate, în special cele implicate în proiecte și inițiative europene. În ciuda liberalizării pieței energiei în 2017, gradul de conștientizare și înțelegere a rolurilor active pe care cetățenii, autoritățile publice și companiile le joacă în sectorul energetic rămâne încă la un stadiu incipient.

Volatilitatea în piața de energie, amplificată de tensiunile geopolitice, a servit ca un catalizator, determinând o conștientizare sporită și dobândirea de cunoștințe în domeniul energetic în rândul populației. În același timp, interesul tot mai mare pentru Comunitățile de Energie a determinat autoritățile naționale să inițieze demersuri pentru modificarea legislației energetice actuale, cu scopul de a oferi claritate cu privire la procedurile de înființare și operare a acestor comunități (un prim pas în realizarea acestor inițiative orientate spre energie).

În România, în ultimele 24 de luni, numărul prosumatorilor a crescut cu 400%, rezultând un total actual de peste 200.000 de persoane cu o capacitate instalată cumulată de 1.400 MW—echivalentul a mai mult de un reactor nuclear. Această creștere remarcabilă poate fi atribuită acceptării fără precedent a proiectelor de energie din surse regenerabile de către public, susținută semnificativ de fondurile europene și naționale. În mod deosebit, „Casa Verde” se evidențiază ca un program de finanțare extrem de apreciat, creat exclusiv pentru gospodării, facilitând realizarea a peste 80.000 de proiecte fotovoltaice (PV) până în prezent. Între timp, în sectorul comercial și public, peisajul este caracterizat de o proliferare a programelor de finanțare.

În ultimele 12 luni, investițiile guvernamentale în proiecte PV și îmbunătățiri ale eficienței energetice în clădiri au depășit 800 de milioane de euro, reflectând un angajament puternic față de inițiativele de energie durabilă. Având în vedere informațiile prezentate, se

poate afirma că România se află pe calea cea bună în ceea ce privește dezvoltarea Comunităților Energetice.

Spre deosebire de regulamentele care se aplică direct în dreptul național, directivele europene necesită un proces de transpunere. Acest proces implică o adaptare specifică a directivelor, care sunt de obicei formulate în termeni generali ca un set de opțiuni și recomandări, la contextul juridic, economic și social al țării, precum și ajustarea mai multor acte normative, atât principale cât și secundare, la principiile directivei. ***Considerăm că, prin metoda de tip traducere utilizată de autoritățile române pentru a transpune Directiva RED II***, cadrul legislativ creat pentru comunitățile de energie este incomplet, confuz și susceptibil de interpretări variate, ceea ce a dus la blocaje în procesul de înființare a acestora, așa cum au subliniat și interviurile realizate.

Din punct de vedere legislativ, România a transpus Directiva RED II în decembrie 2022 prin Ordonanța de Urgență 163/2022. Definiția comunităților de energie oferită de acest act normativ este o sinteză a caracteristicilor stabilite de directiva europeană. Legislația națională nu adoptă o formă juridică specifică și nu oferă clarificări suplimentare la enumerarea generală din directiva europeană referitoare la caracteristicile comunităților de energie.

Cadrul legislativ actual din România cu privire la comunitățile de energie este primordial alcătuit din două acte normative, care au transpus cele două directive europene incidente în această materie: Directiva (UE) 2019/944 din 5 iunie 2019 privind normele comune pentru piața internă de energie electrică ("Directiva 944") și Directiva (UE) 2018/2001 a Parlamentului European și a Consiliului din 11 decembrie 2018 privind promovarea utilizării energiei din surse regenerabile ("Directiva RED II").

Astfel, cadrul legal pentru **Comunitățile de energie a cetățenilor (CEC)** este reprezentat de Ordonanța de Urgență a Guvernului nr. 143/2021 („OUG 143”), care a transpus Directiva 944 în legislația națională prin modificarea și completarea Legii nr. 123/2012 privind energia electrică și gazele („Legea 123”). Această lege stabilește cadrul legal actual pentru CEC-uri, printr-o reglementare cuprinsă într-o definiție și un singur articol (articolul 63¹).

Cadrul legal pentru **Comunitățile de energie din surse regenerabile (CER)** este cuprins în Ordonanța de Urgență nr. 163/2022 („OUG 163”), care a transpus în legislația română prevederile Directivei RED II, determinând și conturând tot printr-o definiție și un articol (articolul 22 din OUG 163) regimul juridic al CER.

Legislația națională conferă Autorității Naționale de Reglementare în domeniul Energiei ("ANRE") competența de a dezvolta legislația secundară aferentă CEC și CER, ținând cont de particularitățile acestor comunități.

În contextul CER, articolul 22, alineatul 3 din OUG 163 stipulează că Ministerul Energiei ("ME") este responsabil de coordonarea evaluării barierelor existente și a potențialului național de dezvoltare al CER.

Deși definițiile CEC și CER din actele normative menționate se suprapun semnificativ, având în vedere că ambele se constituie ca persoane juridice bazate pe participare voluntară și deschisă, controlate efectiv de membri sau acționari persoane fizice, autorități locale, inclusiv municipalități și întreprinderi mici și mijlocii (IMM-uri), OUG 163 subliniază că CER-urile sunt controlate într-o manieră mai strictă de către acționarii și membrii situați în proximitatea proiectelor de energie din surse regenerabile, fără a impune o cerință similară pentru membrii CEC. Atât membrii CEC, cât și cei ai CER își pot menține drepturile și obligațiile în calitate de clienți activi, așa cum sunt aceștia definiți de Legea 123.

Întrucât nu a existat un alt concept preexistent în România, comunitățile de energie beneficiază, prin urmare, de o reglementare juridică, ca CEC începând din 2021, respectiv ca REC începând cu 2022.

Comunitățile de energie din surse regenerabile pot include printre acționarii lor microîntreprinderi, precum și întreprinderi mici și mijlocii – definite ca fiind acele întreprinderi care au mai puțin de 250 de angajați și care au fie o cifră de afaceri anuală netă care nu depășește echivalentul în lei a 50 milioane euro, fie dețin active totale care nu depășesc echivalentul în lei a 43 milioane euro. În contrast, Comunitățile de energie a cetățenilor limitează calitatea de membru la întreprinderile cu mai puțin de 50 de angajați și o cifră de afaceri anuală sau un bilanț anual total care să nu depășească 10 milioane de euro. Aceasta poate reprezenta o oportunitate pentru companiile de utilități publice deținute de autoritățile locale, dacă sunt considerate IMM-uri, în scopul de a satisface nevoile energetice pentru iluminatul stradal, clădirile publice, transportul public etc.

Atât CER-urile cât și CEC-urile se întrepătrund în ceea ce privește obiectivul lor primordial, acela de a oferi comunității avantaje economice, sociale (diminuarea sărăciei energetice) sau de mediu (contribuția la tranziția energetică spre neutralitatea climatică) pentru acționarii sau membrii lor, precum și pentru zonele locale în care activează, în detrimentul profitului financiar.

După cum sa subliniat mai sus, CEC-urile și CER-urile din România beneficiază în prezent de o descriere generală a principalelor lor caracteristici în legislația primară – Legea 123 pentru CEC și OUG 163 pentru CER – ambele servind ca o reflectare directă a Directivei 944 și a Directivei RED II. Cu toate acestea, până în prezent, nu a fost adoptată legislația secundară pentru a aborda provocările practice de implementare cu care se confruntă CEC și CER. Această absență a unor reglementări specifice și operaționale ulterioare a împiedicat înființarea și funcționarea efectivă a acestor comunități energetice în cadrul pieței energetice din România.

În concluzie, prin cele trei comunități energetice pilot în România, proiectul EMERGE propune crearea de comunități energetice ca soluție pentru a echilibra producția și consumul de energie la nivel local, reducând astfel presiunea asupra rețelei și îmbunătățind calitatea energiei, și dorește să propună modele economice, tehnice și juridice, care menite a fi replicate ulterior pentru extinderea acestui concept la nivel național.

Sub aspect legislativ, contextul prezentat cuprinde politici, strategii, acte normative, acorduri relevante, alături de structuri instituționale și financiare. Acesta cuprinde în principal următoarele acte și documente normative:

Eficiența energetică

- Legea nr. 121/2014 privind eficiența energetică, modificată și completată, transpune Directiva 2012/27/UE privind eficiența energetică (EED).
- Legea nr. 372/2005 privind performanța energetică a clădirilor, republicată în temeiul art. VII din Legea nr. 101/2020, cu modificări și completări, transpune Directiva 2010/31/UE privind performanța energetică a clădirilor (EPBD) precum și Directiva [2018/844/UE](#) a Parlamentului European și a Consiliului din 30 mai 2018.
- Legea nr. 325/2006 privind serviciul public de furnizare a energiei termice, republicată în temeiul art. IX din Legea nr. 196/2021. În prezent se află în Parlament un proiect de lege ([PL-x 502/01.10.2024](#)) pentru modernizarea sistemului de încălzire centralizată.
- Bonusul pentru cogenerare: Hotărârea de Guvern nr. 1215/2009 stabilește criteriile și condițiile pentru implementarea schemei de sprijin pentru cogenerare de înaltă

eficiență, bazată pe cererea de energie termică utilă, modificată și completată. O nouă schemă de sprijin pentru perioada de după 2023 este în discuție în Parlament.

- Ordin 542/13.05.2024 pentru aprobarea Schemei de ajutor de stat privind sprijinirea dezvoltării de capacități de producție pe gaz, flexibile, pentru producerea de energie electrică și termică în cogenerare de înaltă eficiență (CHP) în sectorul încălzirii centralizate.

Legislația secundară este dezvoltată în principal de ANRE (Autoritatea Națională de Reglementare în Domeniul Energiei).

Reglementări tehnice privind performanța energetică (clădiri)

- Pentru clădirile noi și existente, cerințele minime de energie au fost stabilite de MLPDA prin Ordinul nr. 2641/2017, care modifică și completează reglementarea tehnică "Metodologia de calcul al performanței energetice a clădirilor", aprobată prin Ordinul nr. 157/2007 al Ministerului Transporturilor, Construcțiilor și Turismului.
- Normă privind calculul termomecanic al elementelor de construcție (C107-2005), aprobată prin Ordinul MLPDA nr. 2055/2005, modificată prin Ordinul nr. 2513/2010, Ordinul nr. 1590/2012, Ordinul nr. 386/2016.
- Metodologia pentru calculul performanței energetice a clădirilor: Ordinul Ministerului Transporturilor, Construcțiilor și Turismului nr. 157/2007, modificat prin Ordinul nr. 1071/2009, Ordinul nr. 1217/2010, Ordinul nr. 2210/2013, Ordinul nr. 2641/2017.

Certificatele de performanță energetică

- Legea nr. 372/2005, republicată, cu modificările ulterioare, cuprinde prevederi relevante, prin transpunerea Directivei privind performanța energetică a clădirilor (EPBD).
- Metodologia pentru calculul performanței energetice a clădirilor (Standard Mc 001-2006 din 01.02.2007), cu modificările ulterioare. Partea a III-a a metodologiei (Audit și certificat de performanță energetică) definește conținutul, metoda de calcul, procedurile și modelele/exemplele de calcul.

Standardele pentru echipamente și etichetarea aparatelor electrocasnice

- Hotărârea de Guvern nr. 55/2011 privind stabilirea cerințelor pentru proiectarea ecologică aplicabilă produselor cu impact energetic.
- Hotărârea de Guvern nr. 917/2012 privind stabilirea măsurilor pentru aplicarea Regulamentelor Delegat ale Comisiei (UE) nr. 1.059/2010, nr. 1.060/2010, nr. 1.061/2010, nr. 1.062/2010 și nr. 626/2011, completând Directiva 2010/30/UE a Parlamentului European și a Consiliului din 19 mai 2010 privind indicarea, prin etichetare și informații standard despre produs, a consumului de energie și a altor resurse ale produselor cu impact energetic și abrogând acte normative anterioare.

Legislația privind asociațiile de proprietari

- Legea nr. 114/1996 privind locuințele, republicată, cu modificările ulterioare, prevede înființarea asociațiilor de proprietari pentru fiecare clădire rezidențială ocupată de proprietari. Asociațiile de proprietari încheie contracte cu firme de gestionare private și organizează reparații pe termen lung și întreținerea clădirii, conform regulamentelor asociației de proprietari.

- Legea nr. 196/2018 privind înființarea, organizarea și funcționarea asociațiilor de proprietari și administrarea condominiilor, cu modificările ulterioare.

Audit energetic

- Legea nr. 159/2013 (republicarea Legii nr. 372/2005) prevede că proprietarii trebuie să furnizeze un certificat de performanță energetică (CPE) atunci când închiriază sau vând o proprietate. Auditul energetic nu este obligatoriu în prezent (vânzare/inchiriere), dar este util atunci când se reamenajează clădirile. Auditorii energetici pentru clădiri sunt certificați de MLPDA după promovarea unui examen, iar finalizarea unui curs de formare specializat este o cerință obligatorie. Auditorul energetic pentru clădiri este responsabil exclusiv de respectarea cerințelor de certificare și de exactitatea evaluării performanței energetice. Fiecare auditor energetic pentru clădiri trebuie să mențină un registru al tuturor CPE-urilor emise, inclusiv data, beneficiarul, adresa proprietății certificate etc., și să trimită electronic CPE-urile și un rezumat al raportului de audit energetic către MLPDA. Auditurile energetice sunt necesare pentru renovarea energetică finanțată din fonduri publice (Programul Național și POR).

Companiile de servicii energetice (ESCO)

- România nu dispune încă de un cadru de reglementare dedicat pentru Companiile de Servicii Energetice (ESCO). ANRE coordonează un Grup de lucru pentru a dezvolta acest cadru; experiența altor state membre ale UE trebuie analizată și adaptată. Contractele de performanță energetică sunt rareori utilizate în România (de obicei, se referă la sistemele de furnizare a energiei și nu sunt folosite pentru renovări energetice majore ale clădirilor).

Comunități energetice – Directive europene

- Directiva (UE) 2018/2001 a Parlamentului European și a Consiliului din 11 decembrie 2018 privind promovarea utilizării energiei din surse regenerabile ("Directiva RED II") - a fost adoptată ca parte a pachetului de energie curată din 2018 și constituie un instrument esențial în politica energetică și climatică a Uniunii Europene. Această directivă își propune să promoveze utilizarea energiei din surse regenerabile și să stabilească un cadru pentru atingerea țintei de cel puțin 32% energie produsă din surse regenerabile în consumul final brut de energie până în 2030. Un aspect cheie al RED II este recunoașterea și încurajarea dezvoltării comunităților energetice, definite ca entități juridice controlate de membri sau acționari locali (cetățeni, autorități locale sau mici întreprinderi), având ca obiectiv principal furnizarea de beneficii comunității, în locul obținerii de profit. Comunitățile energetice joacă un rol esențial în producerea, consumul, partajarea și vânzarea energiei regenerabile la nivel local.
- Directiva (UE) 2019/944 din 5 iunie 2019 privind normele comune pentru piața internă de energie electrică ("Directiva 944").
- **Directiva (UE) 2023/944 – RED III** reprezintă o continuare și o extindere a obiectivelor stabilite în RED II, fiind adoptată ca parte a strategiei "Fit for 55" a Uniunii Europene, care are ca scop reducerea emisiilor nete de gaze cu efect de seră cu cel puțin 55% până în 2030. RED III intensifică ambițiile legate de energiile regenerabile, propunând o țintă revizuită de 45% energie din surse regenerabile până în 2030. În privința comunităților energetice, RED III consolidează drepturile acestora

și impune statelor membre să ofere un cadru legislativ clar și un suport adecvat pentru dezvoltarea acestora. De asemenea, RED III introduce conceptele de comunități energetice bazate pe energie din surse regenerabile și comunități energetice cetățenești, extinzând astfel aria de acțiune a acestor entități.

Prevederi legale naționale / Reglementări ANRE incidente

- Legea nr. 123/2012 privind energia electrică și gazele.
- Ordonanța de Urgență a Guvernului nr. 143/2021 („OUG 143”), care a transpus Directiva 944 în legislația națională prin modificarea și completarea Legii nr. 123/2012 privind energia electrică și gazele.
- Ordonanța de Urgență nr. 163/2022 („OUG 163”), care a transpus în legislația română prevederile Directivei RED II, determinând și conturând tot printr-o definiție și un articol (articolul 22 din OUG 163) regimul juridic al CER.
- Hotărârea Guvernului nr. 163/2004 privind aprobarea Strategiei naționale în domeniul eficienței energetice.
- Hotărârea Guvernului nr. 203/2019 privind aprobarea Planului național de acțiune în domeniul eficienței energetice IV.
- Hotărârea Guvernului nr. 1.076/2021 pentru aprobarea Planului național integrat în domeniul energiei și schimbărilor climatice 2021—2030.
- Ordinul Președintelui ANRE nr. 5/2023 pentru aprobarea Regulamentului de furnizare a energiei electrice la clienții finali.
- Lege nr. 31/1990 privind societățile comerciale, cu modificările și completările ulterioare.
- Lege nr. 1/2005 privind organizarea și funcționarea cooperăției, republicată, cu modificările și completările ulterioare.
- Lege nr. 265/2022 privind registrul comerțului și pentru modificarea și completarea altor acte normative cu incidență asupra înregistrării în registrul comerțului, cu modificările și completările ulterioare.
- Ordinul Președintelui ANRE nr. 127/2021 pentru aprobarea Regulamentului privind clauzele și condițiile pentru furnizorii de servicii de echilibrare și pentru furnizorii de rezervă de stabilizare a frecvenței și a Regulamentului privind clauzele și condițiile pentru părțile responsabile cu echilibrarea.
- Ordinul Președintelui ANRE nr. 132/2022 privind aprobarea Contractului-cadru pentru prestarea serviciului de transport al energiei electrice și a serviciului de sistem.
- Ordinul Președintelui ANRE nr. 90/2015 privind aprobarea contractelor-cadru pentru serviciul de distribuție a energiei electrice, cu modificările și completările ulterioare.
- Ordinul Președintelui ANRE nr. 195/ 2020 pentru aprobarea Procedurii privind confirmarea unui sistem de distribuție închis de energie electrică sau de gaze naturale.
- Ordinul Președintelui ANRE nr. 15/2022 pentru aprobarea Metodologiei de stabilire a regulilor de comercializare a energiei electrice produsă în centrale electrice din surse regenerabile cu putere electrică instalată de cel mult 400 kW pe loc de consum aparținând prosumatorilor, cu modificările și completările ulterioare.
- Ordinul Președintelui ANRE nr. 228 din 28 decembrie 2018 pentru aprobarea Normei tehnice "Condiții tehnice de racordare la rețelele electrice de interes public pentru prosumatorii cu injecție de putere activă în rețea".

- ORDIN nr. 102 din 7 decembrie 2016 pentru aprobarea Metodologiei de stabilire a tarifelor pentru serviciul de distribuție a energiei electrice de operatori, alții decât operatorii de distribuție concesionari.

2.3 Analiza situației existente, identificarea deficiențelor și oportunităților

Acest studiu are ca obiectiv evaluarea comunității **Buteni** pentru a identifica soluții eficiente din punct de vedere energetic și economic, în vederea transformării acesteia într-o comunitate de energie. Rezultatele studiului vor evidenția gradul de pregătire al comunității **Buteni** pentru a adopta modelul de comunitate de energie și a implementa soluții durabile pentru producția și consumul de energie din surse regenerabile.

Buteni este o comună situată în județul Arad, România. Se află în partea de vest a țării, într-o zonă pitorească aproape de Munții Zarandului. Comuna este alcătuită din mai multe sate și are o populație de aproximativ 2500 de locuitori. În Buteni, principalele activități economice sunt cele agricole. Peisajul este caracterizat de dealuri, pajiști și terenuri agricole fertile.

Există momentan soluții tehnice instalate pentru producerea de energie electrică din surse regenerabile la nivelul comunei Buteni. Acestea sunt în exclusivitate centrale fotovoltaice individuale, 84 în număr.

Din punct de vedere legislativ, România a transpus Directiva RED II în decembrie 2022 prin OUG 163/2022, care definește comunitățile energetice în conformitate cu caracteristicile prevăzute de directiva europeană. Cu toate acestea, legislația națională nu optează pentru o formă juridică specifică și nu oferă clarificări suplimentare asupra caracteristicilor comunităților energetice. Astfel, conform legislației românești, comunitățile energetice sunt entități juridice bazate pe participare deschisă și voluntară, controlate efectiv de membrii săi, având ca scop principal furnizarea de beneficii economice, sociale sau de mediu pentru localnici.

Realizarea acestui studiu de fezabilitate are la bază pe o analiză detaliată a modului în care energia electrică este produsă, consumată și gestionată în comunitatea **Buteni**. În acest context, un prim pas esențial este evaluarea consumului de energie la nivelul comunității, atât dintr-o perspectivă anuală, cât și pe intervale lunare și sezoniere. Această analiză reprezintă un fundament al funcționării unei comunități energetice, întrucât principiul de bază al unei astfel de comunități este *capacitatea de a schimba energie* în mod eficient și sustenabil.

2.3.1 Obiectivele specifice ale metodologiei

Obiectivele specifice ale metodologiei includ dezvoltarea și evaluarea a 5 indicatori tehnici:

1. Gradul de pregătire al comunității de a deveni comunitate de energie: Pentru a înțelege acest aspect, s-a efectuat o analiză a numărului de consumatori și prosumatori, precum și a cantității de energie produsă și consumată, incluzând sursa acesteia. Această analiză este realizată prin intermediul unui chestionar inițial care a permis evaluarea gradului de pregătire al unei comunități energetice.

Chestionarul include următoarele elemente esențiale:

- **Date de identificare:** delimitarea zonei geografice pentru încadrarea comunității energetice.
- **Informații financiare** se va analiza capacitatea financiară a comunității.
- **Poziționarea Tehnologică a Comunității de Energie** se va analiza gradul de adopției al tehnologiei de monitorizare
- **Prezentarea generală a comunității din punct de vedere energetic**, incluzând producția, consumul și capacitățile de stocare a energiei.
- **Gradul de pregătire tehnologică**, care acoperă aspecte precum utilizarea surselor auxiliare de energie, capacitățile de stocare și implementarea sistemelor de smart metering.
- **Interpretarea gradului de pregătire**, care ajută la evaluarea capacității comunității de a integra și gestiona soluțiile energetice moderne în mod sustenabil.

Evaluarea gradului de pregătire se realizează și prin utilizarea unei matrici suport pentru poziționarea comunității energetice. În această matrice, se atribuie valoarea 1 pentru existența prosumatorilor, a surselor auxiliare și a sistemelor de smart metering, în timp ce valoarea 2 este rezervată pentru prezența unităților de stocare a energiei, deoarece acestea indică un nivel mai avansat de maturitate tehnologică. Pe baza punctajului total obținut în secțiunea „**Gradul de Tehnologic Pregătire**”, o comunitate este clasificată între Modelul 1 și Modelul 6, unde Modelul 1 indică lipsa tehnologiei minime necesare pentru a deveni o comunitate de energie.

Matricea suport

Poziționarea Tehnologică a Comunității de Energie	Prosumatori	Surse Auxiliare	Stocare	Smart Metering	Gradul de Tehnologic Pregătire
Comunitate Model 1	0	0	0	0	0
Comunitate Model 2	1	0	0	0	1
Comunitate Model 2	0	0	0	1	1
Comunitate Model 2	0	1	0	0	1
Comunitate Model 3	0	1	0	1	2

Poziționarea Tehnologică a Comunității de Energie	Prosumatori	Surse Auxiliare	Stocare	Smart Metering	Gradul de Tehnologic Pregătire
Comunitate Model 3	1	0	0	1	2
Comunitate Model 3	1	1	0	0	2
Comunitate Model 4	0	1	2	0	3
Comunitate Model 4	1	0	2	0	3
Comunitate Model 5	1	0	2	1	4
Comunitate Model 5	0	1	2	1	4
Comunitate Model 6	1	1	2	1	5

Interpretarea Gradului Tehnologic

1. Comunitatea analizată nu dispune de tehnologia minimă necesară pentru a deveni o comunitate de energie.
2. Comunitatea analizată are tehnologia minimă necesară pentru a deveni o comunitate de energie.
3. Comunitatea analizată se află la un nivel tehnologic mediu, permițându-i să devină o comunitate de energie.
4. Comunitatea analizată se situează la un nivel tehnologic mediu spre avansat, ceea ce îi permite să devină o comunitate de energie.
5. Comunitatea analizată dispune de un nivel tehnologic avansat și are capacitatea de a deveni o comunitate de energie.
6. Comunitatea are un grad ridicat de pregătire tehnologică, ceea ce îi oferă posibilitatea de a deveni o comunitate de energie pozitivă.

2. Analiza interacțiunii comunității Buteni cu rețeaua națională: Se va evalua cum comunitatea se integrează în rețeaua națională de energie, cu accent pe fluxurile de energie, respectiv energia produsă, utilizată și injectată în rețea. Această evaluare va stabili capacitatea comunității de a absorbi și de a contribui la stabilitatea rețelei.

3. Autosuficiența energetică a comunității: Acest indicator va evalua proporția de energie produsă de comunitate care poate acoperi consumul propriu, fără a depinde de surse externe. Se va analiza cantitatea de energie excedentară (surplus) produsă și disponibilitatea acesteia pentru stocare sau schimb cu rețeaua națională. Indicatorul va urmări să măsoare nivelul de autosuficiență energetică al comunității, respectiv cât de mult din energia necesară este produsă și utilizată intern, fără a apela la rețeaua externă pentru susținerea consumului.

4. Rata de sprijin: Acest indicator va măsura capacitatea comunității de a facilita schimbul de energie verde în cadrul comunității, determinând procentul de energie din surse regenerabile care poate fi distribuită și totodată nivelul de autosuficiență al acesteia.

5. Integrarea capacităților de stocare a energiei: Se va examina modul în care capacitățile de stocare pot fi integrate în comunitatea energetică, evaluându-se raportul dintre energia consumată, puterea instalată și capacitatea de stocare. Înțelegerea acestei relații este esențială pentru a optimiza fluxurile de energie și pentru a asigura o gestionare eficientă a resurselor.

Prin aplicarea acestei metodologii, studiul își propune să ofere o înțelegere detaliată a dinamicii energetice la nivel comunitar, în vederea optimizării performanței și eficienței comunităților de energie în contextul tranziției energetice.

2.3.2 Gradul tehnologic de pregătire al comunității de a devenii comunitate de energie

Delimitarea zonei geografice

Localizare:

Comuna Buteni se află în județul Arad, România, situată la aproximativ 80 km est de municipiul Arad și la 35 km sud de orașul Ineu. Geografic, comuna este poziționată în vestul țării, în apropierea Munților Zarandului, într-o zonă deluroasă. Accesul se realizează prin drumuri județene, care conectează localitatea la rețeaua rutieră națională, facilitând transportul de persoane și mărfuri. Cea mai apropiată stație de cale ferată se află în orașul Ineu, iar cel mai apropiat aeroport este cel internațional de la Arad.

Relief:

Comuna Buteni din județul Arad se află în zona de contact dintre Câmpia Crișurilor și Munții Zarandului, beneficiind de un relief variat. Teritoriul comunei este caracterizat de dealuri domoale și văi largi, tipice pentru regiunea de tranziție între câmpie și munte. Altitudinile variază între 150 și 300 de metri, prielnic pentru diverse activități agricole și zootehnice. Solurile din zonă sunt fertile, favorizând cultivarea cerealelor și a viței de vie, în timp ce zonele mai înalte sunt acoperite de păduri și pajiști naturale. Această diversitate a reliefului contribuie la specificul local și susține o economie agrară diversificată.

Date climatice:

Comuna Buteni beneficiază de un climat temperat-continental moderat, specific zonei de tranziție dintre câmpie și deal. Temperatura medie anuală este de aproximativ 10°C, cu veri calde, în care maximele pot ajunge la 30-32°C, și ierni reci, cu temperaturi minime ce pot scădea până la -10°C sau mai jos în perioadele geroase. Precipitațiile anuale sunt moderate,

cu o medie de 500-600 mm/m², fiind mai abundente în lunile de primăvară și începutul verii, favorizând astfel activitățile agricole. Climatul este propice pentru cultivarea cerealelor, legumelor, dar și pentru pomicultură și viticultură, datorită alternanței sezoniere bine definite.

I. Informații financiare

Venituri totale UAT an fiscal anterior [lei/an]	19 689 454
Cheltuieli totale UAT an fiscal anterior [lei/an]	23.507.188
Total fonduri europene contractate în ultimele 12 luni calendaristice, UAT [lei/an]	8.444.867,7
Total fonduri Europene cheltuite în ultimele 12 luni calendaristice, UAT [lei/an]	6.296

Tabel 1 Informații financiare UAT BUTENI

I. Poziționarea Tehnologică a Comunității de Energie

Tehnologie	[%] ¹
Grad de adopție contorizare digitală (smart metering energie electrică) - Rezidențiali	16,5 %
Grad de adopție contorizare digitală (smart metering energie electrică) - Clădiri publice (primărie, școli, altele)	0
Grad de adopție contorizare digitală (smart metering energie electrică) – Comercial	< 1 %

Tabel 2 Grad de adopție contorizare digitală (smart metering energie electrică)

II. Producerea și consumul de energie

Producție de Energie	Număr Unități	Putere Instalată Totală [kWp]	Cantitate Produsă [kWh/an]
Prosumatori Rezidențiali			
Sursa: Centrale Electrice Eoliene	-	-	-
Sursa: Centrale Electrice Fotovoltaice	~ 200	800	920.000
Sursa: Energie geotermală (pompă de căldură)	-	-	-
Sursa: Hidrocentrală	-	-	-

¹ Procentul contoarelor digitale din total contoare (energie electrică)

Producție de Energie	Număr Unități	Putere Instalată Totală [kWp]	Cantitate Produsă [kWh/an]
Sursa: Biomasă	-	-	-
Sursa: Energie din deșeuri	-	-	-
Sursa: Hidrogen	-	-	-
Prosumatori Clădiri Publice (Primărie)			
Sursa: Centrale Eoliene	-	-	-
Sursa: Centrale Fotovoltaice	-	-	-
Sursa: Energie geotermală (pompă de căldură)	-	-	-
Sursa: Hidrocentrala	-	-	-
Sursa: Biomasă	-	-	-
Sursa: Energie din deșeuri	-	-	-
Sursa: Hidrogen	-	-	-
Putere instalată planificată, finanțată prin contract semnat	-	-	-
Sursa: Centrale Fotovoltaice	14	399,6	434,34 MWh
Prosumatori Comerciali			
Sursa: Centrale Eoliene	-	-	-
Sursa: Centrale Fotovoltaice	2	-	-
Sursa: Energie geotermală (pompă de căldură etc)	-	-	-
Sursa: Hidrocentrală	-	-	-
Sursa: Biomasă	-	-	-
Sursa: Energie din deșeuri	-	-	-
Sursa: Hidrogen	-	-	-

Tabel 3 Prosumatori Rezidențiali/Comerciali/Clădiri Publice

Consum de Energie Electrică	Număr Unități	Cantitate Totală Consumată [kWh/an]	Cost Unitar Mediu Energie Electrică [lei/kWh/an]	Grad Adopție Smart Metering [%]
Locuri de consum rezidențiale	1441	432 300	1	16%

Locuri de consum „comercial”	20	15 000	1	0%
Locuri de consum „public” (Primărie)	36	580 MWh / an	0.86 lei	0%
Vehicule Electrice Private	-	-	-	-
Vehicule Electrice Comerciale	-	-	-	-
Vehicule Electrice ale Primăriei	1	1 vehicul hibrid plug-in ~3500 kWh	0.86 lei	0
Stații de Încărcare Vehicule Electrice private (rezidențial)	-	-	-	-
Stații de Încărcare Vehicule Electrice deținute de Primărie (public sau în utilizare privată)	2	Avem contract de finanțare pentru 2 stații încărcare vehicule electrice, urmând a se monta în 2025	-	-

Tabel 4 Locuri de consum energie

Consum de Energie termică	Număr Unități	Tip de energie primară utilizată	Cantitate Totală Consumată [kWh]	Cost Unitar Mediu Energie Electrică [lei/kWh]
Locuri de consum rezidențiale	1441	lemn	11 528 mc lemn	-
Locuri de consum „comercial”	20	lemn	-	-
Locuri de consum „public” (Primărie, școli, etc.)	10	lemn	800 mc lemn	-

Tabel 5 Consum de energie termică

Unități de Stocare	Număr Unități	Capacitate Stocare (kWh)
Prosumatori rezidențiali cu stocare	-	-
Prosumatori comerciali cu stocare	-	-
Prosumatori publici cu stocare (Primărie)	-	-
Stocare centralizată	-	-

Tabel 6 Unități de stocare

IV. Date despre clădiri²

1. Numărul de clădiri publice și suprafața lor
2. Clasa energetică a clădirilor publice (sau materialul și anul construcției).

² Informația se poate organiza tabelar sau se poate oferi un extras din Registrul Clădirilor, dacă există la nivelul primăriei un astfel de registru.

Nr. Ctr.	Denumire Clădire	Suprafața [mp]	Clasa Energetica
1	Școala Gimnaziala	604	C
2	Sala Sport	415	B
3	Sediu Finanțe + Grădinița	470	C
4	Sediu Primărie	310	-
5	Cămin Cultural Buteni	830	
6	Centru informare și promovare turistica	200	-
7	Școala Gabriel Broila	770	-
8	Baza Sportiva	282	-
9	Școala Cuied	740	-
10	Cămin Cultural Cuied	160	-
11	Cămin Cultural Paulian	125	-
12	Grădinița PN Paulian	125	-
13	Școala Paulian	350	-
14	Cămin Cultural Berindia	130	-

Tabel 7 Numărul de clădiri publice și clasa energetică

Conform datelor furnizate de Primăria Buteni, tabelele 1-7, comuna dispune de prosumatori rezidențiali care utilizează centrale fotovoltaice cu o capacitate instalată totală de aproximativ 800 kWp, generând anual 920.000 kWh. În plus, există planuri concrete pentru instalarea a încă 14 unități fotovoltaice în clădirile publice, alături de două unități în sectorul privat, ceea ce denotă un progres pozitiv în direcția dezvoltării surselor regenerabile de energie. Totuși, lipsa altor surse de energie verde și a sistemelor de stocare a energiei limitează considerabil capacitatea comunei de a atinge autosuficiența energetică într-un ritm accelerat. În ceea ce privește contorizarea inteligentă, nivelul de adopție rămâne scăzut, cu doar 16,5% dintre consumatorii rezidențiali beneficiind de smart metering, în timp ce clădirile publice și cele comerciale aproape că nu dispun de astfel de sisteme. Această situație subliniază necesitatea extinderii tehnologiei de monitorizare pentru a îmbunătăți gestiunea energetică. Analiza clădirilor publice relevă faptul că majoritatea acestora se află în clase energetice inferioare, precum clasa C, sau nu sunt clasificate. Acest aspect indică un potențial semnificativ pentru intervenții de renovare energetică, menite să crească eficiența clădirilor și să reducă consumul de energie.

În sectorul transporturilor, comuna dispune de un vehicul electric utilizat de primărie și de un proiect pentru instalarea a două stații de încărcare pentru vehicule electrice, programat pentru finalizare în anul 2025. Deși aceste inițiative reprezintă un pas important, nivelul actual de dezvoltare a infrastructurii pentru mobilitatea electrică este foarte redus. În privința încălzirii, dependența exclusivă de lemn atât în sectorul rezidențial, cât și în cel public reflectă un nivel tehnologic scăzut în ceea ce privește tranziția energetică către sisteme de încălzire moderne și sustenabile. Această situație subliniază necesitatea adoptării unor soluții mai avansate și eficiente pentru a accelera tranziția energetică a comunei.

Matricea de suport:

Poziționarea Tehnologică a Comunității Buteni	Prosumatori	Surse Auxiliare	Stocare	Smart Metering	Gradul de Tehnologic Pregătire
Comunitate Model 2	1	0	0	1	2

Tabel 8 Matricea suport - Poziționarea Tehnologică a Comunității

Conform analizei realizate utilizând matricea suport, comuna Buteni se încadrează în **Modelul 2 de comunitate de energie**, ceea ce indică faptul că, „Comunitatea analizată are tehnologia minimă necesară pentru a deveni o comunitate de energie. Această clasificare reflectă prezența unor prosumatori rezidențiali care utilizează centrale fotovoltaice și existența unor planuri concrete de extindere a producției de energie verde. Totuși, nivelul redus de adopție al tehnologiilor avansate, precum smart metering-ul, lipsa infrastructurii pentru stocarea energiei și clădirile publice cu eficiență energetică scăzută subliniază necesitatea investițiilor suplimentare pentru a evolua către un model mai avansat de comunitate de energie.

2.3.3 Analiza interacțiunii comunității Buteni cu rețeaua națională

Comuna Buteni din județul Arad este racordată la rețeaua energetică națională. În perioada anuală 10/2023-09/2024, consumul total de energie a fost de **2.321,4 MWh**.

Datorită existenței infrastructurii locale de producere a energiei electrice, interacțiunea cu rețeaua electrică se desfășoară în mod bidirecțional.

Luna	COMERCIAL [MWh]	CASNIC [MWh]	TOTAL [MWh]
Ian	11,31	175,58	186,88
Feb	17,64	183,23	200,87
Mar	20,23	200,92	221,15
Apr	20,53	205,06	225,59
Mai	16,45	183,44	199,88
Iun	17,82	186,27	204,09
Iul	15,37	173,35	188,71
Aug	13,62	175,54	189,16
Sep	10,54	157,96	168,50
Oct	11,42	170,84	182,26
Noi	11,55	172,00	183,55
Dec	11,01	159,75	170,76
Total	177,48	2.143,92	2.321,40

Tabel 9 Consum energie electrica la nivelul satului Buteni

2.3.4 Autosuficiența energetică a comunității

Comunitatea Buteni este formată din 1.006 de consumatori de energie electrică, dintre care 74 sunt consumatori comerciali și 932 sunt consumatori casnici, toți conectați la rețeaua

națională prin rețeaua de joasă tensiune. Pentru analiza autosuficienței energetice a comunității, beneficiarul a furnizat un set de date ce conține consumul lunar de energie al celor 1006 de consumatori, înregistrat pe o perioadă de 12 luni, din octombrie 2023 până la sfârșitul lunii septembrie 2024.

De asemenea, există la nivelul comunității și un număr de 84 de prosumatori cu putere avizată de producție de la sub 3 kW până la peste 30 kW. Vasta majoritate, în proporție de 81 din 84 au puterea avizată de producție până în 6 kW. Producția totală anuală fiind de 468,53 MWh, la o putere instalată de aproximativ 400 kWp.

2.3.5 Consumul Anual net

Analiza consumului de energie electrică pentru comunitatea Buteni, Figura 1 a indicat un consum anual net de 2.321,4 MWh, corespunzând unei medii lunare de 193,45 MWh. Luna cu cel mai redus consum a fost septembrie, cu un total de 168,5 MWh, în timp ce cea mai mare valoare de consum s-a înregistrat în luna aprilie, atingând 225,59 MWh. Aceste date oferă o perspectivă asupra variațiilor sezoniere ale consumului, informații esențiale pentru dimensionarea soluțiilor de stocare și producție locală în vederea asigurării autosuficienței energetice la nivel de comunitate.

Important de specificat este și faptul că, din acest consum de 2.321,4 MWh, 186,27 MWh este consumat în regim de autoconsum.

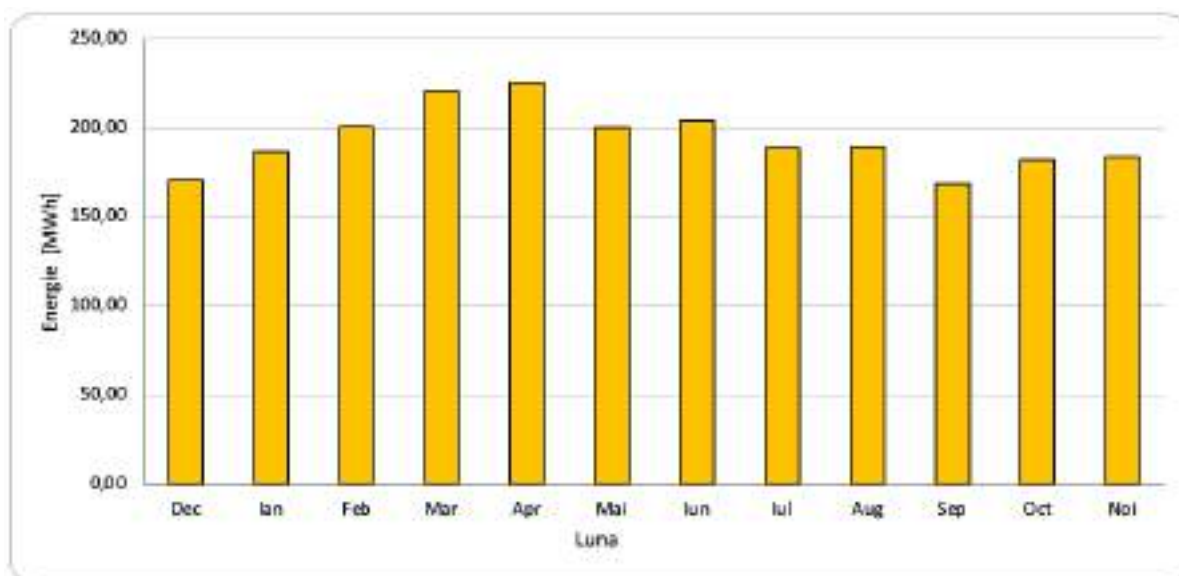


Figura 1 Consumul Anual Net pentru comunitatea Buteni

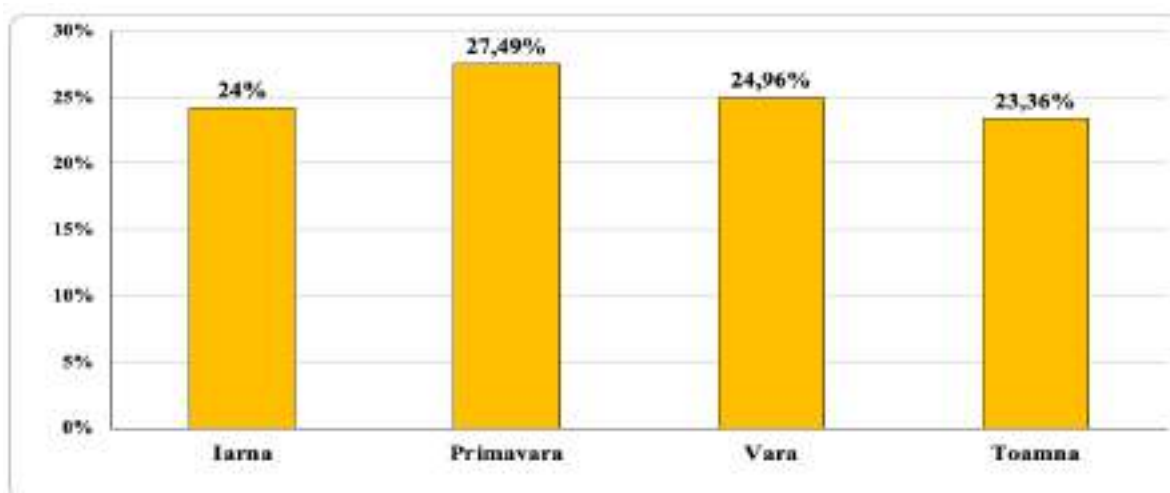


Figura 2 Ponderea sezonieră a consumului de energie electrică raportată la valoarea totală anuală pe tip de consumator

Analizând distribuția consumului de energie prezentată în Figura 1, Figura 2 și Figura 4 în comuna Buteni, se observă că atât în sectorul comercial, cât și în cel casnic, primăvara se înregistrează cel mai ridicat consum de energie (27,49% pentru sectorul comercial, 32,23% pentru cel casnic), în timp ce toamna are cel mai redus consum (23,36% pentru comercial și 18,88% pentru casnic), indicând o influență sezonieră consistentă. Iarna și vara au ponderi similare, cu valori cuprinse între 24% și 25% pentru sectorul comercial și 22-27% pentru sectorul casnic, ceea ce sugerează un consum stabil pe de-o parte pentru agenții comerciali parcursul acestor anotimpuri, pe de altă parte o fluctuație semnificativă pentru sectorul casnic. La nivel anual, distribuția totală a consumului între sectorul comercial (7,6%) și cel casnic (92,4%) este aproape în totalitate în favoarea uzului casnic.

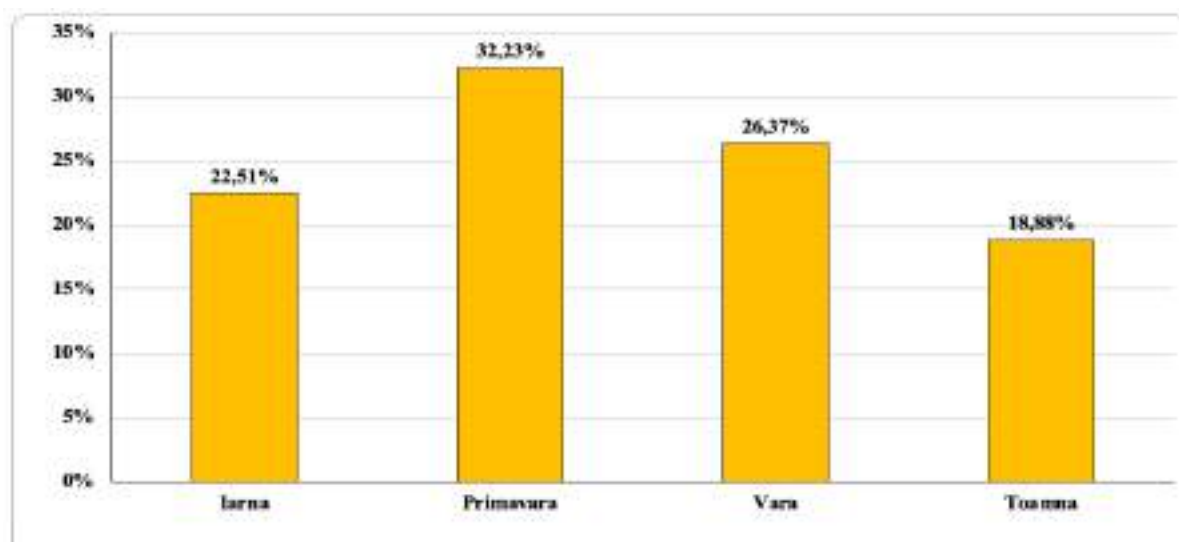


Figura 3 Ponderea sezonieră a consumului de energie electrică raportată la valoarea totală anuală pe tip de consumator

Corelând distribuția consumului de energie cu o curbă tipică de producție a sistemelor fotovoltaice în România, observăm o nepotrivire sezonieră, deoarece producția fotovoltaică este maximă vara, când radiația solară este cea mai intensă, iar ziua este mai lungă. Totuși, consumul de energie atinge valori maxime primăvara, când producția fotovoltaică este la mai

mică din cauza radiației solare scăzute și a duratei mai reduse de lumină naturală în comparație cu vara. Iarna și toamna, când producția fotovoltaică este moderată, consumul de energie este, de asemenea, moderat sub nivelul de primăvară/vară, dar cu un consum ușor mai ridicat în iarnă. Această corelare subliniază necesitatea unor surse alternative sau a stocării energiei pentru a acoperi vârfurile de consum din iarnă, când fotovoltaicele nu pot susține singure cererea crescută de energie.

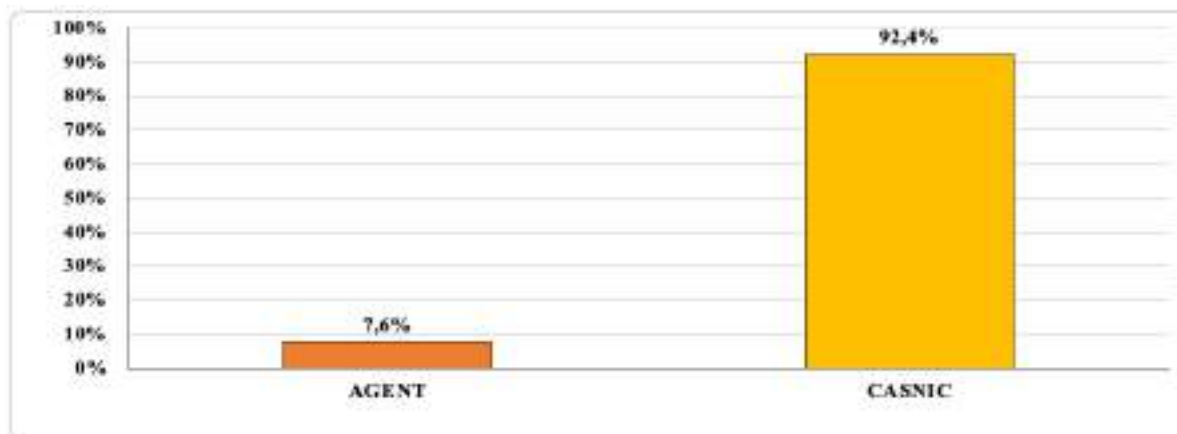


Figura 4 Ponderea consumului pe tip de consumator în satul Buteni

O comunitate de energie ar putea maximiza consumul de energie verde prin optimizarea utilizării energiei produse de sistemele fotovoltaice (PV) în funcție de tipul și programul de consum al utilizatorilor. În cazul satului Buteni, consumul este foarte diferit între consumatorii comerciali și cei casnici, ce reprezintă un dezavantaj. În general, consumatorii comerciali au un vârf de consum pe parcursul zilei, exact în intervalul în care sistemele PV sunt la capacitate maximă de producție datorită radiației solare intense. Pe de altă parte, consumatorii casnici tind să utilizeze mai multă energie dimineața și seara, când producția fotovoltaică este minimă. Printr-o astfel de structură a consumului, comunitatea nu poate folosi energia fotovoltaică aproape integral în timp real în timpul zilei pentru consumatorii comerciali, reducând dependența de rețea, dar poate acoperi consumul casnic de dimineață și seară fie prin stocarea energiei excedentare din timpul zilei, fie prin integrarea altor surse regenerabile.

2.3.6 Consumul Iarna net total

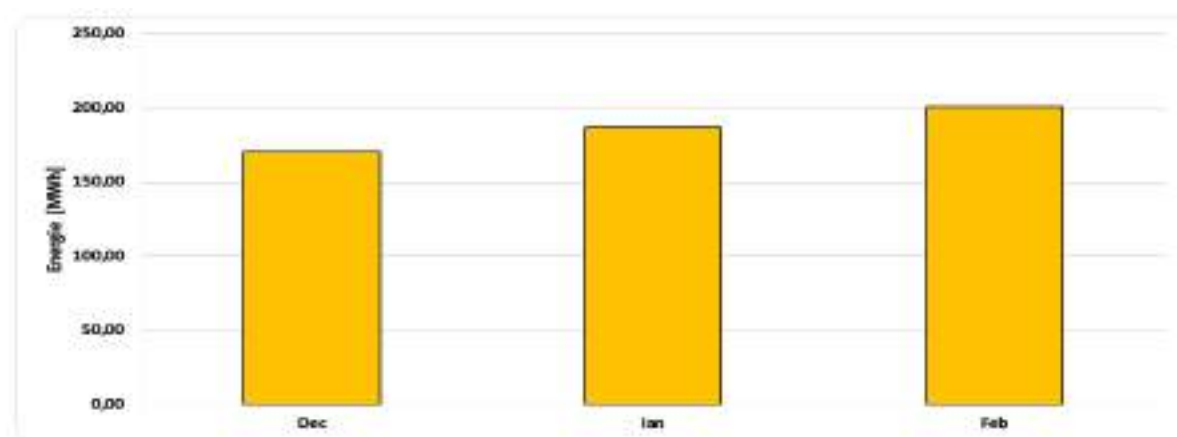


Figura 5 Consumul Net Iarna pentru comunitatea Buteni

În sezonul de iarnă Figura 5, comunitatea Buteni atinge un vârf al consumului de energie electrică în luna februarie, cu un total de 200,87 MWh. Consumul din luna decembrie, de 170,76 MWh, este cel mai mic consum din sezonul de iarnă. În medie, sezonul de iarnă prezintă un consum de 186,17 MWh.

2.3.7 Consumul Primăvara net total

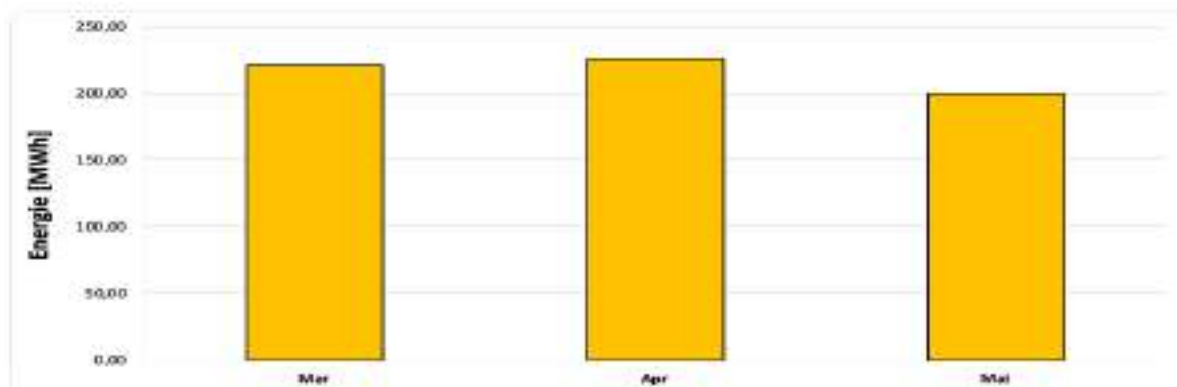


Figura 6 Consumul Net Primăvara pentru comunitatea Buteni

În sezonul de primăvară Figura 6, consumul mediu de energie în comunitatea Buteni a fost de 215,54 MWh. Cel mai mare consum a fost înregistrat în luna aprilie, cu 225,59 MWh, cel mai mare din an. Minimul din sezonul de primăvară s-a înregistrat în mai, cu un consum de 199,98 MWh. În luna martie s-a înregistrat un consum de 221,15 MWh, ceea ce o plasează ca a doua cea mai intens energetică lună din anul analizat după luna aprilie.

Comparativ cu sezonul de iarnă, media de consum din primăvară a crescut cu aproximativ 15,7%. De asemenea, consumul minim din primăvară (199,88 MWh) este cu aproximativ 0,4% mai mic decât maximum înregistrat în luna februarie, luna cu cel mai ridicat consum din iarnă (200,87 MWh) Figura 5.

2.3.8 Consumul Vara net total

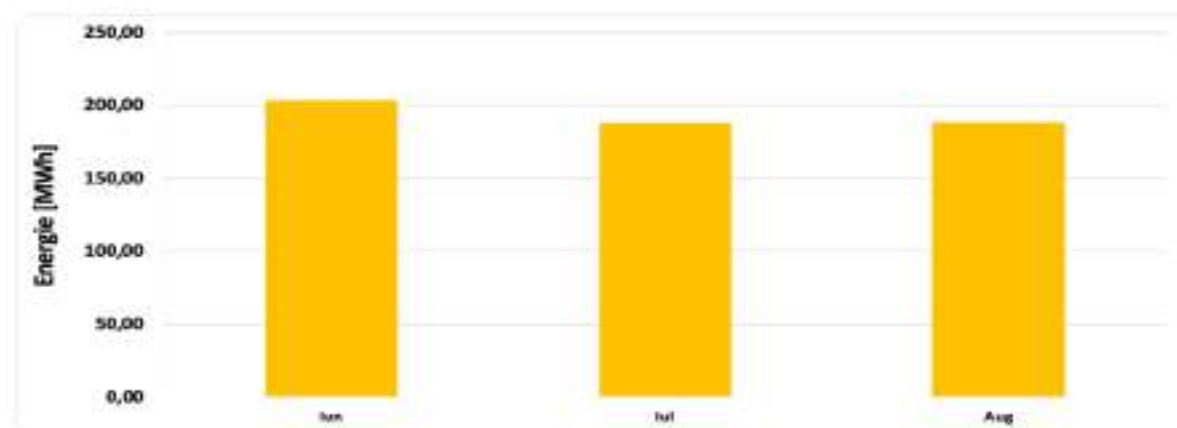


Figura 7 Consumul Net Vara pentru comunitatea Buteni

În perioada de vară, consumul de energie al comunității Buteni a atins un vârf în luna iunie, cu o valoare de 204,09 MWh. În iulie, consumul a fost de 188,71 MWh, iar în august s-a înregistrat o valoare de 189,16 MWh, comparativ cu media anuală de 193,45 MWh.

Consumul din luna iulie este astfel cu aproximativ 2,5% sub media anuală, iar cel din august cu 2,2% mai mic decât media anuală. În ansamblu, media consumului de energie din sezonul de vară este cu 10,1% mai mică decât media consumului din sezonul de primăvară.

2.3.9 Consumul Toamna net total

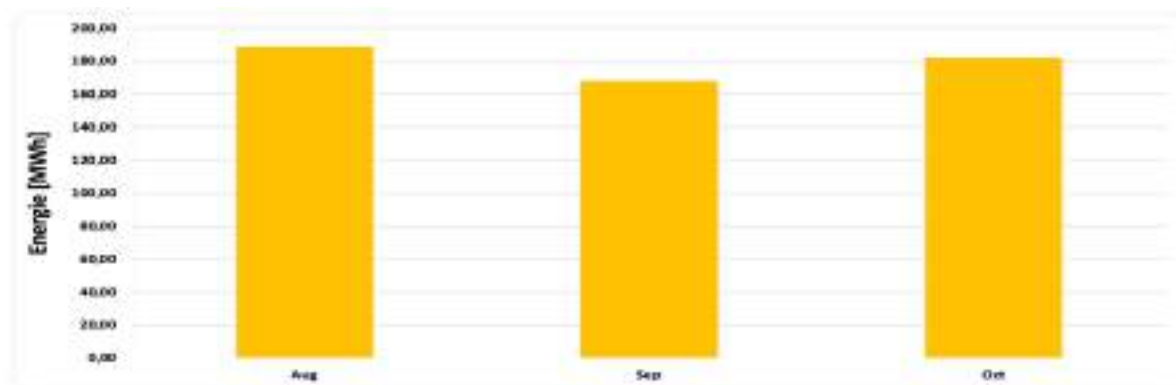


Figura 8 Consumul net Toamna pentru comunitatea Buteni

În sezonul de toamnă, consumul de energie al comunității Buteni atinge un maxim de 183,55 MWh în luna noiembrie și un minim de 168,5 MWh în luna septembrie. Consumul mediu în toamnă este de 178,1 MWh, situându-se sub media anuală. Mai exact, consumul mediu de toamnă este cu aproximativ 8,6% mai mic decât media consumului pe întregul an. Figura 3 Ponderea sezonieră a consumului de energie electrică raportată la valoarea totală anuală pe tip de consumator.

2.3.10 Capacitatea de producție existentă

Comuna Buteni dispune deja de o capacitate proprie de producție a energiei electrice. Aceasta capacitate se realizează prin panouri fotovoltaice instalate la nivel de consumator individual. La nivel lunar, producția de energie electrică din panouri fotovoltaice este următoarea:

Luna	TOTAL [MWh]
Ian	17,25
Feb	23,49
Mar	41,15
Apr	49,64
Mai	54,78
Iun	57,94
Iul	60,13
Aug	56,33
Sep	42,60
Oct	32,81
Noi	19,81
Dec	12,61
Total	468,53

Tabel 10 Producție energie electrică la nivelul comunei Buteni

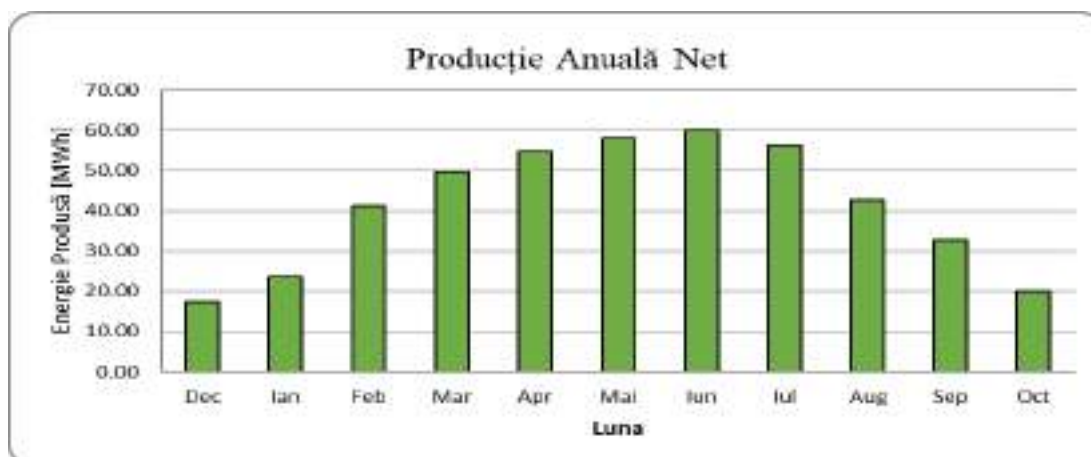


Figura 9 Producția netă energie electrică pentru comunitatea Buteni nivel lunar

Analiza producției de energie electrică pentru comunitatea Buteni a indicat o producție anuală netă de 468,53 MWh, corespunzând unei medii lunare de 39,04 MWh. Luna cu cea mai mare producție a fost luna iulie, cu un total de 60,13 MWh, în timp ce cea mai mică valoare de producție s-a înregistrat în luna decembrie, atingând 12,61 MWh. Aceste date oferă o perspectivă asupra variațiilor sezoniere ale consumului, informații esențiale pentru dimensionarea soluțiilor de stocare și producție locală în vederea asigurării autosuficienței energetice la nivel de comunitate.

Dacă grupăm producția după sezon, în proporție de 67% energia produsă într-un an este produsă primăvara și vara. Toamna se produce 20,32% din totalul energetic anual, adică 95,22 MWh iar iarna producția scade doar la 11,39% din totalul anual sau, 53,35 MWh. Acest fapt indică faptul ca fluctuația sezonieră de producție este una mare, în sezonul cald producându-se de 3 ori mai multă energie din aceste surse.

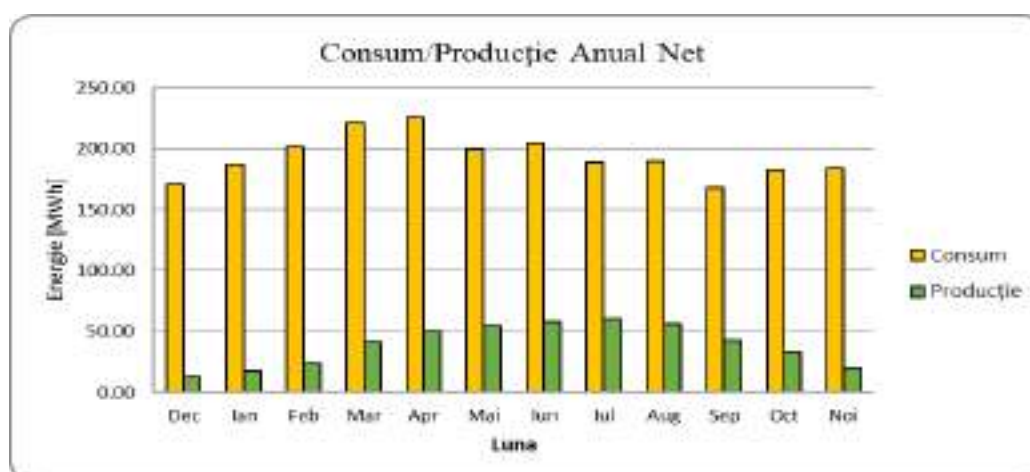


Figura 10 Producție/Consum pentru comunitatea Buteni nivel lunar

Nivelul actual de producție, totuși după cum se poate observa în Figura 10, este mult prea mic pentru a asigura independență energetică totală față de sistemul național. Nivelele de autosuficiență pe anotimpuri sunt următoarele: pe timp de iarnă, producția fiind cea mai mică, avem un nivel de autosuficiență de doar 9,55%. Acest lucru înseamnă că, la nivel de iarnă energia totală produsă de panouri acoperă sub o zecime din totalul necesar. Toamna

înregistrează un grad de autosuficiență de 17,82% în virtutea consumului scăzut și producția încă relativ ridicată în luna septembrie. Vara are cel mai ridicat procent de autosuficiență energetică la 29,97%, fiind urmată de primăvara care înregistrează un procent de 22,51%.

2.4 Analiza cererii de bunuri și servicii

Analiza cererii de bunuri și servicii, inclusiv prognoze pe termen mediu și lung privind evoluția cererii, în scopul justificării necesității obiectivului de investiții

Proiectul EMERGE (*EMpowering Communities for EneRGy Transition towards Carbon NEutrality in Romania*) își propune să sprijine dezvoltarea comunităților energetice din România, prin colaborarea cu Norvegia, facilitând tranziția către surse regenerabile de energie și integrarea acestora în rețeaua națională. În România, numărul prosumatorilor (persoane sau entități care produc și consumă energie) a crescut semnificativ, depășind capacitatea instalată a celor două reactoare nucleare de la Cernavodă. Această evoluție a generat provocări tehnice și sociale pentru rețeaua de distribuție, conducând la o scădere a calității energiei electrice și la pierderi sporite în rețea. În acest context, a apărut conceptul de „**prosumator vulnerabil**”, care desemnează acei prosumatori care nu pot valorifica pe deplin energia produsă local, din cauza constrângerilor tehnice ale rețelei de distribuție.

Proiectul EMERGE propune dezvoltarea comunităților energetice ca soluție pentru echilibrarea producției și consumului de energie la nivel local, reducând astfel presiunea asupra rețelei și îmbunătățind calitatea energiei. Pentru atingerea acestui obiectiv, colaborarea cu Norvegia este esențială, având în vedere expertiza sa avansată în integrarea surselor regenerabile și dezvoltarea comunităților energetice. Norvegia va sprijini proiectul prin transfer de know-how, oferind metodologii operaționale, modele de partajare a valorii energiei, concepte de design pentru piețele locale, stimulente financiare și soluții pentru gestionarea cererii de energie.

Comunitățile de energie din Uniunea Europeană reprezintă un concept-cheie în tranziția către un sistem energetic descentralizat, sustenabil și democratizat, prin care cetățenii, întreprinderile locale și autoritățile publice pot participa activ în producerea, distribuția și consumul de energie din surse regenerabile. Conform Directivei (UE) 2019/944 privind normele comune pentru piața internă de energie electrică și Directivei (UE) 2018/2001 privind promovarea utilizării energiei din surse regenerabile, comunitățile energetice sunt recunoscute ca entități care pot contribui semnificativ la atingerea obiectivelor climatice și energetice ale UE. Acestea permit participarea activă a consumatorilor, oferind beneficii economice prin reducerea costurilor energetice și prin crearea unui model de autogestionare a energiei la nivel local. De asemenea, comunitățile de energie joacă un rol important în creșterea rezilienței energetice și în reducerea dependenței de surse externe de energie, facilitând o tranziție energetică echitabilă și accesibilă tuturor.

România a transpus Directiva RED II (momentan se pregătește transpunerea RED III), însă legislația națională de transpunere (Ordonanța de Urgență a Guvernului 163/2022) reproduce doar principiile generale din legislația europeană în limba română, fără a le operaționaliza. Legislația națională obligă ministerul relevant să realizeze o analiză a obstacolelor și oportunităților, solicită autorității de reglementare să organizeze sesiuni de informare și formare privind înființarea comunităților energetice și cere guvernului, în ansamblu, să dezvolte un cadru favorabil pentru comunitățile energetice. Cu toate acestea, la

mai mult de un an și jumătate de la adoptarea Ordonanței de Urgență a Guvernului 163/2022, niciunul dintre aceste angajamente nu a fost îndeplinit. În prezent, nu există finanțare publică dedicată pentru comunitățile energetice sau suport informațional. De asemenea, o versiune a capitolului REPowerEU din Planul Național de Redresare și Reziliență, supusă dezbaterii publice de către Guvern, dar în final nefiind transmisă Comisiei Europene, a detaliat lacunele cadrului legislativ actual și a propus o reformă extinsă dedicată comunităților energetice.

În ciuda acestui context nefavorabil, o mișcare ambițioasă a cetățenilor de a proiecta comunități energetice s-a dezvoltat în întreaga țară. Un studiu de cercetare³ realizat de Greenpeace a identificat 21 de proiecte de comunități energetice, dintre care două au fost înființate și funcționează cu succes în cadrul legal existent ([Cooperativa de Energie](#) și [IntreVecini](#)). Deși doar două comunități sunt în prezent operaționale, alte 10 proiecte se află într-un stadiu conceptual avansat, iar restul de până la 21 de proiecte sunt la un nivel incipient. Tehnologia preferată printre inițiatorii comunităților energetice din România este reprezentată de panourile fotovoltaice, cu un singur proiect utilizând biomasa pentru a acoperi consumul local de energie termică. Deși sunt inițiate de indivizi cu un puternic spirit antreprenorial și expertiză tehnică dezvoltată în domeniul energetic, comunitățile energetice din România suferă în prezent de o capacitate slabă de advocacy și de reprezentare.

Tendința în România confirmă concluziile literaturii internaționale, în sensul că scopul tuturor inițiativelor identificate este necomercial, profitul nefiind un factor motivant pentru inițiatori. Mai mult, această abordare participativă are un efect antreprenorial profund. Fiecare utilizator final, asumând un rol mai activ pe piața de energie, devine efectiv un antreprenor la scară mică. Această mentalitate antreprenorială îmbrățișează inovația, încurajează investițiile în tehnologii de energie verde și stimulează creșterea economică la nivel local. În plus, cultivă un sentiment de proprietate și responsabilitate în rândul consumatorilor, pe măsură ce aceștia realizează impactul tangibil al deciziilor lor legate de energie, atât la nivel personal, cât și comunitar.

Context European

Prețul și fiabilitatea aprovizionării cu energie, în special energie electrică, reprezintă elemente de bază în strategia unei instituții publice. Prețul energiei electrice are o importanță deosebită pentru competitivitatea la nivel internațional, întrucât energia electrică reprezintă de obicei un procent semnificativ din totalul costurilor cu energia pentru autoritățile publice. În plus, costurile cu energia reprezintă un procent semnificativ din bugetul local al comunității. Buteni, prin urmare reducerea sumei bănești alocate achitării utilităților ar putea fi redirectionată către investiții.

Spre deosebire de prețul combustibililor fosili, care sunt de obicei comercializați pe piețele globale la prețuri relativ uniforme, în cazul energiei electrice există o mai mare varietate de prețuri la nivelul statelor membre ale UE. Prețul energiei electrice este într-o anumită măsură, influențat de prețul combustibililor primari și mai recent, de costul certificatelor de emisii de dioxid de carbon.

Aceste aspecte au fost abordate într-o Comunicare a Comisiei Europene *Răspunsul la provocarea reprezentată de prețurile petrolului* (COM(2008) 384), care îndemna UE să devină mai eficientă în ceea ce privește utilizarea energiei și mai puțin dependentă de

³ <https://www.greenpeace.org/romania/articol/9585/comunitatile-de-energie-o-solutie-pentru-reducerea-facturilor-la-energie/>

combustibili fosili, în special prin respectarea modului de abordare prezentat în pachetul schimbări climatice și energii regenerabile.

UE a acționat în vederea liberalizării pieței energiei electrice și gazelor începând cu cea de-a doua jumătate a anilor 1990. Directivele adoptate în 2003 au stabilit regulile comune pentru piețele interne ale energiei electrice și gazelor naturale. Au fost stabilite termene limită pentru deschiderea piețelor, permițându-se clienților să își aleagă furnizorul: începând de la data de 1 iulie 2004 pentru întreprinderi și începând de la data de 1 iulie 2007 pentru toți consumatorii (inclusiv pentru cei casnici). Unele state membre ale UE au anticipat procesul de liberalizare, în timp ce altele au acționat mult mai lent în ceea ce privește adoptarea măsurilor necesare. Într-adevăr, în cazul multor piețe de energie electrică și gaze naturale rămân bariere semnificative de pătrundere, așa cum se poate vedea din numărul de piețe care sunt încă dominate de către furnizorii (din proximitate) care dețin monopolul.

În iulie 2009, Parlamentul European și Consiliul au adoptat un al treilea pachet de propuneri legislative <http://ec.europa.eu/energy/node/50> menit să asigure o alegere reală și eficace a furnizorilor, precum și beneficii pentru clienți. Se consideră că transparența sporită în ceea ce privește prețurile energiei electrice și gazelor ar trebui să contribuie la promovarea concurenței loiale, prin încurajarea consumatorilor să aleagă între diferite surse de energie (petrol, cărbune, gaze naturale și surse regenerabile de energie) și diferiți furnizori Figura 11.

Electricity prices for non-household consumers, first half 2022
(€ per kWh)

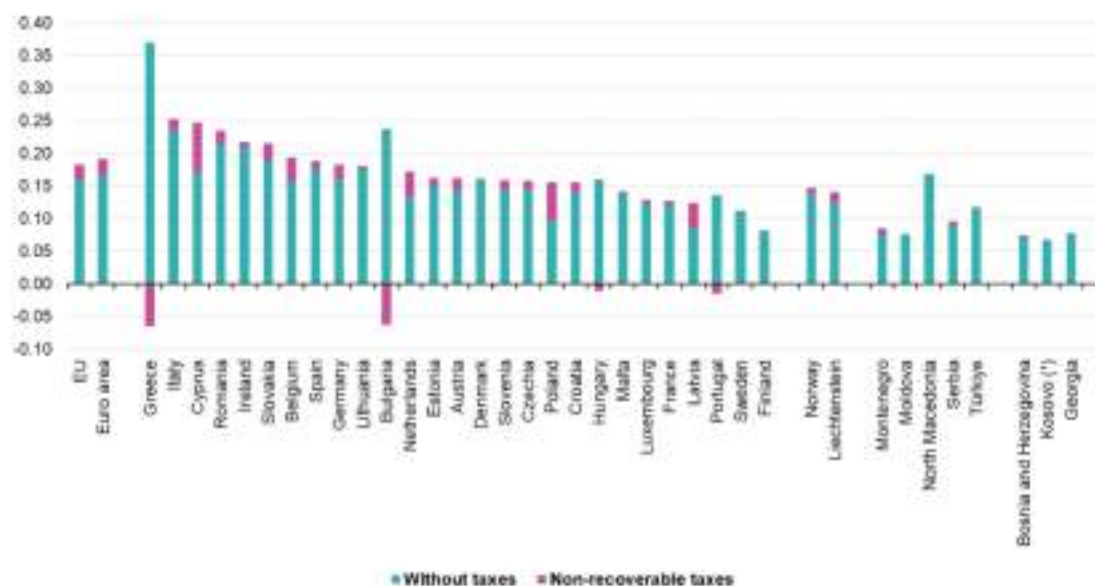


Figura 11 Evoluția prețului la energie

Transparența prețului energiei poate fi asigurată într-un mod mai eficace prin publicarea și difuzarea pe o scară cât mai largă a prețurilor și a sistemelor de stabilire a prețului posibile. Consumatorii noncasnici sunt definiți ca fiind consumatori mijlocii cu un consum anual cuprins între 500 MWh și 2.000 MWh. Astfel cum se arată în Figura 11, prețurile energiei electrice în prima jumătate a anului 2022 au fost cele mai ridicate în Grecia (0,42 EUR pe kWh) și în Italia (0,2525 EUR pe kWh). Cele mai scăzute prețuri au fost observate în Finlanda (0,0808 EUR pe kWh) și în Suedia (0,1117 EUR pe kWh). Prețul mediu al UE în primul semestru al anului 2022 a fost de 0,1383 EUR pe kWh. Agregatele sunt medii ponderate luând în considerare consumul mediu din fiecare interval.

Figura 12 prezintă evoluția prețurilor energiei electrice pentru consumatorii noncasnici din UE începând cu prima jumătate a anului 2008. Prețul fără taxe, și anume energia, aprovizionarea și rețeaua, a crescut similar cu inflația totală până în 2012, când a atins un maxim de 0,0943 EUR pe kWh în primul semestru. Ulterior, s-a înregistrat o scădere până în 2020. De exemplu, în al doilea semestru al anului 2019, aceasta a fost de 0,0781 EUR pe kWh, în timp ce în a doua jumătate a anului 2020 a crescut și s-a situat la 0,0820 EUR pe kWh, ceea ce este încă mai mic decât prețul din primul semestru din 2008. În schimb, în prima jumătate a anului 2022, s-a înregistrat o creștere abruptă, prețul fără taxe ridicându-se la 0,1602 EUR pe kWh, cea mai mare valoare și cea mai mare creștere în comparație cu perioada de referință anterioară de la începerea colectării datelor.

Ponderea impozitelor a crescut, cu 20,8 puncte procentuale, de la 13,8 % în primul semestru al anului 2008 la 34,6 % în prima jumătate a anului 2021. În primul semestru al anului 2022, ponderea impozitelor a fost cea mai scăzută observată de la începutul colectării datelor (12,6 %), ceea ce reflectă măsurile luate pentru reducerea costurilor energiei electrice.

Analizând prețul total necasnic, adică incluzând impozitele nerecuperabile, pentru prima jumătate a anului 2022, acesta aproape s-a dublat (92,1 %) față de prețul din prima jumătate a anului 2008, de la 0,0834 EUR pe kWh la 0,1602 EUR pe kWh.



Figura 12 Evoluția prețului la energie

Pentru prețurile ajustate în funcție de inflație, prețul total pentru consumatorii noncasnici, adică incluzând impozitele, a fost de 0,1244 EUR pe kWh în prima jumătate a anului 2022, față de 0,0968 EUR pe kWh în prima jumătate a anului 2008. Acest preț este mai mic decât prețul real, inclusiv taxele. Prețul total pentru consumatorii noncasnici, adică fără taxe, a fost de 0,1072 EUR pe kWh în prima jumătate a anului 2022, față de 0,0834 EUR pe kWh în prima jumătate a anului 2008. Acest preț este mai mare decât prețul real, fără taxe.

Figura 13 prezintă proporția impozitelor și cotizațiilor nerecuperabile din prețul global al energiei electrice pentru consumatorii necasnici. În prima jumătate a anului 2022, ponderea impozitelor a fost cea mai ridicată în Polonia, urmată de Letonia și Cipru, unde impozitele și

prelevările nerecuperabile au reprezentat 36,5 %, 32,1 % și, respectiv, 30,3 % din prețul total. Ponderea impozitelor pentru UE a fost de 12,6 %.

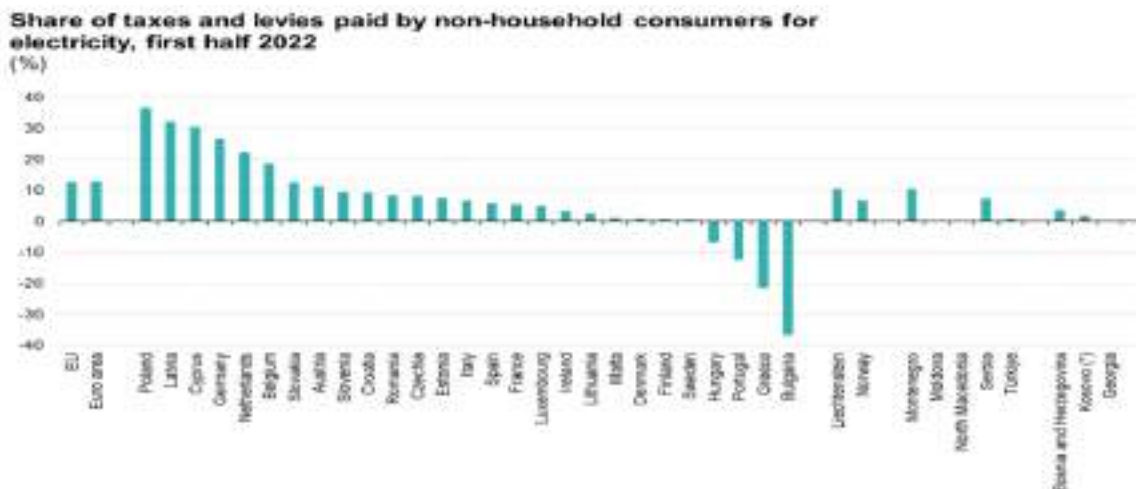


Figura 13 Nivelul de taxare la nivel European

Figura 14 prezintă variația prețurilor energiei electrice pentru consumatorii necasnici, inclusiv toate taxele și impozitele nerecuperabile din prima jumătate a anului 2021 până în prima jumătate a anului 2022. În scopul comparării, au fost utilizate monedele naționale. Cele mai mari creșteri au fost înregistrate în Grecia (159,1 %) și România (136,6 %), urmată de Danemarca (101,9 %). În toate statele membre ale UE, cu excepția Maltei, creșterea a fost de peste 10 %. Pentru Malta, creșterea a fost de 4,8 %.

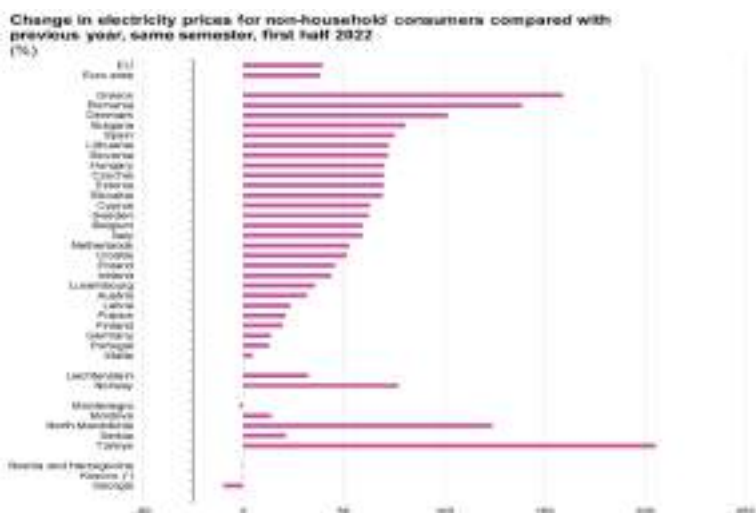


Figura 14 Evoluția prețului la energie

În mod concret, Comunitatea BUTENI, a înregistrat un consum de energie electrică anuală de 2321,4 MWh, defalcat la nivel lunar după cum urmează:

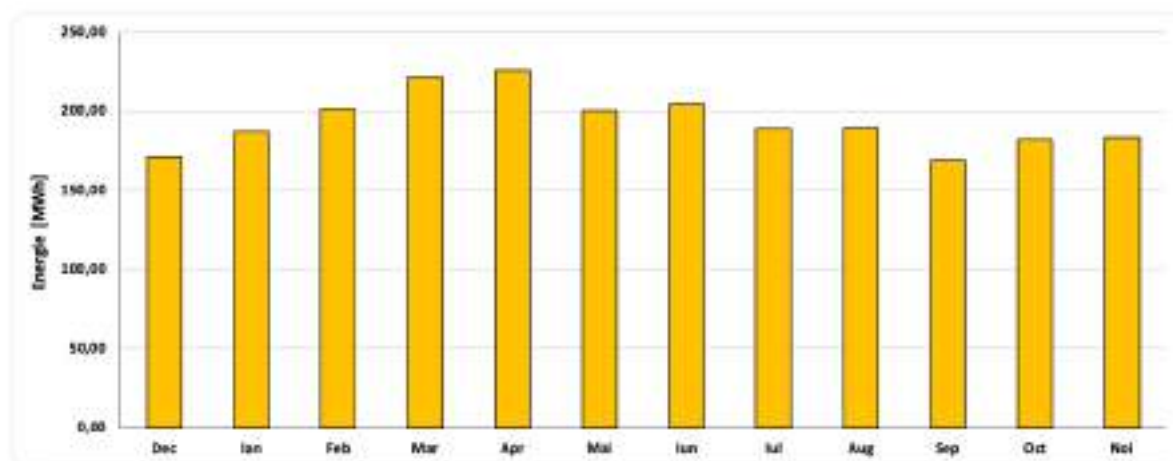


Figura 15 Consum lunar de energie în comunitatea Buteni

Figura 15 indică un consum anual total de energie electrică de 2.321,4 MWh pentru Comunitatea Buteni, cu o distribuție lunară variabilă, în general între 7% și 10% din totalul anual. Cele mai ridicate procente de consum din totalul anual sunt înregistrate în lunile aprilie (9,72%) și martie (9,53%). Pe de altă parte, lunile septembrie și decembrie prezintă un consum mai scăzut, cu 7,26% și 7,36%. Această variație lunară a consumului poate sugera o sezonabilitate moderată, dar suficient de stabilă pentru planificarea resurselor energetice necesare în cadrul comunității.

2.5 Obiective preconizate a fi atinse prin realizarea investiției

Obiectivul general al proiectului:

Obiectivul principal al prezentului studiu este analiza de oportunitate pentru transformarea comunei Buteni într-o comunitate de energie eficientă, sustenabilă și incluzivă, capabilă să gestioneze resursele energetice locale într-un mod optim și să devină un model de autonomie energetică. Această transformare implică analiza implementării unor soluții tehnologice și comerciale care să permită valorificarea eficientă a energiei produsă din surse regenerabile locale, reducerea dependenței de rețeaua națională și minimizarea pierderilor asociate surplusurilor de producție. În acest context, comunitatea Buteni urmărește să integreze capacități de stocare adecvate, să optimizeze consumul prin tehnologii inteligente și să participe activ pe piețele de energie, promovând astfel o abordare sustenabilă și economic viabilă. Totodată, prin organizarea sub formă de Comunitate Energetică, Buteni își propune să devină un exemplu de colaborare între cetățeni, autorități și mediul privat, asigurând acces echitabil la resurse energetice și contribuind la tranziția energetică la nivel local și regional.

Obiectivele principale realizării investiției

Prin implementarea unei centrale electrice fotovoltaice adiționale și a unei soluții de stocare centralizată, se preconizează atingerea următoarelor obiective pentru comuna Buteni:

OS1: Creșterea nivelului tehnologic la gradul 5 pentru a deveni o comunitate energetică

Prin instalarea unui sistem de panouri fotovoltaice suplimentare, soluții de stocare și

monitorizare a consumului și producției de energie, comunitatea BUTENI va atinge un nivel tehnologic avansat, permițându-i să devină o comunitate de energie.

OS2: Obținerea autosuficienței energetice prin stocarea excesului de energie din timpul zilei

Acest obiectiv urmărește valorificarea energiei produse în timpul zilei, când panourile fotovoltaice generează energie la capacitate maximă, pentru a acoperi nevoile de consum din orele de seară. Stocarea energiei excedentare în baterii va permite comunității să utilizeze această energie pe timp de noapte, reducând dependența de rețeaua electrică și asigurând o sursă de energie stabilă.

OS3: Facilitarea schimbului de energie la nivelul comunității BUTENI

Prin implementarea soluțiilor de monitorizare și control al energiei, se urmărește optimizarea distribuției energiei între gospodăriile din comunitate, în funcție de necesitățile fiecărui loc de consum/producție, pentru o utilizare eficientă și echitabilă a resurselor energetice.

Obiective secundare realizabile în urma investiției:

- Producerea locală de energie „verde” din surse regenerabile;
- Reducerea emisiilor de CO₂ datorate producerii de energie din surse convenționale;
- Reducerea pierderilor din transport, prin producerea și locală;
- Reducerea costurilor cu energia electrică;
- Securizarea aprovizionării cu energie la nivel local și regional.
- Conștientizarea activă a publicului și creșterea gradului de implicare a personalului angajat în reducerea consumurilor și costurilor energetice;
- Implementarea centralelor fotovoltaice poate duce la scăderea globală a consumului energetic la nivel de oraș;
- **Identificarea, propunerea și prezentarea de scenarii și opțiuni tehnico-economice pentru realizarea obiectivului de investiții**

3.1 Analiza Teoretică - Scenariul 1: Analiza capacității de producție instalată și contractată

În prima fază a proiectului, se va realiza o analiză teoretică asupra comunității de energie Buteni, având ca obiectiv principal evaluarea circulației de puteri fără a lua în considerare limitările tehnice ale rețelei sau constrângerile tehnologice ale infrastructurii propuse.

Această abordare conceptuală are scopul de a oferi o imagine de ansamblu asupra modului în care o comunitate rezidențială de energie din mediul rural interacționează cu sistemul energetic național, analizând în detaliu schimburile de puteri generate de sursele regenerabile locale, coeficientul de cuplaj dintre profilurile de consum și producție și impactul prezenței capacităților de stocare. Dimensionarea soluțiilor de stocare a energiei a fost abordată în această etapă prin utilizarea unui model teoretic simplificat, în care energia

produsă în excedent este stocată într-o baterie ipotetică cu o capacitate și o putere instalată considerate infinite. Această ipoteză permite eliminarea constrângerilor tehnologice și economice, oferind o platformă idealizată pentru analiza fluxurilor energetice și pentru evaluarea echilibrului dintre cerere și ofertă. Modelul, lipsit de limitările fizice ale bateriilor reale, facilitează înțelegerea interacțiunilor complexe dintre producție, consum și stocare, identificând momentele critice de dezechilibru sau oportunitățile de autoconsum și export.

Prin această metodologie, proiectul urmărește să evidențieze dinamica schimburilor de puteri la nivelul comunității și modul în care coeficientul de cuplaj dintre profilul de producție și cel de consum influențează performanța energetică generală. Analiza teoretică servește drept bază pentru dezvoltarea ulterioară a soluțiilor tehnice și economice, furnizând un cadru solid pentru deciziile care vizează integrarea eficientă a surselor de energie și a capacităților de stocare în contextul rețelei energetice naționale. Această etapă preliminară este esențială pentru a înțelege potențialul comunității Buteni de a deveni un actor activ în sistemul energetic național.

3.1.1 Producția anuală netă

Pentru a analiza corect pași ce trebuie abordați pentru comunitatea Buteni să devină o comunitate energetică se va analiza în detaliu producția anuală netă prin prisma investițiilor deja pe rol și anume: dublarea capacității de producție la nivel casnic de la aproximativ 400 kWp, până la 800 kWp și de asemenea instalarea unui parc fotovoltaic de 400 kWp sub administrația publică.

Analiza detaliată a rezultatelor obținute din simularea producției de energie indică o producție totală anuală de 1.354,8 MWh cu un sistem fotovoltaic propus de 1.200 kWp.

În cadrul acestei perioade, s-a observat că producția de energie atinge un vârf în luna iulie, când se înregistrează o valoare maximă de 173,87 MWh. Pe de altă parte, producția scade semnificativ în timpul lunilor noiembrie-decembrie, atingând un nivel minim de 36,46 MWh în luna decembrie. În ansamblu, valorile lunare de producție conduc la o medie anuală calculată de 112,9 MWh, ceea ce oferă o imagine clară asupra variației sezoniere a producției de energie.



Figura 16 Producția anuală de energie electrică

Graficul lunar, Figura 16, arată o producție maximă în lunile de vară, cu un vârf în iulie de aproximativ 160-170 MWh, și o scădere semnificativă în lunile de iarnă, cu un minim în decembrie, în jur de 35 MWh. Acest tipar este caracteristic zonelor temperate, unde

producția solară atinge valori maxime în vară datorită radiației solare ridicate și este minimă iarna din cauza reducerii duratei de lumină și a unghiului scăzut al soarelui.



Figura 17 Energie produsă la nivel orar timp de un an

Graficul orar din Figura 17 evidențiază fluctuații zilnice pe tot parcursul anului, cu producție ridicată în perioada de vară, unde valorile maxime ating aproape de 900 kWh în anumite zile, indicând o utilizare eficientă a sistemului PV în intervalul maxim de radiație solară. În lunile de iarnă, producția orară scade considerabil, cu multe zile în care valorile sunt apropiate de 300 kWh.

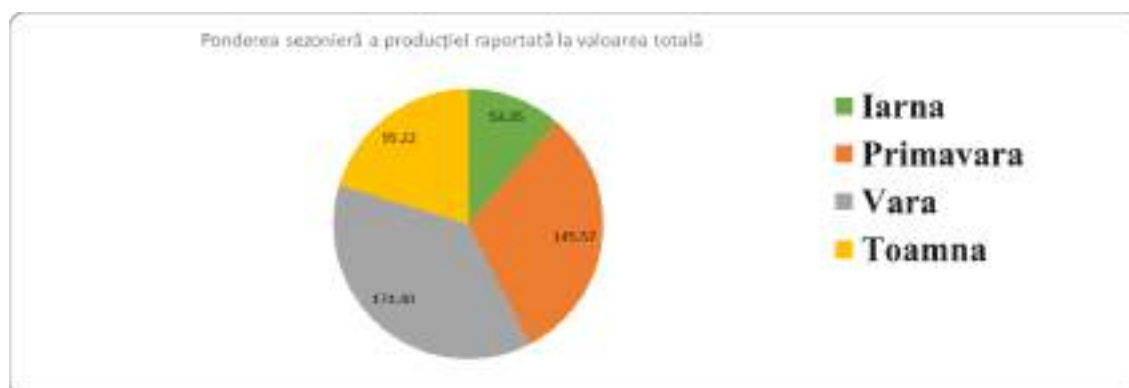


Figura 18 Pondere sezonieră raportată la total

Diagrama circulară prezentată în Figura 18 indică distribuția anuală a producției energetice, cu vara reprezentând cel mai mare aport, de 504,29 MWh, ceea ce corespunde cu aproximativ 37% din producția totală anuală. Primăvara contribuie cu 420,91 MWh, în timp ce toamna aduce 275,33 MWh, iar iarna are cel mai mic aport, de doar 154,26 MWh, adică aproximativ 11,39% din total.

Pe timpul sezonului de iarnă, producția de energie scade considerabil comparativ cu restul anului, datorită reducerii semnificative a numărului de ore de lumină, scăderea iradierii solare și a condițiilor meteorologice nefavorabile care limitează eficiența panourilor solare. În această perioadă, producția de energie variază între un minim de **36,46 MWh** și un maxim de **67,91 MWh**, cu o medie lunară de **51,42 MWh**. Această capacitate de producție redusă nu este suficientă pentru a acoperi cererea energetică a comunității în timpul iernii, motiv pentru care este necesară suplimentarea cu energie din surse externe pentru a asigura satisfacerea nevoilor energetice.

Primăvara aduce o creștere semnificativă a producției de energie față de sezonul de iarnă, reflectând o îmbunătățire a condițiilor de lumină și iradiere solară. În această perioadă, producția de energie se situează între un minim de 118,98 MWh și un maxim de 158,41 MWh, cu o medie lunară de 140,3 MWh. Comparativ, în timpul iernii, când producția de energie este mult mai scăzută, cu valori între 36,46 MWh și 67,91 MWh și o medie de doar 51,42 MWh.

Această diferență evidentă între sezoane subliniază impactul major al condițiilor meteorologice asupra performanței sistemului de energie solară. În primăvară, datorită zilelor mai lungi și intensității solare mai mari, panourile solare generează, în medie, de mai mult de două ori mai multă energie decât în timpul iernii. Totuși, deși producția din primăvară contribuie semnificativ la acoperirea necesarului energetic al comunității, aceasta nu reușește încă să satisfacă pe deplin cererea constantă de energie. Astfel, pentru a acoperi integral nevoile comunității, este necesară în continuare suplimentarea din surse externe.

În sezonul de vară, producția de energie atinge cele mai ridicate niveluri din întregul an, reflectând condițiile optime de lumină și radiație solară. În această perioadă, valorile producției fluctuează între un minim de 162,89 MWh, înregistrat în luna august, și un maxim de 173,87 MWh, atins în luna iulie. Producția medie lunară în sezonul de vară este de 168,1 MWh, ceea ce marchează o creștere substanțială față de perioada de iarnă și o creștere ușoară față de media de primăvară.

În comparație cu sezonul de iarnă, unde media producției este de doar 51,42 MWh, vara oferă o producție de aproape trei ori mai mare. De asemenea, în raport cu primăvara, care înregistrează o medie lunară de 140,3 MWh, vara aduce o creștere a producției cu aproximativ 20%. Aceste date evidențiază rolul crucial al sezonului estival în contribuția la necesarul energetic al comunității, deși, în continuare, completarea din surse externe poate fi necesară pentru a acoperi pe deplin cererea pe tot parcursul anului.

În sezonul de toamnă, producția de energie începe să scadă odată cu reducerea treptată a orelor de lumină și a intensității radiației solare. Valorile producției variază între un minim de 57,27 MWh, înregistrat în luna noiembrie, și un maxim de 123,18 MWh, atins în luna septembrie. Media lunară pentru toamnă este de 91,78 MWh, situându-se între valorile din iarnă și primăvară.

Comparativ cu sezonul de vară, când media lunară a fost de 168,1 MWh, producția din toamnă este mai redusă cu 45%. De asemenea, toamna se remarcă printr-o producție semnificativ mai mare decât în iarnă, când media este de doar 51,42 MWh, dar mai mică decât în primăvară, care înregistrează o medie de 140 MWh. Sezonul de toamnă are cea mai accentuată creștere sau descreștere a consumului, între luna Septembrie producându-se de două ori mai multă energie decât în luna Noiembrie.

3.1.2 Analiza comparativă a consumului și producției anuale

Analiza consumului și producției de energie pentru comuna Buteni evidențiază un dezechilibru semnificativ între cererea constantă de energie a comunității și producția variabilă generată de panourile fotovoltaice instalate.

Luna	Consum Comunitatea Buteni [MWh]	Producție Comunitatea Buteni [MWh]
Dec	170,76	36,46
Ian	186,88	49,89
Feb	200,87	67,91

Mar	221,15	118,98
Apr	225,59	143,52
Mai	199,88	158,41
Iun	204,09	167,53
Iul	188,71	173,87
Aug	189,16	162,89
Sep	168,50	123,18
Oct	182,26	94,88
Noi	183,55	57,27
Total	2.321,40	1.354,80

Tabel 10 Producția și consumul de energie în CE Buteni

Consumul de energie se menține relativ constant pe parcursul anului, având o medie 193,45 MWh, un maxim de 225,59 MWh în luna aprilie și un minim de 168,5 MWh în luna septembrie. Observăm o tendință de creștere a consumului în lunile de tranziție dinspre iarnă înspre vară, în special în martie și aprilie, când cererea atinge vârfuri. Toate acestea indică cum că cererea de energie este relativ constantă ce fluctuează într-o plajă de plus/minus 33%.

Pe de altă parte, producția de energie depinde semnificativ de condițiile sezoniere, având valori mult mai mici în lunile de toamnă și iarnă. Producția anuală variază între un minim de 36,46 MWh în decembrie și un maxim de 173,87 MWh în iulie. În lunile de vară, producția solară este la cel mai înalt nivel, cu o medie de aproape 150 MWh între aprilie și septembrie și un vârf de 173,87 MWh în iulie. În schimb, producția scade drastic în lunile de iarnă, în special în decembrie și ianuarie, când condițiile de lumină și radiație solară sunt limitate, generând cele mai scăzute valori din an.

Comparând producția și consumul lunar de energie din Figura 19, rezultă un deficit de energie în fiecare lună. Cel mai mare deficit se înregistrează în ianuarie, ajungând la -136,99 MWh, iar cel mai mic deficit apare în iulie datorită unei producții fotovoltaice ridicate, cu -14,84 MWh. Deși producția este la un nivel maxim în lunile de vară, aceasta nu reușește să acopere necesarul de energie, iar aportul suplimentar din surse externe rămâne necesar. Deficitul este deosebit de pronunțat în lunile de iarnă, ceea ce subliniază necesitatea unei surse energetice alternative pentru a acoperi cererea constantă a comunității.

Sistemul de panouri fotovoltaice instalat pentru comunitatea Buteni aduce o contribuție importantă la producția de energie, însă capacitatea sa de a satisface consumul total anual este insuficientă. Deși lunile de vară reduc considerabil deficitul, în restul anului, în special iarna, diferența dintre consum și producție rămâne semnificativă. Pentru a asigura continuitatea energetică și acoperirea necesarului, este esențială integrarea unor surse suplimentare de energie, mai ales în lunile cu producție solară redusă.

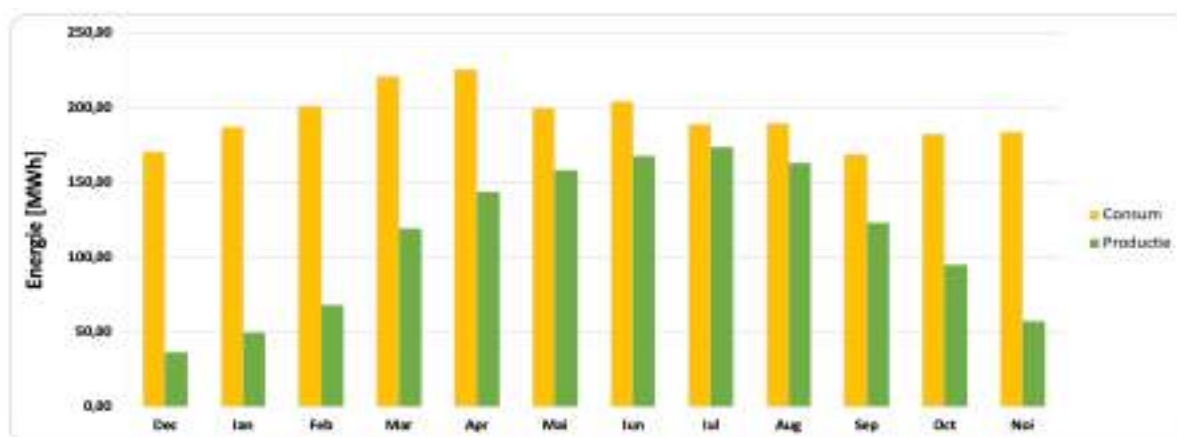


Figura 19 Comparație Consum/Producție anuală net în CE Buteni

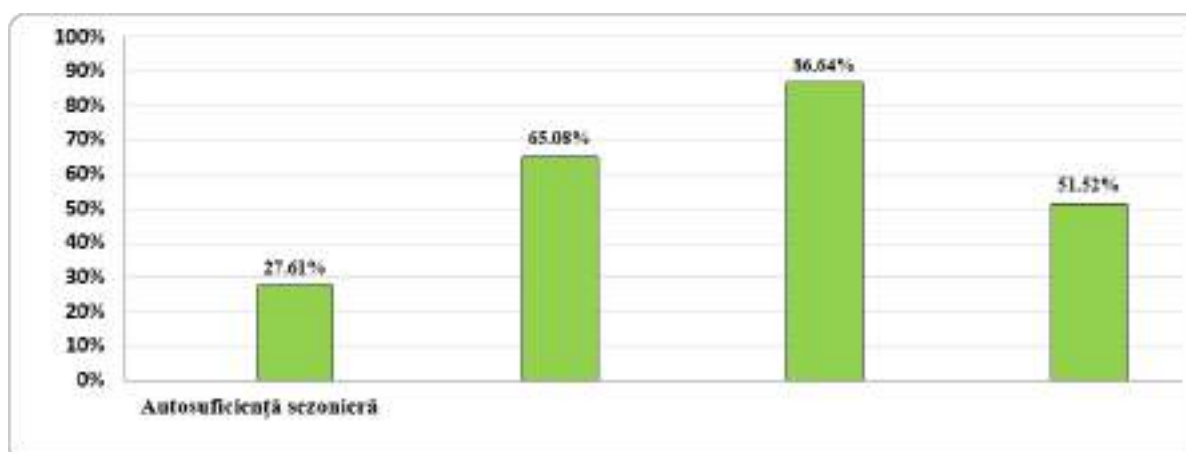


Figura 20 Grad de autosuficiență raportat la cantitatea netă de energie produsă și consumată în CE Buteni

Graficul din Figura 20 indică gradul de autosuficiență energetică sezonieră al comunității Buteni după instalarea sistemelor fotovoltaice de cumul 1.200 kWp, arătând că producția acoperă cel mai puțin din cerere în iarnă (27,62%) din cauza intensității solare scăzute, în timp ce vara se atinge autosuficiența maximă, de 86,65%, când radiația solară este la cote optime. Primăvara asigură o autosuficiență de 65,09%, în timp ce toamna scade la 51,53%, reflectând un declin treptat al producției. Aceste variații sezoniere subliniază că, deși sistemul PV acoperă o parte semnificativă din cerere vara și primăvara, comunitatea **necesită soluții de stocare** sau surse alternative pentru a menține acoperirea cererii energetice în sezoanele cu producție redusă.

Datele prezentate în Tabel 12 arată că, la nivel anual, parcul fotovoltaic de **1.200 kWp** produce 1.354,8 MWh. Comparând acest volum de energie cu cerințele de consum, se observă că pentru consumatorii comerciali, ponderea energiei verzi acoperă de 7 ori din necesarul total de 177,48 MWh, în timp ce pentru consumatorii casnici, acoperirea este de 63% dintr-un total de 2.143,92 MWh.

Luna	Comercial [MWh]	Pondere [%]	CASNIC [MWh]	Pondere [%]	Producție [MWh]
Dec	11	322.5%	175.575	21%	36.46
Ian	18	282.8%	183.231	27%	49.89
Feb	20	335.8%	200.924	34%	67.91
Mar	21	579.4%	205.059	58%	118.98

Apr	16	872.7%	183.436	78%	143.52
Mai	18	888.9%	186.269	85%	158.41
Iun	15	1090.1%	173.347	97%	167.53
Iul	14	1276.6%	175.536	99%	173.87
Aug	11	1545.8%	157.961	103%	162.89
Sep	11	1078.3%	170.838	72%	123.18
Oct	12	821.4%	171.996	55%	94.88
Noi	11	520.2%	159.747	36%	57.27
Total	177.48	763.3%	2,143.92	63%	1,354.80

Tabel 11 Ponderea energiei verzi consumate în scenariul în care se consideră că parcul PV alimentează un singur tip de consumator

Analiza comparativă pe luni arată că în lunile de iarnă (decembrie, ianuarie, februarie), producția de energie este suficientă pentru a acoperi cerințele sectorului comercial, vezi **Error! Reference source not found..** În lunile calde (mai-august), producția depășește consumul, ajungând la un excedent considerabil, cum este cazul în august, cu o producție de 162,89 MWh față de un consum de 10,53 MWh. Acest surplus de energie, deși util pentru injectarea în SEN, reduce randamentul economic al comunității, întrucât valorificarea energiei la prețuri de achiziție mai mici afectează veniturile potențiale.

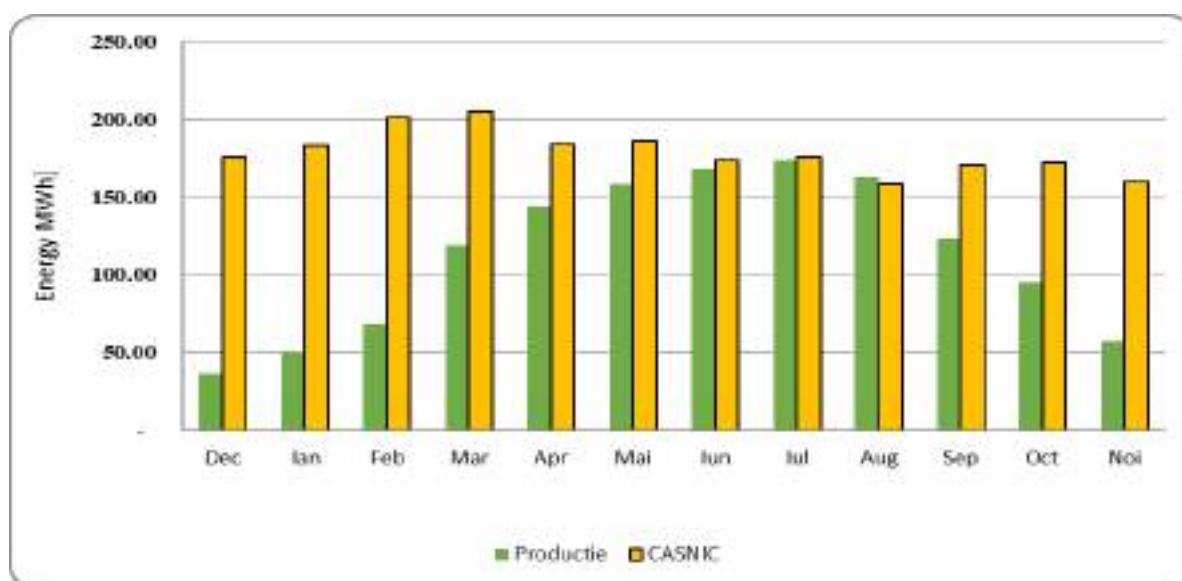


Figura 21 Analiză comparativă consum - producție în scenariul în care parcul PV alimentează doar consumatori casnici

Pentru sectorul casnic, analiza arată că, în toate lunile în afară de august, producția este insuficientă. De exemplu, în ianuarie, consumul este de 183,23 MWh, iar producția de doar 49,89 MWh, ceea ce indică o acoperire de doar aproximativ 27%. Acest lucru sugerează că un sistem PV care alimentează exclusiv un singur tip de consumator (fie comercial, fie casnic) va avea perioade de excedent și deficit la nivel orar, ceea ce afectează sustenabilitatea și rentabilitatea economică.

Pentru a maximiza randamentul economic al CE Buteni, este esențial să existe un mix de consumatori comerciali și casnici. Profilul de consum al acestora se completează reciproc, deoarece consumatorii comerciali au cerințe mai mari în timpul zilei, când producția PV este la maxim, iar casnicii au consumuri mai mari dimineața și seara. Acest mix reduce cantitatea de energie injectată în SEN la prețuri mai mici și optimizează utilizarea locală a energiei verzi.

Pentru o fezabilitate economică maximă, este recomandată o capacitate de producție ajustată, cu un sistem PV suficient de mare pentru a satisface cerințele ambelor tipuri de consumatori pe tot parcursul anului, dar fără a genera un surplus excesiv care să afecteze randamentul economic. Rămânerea conectată la SEN asigură stabilitatea energetică și compensează perioadele de producție insuficientă.

3.2 Scenariul 2 - Creșterea capacității fotovoltaice și instalarea unei capacități de stocare centralizate

Scenariul 2 propune extinderea capacității fotovoltaice existente în CE Buteni, astfel încât să se atingă o acoperire de 100% a consumului anual prin producția de energie din surse regenerabile, conform balanței anuale. Această măsură presupune instalarea unui parc fotovoltaic suplimentar cu o capacitate instalată de aproximativ 850 kWp, ceea ce va ridica capacitatea totală la 2.050 kWp. Creșterea producției energetice va permite comunității să devină independentă energetic, eliminând necesitatea importurilor pe termen lung și generând un surplus semnificativ de energie în anumite perioade ale zilei.

Pentru a optimiza utilizarea energiei produse și pentru a reduce pierderile generate de exporturile neplanificate, scenariul include implementarea unei soluții de stocare centralizate. Această capacitate de stocare va prelua excedentul de energie produs în timpul zilei și îl va distribui pentru consum în perioadele cu cerere ridicată, precum diminețile și serile, asigurând o mai bună corelare între producție și consum. În cadrul analizei, se propun trei variante de dimensionare a bateriei: stocarea a 100%, 50% sau 30% din energia excedentară, fiecare având implicații tehnice și economice distincte.

În completarea acestui scenariu, analiza include și o evaluare a oportunității instalării unei capacități de stocare centralizate pentru Scenariul 1, unde producția energetică acoperă doar 58,3% din consumul anual. În acest context, capacitatea de stocare va contribui la reducerea exporturilor neplanificate și la maximizarea utilizării locale a energiei regenerabile produse. Scenariul 2 evidențiază necesitatea unor soluții integrate care să combine extinderea capacităților de producție cu tehnologii avansate de stocare pentru a asigura sustenabilitatea și eficiența economică a comunității energetice Buteni.

Analiza Orară

Metodă de sintetizare a curbelor orare de consum pentru comuna Buteni

Pentru a genera curbele de consum orar pentru comuna Buteni, procesul s-a bazat pe transformarea datelor lunare de consum în curbe orare reprezentative, utilizând metode statistice. Metodologia a inclus dezvoltarea unui profil statistic standard pentru mediul rural, scalarea acestuia la nivel lunar și aplicarea unor coeficienți specifici pentru ajustarea datelor la nivelul comunității analizate.

Etape ale metodei de sintetizare

→ Crearea profilului statistic standard

Pentru a obține o bază de pornire, s-a utilizat un set de date de consum orar ale comunei Buteni. Alegerea comunității de referință s-a realizat printr-o analiză detaliată a parametrilor socio-economici și a tiparelor de consum. Profilul obținut a fost prelucrat statistic pentru a

crea o reprezentare generalizată, eliminând variațiile extreme și asigurând o reprezentativitate corespunzătoare.

→ Calculul mediilor orare

Un algoritm statistic a fost dezvoltat pentru a calcula valorile medii orare de consum. Acesta presupune separarea datelor pe categorii de zile (zile lucrătoare și zile de weekend) și calculul mediilor aritmetice pentru fiecare oră din an. Această abordare permite identificarea variațiilor tipice în funcție de ora și de tipul zilei.

Pentru zilele lucrătoare, valorile orare au fost calculate conform formulei:

$$C_{h,lucr} = \frac{1}{n_{lucr}} \sum_{i=1}^{n_{lucr}} C_{h,i}$$

unde

$C_{h,lucr}$ este consumul mediu orar pentru ora h în zile lucrătoare,

$C_{h,i}$ este consumul la ora h în ziua lucrătoare i ,

n_{lucr} este numărul total de zile lucrătoare din an.

Similar, pentru zilele de weekend, formula este adaptată pentru numărul corespunzător de zile.

$$C_{h,weekend} = \frac{1}{n_{weekend}} \sum_{j=1}^{n_{weekend}} C_{h,i}$$

→ Construcția curbei statistice orare

Utilizând valorile medii calculate pentru zile lucrătoare și zile de weekend, s-a construit o curbă orară pentru fiecare lună. Acest proces implică ponderarea contribuției fiecărei categorii de zile în funcție de distribuția lor în cadrul lunii respective. Astfel, curba rezultată reflectă un consum mediu orar precis pentru fiecare zi din lună.

$$C_h = f_{lucr} * C_{h,lucr} + f_{weekend} * C_{h,weekend}$$

Unde:

f_{lucr} , $f_{weekend}$ reprezintă fracțiile zilelor lucrătoare și de weekend dintr-o lună.

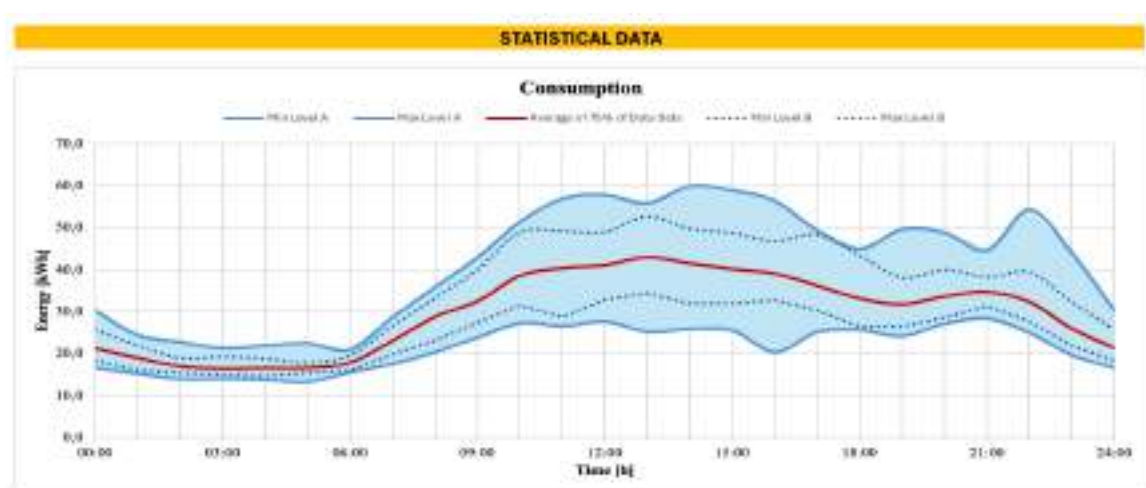


Figura 22 Exemplu date statistice orare

→ Calculul coeficienților statistici

Pentru fiecare lună, s-au calculat coeficienți de scalare orară prin raportarea fiecărei valori orare sintetizate la consumul lunar total. Acești coeficienți permit ajustarea proporțională a valorilor orare pentru a se alinia cu consumul lunar real. Formula utilizată este:

$$k_{h,m} = \frac{C_h}{C_{l,real}}$$

unde:

$k_{h,m}$ este coeficientul statistic pentru ora hh în luna mm

$C_{l,real}$ reprezintă consumul lunar de energie, real

Coeficienții statistici calculați au fost aplicați pentru a scala curbele orare sintetizate la nivelul consumului real al comunei Buteni. Rezultatul final constă într-o reprezentare orară fidelă, care reflectă caracteristicile reale ale consumului comunității.

Această metoda combină mediile orare sintetizate, coeficienții statistici și datele reale pentru a produce curbe de consum orar adaptate specificului local. Metodologia descrisă a permis generarea unei curbe orare de consum adaptate specificului comunității Buteni. Abordarea utilizată îmbină elemente statistice din profiluri similare și ajustări bazate pe date reale. Această metodologie este robustă, scalabilă și aplicabilă în diverse scenarii similare, oferind o reprezentare detaliată și precisă a consumului energetic.

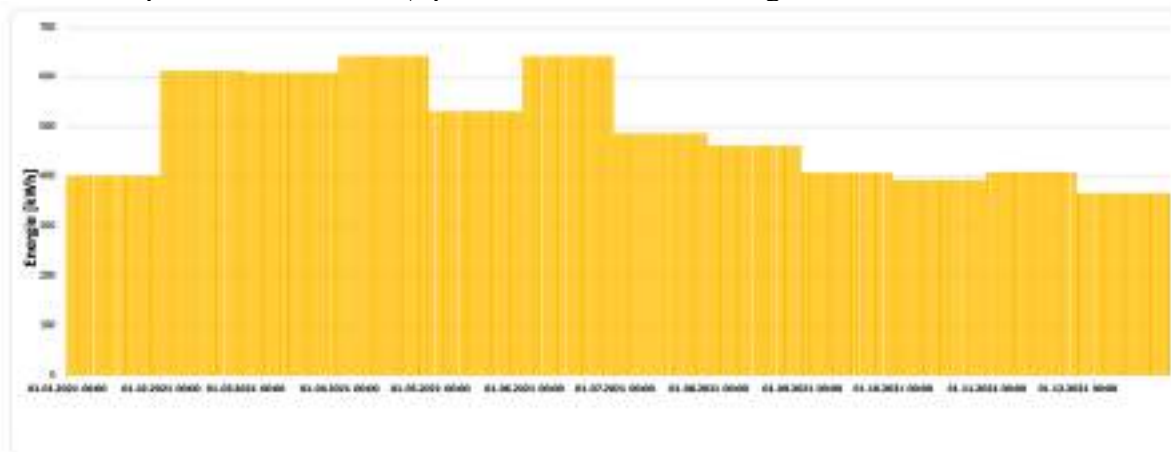


Figura 23 Curba sintetica de consum orar, CE Buteni

Graficul din Figura 23 ilustrează curba orară de consum energetic pentru comunitatea Buteni, generată utilizând o metodă statistică avansată, fundamentată pe modelarea consumului mediu pe intervale orare. Această metodologie a fost implementată pentru a evalua interacțiunea comunității cu Sistemul Energetic Național din perspectiva fluxurilor de energie importată și exportată și pentru a determina capacitatea optimă a soluțiilor de stocare.

Graficul evidențiază variații sezoniere și zilnice în profilul de consum al comunității. Consumul maxim atinge aproximativ **600-650 kWh** în lunile de vară, ceea ce poate fi atribuit utilizării intensificate a aparatelor electrice sezoniere, cum ar fi sistemele de răcire. În lunile de iarnă, consumul scade la valori mai reduse, reflectând o utilizare moderată a resurselor energetice. Aceste fluctuații sezoniere sunt tipice pentru comunități rezidențiale rurale și evidențiază o corelație cu necesitățile climatice și comportamentul utilizatorilor.

Curba prezentată a fost creată utilizând o metodă statistică bazată pe medii orare, care a permis consolidarea datelor pentru întreaga perioadă analizată. Această abordare permite o evaluare precisă a consumului pe termen lung, esențială pentru a determina cum interacționează comunitatea Buteni cu rețeaua națională. Mai mult, graficul permite identificarea clară a momentelor de vârf de consum și a intervalelor de consum redus,

informații esențiale pentru dimensionarea capacităților de stocare și optimizarea utilizării energiei produse din surse regenerabile locale.

Graficul din Figura 24 oferă o perspectivă detaliată asupra relației dintre energia produsă și consumată în cadrul Comunității de Energie Buteni, analizată la nivel orar. Acesta ilustrează diferențele semnificative între producția energetică generată de prosumatorii rezidențiali, în baza capacității instalate actuale, și cererea de energie din comunitate, subliniind variațiile sezoniere și comportamentul orar al producției și consumului.

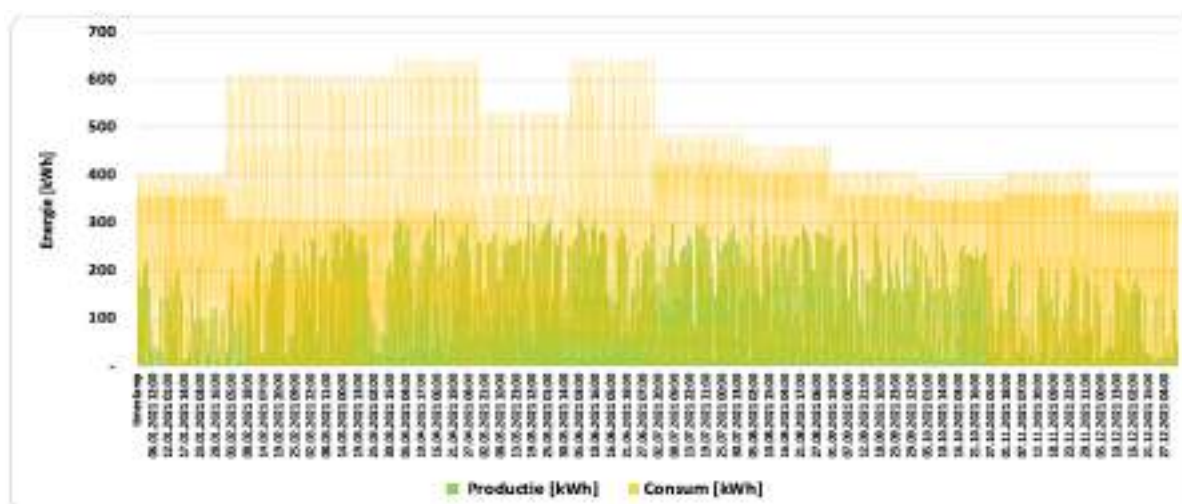


Figura 24 Profil orar de consum și producție la nivel CE Buteni

Capacitatea instalată a prosumatorilor rezidențiali din comunitatea Buteni este insuficientă pentru a echilibra balanța energetică anuală, generând o dependență constantă de importuri. În acest scenariu, doar o fracțiune din cererea energetică este satisfăcută prin producția locală, ceea ce limitează potențialul de autonomie energetică. Analiza graficului demonstrează că în scenariul actual, capacitatea instalată a prosumatorilor rezidențiali din comunitatea Buteni nu este suficientă pentru a satisface consumul anual, generând un deficit energetic considerabil. În cele ce urmează, se va prezenta un scenariu optimizat, bazat pe o soluție de generare care să acopere integral consumul anual, luând în calcul atât variabilitatea sezonieră a producției, cât și necesitatea echilibrării energetice prin stocare sau alte măsuri tehnice. Această proiecție va include și recomandări privind dimensionarea suplimentară a capacităților de producție și integrarea soluțiilor de stocare pentru sporirea eficienței și sustenabilității sistemului energetic local.

Graficul din Figura 25 ilustrează balanța energetică orară pentru Comunitatea de Energie (CE) Buteni, calculată conform formulei matematice **Consum - Producție**. Valorile pozitive, reprezentate cu portocaliu, indică orele în care CE Buteni este importator net de energie din rețeaua națională, în timp ce valorile negative, reprezentate cu verde, reflectă perioadele de export net de energie către rețea. Acest grafic oferă o imagine detaliată a interacțiunii dintre producția și consumul local la nivel orar, pe parcursul unui an.

Import de energie - graficul arată că majoritatea valorilor pozitive sunt concentrate în perioadele de iarnă și toamnă târzie, când producția locală scade semnificativ din cauza radiației solare reduse, iar consumul rămâne constant. Acest lucru reflectă o dependență ridicată de rețeaua națională în aceste intervale. Nivelul maxim al importului orar depășește **600 kWh**, indicând ore în care consumul comunității depășește substanțial capacitatea de producție locală.

Export de energie - valorile negative sunt predominante în lunile de primăvară și vară, când producția solară atinge maximele anuale, iar consumul rămâne relativ constant. În aceste perioade, surplusurile de energie sunt injectate în rețeaua națională.

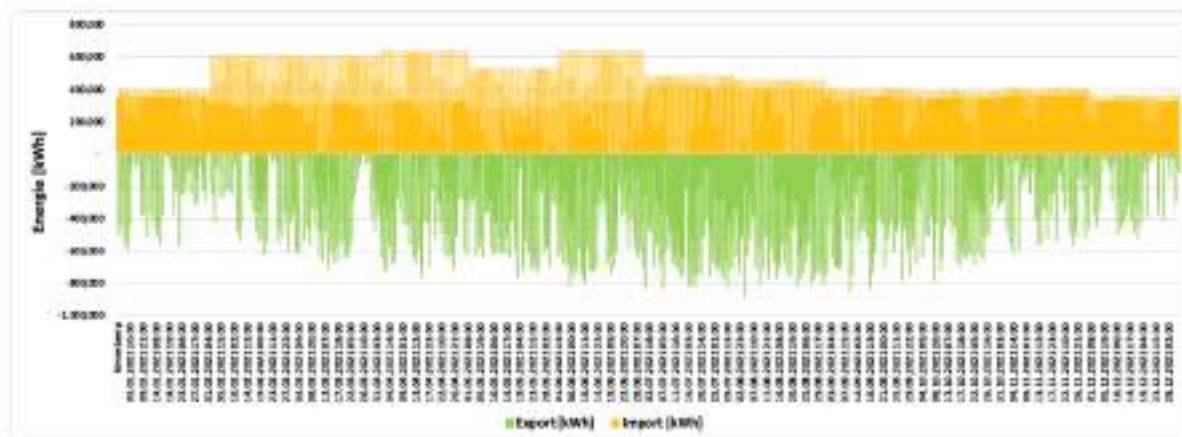


Figura 25 Profile orare de consum și producție la nivel CE Buteni

Deși balanța netă anuală indică faptul că producția locală de energie este insuficientă pentru a acoperi cererea totală, graficul arată că CE Buteni exportă energie în rețea în aproximativ **33%** (vezi Figura 26) din orele analizate. Acest fenomen este o consecință a **coeficientului redus de sincronizare între curba de producție și cea de consum**, o caracteristică tipică mediului rezidențial. Consumul prezintă o distribuție mai uniformă pe parcursul zilei, în timp ce producția solară este limitată la orele de lumină, creând discrepanțe semnificative.

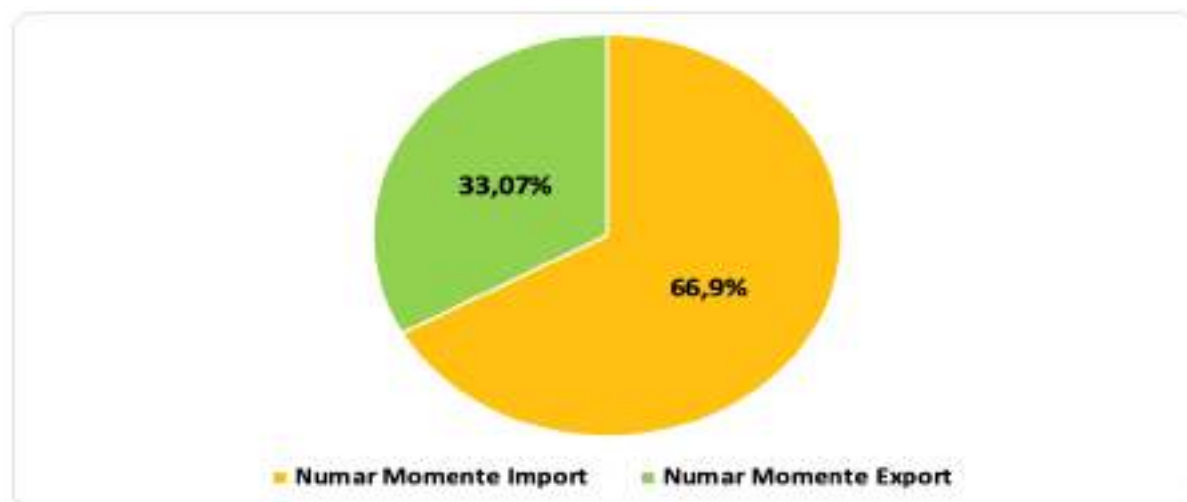


Figura 26 Pondere momentelor de export vs. import calculată la nivel orar pe parcursul unui an calendaristic

În ciuda faptului că CE Buteni rămâne importator net pe parcursul anului, surplusurile energetice din perioadele de producție ridicată duc la exporturi semnificative către rețea. Acest comportament este rezultatul unei lipse de sincronizare structurală între producție și consum, specifică mediului rezidențial. Spre exemplu, vârfurile de consum apar, de obicei, în diminețile și serile când producția solară este minimă, în timp ce producția maximă are loc la orele prânzului, când cererea este mai redusă.

Luna	Import [MWh]	Export [MWh]
Jan	176.1807	- 35.8601
Feb	168.3181	- 39.0439
Mar	173.3166	- 71.6576
Apr	167.3735	- 85.3813
May	140.5823	- 99.6079
Jun	152.6747	- 118.8989
Jul	161.5943	- 143.8696
Aug	164.4629	- 138.6469
Sep	148.1643	- 100.8557
Oct	163.8994	- 72.9424
Nov	170.5727	- 44.8360
Dec	157.1198	- 27.1395
Total	1.944,2593	- 978,7399

Tabel 12 Cantități Import/Export CE Buteni

Importul de energie totalizează **1.944,2593 MWh**, cu o medie lunară de aproximativ **162 MWh**. Acest indicator subliniază dependența comunității de Sistemul Energetic Național, în special în lunile de iarnă și toamnă. Cele mai ridicate valori de import sunt înregistrate în **ianuarie** (176,1807 MWh) și **februarie** (168,3181 MWh), perioade caracterizate de producția solară minimă și consum constant.

Exportul total anual se ridică la **978,74 MWh**, ceea ce reprezintă aproximativ **50% din importurile anuale**, confirmând faptul că surplusurile energetice locale sunt semnificative în anumite perioade. Cele mai mari cantități de energie exportată sunt înregistrate în lunile de vară, în special în **iulie** (143,87 MWh) și **august** (138,65 MWh), perioade caracterizate de producția fotovoltaică maximă și cererea relativ constantă. Exporturile scad semnificativ în lunile de iarnă, cu valori minime în **decembrie** (27,12 MWh) și **ianuarie** (35,86 MWh), confirmând deficitul structural al producției în această perioadă.

Această analiză evidențiază provocările asociate cu echilibrarea producției și consumului în cadrul CE Buteni. Deși comunitatea exportă o cantitate semnificativă de energie (aproximativ în **33% din totalul orelor analizate**, conform din Figura 26), acest surplus este insuficient pentru a acoperi deficitul din perioadele de consum ridicat și producție scăzută. Acest fenomen subliniază nevoia unei soluții integrate care să optimizeze utilizarea energiei produse din surse locale.



Figura 27 Cantități lunare de energie importată și exportată la nivelul CE Buteni

În graficul din Figura 27 se prezintă schimbul de energie dintre prosumator și rețea. Evidențiat cu, culoare verde s-a calculat la nivel de lunar excedentul de energie injectat în rețea, adică acele momente de timp dintr-o zi când producția este mai mare decât consumul. Culoarea galbenă reprezintă acele momente din zi când consumul este mai mare decât producția (exclusiv în perioada de producție a sistemului PV). Acest export este o consecință directă a unei analize orare a balanței energetice, unde diferențele matematice dintre producție și consum au fost evaluate. Exporturile sunt cauzate de un coeficient redus de cuplaj între profilele de consum și producție în anumite intervale orare, ceea ce generează surplusuri energetice temporare. Spre exemplu, lunile de vară, precum iulie și august înregistrează cele mai mari valori de export, ceea ce sugerează că producția solară este intensificată, dar consumul comunității nu reușește să absoarbă această energie.

În contrast, importurile rămân ridicate pe parcursul anului cu maxime în lunile de iarnă, cum ar fi ianuarie și decembrie când producția locală este redusă, iar cererea este crescută. Acest dezechilibru structural reflectă limitările surselor regenerabile și lipsa capacităților de stocare care ar putea prelua surplusul energetic generat în lunile de vară.

Pentru a evalua eficiența sistemului de stocare, fluxul de putere a fost monitorizat la intervale de 1 ora pe perioada întregului an calendaristic. În lipsa unei soluții de stocare, s-a constatat că există o injecție netă de 288,12 MWh în rețea.

Datele sezoniere arată o absorbție totală de 108 MWh din rețea și o injecție cumulată de 396,19 MWh. Această analiză sugerează că prin implementarea unui sistem de stocare, surplusul de energie produs în timpul zilei ar putea fi valorificat eficient, reducând dependența de rețea și permițând o gestionare mai sustenabilă a energiei la nivelul comunității.

Pentru a maximiza randamentul surselor regenerabile și a reduce pierderile energetice cauzate de exporturile neplanificate, comunitatea Buteni ar putea implementa măsuri precum vânzarea energiei la un preț competitiv în perioadele de surplus sau instalarea unor capacități de stocare. Aceste soluții ar permite o mai bună gestionare a surplusului de energie, reducând dependența de importuri și sporind eficiența generală a infrastructurii energetice locale. Analiza evidențiază, de asemenea, necesitatea unei mai bune corelări între producție și consum, fie prin ajustarea profilurilor de consum, fie prin optimizarea utilizării energiei produse.

În contextul necesității de a maximiza randamentul surselor regenerabile și de a reduce exportul de energie excedentară în rețeaua națională, se propun trei soluții centralizate de stocare a energiei pentru comunitatea Buteni. Aceste soluții se bazează pe preluarea unui procent din excedentul de energie produs local, variind de la 100% (Varianta I) până la 30% (Varianta III).

Implementarea unei infrastructuri de stocare centralizate prezintă avantaje semnificative din punct de vedere tehnic, economic și logistic în comparație cu soluțiile descentralizate. O astfel de abordare permite o integrare mai eficientă în rețeaua locală de distribuție, reducând costurile de implementare prin utilizarea unei singure infrastructuri dedicate, spre deosebire de mai multe unități individuale care ar necesita mentenanță separată și costuri suplimentare pentru fiecare gospodărie.

Soluție Stocare Propusă	
Varianta	Descriere
I	Capacitatea de stocare preia 100% din excedentul de energie produsa de comunitate

Soluție Stocare Propusă	
Varianta	Descriere
II	Capacitatea de stocare preia 50% din excedentul de energie produsa de comunitate
III	Capacitatea de stocare preia 30% din excedentul de energie produsa de comunitate

Tabel 13 Soluție Stocare Propusă

Din perspectivă tehnologică, o soluție centralizată implică echipamente pentru stocarea energiei verzi cu o capacitate mai mare și o eficiență mai ridicată, maximizând utilizarea energie produsă de comunitate în perioadele de excedent. În plus, centralizarea facilitează optimizarea încărcării și descărcării unităților de stocare în funcție de cerințele rețelei, utilizând algoritmi avansați de monitorizare pentru a reduce fluctuațiile și a îmbunătăți stabilitatea sistemului. De asemenea, gestionarea centralizată oferă flexibilitate în adaptarea capacităților de stocare pe termen lung, în funcție de creșterea producției locale sau de modificările cererii.

Soluțiile propuse urmăresc să sprijine tranziția comunității Buteni către un model energetic mai sustenabil, minimizând dependența de importuri și optimizând utilizarea surselor regenerabile prin stocarea eficientă a excedentului de energie. Această strategie reprezintă un pas esențial pentru îmbunătățirea autonomiei energetice și pentru reducerea pierderilor sistemice în cadrul comunității.

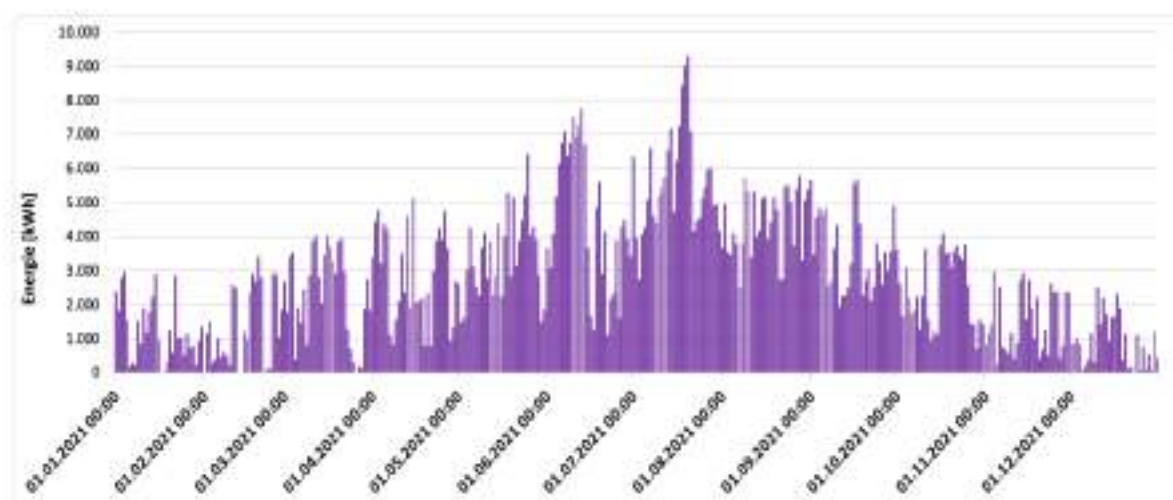


Figura 28 Fluxul orar de energie tranzitat prin baterie, scenariul 100%

În baza calculului orar a bilanțului energetic, graficul din Figura 28 prezintă surplusul energetic redirectionat către o capacitate de stocare propusă, care este proiectată să stocheze 100% din excedentul de energie produsă în comunitate. Dinamica reprezentată pe parcursul unui an calendaristic relevă variațiile sezoniere ale producției, influențate de intensitatea resurselor solare și de consumul relativ constant al comunității. Analiza graficului permite dimensionarea optimă a bateriei prin identificarea punctului de maxim al energiei excedentare stocate.

Din grafic, se observă că surplusul energetic atinge un vârf semnificativ în perioada verii, cu un maxim situat la aproximativ **9.300 kWh** în perioade caracterizate de producție solară intensă. Această valoare reprezintă necesarul maxim de capacitate de stocare pentru a absorbi integral surplusul de energie produs într-un interval de timp orar.

Metoda de analiză descrisă se bazează pe evaluarea detaliată a variațiilor orare, ceea ce permite captarea cu acuratețe a momentelor de vârf și dimensionarea bateriei astfel încât să gestioneze aceste valori extreme. Alegerea acestei metode este justificată de necesitatea de a evita pierderile prin injectarea surplusului în rețea și de a maximiza utilizarea locală a energiei produse.

Metoda de analiză orară oferă avantajul unei evaluări precise a comportamentului dinamic al producției și consumului, în locul unei abordări care ar putea subdimensiona sau supradimensiona capacitatea bateriei. Prin identificarea punctuală a valorilor de vârf, sistemul de stocare poate fi configurat astfel încât să fie suficient pentru a acoperi cerințele maxime de stocare, asigurând stabilitatea operațională a comunității.

În baza punctului de maxim identificat, se recomandă dimensionarea unei baterii cu o capacitate de cel puțin **9.300 kWh**, adaptată la caracteristicile sistemului fotovoltaic și la profilul de consum al comunității. Această capacitate va permite captarea completă a surplusurilor în perioadele de producție ridicată, reducând astfel exportul în rețea și sporind autonomia energetică a comunității. În funcție de scenariile comerciale și de costurile asociate, pot fi luate în considerare capacități mai reduse, adaptate pentru gestionarea unei părți a surplusului, însă cu impact direct asupra utilizării locale a energiei.

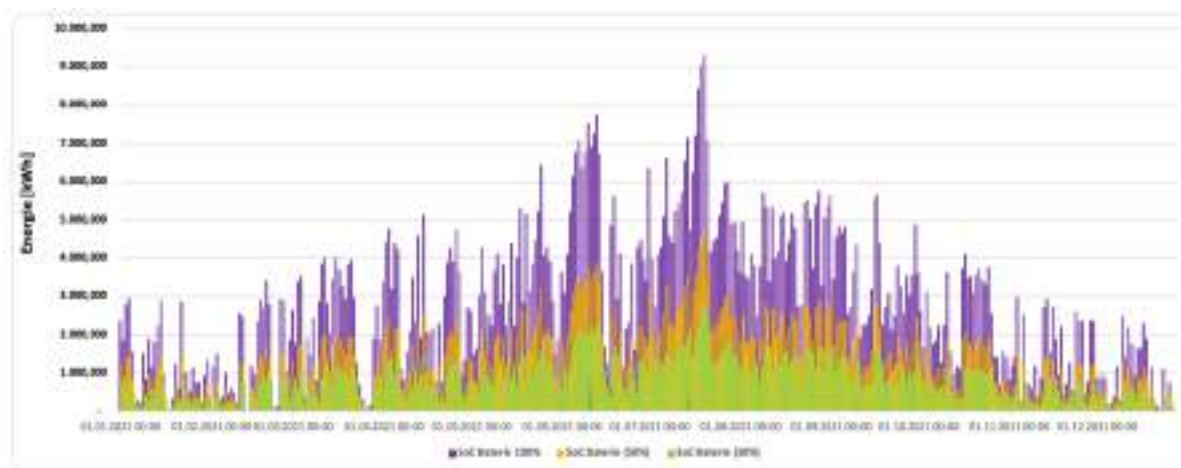


Figura 29 Fluxul orar de energie tranzitat prin baterie, toate scenariile

Scenariul 100% (SoC Baterie - Mov) -> În acest scenariu, întreaga energie excedentară este stocată în baterie. Graficul arată că nivelul maxim de energie stocată ajunge la aproape **9.000 kWh** într-o oră, cu vârfuri frecvente în lunile de vară, mai ales în iulie și august, datorită producției solare ridicate. Această abordare necesită o capacitate de stocare semnificativă pentru a gestiona întreg surplusul, asigurând utilizarea locală a energiei produse și reducând la minimum pierderile prin export. Dimensiunea mare a bateriei implică investiții ridicate, dar oferă autonomie maximă și elimină dependența de injectii neplanificate în rețea.

Scenariul 50% (SoC Baterie - Galben) -> Acest scenariu presupune captarea a doar jumătate din surplusul energetic, restul fiind injectat în rețeaua națională. Nivelurile maxime de energie stocată scad proporțional, ajungând la aproximativ **4.500 kWh** într-o oră. Graficul arată o utilizare mai redusă a bateriei în comparație cu scenariul 100%, ceea ce scade costurile asociate dimensiunii bateriei. Totuși, injectiile frecvente în rețea evidențiază potențiale pierderi economice, care ar putea fi compensate doar prin valorificarea surplusului pe piețele de energie.

Scenariul 30% (SoC Baterie - Verde) -> În acest scenariu, doar 30% din surplusul energetic este stocat, restul fiind exportat. Nivelurile maxime de energie tranzitată prin baterie sunt cele mai reduse, atingând aproximativ **2.700 kWh** într-o oră. Acest scenariu minimizează investițiile în infrastructura de stocare, dar crește semnificativ volumul de energie injectat în rețea, ceea ce poate afecta eficiența generală a utilizării energiei produse local. Această abordare este potrivită pentru comunitățile care prioritizează costurile reduse, dar implică o dependență mai mare de piața energetică pentru a valorifica surplusurile.

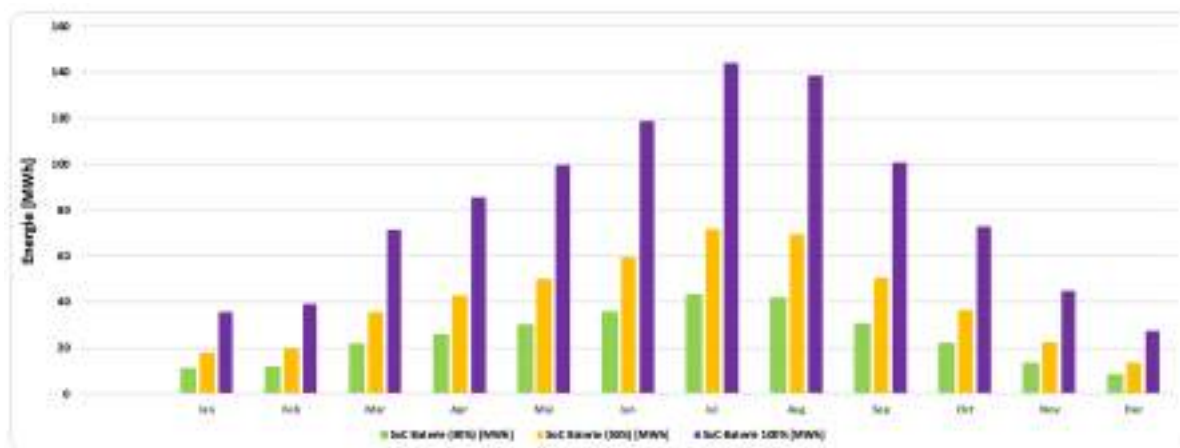


Figura 30 Fluxul lunar de energie tranzitat prin baterie, scenariul 100%

Pentru comunitatea Buteni, alegerea scenariului optim depinde de prioritățile financiare și strategice. **Scenariul 100%** este ideal pentru maximizarea autonomiei energetice și reducerea injectiilor în rețea, dar implică costuri ridicate de implementare. **Scenariul 50%** oferă un compromis echilibrat, cu cerințe moderate de stocare și o utilizare parțială a surplusurilor. În schimb, **Scenariul 30%** este cea mai economică soluție, dar cu eficiență energetică redusă. Pentru a completa aceste strategii, comunitatea ar trebui să dezvolte un plan de business care să valorifice energia exportată prin injectarea în rețea la prețuri competitive sau tranzacționarea pe piețele de echilibrare. Această flexibilitate ar permite optimizarea raportului cost-beneficiu și atingerea unui model energetic sustenabil.

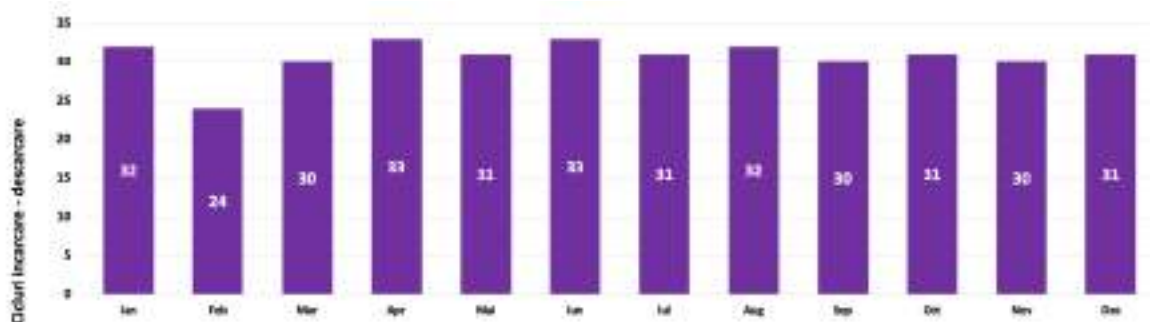


Figura 31 Evoluția ciclurilor de încărcare - descărcare a capacității de stocare, scenariu 100%

Figura 31 evidențiază numărul de schimbări de polaritate (trecerea bateriei din starea de încărcare în starea de descărcare) pentru capacitatea de stocare din scenariul 100%, indicând o utilizare frecventă și constantă a bateriei în toate lunile analizate. Valorile relativ uniforme sugerează că bateria a fost corect dimensionată pentru a corespunde curbelor de consum și producție din Comunitatea Energetică Buteni. De exemplu, în lunile de vară și

toamnă, precum iunie și octombrie, se înregistrează un număr similar de cicluri de încărcare-descărcare, ceea ce indică o capacitate optimă de gestionare a fluxurilor energetice. Totuși, variabilitatea ușoară din lunile de iarnă și primăvară poate fi atribuită unor discrepanțe între producția solară și consumul local, evidențiind provocările sezoniere ale adaptării infrastructurii la cerințele energetice fluctuante.

Figura 32 reflectă numărul ciclurilor complete de descărcare, relevând utilizarea efectivă a energiei stocate. Deși în lunile de iarnă, precum ianuarie, ciclurile de descărcare completă sunt frecvente (31 cicluri), acest număr scade semnificativ în lunile cu producție fotovoltaică ridicată, cum ar fi iunie (17 cicluri) și iulie (15 cicluri). Acest fenomen sugerează că surplusurile mari de energie produse în lunile respective nu sunt integral consumate, iar bateria rămâne parțial încărcată, ceea ce reduce eficiența ciclurilor de descărcare. Fenomenul este direct legat de un coeficient redus de sincronizare între curbele de producție și consum, caracteristic pentru medii rezidențiale.

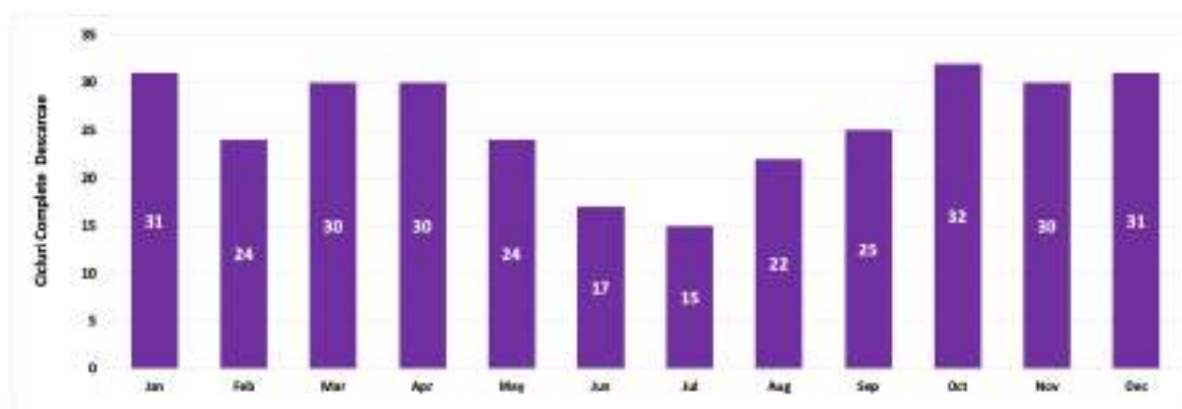


Figura 32 Evoluția ciclurilor de încărcare - descărcare a capacității de stocare, scenariu 100%

PARAMETRU	VALOARE CAPACITATE BATERIE	U.M.
PUNCT MAXIMAL BATERIE 100%	9,30	MWh
PUNCT MAXIMAL BATERIE 50%	4,65	MWh
PUNCT MAXIMAL BATERIE 30%	2,79	MWh

Tabel 14 Valorile necesare aferente scenariilor

Pentru a evita injecția excesului de energie în rețea și a permite utilizarea locală a energiei, ar fi necesară o capacitate de stocare netă de aproximativ 9,3 MWh, după cum se observă din Tabelul 15. Din perspectiva durabilității bateriilor Li-ion, capacitatea netă de stocare ar trebui să reprezinte 60% din capacitatea brută pentru a permite operarea într-o plajă de încărcare de 20%-80%. Astfel, pentru a deservi comuna Buteni, ar fi necesară o capacitate totală de stocare de aproximativ 15 MWh, distribuită la nivelul comunității.

Tabelul prezintă dimensiunile maxime necesare pentru baterii în cele trei scenarii analizate: captarea a 100%, 50%, și 30% din surplusul de energie produs. Aceste valori reflectă volumul maxim de energie care poate fi stocat în fiecare scenariu, permițând o dimensionare optimă a bateriilor în funcție de prioritățile comunității și de constrângerile financiare.

Scenariul 100%:

- Bateria necesară pentru captarea integrală a surplusului are o dimensiune de **9,30 MWh**. Această configurație maximizează utilizarea locală a energiei produse, eliminând complet pierderile prin exporturi. Deși eficient energetic, acest scenariu implică costuri ridicate pentru implementarea unei baterii de o asemenea dimensiune, fiind potrivit pentru comunități care prioritizează autonomia energetică completă.

Scenariul 50%:

- Capacitatea bateriei scade la **4,65 MWh**, căptând jumătate din surplusul de energie. Restul surplusului este direcționat către rețea. Acest scenariu echilibrează costurile și eficiența, fiind adecvat pentru comunități care doresc să valorifice surplusurile pe piața energetică, reducând totodată investițiile în infrastructura de stocare.

Scenariul 30%:

- Cu o baterie de **2,79 MWh**, acest scenariu gestionează doar 30% din surplus, restul fiind injectat în rețeaua națională. Această abordare minimizează costurile inițiale, dar crește semnificativ dependența de piețele externe pentru valorificarea energiei excedentare.

În contextul surplusului energetic generat de comunitatea Buteni în scenariul propus, este necesară elaborarea unei strategii de export bine definite pentru valorificarea economică a energiei care nu poate fi stocată. Această strategie trebuie să integreze comercializarea pe piața spot, unde energia excedentară poate fi vândută în funcție de fluctuațiile de preț, permițând comunității să capitalizeze în perioadele de cerere ridicată, generând astfel venituri suplimentare; participarea activă pe piața de echilibrare, prin utilizarea surplusului pentru stabilizarea rețelei naționale, ceea ce ar asigura venituri constante prin contracte bilaterale sau licitații de echilibrare; și adoptarea contractelor de decontare cantitativă, prin care energia injectată în rețea poate reduce costurile importurilor în perioadele de deficit, oferind o soluție eficientă de optimizare a bilanțului energetic.

3.3 Scenariul 2.1: Instalarea unei centrale electrice fotovoltaice care să acopere integral consumul de energie anual pentru CE Buteni

Pentru a asigura acoperirea consumului integral pentru CE Buteni, puterea totală instalată ar trebui să fie aproximativ **2.056 kWp**. Acest lucru înseamnă că, capacitatea de producție existentă ar mai trebui **suplimentată cu minim aproximativ 850 kWp** pentru ca CE Buteni să devină independentă de SEN pe toată durata anului, în ipoteza în care capacitatea de stocare este dimensionată adecvat pentru noua producție.

Sistemul fotovoltaic proiectat în imaginile atașate este compus din 1.286 de panouri fotovoltaice dispuse într-un câmp cu orientare fixă, la un unghi de înclinare de 25° și orientare sudică (azimut de 180°). Modulul este montat în configurație landscape (orizontal), cu o distanță între rânduri de 2,8 m, acoperind o capacitate totală instalată de 956,3 kW. Proiectul include două drumuri de acces pentru întreținere și o încăpere special destinată postului de transformare. Un avantaj semnificativ al acestui proiect este prezența unei linii de medie/înaltă tensiune în apropierea parcului, conform datelor din Google Maps, ceea ce contribuie la reducerea considerabilă a costurilor asociate infrastructurii energetice de injecție (PCC – Punctul Comun de Conexiune).



Figura 33 Propunere parc fotovoltaic pentru acoperirea integrala a consumului net anual în CE Buteni

Analiza numerică a performanței tehnice relevă următoarele date: iradierea globală orizontală anuală este de 1.280 kWh/m², iar iradierea după reflecție și acumulare este de 1.406 kWh/m², cu o reducere de -5,6% față de valoarea POA inițială (1.489,1 kWh/m²). După efectele de umbrire și pierderi de murdărie, iradierea colectată finală este de 1.377,8 kWh/m².

Nr. Crt.	Denumirea	U.M.	Cantitatea
0	1	2	3
1	Panou fotovoltaic - 660 Wp	buc.	1.286,00
2	Suport Panou la Sol	buc.	643,00
3	Invertor 100 kVA	buc.	7,00
4	Transformator 1000 kVA	buc.	1,00
5	Echipament Auxiliar Curenți Slabi	buc.	1,00

Tabel 15 Lista de cantități pentru Scenariul 3

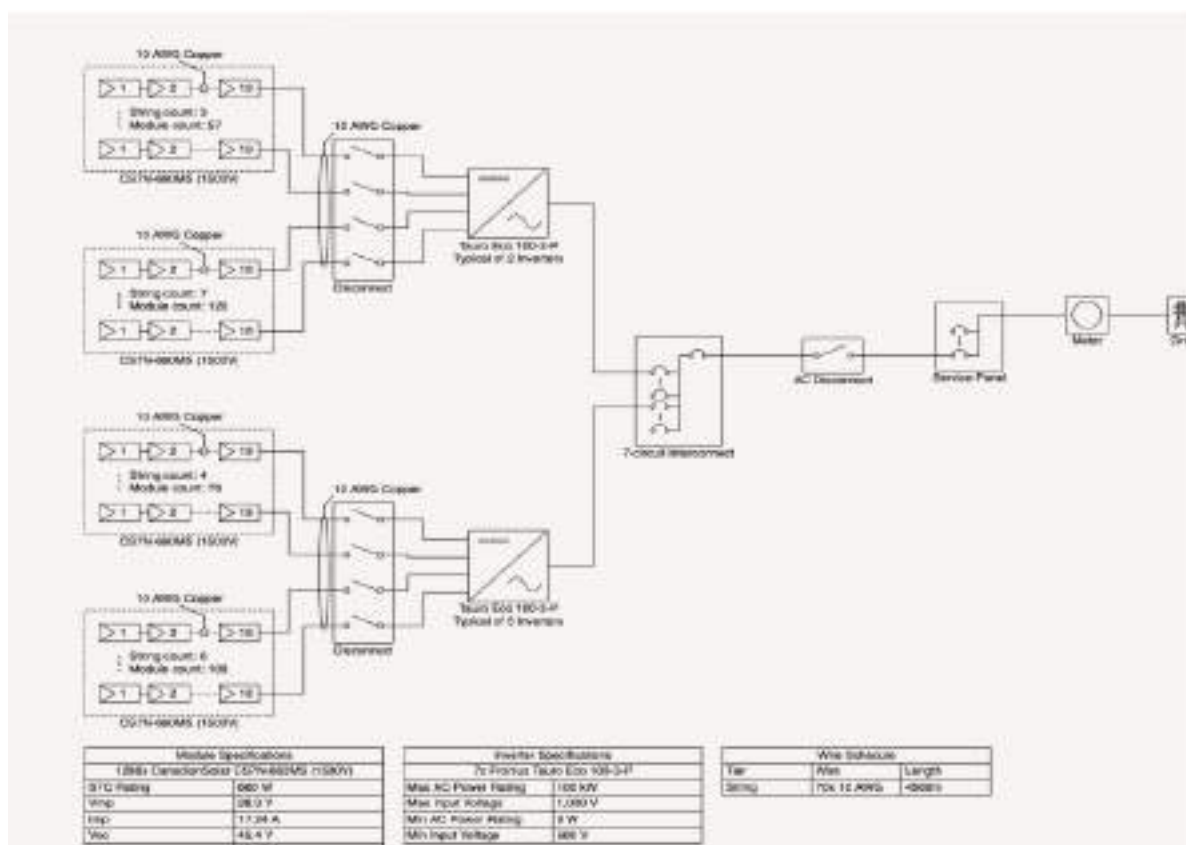


Figura 34 Propunere schemă electrică simplificată

Energia produsă optim la ieșirea panourilor este de **1.169.946 kWh**, iar după pierderile de temperatură, neconcordanțe și ineficiențe ale sistemului, energia injectată în rețea este de 1.045.649,3 kWh, cu o variație negativă totală de -11% față de valorile ideale. Temperatura medie de operare a panourilor este de 22,8°C, iar temperatura medie ambientală în timpul funcționării este de 15,1°C, contribuind la o eficiență stabilă a sistemului. Acești parametri indică un randament bun al sistemului și o eficiență a conversiei care poate susține cerințele energetice locale cu o infrastructură minimizată datorită proximității liniei de medie/înaltă tensiune.



Figura 35 Curba de producție anuală energie electrică a CEF CE Buteni

Analiza comparativă consum – producție

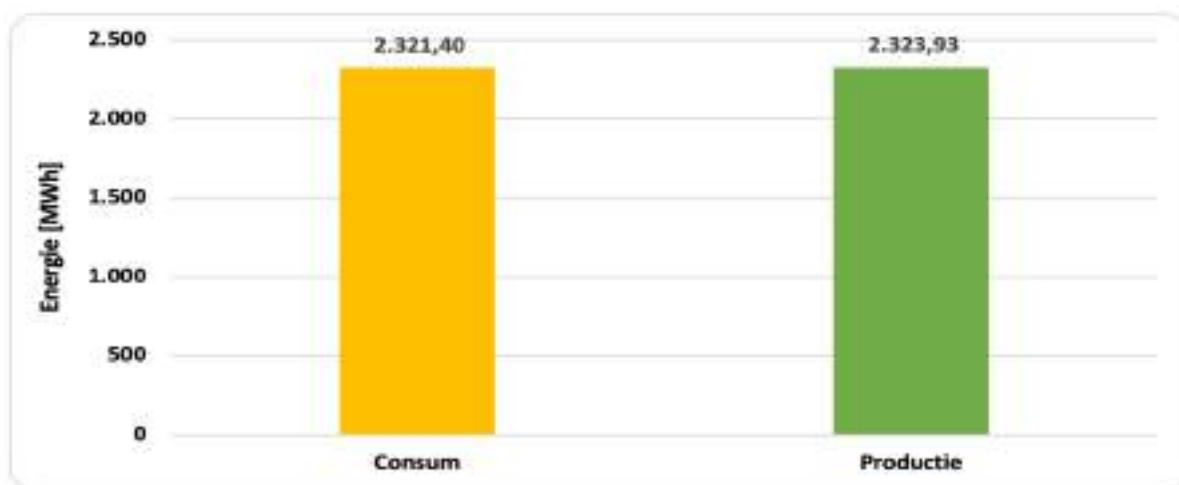


Figura 36 Analiză comparativă consum/producție

Analiza numerică a graficelor arată că, în satul Buteni, energia totală produsă anual de întreaga putere instalată luată în considerare în prezentul studiu (rezidențial, autorități publice locale și soluție PV Parc) de **2.050 kWp** este de **2.399,93 MWh**, în timp ce consumul total anual al comunității este de **2.321,4 MWh**. Acest lucru indică un bilanț energetic anual aproape perfect echilibrat, cu o mică diferență de aproximativ 2,53 MWh între producție și consum. Totuși, analiza la nivel lunar Figura 37 **elevă variații semnificative**: din aprilie până în septembrie, **sistemul fotovoltaic produce mai multă energie decât este consumată**, generând un surplus evident. Figura 38 evidențiază acest excedent mai clar, arătând că surplusul de energie produs și injectat în sistemul energetic național va reduce randamentul economic al comunității din cauza prețurilor de achiziție mai mici pentru energia injectată.

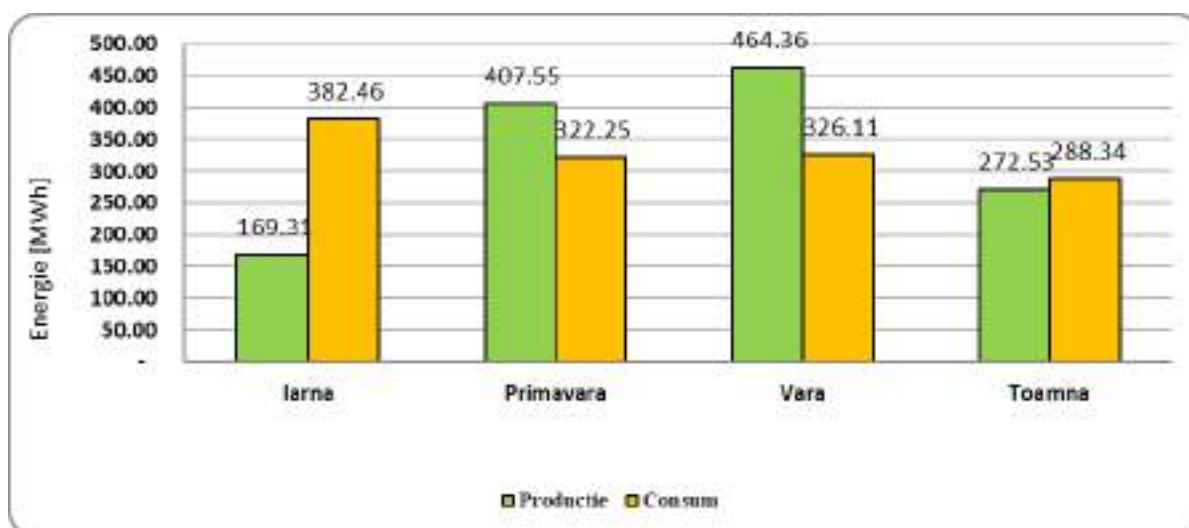


Figura 37 Analiză comparativă la nivel de lună a consumului și a producției de energie electrică în CE Buteni

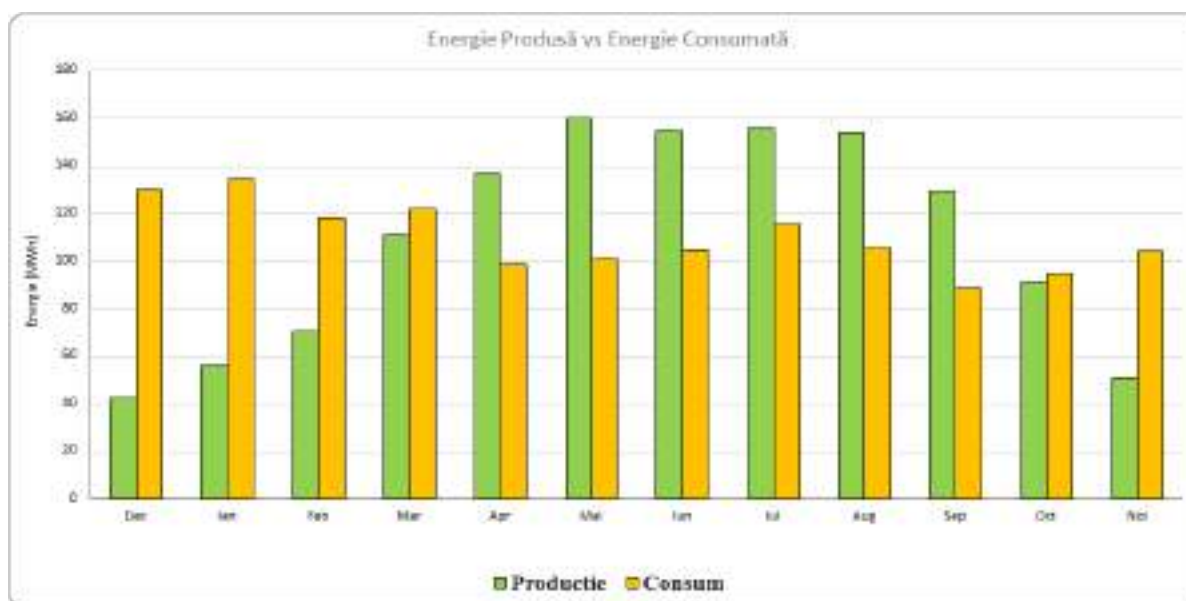


Figura 38 Evidențierea surplusului de energie produsă de sistemul PV

În aceste luni cu producție ridicată, surplusul de energie nu poate fi utilizat complet de comunitate din cauza consumului predominant în afara orelor de maximă producție, adică dimineața și seara. Astfel, la nivel de zi, bilanțul net va fi dominat de energia injectată în rețea. Această neconcordanță între curba de producție a sistemului PV și comportamentul de consum casnic, care atinge vârfurile în afara orelor de vârf ale producției solare, subliniază provocările legate de optimizarea consumului și valorificarea economică a energiei produse în exces.

Soluția ideală pentru comunitatea de energie Buteni ar consta în optimizarea dimensiunii sistemului fotovoltaic pentru a maximiza utilizarea locală a energiei verzi produse și pentru a crește randamentul economic. Instalarea unui sistem fotovoltaic cu o putere mai mică decât 2.050 kWp ar permite o corelare mai bună între producția de energie și consumul local, în special cel din sectorul comercial, care are un vârf de consum în timpul zilei, atunci când producția solară este maximă. Într-o astfel de configurație, energia produsă ar putea fi consumată direct în comunitate, eliminând necesitatea injectării de energie în Sistemul Energetic Național (SEN) și evitând astfel vânzarea la prețuri mai mici, care reduce randamentul economic.

Un avantaj esențial al acestei abordări este că energia consumată de sectorul comercial din comunitate ar putea fi achiziționată de la membrii comunității la un preț mai mic decât cel de pe piață, dar fără costuri suplimentare precum tarife de rețea și alte taxe asociate. Acest aspect face ca membri casnici să primească o remunerație financiară pentru energia vândută local, compensându-și astfel facturile de energie și îmbunătățind sustenabilitatea financiară a comunității. În plus, păstrarea comunității de energie Buteni conectată la SEN este esențială pentru a asigura securitatea aprovizionării în perioadele de cerere ridicată sau de producție solară insuficientă, oferind astfel un echilibru optim între consumul local, producție și necesitatea unui aport extern de energie. Această strategie ar crește eficiența economică a comunității și ar maximiza valoarea energiei produse local.

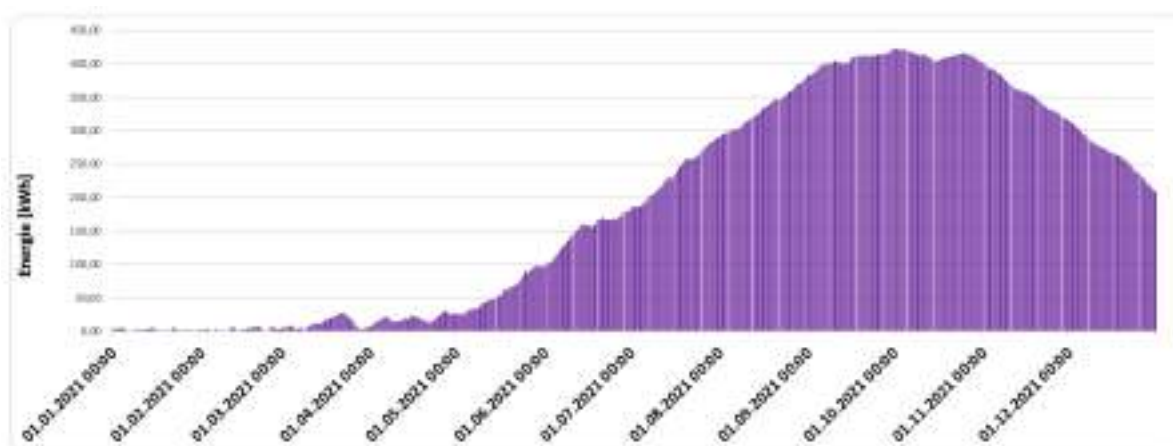


Figura 39 Evoluția energiei înmagazinată în baterii pe o durată 1 an

Totuși, ținând cont de faptul că consumul operatorilor comerciali la nivelul comunei Buteni este de doar 7,6% din consumul total al comunității energetice, aceștia nu vor putea consuma sau prelua o fracție semnificativă din producția la orele de vârf a sistemelor instalate.

Din punct de vedere a dimensionării bateriei Figura 39 în acest scenariu unde considerăm ca CE să fie total independentă de rețea, valorile pentru stocare devin exponențial mai mari deoarece excesul producției de vară va trebui stocat până acesta va fi consumat iarna.

Graficul din Figura 40 ilustrează numărul de schimbări de polaritate ale capacității de stocare în scenariul 100% Figura 40, ceea ce reflectă frecvența cu care bateria trece din starea de „încărcare” în starea de „descărcare” pe parcursul fiecărei luni analizate. Acest parametru este un indicator direct al dinamicii fluxurilor de energie și al interacțiunii dintre producția fotovoltaică și cererea comunității.

Frecvența schimbărilor de polaritate variază între 28 și 35 cicluri pe lună, indicând o utilizare zilnică aproape constantă a bateriei. Cele mai mari valori sunt înregistrate în **aprilie** (35 cicluri) și **mai** (32 cicluri), ceea ce corespunde unei producții fotovoltaice ridicate și unei bune corelări cu cererea locală. Acest lucru sugerează că bateria funcționează eficient pentru a gestiona surplusurile de energie din perioadele de vârf de producție solară.

În lunile de iarnă, precum **ianuarie** (31 cicluri) și **februarie** (28 cicluri), frecvența schimbărilor de polaritate rămâne constantă, dar cu valori ușor mai scăzute. Acest comportament reflectă o reducere a surplusului energetic disponibil pentru stocare, ca urmare a producției solare diminuate, însă bateria continuă să fie utilizată pentru echilibrarea diferențelor dintre producție și consum.



Figura 40 Evoluția ciclurilor de încărcare - descărcare a capacității de stocare, scenariu 100%

Numărul ridicat de schimbări de polaritate în lunile cu producție solară ridicată este direct proporțional cu cantitatea de energie exportată în rețea. Această corelare indică faptul că, deși bateria este dimensionată corect pentru a gestiona surplusurile locale, limitele sale de capacitate permit exportul energiei excedentare atunci când stocarea atinge punctul maxim. Acest aspect evidențiază un echilibru între utilizarea locală a energiei stocate și contribuția comunității la rețeaua națională.

Analiza schimbărilor de polaritate confirmă faptul că capacitatea de stocare a fost corect dimensionată pentru curba de consum și producția din CE Buteni. Frecvența constantă a ciclurilor lunare demonstrează o utilizare optimă a bateriei, fără a induce supraîncărcare sau pierderi semnificative de energie. Totodată, această dimensiune permite gestionarea eficientă a surplusurilor de producție, maximizând utilizarea locală și reducând dependența de Sistemul Energetic Național.

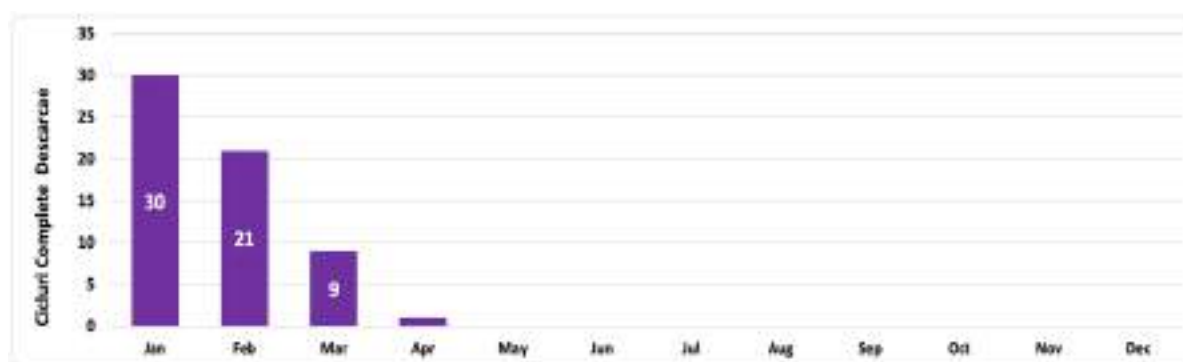


Figura 41 Numărul de descărcări complete la nivel lunar

Graficul din Figura 41 ilustrează numărul de cicluri complete de descărcare ale capacității de stocare centralizate pentru CE Buteni. Analiza relevă un comportament energetic care deviază de la ciclurile ideale de încărcare-descărcare, mai ales în lunile cu producție ridicată, din cauza surplusurilor mari de energie ce nu pot fi gestionate integral de bateria existentă. Acest fenomen este evident mai ales începând cu luna aprilie, când numărul ciclurilor complete scade drastic, iar în lunile ulterioare acesta este aproape inexistent.

În lunile de iarnă (ianuarie și februarie), numărul ridicat de cicluri complete (30, respectiv 21) reflectă o utilizare intensivă a bateriei, fiind utilizată integral pentru echilibrarea deficitului energetic. Acest lucru se datorează nivelului scăzut de producție solară, care determină o utilizare completă a energiei stocate. În schimb, pe măsură ce producția fotovoltaică crește (martie și aprilie), surplusurile de energie devin mai mari, iar bateria nu reușește să descarce complet energia acumulată. Aceasta indică faptul că bateria își atinge capacitatea maximă de stocare înainte de a intra în mod complet de descărcare.

În scenariul analizat, panourile fotovoltaice sunt dimensionate pentru a acoperi 99% din consumul anual (privind strict balanța lunară), însă surplusurile mari de energie în intervalele de vârf creează o presiune suplimentară asupra infrastructurii de stocare. Lipsa ciclurilor complete în lunile cu producție ridicată subliniază necesitatea unei strategii eficiente de valorificare a surplusurilor pentru a preveni pierderile și pentru a crește eficiența economică a comunității energetice.

O soluție imediată pentru gestionarea surplusului ar fi valorificarea acestuia pe piața spot, în funcție de dinamica cererii și ofertei. Prețurile favorabile din anumite intervale pot transforma surplusurile în venituri semnificative. De asemenea, surplusul poate fi utilizat pe piața de echilibrare, contribuind la stabilitatea rețelei și obținând venituri suplimentare prin participarea la mecanisme de echilibrare. O a doua variantă este ca surplusul de energie poate

fi direcționat către sisteme electrice de încălzire sau răcire pentru clădirile publice și rezidențiale din comunitate. Acest lucru ar reduce cererea de energie suplimentară în perioadele de consum ridicat, optimizând utilizarea locală.

PARAMETRU	VALOARE CAPACITATE BATERIE	U.M.
PUNCT MAXIMAL BATERIE 100%	427,27	MWh
PUNCT MAXIMAL BATERIE 50%	212,37	MWh
PUNCT MAXIMAL BATERIE 30%	127,42	MWh

Tabel 16 Valoare capacitate baterie

Tabel 16 prezintă dimensiunile capacităților de stocare calculate pentru cele trei scenarii analizate, fiecare dintre acestea luând în considerare diferite procente din energia excedentară generată de Comunitatea Energetică (CE) Buteni. Valorile indică necesarul de stocare maxim pentru a gestiona surplusul energetic generat în funcție de proporția de energie direcționată către bateria centralizată.

Scenariul 100% presupune captarea integrală a surplusului energetic în capacitatea de stocare. Cu o dimensiune maximă de 427,27 MWh, bateria ar trebui să fie suficient de mare pentru a prelua întreaga cantitate de energie excedentară generată anual. Deși acest scenariu maximizează autonomia energetică locală și reduce aproape complet dependența de rețeaua națională, necesită investiții semnificative pentru instalarea unei baterii de o asemenea dimensiune. Aceasta este o soluție optimă doar în cazul în care costurile inițiale sunt justificate de beneficiile economice pe termen lung, precum reducerea importurilor sau valorificarea surplusurilor prin vânzare.

În scenariul 50% (Punct Maximal Baterie 212,37 MWh) doar jumătate din surplusul energetic este direcționat către stocare, iar restul este exportat către rețeaua națională sau valorificat prin alte metode comerciale. Dimensiunea capacității de stocare este redusă aproape la jumătate față de scenariul precedent, ceea ce face această soluție mai accesibilă financiar. Totuși, implicațiile economice depind de modul în care energia excedentară rămasă este gestionată, fie prin export, fie prin utilizare în aplicații adiționale, cum ar fi producția de hidrogen.

În scenariul 30% (Punct Maximal Baterie 127,42 MWh) presupune direcționarea a doar 30% din surplus către stocare presupune o dimensiune mult mai redusă a bateriei, ceea ce duce la costuri inițiale semnificativ mai mici. Cu toate acestea, în acest caz, o mare parte din energia excedentară ar trebui gestionată prin strategii alternative, cum ar fi exportul planificat sau integrarea cu alte aplicații industriale. Acest scenariu este cel mai accesibil din punct de vedere financiar, dar poate limita gradul de autonomie energetică al comunității, crescând dependența de rețeaua națională pentru echilibrarea cererii și ofertei.

Pentru a selecta scenariul optim de dimensionare a bateriei, este esențială realizarea unei analize detaliate a raportului cost-beneficiu. Această analiză trebuie să includă costurile inițiale de instalare, costurile operaționale pe termen lung și perioada de recuperare a investiției. Scenariul 100%, deși implică cele mai mari costuri, oferă o autonomie energetică aproape completă și reduce dependența de importuri. În schimb, scenariile 50% și 30% necesită investiții mai mici, însă impun o gestionare mai complexă a surplusurilor de energie, ceea ce poate influența rentabilitatea generală. Decizia finală trebuie să reflecte echilibrul dintre obiectivele financiare și operaționale ale comunității.

În scenariile care presupun direcționarea a 50% sau 30% din surplusul energetic către stocare, este imperativ ca energia rămasă să fie valorificată în mod eficient. Surplusurile pot

fi direcționate către piețele spot, unde pot genera venituri suplimentare în funcție de dinamica prețurilor, sau pot fi utilizate pe piața de echilibrare, contribuind la stabilitatea rețelei naționale.

Dimensiunea capacității de stocare trebuie ajustată pentru a corespunde specificităților profilului energetic al CE Buteni . Este esențial să se ia în considerare discrepanțele dintre producția solară și cererea locală, precum și variabilitatea sezonieră a acestora. Soluțiile de stocare mai mari, cum ar fi cele din scenariul 100%, au potențialul de a asigura o flexibilitate ridicată în gestionarea acestor discrepanțe, însă soluțiile mai mici pot fi integrate eficient prin tehnologii avansate de management al energiei. Prin adaptarea dimensiunii bateriei la nevoile reale ale comunității, se pot minimiza pierderile, optimiza utilizarea locală a energiei și reduce dependența de rețeaua națională.

	Scenariul 1	Scenariul 2
Consum CE Buteni [MWh]	2321,4	
Putere instalată	Pi = 1.200 kWp	Pi = 2.050 kWp
Producție [MWh]	1.354	2.399
Grad acoperire a consumului, anual	58,3%	103,3%
	Valoare [MWh]	Valoare [MWh]
Punct Maximal Baterie 100%	9,30	427,27
Punct Maximal Baterie 50%	4,65	212,37
Punct Maximal Baterie 30%	2,79	127,42

Tabel 17 Analiză comparativă scenarii

Analiza comparativa a celor două scenarii prezentata în Tabel 14 oferă o perspectivă detaliată asupra modului în care dimensiunea capacității fotovoltaice instalate influențează producția totală de energie, gradul de acoperire a consumului anual și necesarul de stocare în Comunitatea Energetică (CE) Buteni.

În Scenariul 1, puterea instalată este de **1.200 kWp**, incluzând capacitatea fotovoltaică deja existentă și contractată de prosumatori și autoritatea locală. Aceasta permite producerea unei cantități anuale de energie de **1.354 MWh**, echivalentă cu o acoperire de **58,3% din consumul anual**. Scenariul 2 presupune suplimentarea capacității existente prin instalarea unui parc fotovoltaic de **850 kWp**, ceea ce crește puterea instalată totală la **2.050 kWp**. Această extindere permite o producție de **2.399 MWh**, depășind necesarul anual de consum al comunității cu **103,3%**, rezultând într-un surplus de energie disponibil pentru stocare sau export.

Pentru Scenariul 1, punctul maximal de încărcare al bateriei este de **9,30 MWh** în cazul în care surplusul energetic este stocat integral (100%). Dimensiunea necesară a bateriei scade la **4,65 MWh** pentru 50% și **2,79 MWh** pentru 30% din surplus. În Scenariul 2, dimensiunea bateriei necesare crește semnificativ datorită surplusului de energie rezultat din producția mai mare. Capacitatea maximă necesară atinge **427,27 MWh** pentru 100%, **212,37 MWh** pentru 50% și **127,42 MWh** pentru 30% din surplus.

Scenariul 1 reflectă o acoperire insuficientă a consumului anual, ceea ce menține comunitatea dependentă de importuri pentru a acoperi deficitul de 41,7%. În schimb, Scenariul 2 atinge o acoperire de peste 100%, asigurând un surplus semnificativ de energie disponibil pentru alte utilizări.

Scenariul 2 oferă o soluție viabilă pentru a asigura autonomia energetică a CE Buteni și pentru a valorifica potențialul regenerabil disponibil. Extinderea capacității fotovoltaice la 2.050 kWp reprezintă o investiție strategică pentru atingerea unei acoperiri energetice complete. Creșterea semnificativă a producției energetice în Scenariul 2 implică o planificare riguroasă pentru valorificarea surplusurilor. Se recomandă investiții în infrastructură de stocare adecvată și strategii de export pe piețele de energie spot și de echilibrare, asigurând venituri suplimentare.

Decizia finală între cele două scenarii trebuie să fie fundamentată pe o analiză economică detaliată, care să includă costurile inițiale ale extinderii, economiile realizate din reducerea importurilor și veniturile generate prin valorificarea surplusurilor energetice.

Comunitatea Energetică (CE) Buteni, în stadiul actual al dezvoltării sale, cu o capacitate fotovoltaică instalată de 1.200 kWp, nu reușește să-și acopere integral consumul anual de energie. Deși acoperirea anuală atinge un procent de 58,3%, din cauza unui coeficient redus de cuplaj între curbele de consum și producție, o parte semnificativă a energiei fotovoltaice generate este exportată în anumite intervale orare. Acest fenomen are un impact negativ asupra randamentului economic al comunității, generând pierderi indirecte prin vânzarea energiei la prețuri mai mici decât cele ale importurilor necesare în perioadele de deficit. Situația se menține similară și în Scenariul 2, unde extinderea capacității fotovoltaice la 2.050 kWp asigură un surplus anual de energie, însă exporturile neplanificate continuă să afecteze eficiența economică.

Pentru a gestiona mai eficient surplusul energetic și a îmbunătăți sustenabilitatea comunității, a fost propusă implementarea unei soluții de stocare centralizate în ambele scenarii analizate. Aceasta a fost evaluată în trei variante, corespunzătoare captării a 100%, 50% și 30% din energia excedentară. Dimensiunea capacității de stocare necesare variază semnificativ între cele două scenarii, de la un maxim de 9,30 MWh în Scenariul 1 la 427,27 MWh în Scenariul 2, reflectând diferențele în cantitățile de surplus energetic generate. Variantele propuse oferă o flexibilitate economică prin adaptarea soluției la nevoile comunității, însă necesită o evaluare detaliată a costurilor inițiale și a beneficiilor operaționale pentru a selecta opțiunea optimă.

În ambele scenarii, soluția finală trebuie să fie fundamentată pe considerente economice solide, incluzând o analiză cost-beneficiu detaliată și strategii eficiente de exploatare a tehnologiilor instalate. Integrarea CE Buteni pe piața de echilibrare sau implementarea mecanismelor de Demand Response reprezintă direcții strategice viitoare care pot contribui la maximizarea randamentului economic. De asemenea, exporturile inevitabile de energie, în special în lunile cu producție ridicată, pot fi valorificate mai bine prin elaborarea unei strategii economice care să includă participarea pe piețele spot, de echilibrare și utilizarea sistemelor de compensare cantitativă. Aceste măsuri vor permite CE Buteni să își maximizeze potențialul, să își reducă dependența de rețea și să devină un actor competitiv pe piața energetică.

3.4 Scenariul practic – etapa II

În cadrul proiectului, dimensionarea soluțiilor de stocare a energiei în contextul comunităților de energie analizate a necesitat o abordare structurată, bazată pe principii teoretice și aplicative. În prima etapă a analizei, s-a utilizat un model simplificat în care energia produsă în excedent era stocată într-o baterie ipotetică cu o capacitate și o putere instalată considerate infinite. Această ipoteză a permis eliminarea constrângerilor tehnologice și economice, oferind o baza de evaluare a fluxurilor energetice ideale. În mod specific, energia

generată în plus de către sistem era integral redirectionată către stocare, fără a lua în considerare limitările fizice ale bateriilor reale. Acest model teoretic a facilitat înțelegerea raportului dintre producție și consum, precum și identificarea potențialelor momente de echilibru sau dezechilibru energetic la nivelul comunității Buteni.

În cea de-a doua etapă, abordarea a fost extinsă pentru a include considerente practice, care să reflecte mai bine constrângerile tehnice și economice asociate soluțiilor de stocare. Dimensionarea sistemului de baterii a fost realizată prin introducerea a doi parametri esențiali: puterea instalată și capacitatea de stocare. Puterea instalată a fost definită ca fiind maximul de energie care poate fi transferat între baterie și sistem într-o unitate de timp și a fost direct corelată cu consumul maxim orar de energie al comunității. Această valoare a fost dimensionată pentru a acoperi cererea de vârf înregistrată în ora din an cu cel mai ridicat consum. Alegerea unei puteri instalate subdimensionate conduce la imposibilitatea satisfacerii cererii în momentele critice, chiar și în condițiile în care bateria dispune de energie stocată. În schimb, o supradimensionare a acestui parametru implică costuri ridicate de investiție, fără beneficii proporționale în ceea ce privește performanța sistemului. Capacitatea bateriei, definită ca volumul maxim de energie care poate fi stocat în baterie la un moment dat, a fost dimensionată pentru a asigura stocarea optimă a supraproducției de energie generată în perioadele cu producție ridicată și consum scăzut. Spre deosebire de puterea instalată, care determină viteza cu care energia poate fi transferată, capacitatea determină autonomia sistemului, permițând alimentarea comunității în perioadele de consum ridicat sau de producție scăzută. De exemplu, în timpul unei zile însorite, energia produsă de panourile fotovoltaice poate depăși cererea comunității, generând un excedent care poate fi stocat. În timpul nopții sau al condițiilor meteorologice nefavorabile, energia stocată poate fi utilizată pentru a acoperi cererea comunității. Prin urmare, puterea instalată reglează viteza maximă de încărcare și descărcare, ceea ce influențează capacitatea bateriei de a răspunde rapid la variațiile cererii. În schimb, capacitatea reprezintă "rezervorul" de energie, influențând autonomia și reziliența sistemului în condiții de consum prelungit.

Analiza performanței scenariilor considerate și prezentate în cele ce urmează a implicat o serie de calcule complexe. Consumul orar de energie al comunității a fost determinat pe baza datelor istorice, iar producția energetică a fost modelată pentru sursele regenerabile disponibile, previzionate a se instala și o soluție teoretică în care sursele regenerabile acoperă întreg consumul anual de energie electrică. Autoconsumul a fost cuantificat ca procent din energia produsă local care a fost utilizată direct de comunitate, în timp ce supraproducția a fost definită ca diferența dintre producția totală și autoconsum. Energia disponibilă pentru stocare a fost determinată ca parte a supraproducției care nu a fost exportată sau pierdută.

Un element critic al analizei a fost modelarea ciclurilor de încărcare și descărcare ale bateriei. Această modelare a fost utilizată pentru a evalua circulația puterilor înspre și dinspre sistemul de stocare. În plus, s-a efectuat o analiză statistică detaliată, luând în considerare o abatere de $\pm 25\%$ față de valorile propuse pentru consum și producție. Această abordare a permis evaluarea sensibilității sistemului la variații neprevăzute, oferind o înțelegere aprofundată a performanței sale în condiții de incertitudine.

Analiza orară

Algoritmul funcționează prin transformarea datelor agregate la nivel lunar în informații detaliate la nivel orar, utilizând un model statistic bazat pe tipare istorice de consum. Acesta integrează date provenite de la un prosumator pentru a determina coeficienți de distribuție specifici, diferențiind între zile lucrătoare și zile de weekend. Consumul zilnic total

este împărțit în funcție de aceste tipare, utilizând relații proporționale care reflectă distribuția medie orară a consumului. Pentru fiecare oră a zilei, energia este redistribuită conform coeficienților calculați, asigurând consistența între consumul total zilnic și cel lunar. Algoritmul include un mecanism de validare, prin care suma valorilor orare rezultate este verificată pentru a respecta valoarea inițială a consumului lunar, garantând astfel o transformare precisă și statistic fundamentată. Acest model permite o analiză granulară a impactului energetic și poate fi extins pentru a include variații sezoniere sau regionale.

S-a apelat la această măsură datorită necesității unei analize detaliate a circulațiilor de puteri la nivel orar, esențială pentru evaluarea potențialului satului Buteni de a deveni o comunitate de energie eficientă. În contextul studiului, este imperativ să se înțeleagă dinamica consumului energetic în raport cu producția și stocarea de energie, astfel încât să se poată identifica soluții optime pentru maximizarea eficienței comunității. Transformarea datelor lunare în date orare permite o modelare precisă a interacțiunii dintre consum, producție și stocare, facilitând evaluarea scenariilor de integrare a surselor regenerabile și optimizarea infrastructurii energetice locale. Această abordare oferă o bază solidă pentru dezvoltarea strategiilor care să sprijine tranziția satului Buteni către o comunitate de energie durabilă și autonomă.

Etapele algoritmului:

Clasificarea zilelor săptămânii

- Zilele sunt împărțite în două categorii principale:

Zile lucrătoare: $i=0..4$ (de luni pana vineri)

Zile de weekend: $j=5,6$ (sâmbătă și duminică)

Fiecărei categorii i se asociază un model specific de consum orar, pe baza analizei istorice.

Calcularea consumului zilnic

Pentru fiecare zi din lună, consumul zilnic total (C_{zilnic}) este împărțit astfel:

$C_{zilnic} = C_{SAPTAMANA}$ pentru zile lucrătoare și $C_{zilnic} = C_{WEEKEND}$ pentru zilele weekendului

Distribuția consumului pe ore

$$C_{orar}(i, h) = C_{SAPTAMANA} \times d_{SAPTAMANA}(h)$$

$$C_{orar}(j, h) = C_{WEEKEND} \times d_{WEEKEND}(h)$$

Unde

h = este ora ($h=0,1 \dots 23$)

$d_{SAPTAMANA}(h)$ și $d_{WEEKEND}(h)$ reprezintă proporțiile relative ale consumului pentru fiecare oră

Calcularea coeficienților de distribuție

$$d_{SAPTAMANA}(h) = \frac{\text{Consum mediu orar (h mediu zilele lucratoare)}}{\text{Consum total zilnic (zile lucratoare)}}$$

$$d_{WEEKEND}(h) = \frac{\text{Consum mediu orar (h mediu zilele de weekend)}}{\text{Consum total zilnic (zile weekend)}}$$

Acești coeficienți reflectă tiparele caracteristice de consum energetic pentru fiecare oră, în funcție de tipul zilei.

Coeficienții calculați sunt aplicați la datele lunare generale, împărțind consumul total pe zile lucrătoare și nelucrătoare

3.4.1 Scenariul A

Scenariul A analizează varianta în care în satul Buteni există o putere instalată de 400 kWp (puterea instalată a prosumatorilor rezidențiali înregistrați la 01.09.2024), asigurând o producție totală anuală de 468,53 MWh, reprezentând 20% din consumul total anual al comunității (2.321,59 MWh).

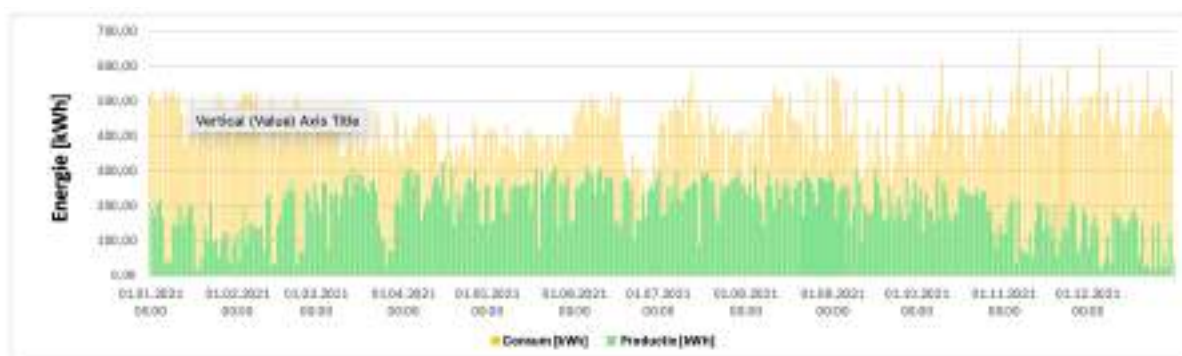


Figura 42 Situația consumului și a producției de energie electrică – scenariu A

Auto-consumul energetic este optimizat, ajungând la 467,47 MWh (aproape 100% din producția totală fotovoltaică), ceea ce indică o utilizare directă eficientă a resurselor energetice generate. Supraproducția este minimă, fiind de doar 1,07 MWh pe an, ceea ce sugerează un sistem bine dimensionat pentru a limita pierderile energetice.

Energia produsă în exces este direcționată către o baterie cu o putere instalată de 300 kW și o capacitate de stocare de 900 kWh. Cu toate acestea, analiza relevă că doar 1,06 MWh din supraproducție este stocată, ceea ce indică un procent infim de 0% din consumul total anual. Energia stocată este consumată aproape integral, cu un autoconsum al bateriilor de 0,97 MWh. Această utilizare limitată a capacității bateriei reflectă o supraproducție redusă și o dependență majoritară de importul energetic, care rămâne la un nivel ridicat, de 1.853,15 MWh (80% din consum).

Putere Instalată Fotovoltaice	400,00	[kWp]
Consum Orar Maxim	681,38	[kWh]
Export Orar Maxim	69,63	[kWh]
Nr. Zile de Supraproducție	22	[Zile]

Putere Instalată Fotovoltaice	400,00	[kWp]
Nr. Ore de Supraproducție	48	[Ore]
Total Supraproducție	1,07	[MWh]

Tabel 18 Scenariu A – putere instalată fotovoltaice 400 kWp

Analiza detaliată a supraproducției și utilizării bateriei: Numărul de zile în care apare supraproducție este de 22 pe an, însumând un total de 48 de ore cu supraproducție. Exportul orar maxim de energie este de 69,63 kWh, însă acesta reprezintă un volum nesemnificativ raportat la consumul orar maxim, care este de 681,38 kWh. Datele indică o producție fotovoltaică bine dimensionată pentru consumul comunității, dar cu o rezervă de stocare subutilizată, ceea ce ar putea conduce la nevoia de ajustări ale sistemului pentru a maximiza eficiența.

Putere Instalată Baterie		300	[kW]
Capacitate Instalată Baterie		900	[kWh]
Limite Baterie Încărcare/Descărcare	Min	10%	90 [kWh]
	Max	90%	810 [kWh]
	MinP	1%	3,00 [kW]

Tabel 20 Soluție de stocare propusă în Scenariul A

Capacitatea de stocare a bateriei este operată între limitele de încărcare/descărcare de 10% (90 kWh) și 90% (810 kWh), cu un prag minim absolut de 1% (3 kWh). În acest context, disponibilitatea bateriei pentru încărcare este în general ridicată, cu valori de până la 72,7% în funcție de nivelul minim de energie stocată. Supraproducția este minimă, cu doar 0,02 MWh (1,65%) în condiții optime de utilizare a bateriei. Aceasta crește la 0,19 MWh (17,48%) în scenarii mai puțin favorabile, ceea ce evidențiază importanța gestionării precise a capacității bateriei.

Consum Total Anual	2321,59	[MWh]	100%
Producție Totală Fotovoltaice	468,53	[MWh]	20%
AutoConsum Fotovoltaice	467,47	[MWh]	20%
SupraProducție Stocată în Baterii	1,06	[MWh]	0%
AutoConsum Baterii	0,97	[MWh]	0%
Import Consum Neacoperit	1853,15	[MWh]	80%
Export Supraproducție Nestocată	0,01	[MWh]	0%

Tabel 21 Date generale la nivel anual scenariul A

Eficiența sistemului și limitările observate: Sistemul este conceput să minimizeze pierderile de energie prin autoconsum direct al producției fotovoltaice și stocare a supraproducției, însă importurile energetice rămân dominante. Acest aspect indică o capacitate insuficientă de producție fotovoltaică în raport cu consumul total al comunității. De asemenea, chiar dacă bateria are o capacitate instalată de 900 kWh, utilizarea efectivă a acesteia este limitată de nivelul scăzut al supraproducției, ceea ce sugerează că dimensiunea bateriei este subutilizată în configurația actuală.

Analiză Capacitate de Stocare Zilnică

Capacitate de Stocare Maximă	200	[kWh]
------------------------------	-----	-------

Capacitate de Stocare a Bateriei		[%]	120%	110%	100%	90%	80%	70%
		[kWh]	200	250	200	150	200	100
Disponibilitate pt. Încărcare	Niv. Min.	100%	4,5%	0,0%	4,5%	9,1%	4,5%	9,1%
	Niv. Min.	90%	4,5%	0,0%	4,5%	9,1%	4,5%	9,1%
	Niv. Min.	75%	9,1%	4,5%	9,1%	9,1%	9,1%	9,1%
	Niv. Min.	50%	9,1%	9,1%	9,1%	9,1%	9,1%	27,3%
	Niv. Min.	25%	27,3%	18,2%	27,3%	40,9%	27,3%	68,2%
	Niv. Min.	10%	72,7%	68,2%	72,7%	90,9%	72,7%	95,5%
Surplus de Energie		[MWh]	0,02	0,00	0,02	0,09	0,02	0,19
		[%]	1,65%	0,00%	1,65%	8,13%	1,65%	17,48 %

Tabel 22 Analiză capacitate de stocare zilnică

Primul scenariu demonstrează că integrarea producției fotovoltaice și a sistemului de stocare contribuie la creșterea eficienței energetice a comunității, însă impactul acestuia este limitat de dependența ridicată de importuri. Se recomandă reevaluarea puterii instalate fotovoltaice pentru a reduce importurile energetice și ajustarea dimensiunii bateriei în raport cu volumul efectiv al supraproducției. O creștere a producției fotovoltaice ar putea reduce importurile, iar o gestionare mai flexibilă a ciclurilor de încărcare-descărcare ar putea îmbunătăți utilizarea capacității bateriei.

3.4.2 Scenariu B

Scenariul B Figura 43 propune o creștere semnificativă a puterii fotovoltaice instalate la **1.200 kWp**, ceea ce determină o producție totală de energie solară de 1.354,07 MWh pe an, reprezentând 58% din consumul anual total al comunității (2.321,59 MWh). Acest nivel de producție aduce o îmbunătățire semnificativă a autoconsumului fotovoltaic, care ajunge la 957,77 MWh (41% din consumul total). Acest scenariu este direct corelat cu situația reală din teren pentru ca la momentul scrierii prezentului studiu, 800 kWp (adițional față de cei 400 kWp instalați și operaționalizați deja) sunt contractați atât de către consumatorii rezidențiali cât și de Primăria Buteni.

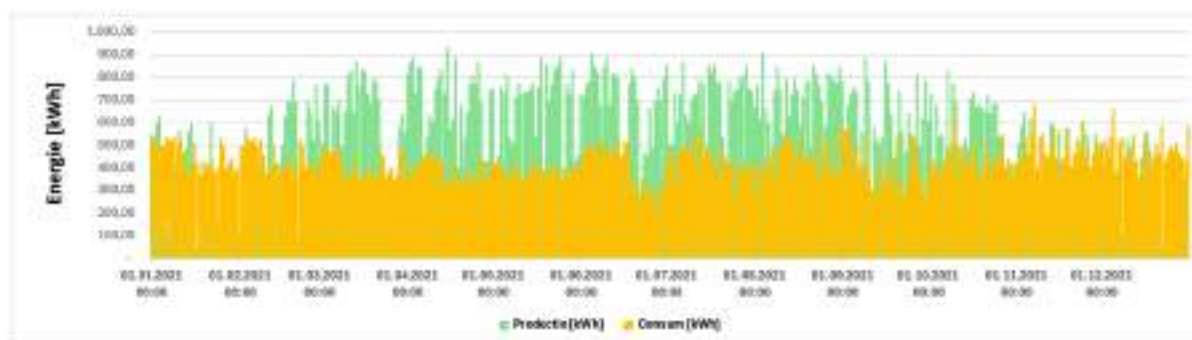


Figura 43 Situația consumului și a producției de energie electrică – scenariu B

Prin urmare, Scenariul B reprezintă situația previzionată Figura 44, pe termen scurt, la nivelul satului Buteni din punct de vedere al puterii instalate în panouri fotovoltaice. În cazul Scenariului B, creșterea producției determină apariția unei supraproducții mult mai mari comparativ cu Scenariul A, însumând 396,29 MWh anual, ceea ce corespunde unui număr de 279 de zile și 1.934 de ore de supraproducție. Exportul orar maxim al energiei este de 606,67 kWh, evidențiind un surplus consistent de energie generată în anumite intervale.



Figura 44 Situația previzionată a consumului și a producției de energie electrică – scenariu B

Sistemul de stocare propus în Scenariul B este dimensionat pentru a face față acestei supraproducții, având o capacitate instalată a bateriei de 2.100 kWh și o putere a invertorului de 700 kW. Limitele de operare ale bateriei sunt stabilite între 10% (210 kWh) și 90% (1.890 kWh), cu un prag minim de funcționare de 1% (7 kW). Din totalul supraproducției de 396,29 MWh, 296,81 MWh (22% din consumul total) sunt stocați și ulterior utilizați pentru autoconsum. Energia stocată este consumată aproape integral, cu un autoconsum al bateriei de 296,60 MWh, ceea ce indică o eficiență ridicată în utilizarea energiei disponibile în sistemul de stocare.

Putere Instalată Fotovoltaice	1200,00	[kWp]
Consum Orar Maxim	681,38	[kWh]
Export Orar Maxim	606,67	[kWh]
Nr. Zile de Supraproducție	279	[Zile]
Nr. Ore de Supraproducție	1934	[Ore]
Total Supraproducție	396,29	[MWh]

Tabel 19 Scenariu B – putere instalată fotovoltaice 1200 kWp

Totuși, chiar și cu acest nivel de stocare, rămân 99,48 MWh de supraproducție nestocată, care sunt exportați în rețea, reprezentând 7% din consumul total anual. Această valoare subliniază nevoia unei optimizări suplimentare a gestionării energiei, fie prin creșterea capacității de stocare, fie prin ajustarea consumului pentru a absorbi o parte mai mare din supraproducție.

Importurile de energie Figura 45 rămân o componentă semnificativă, fiind reduse la 1.067,21 MWh, ceea ce reprezintă 46% din consumul total anual. Aceasta marchează o îmbunătățire semnificativă față de Scenariul A, unde importurile reprezentau 80% din consum. În Scenariul B, reducerea importurilor este un rezultat direct al creșterii producției fotovoltaice și al utilizării eficiente a energiei stocate.

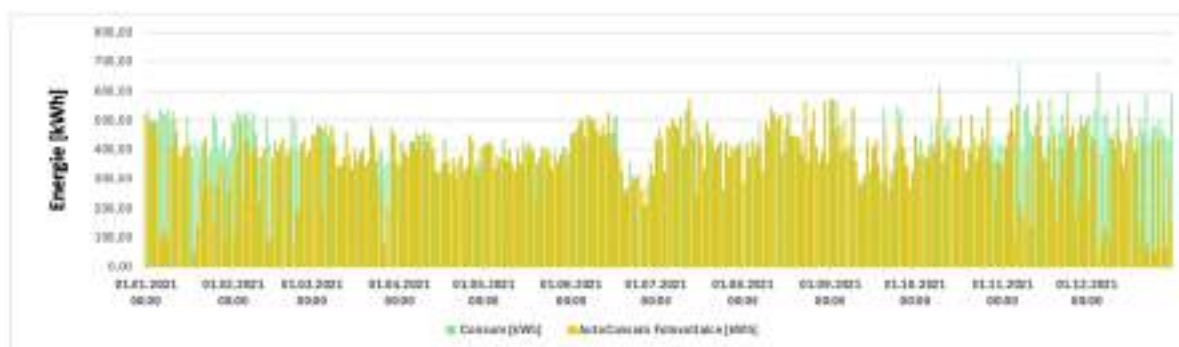


Figura 45 Situația previzionată a consumului și a producției de energie electrică cu reducerea importului – scenariu B

Putere Instalată Baterie		700	[kW]
Capacitate Instalată Baterie		2100	[kWh]
Limite Baterie Încărcare/Descărcare	Min	10%	210 [kWh]
	Max	90%	1890 [kWh]
	MinP	1%	7,00 [kW]

Tabel 20 Soluție de stocare propusa în Scenariul B

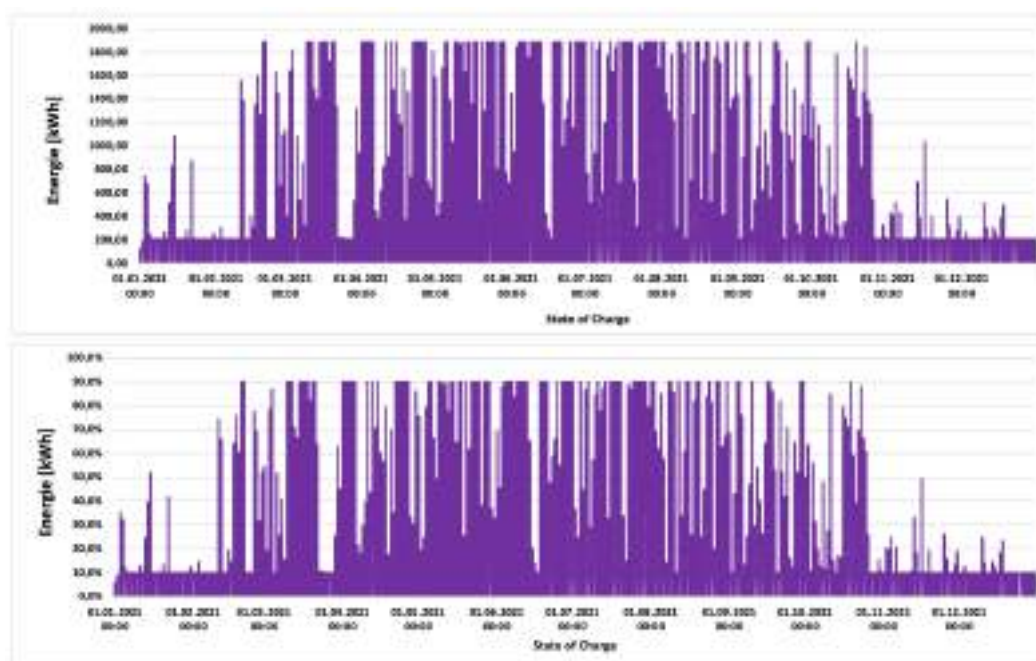


Figura 46 Reprezentarea fluxului de energie în capacitatea de stocare propusa

Analiza capacității de stocare zilnică arată o utilizare optimizată a bateriei în funcție de dimensiunile stabilite. Nivelurile de disponibilitate pentru încărcare variază în funcție de procentul de încărcare minim acceptabil al bateriei. La o încărcare minimă de 10%, surplusul de energie este practic inexistent (0,00 MWh), însă acesta crește semnificativ la 15,14 MWh (3,82%) pentru o capacitate de stocare redusă la 80% și la 36,17 MWh (9,13%) pentru 70%. Aceste date indică faptul că o utilizare completă a capacității bateriei este esențială pentru minimizarea pierderilor de energie.

Consum Total Anual	2321,59	[MWh]	100%
Producție Totală Fotovoltaică	1354,07	[MWh]	58%
AutoConsum Fotovoltaică	957,77	[MWh]	41%
SupraProducție Stocată în Baterii	296,81	[MWh]	22%
AutoConsum Baterii	296,60	[MWh]	13%
Import Consum Neacoperit	1067,21	[MWh]	46%
Export Supraproducție Nestocată	99,48	[MWh]	7%

Tabel 21 Date generale la nivel anual scenariul B

Scenariul B demonstrează o îmbunătățire semnificativă a utilizării resurselor regenerabile și o reducere substanțială a dependenței de importurile de energie comparativ cu Scenariul A. Creșterea puterii instalate fotovoltaice la 1.200 kWp permite un nivel mult mai ridicat de autoconsum și utilizare eficientă a energiei stocate.

Analiză Capacitate de Stocare Zilnică

Capacitate de Stocare Maximă	2700	[kWh]
-------------------------------------	-------------	--------------

Capacitate de Stocare a Bateriei		[%]	120%	110%	100%	90%	80%	70%
		[kWh]	3200	3000	2700	2400	2200	1850
Disponibilitate pt. Încărcare	Niv. Min.	100%	0,0%	0,0%	3,6%	11,1%	15,8%	27,2%
	Niv. Min.	90%	1,1%	3,6%	10,4%	17,2%	22,9%	32,6%
	Niv. Min.	75%	11,1%	14,3%	21,5%	28,3%	33,3%	45,5%
	Niv. Min.	50%	36,2%	40,9%	46,2%	50,9%	56,6%	62,0%
	Niv. Min.	25%	65,9%	67,0%	67,4%	69,9%	70,6%	73,8%
	Niv. Min.	10%	78,1%	79,6%	79,9%	80,6%	81,7%	85,7%
Surplus de Energie		[MWh]	0,00	0,00	1,43	7,92	15,14	36,17
		[%]	0,00%	0,00%	0,36%	2,00%	3,82%	9,13%

Tabel 22 Analiză capacitate de stocare zilnică

Comparativ cu Scenariul A, Scenariul B oferă un echilibru mai bun între producție, stocare și consum, reducând importurile și crescând utilizarea energiei regenerabile. Totuși, necesită investiții semnificativ mai mari în capacitatea fotovoltaică și stocare, ceea ce ar putea influența fezabilitatea economică a implementării acestuia.

Supraproducția în cazul prosumatorilor rezidențiali este determinată în principal de decalajele semnificative dintre profilele temporale de producție și consum, caracterizate printr-un cuplaj energetic redus. Această discrepantă apare deoarece punctele de maximă producție, determinate în general de generarea fotovoltaică în intervalele diurne, nu coincid cu punctele de cerere maximă, care se manifestă frecvent în timpul dimineților și serilor, perioade cu producție minimă sau absentă. În plus, chiar și în scenarii în care capacitatea instalată de producție este dimensionată optim pentru necesarul mediu al prosumatorului, la nivel de comunitate se observă cantități semnificative de energie exportată în rețea pe parcursul unui an calendaristic.

3.4.3 Scenariul C

Scenariul C propune o configurație în care capacitatea fotovoltaică instalată este ridicată la 2.100 kWp, generând o producție anuală aproape echivalentă cu consumul total al comunității, de 2.321,40 MWh (100%). Această configurare asigură un nivel ridicat de acoperire a cererii, dar introduce provocări semnificative legate de gestionarea supraproducției, care ajunge la un total de 1.233,41 MWh anual. Supraproducția este înregistrată în 325 zile și 2.694 ore, subliniind o diferență majoră între momentele de producție maximă și cererea de consum.

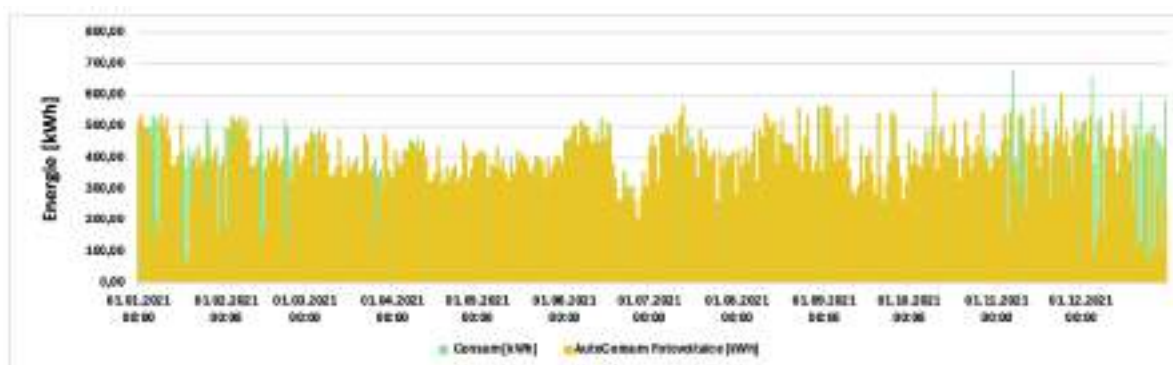


Figura 47 Situația consumului și a producției de energie electrică – scenariu C

Exportul orar maxim atinge 1.269,07 kWh, iar nivelurile ridicate de energie exportată anual (767,24 MWh, reprezentând 33% din consumul total) indică limitări în capacitatea de absorbție locală, chiar și cu o baterie dimensionată pentru a stoca 2.100 kWh. Bateria funcționează eficient, cu un autoconsum al energiei stocate de 465,96 MWh, ceea ce reprezintă 20% din consumul total anual.

Putere Instalată Fotovoltaice	2100,00	[kWp]
Consum Orar Maxim	681,38	[kWh]
Export Orar Maxim	1269,07	[kWh]
Nr. Zile de Supraproducție	325	[Zile]
Nr. Ore de Supraproducție	2694	[Ore]
Total Supraproducție	1233,41	[MWh]

Tabel 23 Scenariu C – putere instalată fotovoltaice 2100 kWp

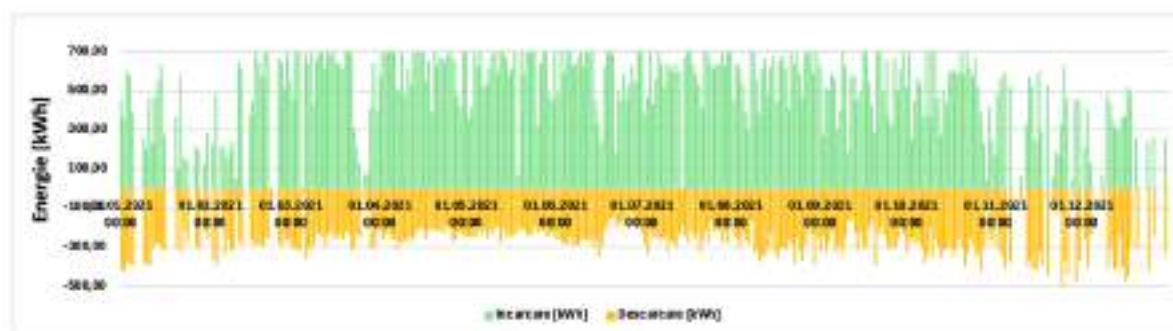


Figura 48 Situația previzionată a consumului și a producției de energie electrică – scenariu C

Limitele operaționale ale bateriei, stabilite între 10% (210 kWh) și 90% (1.890 kWh), permit o utilizare flexibilă, dar capacitatea maximă este frecvent insuficientă pentru a absorbi întreaga supraproducție generată.

Deși sistemul reușește să acopere o parte semnificativă a cererii din producția locală, importurile de energie rămân relevante, fiind de 767,63 MWh (33% din consumul total anual). Această valoare, deși redusă comparativ cu Scenariile A și B, indică faptul că, în ciuda creșterii puterii fotovoltaice, sincronizarea între producție și consum continuă să fie o provocare. Autoconsumul fotovoltaic atinge 1.087,99 MWh (47%), ceea ce demonstrează o utilizare directă eficientă a energiei generate, însă limitele în stocare și variațiile diurne/sezoniere ale consumului reduc eficiența globală.

Putere Instalată Baterie			700	[kW]
Capacitate Instalată Baterie			2100	[kWh]
Limite Baterie Încărcare/Descărcare	Min	10%	210	[kWh]
	Max	90%	1890	[kWh]
	MinP	1%	7,00	[kW]

Tabel 24 Soluție de stocare propusă în Scenariul C

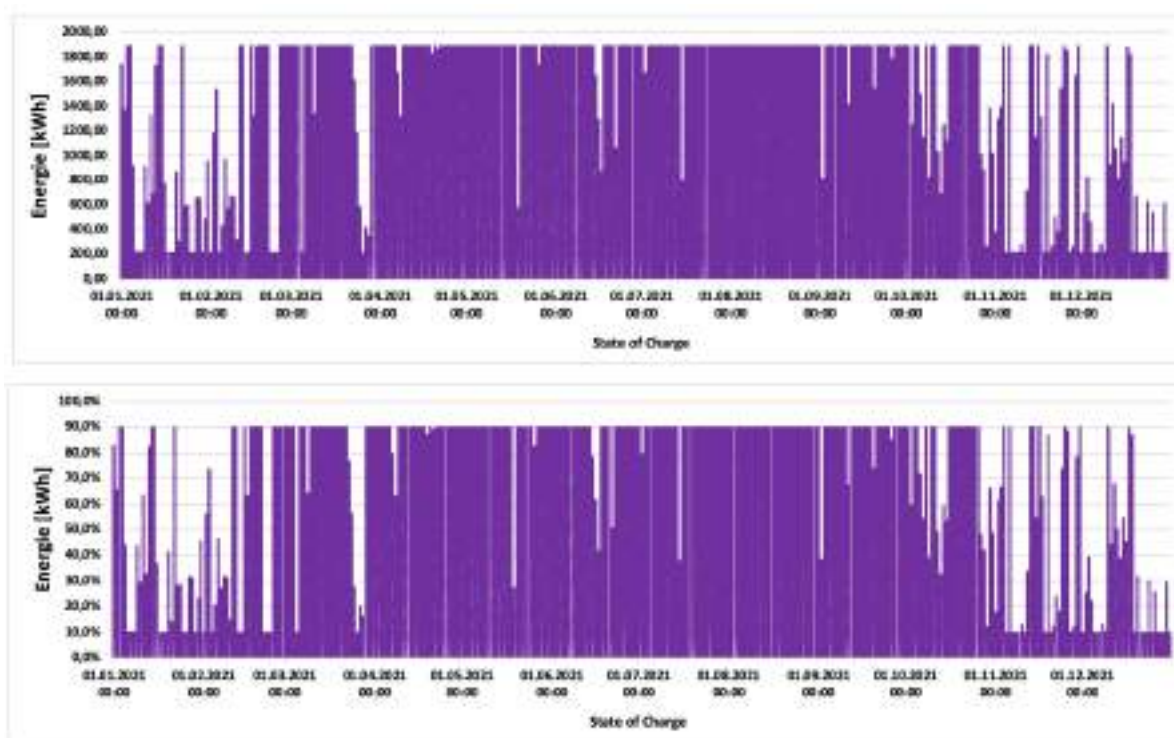


Figura 49 Reprezentarea fluxului de energie în capacitatea de stocare propusă

Analiza disponibilității pentru încărcarea bateriei arată că la o utilizare optimă (100% din capacitate), surplusul de energie este aproape inexistent, însă acesta crește rapid odată cu reducerea capacității de stocare efectiv utilizată. La un nivel de încărcare de 90%, surplusul atinge 10,37 MWh (0,84%), iar la 70% acesta crește la 169,93 MWh (13,78%). Aceasta evidențiază faptul că o extindere suplimentară a capacității de stocare ar putea reduce semnificativ exporturile de energie. Cu toate acestea, modul de dimensionare a capacității de

stocare trebuie sa fie în directa corelarea cu eficiența financiară a sistemelor propuse a fi implementate.

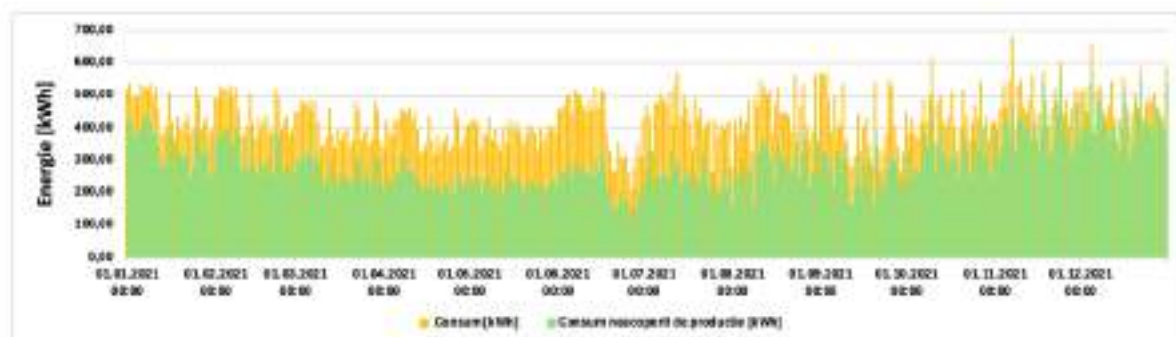


Figura 50 Situația previzionată a consumului și a producției de energie electrică – scenariu C

Consum Total Anual	2321,59	[MWh]	100%
Producție Totală Fotovoltaice	2321,40	[MWh]	100%
AutoConsum Fotovoltaice	1087,99	[MWh]	47%
SupraProducție Stocată în Baterii	466,17	[MWh]	20%
AutoConsum Baterii	465,96	[MWh]	20%
Import Consum Neacoperit	767,63	[MWh]	33%
Export Supraproducție Nestocată	767,24	[MWh]	33%

Tabel 25 Date generale la nivel anual scenariul C

Capacitatea de stocare zilnică, evaluată în scenariul C, evidențiază o disponibilitate limitată pentru încărcare în intervalele de producție ridicată. La o capacitate de 100%, disponibilitatea pentru încărcare este de 4,3%, crescând la 26,8% pentru o capacitate redusă la 70%. Aceste date sugerează că, deși capacitatea existentă este bine utilizată, supraproducția ridicată necesită investiții suplimentare în stocare sau strategii alternative de gestionare.

Analiză Putere de Încărcare Disponibilă

Putere de Încărcare Baterie Maximă	975	[kW]
---	------------	-------------

Putere de Încărcare Baterie		[%]	120%	105%	100%	90%	75%	65%
		[kW]	1175	1025	975	875	725	625
Disponibilitate pt. Încărcare	Put. Min.	100%	0,3%	2,9%	5,2%	11,0%	22,3%	30,5%
	Put. Min.	50%	33,6%	40,8%	42,9%	48,9%	56,9%	62,1%
	Put. Min.	25%	64,1%	68,9%	70,3%	72,9%	76,9%	79,9%
Indisponibilitate	Put. Sub	1%	1,0%	0,8%	0,7%	0,6%	0,4%	0,3%
Surplus de Energie		[MWh]	0,29	4,99	10,37	32,41	98,54	169,93
		[%]	0,02%	0,40%	0,84%	2,63%	7,99%	13,78%

Tabel 26 Analiză Putere de Încărcare Disponibilă scenariul C

Analiză Capacitate de Stocare Zilnică

Capacitate de Stocare Maximă	3300	[kWh]
------------------------------	------	-------

Capacitate de Stocare a Bateriei		[%]	120%	110%	100%	90%	80%	70%
		[kWh]	4000	3600	3300	3000	2600	2350
Disponibilitate pt. Încărcare	Niv. Min.	100%	0,0%	1,8%	4,3%	10,2%	26,8%	38,2%
	Niv. Min.	90%	1,8%	5,2%	10,8%	20,9%	38,5%	49,2%
	Niv. Min.	75%	10,2%	20,9%	33,5%	44,0%	56,0%	64,6%
	Niv. Min.	50%	54,5%	62,8%	68,9%	73,8%	76,9%	79,1%
	Niv. Min.	25%	82,5%	84,0%	84,6%	85,5%	88,9%	89,5%
	Niv. Min.	10%	92,9%	93,8%	94,5%	94,8%	95,4%	95,7%
Surplus de Energie ()		[MWh]	0,00	0,73	4,05	10,94	32,96	60,13
		[%]	0,00%	0,06%	0,33%	0,89%	2,67%	4,87%

Tabel 27 Analiză Capacitate de Stocare Zilnică

Scenariul C demonstrează un nivel de integrare energetică semnificativ mai mare decât Scenariile A și B, cu o reducere importantă a importurilor energetice și o creștere a utilizării resurselor regenerabile.

În contextul comunităților de energie din mediul rezidențial rural, dimensionarea capacităților fotovoltaice reprezintă un proces critic, care trebuie să ia în considerare atât nevoile energetice ale comunității, cât și particularitățile infrastructurii locale. Sistemele de producție dimensionate pentru a genera o cantitate anuală de energie echivalentă cu consumul comunității, cum este cazul Scenariului C (2.321,40 MWh produse pentru un consum de 2.321,59 MWh), duc la creșterea semnificativă a exporturilor de energie către sistemul energetic național. În acest scenariu, 33% din energia produsă (767,24 MWh) este exportată, subliniind o neconcordanță între producție și consumul efectiv local. Acest fenomen este exacerbă de supraproducția pe parcursul a 325 de zile și 2.694 de ore pe an.

Dimensionarea capacităților instalate trebuie să fie corelată cu cererea maximă de energie a comunității într-un interval de timp determinat, de regulă de o oră. În Scenariul C, consumul orar maxim de 681,38 kWh oferă un punct de referință pentru stabilirea puterii instalate, astfel încât să se evite supradimensionarea inutilă a sistemului fotovoltaic. Pe lângă corelarea cu cererea maximă, este esențial ca sistemele de stocare să fie dimensionate în funcție de graficele de încărcare-descărcare și de limitările tehnice specifice ale comunității. În toate scenariile analizate (A, B, C), capacitățile de stocare au fost configurate astfel încât să permită realizarea unui ciclu complet de încărcare-descărcare pe parcursul fiecărei zile, ceea ce maximizează utilizarea energiei regenerabile și reduce exporturile nesubvenționate.

Dincolo de dimensiunile fizice, limitările de încărcare și descărcare ale bateriilor trebuie să fie în deplină concordanță cu puterea maximă absorbită de comunitate. În Scenariul C, cu o putere instalată a inverterului de 700 kW și o capacitate de stocare de 2.100 kWh, sistemul este capabil să susțină fluctuațiile diurne de producție și consum. Cu toate acestea, analiza arată că, chiar și în aceste condiții, surplusul de energie atinge 169,93 MWh (13,78%) la o utilizare de 65% din capacitatea bateriei, subliniind necesitatea unor ajustări fie în stocare, fie în profilul de consum al comunității.

Integrarea dinamică a comunităților de energie în sistemul energetic național și transformarea acestora în actori activi de rețea reprezintă pași esențiali pentru optimizarea fluxurilor energetice și creșterea eficienței operaționale la nivelul Sistemului Energetic

Național. Această integrare permite comunităților să participe activ la echilibrarea cererii și ofertei, contribuind la stabilitatea rețelei. În special, comunitățile dotate cu capacități de stocare pot gestiona mai eficient surplusurile de producție și variațiile de consum, oferind servicii auxiliare precum „Demand and Response” sau chiar implicare pe piața de echilibrare.

Cu toate acestea, trebuie să se țină cont de limitările tehnice ale comunității, care pot varia în funcție de infrastructura existentă și de capacitățile individuale de consum și producție. În acest context, implementarea soluțiilor automatizate de management energetic devine imperativă. Sistemele de management energetic (EMS) permit monitorizarea și controlul în timp real al fluxurilor de energie, optimizând utilizarea resurselor și asigurând conformitatea cu reglementările tehnice și de siguranță.

3.4.4 Analiză Comparativă a Scenariilor A, B și C

Scenariile A, B și C prezintă trei configurații distincte pentru dezvoltarea unei comunități energetice, fiecare caracterizată printr-o evoluție progresivă a capacităților fotovoltaice și de stocare, precum și a gradului de integrare a resurselor regenerabile în sistemul local. Analiza comparativă se concentrează pe eficiența energetică, utilizarea resurselor, dependența de rețeaua națională și nivelul de optimizare a fluxurilor de energie.

Scenariul A

➔ **Configurație tehnică:** Putere fotovoltaică instalată de 400 kWp și o capacitate de stocare de 900 kWh, puterea instalată propusă fiind 300 kW.

➔ **Performanță energetică:**

- Producția fotovoltaică totală acoperă doar 20% din consumul anual al comunității (468,53 MWh din 2.321,59 MWh).
- Autoconsumul fotovoltaic este aproape de 100% (467,47 MWh), însă surplusul de energie disponibil pentru stocare este foarte mic (1,06 MWh).
- Importurile din rețea rămân dominante, acoperind 80% din consum (1.853,15 MWh).

➔ **Eficiență și limitări:**

- Capacitatea de stocare este subutilizată, cu un ciclu de încărcare-descărcare realizat rar din cauza supraproducției reduse.
- Exporturile sunt aproape inexistente, dar dependența de rețea este foarte ridicată.

Scenariul B

➔ **Configurare:** Putere fotovoltaică instalată de 1.200 kWp și o capacitate de stocare de 2.100 kWh, puterea instalată a bateriei fiind de 700 kW.

➔ **Performanță energetică:**

- Producția fotovoltaică acoperă 58% din consumul comunității (1.354,07 MWh).
- Autoconsumul fotovoltaic este de 957,77 MWh (41%), iar energia stocată și utilizată este de 296,60 MWh.
- Exporturile cresc la 7% din producție (99,48 MWh), iar importurile scad la 46% (1.067,21 MWh).

→ Eficiență și limitări:

- Capacitatea de stocare este mai bine utilizată, iar ciclurile de încărcare-descărcare devin regulate.
- Supraproducția este moderată, însă exporturile și importurile indică în continuare o sincronizare imperfectă între producție și consum.

Scenariul C

→ **Configurare:** Putere fotovoltaică instalată de 2.100 kWp și o capacitate de stocare de 2.100 kWh.

→ Performanță energetică:

- Producția fotovoltaică acoperă aproape 100% din consumul anual (2.321,40 MWh).
- Autoconsumul fotovoltaic este de 1.087,99 MWh (47%), iar energia stocată și utilizată este de 465,96 MWh (20% din consum total).
- Exporturile cresc semnificativ la 33% (767,24 MWh), iar importurile scad la 33% (767,63 MWh).

→ Eficiență și limitări:

- Sistemul de stocare este utilizat intensiv, dar rămâne insuficient pentru a absorbi întreaga supraproducție.
- Exporturile ridicate indică o capacitate fotovoltaică supradimensionată în raport cu cererea locală și limitele stocării.

3.4.5 Analiză Comparativă

Parametru	Scenariul A	Scenariul B	Scenariul C
Putere Fotovoltaică [kWp]	400	1.200	2.100
Capacitate Stocare [kWh]	900	2.100	2.100
Producție Fotovoltaică [%]	20%	58%	100%
Autoconsum Fotovoltaic [%]	100%	41%	47%
Energie Stocată și Utilizată [%]	0%	13%	20%
Exporturi [%]	0%	7%	33%
Importuri [%]	80%	46%	33%
Supraproducție Totală [MWh]	1,07	396,29	1.233,41

Tabel 28 Analiză scenarii prezentate (A, B, C)

Scenariile prezintă o evoluție treptată a gradului de integrare a resurselor regenerabile, însă fiecare are limitările sale. Scenariul A este subdimensionat, ceea ce conduce la o dependență majoră de rețea. Scenariul B oferă un echilibru între producție, consum și stocare, dar încă necesită ajustări pentru a reduce importurile. Scenariul C demonstrează potențialul maxim al producției regenerabile, dar introduce exporturi ridicate, ceea ce sugerează supradimensionarea sistemului.

Validarea soluției tehnice în etapa de verificare și fezabilitate tehnică reprezintă o condiție importantă pentru implementarea unui proiect energetic comunitar. Totuși, procesul decizional final trebuie să fie fundamentat pe o analiză economică și financiară detaliată, care

să integreze costurile de investiție, operaționale și de întreținere, precum și impactul asupra bugetului comunității. De cele mai multe ori, soluția tehnică ideală, caracterizată prin eficiență energetică maximă și utilizarea completă a resurselor regenerabile, nu coincide cu punctul optim al randamentului economic, deoarece costurile marginale de extindere a capacităților de producție sau stocare pot depăși beneficiile economice generate. Prin urmare, soluțiile propuse trebuie să fie evaluate nu doar din perspectiva performanței energetice, ci și prin prisma raportului cost-beneficiu, pentru a asigura sustenabilitatea economică a comunității pe termen lung. Optimizarea deciziei necesită o abordare echilibrată între criteriile tehnice și constrângerile financiare, adaptată specificului fiecărei comunități.

3.5 Conceptul de Virtual Net Metering (VNM) pentru Comuna Buteni

3.5.1. Considerații preliminare

Promovarea surselor regenerabile de energie (mai ales sursa solară, dar și cea eoliană, hidro și alte tipuri de surse regenerabile de energie la scară mică) și implicarea activă a consumatorilor în procesul de producție și consum de energie sunt esențiale în contextul tranziției energetice globale de la producția de energie electrică bazată pe combustibili fosili la cea bazată pe surse regenerabile de energie.

Formarea comunităților energetice și apariția prosumatorilor oferă noi perspective pentru gestionarea eficientă a surselor energetice locale. Un sistem de contabilizare digital cunoscut sub numele de Virtual Net Metering (VNM) joacă un rol important în această schimbare, deoarece oferă comunităților energetice un mecanism de partajare și compensare a energiei produse, oferind beneficii economice și sociale semnificative acelei comunități. Pe plan mondial există mai multe exemple de implementare a VNM la nivelul unor comunități energetice, în diverse variante, atât în cazul unor țări dezvoltate tehnologic (cum ar fi SUA, Germania etc.) dar și în cazul unor țări emergente (de ex. India sau Brazilia etc.).

VNM permite utilizatorilor săi (consumatori de energie electrică) să partajeze energia produsă din surse regenerabile, chiar dacă nu sunt conectați fizic la același echipament de generare. VNM facilitează distribuirea energiei în cadrul unei comunități energetice și introduce un sistem de creditare energetică prin care surplusul de energie produs este transformat în credite care pot fi utilizate pentru a compensa consumul viitor. Acest lucru este diferit față de modul de calcul în cazul prosumatorilor, stabiliți conform legislației actuale din România, care compensează doar consumul individual al acestora. VNM se bazează pe existența contorizării digitale a consumului de energie electrică și posibilitatea transmiterii la distanță a valorilor măsurate în timp real.

O comunitate energetică este un grup de consumatori, prosumatori și producători, cu conectare la rețeaua de distribuție a energiei electrice, care lucrează împreună pentru a-și maximiza atât consumul, cât și producția de energie folosind tehnologii de gestionare a energiei care sunt bazate pe surse regenerabile. Aceste comunități pot include case individuale (unifamiliale), clădiri rezidențiale (multifamiliale), instituții publice sau organizații comerciale.

Membrii comunităților energetice beneficiază de un model eficient de gestionare a energiei care este implementat prin VNM și care vine cu următoarele avantaje:

- Maximizează utilizarea energiei produse local din surse regenerabile, prin distribuție inteligentă în cadrul comunității, reducând dependența de surse externe centralizate.

- Crește accesibilitatea la energia verde adică produsă din surse regenerabile, fiindcă și membrii care nu dețin echipamente de producție pot beneficia de energia produsă din surse regenerabile generată în cadrul comunității.
- Asigură echitate energetică, costurile și beneficiile fiind distribuite proporțional cu energia consumată/generată în cadrul comunității energetice, astfel încât toți participanții să aibă acces la energie curată, la prețuri reduse.

3.5.2. Principiul de funcționare al Virtual Net Metering (VNM)

În cadrul Virtual Net Metering care deservește o comunitate energetică, energia produsă din surse regenerabile (de exemplu, sisteme energetice cu panouri fotovoltaice) care este în surplus față de consumul intern al comunității energetice, este injectată în rețeaua de distribuție și contabilizată digital. Acest surplus de energie este asociat utilizatorilor comunității energetice pe baza unui sistem de compensare virtuală.

Funcționarea VNM se bazează pe câteva principii fundamentale:

- Producția de energie electrică - energia este produsă fie de prosumatori individuali, fie de echipamente colective (ex. parcuri fotovoltaice).
- Injectarea în rețeaua de distribuție - energia produsă în exces este injectată în rețeaua electrică de distribuție și contorizată digital, iar surplusul este convertit în credite energetice.
- Compensarea consumului - membrii comunității energetice utilizează creditele obținute pentru a compensa consumul în perioadele când în cadrul comunității nu se produce suficientă energie. Astfel, factura energetică reflectă doar energia netă consumată din rețeaua de distribuție.

Un element esențial al VNM este creditarea energetică, care transformă energia produsă în surplus și livrată în rețeaua de distribuție într-un avantaj economic concret pentru prosumatori. Acest sistem de creditare presupune că orice cantitate de energie produsă în exces să fie convertită în credite (calculate după o anumită paritate energie electrică – unitate de credit), care sunt stocate într-un cont asociat fiecărui participant al comunității energetice care are capacitatea de producție. În perioadele în care consumul comunității este mai mare decât producția în cadrul comunității, creditele energetice sunt utilizate pentru fiecare consumator în parte din comunitate pentru a acoperi diferența de consum, reducând astfel costurile facturii de energie electrică. În cadrul comunităților energetice, surplusul produs de un membru al comunității poate fi utilizat pentru a compensa consumul altor membri, promovând echitatea și colaborarea.

3.5.3. Soluții de realizare a VNM pentru comunitățile energetice

Din punct de vedere al punctului de delimitare/facturare, relația dintre viitoarele comunități energetice și Operatorul de Distribuție a Energiei Electrice a Energiei Electrice (ODE) va depinde foarte mult de modul și spațiul în care se vor forma aceste comunități, respectiv de arhitectura rețelei de distribuție din zona respectivă. Astfel, se prezintă mai jos 3 soluții posibile, identificate, de realizare a măsurării/decontării energiei electrice prin intermediul Virtual Net Metering (VNM):

A) Sistem VNM centralizat (sau VNM centralizat)

Operatorul de Distribuție a Energiei Electrice realizează VNM prin instalarea de contoare inteligente de energie electrică la toți consumatorii. Schema generală se află în Figura 1. Având în vedere faptul că în prezent ODE are instalate contoare la toți consumatorii, este o procedură simplă din punct de vedere tehnic, dar necesită o investiție din partea ODE pentru instalarea VNM, atât pentru hardware cât și pentru software. Nu sunt necesare investiții din partea membrilor comunității energetice pentru infrastructură, dar aceștia trebuie să stabilească de comun acord sistemul de utilizare comună a energiei electrice (sistemul de creditare). Acest sistem Figura 51 trebuie transmis ODE pentru implementare software.

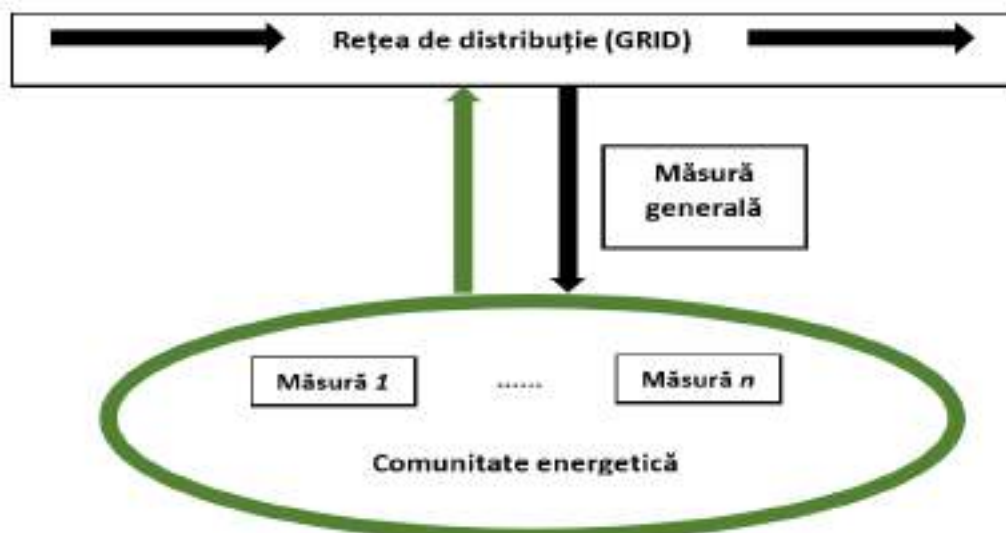


Figura 51 Sistem VNM centralizat – prezentare generală

B) Sistem radial de VNM (sau VNM radial)

Acest sistem Figura 52 poate fi aplicat atunci când comunitatea energetică este alimentată printr-o rețea radială, de exemplu din secundarul unui post de transformare. În acest caz ODE instalează un singur contor de energie, la începutul rețelei radiale (în secundarul postului de transformare), unde se face măsurarea/decontarea energiei. Realizarea VNM în interiorul comunității și stabilirea de comun acord a modalității de utilizare comună a energiei electrice (sistemul de creditare) revine membrilor comunității.

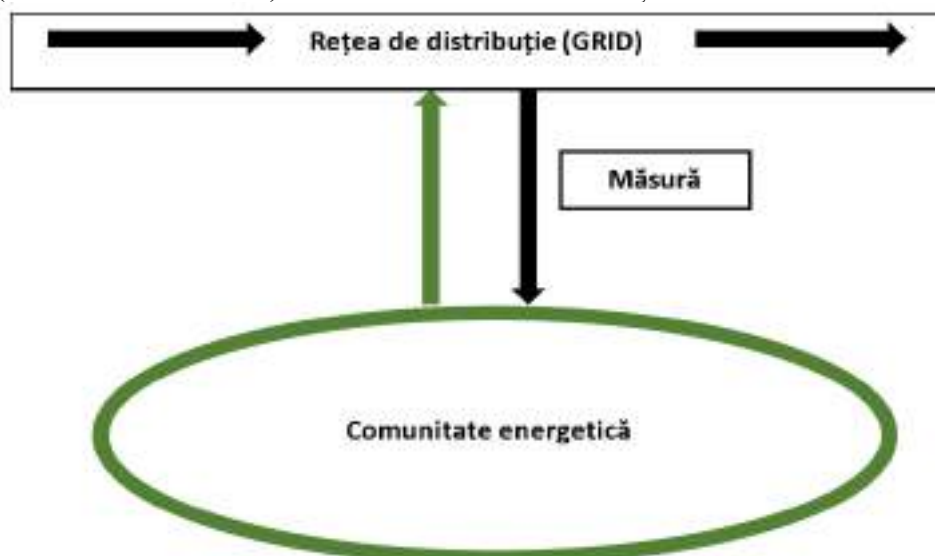


Figura 52 Sistem radial de VNM – prezentare generală

C) Sistem intrare-ieșire de VNM (sau VNM intrare-ieșire)

Acest sistem se pretează pentru comunități energetice mai mari, atât din punct de vedere al consumului de energie electrică, dar și din punct de vedere al așezării în spațiu. Este vorba despre *comunitățile alimentate din cel puțin două posturi de transformare racordate la una sau mai multe linii de medie tensiune*. Schema generală se află în Figura 58. În acest caz trebuie stabilit mai întâi conturul rețelei de distribuție de medie tensiune în interiorul căruia se află comunitatea energetică, iar apoi trebuie instalate contoare pentru măsurarea/decontarea energiei de către ODE la toate punctele de intrare/ieșire în/din conturul comunității. Realizarea VNM în interiorul comunității și stabilirea de comun acord a modalității de utilizare comună a energiei electrice (sistemul de creditare) revine membrilor comunității.

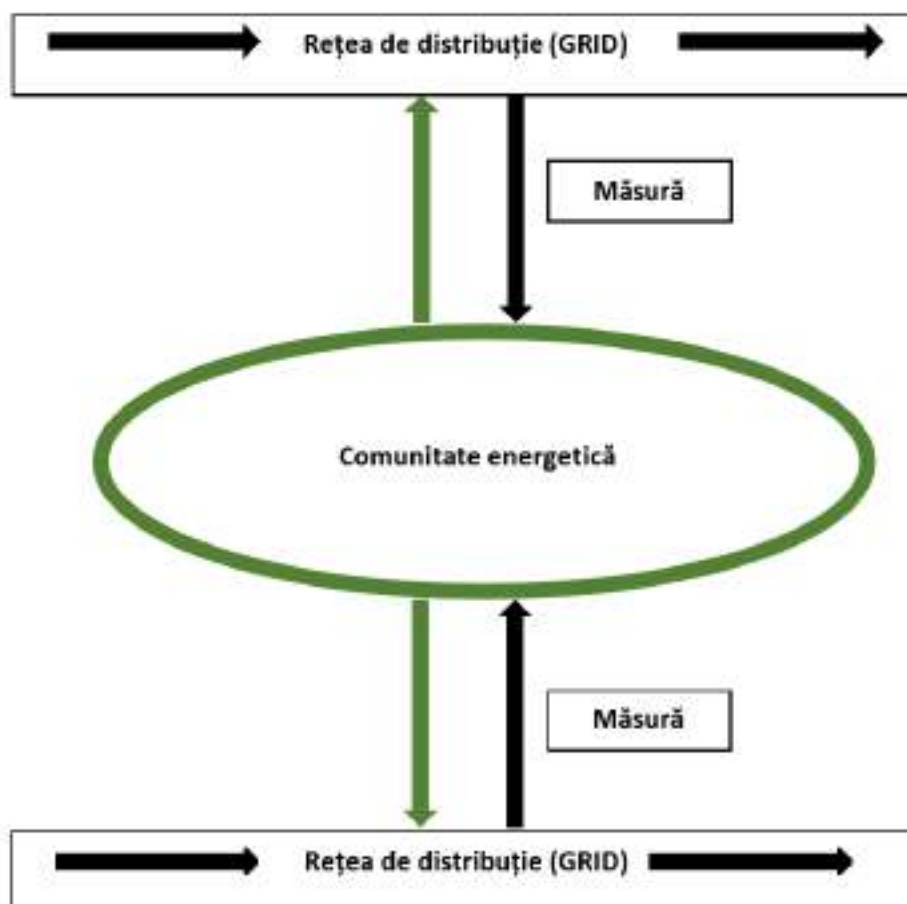


Figura 53 Sistem intrare-ieșire de VNM – prezentare generală

În Figura 59 se prezintă schema electrică monofilară generală pentru implementarea acestui tip de VNM. În acest caz, comunitatea energetică este alimentată prin trei PT racordate la două ramificații ale aceleiași linii de medie tensiune (MT). Se pot observa cele trei puncte de măsură în secundarul celor 3 PT.

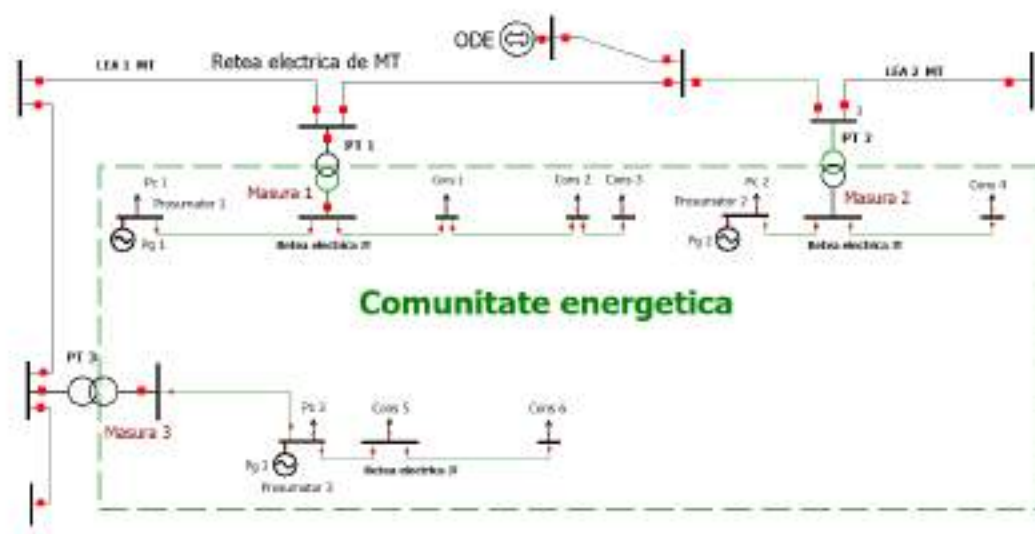


Figura 54 Sistem intrare-ieșire de VNM – schema electrică monofilară

3.5.4. Soluție de realizare a VNM pentru comuna Buteni

Ținând cont de informațiile prezentate în acest studiu de fezabilitate și scenariile de calcul, în cazul Comunei Buteni – Județul Arad sunt posibile 2 soluții de creditare:

1. Fiecare consumator este recompensat proporțional cu energia consumată individual.

Această soluție prezintă următoarele avantaje:

- a. Acest tip de sistem recompensează toți consumatorii cu același procent.
- b. În cazul acestei soluție consumatorii care consumă ziua mai multă energie (când există producție solară de exemplu) sunt facilitați – beneficiază de preț preferențial datorită creditelor alocate.

Însă, vine și cu un dezavantaj, și anume, nu stimulează economia de energie în timpul zilei (când este producție de energie).

2. Fiecare consumator este recompensat egal prin raportarea energiei totale produse disponibile în interiorul comunității, la număr de consumatori.

Această soluție prezintă următoarele avantaje:

- a) Toți consumatorii se bucură de același beneficiu.
- b) În cazul în care un consumator nu își consumă "partea de energie alocată", energia rămasă se redistribuie la restul consumatorilor.
- c) Este posibil să aibă efecte mai bune pentru cei care sunt afectați de sărăcie energetică.

Dezavantajele cu care vine această soluție:

- a) Algoritmul dificil de implementat (energia disponibilă mereu trebuie recalculată, eliminând la pasul următor consumatorii care și-au asigurat consumul).
- b) Nu stimulează optimizarea consumului pe timpul zilei când există producție de energie – cei care își optimizează consumul sunt deparazitați față de cei care nu fac nimic în acest sens.

Considerând datele prezentate mai sus considerăm faptul că varianta 1 este cea mai fezabilă pentru comuna Buteni, iar în cele ce urmează, pentru această soluție se prezintă sistemul de creditare.

Din punct de vedere al circulației de puteri în rețeaua unei comunități energetice se vor considera următoarele:

- Sursele de energie electrică centralizate se consideră producători și vor primi credite pentru energia produsă;
- Consumatorii de energie electrică se vor considera doar consumatori și vor plăti contravaloarea creditelor consumate;
- Prosumatorii de energie electrică vor avea unul din cele două roluri prezentate mai jos dar un singur rol la un moment de timp:
 - Producător de energie care va primi credite pentru energia livrată în rețea;
 - Consumator de energie care va plăti creditele pentru energia pe care o consumă.

În aceste condiții, în orice moment de timp, în comunitatea energetică vom avea un număr n de producători de energie, fiecare livrând în rețea Wp_i kWh de energie electrică și un număr m de consumatori de energie fiecare consumând din rețea Wc_j kWh de energie electrică.

În cadrul comunității energetice, consumul de energie electrică va fi asigurat din două surse distincte:

- din producția disponibilă a surselor de energie și a prosumatorilor din comunitate – facturarea se va face pe bază de credite;
- de la Operatorul de Distribuție a Energiei Electrice de Energie (ODE) – facturarea se va face financiar în conformitate cu consumul fiecărui consumator.

Ca exemplificare se va considera că energia electrică produsă și livrată în rețeaua comunității va avea aceeași valoare financiară, lucru care poate fi implementat printr-un sistem de credite: $1 \text{ credit} = 1 \text{ kWh livrat}$. Valoarea creditului se poate stabili și altă valoare în funcție de preferințele comunității energetice.

În aceste condiții expuse mai sus se pot calcula energiile totale livrate și consumate în rețeaua comunității dar și energia schimbată (consumată sau livrată) cu ODE. De asemenea se vor calcula creditele echivalente energiei produse în comunitate.

Energia electrică totală livrată de producători la un moment de timp se calculează cu formula:

$$Wp_{tot} = \sum_{i=1}^n Wp_i$$

Creditele aferente energiei electrice total livrată de producători la un moment de timp se determină prin:

$$CreditP_{tot} = Wp_{tot} \cdot 1 \text{ credit/kWh}$$

Energia electrică totală consumată de consumatori la un moment de timp este:

$$Wc_{tot} = \sum_{j=1}^m Wc_j$$

Energia electrică totală livrată/consumată de la ODE la un moment de timp se calculează cu formula:

$$W_{ODE} = Wp_{tot} - Wc_{tot}$$

W_{ODE} poate avea valori:

- pozitive dacă în cadrul comunității se produce mai multă energie electrică decât se consumă $\rightarrow Credit_{ODE}$
- negative dacă în cadrul comunității se consumă mai multă energie electrică decât se produce $\rightarrow Wc_ODE$.

Împărțirea energiei disponibile în comunitatea energetică se va realiza pe principiul consumului procentual din disponibilul existent. Toți consumatorii vor primi același procent (raportat la consumul propriu) de energie electrică pe credite.

Există trei cazuri distincte în ceea ce privește schimbul de energie cu ODE:

1. *Energia produsă disponibilă în comunitate este mai mare decât energia consumată în comunitate* (caz posibil în intervalul orelor 11.00-15.00 ale zilei pentru sisteme fotovoltaice) $\rightarrow$ se exportă energie electrică către ODE;
 - Fiecare consumator de energie electrică va putea consuma întregul necesar din energia disponibilă pe credite, $CreditC_j$:

$$CreditC_j = Wc_j \cdot 1 \text{ credit/kWh}$$

- ODE va primi energie electrică echivalentă unui număr de credite notat $Credit_{ODE}$:

$$Credit_{ODE} = CreditP_{tot} - \sum_{j=1}^m CreditC_j$$

Exemplul 1. Modul de calcul a creditelor pentru un intervalul de citire.

Nr.	Tip	Producători [kWh]	Consumatori [kWh]	Credite pozitive	Credite negative	WODE [kWh]	Credite ODE
1	Prosumator	3	0	3	0.00	0.00	
2	Prosumator	5	0	5	0.00	0.00	
3	Prosumator	2	0	2	0.00	0.00	
4	Producător	12	0	12	0.00	0.00	
5	Consumator		5	0	5.00	0.00	
6	Consumator		3	0	3.00	0.00	
7	Consumator		2	0	2.00	0.00	
8	Consumator		1	0	1.00	0.00	
9	Consumator		2	0	2.00	0.00	
10	Consumator		4	0	4.00	0.00	
Total		22	17	22	17.00	0.00	5

Tabel 29 Exemplificare distribuție credite cazul 1

2. *Energia produsă disponibilă în comunitate este mai mică decât energia consumată în comunitate* (caz posibil în intervalul orelor 09.00-11.00 respectiv 15.00-18.00 pentru sistemele fotovoltaice) $\rightarrow$ se importă energie electrică de la ODE;
 - Fiecare consumator de energie electrică va putea consuma din energia disponibilă pe credite, $CreditC_j$, proporțional cu raportul dintre consumul propriu și consumul total al comunității:

$$CreditC_j = \frac{Wc_j}{Wc_{tot}} \cdot Wp_{tot} \cdot 1 \text{ credit/kWh}$$

- Fiecare consumator de energie electrică va consuma de la ODE, $W_{c_ODE_j}$, proporțional cu raportul dintre consumul propriu și consumul total al comunității:

$$W_{c_ODE_j} = \frac{W_{c_j}}{W_{c_{tot}}} \cdot W_{ODE}$$

Exemplul 2. Modul de calcul a creditelor pentru un interval de citire.

Nr.	Tip	Producători [kWh]	Consumatori [kWh]	Credite pozitive	Credite negative	WODE [kWh]	Credite ODE
1	Prosumator	0	1	0	0.57	0.43	
2	Prosumator	3	0	3	0.00	0.00	
3	Prosumator	0	2	0	1.14	0.86	
4	Producător	9	0	9	0.00	0.00	
5	Consumator		4	0	2.29	1.71	
6	Consumator		3	0	1.71	1.29	
7	Consumator		2	0	1.14	0.86	
8	Consumator		3	0	1.71	1.29	
9	Consumator		5	0	2.86	2.14	
10	Consumator		1	0	0.57	0.43	
Total		12	21	12	12.00	9.00	0

Tabel 30 Exemplificare distribuție credite cazul 2

- Energia produsă disponibilă în comunitate este nulă* (caz posibil în intervalul orelor de seară și noapte 18.00-09.00 pentru sistemele fotovoltaice) → se importă toată energie electrică consumată de la ODE;
 - Fiecare consumator de energie electrică va consuma de la ODE, $W_{c_ODE_j}$, întreaga cantitate de energie necesară:

$$W_{c_ODE_j} = W_{c_j}$$

La finalul perioadei de calcul (facturare) fiecare dintre entitățile dintr-o comunitate energetică vor încheie bilanțul energetic astfel:

- Producătorii de energie electrică vor totaliza un număr de credite pozitive egal cu numărul de kWh de energie electrică produși și furnizați;
- Consumatorii de energie electrică vor totaliza un număr de credite negative egal cu energia cuvenită din producția în cadrul comunității energetice, respectiv un număr de kWh energie consumată de la ODE;
- Prosumatorii vor totaliza un număr de credite pozitive egal cu numărul de kWh energie electrică furnizați, un număr de credite negative egal cu energia cuvenită din producția în cadrul comunității energetice, respectiv un număr de kWh energie consumată de la ODE.

Exemplul 3. Modul de calcul a creditelor pentru un interval de citire.

Nr.	Tip	Producători [kWh]	Consumatori [kWh]	Credite pozitive	Credite negative	WODE [kWh]	Credite ODE
1	Prosumator	0	2	0	0.00	2.00	
2	Prosumator	0	1	0	0.00	1.00	

Nr.	Tip	Producători [kWh]	Consumatori [kWh]	Credite pozitive	Credite negative	WODE [kWh]	Credite ODE
3	Prosumator	0	1	0	0.00	1.00	
4	Producător	0	3	0	0.00	3.00	
5	Consumator		1	0	0.00	1.00	
6	Consumator		2	0	0.00	2.00	
7	Consumator		1	0	0.00	1.00	
8	Consumator		1	0	0.00	1.00	
9	Consumator		2	0	0.00	2.00	
10	Consumator		1	0	0.00	1.00	
Total		0	15	0	0.00	15.00	0

Tabel 31 Exemplificare distribuție credite cazul 2

3.5.5. Studiu de caz

Pentru o exemplificare mai concretă se ia un caz simplificat, conform scenariilor prezentate anterior în care energia produsă în cadrul comunității este realizată de un sistem fotovoltaic.

Se consideră că pe baza algoritmului implementat de Virtual Net Metering utilizat, energia produsă de sistemul fotovoltaic este transformată în *credite pozitive*, care apoi se alocă sub formă de *credite negative* pentru consumatorii care consumă direct această energie și *credite ODE*, pentru energia rămasă care va fi livrată către ODE.

Comunitatea energetică este constituită din:

- 6 consumatori pentru care există date de consum din 5 în 5 minute pentru perioada 1 martie – 31 august;
- 4 prosumatori pentru care există date de energie livrată în rețea, respectiv a consumului din 5 în 5 minute pentru perioada 1 martie – 31 august.

În urma aplicării algoritmului VNM au fost analizate două cazuri.

Primul caz prezintă o situație în care cantitatea de energie electrică livrată în comunitate de către prosumatori este mai mică decât cantitatea de energie electrică consumată de către consumatori (Tabelul 36).

	TOTAL	Pros7	Pros8	Pros9	Pros10...
Total Credite pozitive	14.641	6.253	3.400	2.648	2.339
Total Consum	21.846	1.395	685	463	1.321
Total Credite ODE	6.740	3.043	1.452	1.154	1.092
Total Credite negative	7.901	162	52	32	78
Total Credite negative %	36.17%	11.64%	7.52%	6.90%	5.89%
Total Consum de la ODE	13.945	1233	633	431	1243
Total Consum de la ODE %	63.83%	88.36%	92.48%	93.10%	94.11%

	...Cons1	Cons2	Cons3	Cons4	Cons5	Cons6
Total Credite pozitive	0	0	0	0	0	0
Total Consum	4.972	1.686	1.028	7.537	855	1.905
Total Credite ODE	0	0	0	0	0	0
Total Credite negative	2.153	678	378	3112	425	831

Total Credite negative %	43.30%	40.22%	36.77%	41.29%	49.68%	43.63%
Total Consum de la ODE	2.819	1008	650	4.425	430	1.074
Total Consum de la ODE %	56.70%	59.78%	63.23%	58.71%	50.32%	56.37%

Tabel 32 Distribuție credite Comuna Buteni

Din Tabelul 36 se observă că disponibilul de energie electrică din sursă fotovoltaică este mai mic decât consumul total de energie electrică la nivel de comunitate. Din creditele pozitive ale prosumatorilor, o parte, 6740 (aproximativ 46%) sunt livrate către ODE, restul de 54% fiind consumate direct în cadrul comunității energetice.

	TOTAL	Pros7	Pros8	Pros9	Pros10...
Total Credite pozitive	24.673	12.587	3.463	2.370	6.253
Total Consum	18.058	3.475	346	991	1.395
Total Credite ODE	18.487	9.427	2.638	1.784	4.638
Total Credite negative	6.186	156	39	129	272
Total Credite negative %	34.26%	4.49%	11.35%	13.03%	19.51%
Total Consum de la ODE	11.871	3.319	306	862	1.123
Total Consum de la ODE %	65.74%	95.51%	88.65%	86.97%	80.49%

	...Cons1	Cons2	Cons3	Cons4	Cons5	Cons6
Total Credite pozitive	0	0	0	0	0	0
Total Consum	4.972	1.686	1.028	1.368	792	2.005
Total Credite ODE	0	0	0	0	0	0
Total Credite negative	2.516	806	458	693	349	769
Total Credite negative %	50.60%	47.78%	44.57%	50.64%	44.04%	38.33%
Total Consum de la ODE	2456	880	570	675	443	1237
Total Consum de la ODE %	49.40%	52.22%	55.43%	49.36%	55.96%	61.67%

Tabel 33 Distribuție credite Comuna Buteni

De asemenea, se observă că doar 36% din consumul de energie al comunității este asigurat în mod direct de către energia electrică furnizată de prosumatori. Consumatorul 5 are un consum adaptat la producția fotovoltaică (consumă energie ziua) având un avantaj de aproximativ 50% credite negative, în schimb consumatorul 3 are cel mai neconvenabil consum (consumă mai mult seara și noaptea) având un consum de doar 37% din creditele negative.

Al doilea caz prezintă o situație în care cantitatea de energie electrică livrată în comunitate de către prosumatori este mai mare decât cantitatea de energie electrică consumată de către consumatori (Tabelul 37). Din Tabelul 37 se observă că disponibilul de energie electrică din sursă fotovoltaică este mai mare decât consumul total de energie electrică la nivel de comunitate. Din creditele pozitive ale prosumatorilor, o parte, 18.487 (aproximativ 75%) sunt livrate către ODE, restul de 25% fiind consumate direct în cadrul comunității energetice.

De asemenea, se observă că doar 34% din consumul de energie al comunității este asigurat în mod direct de către energia electrică furnizată de prosumatori. Consumatorii 1 și 4 au un consum adaptat la producția fotovoltaică (consumă energie ziua) fiecare având un avantaj de aproximativ 51% credite negative, în schimb consumatorul 6 are cel mai neconvenabil consum (consumă mai mult seara și noaptea) având un consum de doar 38% din creditele negative.

În urma analizei datelor prezentate se poate constata avantajul utilizării VNM care permite maximizarea beneficiilor obținute de consumatorii de energie electrică și încurajează implementarea pe viitor unor soluții de stocare a energiei.

4. Modelarea unei structuri juridice pentru implementarea unei comunități de energie în proiectul pilot Buteni

Având în vedere faptul că în cazul acestui proiect pilot, comunitatea de energie deși una rurală, caracterizată de un număr mai mare de membri gospodării rezidențiale rurale, decât unități comerciale ori administrative, cu o putere financiară mai redusă decât în mediul urban, deține deja unități individuale de producere de energie din surse fotovoltaice în regim de autoconsum, specifice prosumatorilor, cu sau fără unități de stocare individuale, dar care beneficiază de facilitatea legală a compensării cantitative a energiei produse cu aceea consumată din rețea, o primă particularitate juridică ar fi aceea că un prosumator care intră în comunitatea energetică Buteni cu propria unitate de producere, va injecta excedentul de energie neconsumat în regim de autoconsum, mai întâi în rețeaua comunitară, pentru a fi consumat de alți membrii ai comunității de energie. *Apreciem că este incompatibilă facilitatea compensării cantitative, sau a regularizării financiare în factură (pentru prosumatorii cu capacități instalate între 200 kW și 400 kW) cu calitatea de membru într-o comunitate de energie, care presupune partajarea energiei produse la nivel de comunitate, mai întâi și cu prioritate cu membrii comunității, doar excedentul astfel neconsumat în comunitate putând fi stocat în unitățile de stocare ale comunității, respectiv injectat în rețeaua electrică națională.*

Din perspectiva unui model juridic de implementare, capacitatea unităților generatoare aferentă celor două scenarii analizate mai sus, ambele depășind 1 MW capacitate instalată, nu are vreo influență asupra structurii juridice, respectiv asupra regimului de autorizare și operare din perspectivă legală a Comunității de Energie Buteni, ambele scenarii atrăgând necesitatea obținerii unei licențe de producător pentru Comunitatea de Energie Buteni, după cum vom arăta în cele ce urmează.

În cele ce urmează, vom propune un model de structură juridică adecvată și adaptată particularităților acestui proiect pilot cu luarea în considerare a **elementelor specifice Scenariului 2 descris mai sus** (i.e. un **parc fotovoltaic suplimentar capacității de producție deja existente, cu o putere instalată de 850 kW** și un **sistem centralizat de stocare** dimensionat corespunzător, capabil să absoarbă surplusurile de energie din perioadele cu producție ridicată, reducând astfel dependența de injectia în rețea și sporind utilizarea locală a energiei produse), scenariu în care capacitatea instalată totală a unităților generatoare ale Comunității de Energie Buteni este de 2.050 kWp. Modelarea propusă pornește de la implementarea conceptelor și instituțiilor juridice în vigoare în structura juridică a acestui proiect pilot și sugerează în mod concret soluții de reglementare, pentru aspectele unde cadrul juridic actual este lacunar, ori s-ar putea obține rezultate optime prin recursul la alte concepte normative, decât cele imediat incidente.

Acolo unde soluția optimă a necesitat recursul la soluții ori concepte juridice nereglementate în prezent pentru comunitățile de energie, propunem, pe modelul regulatory sandbox implementat de alte state⁴, ca până la adoptarea și implementarea unui cadru juridic

⁴ European Commission: Directorate-General for Energy, Gorenstein Dedecca, J., Ansarin, M., Afroditi Adsal, K. and Blind, K., *Regulatory sandboxes in the energy sector – Final report*, Publications Office of the European Union, 2023, <https://data.europa.eu/doi/10.2833/848065>

național pentru Comunitățile de Energie Cetățenești, respectiv pentru Comunitățile de Energie Regenerabilă, să se aprobe de către Ministerul Energiei și ANRE un cadru juridic de excepție și temporar, exclusiv pentru acest proiect pilot. Aceasta va servi drept hub experimental, putându-se observa impactul implementării concrete al comunității pilot, respectiv eventualele disfuncționalități în operarea acestei comunități de energie, raportate la specificul și particularitățile locației, putându-se elabora astfel propuneri de eficientizare și optimizare a aspectelor constatate a fi mai puțin funcționale.

În modelarea cadrului juridic optim pentru proiectul pilot Comunitatea de Energie Buteni, am luat în considerare faptul că aceasta este alcătuită în prezent din 1006 de consumatori de energie electrică, dintre care 74 sunt consumatori comerciali și 932 sunt consumatori casnici, toți conectați la rețeaua națională prin rețeaua de joasă tensiune și un număr de 84 de prosumatori cu putere avizată de producție de la sub 3 kW până la peste 30 kW. Vasta majoritate a prosumatorilor, în proporție de 81 din 84 au puterea avizată de producție până în 6 kW. Producția totală anuală fiind de 468,53 MWh, la o putere instalată de aproximativ 400 kWp.

În modelarea unei structuri juridice optime pentru Comunitatea de Energie Buteni am plecat de la următoarele premise tehnice, ce se vor implementa în cadrul acestui proiect pilot:

1. Comunitatea de Energie Buteni va avea atât membri prosumatori rezidențiali, comerciali și instituționali, cât și membri consumatori rezidențiali, comerciali și instituționali fără unități individuale de generare de energie electrică;
2. Pe un teren pus la dispoziție de autoritatea publică locală, Comunitatea de Energie Buteni va realiza un parc fotovoltaic centralizat cu o putere instalată de 850 kWp (denumit în continuare **"Parcul PV"**), crescând astfel capacitatea instalată a Comunității de Energie Buteni la la 2.050 kWp;
3. Pe același teren se va monta și o instalație de stocare de energie centralizată, care va prelua și stoca întreaga cantitate de energie excedentară (denumită în continuare **"Instalația de Stocare"**);
4. Pentru distribuția energiei electrice produse de Parcul PV către membrii comunității de energie, se va implementa un sistem de distribuție de tip micro-grid (denumit în continuare **"Sistem de Distribuție"**);
5. Fiecare loc de consum din Comunitatea de Energie Buteni este racordat Sistemul de Distribuție și va primi energie prioritar din producția Parcului PV, respectiv din producția excedentară a celorlalți membri ai Comunității de Energie Buteni, deținători de instalații individuale de producere, consumul excedentar fiind asigurat din rețeaua publică prin intermediul furnizorilor de energie, cu care fiecare loc de consum, respectiv loc de consum și producere are încheiat un contract de furnizare;

Întrucât definițiile CEC și CER potrivit dreptului românesc se suprapun în cea mai mare parte, considerăm că se pot alege ambele forme de comunități de energie ca structură juridică pentru acest proiect pilot. Dacă în cazul particular al proiectului pilot Comunitatea de Energie Buteni scopul acesteia este de a deservei întreaga comunitate aferentă Comunei Buteni și de a fi controlată **efectiv și exclusiv** de acționari sau membri situați în Comuna Buteni, deci în apropierea Parcului PV deținut și dezvoltat de comunitatea de energie, municipalitatea și alte autorități locale urmând a deveni membri ai comunității, forma comunității de energie din surse regenerabile - CER, reglementată de OUG 163 ar fi forma juridică recomandabilă. Cu

toate acestea, având în vedere că în prezent, comunitățile de energie a cetățenilor – CEC se bucură potrivit cadrului juridic actual, de o descriere mai cuprinzătoare în prevederile Legii 123, respectiv de o mai mare libertate referitor la calitatea membrilor săi, prin faptul că nu impune cerința ca aceștia să se afle în proximitatea unității generatoare dezvoltate și deținute de comunitate, propunem alegerea formei CEC – comunității de energie a cetățenilor ca formă juridică pentru Comunitatea de Energie Buteni.

Plecând de la structura CEC, reglementată de dispozițiile Legii 123, propunem următoarele caracteristici ale comunității de energie ce se va constitui:

1. Comunitatea de Energie a Cetățenilor (CEC) Buteni ("CEC Buteni") se va constitui **ca persoană juridică non profit în forma unei Asociații** potrivit OG 26/2000 cu privire la fundații și asociații;
2. **Persoanele fizice și juridice** stabilite în Comuna Buteni, **autorități publice (școli, grădinițe)** din comuna Buteni, precum și **autoritatea publică locală** – reprezentată de **Primăria și Consiliul Local Buteni** vor fi **membri fondatori** ai CEC Buteni;
3. Asociația CEC Buteni va fi proprietarul Parcului PV, respectiv a Instalației de Stocare și a Sistemului de Distribuție;
4. Fiecare membru al CEC Buteni în calitate de consumator final, respectiv de prosumator, după caz, este simultan racordat la rețeaua internă comunitară (Sistemul de Distribuție), rețea deținută în proprietate de CEC Buteni, cât și la rețeaua publică de electricitate (de joasă tensiune);
5. Pentru vânzarea excedentului de energie al comunității, CEC Buteni va putea participa la piața de energie, fie prin Contract de agregare cu un agregator licențiat, fie direct în temeiul licenței de producător;
6. Fiecare rezident al Comunei Buteni și membru în CEC Buteni are contract direct și cu un furnizor de energie licențiat.

Operare

1. Ordine de consum:
 - a. Fiecare membru al CEC Buteni în calitate de prosumator va consuma mai întâi energia produsă de propria unitate individuală de generare, urmând a partaja excedentul cu ceilalți membri ai CEC Buteni, respectiv acesta se va stoca în Instalația de Stocare a CEC Buteni;
 - b. Fiecare membru al CEC Buteni în calitate de consumator final va consuma mai întâi energia produsă de Parcul PV, respectiv din excedentul partajat de ceilalți membri ai CEC Buteni, excedentul neconsumat de energie urmând a încălca Instalația de Stocare, ori să fie livrat în rețea;
2. Profitul rezultat din excedentul vândut în rețea va fi reinvestit în echipamentele CEC Buteni și destinat acoperirii costurilor de operare și administrare a CEC Buteni, respectiv distribuit membrilor comunității deținători de unități de producere.

Autorizare

Pentru funcționarea și operarea comunității de energie ca producător, furnizor și distribuitor de energie, potrivit cadrului legislativ actual, apreciem că CEC Buteni, ar trebui

să solicite licență pentru exploatarea comercială a capacităților de producere a energiei electrice ale comunității potrivit art. 10 alin. 2 lit. a) din Legea 123 cu drepturi complementare de distribuție și furnizare potrivit art. 10 alin. 2¹ din Legea 123, care permite ANRE să stabilească, pentru activitatea autorizată printr-o licență, drepturi complementare specifice altor tipuri de licențe dintre cele prevăzute la alin. (2) al art. 10.

CEC Buteni va putea acționa astfel, ca distribuitor de energie, operând sistemul de distribuție al CEC (micro-grid) și desfășurând activitățile de distribuție a energiei electrice pentru membrii CEC Buteni, atât în temeiul dreptului complementar de distribuție asociat licenței de producător, cât și (pentru situația în care nu s-ar solicita dreptul complementar de distribuție asociat licenței de producător) în temeiul art. 10 alin. 4² lit. e) din Legea 123, fără deținerea unei licențe de distribuție acordate de ANRE, în calitate de deținătoare a unor capacități de producere a energiei care desfășoară activitatea de distribuție, pentru alimentarea cu energie electrică a clienților finali racordați direct la instalațiile electrice aferente unităților de producere respective sau din rețelele electrice pe care deținătorii capacităților de producere le exploatează.

În temeiul licenței de producător emisă CEC Buteni, comunitatea va putea vinde surplusul de energie produsă de unitățile generatoare ale comunității și în afara comunității, respectiv pe piețele de energie

Apreciem că, neacordarea dreptului complementar de furnizare, odată cu emiterea licenței de exploatare comercială a capacităților de producere a CEC Buteni, și solicitarea CEC Buteni să obțină licență de furnizare de la ANRE, ar reprezenta, prin prisma procedurilor complicate, respectiv a cerințelor de autorizare (i.e. art. 24 alin. 3 din Ordinul ANRE nr. 12/2015, care solicită aplicanților pentru licența de furnizare să prezinte documente din care să rezulte că dispune de o sumă de bani cel puțin egală cu 25% din valoarea cifrei de afaceri estimată a se realiza în primele 12 luni de activitate ca furnizor de energie electrică, dar nu mai puțin de 100.000 euro), o îndepărtare a acestui proiect pilot de rațiunile implementării sale, respectiv de beneficiile preconizate pentru membrii săi, contravenind atât spiritului, cât și literei dispozițiilor Directivei 944, care pretinde ca, în vederea acordării autorizațiilor pentru capacități de producere, statele membre să stabilească criterii adecvate, care să ia în considerare "caracteristicile specifice solicitantului, cum ar fi **capacitățile tehnice, economice și financiare**" ale acestuia (art. 8 alin. 2 din Directiva 944). Proiectul pilot CEC Buteni, fiind un proiect de comunitate de energie unde membri sunt preponderent gospodării din mediul rural, obligarea acestei comunități să solicite o licență de furnizare pentru vânzarea surplusului de energie al comunității în rețea, ar reprezenta o cerință excesivă, respectiv o sarcină financiară și administrativă exagerată, constituind o piedică semnificativă în înființarea acestei comunități de energie.

Cu toate acestea, întrucât aplicabilitatea prevederilor legale ante-menționate, a fost practic extinsă prin analogie și comunităților de energie, fără ca acestea să fi fost expres menționate de dispozițiile legale citate, pentru evitarea unor disfuncționalități și dificultăți în implementarea proiectului pilot CEC Buteni, încă de la debutul acestuia, propunem o reglementare și o autorizare derogatorie, de excepție și simplificată, pentru acest proiect pilot,

pe modelul regulatory sandbox, fie în sensul de (i) a se elabora prin Ordin ANRE o procedură cu privire la aplicabilitatea dispozițiilor art. 10 din Legea 123 în mod expres pentru această comunitate de energie, ținându-se cont de toate aspectele tehnice particulare, fie (ii) elaborarea unei proceduri simplificate de emitere a unei decizii de confirmare similară cu deciziile de confirmare a sistemului de distribuție închis, prevăzute de art. 50 din Legea 123, completată cu drepturi complementare de producție și furnizare, potrivit art. 10 alin. 2¹ din Legea 123, în baza căreia CEC Buteni să poată:

- a. acționa ca producător și vânzător al energiei electrice, produsă de Parcul PV, atât membrilor CEC Buteni, cât și în afara acestora; respectiv să poată
- b. opera Sistemul de Distribuție al CEC (micro-grid) și Instalația de Stocare și să desfășoare activitățile de distribuție și partajare a energiei electrice pentru membrii CEC Buteni.

ANRE va înființa și va ține un registru al acestor decizii de confirmare ale comunităților de energie pilot și va monitoriza semestrial funcționarea acestora, în vederea elaborării unui cadru legal flexibil, inclusiv, echitabil și nediscriminatoriu pentru toate comunitățile de energie.

Cadru contractual

În vederea reglementării raporturilor juridice între membrii CEC Buteni, respectiv în vederea reglementării funcționării CEC Buteni, a partajării energiei în cadrul comunității, respectiv a asigurării necesarului de energie din rețeaua publică și a valorificării surplusului de energie a CEC Buteni, propunem elaborarea și semnarea următoarelor tipuri de contracte:

1. Contractul de asociere a consumatorilor rezidențiali și comerciali, respectiv a autorităților și instituțiilor publice din Comuna Buteni, respectiv a Primăriei și Consiliului Local Buteni în Asociația ”CEC Buteni”;
2. Contract de securizare a drepturilor reale asupra terenului necesar construirii parcului PV și a Instalației de Stocare;
3. Contracte de constituire a drepturilor reale / a servituților de trecere necesare pentru Sistemul de Distribuție al CEC Buteni – având în vedere că acesta se va întinde pe toată suprafața Comunei Buteni;
4. Regulament de ordine interioară al CEC Buteni (re. partajarea producției, descărcarea unităților de stocare, redirecționarea profitului din vânzarea excedentului de energie către CEC, etc);
5. Contract de administrare al CEC Buteni;
6. Contract de mentenanță a echipamentelor și instalațiilor CEC Buteni.

În concluzie, se poate observa că, pentru a se putea implementa cu succes proiectul pilot al CEC Buteni, pe lângă cadrul tehnic ce trebuie creat, consumatorii rezidențiali și comerciali, respectiv autoritățile publice din Comuna Buteni dispunând în acest moment doar de tehnologia minimă necesară pentru a deveni o comunitate de energie, și cadrul legal de reglementare actual al comunităților de energie, fiind lacunar și lipsit de dispoziții legale de implementare a diferitelor aspecte concrete specifice comunităților de energie, este necesar a

fi completat, fie prin acte normative adoptate de legiuitor și de ANRE pentru comunitățile de energie, fie prin adoptarea unui cadru juridic de excepție și temporar, exclusiv pentru acest proiect pilot, pe modelul regulatory sandbox.

În acest sens, apreciem deosebit de valoroasă experiența partenerilor din Norvegia în implementarea și reglementarea funcționării și înființării acestui proiect pilot, care vor putea contribui printr-un transfer de cunoștințe în ceea ce privește metodologiile operaționale și de reglementare, partajarea valorii energiei, designul piețelor locale, stimulentele financiare și măsurile de răspuns la cerere optime aplicabile comunităților de energie.

5. Concluzii

Dezvoltarea unei comunități de energie în satul Buteni reprezintă o oportunitate semnificativă pentru creșterea independenței energetice, reducerea costurilor la nivel local și optimizarea utilizării resurselor regenerabile. Prin organizarea consumatorilor în cadrul unei structuri colective, devine posibilă o gestionare mai eficientă a fluxurilor energetice, reducerea pierderilor și o mai bună integrare a surselor regenerabile. Comunitățile de energie permit consumatorilor să devină și producători (prosumatori), maximizând utilizarea locală a energiei generate și reducând dependența de rețelele centralizate. Într-un context național în care stabilitatea și sustenabilitatea sistemului energetic sunt esențiale, astfel de inițiative contribuie la descentralizarea producției și la echilibrarea cererii și ofertei, oferind un model replicabil pentru alte localități rurale.

Studiul realizat a inclus și o analiză teoretică în care s-a considerat că rețeaua electrică acționează ca un sistem de stocare cu capacitate infinită. Această ipoteză a permis o evaluare obiectivă a impactului nesincronizării dintre profilele de consum rezidențial și producția fotovoltaică. Prin această abordare s-a putut evidenția cât de multă energie verde rămâne neutilizată în lipsa unui sistem de gestionare optimă a fluxurilor energetice și cum poate fi îmbunătățită eficiența prin strategii de autoconsum și stocare.

Pentru evaluarea fezabilității formării unei comunități de energie în Buteni, au fost analizate trei scenarii practice, fiecare reprezentând un grad progresiv de integrare a energiei regenerabile și a capacităților de stocare. Aceste scenarii au permis cuantificarea impactului tehnic și economic al unei astfel de inițiative, precum și identificarea provocărilor care trebuie abordate pentru a asigura viabilitatea sistemului pe termen lung.

Primul scenariu a presupus o implementare minimă a infrastructurii fotovoltaice, cu o capacitate instalată de 400 kWp, care acoperă doar 20% din consumul anual al comunității. În acest caz, energia produsă local este utilizată aproape integral pentru autoconsum, însă nivelul redus al producției impune o dependență majoră de importurile de energie din rețea, care ajung la 80% din necesarul anual. Capacitatea de stocare implementată nu este utilizată în mod eficient, deoarece supraproducția de energie este minimă, iar sistemul nu poate beneficia de avantajele optimizării fluxurilor prin stocare. Această configurație demonstrează că, deși inițiativa poate avea un impact pozitiv asupra costurilor pentru un număr limitat de utilizatori, nu contribuie semnificativ la reducerea dependenței de rețea și la creșterea sustenabilității comunității.

Al doilea scenariu analizează efectele unei extinderi a infrastructurii fotovoltaice la 1.200 kWp, ceea ce determină o acoperire a 58% din consumul comunității. În această configurație, nivelul de autoconsum crește semnificativ, iar importurile de energie scad la 46% din totalul necesar. Implementarea unui sistem de stocare de 2.100 kWh devine eficient, permițând utilizarea a 22% din energia produsă în exces. Numărul de ore în care apare supraproducție crește considerabil, ceea ce indică necesitatea unei gestionări optimizate a fluxurilor energetice. În această variantă, comunitatea începe să funcționeze într-un mod mai sustenabil, având un echilibru mai bun între producție, consum și necesarul de importuri din rețea. Totuși, menținerea unui grad moderat de dependență de importurile externe evidențiază că este necesară o strategie suplimentară pentru reducerea pierderilor și maximizarea utilizării locale a energiei regenerabile.

Cel de-al treilea scenariu explorează o configurație cu o capacitate fotovoltaică instalată de 2.100 kWp, echivalentă cu consumul anual al comunității. Această abordare permite o reducere semnificativă a importurilor, care ajung la doar 33% din consum, însă introduce o nouă provocare majoră – surplusul de energie. Producția totală depășește cererea locală în multe perioade ale anului, generând un export de 33% din energia produsă, care nu poate fi absorbită în comunitate sau stocată eficient. Sistemul de stocare implementat, deși utilizat intens, nu reușește să echilibreze complet fluxurile energetice, ceea ce sugerează necesitatea unor măsuri complementare, fie prin extinderea capacității de stocare, fie prin strategii alternative de integrare a supraproducției, cum ar fi dezvoltarea unor parteneriate cu alte comunități sau implementarea unor mecanisme de management al cererii.

Analiza scenariilor prezentate arată clar că dimensionarea corectă a producției fotovoltaice și a capacității de stocare este esențială pentru succesul unei comunități de energie. O capacitate de producție prea mică nu aduce beneficii semnificative în reducerea dependenței de importuri, în timp ce o supradimensionare a infrastructurii fără soluții eficiente de stocare duce la exporturi considerabile. Cel mai echilibrat model identificat în cadrul studiului este cel în care consumul local este acoperit în proporție de aproximativ 50-60% din producția regenerabilă, iar stocarea este dimensionată astfel încât să maximizeze utilizarea energiei produse, reducând în același timp exporturile.

O componentă esențială a optimizării utilizării energiei verzi este implementarea unui sistem de management energetic (EMS), care să permită monitorizarea și controlul în timp real al producției, consumului și fluxurilor de energie. Acest sistem poate integra algoritmi avansați de gestionare a stocării, optimizând ciclurile de încărcare și descărcare ale bateriilor pentru a asigura o utilizare maximă a resurselor disponibile. De asemenea, implementarea unor strategii de **Demand Response**, prin care consumul este ajustat în funcție de disponibilitatea energiei produse local, poate contribui la o reducere suplimentară a importurilor și la creșterea eficienței comunității.

Rezultatele studiului indică faptul că satul Buteni are un potențial considerabil pentru formarea unei comunități de energie, însă succesul acestei inițiative depinde de adoptarea unei strategii optime de implementare. O abordare echilibrată, care combină producția locală cu sisteme eficiente de stocare și mecanisme inteligente de gestionare a consumului, poate asigura o reducere semnificativă a dependenței de rețeaua națională și o creștere a sustenabilității locale.

Pentru o implementare eficientă, este recomandată o analiză economică detaliată care să includă costurile de investiție, întreținere și operare, astfel încât soluțiile adoptate să fie viabile pe termen lung. De asemenea, este important ca inițiativa să beneficieze de sprijinul autorităților locale și al comunității, asigurând o integrare optimă în contextul reglementărilor naționale și al pieței energetice. Printr-o astfel de abordare, satul Buteni poate deveni un model de succes pentru alte comunități rurale care doresc să își maximizeze autonomia energetică și să adopte soluții sustenabile pentru viitor.

Pe lângă avantajele economice și energetice, formarea unei comunități de energie în satul Buteni poate aduce beneficii sociale semnificative. Crearea unui sistem energetic local și sustenabil poate stimula coeziunea comunității, încurajând colaborarea între locuitori pentru gestionarea eficientă a resurselor. Prin reducerea dependenței de sursele externe de energie, comunitatea își consolidează autonomia și devine mai rezilientă la fluctuațiile prețurilor de pe piața energetică. În plus, astfel de inițiative pot atrage noi oportunități economice, inclusiv dezvoltarea unor mici afaceri locale bazate pe energia verde sau crearea unor locuri de muncă în domeniul mentenanței și operării infrastructurii energetice. Totodată, accesul la energie mai ieftină și mai stabilă va contribui la îmbunătățirea calității vieții, facilitând utilizarea echipamentelor moderne, creșterea confortului locativ și sprijinirea serviciilor publice, cum ar fi iluminatul stradal sau infrastructura educațională.

Un element esențial pentru eficiența unei comunități de energie este conștientizarea locuitorilor cu privire la importanța consumului responsabil și adaptat la disponibilitatea resurselor locale. Prin campanii de educare și informare, membrii comunității pot fi încurajați să își adapteze obiceiurile de consum pentru a valorifica surplusul energetic în mod inteligent. De exemplu, utilizarea unor electrocasnice mari (mașini de spălat, uscătoare, boilere electrice) sau încărcarea vehiculelor electrice trebuie să fie programată în intervalele cu producție fotovoltaică ridicată. În plus, implementarea unor sisteme automate de gestionare a consumului va contribui la direcționarea energiei excedentare către activități utile, reducând astfel cantitatea de electricitate exportată în rețea și maximizând beneficiile locale. Astfel, educația energetică devine un pilon fundamental în succesul unei comunități de energie, asigurând o integrare optimă a resurselor regenerabile și o mai bună sincronizare între producție și consum.

O comunitate energetică nu poate funcționa eficient fără implementarea Virtual Net Metering (VNM), deoarece acest mecanism este esențial pentru distribuirea echitabilă și transparentă a energiei produse în interiorul comunității.

Implementarea VNM poate fi realizată și gestionată atât de comunitatea energetică, cât și de operatorul de distribuție, dar decizia optimă depinde de mai mulți factori:

1. Dacă implementarea s-ar face de către comunitatea:

Avantaje:

- Comunitatea își gestionează direct energia disponibilă;
- Poate aplica soluții de natură socială;
- Poate adapta sistemul VNM în funcție de nevoile și prioritățile membrilor.

Dezavantaje:

- Dificultăți de decontare financiară cu operatorul de distribuție/furnizorii de energie;

- Necesitatea personalului de exploatare pentru gestionarea și întreținerea sistemului;
 - Existența barierelor legislative.
2. Dacă implementarea s-ar face de către operatorul de distribuție:
- Avantaje:
- Dispune de expertiză tehnică necesară pentru gestionarea și întreținerea sistemului;
 - Integrare mai ușoară peste sistemul de măsură existent;
 - Implementare mai facilă a sistemului de decontare financiară între membrii comunității și operatorul de distribuție/furnizorii de energie.
- Dezavantaje:
- Comunitatea poate avea o influență redusă asupra modului în care este gestionat sistemul;
 - Operatorul de distribuție poate introduce tarife suplimentare pentru gestionarea VNM;
 - Existența barierelor legislative.

Datorită infrastructurii locale existente complexe și a riscurilor tehnice mari, considerăm faptul că VNM implementat de operatorul de distribuție poate fi soluția mai sigură în România, mai ales dacă se creează un cadru legislativ clar, care asigură echitate între părțile implicate.