

PROSUMATORUL, DE LA CONSUMATOR PASIV LA UTILIZATOR ACTIV AL SISTEMULUI ENERGETIC



Andrei CECLAN
Levente CZUMBIL

Mihaela CREȚU
Dan Doru MICU

U.T.PRESS
Cluj-Napoca, 2026
ISBN 978-606-737-848-1

**Andrei CECLAN
Levente CZUMBIL**

**Mihaela CREȚU
Dan MICU**

PROSUMATORUL, de la consumator pasiv la utilizator activ al sistemului energetic



**U.T. PRESS
Cluj-Napoca, 2026
ISBN 978-606-737-848-1**



Editura U.T.PRESS
Str. Observatorului nr. 34
400775 Cluj-Napoca
Tel.: 0264-401.999
e-mail: utpress@biblio.utcluj.ro
www.utcluj.ro/editura

Recenzia: Gabriel AVĂCĂRIȚEI, Editor șef – Energynomics
Dr.ing. Valeriu BINIG, Expert în domeniul energetic
Prof.dr. ing. Mihai CECLAN - Universitatea Politehnica București
Dr.ing. Ioan MANEA, Expert în domeniul energetic
Dr.ing. Mihail-Cristian MILER, Expert în domeniul energetic
Dr.ing. Corneliu ROTARU, Expert în domeniul energetic
Ing. Dipl. în Mgm., PMP Doina VORNICU, Expert în domeniul energetic

Pregătire format electronic on-line: Gabriela Groza

Copyright © 2026 Editura U.T.PRESS
Reproducerea integrală sau parțială a textului sau ilustrațiilor din această carte este posibilă numai cu acordul prealabil scris al editurii U.T.PRESS.

ISBN 978-606-737-848-1

CUPRINS

Mulțumiri	7
Prefață	8
Un punct de vedere.....	15
Recenzie științifică.....	17
Recenzie aplicativă	19
Introducere.....	23
1. Prosumatorul rezidențial	24
1.1. Impactul și beneficiile prosumatorului rezidențial.....	24
1.2. Independența energetică între mit și mesaj de marketing	27
1.3. Efecte în rețeaua de distribuție.....	28
1.4. Prosumatorul vulnerabil	30
1.5. Contorizarea inteligentă și oportunități neexploatate	32
1.6. De la consumatorul pasiv la utilizatorul activ al SEN	37
1.7. Securitatea cibernetică	41
1.8. Autonomia în funcționare.....	43
1.9. Electrificarea consumului	44
1.10. Capacitatea de stocare a energiei.....	46
1.11. Mentenanța și durabilitatea sistemelor fotovoltaice.....	53
1.12. Incrementul de cost fotovoltaic în construcțiile NZEB.....	54
1.13. Fotovoltaicele la bloc.....	55
1.14. Comunitățile de energie	59
2. Prosumatorul public.....	68
2.1. Impactul și beneficiile prosumatorului public	69
2.2. Independența energetică între mit și realitatea funcționării.....	71
2.3. Contorizarea inteligentă și oportunități neexploatate	73
2.4. De la consumatorul pasiv la utilizatorul activ al sistemului energetic.....	76
2.5. Securitatea cibernetică.....	80
2.6. Autonomia în funcționare.....	81
2.7. Electrificarea, cu un pas înaintea sectorului rezidențial.....	84
2.8. Capacitatea de stocare a energiei.....	85
2.9. Mentenanța și durabilitatea sistemelor fotovoltaice	89

2.10. Comunități publice de energie.....	90
3. Prosumatorul operator economic.....	92
3.1. Impactul și beneficiile prosumatorului operator economic	92
3.2. Independența energetică între mit și realitatea funcționării.....	94
3.3. Contorizarea inteligentă și oportunități neexploatate	95
3.4. De la consumatorul pasiv la utilizatorul activ al sistemului energetic.....	98
3.5. Securitatea cibernetică	101
3.6. Autonomia în funcționare.....	103
3.7. Electrificarea consumului	104
3.8. Capacitatea de stocare a energiei.....	105
3.9. Mentenanța și durabilitatea sistemelor fotovoltaice	108
3.10. Comunitățile de energie, pentru competitivitate economică	109
4. Operatori rețele de distribuție a energiei electrice.....	109
5. Impact în Sistemul Energetic Național.....	113
6. O perspectivă asupra declanșării unui blackout	122
7. Piața și furnizori tradiționali de energie	126
8. Agregatori și furnizori de flexibilitate	127
9. Instalatori de fotovoltaice	129
10. Dezvoltatori imobiliari	131
11. Finanțare prosumatori și centrale fotovoltaice	132
12. Reciclarea sistemelor fotovoltaice	134
13. Noile generații de specialiști care construiesc SEN.....	135
14. Prezent contrafactual și viitoruri posibile	136
15. Reflecții și concluzii. Ce facem de mâine?.....	140
Postfață – perspective și sumarizare.....	145
Postfață – prosumatorul în arhitectura viitorului SEN	151
Referințe bibliografice	156
Abrevieri	161
Lista figurilor.....	162

Mulțumiri

Aducem de la bun început mulțumiri doamnelor Laura Neacșu, Teodora Vasâlca-Cimpoi, Doina Vornicu și domnilor Gabriel Avăcăriței, Valeriu Alexandru Binig, Mihail Ceclan, Ioan Manea, Mihail -Cristian Miler, Corneliu Rotaru, Radu Bindiu și ne exprimăm recunoștința față de toți, fiind colaboratori seniori și profesioniști remarcabili care au avut amabilitatea de a parcurge atent materialul acestei cărți, iar apoi ne-au oferit critici, sugestii utile și constructive, dar și aprecieri și recenzii valoroase care în sine adaugă substanță cărții în prefața și postfața ei.

Prefață

de **Gabriel Avăcăriței**, editor șef – Energynomics

Prosumatorul, de la consumator pasiv la utilizator activ al sistemului energetic, volumul semnat de Andrei Ceclan, Mihaela Crețu, Levente Czumbil și Dan Micu, este o lucrare excelentă de popularizare a unor teme cruciale în tranziția energetică, adesea dificil de explicat.

Cartea prezintă situația actuală a sistemului energetic din România într-o arhitectură conceptuală în care prosumatorul ocupă poziția centrală. Nu ca destinație, însă, ci ca etapă intermediară către utilizatorul activ al sistemului energetic, capabil să înțeleagă și, tot mai mult, să controleze felul în care produce, consumă, stochează sau livrează energie în sistem.

Această schimbare de perspectivă reprezintă una dintre marile calități ale volumului. În discursul public, prosumatorul este prezentat frecvent fie ca salvator, fie ca sursă de dezechilibru, întotdeauna însă ca o figură definitivă a tranziției energetice: consumatorul care și-a instalat panouri fotovoltaice, produce energie și își reduce factura. Autorii arată convingător că instalarea unei surse proprii este doar începutul unei transformări mult mai profunde.

Prosumatorul rămâne conectat la rețea, dependent de funcționarea ei și influențat de regulile pieței, de capacitatea de stocare, de profilul propriu de consum, de semnalele de preț și de limitele infrastructurii locale. Beneficiile individuale nu pot fi separate de starea întregului sistem energetic. Independența, atât de frecvent invocată în mesaje comerciale și politice, este înlocuită de o realitate mai puțin spectaculoasă, dar mult mai utilă: interdependența.

Autorii cunosc în profunzime și exprimă limpede rolurile specifice pe care fiecare parte implicată le-a jucat, le exercită astăzi și le poate avea într-un viitor apropiat. Prosumatorii, operatorii de rețea, furnizorii, agregatorii, instalatorii, administrațiile publice, dezvoltatorii imobiliari, finanțatorii și producătorii de tehnologie apar nu ca personaje izolate, ci ca părți ale aceluiași mecanism.

Volumul este scris cu pasiune și, în general, cu echilibru, deși tușele polemice nu lipsesc. Nici nu ar fi fost firesc să lipsească într-o carte care vorbește despre întârzieri de reglementare, investiții insuficient pregătite, oportunități ratate, infrastructuri vulnerabile și programe publice care au finanțat instalarea tehnologiei fără să pregătească întotdeauna utilizarea ei inteligentă.

Critica îi atinge, discret, pe actorii tradiționali ai sistemului pentru care menținerea fluxurilor și modelelor de afaceri existente poate părea mai confortabilă decât adaptarea la un sistem energetic distribuit și mai activ. Nu sunt menajați însă nici prosumatorii care, după instalarea panourilor, rămân consumatori pasivi, preocupați mai ales de factură și compensare, fără să își adapteze consumul, să folosească datele disponibile sau să își asume responsabilitatea noii poziții în sistem. Nici instalatorii nu sunt menajați atunci când vând iluzia independenței energetice, informează insuficient beneficiarii, promit garanții greu de susținut ori încurajează improvizații și intervenții nepermise în locul unor soluții tehnice durabile.

14 capitole ca hartă mentală

Structura însăși contribuie la educarea cititorului, prin ordonarea informațiilor în capitole dedicate unor noduri cruciale, actori-cheie sau perspective imposibil de ignorat. Anvergura perspectivei este impresionantă, cifrele sunt provocatoare și, de cele mai multe ori, convingătoare, inclusiv atunci când au caracter de estimare sau extrapolare. Pasiunea autorilor este molipsitoare.

O editare mai atentă ar fi putut elimina unele repetiții, discontinuități, inconsecvențe terminologice și treceri bruște între registrul tehnic, cel polemic și cel juridic. Miza, ideile și experiența autorilor sunt însă suficient de puternice încât să treacă dincolo de asemenea imperfecțiuni.

Primele trei capitole sunt dedicate celor trei categorii principale de prosumatori: rezidențial, public și operator economic. Structura paralelă permite cititorului să observe atât asemănările, cât și diferențele dintre ele. Fiecare categorie produce, consumă și livrează energie în rețea, dar o face după profiluri distincte, cu nevoi, resurse și oportunități ușor diferite.

Prosumatorul rezidențial este analizat prin raportare la consumul gospodăriei, autoconsum, stocare, electrificarea încălzirii și mobilității, mentenanță și vulnerabilitatea față de supratensiuni sau întreruperi.

Prosumatorul public este privit prin prisma clădirilor administrației, școlilor, spitalelor și patrimoniului public, unde producția fotovoltaică poate deveni punctul de plecare al unui management energetic integrat. Operatorul economic introduce în ecuație competitivitatea, predictibilitatea costurilor și legătura dintre energie, producție și modele de afaceri.

Repetarea aceleiași structuri, de mai multe ori în aceleași formulări, poate părea, în anumite locuri, supărătoare. Ea are însă o funcție pedagogică evidentă. Cititorul generalist înțelege că aceleași teme, independența energetică, contorizarea, stocarea, securitatea cibernetică, autonomia sau electrificarea, capătă semnificații diferite în funcție de tipul utilizatorului.

Sunt analizați apoi operatorii de rețea, furnizorii, agregatorii, instalatorii, dezvoltatorii imobiliari și organisme de finanțare. Sistemul electroenergetic este tratat distinct, alături de teme precum securitatea cibernetică, reciclarea echipamentelor, riscul de *blackout* și pregătirea noilor generații de specialiști. Unele dintre aceste secțiuni sunt mai scurte și, pe alocuri, încărcate de observații circumstanțiale. Recomandările sunt însă mereu construite din experiența de teren, contactul direct cu proiectele și instituțiile, studiile tehnice realizate și practica pedagogică.

Chiar și atunci când tonul devine tranșant, cititorul simte că autorii nu privesc sistemul energetic de la distanță, ci din interior, influențați de evoluțiile acestuia dar și cu influență asupra celor care parcurgând cartea vor influența sistemul energetic.

Energie pentru toți

Cartea are meritul de a face inteligibile teme foarte tehnice, fără să le simplifice excesiv, și de a arăta ce înseamnă ele în practică.

Ce înseamnă, în realitate, independența energetică pentru cineva care are panouri fotovoltaice, dar nu le poate folosi atunci când cade rețeaua? Ce se întâmplă atunci când prea mulți prosumatori injectează energie în același timp într-o rețea locală care nu a fost proiectată pentru asemenea fluxuri? Cât valorează energia produsă dacă nu poate fi consumată, stocată sau livrată eficient? Cine controlează miile de invertoare conectate la internet? Ce responsabilități apar odată cu producția proprie?

Volumul explică de ce cel mai valoros kilowatt-oră este, de multe ori, cel consumat direct și de ce stocarea nu trebuie privită doar ca o baterie asociată panourilor, ci ca instrument de flexibilitate. Energia poate fi stocată electric, dar și termic, în apa caldă, în anvelopa clădirii, precum și în activități casnice sau procese tehnologice care pot fi mutate în orele de producție solară.

De aici pornește una dintre ideile cu cel mai mare potențial pentru politicile publice: prosumatorii pot deveni vectori ai electrificării. Electricitatea regenerabilă poate cupla sectoare până acum tratate separat și poate fi convertită în mobilitate, căldură pentru clădiri și sisteme centralizate, hidrogen, produse chimice, procesarea datelor sau energie utilizată în producția de alimente. Conceptele *Power to Mobility*, *Power to District Heating*, *Power to Hydrogen*, *Power to Chemicals*, *Power to Data* și *Power to Food* descriu, dincolo de acronime, mai multe căi prin care excedentul de energie poate fi valorificat în economie. Miza nu este doar creșterea consumului de electricitate, ci mutarea lui în momentele în care energia este disponibilă, ieftină și produsă cu emisii reduse.

Panourile fotovoltaice stimulează utilizarea pompelor de căldură, a vehiculelor electrice, a echipamentelor electrice și a sistemelor de management energetic. În industrie, aceeași logică poate însemna prese electrice în locul celor cu abur, pompe de căldură care valorifică energia reziduală, cuptoare și uscătoare electrice, generatoare electrice de abur sau electrificarea manipulării mărfurilor. Tranziția nu mai este descrisă doar prin marile centrale și investițiile industriale, ci și printr-o schimbare produsă la firul ierbii, consumator cu consumator, clădire cu clădire și comunitate cu comunitate.

Cartea invocă în mod repetat comunitățile de energie, una dintre cele mai promițătoare, dar și cele mai întârziate construcții ale tranziției energetice din România. Producția, consumul și stocarea nu mai sunt optimizate doar la nivelul unei gospodării sau al unei clădiri, ci la nivelul unui grup de utilizatori care pot împărți beneficiile și responsabilitățile.

Aici se află și trecerea de la soluția individuală la cea colectivă. O școală poate produce energie în perioadele în care consumă puțin. O clădire administrativă poate avea un alt profil de sarcină. Un consumator vulnerabil poate avea nevoie de sprijin. O comunitate de energie poate crea legătura dintre ele, dacă legislația, contorizarea și piața permit acest lucru.

Public țintă și miză asumată

Este completă cartea? Nu, după cum niciun volum individual nu poate fi.

Lipsesc considerații despre proiectele *utility-scale* și despre marii investitori și deținători de active de generare. Rețelele de transport și distribuție a gazelor naturale primesc puțină atenție, în contextul electrificării. Infrastructura de alimentare cu carburanți și rețelele de încărcare a vehiculelor electrice, deși relevante pentru prezentul și viitorul sistemului energetic, rămân în afara cadrului principal.

Absența lor nu reduce însă forța argumentației, pentru că volumul și-a ales deliberat un punct central de observație: prosumatorul. Toate celelalte teme sunt urmărite în măsura în care se intersectează cu apariția, funcționarea și evoluția acestuia. Ar fi nedrept să judecăm cartea după ceea ce nu face, de vreme ce și-a propus altceva, și nu după ceea ce face cu brio, în linie cu propria miză.

Cartea nu se propune drept o enciclopedie a sistemului energetic și nici o monografie academică. Este un volum de popularizare, în sensul cel mai bun al termenului: ordonează teme complexe, explică mecanisme, introduce concepte clarificatoare, pune întrebări și îi ajută pe cititori să înțeleagă consecințele unor decizii tehnice sau administrative.

Publicul natural al cărții este mai larg decât ar putea sugera titlul. Prosumatorii actuali și viitori vor înțelege mai bine tehnologia pe care o dețin. Primarii și administratorii de patrimoniu public vor descoperi că instalarea panourilor nu este suficientă fără monitorizare, mentenanță și management energetic. Parlamentarii, reglementatorii și funcționarii publici vor găsi teme care solicită intervenții rapide și bine ținute. Operatorii de rețea și furnizorii vor regăsi atât oportunități, cât și tensiuni care nu mai pot fi ignorate.

Cartea prezintă scenarii posibile, inclusiv câteva distopice sau catastrofice. Riscul unor atacuri cibernetice asupra echipamentelor conectate la internet, oprirea simultană a unui număr mare de invertoare, instabilitatea rețelei sau dificultatea funcționării în regim insularizat sunt expuse uneori în tușe puternice. De fiecare dată, accentul cade pe acțiunile concrete la dispoziție pentru fiecare dintre noi, indivizi, companii și instituții.

Prosumatorul nu trebuie încurajat să se considere separat de sistem. El trebuie ajutat să devină o parte mai inteligentă și mai responsabilă a acestuia. **Rețeaua nu este adversarul prosumatorului, iar prosumatorul nu este o problemă care trebuie limitată.** Relația dintre ei trebuie proiectată și administrată astfel încât beneficiile producerii distribuite să fie folosite fără a transfera costuri și riscuri asupra celorlalți utilizatori.

Capitolul final reia sintetic marile idei și le așază în conturul unei emoții pozitive, deopotrivă gravă și tonică. Tranziția energetică nu va fi simplă, iar tehnologia nu poate rezolva singură toate problemele sistemului energetic. Nici destinația nu este dinainte stabilită, ca succes sau dezastru.

Volumul ne arată însă că există soluții și că, prin deciziile noastre, fiecare dintre noi poate contribui la un sistem energetic solid și eficient, caracterizat prin solidaritate, nu printr-o iluzorie independență anarhică. Parafrazându-l pe Nietzsche, o carte bună este o carte care ne face fertili: produce idei, întrebări și inițiative noi.

În spatele acestei constatări se află și ideea că o carte este atât de bună pe cât de buni sunt cititorii ei. Cartea poate ordona informația, poate explica și poate provoca. De la cititori trebuie să vină însă întrebările suplimentare, deciziile, proiectele și schimbările de comportament.

Prosumatorul este o asemenea carte. Nu doar descrie o transformare în curs, ci creează premisele pentru a o înțelege și pentru a participa mai inteligent la ea.

Vă invit să o citiți și, ajunși la ultima pagină, să răspundeți la întrebarea: am citit o carte cu impact? Eu răspund pentru mine: Da!

Un punct de vedere

de Dr. Ing. **Corneliu Rotaru**, expert în domeniul energetic

Lucrarea cu acest titlu este rezultatul activității unui colectiv de cadre didactice din cadrul Universității Tehnice din Cluj-Napoca, specialiști care au depășit de mult timp sfera unei abordări exclusiv didactice. Autorii dețin o experiență practică remarcabilă în proiectarea, finanțarea, realizarea și testarea instalațiilor energetice bazate pe surse regenerabile, precum și o recunoaștere internațională dobândită prin participarea în mai multe consorții câștigătoare în cadrul unor programe europene.

Traversăm o perioadă în care energia din surse regenerabile și tranziția verde au depășit stadiul entuziasmului și al acceptării necondiționate, ca soluții universal valabile pentru producerea și consumul energiei. Din păcate, această perspectivă a umbrit sau a plasat în plan secund o direcție de importanță fundamentală: îmbunătățirea eficienței energetice.

Mai mult, ne aflăm într-un moment în care utilizarea energiei din surse regenerabile impune o abordare mult mai matură, care presupune soluționarea unor probleme tehnice, economice și de strategie energetică. Neglijarea acestora generează deja perturbări majore.

În acest context rezidă meritul cărții, care se constituie într-o primă și meritorie abordare a unor aspecte insuficient analizate referitoare la prosumatorii casnici și industriali, precum și la unitățile administrativ-teritoriale.

Neglijarea acestor aspecte, în contextul dezvoltării accelerate a producției de energie solară, poate conduce la fenomene nedorite, precum recenta pană majoră de electricitate din Spania.

Abundența fondurilor nerambursabile, dincolo de efectul său stimulat, a favorizat și continuă să favorizeze, în anumite situații, o asumare redusă a responsabilității.

Cartea nu reprezintă o simplă abordare teoretică, ci o analiză cu rezultate surprinzătoare, fundamentată pe experiența autorilor dobândită în proiecte-pilot cu caracter demonstrativ.

Dintre concluziile care rețin în mod deosebit atenția pot fi menționate:

- «Producerea distribuită transformă consumatorul pasiv în prosumator și schimbă nu doar modul în care producem și consumăm energia, ci și relația noastră cu rețeaua, piața și întregul sistem energetic.»
- «Cel mai valoros kWh fotovoltaic este cel consumat direct. Autoconsumul reduce integral costul energiei din rețea, în timp ce excedentul injectat este valorificat diferit și nu reprezintă o stocare fizică a energiei pentru mai târziu.»
- «Un sistem fotovoltaic nu înseamnă automat independență energetică.»
- «Stocarea, flexibilizarea consumului și reglajul rețelei sunt soluții mai sănătoase decât limitarea producerii.»

De asemenea, rețin atenția o serie de concepte relevante:

- *prosumator vulnerabil;*
- *consumator activ.*

Totodată, lucrarea formulează opinii de importanță strategică, precum: «Securitatea cibernetică a controlului... devine, prin agregarea puterii instalate, o problemă de securitate a întregului sistem energetic».

Nu în ultimul rând, cartea propune o serie de soluții, între care se remarcă:

- stocarea energiei în rezervoare-tampon de apă caldă, soluție susținută pe deplin de experiența daneză în domeniul stocării de lungă durată;
- aplicarea unui management energetic specific sistemelor fotovoltaice, cu efecte majore în industrie și la nivelul autorităților locale, precum și pentru prosumatorii casnici agregați în comunități energetice.

Maturitatea abordării este reflectată și de includerea unor capitole precum „*Mentenanța și durabilitatea sistemelor fotovoltaice*” și „*Dezafectarea și gestiunea deșeurilor din parcurile fotovoltaice*”.

Deși tratează problematici deosebit de complexe, cartea rămâne accesibilă unui public larg. Acest aspect este cu atât mai important cu cât decizia unui număr mare de prosumatori de a instala sisteme fotovoltaice s-a bazat, în mare măsură, pe informații incomplete.

Recenzie științifică

de Prof. dr. ing. **Mihail Ceclan**, Universitatea Politehnica București

Lucrarea ***PROSUMATORUL, de la consumator pasiv la utilizator activ al sistemului energetic***, semnată de un colectiv de autori din Cluj-Napoca - Andrei Ceclan, Mihaela Crețu, Levente Czumbil și Dan Micu -, vine să umple un gol informațional în literatura de specialitate și de popularizare tehnică din România.

Golul respectiv se referă la tranziția energetică, care nu mai este doar un subiect de dezbatere academică sau un obiectiv politic îndepărtat, ci o realitate cotidiană care reconfigurează raportul dintre cetățean și sistemul energetic național.

Cartea analizează în profunzime fenomenul „prosumatorului” (combinația dintre *producător* și *consumator de energie electrică*), urmărind transformarea radicală a utilizatorului casnic sau industrial: de la simplu plătitor de facturi la un actor dinamic, capabil să producă, să stocheze și să injecteze energie verde în rețea.

Temele principale ale lucrării

- Evoluția conceptului de prosumator: contextul legislativ, economic și tehnologic care a favorizat explozia sistemelor fotovoltaice și a altor surse regenerabile la nivel local.
- Aspectele tehnice ale integrării: evaluarea provocărilor legate de stabilitatea rețelei, stocarea energiei (baterii) și digitalizarea (smart metering, smart grids).
- Dimensiunea economică și eficiența energetică: cum se dimensionează corect un sistem, care este perioada de recuperare a investiției și ce înseamnă managementul activ al consumului.
- Comunitățile de energie: trecerea de la individ la colectivitate și modul în care descentralizarea poate consolida securitatea energetică urbană și rurală.

Profilul practic al lucrării

- Rigoare științifică și accesibilitate: autorii reușesc să păstreze un echilibru fin între acuratețea tehnică (specifică mediului universitar) și un limbaj clar, deprins din practică, ușor de înțeles de către un public larg.
- Ancorare în realitatea actuală (2026): fiind o apariție recentă, cartea reflectă cele mai noi norme legislative, provocări legate de echilibrarea rețelelor și tehnologii de stocare de ultimă generație.
- Abordare multidisciplinară: subiectul nu este tratat doar sub aspect ingineresc, ci și din perspectivă economică, socială și de sustenabilitate.

Concluzie

PROSUMATORUL, de la consumator pasiv la utilizator activ al sistemului energetic este un instrument de referință util deopotrivă pentru ingineri, economiști, decidenți politici, dar mai ales pentru cetățenii care doresc să înțeleagă noua paradigmă energetică și să devină independenți și responsabili din punct de vedere energetic.

Lucrarea reprezintă o contribuție valoroasă la cultura sustenabilității din România.

Vă invit să citiți cartea și să descoperiți și Dumneavoastră fenomenul „prosumatorului” în integralitate.

Recenzie aplicativă

de Dr. Ing. **Ioan Manea**

Ca în orice domeniu, și echipamentele "la modă" ajung să fie supraestimate, subestimate, idealizate sau demonizate.

De aceea, o lucrare științifică, a unor specialiști de marcă, aduce la cunoștința și în conștiința publicului larg realitatea obiectivă, abordarea eficientă și așteptările realiste.

Astfel, lucrarea *PROSUMATORUL de la consumator pasiv la utilizator activ al sistemului energetic* este un demers actual, relevant și necesar, în contextul amplerii, interesului general și al legendelor urbane create în jurul subiectului.

În cele ce urmează, voi evidenția o parte dintre contribuțiile cele mai importante ale acestui studiu.

Cartea debutează cu o prezentare documentată, corectă și detaliată a statutului de *prosumator rezidențial* (auto-producător – producător – consumator de energie electrică), a cărui funcționare este condiționată de existența "rețelei".

Pe lângă rolul esențial de stabilitate pentru tensiunea și frecvența sistemului, lucrarea evidențiază și rolul crucial al rețelei pentru existența statutului de prosumator – integrator al surplusului și al deficitului de energie, pe care prosumatorul le înregistrează continuu.

În acest context, prin creșterea accelerată a numărului de prosumatori și a energiei pe care aceștia o transferă spre și dinspre rețea (în cantități mari și foarte mari), prosumatorului (ca parte din sistem) trebuie să îi revină și obligații privitoare la stabilitate, dintre care pe primul loc se află echilibrarea continuă a balanței energetice proprii «producere – consum – stocare – livrare», corelată cu starea sistemului energetic.

Totodată, este demontat mitul "independenței energetice", și definit statutul real de asigurare a unui grad de "autonomie energetică", în același timp cu existența "prosumatorului vulnerabil".

Următorul contur energetic pe care îl analizează lucrarea este cel al operatorului de distribuție, pentru care este analizat impactul puterii cumulate a prosumatorilor, la variația nivelului de tensiune la utilizatori, și chiar la necesitatea redimensionării în putere a rețelei de distribuție.

O altă perspectivă este aceea a integrării digitale, care oferă posibilitatea managementului energetic propriu pentru fiecare prosumator, cu precădere în contextul electrificării și al prețurilor diferențiate orar (care se apropie vertiginos), precum și măsurile de creștere a securității cibernetice.

Totodată, sunt aduse în atenție evoluțiile către statutul de "utilizator activ al sistemului energetic", de "comunități de energie", precum și importanța creșterii capacității de stocare, cu impact extrem de favorabil atât pentru fiecare prosumator, cât și pentru operatorul de distribuție.

Al doilea capitol analizează *prosumatorul public* din aceeași perspectivă cu a prosumatorului rezidențial (din primul capitol), menționând particularitățile legate de legislație, putere instalată și de integrare a mai multor utilizatori publici.

Prosumatorul operator economic este analizat în următorul capitol al lucrării din aceleași puncte de vedere cu celelalte categorii de prosumatori, fiind subliniate diferențele de abordare cauzate de faptul că puterea instalată este de regulă armonizată cu consumul diurn de energie electrică, apoi că în zilele nelucrătoare consumul este scăzut pe toată perioada, iar în final faptul că stocarea este folosită rar, fiind de multe ori ineficientă economic.

Următoarele două capitole extind conturul energetic de la prosumatori, la *operatorul de distribuție* și *operatorul de rețea*, cu analizarea evoluției consumului și surselor de producere, cât și a perspectivelor văzute prin prisma câtorva scenarii posibile și probabile.

Astfel, sunt evidențiate tendințele de creștere a producției eoliene și accentuat a producției fotovoltaice, precum și scăderea producției pe cărbune și hidrocarburi.

Implicațiile sunt considerabil mai mari decât la nivelul prosumatorului, fiind evidențiate acțiunile pe care operatorii și autoritățile sunt chemați să le implementeze. Sunt absolut necesare forme de stocare și/sau consum a energiei excedentare din timpul zilei, astfel că, alături de varianta electrochimică (bateriile de acumulare), să se dezvolte producerea de hidrogen, stocarea sub formă de căldură (mai ales iarna, pentru încălzirea centralizată), precum și modificarea profilului de consum (mutarea masivă a consumurilor din perioadele cu deficit, în perioadele cu excedent).

Scenariile pentru anul țintă 2030 sunt edificatoare, reliefând nevoia stringentă de aplicare a acțiunilor menționate, cât și de identificare de noi soluții.

În Capitolul 6 este analizată perspectiva unui blackout, atât pentru faptul că deja se produc, cât și pentru că premisele unor noi incidente se agravează în fiecare zi, cu fiecare nou panou fotovoltaic instalat.

Capitolul are meritul de a prezenta atât mecanismele de producere a unui blackout, cât și soluțiile de reducere a riscurilor de producere.

Următoarele cinci capitole dezvoltă impactul produs și cel de perspectivă, pentru actorii de pe piață:

- modul în care *Piața și furnizori tradiționali de energie* sunt deja afectați de creșterea devenită semnificativă a numărului și a puterii instalate la prosumatori;
- apariția unor noi activități – *Agregatori și furnizori de flexibilitate* – a căror activitate nu este numai "o afacere", ci o necesitate pentru stabilitatea sistemelor energetice, fiind cei care armonizează deficitul și excedentul participanților, și care folosesc în avantajul comun diferențele de preț existente (pe intervale de timp) în piața de energie;
- iar ultimele analizează evoluția participanților la proiecte (*Instalatorii de fotovoltaice și Dezvoltatorii imobiliari*, alături de formele de *Finanțare prosumatori și centrale fotovoltaice*) în contextul finanțărilor nerambursabile și al investițiilor din fonduri proprii, pe un domeniu care deja suscită interes, cel puțin financiar.

Pe de o parte sunt prezentați pașii făcuți până în prezent – câteodată haotic, alteori consecvent – iar pe de altă parte sunt perspectivele, cu oportunitățile și amenințările inerente.

Capitolul 12 tratează un context care ar putea deveni o problemă în viitorul chiar apropiat – *Reciclarea sistemelor fotovoltaice* – prin prisma cantităților uriașe care vor veni la reciclare.

Autorii estimează impactul efortului de reciclare a materialelor panourilor fotovoltaice și menționează concluziile rezultate din programele de cercetare-inovare în care au evaluat subiectul reciclării.

În penultimele două capitole sunt abordate subiecte de strategie și viziune – *Noile generații de specialiști care construiesc SEN*, urmat de *Prezent contrafactual și viitoruri posibile*.

Dacă pregătirea specialiștilor este de interes sporit pentru mediul academic, vizând modul în care va răspunde nevoilor strategice naționale, atât această pepinieră de specialiști, cât și viitorul energetic prefigurat în baza prezentului "concret" sunt în cel mai înalt grad importante pentru decidenții politici, care își pot stabili strategiile bazându-se pe aceste informații corecte, argumentate științific.

În încheiere, capitolul de *Concluzii și reflecții* este un corolar al cărții, adresat tuturor celor interesați.

Voi încheia prezentul rezumat, citând cu deosebită apreciere pentru întreaga lucrare, un pasaj relevant din acest ultim capitol:

Îndemnul final al acestei cărți este, așadar, unul la acțiune. Dacă sunteți consumator, începeți prin a vă cunoaște consumul. Dacă sunteți prosumator, urmăriți-vă autoconsumul și învățați să vă controlați curba de sarcină. Dacă aveți stocare, utilizați-o inteligent, nu doar pasiv. Dacă administrați clădiri publice, agregați datele și gestionați energia ca pe o resursă comună.

Dacă gestionați o companie, transformați flexibilitatea într-un avantaj economic. Dacă sunteți operator de rețea, pregătiți rețeaua pentru utilizatori activi, nu doar pentru consumatori. Dacă sunteți furnizor sau agregator, construiți servicii prin care clienții să participe efectiv la piață. Dacă sunteți instalator, proiectați pentru durabilitate și securitate. Dacă sunteți cercetător sau inginer, să ne gândim la sistemul energetic care va exista peste câțiva ani.

Introducere

Reflectând asupra sistemelor fotovoltaice aflate de mai bine de 4 ani încoace într-o dinamică tot mai accentuată a instalărilor, ne-am propus să prezentăm o serie de efecte pe care acestea le-au produs pe multiple planuri.

O primă constatare simplă este că avem fotovoltaice pe case, avem fotovoltaice pe clădirile publice și la nivelul operatorilor economici, fapt care ne-a transformat în prosumatori, o tranziție de la statutul de consumator pasiv, la cel de producător și consumator deopotrivă. Odată cu aceste sisteme locale distribuite de producere a energiei, avem și contorizări inteligente, pe care le accesăm și care ne oferă control.

Numărul prosumatorilor din România a crescut exponențial, de la 13.524 la finalul anului 2021 la 110.355 la finalul anului 2023 (sursa: ANRE), cu proiecții prezentate în mass-media de peste 380.000 până la finalul anului 2026.

Faptul că ne producem energia cel puțin parțial dintr-o sursă locală, a noastră proprie, spunem că ne face mai puțin dependenți și de marile surse de energie, dar și de întreg lanțul energetic, care include și rețelele de transport, cele de distribuție, dar și furnizorii de energie. Să fie așa oare sau nu, vom înțelege parcurgând această carte.

Este totuși o certitudine că apariția producerii distribuite a energiei în sistemele energetice naționale și în special pentru autoconsum, ne-a responsabilizat, ne-a făcut mai conștienți asupra cât și cum și când consumăm, în legătură directă cu cât și când ne producem energia.

După cum vom vedea în continuare, aceste sisteme fotovoltaice și răspândirea lor extinsă au produs și transformări societale importante, transformări ale modelelor de afaceri, convertirea multor afaceri, conversia profesională și dezvoltarea unor lanțuri întregi de afaceri, atât pe verticală, cât și pe orizontală, susținute consistent de finanțări nerambursabile, dar și de crize energetice, presiuni climatice și ambiții ecologice în special la nivelul continentului european.

Într-o ierarhizare a tehnologiilor cu largă răspândire, fără să fie neapărat cu o dinamică exponențială, o serie de clasamente internaționale prezintă sistemele fotovoltaice ca fiind în top 5 la nivel global, din tocmai motivele prefigurate deja mai devreme.

Să începem așadar descrierea efectelor multiple ale acestor sisteme, de la categoriile de utilizatori de rețea electroenergetică în care fotovoltaicele au apărut. Cartea se adresează tuturor celor interesați de prosumatori, precum și specialiștilor care materializează astfel de proiecte.

“Producerea distribuită transformă consumatorul pasiv în prosumator și schimbă nu doar modul în care producem și consumăm energia, ci și relația noastră cu rețeaua, piața și întregul sistem energetic.”

1. Prosumatorul rezidențial

Consumatorii casnici din casele individuale ca număr de utilizatori de rețea au ajuns să domine clasamentul celor deveniți prosumatori în urma instalării centralelor fotovoltaice. Aceștia în prezent își acoperă statistic la nivel anual consumul de peste zi, în special în sezonul cald și mai mult livrează un excedent semnificativ de energie în rețea, pe durata producerii solare.

“Prosumatorul rezidențial democratizează producerea energiei, dar profilul său tipic rămâne dezechilibrat: produce excedentar în timpul zilei și depinde de rețea atunci când Soarele nu strălucește.

Dacă în urmă cu câțiva zeci de ani, motto-ul întreprindelor de electricitate era unul simplu și mult așteptat: *“Aducem lumina în casele dumneavoastră!”*, în prezent modul în care s-a început dezvoltarea pe scară largă a fotovoltaicelor rezidențiale prin finanțările în România ale Administrației Fondului pentru Mediu (AFM) prin programul Casa Verde Fotovoltaic ar putea foarte bine să sune așa: *“Vă dăm bani, să vindeți lumina de pe casele dumneavoastră!”*, tocmai fiindcă profilul tipic al prosumatorului fotovoltaic rezidențial, așa cum am menționat mai devreme este unul în care injecția de energie excedentară în rețea este dominantă peste zi, din sursa proprie, atunci când lipsesc capacități locale de stocare a energiei.

1.1. Impactul și beneficiile prosumatorului rezidențial

Reflectăm asupra acestei realități privind atât dinspre prosumator spre rețea, cât și invers.

În prezent, producția excedentară de energie a prosumatorului definit ca atare cu puterea instalată în centrala electrică fotovoltaică de până la 200 kW și livrată în rețea este compensată cantitativ cu consumul de energie echivalent din rețea.

Astfel, în cadrul legal actual, orice prosumator, definit așa conform legii, are posibilitatea de a utiliza integral energia produsă într-o balanță energetică anuală cu consumul de energie din orice alt moment decât cel al producerii. Foarte important este faptul că prin această compensare pe care o vom numi în continuare contabilă, nu se realizează fizic o balanță energetică în timp real, producție versus consum.

Avantajul direct al prosumatorului fotovoltaic e acela că își acoperă parțial consumul de peste zi cu energie produsă direct, iar excedentul de cele mai multe ori de câteva ori mai ridicat decât consumul

merge în rețea și echivalează consumul cumulat din restul zilei, conform regulilor de compensare prevăzute în Legea nr. 160/2026.

Această compensare se face însă la o paritate diferită de preț, energia excedentară fiind considerată la prețul de producere și livrare în rețea, față de energia consumată direct din sursa proprie, care în același timp se constituie ca o economie de cost total, raportat la prețul energiei achiziționată prin furnizor din rețea.

Mai jos se prezintă situația descrisă anterior, considerată tipică pentru un prosumator rezidențial:

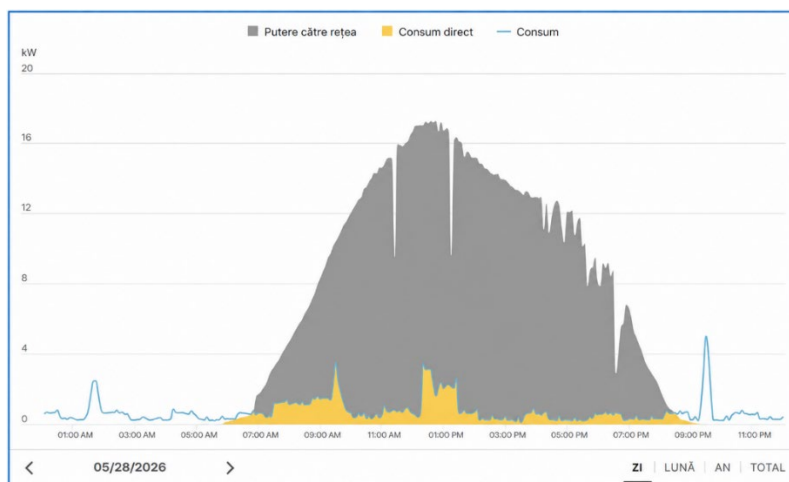


Fig. 1. – Prosumator rezidențial tipic cu excedent solar semnificativ. Sursa: platforma invertor solar, anul 2026, putere instalată 26 kWp, fără BESS

Consumatorul devenit prosumator, proprietar al sursei de energie poate fi considerat în ansamblu (la nivelul rețelei) că a democratizat producerea și iată își acoperă (parțial) consumul anual, livrează excedentul din timpul zilei în rețea și prin contorizarea inteligentă instalată odată cu sistemul fotovoltaic ajunge să știe și chiar să urmărească frecvent cât și când și cum consumă și produce. Tot acest prosumator poate primi și facturi de energie cu minus, status care-i semnalează că a produs mai mult decât a consumat până la un moment dat, în echivalent financiar.

“Cel mai valoros kWh fotovoltaic este cel consumat direct. Autoconsumul reduce integral costul energiei din rețea, în timp ce excedentul injectat este valorificat diferit și nu reprezintă o stocare fizică a energiei pentru mai târziu.”

Bilanțul lunar prezentat mai jos arată, pe zile, contribuția producției fotovoltaice la acoperirea consumului și permite cuantificarea

directă a energiei autoconsumate și a energiei rămasă de preluat din rețea.

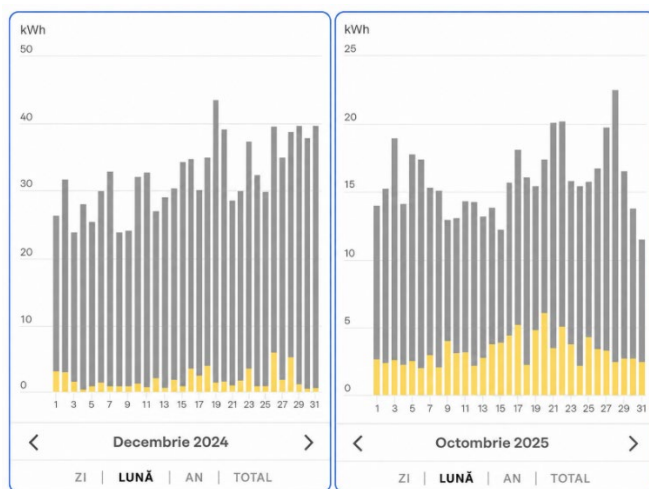


Fig. 2. – Statistici lunare reprezentative – grad de acoperire consum la prosumatori rezidențiali. Sursa: platforma invertor solar, ani 2024-2025, putere instalată 3.5 kWp, fără BESS (galben auto-consum din PV, gri consum din SEN)

Acesta este chiar un factor motivant pentru persoanele care decid instalarea de surse regenerabile proprii, să aibă confortul că nu mai plătesc factura de energie, să aibă senzația, nu realitatea că ajung independenți energetic.

Bilanțul anual prezentat mai jos evidențiază variația sezonieră a producției fotovoltaice și a consumului din rețea. Figura este utilă pentru a arăta că beneficiul prosumatorului trebuie analizat anual, nu doar în zile însorite, și că autonomia energetică este limitată de sezonalitate.

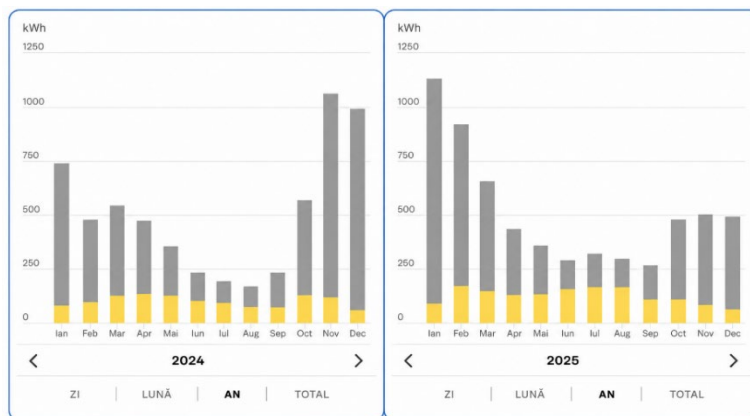


Fig. 3. – Statistici anuale reprezentative privind gradul de acoperire consum la prosumatori rezidențiali. Sursa: platforma invertor solar, ani 2024-2025, putere instalată 3.5 kWp, fără BESS

Ajungem să analizăm rapid și concis și acest concept, larg vehiculat, în special în scop comercial de către instalatorii de fotovoltaice, dar și de către actorii politici care inițiază și susțin valul fotovoltaicelor.

1.2. Independența energetică între mit și mesaj de marketing

Independența energetică este în fapt un concept care se referă la state, națiuni și regiuni de pe globul pământesc, definite prin granițele acestora și relațiile comerciale dintre ele, în directă legătură cu gradul de acoperire a nevoilor de energie din resurse și surse proprii, fără a depinde de energie (în oricare dintre formele ei) din importuri și sub presiunea unor factori geo-politici sau de comerț dezavantajos.

Totuși, independența energetică poate fi exprimată și la nivel de utilizator individual de energie, în condițiile în care acesta își acoperă integral nevoile energetice din surse proprii pe toată durata zilei și pe toată durata anului.

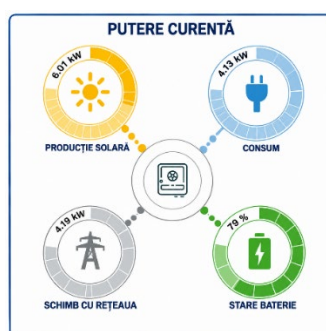


Fig. 4. – Interfață uzuală pentru prosumatori cu prezentarea fluxurilor energetice: producție locală, consum, stocare, schimb cu rețeaua. Sursa: platforma inverter solar, anul 2026, putere instalată 12 kWp, cu BESS

Conștientizăm așadar că orice prosumator poate atinge un grad de independență energetică, uzual pe durata zilei atunci când își acoperă integral consumul din sursa fotovoltaică proprie. Această stare de fapt îi permite să și exporte în rețea excedentul de energie, dar în toate celelalte momente depinde de rețea, iar fără capacități proprii de stocare a energiei este și mai dependent de sistemul energetic național.

“Un sistem fotovoltaic nu înseamnă automat independență energetică. Mai corect este să măsurăm gradul de acoperire a consumului din sursa proprie.”

Profilul zilnic expus mai jos arată o zi tipică de iarnă cu producție redusă și consum susținut din rețea. Este potrivit pentru a explica

limitele sistemului fotovoltaic în perioade cu radiație solară scăzută și pentru a sublinia că prosumatorul rămâne conectat funcțional și dependent de SEN.

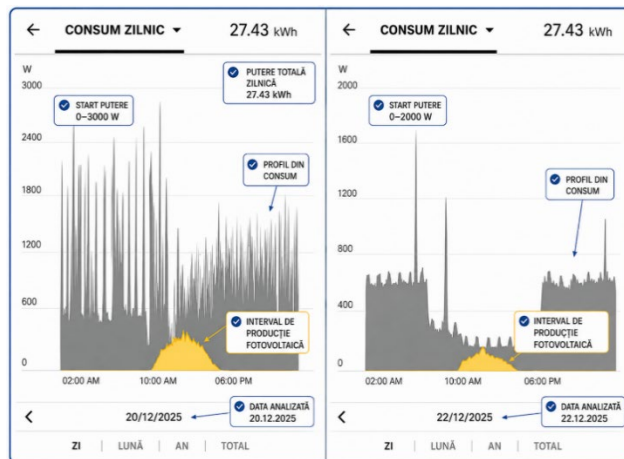


Fig. 5. – Instanțe zilnice de funcționare prosumatori rezidențiali pentru sezonul rece, cu grad redus de acoperire consum și funcționare cu încălzire electrificată. Sursa: platforma inverter solar, ani 2025-2026, putere instalată 3 kWp, fără BESS

Este astfel mult mai pragmatic, dar și corect să discutăm de un indicator numit **grad de acoperire consum** din sursa proprie și eventual **durată de asigurare a autonomiei** energetice, în loc de independență energetică a prosumatorului, corect pentru ca utilizatorul de rețea să înțeleagă funcționarea reală în care se află, corect pentru ca cei care finanțează decarbonizarea și modernizarea sistemelor energetice să o facă durabil și în siguranță.

1.3. Efecte în rețeaua de distribuție

Vine acum momentul să privim și să reflectăm realitatea aceasta cu efect galopant a prosumatorilor și înspre rețeaua electrică de distribuție.

Un prosumator rezidențial cu excedent livrat în rețea în miezul zilei, dacă este singur pe stradă, alimentează direct în rețeaua de joasă tensiune consumatorii învecinați. Efectul asupra rețelei de distribuție a energiei este că sursa fiind mai aproape de consumatori, scad pierderile de energie în rețea, în amonte de perechea local formată prosumator – consumatori învecinați și acest efect este benefic pentru rețea, concretizat în scăderea consumului propriu tehnologic (CPT), atâta timp cât această alimentare directă de la prosumator la consumatorii învecinați, peste zi, cât timp producem energie de la Soare este susținută.

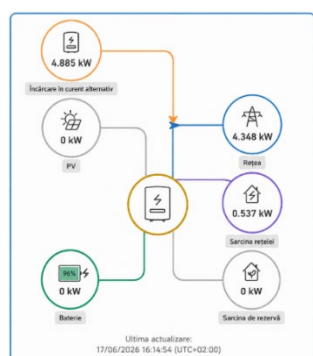


Fig. 6. – Exemplu interfață sistem monitorizare energetică în timp real. Sursa: platforma inverter solar, anul 2026, putere instalată 12 kWp, cu BESS, cu prezentare diferențiată a consumatorilor vitali

În toate situațiile în care producția locală de energie în timp real depășește nivelul local efectiv de consum, atât al prosumatorului sau prosumatorilor învecinați, cât și al consumatorilor din proximitate, energia excedentară spunem că ‘urcă’ în rețea la nivelul de medie tensiune, iar dacă intensitatea curentului electric injectat este mai mare decât inițial al celui absorbit de toți utilizatorii de rețea din aval, adică din grupul pro/consumatorilor, atunci și pierderile de energie cresc.

Iată un prim efect nedorit, dar inevitabil al prosumatorilor care pe timpul zilei produc mai mult decât necesarul de consum al microrățelei în care sunt racordati.

Într-o analiză de circulații de puteri realizată la nivelul unui post de transformare care alimentează câteva străzi adiacente cu utilizatori rezidențiali de energie, s-a constatat că pe măsura creșterii numărului de prosumatori, inițial consumul propriu tehnologic scade, după care crește vertiginos, cu mult peste nivelul inițial al doar consumatorilor de energie alimentați din acel post trafo.

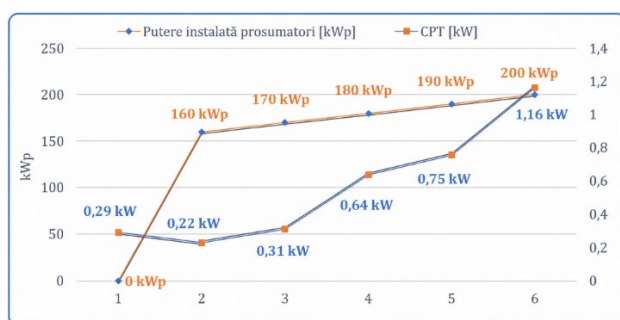


Fig. 7. – Exemplu de evoluție a consumului propriu tehnologic pe măsura creșterii puterii instalate în surse locale la prosumatorii alimentați dintr-un post de transformare. Sursa: analiză de corelație privind creșterea CPT în raport cu nivelul puterii instalate în prosumatori într-o micro-rețea

Dincolo de creșterea CPT în rețelele electrice de joasă și după caz medie tensiune apare o pendulare a nivelului tensiunii electrice în rețea, cu demult știuta scădere în vârfurile de sarcină de seara și dimineața, în special în capetele de rețea, respectiv cu mai recent apărută supratensiunea din timpul zilei, direct legată și sincronizată cu producția excedentară de energie de la prosumatori, supratensiune care vine cu efecte din nou nedorite, dar de data aceasta evitabile.

“Producerea locală reduce inițial pierderile în rețea, dar excedentul care depășește consumul local inversează fluxurile de putere, poate crește pierderile și determină apariția supratensiunilor.”

Creșterea CPT pe termen lung duce la creșterea tarifelor de distribuție a energiei pentru toți utilizatorii de rețea, atât pentru prosumatori cât și pentru consumatori.

1.4. Prosumatorul vulnerabil

Acest fenomen de creștere a tensiunii electrice la bornele prosumatorului dar și în rețea, peste limita maxim admisibilă, duce la uzura prematură a echipamentelor și receptoarelor electrice de consum atât din instalația de utilizare a prosumatorului, cât și a celor vecini. Duce și la deconectarea instalației de producere a energiei, a prosumatorului, stare de fapt care îl privează de acoperirea consumului propriu din sursa pe care o deține, dar și de injecția producției excedentare în rețea.

Este un fenomen deja larg răspândit în rețelele electrice de distribuție pe care autorii îl denumesc **prosumatorul vulnerabil**, în opoziție cu consumatorul vulnerabil, acesta din urmă aflat în dificultatea de a-și asigura nevoile energetice într-un mod decent și de a-și achita factura de energie.

Prosumatorul vulnerabil, un concept descriptiv diferit de categoria juridică a consumatorului vulnerabil, este cel aflat în imposibilitatea de a-și acoperi consumul de energie cu sursa proprie (în care a investit o sumă considerabilă), fiindcă având producție excedentară, peste autoconsum, ridică și nivelul tensiunii în zona de rețea în care este racordat și ca urmare protecția la supratensiune îi deconectează sursa proprie de generare.

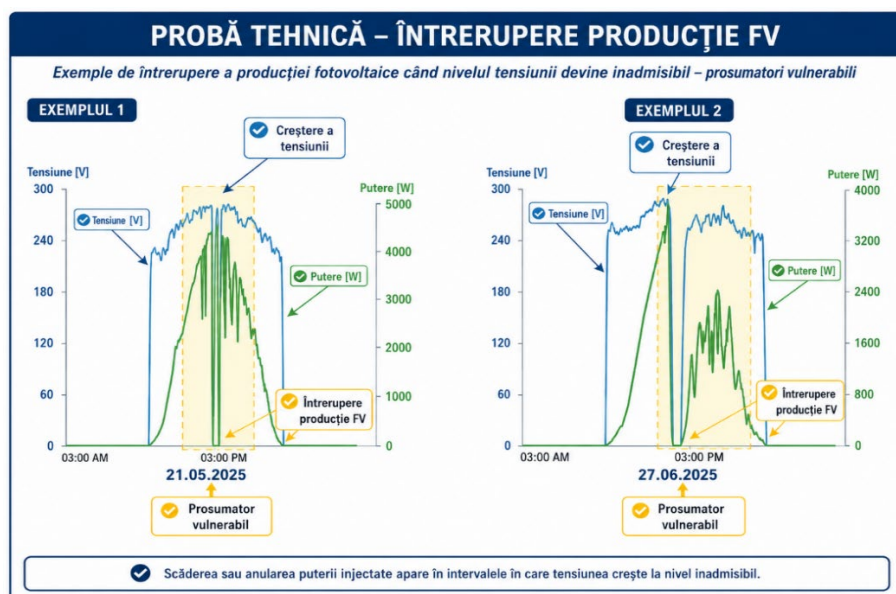


Fig. 8. – Exemple de întrerupere a producției fotovoltaice când nivelul tensiunii devine inadmisibil – prosumatori vulnerabili. Sursa: platforma inverter solar, anul 2025, putere instalată 6.2 kWp, fără BESS

O primă soluție pentru evitarea stării de prosumator vulnerabil poate fi adăugarea unor capacități de stocare electrică sau termică sau chiar planificarea funcționării unor receptoare de consum în vârful de producție solară zilnică (ex. mașina de spălat, încărcarea vehiculului electric, prepararea de apă caldă menajeră într-un tanc de stocare etc.).

Este și varianta ca întreaga instalație de utilizare să fie racordată la rețea prin intermediul unui stabilizator de tensiune de mică putere, dimensionat la puterea instalată a prosumatorului. Această soluție implică o investiție suplimentară și pierderile trafo asumate de către beneficiar, iar oportunitatea soluției necesită o analiză cost-beneficiu.

O altă soluție de data aceasta de limitare drastică este ca inverterul să fie parametrizat să limiteze producția la autoconsum, cu efect în limitarea capacității de producere și anularea injectiei producției excedentare în rețea.

Unii prosumatori, cu suportul instalatorilor de fotovoltaice au adoptat și intervenții neconforme asupra parametrizării inverterului, prin alimentarea circuitului de comandă printr-o sursă neîntreruptibilă de tensiune (UPS) care-i menține stabilizată tensiunea de referință sau efectiv prin ridicarea nivelului de supratensiune de la care se declanșează protecția. Ambele opțiuni sunt intervenții nepermise, cu efect în degradarea prematură a echipamentelor și receptoarelor.

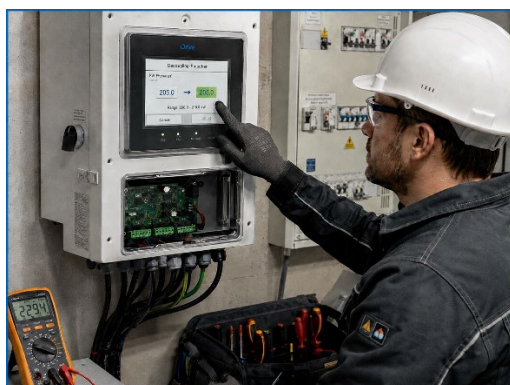


Fig. 9. – Exemplificare intervenții în setările și parametrizările echipamentelor

Dinspre rețeaua electrică pe măsura modernizării, o soluție poate fi reglajul continuu al nivelului de tensiune prin transformatoare cu ploturi reglabile continuu, ca investiție mult mai costisitoare față de cele actuale cu ploturi fixe.

Dinspre noile apeluri de finanțare și chiar din surse proprii, avem varianta adăugării echipamentelor de stocare a energiei, atât sub formă de apă caldă în buffere, cât și în baterii electrice.

“Prosumatorul devine „vulnerabil” atunci când propria producție ridică tensiunea până la pragul la care invertorul său se deconectează. Stocarea, flexibilizarea consumului și reglajul rețelei sunt soluții mai sănătoase decât limitarea producerii.

Dinspre piața de energie considerăm inevitabil, așa cum se va argumenta într-o secțiune următoare, că mecanismul de reglaj a puterii reactive și a nivelului de tensiune din rețea, va fi unul de stimulare a consumului pe durata zilei prin prețuri diferențiate orar avantajoase, atunci când producția fotovoltaică va fi excedentară.

1.5. Contorizarea inteligentă și oportunități neexploatate

La delimitarea dintre utilizatorul de rețea și sistemul energetic național, adică rețeaua de distribuție a energiei, este sistemul de contorizare, care în cazul prosumatorului este cu 4 (patru) cadrane, adică înregistrează energia consumată, luată din rețea, și energia activă și reactivă produsă și livrată în rețea.

În cazurile analizate de autori, prosumatorii rezidențiali cu contoare de tip smart instalate și integrate în sistemele de monitorizare energetică ale operatorilor de rețea concesionari, nu permit vizualizarea

datelor energetice și de către utilizatorii de rețea (prosumatori), ci doar de către operatorul de rețea.

Astfel, singurul sistem accesibil pentru o suită de statistici de date energetice și de vizualizare a fluxurilor energetice în timp real este cel aferent invertorului sistemului fotovoltaic, așa cum se reflectă mai jos:

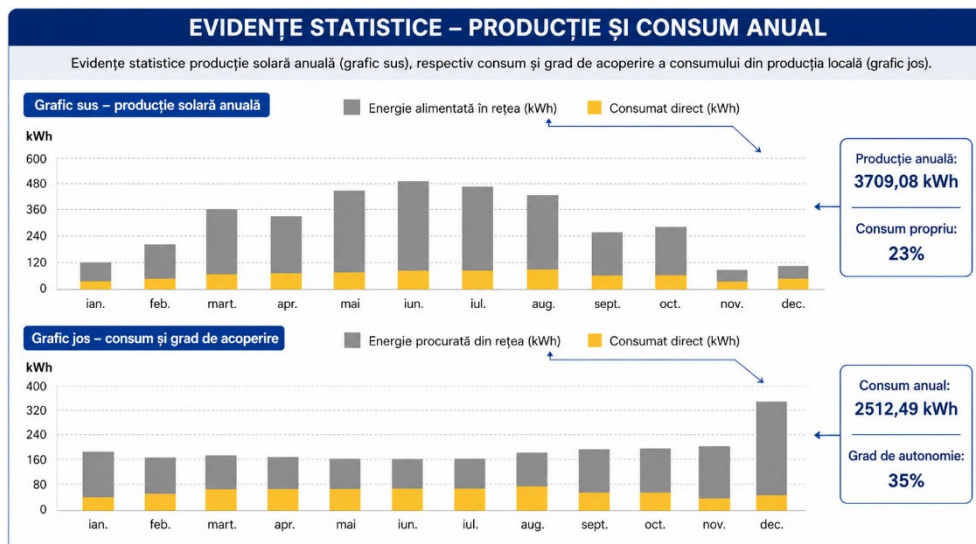


Fig. 10. – Evidențe statistice producție solară anuală (grafic sus), respectiv consum și grad de acoperire consum din producția locală (grafic jos). Sursa: platforma invertor solar, anul 2025, putere instalată 5 kWp, fără BESS

Noutatea și marea oportunitate este că acest sistem de contorizare denumit martor, apărut odată cu sistemul fotovoltaic este așa numit de tip inteligent, *smart metering* și cel mai important este accesibil printr-o platformă software pentru beneficiar, pe orice terminal de tip telefon mobil, laptop sau desktop, cu un cont de identificare și parolă de acces.

Acest acces direct al utilizatorului de rețea îi permite să-și vizualizeze nu doar producția de energie, scopul de bază al aplicației software care însoțește sistemul fotovoltaic, ci și consumul de energie suprapus cu producția, tiparul de consum pe care utilizatorul îl are, la nivel zilnic, în orele dimineții, peste zi, seara și noaptea, cantitatea de energie utilizată zilnic, săptămânal, lunar și anual și în oglindă și producția locală.

Captura de mai jos de tip „Current power” sintetizează, într-o formă intuitivă, producția instantanee, consumul instantaneu, schimbul cu rețeaua și starea bateriei.

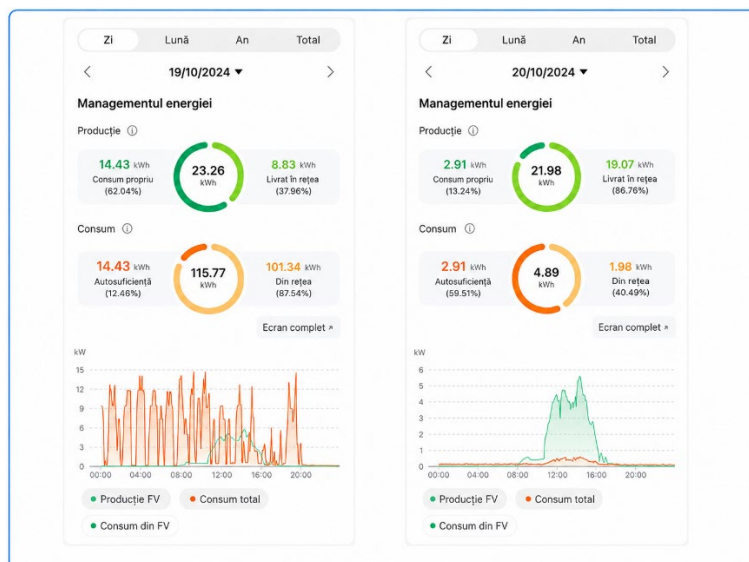


Fig. 11. – Instanțe de monitorizare în timp real fluxuri energetice. Sursa: platforma invertor solar, anul 2024, putere instalată 15 kWp, fără BESS

Alte aplicații similare de vizualizare în timp real sau în istoricul de funcționare a stării prosumatorului, prezintă tot așa detalii relevante, privind gradul de acoperire consum și excedentul livrat în rețea în orice sezon. Aceste informații dincolo de relevanța concretă pentru un interval dat de timp, ajută semnificativ dacă utilizatorul decide să-și modifice sau adapteze comportamentul de consum, electrificarea altor consumuri sau investiția în capacități locale de stocare.

“Ceea ce măsurăm devine vizibil, iar ceea ce devine vizibil poate fi controlat. Contorizarea inteligentă transformă datele de consum și producție într-un instrument de conștientizare, optimizare și flexibilitate energetică.”

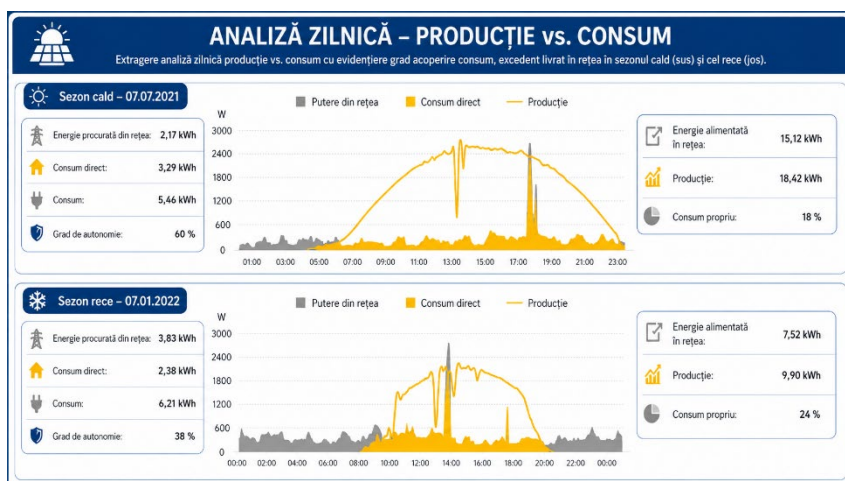


Fig. 12. – Extragere analiză zilnică producție vs. consum cu evidențiere grad acoperire consum, excedent livrat în rețea în sezonul cald (sus) și cel rece (jos). Sursa: platforma inverter solar, ani 2021-2022, putere instalată 3 kWp, fără BESS

Mai jos se prezintă o instanță (regim și durată) de funcționare în care la nivelul consumului este electrificată și producerea apei calde menajere cu o pompă de căldură:

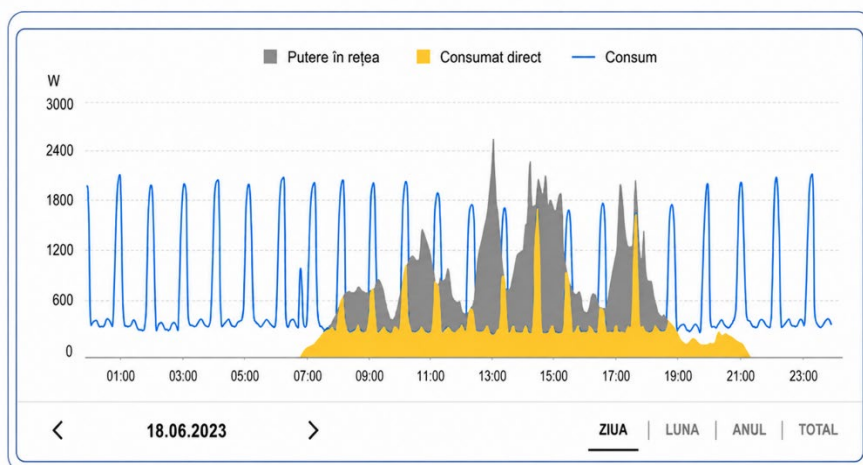


Fig. 13. – Instanță zilnică consum și încălzire electrificată vs. producție solară. Sursa: platforma inverter solar, anul 2023, putere instalată 3 kWp, fără BESS cu pompă de căldură

Toate aceste date energetice vizualizate în mod repetat, produc conștientizare, identifică receptoarele responsabile de consum, declanșează un comportament voluntar motivat de schimbare a tiparului de consum, sincronizat cu producerea de energie de peste zi, posibil de reducere a vârfurilor de consum de dimineața și seara.

De asemenea, utilizarea activă a aplicațiilor de monitorizare atrage mutarea unor nevoi energetice din gospodărie, prin electrificarea unor consumuri de energie din alți purtători (carburanți, gaz metan), cu scopul de a valorifica și acoperi pentru autoconsum producția fotovoltaică de peste zi, de exemplu producerea de apă caldă menajeră cu o rezistență electrică în tancul de apă caldă sau încărcarea unui vehicul electric achiziționat și din atracția subiectivă de a-l alimenta cu energie *gratuită* de la soare.

În afara prosumatorului, la nivel de agregare a acestora într-un număr cât mai ridicat, avem oportunitatea formidabilă de a folosi toate aceste sisteme inteligente de contorizare pentru a forma un bazin de prosumatori, atât la nivel de curbă cumulată de consum, cât și de centrală electrică virtuală (CEV) cu toți aceștia, în ambele regimuri cu scopul de a le tranzacționa profilul agregat de sarcină și capacitatea de reglaj, de control al curbei de sarcină, respectiv al curbei de producție excedentară, în ambele situații în termeni în principal de putere redusă sau injectată în raport cu rețeaua.

Dacă în agregare la nivel individual sau centralizat de prosumatori se adaugă și capacități de stocare a energiei în baterii electrice, potențialul de implicare în piața de energie devine și mai atractiv.

Mai jos se prezintă situația intrării în funcțiune de la jumătatea lunii decembrie a unei pompe de căldură, fapt care duce la creșterea substanțială a consumului de energie din rețea:

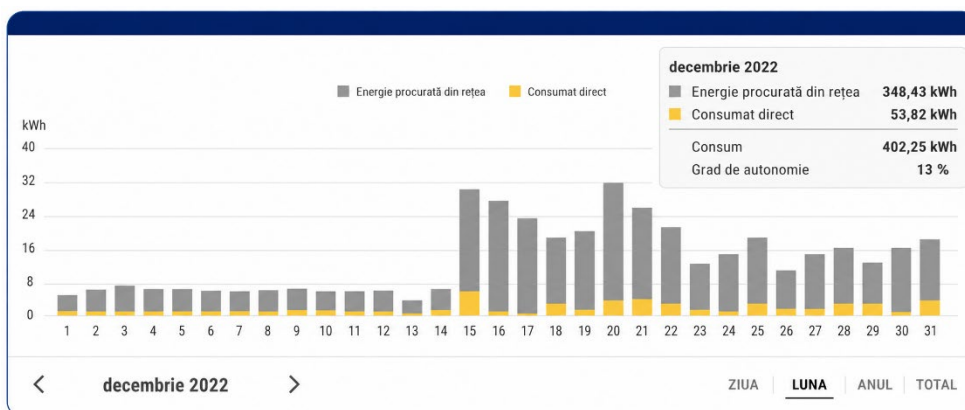


Fig. 14. – Creșterea consumului după electrificarea încălzirii unui prosumator rezidențial (15 decembrie, prima zi cu funcționarea pompei de căldură). Sursa: platforma invertor solar, anul 2022, putere instalată 3 kWp, fără BESS

Astfel, agregarea și din acest punct de vedere poate fi și este o soluție de a cumula aplatizat prosumatorii și consumatori, cu scopul de

a le tranzacționa în condiții favorabile achiziția de energie, respectiv excedentul livrat în rețea.

1.6. De la consumatorul pasiv la utilizatorul activ al SEN

Consumatorul denumit pasiv este cel care consumă energie din rețea oricât și oricând, la un preț al energiei nediferențiat orar, pentru a deservi toate utilizările de energie pe care le deține, fără să exercite un comportament controlat de consum. Este situația încă generalizată a utilizatorilor sistemului electroenergetic național (SEN) din România.



Fig. 15. – Evenimentul NZEB goes Passive unde s-a expus și subiectul NZEB goes Active

Prosumatorul așa cum a fost deja reflectat din mai multe perspective este utilizatorul de rețea care consumă din rețea oricât și oricând, la un preț al energiei din rețea nediferențiat orar, iar din sursa proprie cât poate produce și când poate produce, din ambele alimentări, inclusiv prin intermediul stocării de energie, pentru a deservi toate utilizările de energie pe care le deține, dar cu un comportament posibil voluntar controlat de consum.

Schema de flux instantaneu de mai jos arată schimbul de putere dintre rețea, sistemul fotovoltaic, bateria de stocare și sarcinile consumatorului. Este utilă pentru a ilustra faptul că aplicația de monitorizare nu afișează doar producția fotovoltaică, ci face vizibilă

poziția prosumatorului la granița cu rețeaua: consum din rețea, autoconsum, injecție sau eventual încărcare/descărcare a bateriei.

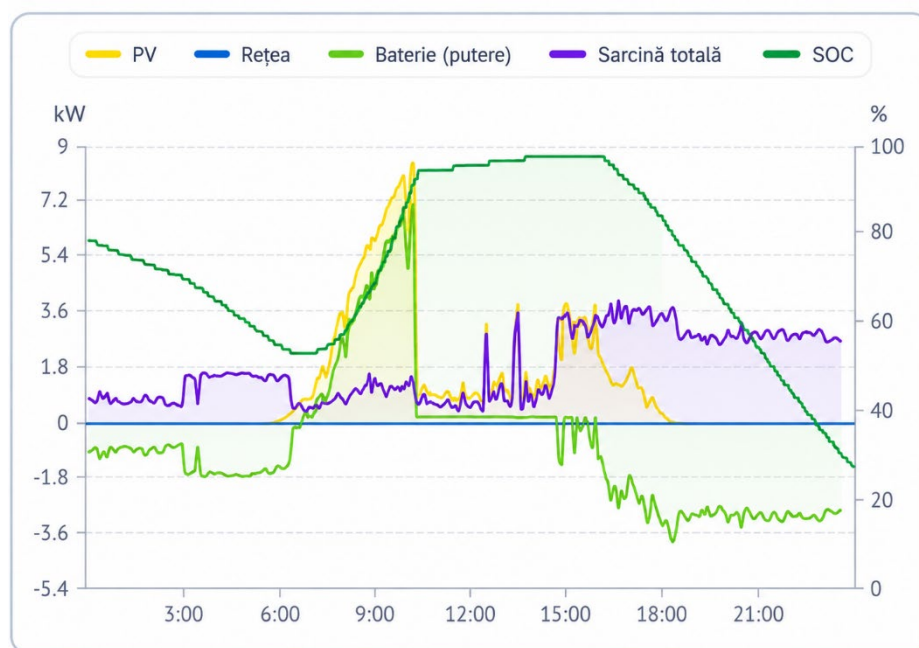


Fig. 16. – Exemplu grafic zilnic prosumator: producție locală, schimb cu rețeaua, consum (nul), grad încărcare baterie. Sursa: platforma inverter solar, anul 2026, putere instalată 10 kWp, cu 30 kWh BESS

Avem astfel o primă transformare a consumatorului pasiv în prosumator, care ține nu doar de sursa de alimentare cu energie, ci și de comportamentul de consum. Trecerea de la această primă transformare, până la cea în care utilizatorul sistemului energetic ajunge să știe și să controleze de dorit automatizat cât și când și cum produce, stochează și consumă energie, în raport cu rețeaua, se face în condițiile existenței unui sistem inteligent de contorizare și utilizarea lui de către beneficiar, în special în mod automat printr-un sistem de management și control energetic.

Este situația văzută în prezent ca destinație finală până la care se poate face tranziția de la consumatorul pasiv, prin statutul de prosumator și până la cel de utilizator activ al sistemului energetic, sigur în condițiile în care și rețeaua ca sistem fizic și piața de energie, ca sistem de tranzacționare oferă avantaje și beneficii acestui utilizator, numit activ al SEN. În limba engleză conceptul uzual este denumit B2G (*Building to Grid*) sau BAUN (*Building as Active Utility Node*). Este de fapt tranziția energetică fizică cu cel mai ridicat impact spre ambiția de neutralitate climatică.

Beneficiile constă în prețuri diferențiate orar avantajoase, și chiar de tip binom – privind contractarea nu doar a energiei ci și a puterii utilizate – atât pentru consumul din rețea, cât și pentru injecția de energie în rețea, în ambele cazuri ținând cont de exploatarea optimă a sursei locale de energie, controlul curbei de consum și pe măsură ce se adaugă, încărcarea-descărcarea capacității de stocare a energiei.

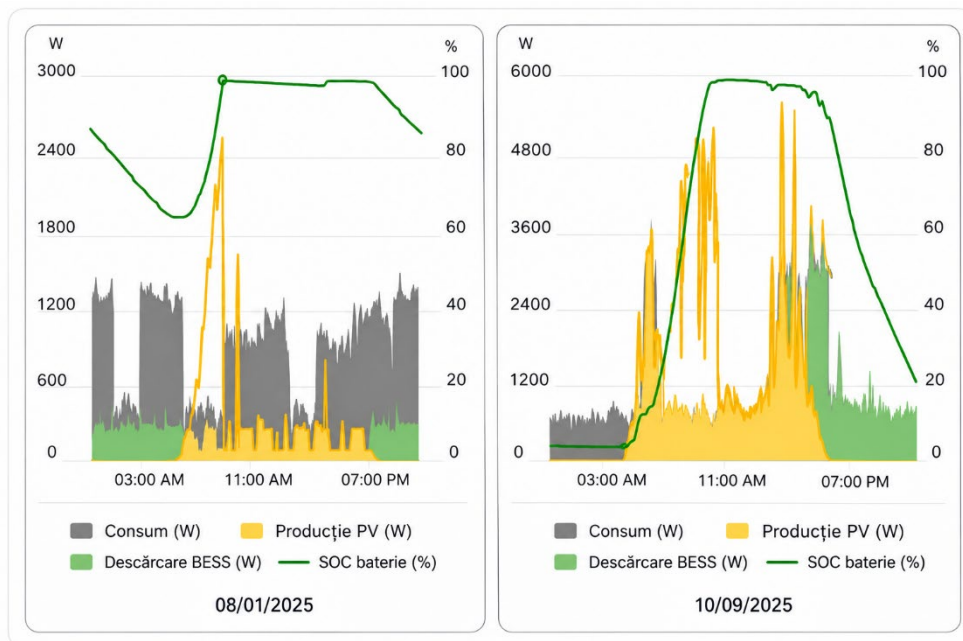


Fig. 17. – Exemplificare grad acoperire consum din PV (galben) și BESS (verde) în sezonul rece (stânga), respectiv în sezonul cald (dreapta). Sursa: platforma invertor solar, anul 2025, putere instalată 10.5 kWp, cu BESS

Utilizatorul activ al SEN își minimizează factura de energie preluată din rețea, își maximizează gradul de acoperire consum din sursa proprie, prin controlul curbei de sarcină și prin exploatarea activă a capacității proprii de stocare a energiei, respectiv injectează energie în rețea la cerere, când prețul de livrare este avantajos.

Poate fi utilizator activ de energie și un consumator, fără sursă proprie și fără capacități de stocare, și acela care își controlează curba de sarcină în funcție de prețul energiei din rețea, în cazul unei piețe cu tarife diferențiate orar sau de tip binom.

De altfel, iată care sunt și definițiile oficiale ale clientului activ într-un sens mult mai larg decât cel aplicabil prosumatorilor, definiții preluate din:

- Legea energiei electrice și a gazelor naturale, nr. 123/2012 cu toate actualizările ulterioare, Art. 3, pct. 18:

“18. client activ - clientul final sau un grup de clienți finali ce acționează împreună, care consumă sau stochează energia electrică produsă în spațiile pe care le deține situate în zone limitate sau care vinde propria energie electrică produsă sau care participă la programe de flexibilitate sau de eficiență energetică, identificate ca atare prin legislația aplicabilă, cu condiția ca activitățile respectiv să nu constituie principala lor activitate comercială sau profesională;”

- Ord. ANRE, nr. 5/2023 Regulament, Art. 40:

“(1) Clientul activ este clientul care realizează oricare din următoarele activități:

a) consumă, stochează, vinde energia electrică produsă în spațiile pe care le deține, inclusiv energia produsă de unități de producere aparținând unor terți, dacă acestea sunt instalate în spațiile deținute de client;

b) participă la programe de flexibilitate sau de eficiență energetică, dacă activitățile prevăzute la lit. a) și b) nu reprezintă principala sa activitate comercială sau profesională.”

Astfel, pe lângă scopul de optimizare a costului cu energia, prin flexibilitatea asigurată rețelei de către acest utilizator activ, o motivație importantă poate fi și aceea de creștere a eficienței utilizării energiei.



Fig. 18. – Reprezentare generică utilizator activ al sistemului energetic

Să reținem acest concept introdus de utilizator activ al sistemului energetic și caracteristicile care îl definesc. Prin sistem energetic național (SEN) înțelegem atât rețeaua de distribuție, în care prosumatorii sunt racordați, cât și piața de energie și actorii ei, beneficiile și responsabilitățile prosumatorilor și utilizatorilor activi fiind în relație cu ambele.

În raport cu piața de energie și relația contractuală cu furnizorii, prosumatorii și utilizatorii activi au scopul de a-și optimiza costul cu energia consumată din rețea și veniturile obținute din energia livrată, inclusiv, în prezent din compensarea contabilă a excedentului.

În raport cu rețeaua electrică de distribuție (RED) în care sunt racordați prosumatorii și utilizatorii activi au responsabilitatea de a participa la menținerea în stare de funcționare optimă și continuitate în vehicularea bidirecțională a energiei, în principal prin menținerea nivelului de tensiune în punct de delimitare în limitele admise.

“Tranziția energetică nu se oprește la prosumator. Utilizatorul activ știe și controlează când produce, consumă, stochează sau injectează energie, reacționând inteligent la starea rețelei și la semnalele pieței.

Tranziția energetică a consumatorului la prosumator și mai departe la utilizator activ al sistemului energetic sau direct de la consumator la utilizator activ necesită și o cunoaștere în (cvasi) timp real a profilurilor de consum, a semnăturii energetice, a impedanțelor / admitanțelor acestuia din urmă nu doar din rațiuni de monitorizare și control, ci și de păstrare a securității cibernetice prin modelul de semnătură energetică asociat.

Toate aceste aspect țin nu de utilizatorul individual la nivel de cunoaștere, competențe și soluții, ci de un întreg ecosistem de furnizori de tehnologie și soluții: instalatorul electric, furnizorul de energie, agregatorul după caz, tipurile de piețe de energie, platforme software de agregare, integrare în centrale electrice virtuale, tranzacționare pe piețe de energie, securitate energetică.

1.7. Securitatea cibernetică

Într-o proporție dominantă sistemele fotovoltaice instalate la prosumatori au invertoarele conectate la internet și controlabile de către producătorii de tehnologie. Aceștia pot comunica bidirecțional cu sistemele fotovoltaice instalate, permit monitorizarea parametrilor de stare, datelor de producție și de consum energetic de la nivelul prosumatorilor, dețin baze de date cu informații privind localizarea prosumatorilor și istoricul lor de funcționare, dar mai ales anumite arhitecturi permit comenzi și actualizări la distanță, motiv pentru care nivelul efectiv de control trebuie verificat pentru fiecare producător.

Dacă ne raportăm la puterea total instalată a prosumatorilor până la jumătatea anului 2026, de peste 3.7 GWp, o deconectare intempestivă a acestora printr-un atac cibernetic asupra celor probabil 10-15

producători care concentrează majoritatea puterii instalate (Huawei, Sungrow, GoodWe, Growatt, Solis, Fronius, Deye, SMA, SolarEdge, Sofar, Solax etc. ca mărcile relevante), acest atac s-ar resimți puternic ca șoc în SEN, printr-o creștere bruscă a consumului de energie electrică, posibil greu de acoperit și cu riscul de a provoca o instabilitate majoră, inclusiv *blackout*.

Existența unui cloud al producătorului echipamentului original – OEM (*Original Equipment Manufacturer*) nu înseamnă automat că producătorul poate opri când dorește toate invertoarele.

Trebuie verificată arhitectura fiecărui producător: cine deține credențialele de control, ce comenzi acceptă firmware-ul, dacă există acces OEM, cum sunt autorizate update-urile, dacă loggerul comunică direct cu serverele OEM și dacă există posibilitatea de comandă în masă.

Dar din perspectivă de securitate cibernetică, simplul fapt că există o configurație la distanță, asociată cu update firmware la distanță, cu managementul agregat al echipamentelor creează o zonă de risc și o problemă care nu poate fi neglijată. Acesta este motivul pentru care SolarPower Europe și DNV au recomandat deja limitarea controlului agregat asupra sistemelor fotovoltaice din jurisdicții din afara UE. Raportul emis în acest sens consideră că infrastructura PV conectată trebuie tratată explicit ca infrastructură cyber-fizică.

Comisia Europeană a confirmat în 2025 că pregătește o evaluare de risc pentru infrastructura solară, inclusiv a invertoarelor. Iar în 2026 UE a publicat recomandări care identifică lanțurile de aprovizionare ale infrastructurii regenerabile ca zonă de risc și recomandă evaluarea dependenței de furnizorii din țări terțe cu risc ridicat.

“Sute de mii de invertoare conectate www formează împreună o infrastructură digitală și energetică distribuită. Securitatea cibernetică a controlului acestora devine, prin agregarea puterii instalate, o problemă de securitate a întregului sistem energetic.”

În acest context, de în primul rând securitate energetică la nivel național în România, dar și în oricare altă țară, asigurarea securității cibernetică la nivelul platformelor web care centralizează monitorizarea și controlul acestor echipamente este esențială și trebuie abordată și gestionată prioritar.

Reglementările ANRE ar trebui să vizeze în special și prioritar tipul de invertoare, cu favorizarea celor de tip *grid-forming*, capacitățile

tehnice, securitatea cibernetică și reziliența, înaintea unor măsuri generale de limitare a producerii.

Regimul insularizat implică funcționarea autonomă a instalației prosumatorului, separată electric de SEN, fără a injecta energie în rețeaua publică. Regimul insularizat poate funcționa cu sau fără un sistem de stocare, cu condiția existenței unei surse și a unor echipamente (*grid-forming*) capabile să asigure autonom tensiunea, frecvența și echilibrul instantaneu dintre producție și consum.

1.8. Autonomia în funcționare

O altă chestiune asupra căreia merită reflectat este regimul de funcționare a sistemelor fotovoltaice ale prosumatorilor, în condiții de instabilitate a sistemului energetic național și chiar de întreruperi frecvente sau de durată a alimentării de bază cu energie electrică.

Constatăm raportat la cerințele din apelurile de finanțare nerambursabilă lansate până în prezent că peste 99.9% din sistemele fotovoltaice rezidențiale finanțate astfel sunt dotate cu invertoare de tip *on-grid*, care permit funcționarea și alimentarea cu energie solară, doar atâta timp cât sunt conectate la rețea și primesc referința de tensiune din rețea. Astfel, acestea sunt total dependente de rețea și nu asigură funcționarea în regim insularizat.

Programul de finanțare a prosumatorilor rezidențiali Casa Verde Fotovoltaic, gestionat de către Administrația Fondului pentru Mediu a susținut dezvoltarea acestor proiecte, nu au introdus explicit cerințe de reziliență și funcționare insularizată pentru situații de întrerupere prelungită cauzate de posibile situații de forță majoră, de conflict militar extins regional care într-o perspectivă total nedorită, dar întâmplată frecvent în prezent în zonele de conflict militar și care conduce la instabilitatea și căderea posibil repetată a SEN.

Este argumentul semnificativ pentru care cel puțin orice finanțare nerambursabilă în continuare ar trebui să oblige instalatorii să prevadă echipamente capabile să funcționeze și insularizat, cu dispozitive de conectică și protecție cu anclanșare automată rapidă (AAR), chiar dacă implică un cost suplimentar.

Acest aspect merită și popularizat pe scară largă, ca element de diferențiere pentru cei care investesc în sisteme fotovoltaice pentru autoconsum.

“*A avea panouri fotovoltaice nu înseamnă a avea energie în timpul unui blackout. Autonomia reală presupune capacitate de stocare, funcționare insularizată și alimentarea controlată a consumatorilor esențiali.*”

Funcționarea insularizată a sistemelor fotovoltaice rezidențiale în condiții de forță majoră, ca rezervare de capacitate pe termen lung este un aspect critic, pentru asigurarea nu doar a nevoilor energetice uzuale, ci în primul rând a siguranței, sănătății și traiului în condiții de supraviețuire, care poate face diferența dintre viață și moarte.

1.9. Electrificarea consumului

O dată instalată și funcțională sursa fotovoltaică, beneficiarul este direct stimulat să-și electrifice consumul de energie din propria gospodărie: să utilizeze aparate de gătit electrice, să achiziționeze noi electrocasnice, să-și întrețină curtea și grădina cu unelte electrice și să le folosească sau încarce peste zi când are energie de la soare, respectiv chiar să asigure irigarea cu pompaj solar.

Mai mult, crește motivația de a achiziționa un vehicul electric, pe care să-l încarce pe cât posibil peste zi din sursa proprie, la fel cum cu o minimă instruire excedentul fotovoltaic de peste zi, poate fi utilizat cel puțin parțial și pentru încălzire apă caldă menajeră într-un tanc de apă caldă cu rezistență electrică, respectiv conectat în instalația termică. Aceste ultime două utilizări sunt și cele mai mari consumatoare de energie.

O altă asociere tot mai frecventă deși nu există o sincronizare între regimurile de funcționare, se face în special în cazul construcțiilor noi între sistemul fotovoltaic și pompa de căldură, în general aer-apă. Vorbim de electrificarea totală a încălzirii, alimentată parțial dar direct și din sursa fotovoltaică proprie.

În același timp, este posibil să apară și fenomenul numit în literatura de specialitate de *rebound*, anume de creștere a consumului de energie electrică, în acest caz, asociat direct cu producerea locală de energie dintr-o sursă regenerabilă pentru că este de unde acoperi acest consum.

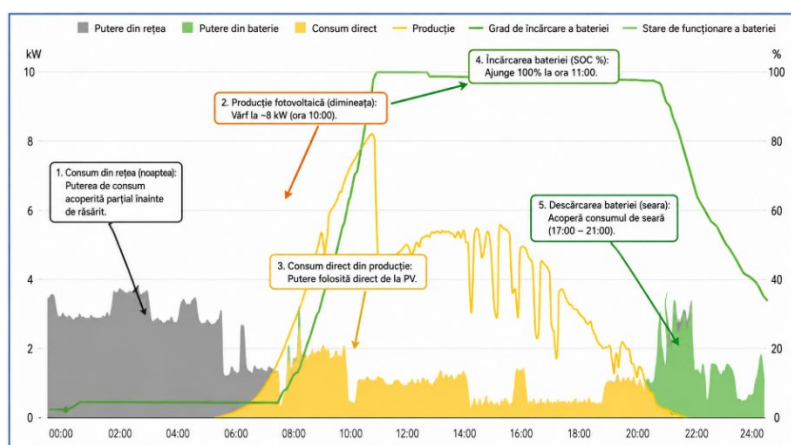


Fig. 19. – Exemplificare prosumator cu stocare și încărcarea (noaptea) unui vehicul electric. Sursa: platforma inverter solar, anul 2025, putere instalată 10.5 kWp, cu BESS

Acest fenomen de electrificare a consumului de carburanți și de gaz metan în general, prin adoptarea tehnologiilor noi, amplifică efectul de decarbonizare produs individual în sectorul rezidențial de către prosumatori, stimulează sincronizarea producției cu consumul și chiar adăugarea de capacități de stocare a energiei, atâta timp cât există și o suprapunere între producție, stocare și consum. Altfel, consumul suplimentar nesincronizat este asigurat din rețea (a se vedea instanța de mai sus) și nu are garanția alimentării din energie curată.

Această nesincronizare între producția fotovoltaică (redușă) de peste zi și consumul preponderent în afara regimului de producție a sistemelor de încălzire cu pompe de căldură, ca funcționare direct dependentă de temperatura exterioară în sezonul rece este una naturală, iar stocarea electrică nu poate acoperi decât într-o cotă redusă necesarul de consum.

Trebuie ținut cont de regimul de funcționare a fiecărui receptor de consum, în termeni de putere electrică absorbită și durată de utilizare. De exemplu, a încărca un vehicul electric peste zi, când avem producția fotovoltaică, dacă se realizează cu o stație de încărcare lentă, tip redresor la putere de aprox. 1.5 – 2.5 kW efectiv absorbit, cantitatea de energie transferată în acumulatorii vehiculului electric va fi de aprox. 15-25 kWh, raportat la capacitatea totală de stocare pe care un vehicul electric o are de 30 – 100 kWh.

Astfel, vorbim de o asigurare a gradului de încărcare în cel mai bun caz jumătate din capacitatea necesară pentru autonomie completă și de minim 2-3 zile de încărcare uzuală.

Realitatea este că în puține cazuri încărcarea vehiculului electric sincronizată cu producția solară este posibilă. De cele mai multe ori, vehiculul este parcat și pus la încărcare seara și peste noapte când producția solară nu mai este disponibilă.

Cealaltă variantă de încărcare, în condițiile existenței unui contract de racordare cu operatorul de rețea pentru o putere absorbită din rețea de minim 11 kW sau chiar mai mult, anume de încărcare rapidă la acest nivel de putere începând de la 7 kW în sus, raportat la sistemul fotovoltaic tipic de 3 kWp, va conduce la o alimentare directă de la soare parțială, diferența de putere necesară fiind absorbită din rețea.

“Fotovoltaicele stimulează electrificarea mobilității, încălzirii și consumurilor casnice, amplificând decarbonizarea. Beneficiul este însă maxim numai atunci când noile consumuri sunt sincronizate cu producția regenerabilă sau cu stocarea.”

Sunt expuse câteva realități simple care trebuie bine înțelese de către prosumatori și utilizatorii de rețea, inclusiv în contextul transformării lor, voit sau fortuit în utilizatori activi de rețea.

1.10. Capacitatea de stocare a energiei

Pe măsură ce sistemele de stocare a energiei electrice în baterii de acumulatori devin mai accesibile în piață, respectiv în principal sunt și susținute financiar prin programe de instalare cu fonduri nerambursabile (ex. RePower EU), efectul reținerii excedentului de energie pentru autoconsum direct este mult crescut.

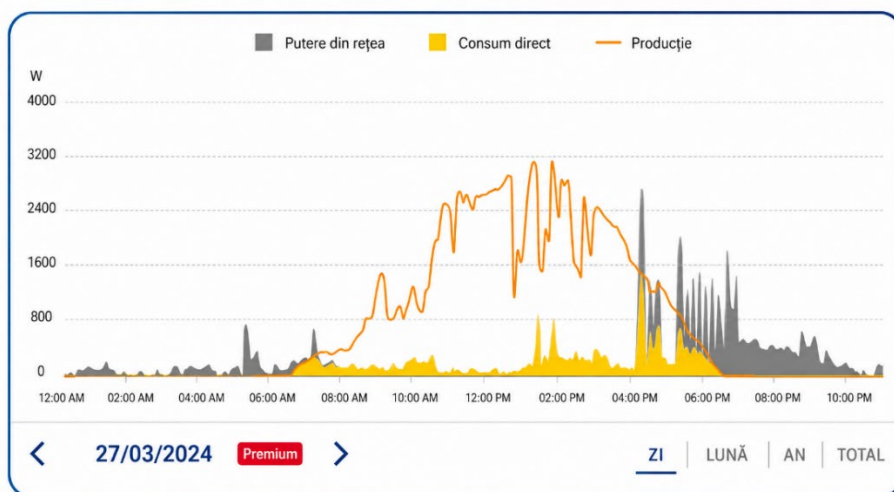


Fig. 20. – Zi tipică de funcționare prosumator rezidențial fără stocare. Sursa: platforma invertor solar, anul 2024, putere instalată 4.6 kWp, fără BESS

Sistemul de baterii electrice uzual, dar în funcție de dimensionare, mai mult decât dublează gradul de acoperire a consumului din sursa proprie fotovoltaică, contribuie semnificativ la menținerea nivelului de tensiune în limitele admise și astfel se evită situația de prosumator vulnerabil și reduce pierderile de energie suplimentare în rețeaua electrică de distribuție, atunci când puterea total injectată în sistem de prosumatorii dintr-o zonă de rețea este mai ridicată decât consumul din acea zonă.

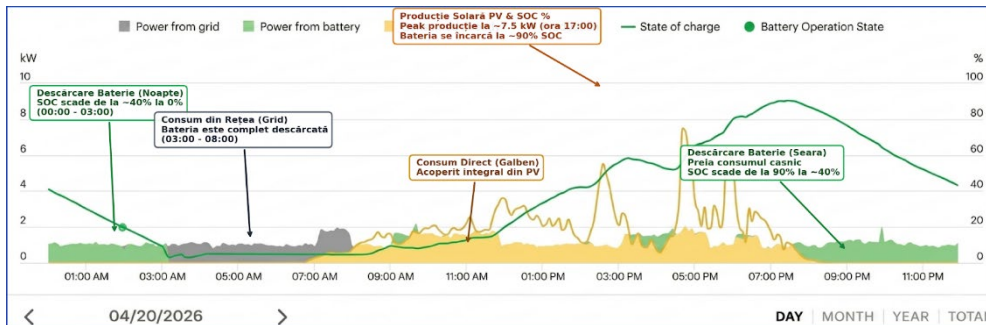


Fig. 21. – Zi tipică de funcționare prosumator cu stocare în baterii electrice. Sursa: platforma invertor solar, anul 2026, putere instalată 12 kWp, cu BESS

Captura de mai sus ilustrează o zi cu producție fotovoltaică importantă și cu încărcare aproape completă a bateriei în jurul prânzului,

urmată de descărcare controlată. Figura susține ideea că stocarea reduce dependența de rețea, dar nu elimină necesitatea conectării la aceasta.

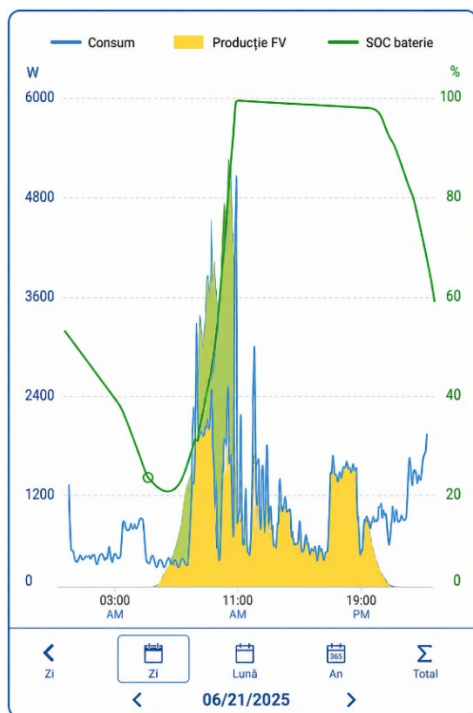


Fig. 22. – Zi tipică de funcționare prosumator cu stocare și excedent injectat în rețea.

Sursa: platforma inverter solar, anul 2025, putere instalată 10.5 kWp, cu BESS

Curba zilnică de mai sus evidențiază suprapunerea dintre producția fotovoltaică, consum, aportul din rețea, energia furnizată de baterie și starea de încărcare, respectiv realizarea unor consumuri planificate suprapuse cu producția solară. Figura evidențiază situația privind creșterea autoconsumului prin baterie: excedentul de la prânz este preluat în acumulator și restituit ulterior, reducând consumul din rețea în intervalele fără producție solară.

Fapt bine de știut pentru prosumatorii care adoptă și sisteme de stocare a energiei, este că aceste capacități nu trebuie descărcate total, astfel încă de la început trebuie setat un nivel minim de descărcare până la aprox. 10-15%, respectiv nu trebuie încărcate până la limita maximă, tot așa fiind necesară setarea unui prag maximal de 90-95% din capacitatea totală, ca recomandare de exploatare. Ținând cont de aceste praguri min-max, reiese o capacitate efectiv utilizabilă a bateriei de acumulatori, de aprox. 75-80% din capacitatea nominală totală, pe care autorii o consideră rezonabilă.

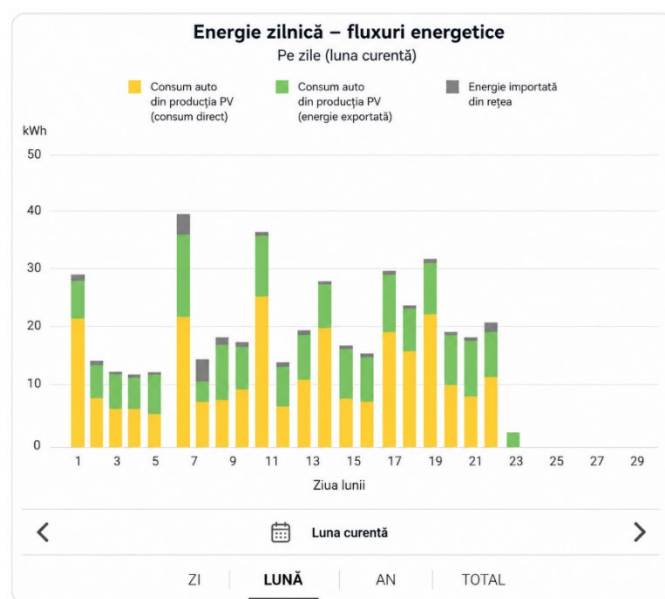


Fig. 23. – Statistică zilnică – grad acoperire consum prosumator cu stocare (vara).

Sursa: platforma invertor solar, anul 2026, putere instalată 10.5 kWp, cu BESS

Pentru bateriile LFP (*Lithium Iron Phosphate*)/grafit, literatura experimentală indică avantajul exploatării într-o fereastră intermediară a stării de încărcare, evitând atât descărcările totale, cât și menținerea și ciclarea repetată la SOC ridicat. O fereastră de aproximativ 20–80% SOC (Jiang, 2014) poate fi utilizată ca reper conservator pentru exploatarea curentă, fiind demonstrată experimental ca având o stabilitate ciclică superioară ciclării la extremele SOC (Ruba, 2023). Pragurile efective trebuie însă corelate cu chimia celulei, temperatura, *C-rate*, profilul de utilizare și condițiile de garanție ale producătorului.

Reprezentarea zilnică sub formă de niveluri arată împărțirea consumului între energie autoconsumată direct, energie furnizată din baterie și energie preluată din rețea. Această captură susține afirmația că stocarea modifică structural bilanțul energetic al prosumatorului, nu doar prin reducerea injecției, ci și prin creșterea ponderii consumului acoperit din sursa proprie.

De asemenea, încă din etapa de instalare poate fi setată o rată de încărcare și mai ales de descărcare a bateriei electrice, cu scopul de a o exploata de durată, pentru a o corela cu receptoarele de consum.

Această optimizare în sensul creșterii gradului de acoperire consum din sursa proprie, folosind și capacitatea de stocare a energiei electrice poate fi ajustată prin setări de tip *trial and error* sau poate fi înglobată într-un sistem de management energetic, care pe baza

monitorizării, identificării tiparelor de consum și de producție, pe baza prognozei și a controlului receptoarelor, dar și a curbei de consum în ansamblu, să efectueze automat reglaje, astfel încât utilizatorul de rețea să fie activ, în sensul atingerii unor ținte de performanță, și responsiv în sensul cerințelor rețelei și stimulentele venite din piața de energie.

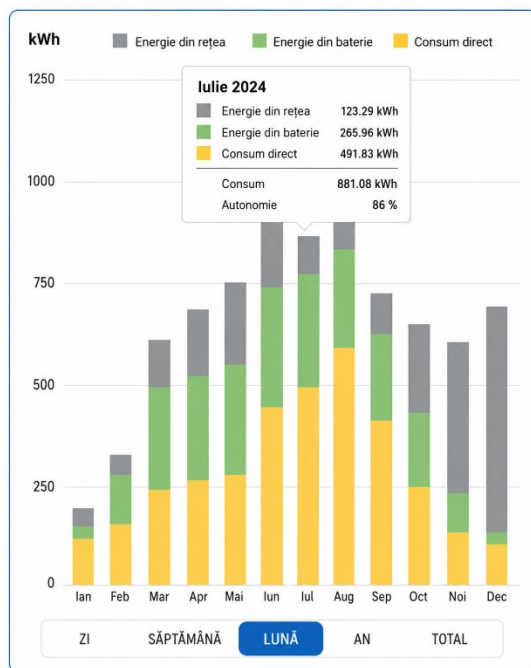


Fig. 24. – Statistică lunară – grad acoperire consum prosumator cu stocare. Sursa: platforma inverter solar, anul 2024, putere instalată 10.5 kWp, cu BESS

Bilanțul lunar/anual prezentat mai sus indică nivelul de autosuficiență, consumul total și contribuția bateriei la acoperirea consumului. Figura este relevantă pentru exemplul comparativ de prosumator cu stocare, deoarece arată numeric și vizual că bateria transferă energia produsă în exces din perioadele însorite către consumul de seară/noapte.

Alternativ, există și varianta de stocare a energiei excedentare în conturul anvelopei clădirii, prin sistemele tehnice de încălzire și răcire, prin setări de suprarăcire sau supraîncălzire, atunci când există excedent de energie din sursa regenerabilă locală sau dimpotrivă atunci când se dorește oprirea acestor sisteme, cu scopul de aplatizare a curbei de sarcină și evitare a vârfurilor de consum din rețea, într-o piață de energie cu tarife de tip binom și diferențiate orar.

Utilizarea stocării în creșterea capacității unui utilizator activ al sistemului energetic de a răspunde la cererea pieței este de asemenea o

soluție actuală, exemplificată și prin sistemul de monitorizare energetică de mai jos:

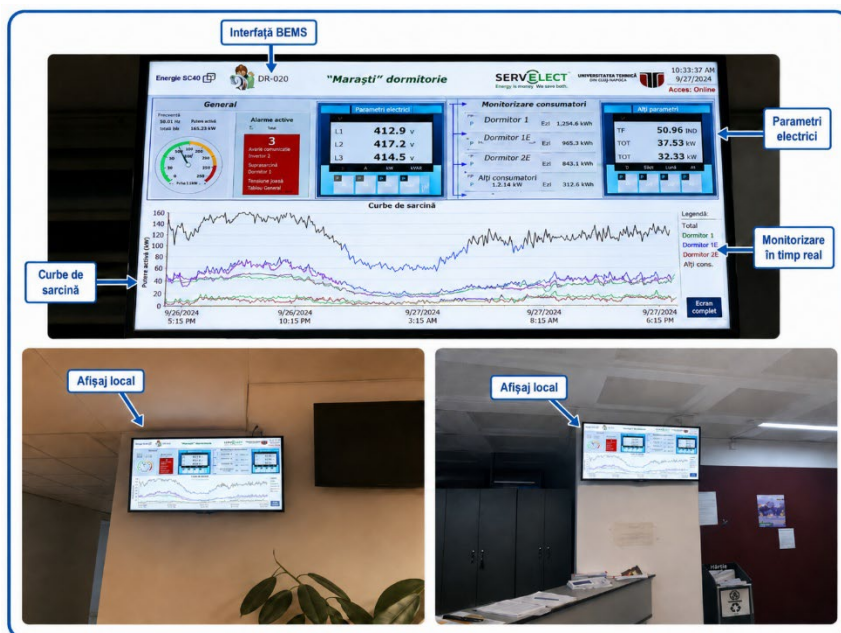


Fig. 25. – Monitorizarea consumului energetic în clădirile UTCN în testarea răspunsului la cerere – *Demand Response*

Alternativă directă dar nu oricând eficientă ca soluție de stocare la bateria de acumuloare electrice, poate fi și așa numitul *buffer* sau rezervor de apă caldă menajeră, în situația în care este sau poate fi prevăzut cu o rezistență electrică. Practic, atâta timp cât este disponibil solar excedentar restului de consum din casă, acest excedent poate fi utilizat parțial pentru a ridica și menține temperatura apei în acest rezervor și astfel se evită consumul de gaz metan de la centrala termică, uzual murală. Este de reținut că energia electrică produsă chiar local cu o sursă în care s-a investit, merită valorificată, nu consumată.

Dacă sistemul de încălzire are ca sursă o pompă de căldură, cu atât mai mult prepararea apei calde de uz domestic merită realizată, în funcționarea sincronizată sistem fotovoltaic – pompă de căldură pe timp de zi, inclusiv cu supraîncălzirea apei în rezervorul de stocare apă caldă, pentru a se reduce durata de utilizare a pompei de căldură când nu mai este producție solară disponibilă. În acest ultim caz, eficiența producerii de apă caldă menajeră este semnificativ mai ridicată, direct proporțională cu coeficientul de performanță al pompei de căldură, raportat la încălzirea rezistivă directă a apei în tancul de stocare.

Capacitățile de stocare însă pot avea și un cu totul alt rol în raport cu sistemul electroenergetic în care sunt integrate distribuit, respectiv în beneficiul utilizatorilor, deveniți clienți activi ai SEN. Astfel, dacă pe timpul nopții, capacitatea deja cel puțin parțial descărcată intră din nou în regim de încărcare alimentată cu energie electrică ieftină din rețea, pentru că automat printr-o aplicație beneficiarul este anunțat că energia are un preț atractiv, iar acest fenomen este în principal cauzat în multe nopți de producția eoliană crescută, practic gradul de acoperire de data aceasta a consumului din surse regenerabile crește. Vorbim de participarea agregată a prosumatorului într-o piață de echilibrare pusă de la dispoziție de furnizor.

Mai mult, capacitatea încărcată peste noapte va deservi auto-consumul și va limita cu potențial semnificativ vârful de sarcină, agregat la nivel național. Dacă luăm în calcul 100.000 de prosumatori cu câte o capacitate individuală de 5 kWh și o rată de descărcare seara de 3 kWh/oră, ajungem la o baterie electrică virtuală de aprox. 300 MW putere de descărcare, cu o durată de minim o oră asigurare autoconsum individual. Iată de ce piața de energie trebuie să se transforme într-una a serviciilor de flexibilitate la care și consumatorii și prosumatorii să poată participa, în calitate de utilizatori activi agregați.

Profilul de mai jos arată o zi cu consum acoperit total din rețea și cu contribuție nulă a producției fotovoltaice, respectiv fără încărcarea bateriei. Imaginea reflectă mesajul de „non-independență energetică”: prosumatorul rămâne dependent de rețea în intervalele fără producție și fără rezervă suficientă de stocare – o zi tipică de iarnă.

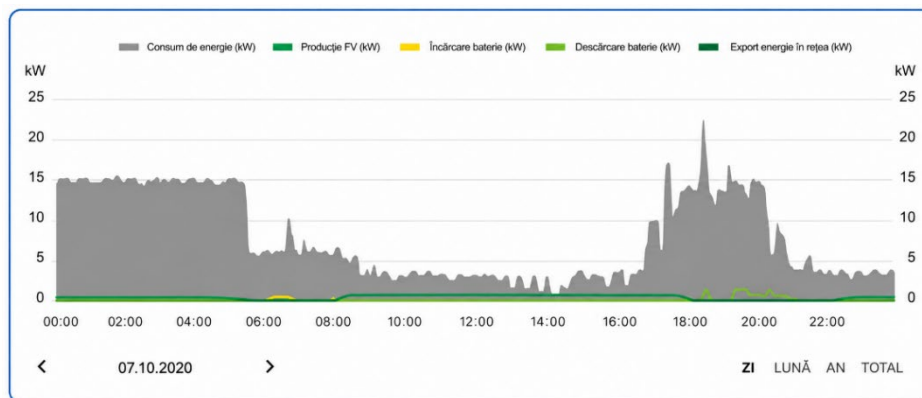


Fig. 26. – Consum tipic al unui prosumator, inclusiv cu încărcare vehicul electric, pe durata sezonului rece – producție solară nesemnificativă. Sursa: platforma invertor solar, anul 2020, putere instalată 36 kWp, fără BESS

Desigur, această flexibilitate direct asociată cu tarife diferențiate orar încurajează și încărcarea autovehiculelor electrice pe timp de

noapte, dacă energia din rețea este ieftină, respectiv stimularea planificării unor consumatori în acest regim de noapte. Ideea este de a flexibiliza utilizarea capacităților de stocare a energiei, în directă legătură cu prețul diferențiat orar al energiei.

“Stocarea mută energia din momentul producerii în momentul nevoii. Crește autoconsumul, reduce injecția excedentară și presiunea asupra rețelei și transformă bateria din simplă rezervă într-un instrument de flexibilitate.

Este de așteptat ca din avansul tehnologic al sistemelor de stocare în baterii electrice, dar și din modul lor de ambalare și comercializare să avem o instalare masivă și de baterii cu densitate ridicată de energie, dar portabile, care se vor introduce simplu în prizele (*plug and play*) instalațiilor interioare și vor fi integrate, monitorizate și chiar controlate de către agregatori – furnizori de energie – fenomenul posibil de *home battery*.

1.11. Mentenanța și durabilitatea sistemelor fotovoltaice

Reflectăm și asupra modului în care va fi abordată menținerea în funcțiune de durată a sistemelor fotovoltaice, în contextul în care cele mai multe au fost instalate prin programul de finanțare Casa Verde Fotovoltaic, cu o contribuție minimă din partea beneficiarilor.

Statistic după 5-7 ani de funcționare o bună parte din invertoarele instalate vor avea defecțiuni care vor face necesară înlocuirea lor, ca sistemul să continue să funcționeze. Costul unui inverter în prezent este în medie de aprox. 0.2-0.5 euro/W instalat, la o putere tipică de 3 kW costul necesar de reinvestire fiind de minim 600 euro, la care se vor adăuga și cheltuielile cu deinstalarea echipamentului defectat și instalarea celui nou.

“Investiția într-un sistem fotovoltaic nu se încheie la punerea în funcțiune. Performanța pe termen lung presupune mentenanță, curățare, monitorizare și provizionarea din timp a costurilor de înlocuire a echipamentelor.

Cu atât mai mult cu cât funcționarea este în regim excedentar de producție a energiei, stare care crește nivelul de tensiune în rețea, invertoarele se vor defecta mai frecvent și mai repede. Piața instalatorilor de fotovoltaice este deja pregătită și pentru înlocuirea acestor echipamente o dată la câțiva ani.

Aceste aspecte trebuie popularizate încă de la început de către beneficiari, de către operatorii de programe de finanțare, cu implicarea instalatorilor, ca vectori de informare și instruire corectă.

1.12. Incrementul de cost fotovoltaic în construcțiile NZEB

Cerința de construire conform Țintelor de performanță energetică pe zone climatice și categorii de clădiri, inclusiv rezidențiale, în standardul *Nearly Zero Energy Building* (NZEB), deși este în vigoare din 2021, constatăm că în sectorul clădirilor rezidențiale nu se respectă, nu se verifică, nu se materializează.

Dincolo de necesarul de consum energetic impus de acest standard, condiția ca minim 30% din acest necesar să fie acoperit din surse regenerabile locale se poate îndeplini doar dacă la nivelul clădirii se prevede sistem fotovoltaic, respectiv dacă încălzirea și răcirea sunt asigurate cu o sursă pompă de căldură, în cel puțin cea mai puțin costisitoare variantă de tip aer-apă.

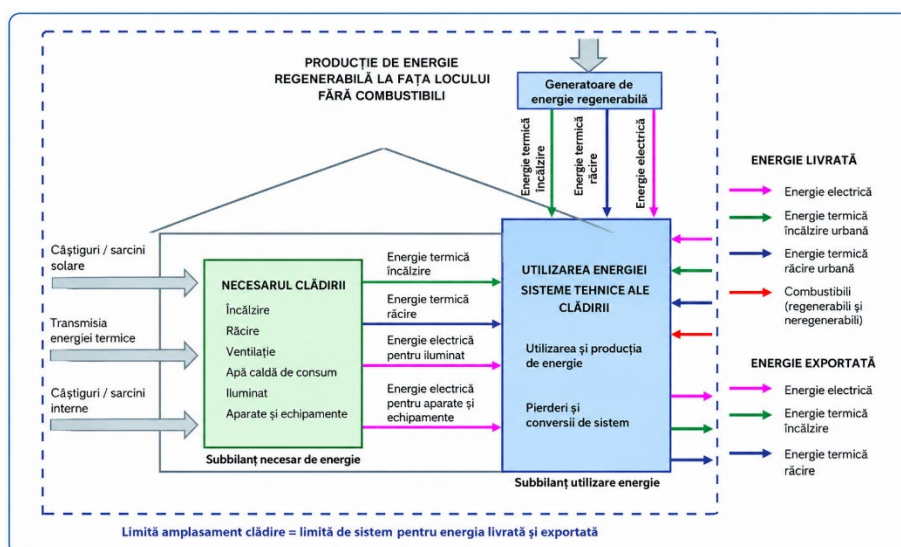


Fig. 27. – Reprezentarea sistemelor tehnice ale unei clădiri și balanței energetice aferente clădirii și sistemelor tehnice

Deși sistemele fotovoltaice au ajuns accesibile la nivel de cost investițional, în momentul construirii fiindcă cerința NZEB nu este real verificată, dezvoltatorii imobiliari și cei care își construiesc în regie proprie locuințele, adaugă această componentă doar dacă au experiența anterioară, dacă sunt convingși din mediul informal sau dacă bugetul le permite.

Dezvoltatorii imobiliari dimensionează componenta de sursă fotovoltaică limitată doar la acoperirea consumului de energie electrică pentru utilitățile comune (iluminat casa scării, lift, pompaj comun agent termic de la centrala de bloc sau de scară), atât din motive de limitare cost investițional, cât și din faptul că nu există o legislație clar aplicabilă privind repartizarea producției de energie din sursa în acest caz comună a blocului, la nivelul tuturor locuințelor.

Din acest motiv, este prioritar ca legislația secundară privind comunitățile de energie să fie operaționalizată, blocurile de locuințe, prin asociațiile lor de proprietari și până la urmă persoanele care trăiesc în fiecare locuință fiind beneficiari principali.

În România, statistic costul cu sursa regenerabilă fotovoltaică, raportat la costul total de achiziție teren și construire nu depășește 2-4%, costul cu sursa regenerabilă pompă de căldură nu depășește 5-7%, costul adițional de construire în standardul NZEB, față de construirea convențională nu depășește 20-25%.

“Costul suplimentar al tehnologiilor regenerabile trebuie raportat la întreaga durată de viață a clădirii, nu doar la investiția inițială. NZEB trebuie să devină performanță energetică reală, nu doar conformare formală.”

Beneficiile trebuie privite pe termen lung, pornind de la reducerea costurilor cu factura de energie, continuând cu creșterea valorii imobilului, ca beneficii individuale directe, și continuând cu cele de la nivel societal prin efectul de decarbonizare pe care fiecare locuință în parte îl poate avea, prin contribuția la reducerea dependenței de surse primare de energie care se importă, în același timp în care sigur conștientizăm că tehnologiile regenerabile sunt în prezent în mod covârșitor importate.

1.13. Fotovoltaicele la bloc

Revenind la cazul blocurilor de locuințe nou construite sau la un potențial și așteptat val al fotovoltaicelor de la bloc, prima chestiune care merită adusă în discuție este faptul că sursa fotovoltaică va fi una comună, cu valorificarea energiei produse proporțional cu suprafața locuințelor, sau cu nivelul de investiție al fiecărui proprietar de locuință și nu neapărat cu nivelul de consum individual.

Așa cum valul fotovoltaicelor instalate pe casele individuale a avut o dinamică extraordinară, tot așa și un nou val al fotovoltaicelor la bloc poate fi cu impact și trebuie bine pregătit astfel încât energia produsă să

fie utilizată direct și de către locatari, nu doar pentru acoperirea consumului pentru serviciile de utilitate comună, enumerate mai sus.

Acest lucru poate fi realizat doar prin înființarea unor comunități de energie suprapuse cu asociațiile de proprietari, pentru a diferenția energia electrică utilizată de fiecare locuință provenind din cele două surse, rețeaua electrică de distribuție și sursa regenerabilă locală. Posibil paradoxal, tocmai suprapunerea cu asociațiile de proprietari poate reduce semnificativ inițiativele de formare și funcționare a comunităților de energie, din motive administrative și organizatorice care au limitat și volumul de renovări de blocuri de locuințe.



Fig. 28. – Sisteme fotovoltaice la bloc – proiect implementat în Polonia

Există și varianta individuală de instalare sisteme fotovoltaice de balcon, care să se racordeze direct în instalația de utilizare a fiecărui apartament. Sunt deja cazuri de instalare, mai mult artizanală, foarte posibil fără respectarea unor prevederi legale privind intervențiile la fațadele blocurilor și fără actualizarea modificărilor realizate în instalația electrică de utilizare. Tocmai din aceste motive, autoritățile publice și operatorii de programe de finanțare nerambursabilă dedicată, ar trebui să reglementeze clar instalarea acestor sisteme.



Fig. 29. – Sisteme fotovoltaice instalate artizanal – imagine generată artificial

Instalarea unui sistem fotovoltaic la bloc este în cele mai multe cazuri posibilă pe terasa sau învelitorile de tip șarpantă, dar și la nivelul fațadei și practicat deja la nivelul balcoanelor, aspecte exemplificate în imaginile din acest paragraf, mai mult sau mai puțin estetic.



Fig. 30. – Sisteme fotovoltaice proiectate pe șarpantele unor blocuri de locuințe din Alba Iulia. Sursa: documentație tehnică, anul 2025, putere instalată 3x18 kWp, cu BESS

Într-o simulare realizată pentru un grup de blocuri de locuințe din Alba Iulia, se arată mai jos producția solară fotovoltaică (verde), raportată la nivelul de consum de energie electrică (galben), exprimând astfel gradul de autoconsum lunar și excedentul solar de peste vară.

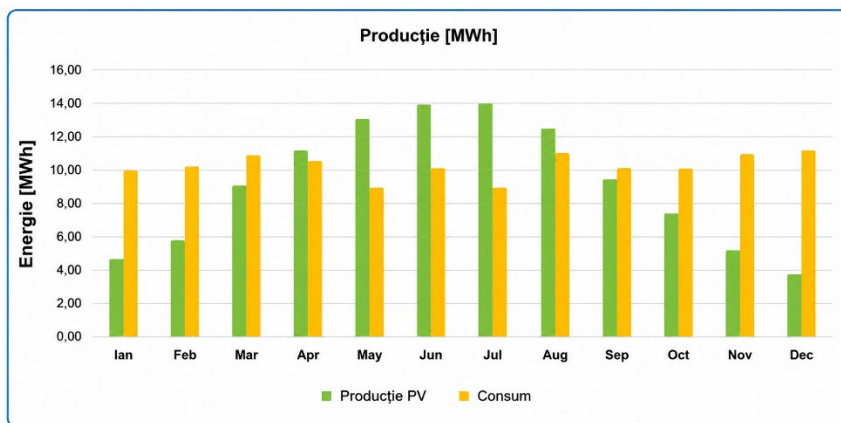


Fig. 31. – Producția și consumul de energie electrică estimate pentru grupul analizat de blocuri de locuințe din Alba Iulia. Sursa: documentație tehnică, anul 2025, putere instalată 3x18 kWp, cu BESS

Mai mult, așa cum deja s-a dovedit din plin în cazul fotovoltaicelor de pe case, aceste sisteme ar trebui cuplate cu surse de stocare a energiei,

după caz, în funcție de dimensiunea consumului, respectiv cu sisteme de încălzire și răcire, bazate pe pompe de căldură și cu stații de încărcare vehicule electrice în parcurile aferente blocului, mai ales dacă sunt în proprietatea locatarilor, respectiv realizată o corelare directă cu sistemele de contorizare ale operatorului de rețea, care sisteme înlocuite după caz cu contoare inteligente, să fie accesibile pentru vizualizare date energetice și locatarilor din bloc, în mod obligatoriu.

Investițiile în sisteme de încălzire-răcire cu pompe de căldură și stații de alimentare vehicule electrice, ca echipamente atrase de instalarea fotovoltaicelor, implică creșterea puterii electrice instalate și vin cu o presiune directă asupra dezvoltării și modernizării rețelelor electrice. Un calcul simplu privind puterea electrică total agregată la nivelul unui oraș indică cel puțin o triplare față de nivelul actual, aspect care trebuie bine planificat în tranziția energetică spre neutralitate climatică.

Contorizarea energiei începând de la intrările/ieșirile în/din conturul energetic al unui bloc, în raport cu rețeaua electrică și dinspre sursa locală de energie și continuând cu contorizarea inteligentă și accesibilă și locatarilor pentru fiecare locuință, respectiv pentru utilizările comune (lift, iluminat scări, centrală termică de bloc etc.) este primul pas care trebuie clar reglementat și pus în practică atunci când se instalează un sistem fotovoltaic pe bloc.

“Următorul val fotovoltaic poate fi cel al blocurilor, dar succesul său depinde de formarea de comunități de energie pentru partajarea energiei între locatari prin contorizare inteligentă și integrarea producției cu stocarea, la care se pot adăuga încălzirea și mobilitatea electrică.

Instalarea și utilizarea unui sistem fotovoltaic la bloc, cu sau fără capacitate de stocare a energiei, ar trebui să aibă din start obiectivul de maximizare grad acoperire consum în bloc, pentru toate utilizările de energie. Astfel, dacă peste zi consumul în apartamente este normal redus, excedentul de producție fotovoltaică să poată fi utilizat automat și prin notificări în aplicația de gestiune energetică accesibilă utilizatorilor, pentru încărcarea de vehicule electrice în parcuri sau pentru producerea de apă caldă menajeră într-o centrală de bloc, în raport cu prețul energiei oferit de furnizor.

Potențialul fotovoltaic al blocurilor depinde în fiecare caz de înălțimea clădirii, de suprafața disponibilă însoțită și probabil un studiu

pe principalele categorii de blocuri poate conduce și la soluții de business relevante.

1.14. Comunitățile de energie

Acest concept apărut deja de ceva vreme cu o repetare tot mai intensă, deși este definit formal și legal în legislația europeană și națională primară, deși tatonat printr-o deja multitudine de proiecte pilot demonstrativ, are legislația operațională secundară definită prin Ordinul ANRE nr. 9/2026, respectiv Ordinul ANRE nr. 50/2026, acesta din urmă instituind inclusiv Registrul național al comunităților de energie, încă neaplicată pe scară largă.

“Comunitatea de energie mută optimizarea de la nivelul unei singure locuințe la nivel colectiv: energia se produce, consumă, stochează și valorifică împreună, pentru beneficii economice, sociale și de mediu.



Fig. 32. – Satul Buteni, jud. Arad – localitate cu peste 200 de prosumatori la un număr de aproximativ 700 de case

Într-o definiție informală, o comunitate de energie este un grup de persoane dintr-un spațiu comun, care se asociază pentru: securitate energetică, protecție și protejare consumatori vulnerabili, competitivitate economică, reducerea impactului asupra mediului.

Definirea preluată din legea nr. 123/2012 a energiei electrice și gazelor naturale (cu completările ulterioare) precizează că o **comunitate de energie a cetățenilor** este persoana **juridică** care îndeplinește, cumulativ, următoarele condiții:

a) este bazată pe o participare voluntară și deschisă și este controlată efectiv de către membri sau acționari persoane fizice, autorități locale, inclusiv municipalități, **sau întreprinderi mici;**

b) are ca principal obiectiv oferirea unor avantaje cu privire la mediu, economice sau sociale pentru membrii sau acționarii săi sau pentru zonele locale în care funcționează mai degrabă, decât acela de a genera profituri financiare;

c) se poate implica în producere, inclusiv producerea din surse regenerabile, distribuție, furnizare, consum, agregare, **stocarea energiei, servicii de eficiență energetică**, sau în servicii de încărcare pentru autovehicule electrice ori poate să furnizeze alte servicii energetice membrilor sau acționarilor săi;

În prezent pentru operaționalizarea comunităților de energie încă există o serie de recomandări privind alinierea propunerilor de amendamente legislative, elaborate de ANRE¹ și de Ministerul Energiei² privind comunitățile energetice cu

- i. Directiva (UE) 2019/944 din 5 iunie 2019 privind normele comune pentru piața internă de energie electrică ("**Directiva 944**")
- ii. Legea 123/2012 a energiei electrice și a gazelor naturale ("**Legea 123**")
- iii. Ordonanța de urgență 163/2022 pentru completarea cadrului legal de promovare a utilizării energiei din surse regenerabile, precum și pentru modificarea și completarea unor acte normative ("**OUG 163**");

Ministerul Energiei a inclus experți din societatea civilă, din facultăți cu profil tehnic și reprezentanți ai comunităților de energie existente în procesul de elaborare a reglementărilor pentru CEC/CER. În acest context, autorul în colaborare cu Avocat Laura Neacșu, în calitate de doctorand al Universității Tehnice din Cluj-Napoca a pregătit și transmis următoarele observații de ordin juridic, cu privire la cele două propuneri de reglementare a comunităților de energie, elaborate de ANRE și de echipa ME:

Motivație

«În vederea elaborării unui cadru legislativ național referitor la comunitățile de energie din surse regenerabile (CER) și la comunitățile de energie a cetățenilor (CEC), care să fie deopotrivă coerent, aplicabil și funcțional, apreciem că este imperios necesar ca acesta să fie **unitar** – anume prin elaborarea **unui singur act normativ cadru**, evitându-se astfel, pe cât posibil, necorelările și trimiterile la multiple acte normative secundare sau concurente, respectiv să **răspundă la necesitățile reale ale pieței de energie din România și să țină cont de specificul social și economic național**.

¹ <https://anre.ro/anunt-modele-comunitati-de-energie-ce/>

² Recomandări transmise de Echipa ME membrilor din Grupul de Lucru în 30 septembrie 2024.

În acest sens, apreciem că în cadrul elaborării propunerilor de reglementare ale CEC/CER, este necesar ca într-un prim pas să se unifice prevederile deja existente în Legea 123 și OUG 163 într-un singur act normativ, dedicat exclusiv CEC/CER, respectiv detalierea acestora să țină cont și să implementeze întocmai atât spiritul, cât și litera dispozițiilor Directivei 944, cu precădere însă următoarele principii și dispoziții:

- în vederea acordării autorizațiilor pentru capacități de producere, statele membre trebuie să stabilească criterii adecvate, care să ia în considerare "caracteristicile specifice solicitantului, cum ar fi capacitățile tehnice, economice și financiare" (art. 8 alin. 2 din Directiva 944);
- procedurile de autorizare specifice, elaborate de statele membre, trebuie să fie "simplificate și fluidizate" pentru producția mică și descentralizată și/ sau producerea distribuită și să ia "în considerare dimensiunea lor limitată și impactul lor potențial" (art. 8 alin. 3 din Directiva 944);
- statele membre trebuie să garanteze tuturor clienților dreptul de a achiziționa și a vinde energie electrică, inclusiv în agregare (art. 13 alin. 1 din Directiva 944);
- statele membre trebuie să garanteze clienților finali dreptul de a acționa în calitate de clienți activi, "fără să li se aplice obligații, proceduri și tarife tehnice sau administrative disproporționate sau discriminatorii", precum și dreptul de a "opera fie direct, fie prin agregare" (art. 15 alin. 1 din Directiva 944);

Asupra formei juridice

Față de propunerea ANRE "persoană/ entitate juridică", respectiv a Ministerului Energiei "(...) poate opta, în funcție de specificul comunității și dimensiunile acesteia, pentru oricare dintre formele juridice prevăzute de cadrul legal, cum ar fi o asociație/ asociație fără scop patrimonial, o cooperativă, o societate, o organizație non-profit sau un IMM", propunem completarea formulării referitoare la "societate" cu sintagma "societate cu personalitate juridică" pentru a se evita confuzia cu societatea simplă potrivit art. 1892 alin. 1 Cod civil; de asemenea, apreciem că sintagma utilizată de ANRE este de preferat unei enumerări limitative și poate încorpora și eventuale modificări legislative ale formelor pe care le pot lua persoanele juridice – propunem totuși completarea acesteia cu sintagma "cu sau fără scop patrimonial".

Asupra numărului de membri

Față de propunerea Ministerului Energiei ca o comunitate de energie să aibă un număr impus de membri, citat: "Forma juridică

stabilită la alineatul anterior 1, va avea un număr de 5 membri”, propunem reducerea numărului minim de membri ai CEC/CER la 2 membri (similar reglementării juridice din Austria³), pentru a nu impune limitări nejustificate în formarea de CEC/CER, respectiv pentru a ține cont astfel și de specificul așezărilor umane izolate din România, unde un număr de 5 membri nu ar putea fi asigurat.

Asupra localizării locurilor de consum și de producere ale CEC/CER

Față de propunerea Ministerului Energiei: *”Locurile de consum ale unei CEC/CER trebuie să fie situate în aceeași comună/ subdiviziuni ale acesteia, oraș sau municipiu/ subdiviziuni ale acestuia, la fel ca și unitățile de producție deținute de CEC/CER respectivă.”*, apreciem că limitarea geografică a locurilor de consum și de producere ale CEC/CER la aceeași unitate administrativ-teritorială (ex. comună/ subdiviziuni ale acesteia) constituie o piedică nejustificată în calea constituirii CEC/CER, cu precădere în zonele izolate cu populație redusă.

Dacă din rațiuni tehnice este necesară o limitare geografică (deși state precum Spania⁴ și Austria⁵ nu au impus nicio limitare geografică pentru CEC, iar pentru CER au făcut trimitere la rețeaua de distribuție comună), atunci propunem, similar reglementării calității de prosumator, ca locurile de consum și producere a CEC/CER să fie racordate la rețeaua electrică a aceluiași distribuitor concesionar.

Asupra procedurilor de autorizare

Față de propunerea ANRE: a 2 modele de CE – **cu licență** de furnizare și **fără licență** de furnizare, dar cu impunerea delegării activității de furnizare a energiei produse de CE către membrii CE de contractarea unui furnizor licențiat, respectiv a Ministerului Energiei, citată în continuare *„Licențierea comunității: 1. În vederea tranzacționării de energie electrică în cadrul și în afara acesteia, CEC/CER poate: a) să dețină o licență de furnizare a energiei electrice, b) să delege unui furnizor, în condiții comerciale, responsabilitatea tranzacționării și decontării cantităților de energie electrică. 2. În vederea tranzacționării de energie electrică produsă de către unitățile de producție deținute de către CEC/CER sau membrii acestora doar în cadrul CEC/CER, comunitățile organizate sub forma persoanelor juridice de utilitate publică fără scop*

³ <https://energiegemeinschaften.gv.at/formen-von-energiegemeinschaften/>

⁴ <https://planderecuperacion.gob.es/noticias/conoce-que-son-comunidades-energeticas-perte-erha-prtr>

⁵ <https://energiegemeinschaften.gv.at/formen-von-energiegemeinschaften/>

patrimonial sau sub forma de organizație neguvernamentală sunt exceptate de la prevederile punctului 1.”

Apreciem că impunerea CEC/CER a obligației de a obține licență de furnizare constituie o sarcină financiară și administrativă exagerată, constituind în special pentru comunitățile mici o piedică semnificativă în înființarea de CEC/CER, în principal prin prisma cerințelor de autorizare prevăzute de art. 24 alin. 3 din Ordinul 12/2015 (i.e. *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*), nesocotindu-se astfel dispozițiile art. 8 din Directiva 944.

Reglementarea autorizării unei CEC/CER trebuie să țină cont de diferențele între un operator economic care se licențiază ca furnizor în vederea realizării de profit, activitatea de furnizare reprezentând activitatea sa principală, și o CEC/CER care prin însăși natura juridică și rațiunea de constituire, nu au ca scop prim profiturile financiare, ci oferirea de "avantaje comunitare economice, sociale și de mediu" membrilor săi. Impunerea așadar a aceluiași cerințe de licențiere, reprezintă o măsură neechitabilă și disproporționată.

Propunem ca CEC/CER să obțină dreptul de a comercializa energia și de a alimenta proprii membri fără licență de furnizare, prin extinderea aplicării art. 10 alin. 4 și a alin. 6 Legea 123 în mod expres și la CEC/CER.

Respectarea și transpunerea întocmai a dispozițiilor art. 8 alin. 2 și 3 din Directiva 944 s-ar putea realiza prin reglementarea funcționării CEC/CER în temeiul unei decizii de confirmare a CEC/CER emisă de ANRE, similară cu aceea a sistemelor de distribuție închisă, cu acordarea CEC/CER a drepturilor complementare de furnizare și distribuție a energiei produse în CEC/CER, atât în ceea ce privește partajarea acestora între membrii CEC/CER, cât și în ceea ce privește vânzarea energiei produse de CEC/CER pe piețele de energie centralizate, ori prin contracte bilaterale în afara piețelor de energie centralizate.

Asupra drepturilor membrilor CE asupra unităților de producere

Raportat la Drepturile membrilor CEC/CER asupra unităților de producere, ANRE precizează: "Membrii CEC/CER păstrează dreptul de proprietate și folosință asupra propriilor unități de producere", iar Ministerul Energiei: "Membrii CEC/CER care dețin unități de producere „cedează/ închiriază” unitățile proprii de producere către CEC/CER”, reflectând asupra acestor precizări, opinăm următoarele:

- Impunerea membrilor unei CEC/CER a obligației de a ceda folosința propriilor unități de producere către CEC/CER este excesivă și contravine atât art. 16 alin. 1 lit. c) din Directiva 944, cât și dispozițiilor art. 63¹ din Legea 123, care prevede că *"membrii sau acționarii săi își păstrează drepturile și obligațiile în calitate de clienți casnici sau clienți activi"*;
- Adăugarea unor raporturi suplimentare de locațiune/ cedare de folosință la cadrul de reglementare și administrare a unei CEC/CER îngreunează implementarea proiectelor la o scară mică și contravine astfel dispozițiilor art. 8 alin. 3 din Directiva 944, potrivit cărora statele membre trebuie să elaboreze proceduri "simplificate și fluidizate" pentru producția mică și descentralizată și/ sau producerea distribuită și să ia "în considerare dimensiunea lor limitată și impactul lor potențial".

Asupra vânzării directe de energie între membrii comunității

Față de propunerile autorităților:

Ministerul Energiei:

„4. Facturarea energiei partajate se realizează astfel:

a) În cazul în care CEC/CER deține licență de furnizare a energiei electrice, CEC/CER tranzacționează surplusul de energie electrică realizat în cadrul comunității în conformitate cu legislația aplicabilă privind comercializarea energiei electrice și cu prevederile stabilite la punctul 3.

b) În cazul în care CEC/CER delegă responsabilitatea tranzacționării și decontării cantităților de energie electrică unui alt furnizor, furnizorul CEC/CER are obligația de a respecta regulamentele și principiile stabilite de membrii comunității energetice, inclusiv ordinea de prioritate prevăzută la punctul 3, și obligația de a achiziționa surplusul de energie electrică realizat în cadrul comunității la același preț stabilit pentru membrii CEC/CER.

5. Profitul rezultat în urma tranzacționării surplusului realizat de unitățile de producție din cadrul CEC/CER se repartizează pro-rata către unitățile de producție din cadrul CEC/CER în funcție de contribuția fiecărei unități de producție din cadrul CEC/CER și regulile stabilite în cadrul acesteia în luna n+1 pentru luna n."

ANRE:

Model 1 – CE **cu licență** - CE deține licență pentru activitatea de furnizare energie electrică și vinde energia electrică produsă din capacitățile energetice către fiecare membru CE pe baza unui contract de

furnizare energie electrică. Modalitatea de partajare a energiei între membrii CE/stabilirea cantităților alocate fiecărui membru CE din energia produsă în cadrul CE se stabilește de către CE prin documentele interne. În aceste condiții, CE are toate obligațiile furnizorului de energie electrică prevăzute în Legea energiei electrice și a gazelor naturale nr. 123/2012, cu modificările și completările ulterioare (Lege nr. 123/2012), fără a exista posibilitatea acordării unei licențe de furnizare în alte condiții pentru comunitățile de energie.

Model 2 – CE fără licență – Membrii CE beneficiază de energia produsă în cadrul CE prin intermediul furnizorilor cu care au încheiate contracte de furnizare. CE nu deține licență de furnizare energie electrică, dar are dreptul conform Legii nr. 123/2012 să vândă în piața de energie furnizorilor în calitate de deținător al capacităților energetice de producere a energiei electrice cu sau fără licență pentru exploatarea comercială sau clienților finali alimentați direct din instalațiile electrice aferente unității de producere a energiei electrice pe care le exploatează.

Raportat la aceste două abordări ale autorităților, propunem ca partajarea și facturarea energiei produse de unitățile de producere din CEC/CER între membrii CEC/CER să nu fie condiționată în niciun fel de existența unei licențe de furnizare, ori delegarea acestei responsabilități către un furnizor licențiat, ci aceasta să fie permisă automat tuturor membrilor CEC/CER, potrivit propriilor reglementări emise de CEC/CER și aprobate de ANRE.

Tot astfel, propunem reformularea modului de împărțire a rezultatului obținut realizat în urma tranzacționării surplusului de energie a CEC/CER către membrii CEC/CER în funcție de contoarele de măsurare a energiei electrice aferente fiecărei unități de producție din cadrul CEC/CER, evitându-se astfel sintagme ambigue precum repartizarea rezultatului obținut prin metode "pro rata".

Menționăm totodată că obligația de a vinde energia produsă de CEC/CER exclusiv printr-un furnizor reprezintă un obstacol juridic în exercitarea drepturilor de clienți activi a membrilor CEC/CER și nesocotește principiile fundamentale din reglementările europene de "autoconsum colectiv" (i.e. "*collective self consumption*") și "partajarea energiei" (i.e. "*energy sharing*").

În același sens, de simplificare a cadrului juridic în vederea facilitării implementării unui număr cât mai mare de CEC/CER, recomandăm acordarea și detalierea dreptului CEC/CER de a deține și opera micro rețele (micro-grids), similar cu dreptul acordat administratorului unui sistem de distribuție închis.

Asupra scutirilor fiscale

În timp ce ANRE nu aduce nicio prevedere în acest sens, Ministerul Energiei precizează: “7. Prin derogare de la Legea nr. 227/2015 privind Codul fiscal, cu modificările și completările ulterioare, și de la Legea nr. 207/2015 privind Codul de procedură fiscală, cu modificările și completările ulterioare, membrii CEC/CER care dețin unități de producție mai mici de 50 kW sunt exceptați/scutiți de la plata tuturor obligațiilor fiscale aferente cantității de energie electrică produsă pentru auto-consum.”

În vederea creării unui regim de scutiri fiscale nediscriminatoriu între clienții activi și prosumatori, recomandăm exceptarea/ scutirea de la plata tuturor obligațiilor fiscale aferente cantității de energie produsă pentru autoconsum a membrilor CEC/CER care dețin unități de producție mai mici sau egale cu 400 kW (și nu limitate la 50 kW), similar reglementării acestui drept pentru prosumatorii cu unități de producere cu puteri instalate de cel mult 400 kW, potrivit art. 73¹ alin. 8 din Legea 123.»

O simulare la nivel lunar a producției fotovoltaice de la nivelul a 200 de prosumatori din satul Buteni versus consumul electroenergetic al întregului sat, arată potențialul de creștere a producției solare, pentru a acoperi necesarul de consum.

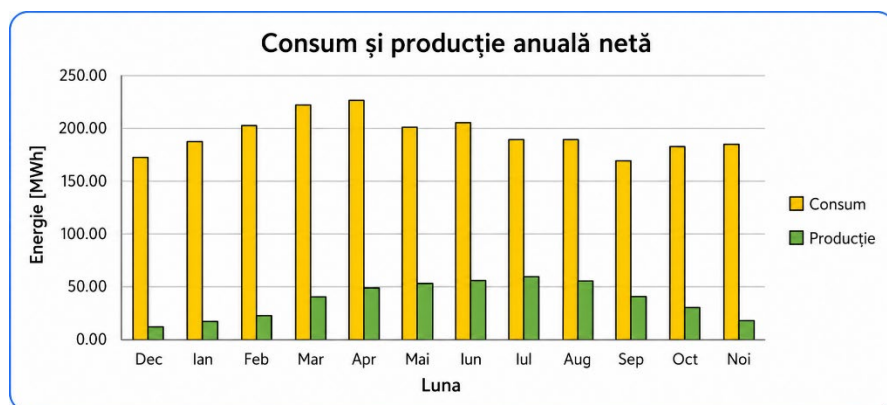


Fig. 33. – Producție vs. consum energetic pentru comunitatea Buteni nivel lunar.
Sursa: documentație tehnică, anul 2025, putere instalată 150 kWp, cu BESS

O simulare la nivel orar a producției fotovoltaice pe întreaga durată a anului arată conform graficelor de mai jos, atât gradul de acoperire subunitar al consumului, în primul grafic, dar în același timp și

un excedent de energie neconsumată sincron în rețea de către utilizatorii de rețea, energie care migrează în amonte în rețea, în afara conturului energetic al satului Buteni.

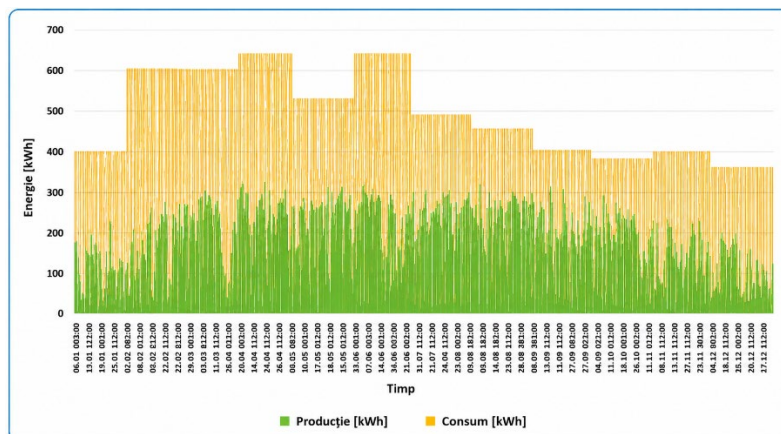


Fig. 34. – Profil orar de consum și producție la nivel CE Buteni. Sursa: documentație tehnică, anul 2025, putere instalată 150 kWp, cu BESS

Astfel, este de luat în calcul soluția de stocare a energiei, electrificarea încălzirii, stimularea mobilității electrice, utilizarea de pompe de irigare, utilaje și scule electrice la nivelul gospodăriilor, pentru a crește gradul de autoconsum direct sau prin intermediul stocării, la nivelul unei comunități de energie a cetățenilor.

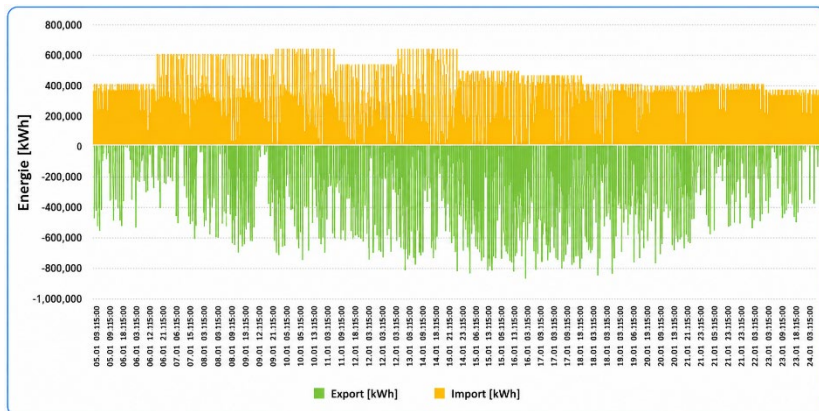


Fig. 35. – Profiluri orare de consum și producție la nivel CE Buteni. Sursa: documentație tehnică, anul 2025, putere instalată 150 kWp, cu BESS

Reflecții finale

Apreciem că revizuirea și completarea propunerilor actuale (Octombrie 2025), atât cele ale ANRE, cât și cele ale echipei ME, potrivit observațiilor prezentate mai sus, se impune în vederea alinierii cadrului legal național cu directivele europene, dar și în vederea creării unui

cadru legal flexibil, inclusiv, echitabil și nediscriminatoriu pentru toate comunitățile de energie, indiferent de dimensiunea acestora.

Am preluat toate aceste reflecții și opinii juridice emise de către Doamna Avocat Laura Neacșu, ca fiind bine și clar argumentate, necesare în punerea în practică a unui cadru de legislație secundară care să ducă la înființarea și replicarea comunităților de energie.

2. Prosumatorul public

Sisteme solare termice, dar și fotovoltaice au început să fie montate pe clădiri publice încă de mai bine de 15 ani. În mai toate cazurile acestea nefiind întreținute s-au degradat și și-au întrerupt funcționarea, iar în cazul celor fotovoltaice excedentul de energie electrică s-a livrat în rețea, fără să fie compensat cantitativ sau valoric, investițiile fiind realizate exclusiv din fonduri nerambursabile, fără cunoștințe și instruire privind asigurarea mentenanței, fără buget alocat în acest scop.

“Valul investițiilor fotovoltaice transformă autoritățile publice într-una dintre cele mai importante categorii de prosumatori. Provocarea următoare este trecerea de la simpla instalare a tehnologiei la managementul activ al energiei.”

Totuși, un număr de câteva zeci de primării au instalat sisteme fotovoltaice și prin accesarea unor credite bancare, credite de la Fondul Român pentru Eficiența Energiei (FREE) sau contracte de tip credit furnizor, în relație cu furnizori de energie sau cu operatori telecom, eventual chiar asociate cu înlocuirea aparatelor de iluminat public stradal, cu cunoștințe tehnice solide, responsabilitate asumată și instruire privind asigurarea mentenanței, fără buget alocat în acest scop.



Fig. 36. – Sisteme fotovoltaice la nivelul clădirilor publice – Municipiul Cluj-Napoca

Odată cu noul val de fotovoltaice, susținut de finanțările nerambursabile, la nivel de popularizare soluție, orice ales public din orice autoritate publică cel puțin a inițiat demersuri privind instalarea de centrale fotovoltaice.

În programele recente de finanțare nerambursabilă dedicate sistemelor fotovoltaice, PNRR și Fondul pentru modernizare, Apelul Cheie 1, din intervalul 2022-2026, au aplicat peste 2500 de autorități și instituții publice locale, din totalul de aproximativ 5000. Vom avea astfel cel mai ridicat grad de adopție a tehnologiei fotovoltaice la nivel de categorie de utilizatori de energie.

Se estimează că în prezent avem o putere instalată de peste 1.5 GWp de sisteme fotovoltaice la nivelul autorităților și instituțiilor publice, deși nu există o evidență publică aferentă doar prosumatorilor publici.

2.1. Impactul și beneficiile prosumatorului public

Orice proiect din fonduri publice primește finanțare și se contractează pentru proiectare și execuție pe baza unui Studiu de fezabilitate (SF), elaborat în prezent conform HG. 905/2015, cu completările ulterioare. Pentru programele de finanțare menționate mai sus s-au elaborat circa 3000-3500 de SF-uri, în marea majoritate de către consultanți de fonduri și tehnici, care și-au multiplicat astfel activitatea, dar și numărul în piață, concomitent cu reducerea prețurilor de consultanță, până chiar la nivelul prostituției intelectuale și livrării de maculatură *copy-paste*.



Fig. 37. – Sistem fotovoltaic clădire administrativă – Municipiul Alba Iulia

Bugetele de realizare SF-uri sunt statistic între 500 – 50.000 euro per documentație, astfel vorbim de un cost total al acestor studii suportat din fonduri proprii de către autorități și instituții publice de cel puțin

50.000.000 euro, o sumă relativ redusă în ansamblu, dar care a alimentat și susținut piața serviciilor de consultanță și mai mult a activat un număr semnificativ de prestatori de servicii.

Dacă în prima etapă a ceea ce am tot numit valul fotovoltaicelor, costul investițional se situa la peste 1.500 euro/kW instalat (anul 2022, finanțări din fonduri norvegiene), în prezent vorbim de prețuri adjudecate în plaja 350 – 600 euro/kW (jumătatea anului 2026), așadar o reducere semnificativă a costului investițional, pe fondul păstrării sau chiar creșterii sesizabile a prețului la energie.



Fig. 38. – Sistem fotovoltaic clădiri educaționale – Municipiul Alba Iulia

Nu există date centralizate și disponibile public care să indice câte autorități publice locale au instalat sau au în curs de instalare sisteme fotovoltaice, așa încât din experiența implicării active în proiecte fotovoltaice, estimarea autorilor este că per autoritate publică (pentru acoperire consum sistem iluminat public stradal și clădiri publice) vorbim de puteri instalate cuprinse în medie în palierul 100 – 999 kW, capacități fotovoltaice destinate autoconsumului.

Astfel, estimăm că până la finalul anului 2026 se va ajunge la putere total instalată agregată pentru toate autoritățile și instituțiile publice de cel puțin 1.800 – 2.000 MW în sisteme fotovoltaice, însumând un volum total de investiții de aproximativ 1,500,000,000 euro, în cea mai mare parte acoperite din granturi.

Dincolo de capacitatea care va fi instalată și de investițiile atrase – totuși aspecte importante considerate cumulativ la nivel național – impactul și beneficiile individuale ale prosumatorilor autorități publice locale constă deja în scăderea consumului de energie din SEN și implicit a facturii de energie, cu un procent constatat de către managerii energetici pentru localități de 15-30%.

Această reducere de cost energetic ar trebui evidențiată clar în costurile oricărui UAT deținător de sisteme fotovoltaice atât în programele anuale de îmbunătățire a eficienței energetice (PiEE), elaborate conform legii eficienței energetice, cât și în bugetele publice locale și la nivel de aleși publici, pentru ca mai departe economia de cost (difícil de cuantificat și evidențiat contabil) să poată fi direcționată către alte nevoi și investiții din comunitatea locală.

Raportat la inventarul de consum energetic și de emisii de gaze cu efect de seră, realizate în planurile de acțiune pentru climă și energie durabilă (PACED), sectorul clădirilor publice reprezintă între 3-5% din totalul consumului și emisiilor aferente. Astfel, dinamica instalării fotovoltaicelor va contribui la reducerea emisiilor de CO₂ asociate cu utilizarea energiei electrice, cu probabil 50-70% în sectorul clădirilor publice, mai ales dacă vor fi utilizate și capacități locale de stocare.

Prosumatorii persoane juridice din România beneficiază de mai multe avantaje importante. Instalațiile fotovoltaice (PV) pe acoperișuri, anexe sau la sol nu necesită autorizație de construire. De asemenea, nu este nevoie de autorizație de înființare a capacității energetice, dacă puterea electrică maximă injectată în rețea este sub 1 MW, fiind necesară doar notificarea ANRE la inițierea proiectului, pe parcurs și la finalizarea lucrărilor.

“Investițiile publice în fotovoltaice au creat simultan capacități energetice semnificative, o piață extinsă de proiectare și servicii și premisele reducerii costurilor publice cu energia. Impactul real trebuie însă măsurat pe întreaga durată de funcționare.

Prosumatorii cu capacități instalate de sub 1 MW sunt în prezent scutiți de obținerea licenței ANRE de exploatare comercială. În plus, sunt scutiți de achiziționarea certificatelor verzi pentru energia electrică produsă și utilizată pentru consumul final propriu.

2.2. Independența energetică între mit și realitatea funcționării

Din start precizăm că independența energetică obținută din doar instalarea unui sistem fotovoltaic pe o clădire publică este în cel mai bun caz un mesaj de marketing, lipsit de fundament. Dacă aleșii locali promovează astfel de mesaje în comunitatea lor, devine clară nevoia de informare corectă, de instruire și chiar educare pe subiect, scop în care este scris și acest conținut.

Independența energetică este în fapt un concept care se referă la state, națiuni și regiuni de pe globul pământesc, definite prin granițele

acestora și relațiile comerciale dintre ele, în directă legătură cu gradul de acoperire a nevoilor de energie din resurse și surse proprii, fără a depinde de energie sub toate formele ei din importuri și sub presiunea unor factori politici sau de comerț dezavantajos.

Totuși, independența energetică poate fi exprimată și la nivel de utilizator individual de energie, în condițiile în care acesta își acoperă integral nevoile energetice din surse proprii pe toată durata zilei și pe toată durata anului, caz în care ca și la nivel național, ne întrebăm cu ce efort investițional? De exemplu, pentru un consum zilnic mediu de 30 kWh, care ar trebui să fie puterea instalată în fotovoltaice și capacitatea bateriei, astfel încât 99% din zilele anului să nu trebuiască aplicate măsuri de limitare a consumului? Ce facem cu excedentul vara în acest caz? Extindem independența și pentru nevoia de încălzire?

Răspunsuri la aceste întrebări oarecum retorice demontează nevoia de independență energetică totală pentru un prosumator.

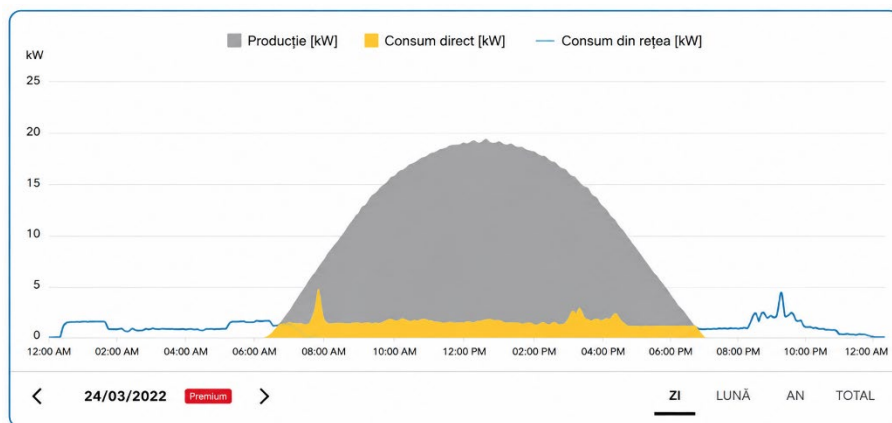


Fig. 39. – Producție versus consum zi nelucrătoare la o școală. Sursa: platformă inverter, anul 2022, putere instalată 32 kWp, fără BESS

Conștientizăm așadar că un grad de independență energetică orice prosumator poate atinge, pe durata zilei atunci când își acoperă integral consumul din sursa fotovoltaică proprie, în același timp în care această stare de fapt îi permite să și exporte în rețea excedentul de energie, dar în toate celelalte momente depinzând de rețea și fără capacități proprii de stocare a energiei este și mai dependent de sistemul energetic național.

“Nici clădirea publică nu devine independentă energetic doar prin instalarea fotovoltaicelor. Indicatorul relevant rămâne cât din consum este acoperit efectiv din surse proprii și pentru cât timp poate eventual funcționa autonom.”

Este astfel mult mai pragmatic, dar și corect să discutăm de un indicator numit grad de acoperire consum din sursa proprie, fie această sursă instalată la nivelul unei clădiri publice, și eventual durată de asigurare a autonomiei energetice, în loc de termenul de independență energetică a prosumatorului public, corect pentru ca utilizatorul de rețea să înțeleagă funcționarea reală în care se află, corect pentru ca cei care finanțează decarbonizarea și modernizarea sistemelor energetice să o facă durabil și păstrând necesitatea conectării la rețea.

Rămâne pe termen mediu și lung de clarificat cum se va gestiona excedentul de energie fotovoltaică de peste zi, care în sezonul cald și în cazul clădirilor educaționale în vacanțe apare și este semnificativ, o posibilitate fiind aceea de-al utiliza în alte clădiri publice aparținând autorității publice, în cadrul unei comunități de energie.

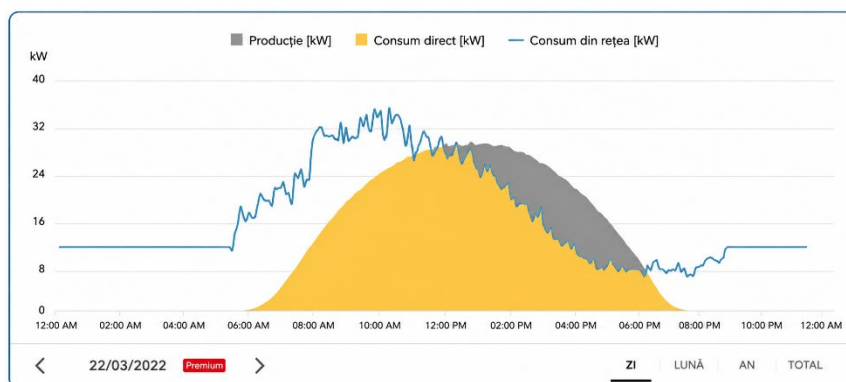


Fig. 40. – Producție versus consum într-o zi de școală. Sursa: platformă invertor, anul 2022, putere instalată 49.9 kWp, fără BESS

Dincolo de utilizarea energiei produsă local, din această situație apare și necesitatea mai puțin conștientizată a racordării la rețea, ca acest excedent disponibil să poată fi livrat în rețea și consumat de alți utilizatori din categoria de exemplu de consumatori vulnerabili.

2.3. Contorizarea inteligentă și oportunități neexploatate

La granița dintre utilizatorul de rețea și Sistemul Energetic Național (SEN), adică rețeaua de distribuție a energiei, este sistemul de contorizare, care și în cazul prosumatorului public este cu 4 (patru) cadrane, adică înregistrează energia activă și reactivă consumată, luată din rețea, și energia activă și reactivă produsă și livrată în rețea.



Fig. 41. – Sistem de contorizare și monitorizare energetică prosumator public

Noutatea și marea oportunitate este că acest sistem de contorizare denumit martor, apărut odată cu sistemul fotovoltaic este așa-numit de tip inteligent, *smart metering* și cel mai important este accesibil printr-o platformă software pentru beneficiar, pe orice terminal de tip telefon mobil, laptop sau desktop, cu un cont de identificare și parolă de acces.

Autoritățile publice locale pot solicita sau realiza integrarea într-o singură platformă a acestor sisteme de contorizare și implicit vizualiza integrat atât consumul de energie, cât și producția locală, respectiv agregat pentru tot fondul de clădiri publice. O integrare completă, la nivelul întregului portofoliu public, rămâne încă rară, dar odată cu sistemele fotovoltaice pare să devină posibil, tocmai această integrare a consumurilor și producției locale de energie, constituie o platformă valoroasă de management energetic pentru obiectivele publice.

Acest acces direct al utilizatorului public de rețea, atât individual la nivel de clădire, cât și agregat, îi permite să-și vizualizeze nu doar producția de energie, scopul de bază al aplicației software care însoțește sistemele fotovoltaice, ci și consumul de energie suprapus cu producția, tiparul de consum pe care utilizatorul îl are pentru fiecare clădire și categorie de clădiri, la nivel zilnic, în orele dimineții, peste zi, seara și noaptea, cantitatea de energie utilizată zilnic, săptămânal, lunar și anual și în oglindă și producția locală.

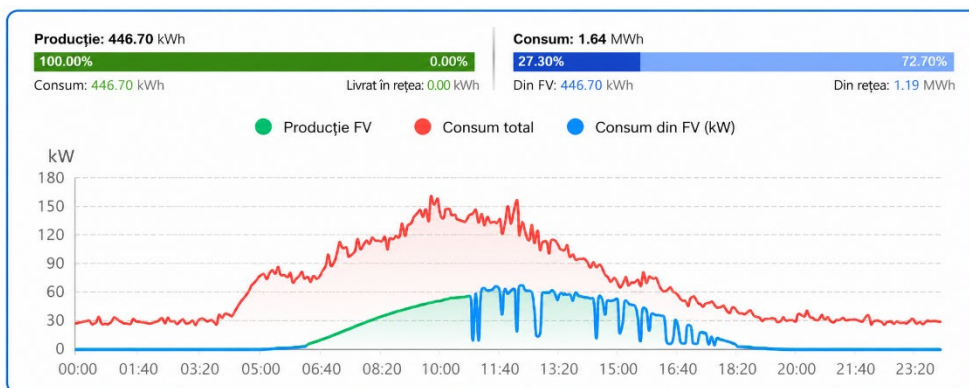


Fig. 42. – Consum versus producție zi tipică lucrătoare clădire universitate. Sursa: platformă inverter, anul 2025, putere instalată 65 kWp, fără BESS

Toate aceste date energetice vizualizate în mod repetat, eventual de către un manager energetic pentru localități, dar mai ales local în fiecare clădire publică de către administratorii de patrimoniu, instruiți în prealabil în acest scop, produc conștientizare, identifică receptoarele responsabile de consum, declanșează un comportament voluntar motivat de schimbare a tiparului de consum, sincronizat cu producerea de energie de peste zi, posibil de reducere a vârfurilor de consum de dimineața și seara.

În afara prosumatorului considerat individual, la nivel de agregare a acestora într-o singură centrală virtuală aparținând autorităților publice, avem oportunitatea formidabilă de a folosi toate aceste sisteme inteligente de contorizare pentru date agregate, atât la nivel de curbă cumulată de consum, cât și de producție de energie, în cazul ambelor regimuri, cu scopul de a le valorifica profilul agregat de sarcină și capacitatea de reglaj, de control al curbei de sarcină, respectiv a curbei de producție excedentară, în termeni în principal de putere redusă sau injectată în raport cu rețeaua, într-o piață care stimulează flexibilitatea utilizatorilor de rețea, inclusiv prin prețuri diferențiate orar.

“*Agregarea datelor energetice ale clădirilor publice poate transforma sistemele fotovoltaice într-o adevărată platformă municipală de management energetic, capabilă să optimizeze simultan consumul și producția locală.*”

Profilul zilnic prezentat mai jos arată variația consumului, producției și aportului din rețea într-o zi cu producție fotovoltaică care încarcă bateria în prima parte a zilei, rămânând un excedent semnificativ nevalorificat. Este util pentru a arăta cum platforma de monitorizare

permite identificarea vârfurilor de consum și a intervalelor în care consumul poate fi mutat voluntar spre orele cu producție solară.

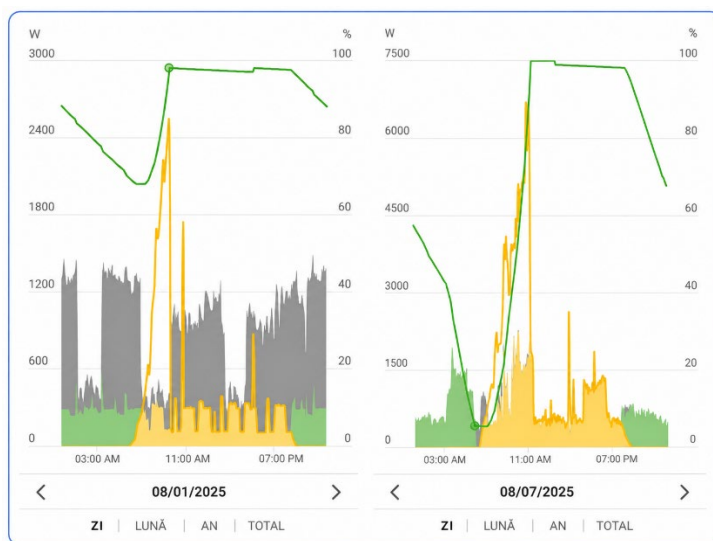


Fig. 43. – Prosumator cu stocare limitată iarna și vara. Sursa: platformă invertor, anul 2025, putere instalată 10.5 kWp, cu BESS

Aceeași curbă zilnică de mai sus ilustrează un caz în care producția solară acoperă doar parțial consumul, iar importul din rețea rămâne necesar. Figura se integrează în discuția despre comportamentul de consum, deoarece face vizibil decalajul dintre producție și consum și arată de ce simpla instalare a panourilor nu produce automat optimizare energetică.

2.4. De la consumatorul pasiv la utilizatorul activ al sistemului energetic

Consumatorul denumit pasiv este cel care consumă energie din rețea oricât și oricând, la un preț al energiei nediferențiat orar, pentru a deservi toate utilizările de energie pe care le deține, fără să exercite un comportament controlat de consum. Este situația încă generalizată a utilizatorilor de rețea, iar clădirile și asset-urile publice nu fac excepție.

Prosumatorul așa cum a fost deja reflectat din mai multe perspective este utilizatorul de rețea care consumă din rețea oricât și oricând la un preț al energiei din rețea nediferențiat orar, iar din sursa proprie cât poate produce și când poate produce, astfel ca din ambele alimentări să poată deservi toate utilizările de energie pe care le deține, dar cu un comportament posibil voluntar controlat de consum.

Captura de mai jos arată încărcarea rapidă a bateriei în perioada de producție solară ridicată și descărcarea ulterioară în directă dependență de nivelul de consum (încărcarea și peste zi la început, iar apoi și seara a unui vehicul electric).

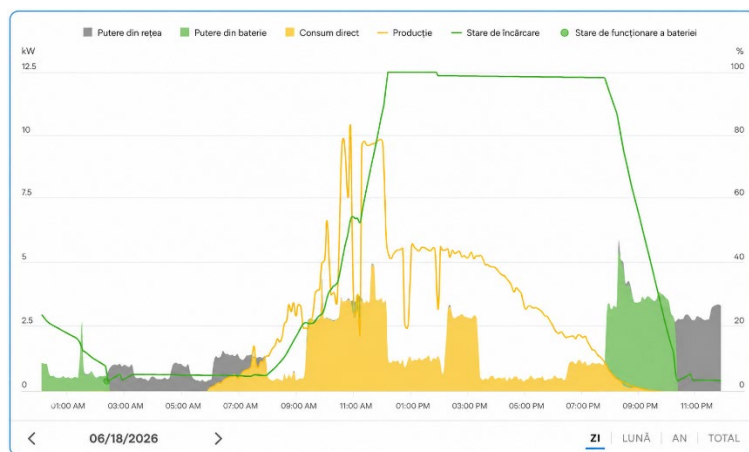


Fig. 44. – Funcționare tipică prosumator cu stocare și încărcare neoptimă vehicul.
Sursa: platformă inverter, anul 2026, putere instalată 10.5 kWp, cu BESS

Avem astfel o primă transformare putem spune în avalanșă în ultimii 3-4 ani a clădirilor publice, generic considerate consumator pasiv în prosumator, care va ține nu doar de sursa de alimentare cu energie, ci cel mai probabil tot mai mult și de comportamentul de consum.

Trecerea de la această primă transformare, până la cea în care utilizatorul de rețea ajunge să știe și să controleze cât și când și cum produce, stochează și consumă energie se face în condițiile existenței unui sistem inteligent de contorizare și utilizarea lui de către beneficiar, în special în mod automat printr-un sistem de management energetic, iar în cazul autorităților publice care au un manager energetic, prin implicarea activă a acestui rol profesional.

Este situația văzută în prezent finală până la care se poate face tranziția de la consumatorul pasiv, prin statutul de prosumator și până la cel de utilizator activ al sistemului energetic, în condițiile în care și rețeaua ca sistem fizic și piața de energie, ca sistem de tranzacționare vor oferi avantaje și beneficii acestui utilizator, numit activ al sistemului energetic.

Beneficiile constă în prețuri diferențiate orar avantajoase, chiar și de tip binom, care s-au aplicat cu succes în România în trecut – privind contractarea nu doar a energiei ci și a puterii utilizate – atât pentru consumul din rețea, cât și pentru injecția de energie în rețea, în ambele cazuri ținând cont de exploatarea optimă a sursei locale de energie,

controlul curbei de consum și încărcarea-descărcarea capacității de stocare a energiei.

Utilizatorul activ al sistemului energetic își minimizează factura de energie preluată din rețea, își maximizează gradul de acoperire consum din sursa proprie, prin controlul curbei de sarcină și prin exploatarea activă a unei capacități proprii de stocare a energiei, respective preia energie din rețea și/sau injectează energie în rețea la cerere, când prețul de achiziție sau de livrare este avantajos, sau în cazul deja prefigurat al unei autorități publice, atunci când într-o comunitate de energie formată cu toate *asset*-urile autorității publice, există necesarul de alimentare a altor clădiri sau sisteme energetice urbane (stații EV, termoficare, iluminat etc.).

Poate fi utilizator activ de energie și un consumator, fără sursă proprie și fără capacități de stocare, și acela care își controlează curba de sarcină în funcție de prețul energiei din rețea, în cazul unei piețe cu tarife diferențiate orar sau de tip binom.

De altfel, iată care sunt și definițiile oficiale ale clientului activ al sistemului energetic într-un sens mult mai larg decât cel aplicabil prosumatorilor, definiții preluate din:

- Legea energiei electrice și a gazelor naturale, nr. 123/2012 cu toate actualizările ulterioare, Art. 3, pct. 18:

“18. client activ - clientul final sau un grup de clienți finali ce acționează împreună, care consumă sau stochează energia electrică produsă în spațiile pe care le deține situate în zone limitate sau care vinde propria energie electrică produsă sau care participă la programe de flexibilitate sau de eficiență energetică, identificate ca atare prin legislația aplicabilă, cu condiția ca activitățile respectiv să nu constituie principala lor activitate comercială sau profesională;”

- Ord. ANRE, nr. 5/2023 Regulament, Art. 40:

“(1) Clientul activ este clientul care realizează oricare din următoarele activități:

a) consumă, stochează, vinde energia electrică produsă în spațiile pe care le deține, inclusiv energia produsă de unități de producere aparținând unor terți, dacă acestea sunt instalate în spațiile deținute de client;

b) participă la programe de flexibilitate sau de eficiență energetică, dacă activitățile prevăzute la lit. a) și b) nu reprezintă principala sa activitate comercială sau profesională.”

Astfel, pe lângă scopul de optimizare a costului cu energia, prin flexibilitatea asigurată rețelei de către acest utilizator activ al sistemului energetic, o motivație importantă poate fi și aceea de creștere a eficienței utilizării energiei, mai mult decât prin simpla existență și funcționare a

sistemelor fotovoltaice, respectiv de durată după renovarea majoră sau aprofundată a clădirilor publice.

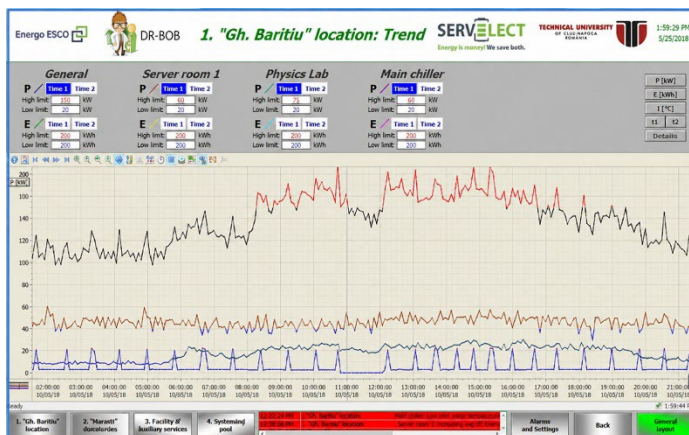


Fig. 45. – Monitorizare energetică clădiri publice agregate și eveniment de răspuns la cerere (reducere vârf de sarcină)

Să reținem și în acest caz conceptul de utilizator activ al sistemului energetic și caracteristicile care îl definesc.

Raportat la profilul de sarcină zilnică și de producție fotovoltaică, asociată cu capacități de stocare, prosumatorul public (grădinițe, școli, licee, clădiri administrative) îl caracterizăm aproape generalizat prin funcționarea într-un singur schimb de 8-10 ore/zi, prin producție excedentară în timpul zilei și consum minim în vârful de sarcină de la nivel național, respectiv gol de consum în weekend-uri.

“Clădirea publică activă nu doar produce energie: își controlează sarcina, utilizează stocarea, răspunde prețurilor diferențiate orar și poate furniza flexibilitate. Managementul energetic devine astfel parte din exploatarea patrimoniului public.

Astfel, prosumatorul public poate deveni candidatul optim pentru tranziția la utilizatorul activ al sistemului energetic care nu numai că își maximizează gradul de acoperire consum din sursa proprie, ci folosind stocarea în baterii, își poate și mai mult ridica gradul de acoperire consum (iarna) din energia excedentară preluată ieftin din rețea, și mai mult, zilnic în perioada excedentară (vara) poate livra avantajos acest excedent în vârfurile de seara și dimineața. Iată o transformare potențială care aduce bani primăriilor, dacă va fi chibzuit dimensionată și gestionată.

2.5. Securitatea cibernetică

În proporție de peste 99.9% sistemele fotovoltaice instalate la prosumatori au invertoarele conectate la internet și controlabile de către producătorii de tehnologie. Aceștia pot comunica bidirecțional cu sistemele fotovoltaice instalate, permit monitorizarea parametrilor de stare, datelor de producție și de consum energetic de la nivelul prosumatorilor, dețin baze de date cu informații privind localizarea prosumatorilor și istoricul lor de funcționare, dar mai ales pot bloca, opri și controla cel puțin în regim *on/off* toate aceste sisteme fotovoltaice, inclusiv de pe clădirile publice.

În România există aproximativ 90-100 de producători/mărci de invertoare fotovoltaice ale căror echipamente sunt acceptate tehnic pentru racordare. Numărul producătorilor care au efectiv cel puțin un inverter instalat este probabil ceva mai mic, dar nu există o evidență publică națională care să permită stabilirea lui exactă.

Dacă ne raportăm la puterea totală instalată a prosumatorilor până la jumătatea anului 2026, de peste 3.6 GWp, o deconectare intempestivă a acestora printr-un atac cibernetic asupra celor probabil 10-15 producători care concentrează majoritatea puterii instalate (Huawei, Sungrow, GoodWe, Growatt, Solis, Fronius, Deye, SMA, SolarEdge, Sofar, Solax etc. ca mărcile relevante), acest atac s-ar resimți puternic ca șoc în SEN, printr-o creștere bruscă a consumului de energie electrică, posibil greu de acoperit și cu riscul de a provoca o instabilitate majoră, inclusiv *blackout*.



Existența unui cloud OEM (Original Equipment Manufacturer) nu înseamnă automat că producătorul poate opri când dorește toate invertoarele. Trebuie verificată arhitectura fiecărui producător: cine

deține credențialele de control, ce comenzi acceptă firmware-ul, dacă există acces OEM, cum sunt autorizate update-urile, dacă loggerul comunică direct cu serverele OEM și dacă există posibilitatea de comandă în masă.

Dar din perspectivă de securitate cibernetică, simplul fapt că există o configurație la distanță, asociată cu update firmware la distanță, cu managementul agregat al echipamentelor creează o zonă de risc și o problemă care nu poate fi neglijată. Acesta este motivul pentru care SolarPower Europe și DNV au recomandat deja limitarea controlului agregat asupra sistemelor fotovoltaice din jurisdicții din afara UE. Raportul emis în acest sens consideră că infrastructura PV conectată trebuie tratată explicit ca infrastructură cyber-fizică.

Comisia Europeană a confirmat în 2025 că pregătește o evaluare de risc pentru infrastructura solară, inclusiv a invertoarelor. Iar în 2026 UE a publicat recomandări care identifică lanțurile de aprovizionare ale infrastructurii regenerabile ca zonă de risc și recomandă evaluarea dependenței de furnizorii din țări terțe cu risc ridicat.

În acest context, de în primul rând securitate energetică la nivel național în România, dar și în oricare altă țară, asigurarea securității cibernetică la nivelul platformelor web care centralizează monitorizarea și controlul acestor echipamente este esențială și trebuie abordată și gestionată prioritar.

“Digitalizarea patrimoniului energetic public aduce și o nouă vulnerabilitate. Cu cât mai multe surse și clădiri sunt agregate și controlate software, cu atât securitatea cibernetică devine mai importantă pentru continuitatea serviciilor publice.

Într-un context al funcționării clădirilor publice agregat într-o comunitate de energie, cu scopul creșterii gradului de acoperire consum în comunitate din sursele regenerabile distribuite pe clădiri și la sol, analiza securității cibernetică ale sistemelor software utilizate este de asemenea una de importanță crescută.

2.6. Autonomia în funcționare

O altă chestiune asupra căreia merită reflectat este regimul de funcționare a sistemelor fotovoltaice, în condiții de instabilitate a sistemului energetic național și chiar de întreruperi frecvente sau de durată a alimentării de bază cu energie.



Fig. 47. – Clădire Institut Cercetări Multidisciplinare Târgoviște – cu posibilitatea de funcționare în regim insularizat

Constatăm că în cea mai mare proporție sistemele fotovoltaice de pe clădirile publice, aparținând autorităților publice sunt dotate cu invertoare de tip *on-grid*, care permit funcționarea și alimentarea cu energie fotovoltaică, doar atâta timp cât sunt conectate la rețea și primesc referința de tensiune din rețea. Astfel, acestea sunt total dependente de rețea și nu asigură funcționarea în regim insularizat.

Programele de finanțare nerambursabilă dedicate surselor regenerabile de la nivelul autorităților publice, au susținut dezvoltarea acestor proiecte, fără să țină cont de posibile situații de forță majoră, de conflict militar extins regional care într-o perspectivă total nedorită, dar întâmplată frecvent în prezent în Ucraina, conduce la instabilitatea și căderea repetată a SEN, într-un context în care clădirile educaționale și cele din sistemul de sănătate, ambele aflate sub tutela autorităților publice, pot deveni **centre** pentru intervenții medicale și cazare temporară sau de adăpost pentru populație în caz de bombardamente, iar asigurarea alimentării cu energie devine astfel esențială.

Este argumentul pentru care cu maximă seriozitate cel puțin orice finanțare nerambursabilă în continuare ar trebui să oblige instalatorii să prevadă echipamente capabile să funcționeze și insularizat cu sistemele tehnice vitale alimentate, cu dispozitive de conectică și protecție cu anclanșare automată a rezervei (AAR), chiar dacă asta implică un cost suplimentar.

Există și excepții, precum clădirea Institutului de Cercetări Multidisciplinare din cadrul Universității Valahia din Târgoviște, unde sistemele fotovoltaice pot funcționa și off-grid, insularizând de RED

alimentarea cu energie, iar pe durate scurte și autonomia alimentării cu energie a clădirii.

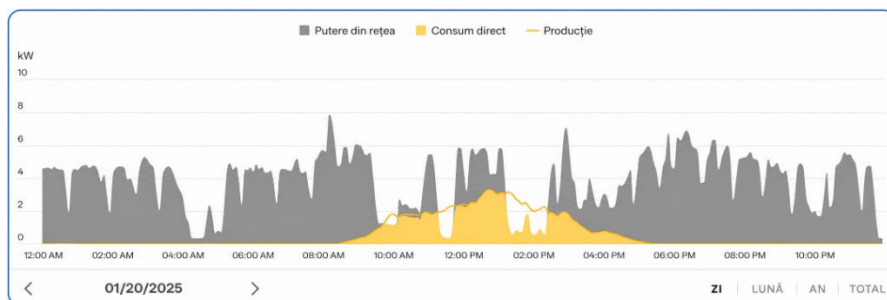


Fig. 48. – Funcționare tipică prosumator public cu pompă de căldură și producție solară limitată (iarna). Sursa: platformă inverter, anul 2025, putere instalată 10.5 kWp, fără BESS

Dacă așa cum se prezintă în figura de mai sus și cea de mai jos, consumul de energie electrică include și asigurarea electrificată a încălzirii cu pompe de căldură, atunci gradul de autonomie în funcționare își pierde valența în sezonul rece și corect este să ne referim la un grad de acoperire consum din sursa locală de producere a energiei.

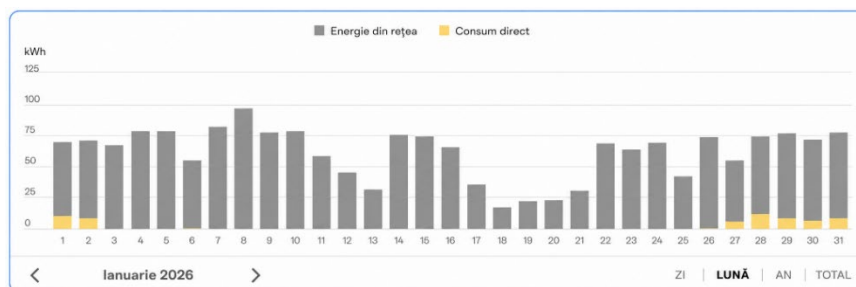


Fig. 49. – Funcționare tipică în sezonul de iarnă cu producție solară redusă. Sursa: platformă inverter, anul 2026, putere instalată 10.5 kWp, cu BESS

Revenind la aspectul autonomiei în funcționare, insularizat de RED, acesta merită popularizat pe scară largă dar și adus în atenția autorităților publice, ca element de diferențiere pentru cei care investesc în sisteme fotovoltaice pentru autoconsum, cu eventual cel puțin alimentarea unor consumatori vitali.

“Pentru spitale, școli sau clădiri care pot deveni centre de sprijin în situații de criză, autonomia energetică este o necesitate. Sursele locale instalate trebuie să permită funcționarea insularizată a consumatorilor vitali.”

Funcționarea insularizată a sistemelor fotovoltaice în condiții de forță majoră, ca rezervare de capacitate pe termen lung este un aspect

critic, pentru asigurarea nu doar a nevoilor energetice uzuale, ci în primul rând a siguranței, sănătății și traiului în condiții de supraviețuire, care poate face diferența dintre viață și moarte.

2.7. Electrificarea, cu un pas înaintea sectorului rezidențial

În renovarea majoră, dar în special în cea aprofundată a clădirilor publice, pe lângă sistemele fotovoltaice ca sursă regenerabilă locală pentru autoconsum, se adaugă și alte sisteme tehnice, în special cel de ventilare mecanică cu recuperare de căldură și se înlocuiesc sistemele tehnice de încălzire. În ultimii doi ani, în special prin programul PNRR Valul Renovării, se adaugă în centralele termice pe lângă cazanele cu gaze naturale și pompe de căldură, respectiv sisteme electrice de pompaj agent termic. Astfel, se produce electrificarea consumului de energie și mutarea acestui consum din combustibili fosili în energie electrică.

“Renovarea aprofundată accelerează electrificarea clădirilor publice prin pompe de căldură și noi sisteme tehnice. Sectorul public poate deveni astfel un precursor al tranziției de la combustibili fosili la electricitate.

Această electrificare prin schimbarea sursei de încălzire se realizează așa cum am menționat prin renovarea aprofundată a clădirilor publice, sub egida programelor de finanțare nerambursabilă alocată autorităților publice locale și are toate șansele să se aplice la circa 50-70% din fondul de clădiri publice, chiar înainte de 2030, cu mult înainte ca fondul de clădiri rezidențiale să adopte în masă electrificarea încălzirii.

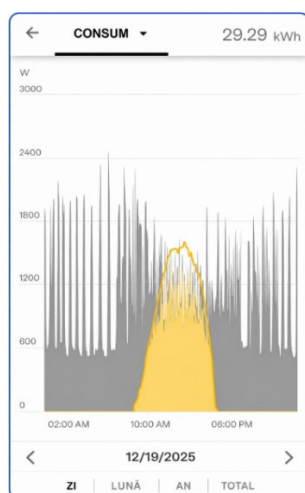


Fig. 50. – Funcționare tipică prosumator cu pompă de căldură în sezonul rece. Sursa: platformă invertor, anul 2025, putere instalată 3 kWp, fără BESS

Așa cum s-a precizat mai devreme la secțiunea de autonomie în funcționare, sursele termice bazate pe combustibili fosili trebuie menținute în rezervă, pentru situația în care alimentarea cu energie electrică se va întrerupe de durată, în condiții de eventuală forță majoră.

2.8. Capacitatea de stocare a energiei

Stocarea energiei în baterii de acumulare în cazul clădirilor publice se poate dovedi ca soluție nu doar oportună fiindcă se alocă finanțări nerambursabile, ci și necesară pentru utilizarea excedentului de peste zi pentru acoperirea restului de consum de seara, noaptea și până dimineața.

“În clădirile publice, bateria poate transforma excedentul solar de peste zi în energie disponibilă seara și noaptea. Valoarea sa crește atunci când este exploatată activ în funcție de consum, tarife și cerințele rețelei.”

Această zi prezentată în figura de mai jos evidențiază contribuția bateriei pe durata serii și a nopții, după încărcarea realizată în intervalul de producție fotovoltaică. Figura susține explicația privind utilizarea efectivă a capacității bateriei și necesitatea urmăririi stării de încărcare, nu doar a producției instantanee.

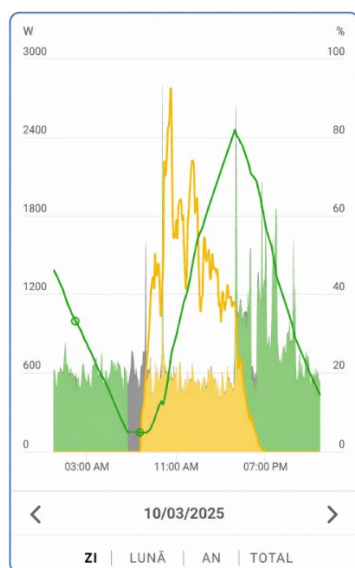


Fig. 51. – Funcționare tipică prosumator cu stocare în baterii electrice. Sursa: platformă invertor, anul 2025, putere instalată 10.5 kWp, cu BESS și limitare producție la autoconsum

Sistemul de baterii electrice mai mult decât faptul că dublează gradul de acoperire a consumului din sursa fotovoltaică proprie,

contribuie semnificativ și la menținerea nivelului de tensiune în limitele admise și astfel se evită situația de prosumator vulnerabil explicată în secțiunea dedicată prosumatorilor rezidențiali, precum și reduce pierderile suplimentare de energie în rețeaua electrică de distribuție, atunci când puterea total injectată în sistem de prosumatorii dintr-o zonă de rețea este mai ridicată decât consumul din acea zonă.

Profilul pentru o zi completă prezentat mai jos arată consumul de bază din rețea în prima parte a zilei, creșterea producției fotovoltaice, încărcarea bateriei și descărcarea în intervalele ulterioare, într-un regim de consum neoptimizat: peste noapte are loc încărcarea unui vehicul electric din rețea. În perspectiva utilizării unui tarif diferențiat orar, cu preț avantajos pe durata nopții pe de altă parte, costul poate fi optimizat.

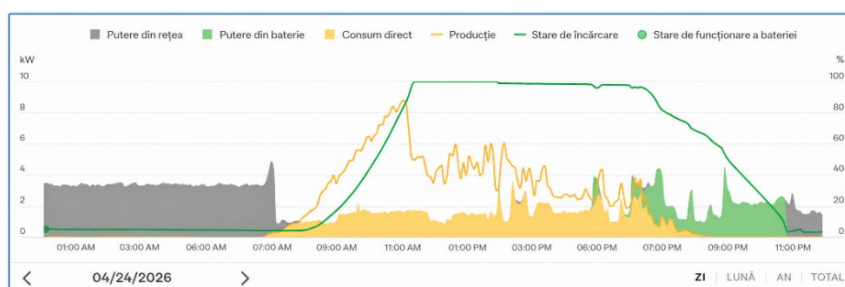


Fig. 52. – Instanță tipică de prosumator cu stocare și încărcare (neoptimă) vehicul.
Sursa: platformă inverter, anul 2026, putere instalată 10.5 kWp, cu BESS

Fapt bine de știut pentru prosumatorii care adoptă și sisteme de stocare a energiei, e că aceste capacități nu trebuie descărcate total, astfel încă de la început trebuie setat un nivel minim de descărcare până la aprox. 10-15%, respectiv nu trebuie încărcate până la limita maximă, tot așa fiind necesară setarea unui prag maximal de 95-98% din capacitatea totală. Ținând cont de aceste praguri min-max, reiese o capacitate efectiv utilizabilă a bateriei de acumulare, de aprox. 80-85% din capacitatea nominală totală.

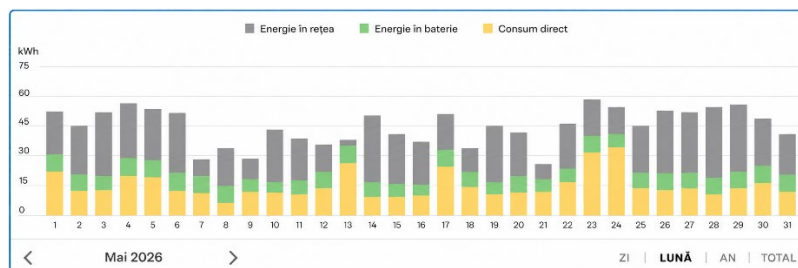


Fig. 53. – Reprezentare zilnică la nivel lunar grad de acoperire consum din producție directă și din aportul stocării. Sursa: platformă inverter, anul 2026, putere instalată 10.5 kWp, cu BESS

De asemenea, încă din etapa de instalare poate fi setată o rată de încărcare și mai ales de descărcare a bateriei electrice, cu scopul de a o exploata de durată, dar și cu scopul de a o corela cu receptoarele de consum.

Această optimizare în sensul creșterii gradului de acoperire consum din sursa proprie, folosind și capacitatea de stocare a energiei electrice poate fi ajustată prin setări de tip *trial and error* sau poate fi înglobată într-un sistem de management energetic, care pe baza monitorizării, identificării tiparelor de consum și de producție, pe baza prognozei și a controlului receptoarelor, dar și a curbei de consum în ansamblu, să efectueze automat reglaje, astfel încât utilizatorul de rețea să fie activ, în sensul atingerii unor ținte de performanță, și responsiv la cerințele rețelei și stimulentele venite din piața de energie.

Figura de mai jos reprezentând bilanțul multianual este utilă pentru a demonstra impactul sistemelor PV fără BESS asupra consumului public și pentru a urmări performanța sistemului după punerea în funcțiune.

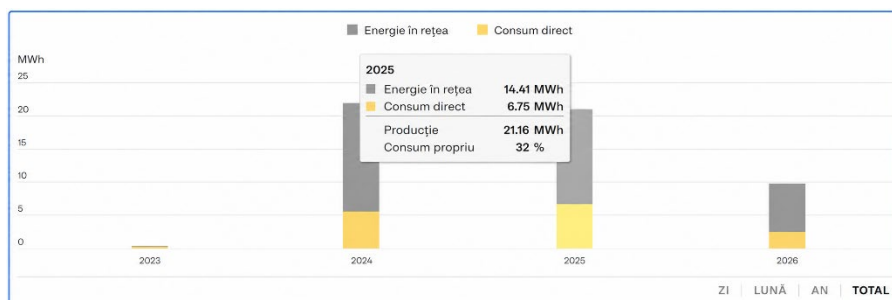


Fig. 54. – Statistică la nivel anual pentru un prosumator public: grad de acoperire directă consum și excedent livrat în rețea. Sursa: platformă invertor, anii 2023-2026, putere instalată 18.2 kWp, fără BESS

Alternativ, există și varianta de stocare a energiei excedentare în conturul anvelopei clădirii, prin sistemele tehnice de încălzire și răcire, prin setări de suprarăcire sau supraîncălzire, atunci când există excedent de energie din sursa regenerabilă locală sau dimpotrivă atunci când se dorește oprirea acestor sisteme, cu scopul de aplatizare a curbei de sarcină și evitare a vârfurilor de consum din rețea, într-o piață de energie cu tarife de tip binom și/sau diferențiate orar.

Această opțiune devine și mai atractivă dacă autoritatea publică contractează furnizorii de servicii din piața de energie, în mod agregat cu tot fondul de clădiri și obiective publice, atât pentru contractarea energiei, cât și pentru servicii de flexibilitate.

Alternativă ca soluție de stocare la bateria de acumulatoare, poate fi și așa numitul *buffer* sau tanc de apă caldă menajeră, în situația în care este sau poate fi prevăzut cu o rezistență electrică, sau dacă este alimentat de la o pompă de căldură.

Practic, atâta timp cât este disponibil solar, excedentar restului de consum din clădire, acest excedent poate fi utilizat parțial pentru a ridica și menține temperatura apei în acest tanc și astfel se evită consumul de gaz metan de la centrala termică sau în cazul pompei de căldură, se evită consumul din rețea, când producția regenerabilă încetează.

Așa cum s-a precizat mai sus, dacă sistemul de încălzire are ca sursă o pompă de căldură, cu atât mai mult prepararea apei calde de uz menajer merită realizată, în funcționarea sincronizată sistem fotovoltaic – pompă de căldură pe timp de zi, inclusiv cu supraîncălzirea apei în tancul de stocare, pentru a se reduce durata de utilizare a pompei de căldură când nu mai este producție solară disponibilă.

În acest ultim caz, eficiența producerii de apă caldă menajeră este semnificativ mai ridicată, direct proporțională cu coeficientul de performanță al pompei de căldură, raportat la încălzirea rezistivă directă a apei în tancul de stocare.

Capacitățile de stocare însă pot avea și un cu totul alt rol în raport cu sistemul electroenergetic în care sunt integrate distribuit, respectiv în beneficiul utilizatorilor, deveniți clienți activi de rețea.

Astfel, dacă pe timpul nopții, capacitatea deja cel puțin parțial descărcată poate intra din nou în regim de încărcare alimentată cu energie electrică, dar de data aceasta ieftină din rețea, pentru că automat printr-o aplicație beneficiarul este anunțat că energia are un preț atractiv, iar acest fenomen este în principal cauzat în multe nopți de producția eoliană crescută, atunci practic gradul de acoperire de data aceasta a consumului din surse regenerabile crește.

Mai mult, capacitatea încărcată peste noapte va deservi auto-consumul și va limita cu potențial semnificativ vârful de sarcină de dimineața, agregat la nivel național.

Dacă în perspectiva anului 2030 luăm în calcul aproximativ 15.000 de prosumatori clădiri publice (educație, sănătate, administrative, cultură-sport), cu câte o capacitate individuală de stocare de în medie 20 kWh și o rată de descărcare dimineața de 10 kWh/oră, ajungem la o baterie electrică virtuală de aprox. 150 MW capacitate de descărcare, cu o durată de minim o oră asigurare autoconsum individual. Iată de ce

piața de energie trebuie să se transforme într-una a serviciilor de flexibilitate la care și consumatorii și prosumatorii să poată participa.

Desigur, această flexibilitate direct asociată cu tarife diferențiate orar încurajează și încărcarea autovehiculelor electrice pe timp de noapte, dacă energia din rețea este ieftină, respectiv stimularea planificării unor consumatori în acest regim de noapte (ex. încălzirea/răcirea). Ideea este de a flexibiliza și utilizarea capacităților de stocare a energiei, în directă legătură cu prețul diferențiat orar al energiei.

Totuși este de reținut faptul că sincronizarea producție fotovoltaică – funcționarea pompei de căldură în sezonul rece este redusă și gradul de acoperire directă a consumului va fi unul redus, așa cum tot în sezonul rece, vor fi multe zile în care capacitatea de stocare se va menține la nivelul minim de încărcare, nefiind excedent solar din care să se încarce.

Menționăm de asemenea că flexibilitatea consumatorului devenit prosumator cu stocare este semnificativ crescută dacă stocarea este folosită și în controlul curbei de consum, ceea ce se numește răspunsul la cerere (*Demand Response*), reducerea vârfurilor de consum atunci când piața o cere, acoperind consumul din stocare. Este de fapt o transformare a consumatorului / prosumator în utilizator activ al sistemului energetic atunci când este coordonat, prin agregare de către un furnizor de energie printr-o platformă informatică la care utilizatorul are acces în timp real.

2.9. Menținerea și durabilitatea sistemelor fotovoltaice

Reflectăm și asupra modului în care va fi abordată menținerea în funcțiune de durată a sistemelor fotovoltaice, în contextul în care cele mai multe au fost instalate prin finanțări nerambursabile, cu o contribuție minimă din partea beneficiarilor.

Statistic după 5-7 ani de funcționare o bună parte din invertoarele instalate vor avea defecțiuni care vor face necesară înlocuirea lor, ca sistemele să continue să funcționeze. Aceste costuri cu mentenanța și înlocuirea componentelor defecte ale sistemelor fotovoltaice, alături de celelalte sisteme tehnice din clădiri, în special cu cele non-vitale (ventilarea, răcirea, sistemul de monitorizare energetică și altele) trebuie provizionate, iar acest lucru se va întâmpla doar dacă la nivelul autorității publice se va înțelege și cuantifica clar și beneficiul obținut.

De asemenea, panourile fotovoltaice trebuie periodic curățate, în funcție și de zona în care sunt amplasate și de nivelul de depuneri de praf

care apar. Este dovedit efectul curățării și spălării panourilor în creșterea sau menținerea performanței energetice a acestora.



Fig. 55. – Sistem cu colectoare termice solare nefuncțional la o grădiniță

Aceste aspecte trebuie popularizate încă de la început de către operatorii de programe de finanțare, cu implicarea instalatorilor, ca vectori de informare și instruire corectă. Avem deja cazuri de sisteme solare termice sau chiar fotovoltaice instalate de mai bine de 5-10 ani, care nu mai sunt funcționale, pentru că nu li s-a asigurat mentenanța sau această sarcină a fost lăsată în grija administratorilor de patrimoniu ori instituțiilor care își desfășoară activitatea în clădiri, iar din lipsă de competențe și de resurse activitatea de întreținere și de verificare periodică nu s-a mai realizat.

“Finanțarea nerambursabilă acoperă investiția, nu și întreaga durată de viață a echipamentelor. Fără bugete, responsabilități și competențe clare pentru mentenanță, patrimoniul energetic public riscă să se degradeze înainte de termen.”

2.10. Comunități publice de energie

Acest concept apărut deja de ceva vreme cu o repetare tot mai intensă inclusiv în mass-media, deși este definit formal și legal în legislația europeană și națională primară, deși tatonat printr-o deja multitudine de proiecte pilot demonstrativ, are legislația operațională secundară definită prin Ordinul ANRE nr. 9/2026, respectiv Ordinul ANRE nr. 50/2026, acesta din urmă instituind inclusiv Registrul național al comunităților de energie, încă neaplicată pe scară largă.

Definirea preluată din legea nr. 123/2012 a energiei electrice și gazelor naturale (cu completările ulterioare) precizează că o comunitate

de energie a cetățenilor este persoana juridică care îndeplinește, cumulativ, următoarele condiții:

- a) este bazată pe o participare voluntară și deschisă și este controlată efectiv de către membri sau acționari persoane fizice, autorități locale, inclusiv municipalități, sau întreprinderi mici;
- b) are ca principal obiectiv oferirea unor avantaje cu privire la mediu, economice sau sociale pentru membrii sau acționarii săi sau pentru zonele locale în care funcționează mai degrabă, decât acela de-a genera profituri financiare;
- c) se poate implica în producere, inclusiv producerea din surse regenerabile, distribuție, furnizare, consum, agregare, stocarea energiei, servicii de eficiență energetică, sau în servicii de încărcare pentru autovehicule electrice ori poate să furnizeze alte servicii energetice membrilor sau acționarilor săi.

Pentru autoritățile publice locale, care dețin fonduri însemnate de clădiri publice instrumentul denumit comunitate de energie poate fi unul cu impact, cu atât mai mult cu cât în perspectiva următorilor 5-10 ani, în cea mai mare parte aceste clădiri publice vor fi dotate cu sisteme fotovoltaice și cu alte tehnologii: electrificarea încălzirii cu pompe de căldură, stații de încărcare vehicule electrice.

Având în vedere că cel puțin în sezonul cald va exista excedent de energie la nivelul clădirilor, având în vedere că unele autorități publice vor exploata și parcuri fotovoltaice la sol, într-o comunitate de energie formată de o autoritate publică locală, pe lângă clădirile și obiectivele publice se pot include și operatorii locali de utilități publice (transport, termoficare, iluminat stradal, salubritate, domeniu public, apă-canal), dar și consumatori vulnerabili.

Astfel, acest excedent agregat de producție fotovoltaică și după caz și din alte surse regenerabile, poate acoperi necesarul de consum din fondul agregat de utilizatori publici de energie, vehiculând energia cu taxele aferente prin rețeaua electrică de distribuție. Vorbim în această situație și de o trasabilitate a fluxurilor energetice de la sursele distribuite la consumatori, printr-un sistem de management energetic, potențial gestionat cu tehnici de inteligență artificială, dar și de către managerul energetic al localității.

“O autoritate locală poate transforma portofoliul dispersat de clădiri, surse regenerabile, stocări și consumuri urbane într-un ecosistem energetic comun, în care excedentul unui obiectiv devine resursă pentru altul.

În sensul prezentat mai sus există deja inițiative în trei localități din România: Municipiul Alba-Iulia, Comuna Buteni, Comuna Crucea, unde printr-un proiect cu finanțare norvegiană (2024-2025) s-a pregătit cadrul de înființare a unor comunități de energie. Comunitatea de energie a autorității publice poate gestiona și alte activități pentru fondul de clădiri și obiective publice să-și crească și mențină eficiența energetică, să adopte și relice soluții, să inițieze contracte de performanță energetică și să realizeze achiziția energiei în comun, la prețuri avantajoase.

3. Prosumatorul operator economic

“Energia fotovoltaică reduce energia cumpărată, dar nu face automat consumul mai eficient. Un mare beneficiu suplimentar este că monitorizarea face consumul vizibil și creează premisele optimizării sale.

3.1. Impactul și beneficiile prosumatorului operator economic

Preocuparea pentru creșterea eficienței energetice a utilizatorilor industriali de energie și în sens mai larg a operatorilor economici este una permanentă, motivația ținând de competitivitatea economică, de reducerea costurilor cu energia, iar mai recent de preocupările de aliniere la tendințele internaționale și europene de decarbonizare.

Dacă eficiența energetică ține de reducerea consumului de energie, instalarea centralelor fotovoltaice pentru autoconsum alimentează același consum de energie, chiar ineficient, însă dintr-o sursă locală proprie care fiind și contorizată nu numai că duce la un consum mai mic din rețea, cel care se plătește în factura de energie, ci este permanent și vizualizat, atât în cifre cât și grafic: cât consumăm, cât din rețea, cât am produs și acoperit din sursa proprie.

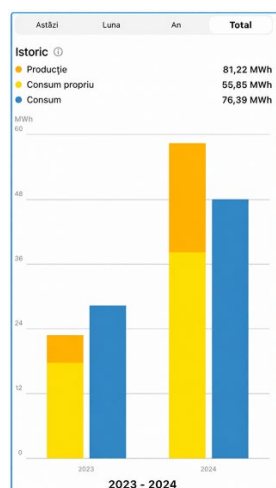


Fig. 56. – Statistică grad de acoperire consum și excedent la un prosumator industrial.
Sursa: platformă inverter, anii 2023-2024, putere instalată 75 kWp, fără BESS

Graficul istoric prezentat mai sus compară producția, consumul propriu (autoconsum) și consumul total pe mai mulți ani. Figura este potrivită pentru a susține evaluarea efectelor prosumatorului în timp, inclusiv diferența dintre energia produsă și energia realmente utilizată local.

Din acest punct de vedere asistăm nu doar la acest val al fotovoltaicelor, ci și la un val al sistemelor de monitorizare energetică, sisteme care ajută și la conștientizarea consumului de energie, a tiparului de consum și factorilor de influență.

În fapt, odată cu cele câteva zeci de mii de centrale fotovoltaice pentru autoconsum, care transformă generalizat consumatorii operatori economici în prosumatori, avem tot atâtea sisteme de monitorizare energetică la nivel de consum general și producție locală pentru autoconsum.

Acesta este un beneficiu prea puțin promovat, inclusiv de către autoritățile de finanțare nerambursabilă pentru sisteme fotovoltaice și mai recent pentru capacități de stocare a energiei.

“Pentru operatorul economic, fotovoltaicul este doar primul pas: avantajul competitiv apare atunci când producția proprie, eficiența energetică, electrificarea, stocarea și flexibilitatea sunt gestionate integrat.

3.2. Independența energetică între mit și realitatea funcționării

Independența energetică este un concept care se referă la state, națiuni și regiuni de pe globul pământesc, definite prin granițele acestora și relațiile comerciale dintre ele, în directă legătură cu gradul de acoperire a nevoilor de energie din resurse și surse proprii, fără a depinde de energie sub toate formele ei din importuri și fără a fi sub presiunea unor factori politici sau de comerț dezavantajos.



Fig. 57. – Prosumator industrial cu valorificarea completă a învelitorilor halelor

Totuși, independența energetică poate fi exprimată și la nivel de utilizator individual de energie, în condițiile în care acesta își acoperă integral nevoile energetice din surse proprii pe toată durata zilei și pe toată durata anului.

Conștientizăm așadar că orice prosumator poate atinge un grad de independență energetică, pe durata zilei atunci când își acoperă integral consumul din sursa fotovoltaică proprie, în același timp în care acest regim de funcționare îi permite să și exporte în rețea excedentul de energie, dar în toate celelalte momente depinzând de rețea și fără capacități proprii de stocare a energie este dependent de sistemul energetic național.

Este astfel mult mai pragmatic, dar și corect să discutăm de un indicator numit grad de acoperire consum din sursa proprie și eventual durată de asigurare a autonomiei energetice, în loc de independență energetică a prosumatorului, corect pentru ca utilizatorul de rețea să înțeleagă funcționarea reală în care se află, corect pentru ca cei care finanțează decarbonizarea și modernizarea sistemelor energetice să o facă durabil și în siguranță.

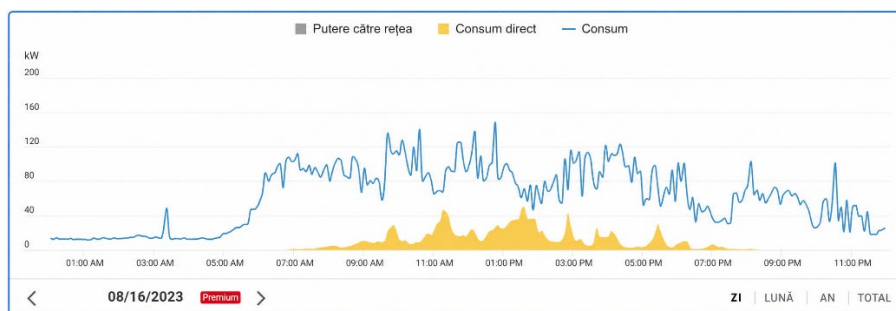


Fig. 58. – Instanță de funcționare prosumator industrial. Sursa: platformă inverter, anul 2023, putere instalată 98 kWp, fără BESS

În cazul operatorilor economici, în special din industrie, dar în anumite cazuri și din sectorul HoReCa, pe lângă sursa regenerabilă proprie, în cele mai multe cazuri sisteme fotovoltaice, poate să existe sau să se implementeze și sisteme de cogenerare de înaltă eficiență, anume tehnologii de producere simultană energie electrică și energie termică, ambele pentru autoconsum, folosind la intrare ca energie primară, gaz metan, biogaz sau biomasă.

Cogenerarea este o sursă complementară de energie, de obicei cu funcționarea în regim cvasi-constant de bază pe toată durata zilei, cât timp există necesar de consum, așadar cu o producție în bandă. Totuși, în perspectiva în care va fi necesară aplatizarea curbei de consum, raportat la producția fotovoltaică, denumită volatilă și puternic dependentă de condițiile meteo și insolație, cogenerarea poate funcționa și într-un regim variabil, pentru acoperirea golurilor de producție fotovoltaică și o predictibilitate mult mai bună a curbei de consum preluat din rețea, dar și a producției livrată în rețea.

Mai degrabă în locul independenței energetice este realist să gândim, dimensionăm și asigurăm un grad de acoperire consum cât mai ridicat, asociat și crescut și de capacități de stocare, respectiv completat din surse regenerabile externe, prin achiziționarea energiei din piață și stocarea ei pentru consum, atunci când este ieftină.

„Și în industrie, independența energetică absolută este rareori realistă. Mult mai relevant este gradul de acoperire a consumului și capacitatea companiei de a combina inteligent sursele proprii cu rețeaua.”

3.3. Contorizarea inteligentă și oportunități neexploatate

Așa cum s-a menționat mai sus, odată cu sistemele fotovoltaice în toate curțile operatorilor economici au fost instalate și sisteme generale de monitorizare energetică. Este cea mai vastă campanie de răspândire a

sistemelor de monitorizare energetică, sisteme care permit evaluarea și vizualizarea în orice moment, nu doar a producției de energie de la soare, ci și a profilului de consum, regimurilor de funcționare și implicit în mod direct a posibilității de control în sensul reducerii acestui consum, cu atât mai mult cu cât în cadrul operatorilor economici funcționează și un manager energetic.

Acest acces direct al utilizatorului de rețea îi permite să-și vizualizeze nu doar producția de energie, scopul de bază al aplicației software care însoțește sistemul fotovoltaic, ci și consumul de energie suprapus cu producția, tiparul de consum pe care utilizatorul îl are, la nivel zilnic, în orele dimineții, peste zi, seara și noaptea, cantitatea de energie utilizată zilnic, săptămânal, lunar și anual și în oglindă și producția locală.

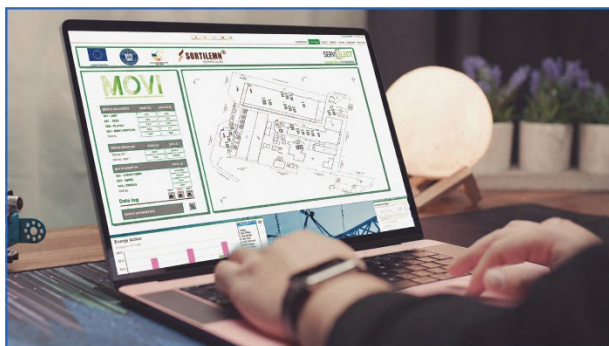


Fig. 59. – Sistem de monitorizare energetică la un prosumator industrial

Toate aceste date energetice vizualizate în mod repetat, produc conștientizare, identifică receptoarele, echipamentele și utilajele responsabile de consum, declanșează un comportament voluntar motivat de schimbare a tiparului de consum, sincronizat cu producerea de energie de peste zi, posibil de reducere a vârfurilor de consum de dimineața și seara.

Atrage mutarea unor nevoi energetice, prin electrificarea unor consumuri de energie din alți purtători (carburanți, gaz metan), cu scopul de a valorifica și acoperi pentru autoconsum producția fotovoltaică de peste zi.

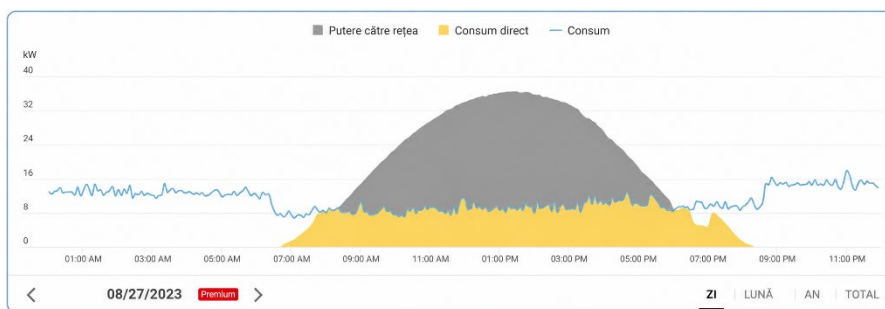


Fig. 60. – Instantă de funcționare prosumator industrial – zi nelucrătoare. Sursa: platformă inverter, anul 2023, putere instalată 49.9 kWp, fără BESS

Înseamnă o pregătire și pentru revenirea la tarifele diferențiate orar, care acum 10-15 ani funcționau foarte bine și avantajos pentru operatorii economici, respectiv cu impact pentru sistemul energetic național.

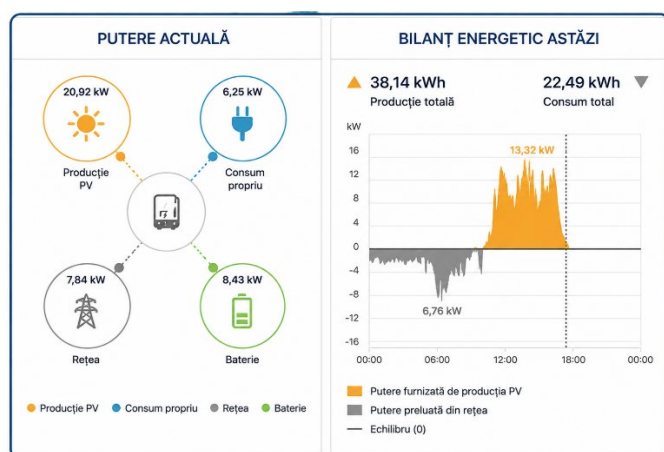


Fig. 61. – Interfață de vizualizare date energetice prosumator industrial. Sursa: platformă inverter, anul 2025, putere instalată 25 kWp, cu BESS

Recent, s-a lansat și valul stocărilor, al instalării de capacități de stocare a energiei în baterii, cu scopul nu doar de a prelua excedent fotovoltaic local, care în cele mai multe cazuri este redus, fiindcă operatorii economici în special industria, nu dimensionează centrale fotovoltaice care în timpul zilei să producă mult peste consum, fiind inefficiente astfel economic. Scopul stocării în sisteme de baterii electrice (BESS) este și acela de facilita consumul din rețea când energia este ieftină, o trecere clară a consumatorilor deveniți prosumatori, la utilizatori activi de rețea.

“Valul fotovoltaicelor a adus implicit cel mai amplu val de monitorizare energetică din companii. Aceste date pot deveni principalul instrument al managerului energetic pentru eficiență, flexibilitate și răspuns la cerere.

3.4. De la consumatorul pasiv la utilizatorul activ al sistemului energetic

În România anilor de dinainte de Revoluție și apoi până aproximativ în 2010 au funcționat foarte bine și cu impact tarifele diferențiate în contractarea energiei electrice pentru operatorii economici. Astfel, dincolo de opțiunea simplă și cu prețul cel mai ridicat de tarif monom nediferențiat orar, adică un preț fix lei/kWh indiferent de cantitatea și de momentul utilizării, toate celelalte tarife, în raport cu profilul de consum aduceau beneficii nete.

Renunțarea la aceste tarife a produs o pierdere a disciplinării și controlului comportamentului de consum în rândul operatorilor economici, urmată de o creștere în timp a prețului energiei și prin componenta de echilibrare preluată de furnizori și de operatorii parte responsabilă cu echilibrarea, dar deservită exclusiv de către producătorii de energie care au oferit flexibilitate în sistem.

Odată cu transformarea utilizatorilor de rețea în simultan producători și consumatori de energie, reapare și oportunitatea de revenire la tarifele diferențiate, prin posibilitatea acum facilă oferită de sistemele de monitorizare energetică incluse în cele fotovoltaice, de vizualizare, înțelegere și control curbă de consum energetic luat din rețea, respectiv energie stocată și livrată în rețea după caz, în momentele favorabile. Este primul pas pentru trecerea mai departe de la calitatea recent dobândită de prosumator la aceea de utilizator activ al sistemului energetic, așa cum a fost deja definit și în secțiunile dedicate prosumatorilor rezidențiali și publici.

Consumatorul denumit pasiv este cel care consumă energie din rețea oricât și oricând, la un preț al energiei nediferențiat orar, pentru a deservi toate utilizările de energie din toate procesele tehnologice și auxiliare, fără neapărat să exercite un comportament controlat de consum. Este situația încă generalizată a operatorilor economici.



Fig. 62. – Sistem fotovoltaic pentru autoconsum într-o stație de epurare

Prosumatorul așa cum a fost deja reflectat din mai multe evidențe este utilizatorul de rețea care consumă din rețea oricât și oricând la un preț al energiei din rețea nediferențiat orar, iar din sursa proprie cât poate produce și când poate produce, din ambele alimentări pentru a deservi toate utilizările de energie pe care le deține, dar cu un comportament posibil voluntar controlat de consum.

Trecerea de la această primă transformare de prosumator, până la cea în care utilizatorul de rețea ajunge să știe și să controleze cât și când și cum produce, stochează și consumă energie se face în condițiile existenței unui sistem inteligent de contorizare (minimal este cel instalat odată cu sistemul fotovoltaic) și utilizarea lui de către beneficiar, în special în mod automat printr-un sistem de management energetic, iar în cazul companiilor care au un manager energetic, prin implicarea activă a acestui rol profesional.

Este situația văzută în prezent ca destinație finală până la care se poate face tranziția de la consumatorul pasiv, prin statutul de prosumator și până la cel de utilizator activ al sistemului energetic, în condițiile în care și rețeaua ca sistem fizic și piața de energie, ca sistem de tranzacționare vor oferi avantaje și beneficii acestui utilizator, numit activ al sistemului energetic.

Beneficiile se concretizează astfel în prețuri diferențiate orar avantajoase, și chiar de tip binom, care așa cum s-a precizat mai sus, s-au aplicat cu succes în România – privind contractarea nu doar a energiei ci și a puterii utilizate – atât pentru consumul din rețea, cât și pentru injecția de energie în rețea, în ambele cazuri ținând cont de exploatarea optimă a sursei locale de energie, controlul curbei de consum și încărcarea-descărcarea capacității de stocare a energiei.



Fig. 63. – Reprezentare generică utilizator activ al sistemului energetic

Utilizatorul activ al sistemului energetic își minimizează factura de energie preluată din rețea, își maximizează gradul de acoperire consum din sursa proprie, prin controlul curbei de sarcină și prin exploatarea activă a unei capacități proprii de stocare a energiei inclusiv prin achiziția energiei din SEN când este ieftină (de exemplu în miezul zilei), respectiv injectează energie în rețea la cerere, când prețul de livrare este avantajos.

Raportat la profilul de sarcină zilnică și de producție fotovoltaică, asociată cu capacități de stocare, exemplificăm în final prosumatorul operator economic caracterizat de funcționarea într-un singur schimb de 8-10 ore/zi, de producție excedentară în timpul zilei și de consum minim în vârful de sarcină de la nivel național, respectiv de gol de consum în weekend-uri.

Acest tip de prosumator poate deveni candidatul optim pentru tranziția la utilizatorul activ al sistemului energetic care nu numai că își maximizează gradul de acoperire consum din sursa proprie, ci folosind stocarea în baterii, își poate și mai mult ridica gradul de acoperire consum (iarna) din energia excedentară preluată ieftin din rețea, și mai mult, zilnic în perioada excedentară (vara) poate livra avantajos în SEN acest excedent în vârfurile de seara și dimineața. Iată o transformare potențială care va aduce bani companiilor, ca linie de afaceri secundară.

“Tarifele dinamice, controlul curbei de sarcină și stocarea pot transforma energia dintr-un cost rigid într-o resursă gestionabilă. Operatorul economic activ cumpără, consumă, stochează sau livrează energie în momentele favorabile.

3.5. Securitatea cibernetică

În proporție de peste 99.9% sistemele fotovoltaice instalate la prosumatori au invertoarele conectate la internet și controlabile de către producătorii de tehnologie. Aceștia pot comunica bidirecțional cu sistemele fotovoltaice instalate, permit monitorizarea parametrilor de stare, datelor de producție și de consum energetic de la nivelul prosumatorilor, dețin baze de date cu informații privind localizarea prosumatorilor și istoricul lor de funcționare, dar mai ales pot bloca, opri și controla cel puțin în regim *on/off* toate aceste sisteme fotovoltaice, cu consecințe directe și imediate atât la nivelul local al operatorilor economici beneficiari, cât și la nivelul SEN.

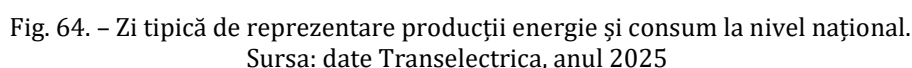
Dacă ne raportăm la puterea total instalată a prosumatorilor din toate categoriile până la finalul anului 2026, estimăm că va fi peste 4 GWp, iar o deconectare intempestivă a acestora de către cele (sau un atac cibernetic asupra celor) 15-20 de companii producătoare de tehnologie, s-ar resimți puternic ca șoc în SEN, printr-o creștere bruscă a consumului de energie electrică, posibil greu de acoperit și cu riscul de a provoca o instabilitate majoră, inclusiv *blackout*.

Existența unui cloud OEM (Original Equipment Manufacturer) nu înseamnă automat că producătorul poate opri când dorește toate invertoarele. Trebuie verificată arhitectura fiecărui producător: cine deține credențialele de control, ce comenzi acceptă firmware-ul, dacă există acces OEM, cum sunt autorizate update-urile, dacă loggerul comunică direct cu serverele OEM și dacă există posibilitatea de comandă în masă.

Dar din perspectivă de securitate cibernetică, simplul fapt că există o configurație la distanță, asociată cu update firmware la distanță, cu managementul agregat al echipamentelor creează o zonă de risc și o problemă care nu poate fi neglijată. Acesta este motivul pentru care SolarPower Europe și DNV au recomandat deja limitarea controlului agregat asupra sistemelor fotovoltaice din jurisdicții din afara UE. Raportul emis în acest sens consideră că infrastructura PV conectată trebuie tratată explicit ca infrastructură cyber-fizică.

Comisia Europeană a confirmat în 2025 că pregătește o evaluare de risc pentru infrastructura solară, inclusiv a invertoarelor. Iar în 2026 UE a publicat recomandări care identifică lanțurile de aprovizionare ale infrastructurii regenerabile ca zonă de risc și recomandă evaluarea dependenței de furnizorii din țări terțe cu risc ridicat.

Este o distincție importantă de reflectat, fiindcă așa cum arată prima figură de mai jos, în miezul zilei producția de energie din toate sursele acoperă consumul **văzut în SEN**, tocmai datorită contribuției prosumatorilor, altfel deficitul de producție ar fi unul cvasi-constant pe durata zilei.



În acest context, de în primul rând securitate energetică la nivel național în România, dar și în oricare altă țară, asigurarea securității cibernetice la nivelul platformelor web care centralizează monitorizarea și controlul acestor echipamente este esențială și trebuie abordată și gestionată prioritar. Individual, operatorii economici pot să-și securizeze informatic direct centralele fotovoltaice, prin funcționarea deconectată

informatic de la rețelele web și sisteme de monitorizare energetică distincte.

Funcționarea deconectată poate fi la fel de periculoasă ca și un atac cibernetic – dispăre orice monitorizare și eventual control asupra regimurilor de funcționare în SEN. O soluție poate fi cea de preluare a controlului de către operatorii de distribuție și sistem, cu acces în timp real pentru informarea prosumatorilor privind performanța sistemelor lor, printr-o rețea informatică similară cu cea bancară, la care se pot conecta inclusiv POS-uri și platforme ale agregatorilor și furnizorilor.

“Controlul digital al unor capacități industriale importante creează simultan eficiență și risc. Un incident cibernetic asupra invertoarelor poate produce efecte atât în procesul industrial local, cât și agregat în SEN.

3.6. Autonomia în funcționare

Pentru ca o centrală fotovoltaică, asociată cu stocarea energiei, să asigure continuitatea în alimentarea cu energie atunci când apar întreruperi din rețea, puterea total instalată în sursa locală ar trebui să fie semnificativă, iar invertoarele de tip *off-grid* / *grid forming*, ceea ce poate duce la investiții greu de amortizat.

Grid-forming înseamnă că inverterul poate crea și menține singur alimentarea cu energie a instalației de utilizare, stabilind tensiunea și frecvența de referință.



Fig. 65. – Prosumator industrial cu parcare fotovoltaică

Pe de altă parte, dacă centrala electrică fotovoltaică de la început este proiectată cu stocare în baterii electrice și cu posibilitatea de insularizare și alimentare în regim de urgență a cel puțin unor consumatori vitali, mai ales acolo unde pierderile de producție pot fi cu impact dacă apar întreruperi intempestive în alimentarea cu energie,

această nouă sursă fotovoltaică, devenită deja generalizată, poate concura cu generatorul clasic de rezervă.

“Pentru procesele în care întreruperea alimentării produce pierderi importante, sistemul fotovoltaic cu stocare și capacitate de insularizare poate deveni o componentă reală a continuității operaționale.

3.7. Electrificarea consumului

Electrificarea consumului termic în fabrici este un proces deja început la nivel de tehnologii de fabricație, de exemplu: prese electrice de vulcanizare, în locul preselor cu abur; pompe de căldură, eventual cu căldură reziduală recuperată, în locul cazanelor de apă caldă/fierbinte; cuptoare sau uscătoare electrice în locul celor cu gaze naturale; electrificarea manipuloarelor de marfă; generatoare electrice de abur, în scopul tratamentelor sau utilizării limitate; mai puțin până în prezent cazane electrice în locul cazanelor de abur etc.

Scopul electrificării, dincolo de eventuale îmbunătățiri ale controlului în fabricație, creșteri de productivitate sau chiar reducere de consum energetic este în primul rând cel al decarbonizării, al renunțării la combustibili fosili, iar până în prezent atât din activitatea practică din industrie cât și din studiul literaturii de specialitate, am constatat că procese de electrificare s-au declanșat în general în companii multi-naționale, unde angajamentul pentru decarbonizare a fost asumat, cu termene și prin politici interne și cu costuri crescute.

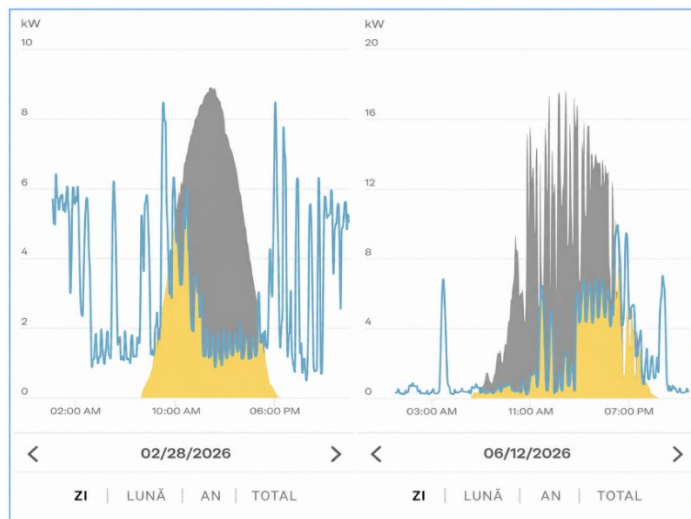


Fig. 66. – Instanțe tipice de funcționare prosumator cu încălzire electrificată. Sursa: platformă invertor, anul 2026, putere instalată 22 kWp, fără BESS

Având în vedere faptul că electrificarea presupune mutarea unui consum termic fosil, în general de 3-5 ori mai ridicat în alimentarea cu energie electrică, dincolo de sporul de putere necesar din rețea, care poate transforma un consumator cu un punct de alimentare și mai multe posturi de transformare într-o alimentare din stație de transformare, ca energia utilizată să poată fi acoperită integral din surse regenerabile locale sau proximale, este necesară o capacitate instalată de ordinul cel puțin al MW-ților, insuficient de deservit doar din învelitorile (terase, șarpante, în general acoperișuri) halelor industriale.

Gradul de acoperire consum dintr-o sursă proprie fotovoltaică în situația electrificării complete a unei fabrici va fi situat probabil uzual între 20-40%, iar diferența va putea fi preluată din SEN, prin achiziția energiei cu etichetă verde globală, în scopul atingerii neutralității climatice, pe domeniile de inventariere 1 și 2 (Scope 1, 2).

Reflectăm cu evidențe și la ritmul, dinamica și extensiunea electrificării atât a proceselor industriale, cât și a mobilității și încălzirii clădirilor, inclusiv a halelor industriale, dar aceasta chiar dacă din plin susținută de surse regenerabile și stocare, de tehnologii tot mai disponibile, va fi determinată în cea mai mare măsură de prețul energiei și posibil în perspectiva următorilor ani și de taxarea CO₂.

“Electrificarea industriei reduce dependența de combustibili fosili, dar transferă volume mari de energie către sistemul energetic în ansamblu. Decarbonizarea industrială cere simultan capacități regenerabile, rețele stabile și flexibilitate.

3.8. Capacitatea de stocare a energiei

În cazul industriei, merită luate în considerare și alte forme utile de stocare a energiei, pe lângă bateriile electrice: stocarea în capacități termice înglobate în cuptoare dacă procesul tehnologic permite; stocarea în tancuri de apă caldă sau fierbinte, dacă există utilizare ulterioară; stocarea în rezervoare și rețeaua de aer comprimat la o presiune ușor crescută, dacă pierderile din rețele nu sunt semnificative; preîncălzirea materiei prime, dacă aportul termic este util etc.

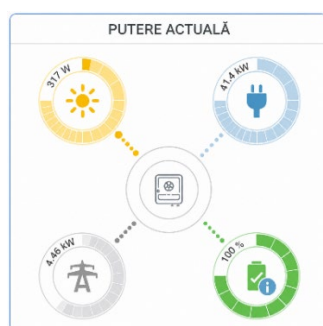


Fig. 67. – Interfață de vizualizare fluxuri energetice și grad încărcare-descărcare baterii electrice. Sursa: platformă invertor, anul 2026, putere instalată 120 kWp, cu BESS

Oportunitatea stocării apare atunci când sursa fotovoltaică proprie produce excedentar, un caz întâlnit în industrie acolo unde beneficiarii și-au permis instalarea de capacități fotovoltaice cu puterea instalată peste nivelul de consum, respectiv tot mai mult stocarea devine oportună atunci când energia este ieftină în SEN (excedent fotovoltaic la nivel național, de exemplu) sau mult mai ieftină decât în perioade următoare – vârfurile de seara și dimineața.

În cazul companiilor de apă, tot excedentul solar din stațiile de pompare și/sau tratare și pompare apă potabilă poate fi utilizat pentru încărcarea bazinelor de acumulare situate la o diferență de nivel față de rețeaua generală de apă. Astfel, în orele următoare prin curgere naturală sistemele de pompage își pot reduce presiunea și debitul vehiculat, acesta fiind un mecanism de răspuns la cerere (Demand Response) pentru operatorul economic care așa are posibilitatea de a accesa un tarif dinamic pentru energia consumată din rețeaua electrică.

Bilanțul zilnic expus mai jos pentru o lună de iarnă evidențiază variația importului din rețea și a autoconsumului direct, mult redus în sezonul rece.

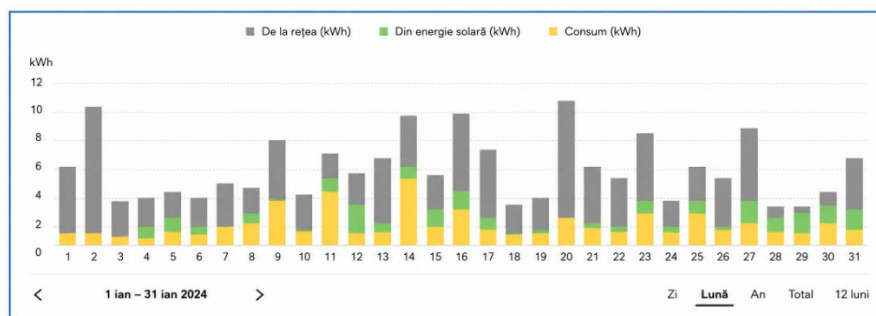


Fig. 68. – Reprezentarea zilnică grad acoperire consum, direct și din baterii pentru un mic prosumator industrial – lună de **iană**. Sursa: platformă invertor, anul 2024, putere instalată 3 kWp, cu BESS

Bilanțul zilnic prezentat mai jos pentru o lună de vară arată energia consumată direct, energia furnizată de baterie și energia preluată din rețea și indică clar aportul crescut în autoconsum al energiei produse și parțial stocate.



Fig. 69. – Representarea zilnică grad acoperire consum, direct și din baterii pentru un mic prosumator industrial – luna de **vară**. Sursa: platformă invertor, anul 2025, putere instalată 3 kWp, cu BESS

Graficul lunar de mai jos arată distribuția consumului între rețea, baterie și autoconsum direct. Este potrivit pentru a explica faptul că stocarea nu are același efect în toate lunile, iar evaluarea performanței trebuie făcută sezonier și nu doar pe baza unei zile reprezentative.

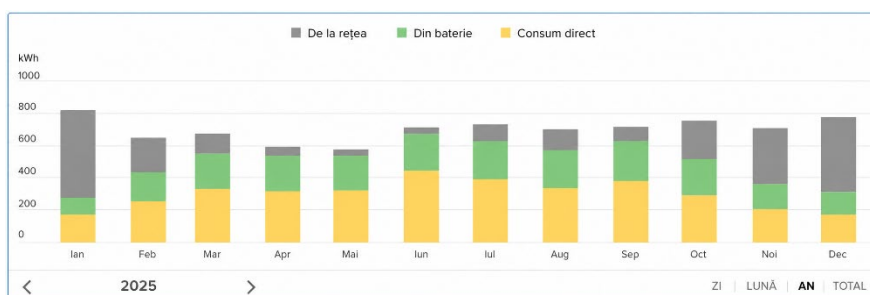


Fig. 70. – Reprezentare lunară grad de acoperire consum direct și din baterii. Sursa: platformă invertor, anul 2025, putere instalată 10.5 kWp, cu BESS

Bilanțul anual cu energie din rețea, energie din baterie și energie consumată direct evidențiază contribuția stocării electrice la acoperirea

consumului. Figura se integrează ca exemplu de raportare agregată a funcționării sistemului PV+BESS.

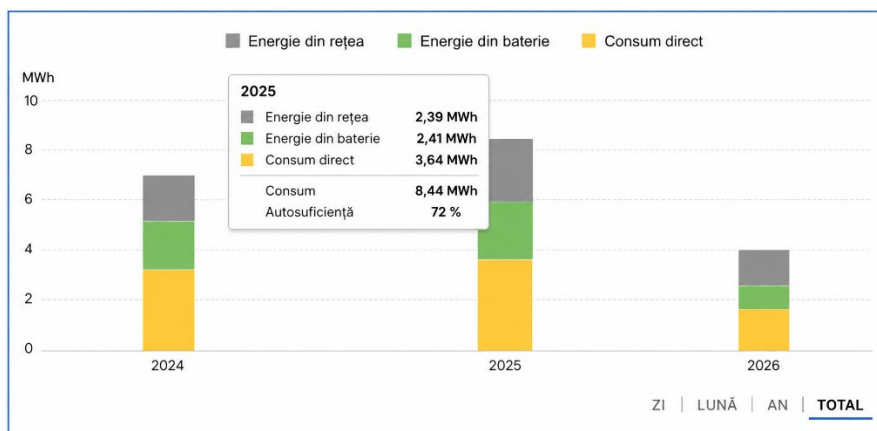


Fig. 71. – Reprezentare multianuală grad de acoperire consum. Sursa: platformă invertor, anii 2024-2026, putere instalată 10.5 kWp, cu BESS

“În industrie, stocarea nu înseamnă doar baterii: căldura, apa, aerul comprimat sau chiar procesul tehnologic pot deveni rezervoare de flexibilitate, dacă energia este transferată inteligent în timp.

3.9. Menținerea și durabilitatea sistemelor fotovoltaice

Piața instalatorilor de sisteme fotovoltaice a ajuns atât de competitivă în prezent, încât diferențierea între ofertanți se face nu doar prin cel mai mic preț, ci și prin durata extinsă, uneori nerealist, a garanției, respectiv prin asigurarea mentenanței pentru următorii 5, 10, 15 ani, ca asumare a instalatorului.

Din această perspectivă ca diferență majoră de abordare, față de prosumatorii rezidențiali și cei publici, sectorul privat al prosumatorilor este provizionat, cel puțin teoretic. Se adaugă și impactul urmărit al gradului de acoperire consum din sursa proprie, care face ca un operator economic să fie direct interesat să asigure mentenanța, pentru a menține în funcțiune centrala electrică fotovoltaică.

“Pentru operatorul economic, mentenanța are o justificare directă de business: fiecare perioadă de indisponibilitate înseamnă energie neprodusă, costuri suplimentare și reducerea rentabilității investiției.

3.10. Comunitățile de energie, pentru competitivitate economică

Un concept demult și de multe ori vehiculat, susținut inclusiv prin proiecte europene, este cel al asocierii companiilor mici și mijlocii pentru formarea de comunități de energie (regenerabilă), cu scopul de alimentare din surse verzi comune, cu scopul de partajare a energiei în aceeași rețea electrică, de la mai multe surse regenerabile, în special în parcuri tehnologice și industriale, ca spațiu comun.

În măsura în care legislația secundară din România va fi operaționalizată și aplicată pe scară largă, vedem posibile și astfel de asocieri, cu mai multe beneficii directe și indirecte din înființarea de comunități de energie, inclusiv mixte, care să implice și autorități publice și cetățeni.

“Comunitățile de energie pot transforma proximitatea dintre companii într-un avantaj competitiv, prin partajarea producției regenerabile, agregarea flexibilității și optimizarea energetică la nivelul întregului parc industrial.”

4. Operatori rețele de distribuție a energiei electrice

Ajungem și la operatorii concesionari ai rețelelor de distribuție a energiei, cei care în fapt au evidența racordării tuturor prosumatorilor din zonele concesionate, care pe de o parte beneficiază de excedentul livrat de centralele fotovoltaice de la punerea în funcțiune și până la emiterea certificatului de prosumator, iar pe de altă parte cărora le crește consumul propriu tehnologic atunci când densitatea prosumatorilor într-o zonă de rețea duce la ejecția energiei excedentare în amonte, în rețelele de medie tensiune.

O cuantificare a excedentului total injectat în rețea de către prosumatorii fără certificat aferent merită expusă, mai ales sub forma cotei procentuale din CPT acoperit din energie verde, volum de energie care nu este de neglijat.

De câțiva ani, operatorii de rețea se confruntă cu o avalanșă a cererilor de actualizare sau emitere Avize Tehnice de Racordare (ATR) noi pentru prosumatori, proces care durează uzual 3-6 luni. Digitalizarea procesării documentațiilor este cheia rezolvării acestui blocaj birocratic, proces inițiat și în curs la toți operatorii concesionari.

După cunoștințele noastre, niciun operator în schimb nu a inițiat și o modelare actualizată periodic a rețelelor de joasă și medie tensiune, care să permită analiza circulațiilor de puteri, pe zile caracteristice, în regimuri de producție și scenarii graduale și prin care să anticipeze evoluția CPT în rețele, fluctuațiile de tensiune, precum și nevoile de întărire.

Mai mult, o astfel de modelare și analiză la nivelul întregului RED din zona unui operator concesionar, definită în mai multe scenarii ar permite prioritizarea și mai eficientă a investițiilor, evitarea congestiilor, informarea clară și transparentă a utilizatorilor de rețea, precum și educarea în direcția flexibilizării și trecerii la utilizatori activi de rețea, într-o colaborare directă și cu ACUE și cu ANRE, cu atât mai mult cu cât legislația în vigoare limitează, în bună măsură justificat, limitările pe care operatorii de rețea ar dori să le aplice prosumatorilor.

Studiile actualizate periodic de modelare, analiză și sinteză a regimurilor de funcționare RED, în contextul tot mai amplu de producere distribuită, în joasă tensiune (JT) și medie tensiune (MT), ar permite folosind și baze de date de contorizare și putere de procesare date, de fapt algoritmi de inteligență artificială, o monitorizare anticipativă a funcționării rețelei, stimularea adăugării de capacități de stocare în baterii electrice, atât asociate cu centralele fotovoltaice, cât și în noduri de rețea, cu funcționare independentă.

Investițiile totale estimate la nivel de rețele electrice de distribuție pe toate cele trei niveluri de tensiune, exprimate cumulat de către toți operatorii concesionari, pentru a face față valului de prosumatori, de stații de încărcare vehicule electrice, sunt estimate între 20-25 mld. Euro (estimare vehiculată în mass-media), un volum de 4-5 ori mai ridicat decât investițiile realizate până în prezent în transformarea consumatorilor în prosumatori. Amortizarea contabilă a acestor investiții, nivelul CPT posibil crescut, creșterea costurilor cu mentenanța și întreținerea rețelelor modernizare vor duce toate la creșterea nivelului tarifelor de distribuție a energiei.

Un alt aspect semnificativ legat de relația operatori de rețea – prosumatori privește accesibilitatea și de o parte și de alta a sistemelor de contorizare a energiei.

Dacă dinspre operatorul de distribuție concesionar (ODC) preluarea contorului de decontare într-o centrală electrică virtuală

(CEV) cu sau fără obiectivul și de control invertoare, centrală modularizată eventual pe zone de rețea, este un proces de durată și cu efort investițional, beneficiile în gestionarea RED ar fi imediate:

- determinare directă a CPT pe zone de rețea,
- monitorizare niveluri de tensiune,
- identificare congestii și nevoi de întărire rețea,
- identificare oportunități de reconfigurare rețea, în special în medie tensiune,
- emiterea unor rapoarte bazate pe evidențe privind necesitatea tranziției la utilizatori activi de rețea,
- prognoza CPT pentru achiziția de energie în acest scop etc.

Privit dinspre prosumator, care deja are acces individual la contorizarea ambelor fluxuri energetice – producție locală și consum – o cedare a accesului la inverter va însemna ca beneficiu direct înțelegerea impactului pe care îl are asupra rețelei, făcut transparent de ODC, nu cu scop limitativ, ci dimpotrivă, cu scop stimulator de tranziție de la statutul de prosumator la cel de utilizator activ al sistemului energetic.

Acest lucru ar fi trebuit să se întâmple peste tot unde ODC a trecut la contorizare inteligentă, dar utilizată doar de către operator, nefiind accesibilă și utilizatorului de rețea, consumatorului.

În lumina considerațiilor de mai sus, precizate și în urma elaborării de către autori a mai multor studii de prognoză CPT și calcul CPT la nivel de ODC timp de mai mulți ani, încheiem prin a accentua faptul că în tot acest val al prosumatorilor, al producerii distribuite, rețeaua electrică de distribuție capătă un rol tot mai important, nu ne izolăm de ea, nu devenim independenți de rețea.

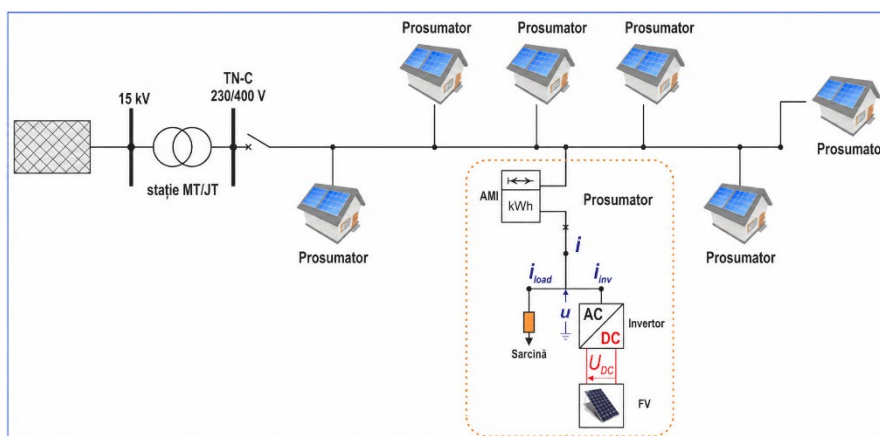


Fig. 72. – Model de rețea de distribuție MT/JT cu prosumatori

În cadrul unui studiu tehnic de post-calcul CPT pentru un operator de rețea concesionar, s-a realizat o modelare și analiză circulației de puteri la nivelul unui micro-contur energetic de alimentare dintr-un post de transformare MT/JT a unui grup de locuințe rezidențiale cu prosumatori.

S-a considerat situația prezentă la acel moment, apoi gradual creșterea numărului de prosumatori până la dotarea cu sisteme fotovoltaice a tuturor locuințelor racordate la rețea. Astfel, graficul de mai jos reflectă la nivelul tabloului electric general din postul trafo, pentru un interval de o săptămână puterile electrice active absorbită (**albastru**), generată agregat și autoconsumată de prosumatori (**verde**), respectiv excedentul livrat în amonte în medie tensiune (**roșu**).

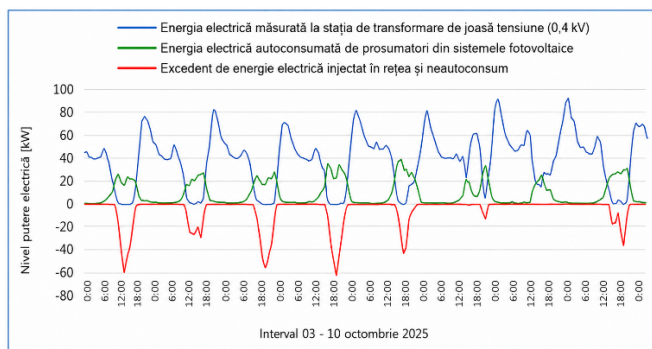


Fig. 73. – Înregistrări curbe de consum și producție energie în conturul analizat

Mai departe, ca extras sumar al studiului realizat, în graficul de mai jos se prezintă evoluția CPT pe măsura creșterii puterii instalate în centralele fotovoltaice ale prosumatorilor.

Se observă clar faptul că deși inițial nivelul CPT scade ușor atâta timp cât prosumatorii alimentează consumatori învecinați din conturul energetic JT alimentat de la postul trafo, ulterior, pe măsura creșterii puterii instalate în prosumatori, nivelul CPT crește de asemenea semnificativ, cu consecințe pe termen lung în creșterea tarifelor de distribuție a energiei pentru toți utilizatorii de rețea.

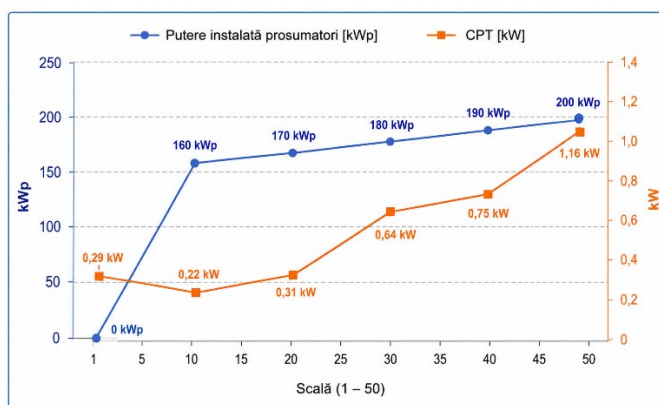


Fig. 74. – Exemplu de evoluție a consumului propriu tehnologic pe măsura creșterii puterii instalate în surse locale la prosumatorii alimentați dintr-un post de transformare

În concluzie opinăm faptul că modelul de afaceri al operatorului de distribuție concesionar (ODC) poate tranziționa și el de la cel bazat doar pe tarife de acces la rețea și tarife fixe de distribuție, la unul bazat și pe tarife de acces la rețea specifice pentru utilizatori activi ai SEN, de distribuție a energiei în ambele sensuri și de flexibilitate (tarife bazate pe reguli și timp/durata de utilizare, tarife dinamice).

Ca acest lucru să se întâmple, ODC și prin ACUE, în relație cu ANRE și legiutorul au posibilitatea de a susține și actualizarea legislației în acest scop, astfel încât tranziția energetică a operatorului de rețea de distribuție (*Distribution Network Operator – DNO*) să îl transforme în operator de sistem de distribuție a energiei (*Distribution System Operator – DSO*).

“*Producerea distribuită face rețeaua de distribuție mai importantă, nu mai puțin importantă. Viitorul RED presupune modelare dinamică, digitalizare, contorizare accesibilă și stimularea flexibilității.*”

5. Impact în Sistemul Energetic Național

Revenind la reprezentările și evoluția producției de energie pe categorii de surse versus consumul total la nivelul SEN, în această secțiune se continuă cu o serie de evidențe din istoricul de funcționare din România, începând de la istorice de funcționare din intervalul 2008 – 2025, care indică în mod clar evoluția nivelurilor de producție de energie electrică din fiecare categorie de sursă (cărbune, nuclear, gaze naturale, apă, vânt, soare și biomasă), a nivelului total anual de producție,

respectiv consum (reprezentările de tip bar), precum și evoluția soldului de import-export.

Se observă clar scăderea semnificativă a producției de energie electrică din cărbune (efectul decarbonizării prin închiderea unor unități de producere din cărbune), precum și de la primul val al regenerabilelor intrarea în funcțiune a centralelor electrice eoliene (CEE) și a celor fotovoltaice (CEF) cu injecție în SEN.

Abia în ultimii doi ani din evidența analizată se observă efectul (cu galben) prosumatorilor, iar în ansamblu constatăm că pe o bună parte din durata de funcționare a regenerabilelor CEE și CEF, tocmai echivalentul producției lor a fost exportat, susținut de plata certificatelor verzi.

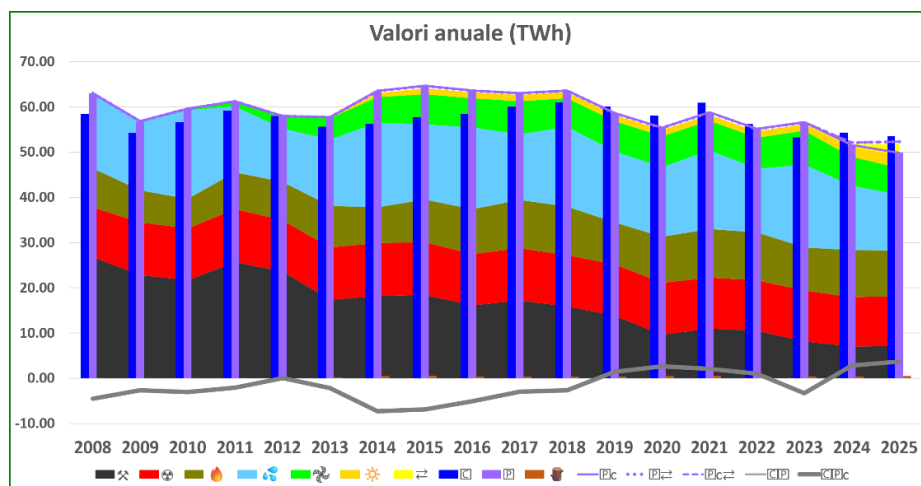


Fig. 75. – Curbele istorice de producere a energiei la nivel de SEN vs. consum. Sursa: date Transelectrica, anii 2008-2025

Continuăm cu reprezentarea a câtorva zile din prezent, văzute la nivel național în SEN, zile care cu codurile de culoare aferente arată nivelul producției din fiecare categorie de surse: negru – cărbuni, roșu – nuclear, verde închis – gaze naturale, albastru – ape, verde – vânt, galben deschis – fotovoltaice la sol, maro – biomasă (insesizabil), galben închis – prosumatori.

Linia continuă albastră reprezintă nivelul total de consum electroenergetic măsurat prin agregare de către Transelectrica, iar linia gri de jos reprezintă soldul, importul sau exportul de energie la nivel național.

Observăm ușor faptul că pentru acest interval de timp selectat aleator în sezonul cald, nivelul producției totale de energie este excedentar peste zi față de consum exact pe durata producției maxime

de energie solară. Mai clar, exportăm energie solară în echivalent aproape toată cantitatea generată de prosumatori sau de parcurile fotovoltaice cu injecție direct în SEN, care beneficiază și de sprijin prin certificate verzi.

În instanța de mai jos reprezentativă ca regim de funcționare tipic de primăvara până toamna, observăm și că în vârfurile de sarcină de seara și de dimineața avem un deficit semnificativ de energie, raportat la producția realizată, deficit acoperit din importuri, cu regula simplă a pieței: exportăm ieftin și importăm scump.

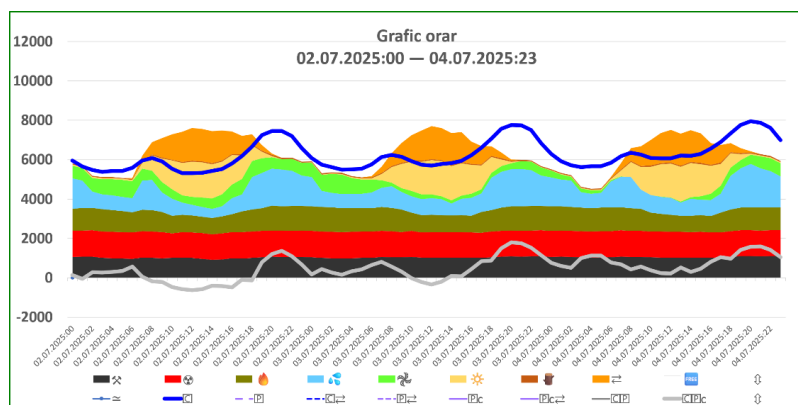


Fig. 76. – Instanță văzută în SEN pentru 3 zile din anul 2025. Sursa: date Transelectrica

Pe de altă parte, același interval de timp din prezent reflectat mai sus, tocmai ținând cont de producția prosumatorilor adăugată în consum ne arată nivelul de consum real în SEN – linia albastră punctată, linia albastră continuă reprezentând de fapt cererea de energie văzută în SEN:

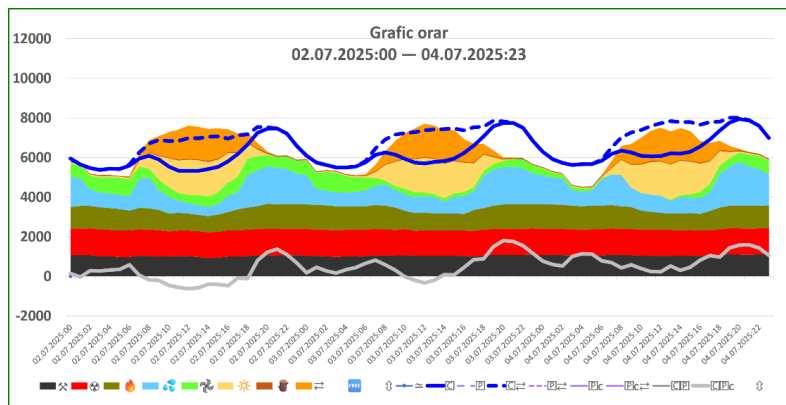


Fig. 77. – Instanță reală în SEN pentru aceleași 3 zile din anul 2025. Sursa: date Transelectrica

Iată așadar în primul rând o transformare întâmplată în curba de consum la nivel național, care una este cea văzută (cererea) din SEN și

alta este cea real întâmplată, în care o bună parte din consum este direct și în proximitate acoperit din surse locale, distribuite în tot SEN, în rețelele de joasă și medie tensiune.

Vedem în fapt contribuția importantă pe care prosumatorii o au la nivel național, înțelegem că fără aportul lor, într-un scenariu contra-factual în care nu ar fi existat prosumatorii, deficitul de producție și în acoperirea consumului ar fi fost semnificativ mai ridicat și de durată, de fapt pe aproape toată durata zilei, în majoritatea zilelor.

În echivalentul total anual al producției prosumatorilor, dar și la nivel zilnic în sezonul cald, acoperim o bună parte din deficitul cronicizat al producției față de consum.

Nu rămânem doar în prezent, ci reflectăm și o primă previziune proprie autorilor pentru anul 2030, creșterea producției fotovoltaice la sol, ținând cont de dinamica de dezvoltare a parcurilor fotovoltaice la sol, de evidențele și statisticile emise periodic de către ANRE cu privire la numărul de contracte de racordare și ATR-uri emise. Practic, considerăm o triplare a capacității instalate în parcuri fotovoltaice la sol, raportat la anul 2025:

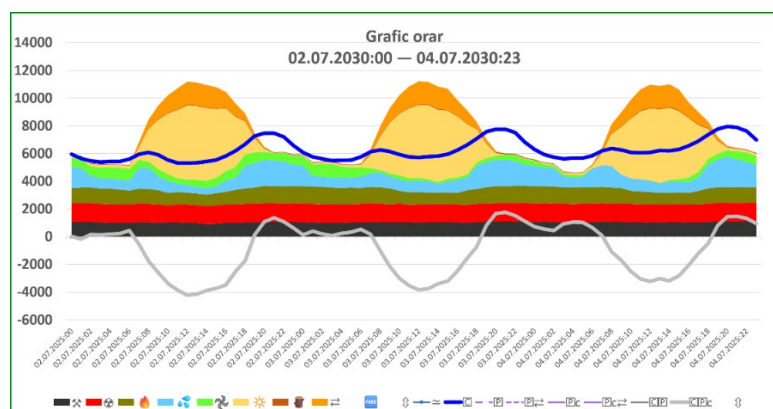


Fig. 78. – Predicție producție fotovoltaică cu injecție directă în SEN în aceleași 3 zile, dar din 2030. Sursa: date Transelectrica

Ce observăm din această reprezentare viitoare a producției solare de la sol este simplul fapt că creștem și mai mult (mult mai mult) excedentul față de consumul național, într-o perspectivă totuși în care valul fotovoltaicelor va fi însoțit direct proporțional și de valul stocărilor în baterii electrice, direct la nivel de sursă sau în noduri de rețea.

Asta va însemna cel mai probabil că în sezonul cald, în care producția fotovoltaică va fi excedentară, prin stocare sunt șanse mari să acopere deficitul din vârfurile de seară și până dimineața, în cele mai multe zile, reducând dependența de importuri, chiar mai mult cu o trecere a

soldului pe export atât în miezul zilei, cât și poate în alte momente din stocare.

Asta nu va însemna și ieftinirea energiei pentru că toate aceste sisteme, de producere și mai ales de stocare, ca să fie amortizate și viabile economic, vor menține prețul în vârfurile de sarcină și ca medie globală la niveluri ridicate, o afirmație pe care o lansăm fără să aibă nevoie de argumentare suplimentară.

Adăugăm mai departe o previziune pentru 2030 și privind creșterea producției fotovoltaice la nivelul prosumatorilor de trei ori nivelul din 2025, ținând cont tot așa de dinamica din ultimii 3 ani a capacității instalate în prosumatori și de apelurile de finanțare care în următorii 2-3 ani încă pe rol vor susține dezvoltarea lor:

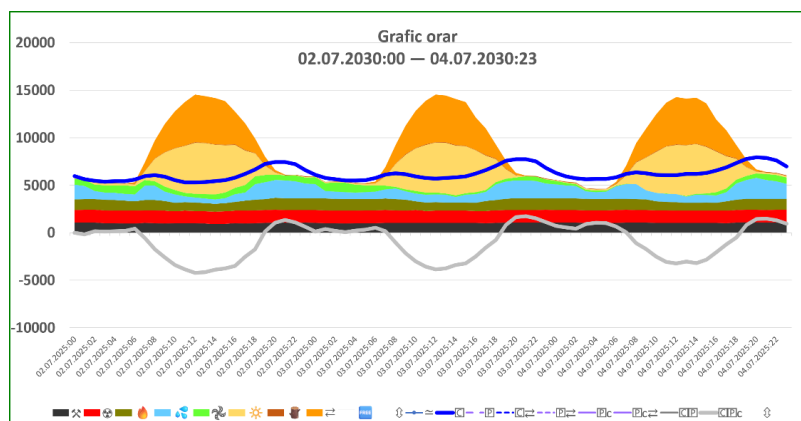


Fig. 79. – Predicție producție fotovoltaică cu injecție directă în SEN și prosumatori în aceleași 3 zile, dar din 2030. Sursa: date Transelectrica

Din nou observăm discrepanța și mai accentuată a excedentului de producție în miezul zilei, care chiar și stocat poate deservi integral deficitul de consum din vârful de seara și până dimineața și tot rămânem cu excedent de export. Sau poate vom fi în situația de a limita producția solară și din celelalte surse, cu consecințe economice grave în sectorul energetic, la fel și în cel al prosumatorilor.

Dublăm și producția din eolian, creștem cu 250% producția din gazele naturale și înjumătățim producția nucleară (revizia unui grup):

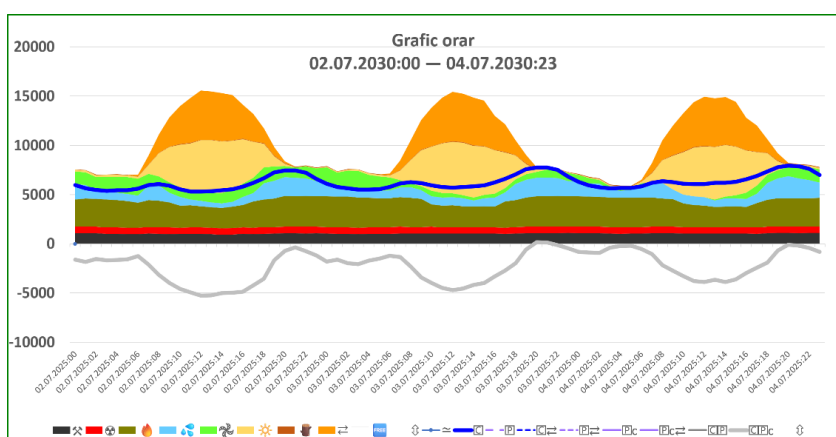


Fig. 80. – Predicție producții în SEN în aceleași 3 zile, dar din 2030. Sursa: date Transelectrica

Graficul este ilustrativ în sensul celor deja enunțate: excedent cu mult peste necesarul de consum, stocarea își reduce impactul și ori exportăm ieftin, ori forțăm – paradoxal prin creșterea declanșată de o criză în piața de energie, a prețului energiei electrice – creșterea consumului de energie. Cu probabilitate redusă considerăm că vom asista la o reducere semnificativă a prețului energiei în acest context al producției excedentare.

Electrificarea exprimată sintetic prin conceptele de cuplare sectorială *Power to X*: P2D (*Power to Data*), P2F (*Power to Food*), P2H₂ (*Power to Hydrogen*), P2Chem (*Power to Chemicals*), P2DH (*Power to District Heating*), P2M (*Power to Mobility*) poate absorbi acest excedent, inclusiv prin asocierea cu capacități de stocare, dacă prin inițiative de afaceri astfel de conversii vor fi rentabile. De exemplu, un operator de stații de încărcare vehicule electrice poate lansa un program de încărcare a lor cu energie ieftină în timpul zilei sau pe durata nopții, prin achiziția din PZU și tarifarea diferențiată orară ca stimulent.

Există și varianta de stocare (sezonieră) în producția de hidrogen – *Solar Hydrogen Battery Storage* (SHBS) – posibil singura variantă care va susține forțat prețurile cel puțin actuale ale energiei și care dincolo de susținerea mobilității, a termoficării, a industriei gazelor tehnologice, poate contribui la acoperirea deficitului de producție din sezonul rece.

Pentru valul instalării de sisteme de stocare a energiei electrice în baterii (BESS) racordate în cadrul centralelor electrice sau direct în noduri de rețea, cel mai probabil pragul de limitare a capacităților instalate va fi dat de rata internă de recuperare a investițiilor (RIR), care conform unor consultanți financiari are ca prag de rentabilitate valoarea

de minimum 10%, corelată cu o capacitate viitoare total operațională de aprox. 11 GWh (Sursa: TDP Partners).

În final, dublăm și consumul de energie, un scenariu considerat de autori pentru anul 2030 ca având o probabilitate mică, chiar pe fondul unei electrificări accentuate sau tocmai pentru că o electrificare masivă nu se poate întâmpla atât de repede.

Este singura situație în care conform reprezentării de mai jos, păstrând intervalul celor câtorva zile preluate inițial ca evidență din prezent (2025) și extrapolate în anul 2030, revenim la deficit în vârful de sarcină de seara și până dimineața, deficit parțial acoperit vara din stocarea în baterii electrice (singura tehnologie semnificativă în care se investește în prezent).

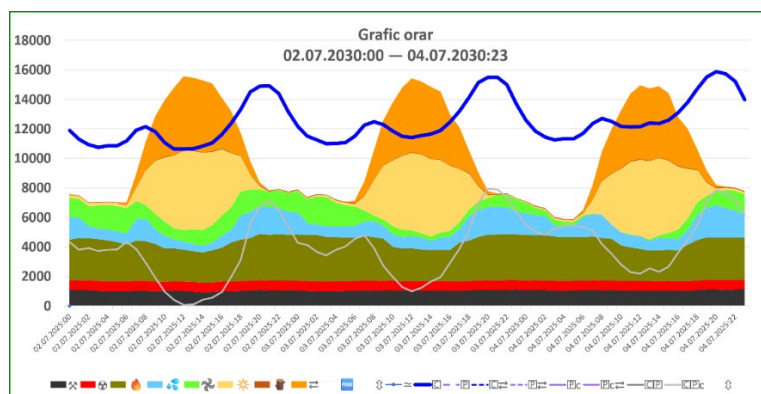


Fig. 81. – Dublare consum vs. producții estimate în 2030 (puțin probabil). Sursa: date Transelectrica

Facem o mențiune valabilă pentru toate scenariile expuse mai sus: producția prosumatorilor dincolo de reprezentarea ei ca volum (nivel de putere și durată zilnică), în fapt va fi vizibilă prin adâncirea curbei de consum pe durata zilei, adică prin transformarea și mai accentuată a curbei de consum, cu goluri de sarcină semnificative peste zi, cu discrepanțe (diferențe) de ordinul 4-5 GW între aceste goluri de sarcină și vârfurile de seară.

Acest regim de funcționare va fi unul cu provocări ridicate în exploatarea SEN, cu posibila oprire a surselor flexibile din gaze naturale și ape, care pentru a-și menține viabilitatea economică vor fi obligate să-și crească prețul de producție în durată limitată de funcționare.

S-au ilustrat câteva instanțe și scenarii de perspectivă privind evoluția producției și consumului la nivel de SEN, cu reflectarea impactului nu doar al prosumatorilor. Cu toată creșterea capacității instalate în prosumatori, asociată și cu capacități de stocare în principal

în baterii electrice, efectul acestora va fi unul benefic, de acoperire directă a consumului pentru proprietarii de surse.

Impactul va fi unul de transformare a modului de funcționare a sistemului energetic și a piețelor de energie, în care pe lângă marii producători care asigură și flexibilitate, un rol important îl vor putea juca și prosumatorii agregați de furnizori, agregați prin comunități de energie, dar deveniți utilizatori activi de rețea.

Față de nivelul de referință cu datele energetice disponibile pe portalul Transelectrica din intervalul 2007 – 2025, prin curbele clasate pentru anii 2008 și 2025, expuse grafic mai jos se identifică următoarele regimuri de funcționare și transformări ale curbelor de producție și consum la nivelul SEN:

Anul 2008 – mix de producție fosilă, hidro, gaze și nucleară (valul regenerabilelor încă nu luase start-ul), cu excedent de durată în toate momentele zilei.

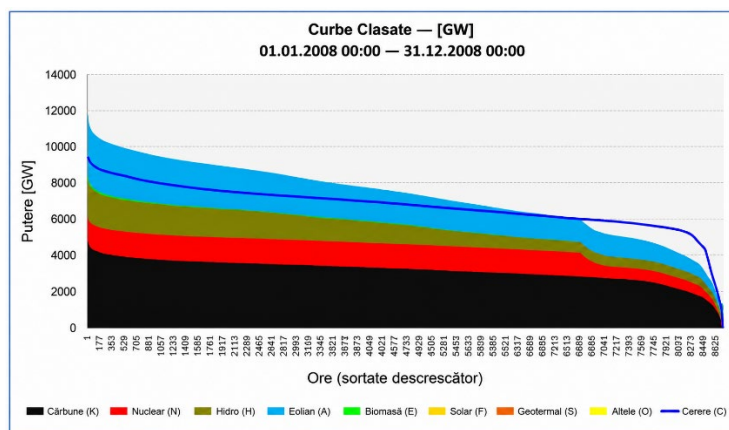


Fig. 82. – Curba clasată producției de energie vs. consum pentru anul 2008. Sursa: date Transelectrica

Reprezentarea de mai sus a producției cumulate de energie din categoriile de surse existente în anul 2008 versus consumul de energie la nivel național, ne arată pe de o parte excedentul de durată provenit din producția la acel moment excedentară de hidroenergie, iar pe de altă parte deficitul de producție față de consum, acoperit din importuri pe o durată cumulată de aproximativ 1000 ore/an, durată mult redusă față de cea a excedentului realizat.

Anul 2025 – mix de producție fosilă (semnificativ diminuată), hidro, gaze, nucleară, eoliană, solară de la sol, solară de la prosumatori (al doilea val al regenerabilelor), cu excedent asociat cu producția solară și eoliană și deficit de durată.

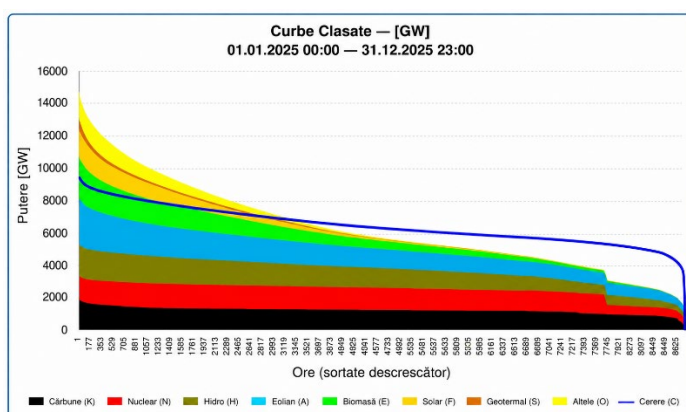


Fig. 83. – Curba clasată producției de energie vs. consum pentru anul 2025. Sursa: date Transelectrica

Anul 2030 – mix de producție din cărbuni (eliminată), gaze naturale (crescută prin funcționarea Mintia și Iernut) hidro, nucleară (redușă temporar), eoliană, solară de la sol, solară de la prosumatori (dublată, respectiv triplată), cu excedent masiv asociat cu producția solară și eoliană și deficit pentru o durată ușor redusă față de 2025.

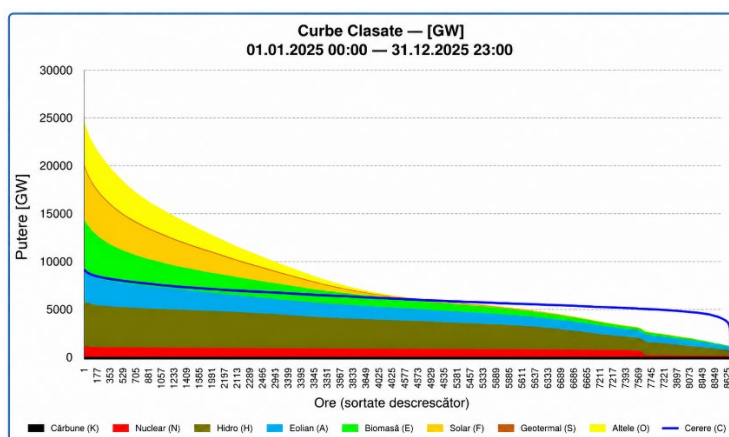


Fig. 84. – Curba clasată producției de energie vs. consum pentru anul 2030. Sursa: date Transelectrica

Vom avea astfel un sistem energetic în mare măsură decarbonizat, însă cu provocări în echilibrarea producției cu consumul, cu deficit greu de acoperit în sezonul rece, cu prețuri estimăm tot ridicate pentru energia electrică vehiculată în SEN.

“Prosumatorii au modificat deja curba de sarcină a României și acoperă local o parte din consumul care altfel ar trebui produs sau importat. Noua provocare, dar și oportunitate este mutarea excedentului solar de la prânz către vârfurile de consum.”

6. O perspectivă asupra declanșării unui blackout

Subiectul declanșării unui blackout în Sistemul Energetic Național constatăm că este puțin dezbătut și corelat cu funcționarea producerii distribuite a prosumatorilor și a centralelor electrice fotovoltaice (CEF), respectiv centralelor electrice eoliene (CEE), în directă legătură cu tipul invertoarelor utilizate, estimată de autori ca fiind în proporție covârșitoare *grid following*.

*“Cascada cuplată de instabilitate de tensiune și frecvență
într-un sistem cu penetrare ridicată a producției
distribuite bazate pe invertore grid following poate conduce
la un blackout.*

Subiectul declanșării unui *blackout* în Sistemul Energetic Național este relativ puțin dezbătut în corelație cu funcționarea producției distribuite aferente prosumatorilor, centralelor electrice fotovoltaice (CEF) și centralelor electrice eoliene (CEE), respectiv cu comportamentul convertoarelor electronice de putere utilizate, care sunt, în proporție covârșitoare, de tip *grid-following* și cu securitatea lor cibernetică.

Într-un context caracterizat printr-o producție fotovoltaică ridicată, de exemplu în intervalul de maxim solar din cursul zilei, pot apărea în anumite zone ale rețelelor de distribuție fluxuri importante de putere din rețelele de joasă și medie către înaltă tensiune (distribuție spre transport).

În condițiile unei capacități limitate de evacuare a energiei, ale unui consum local redus și ale unui control insuficient al tensiunii și puterii reactive în RED, tensiunea poate crește în anumite noduri ale rețelei până în apropierea sau chiar peste limitele admisibile.

În această etapă, frecvența sistemului poate rămâne încă apropiată de valoarea nominală, întrucât echilibrul global dintre puterea activă produsă și cea consumată nu este neapărat afectat semnificativ.

Dacă, pe fondul unor supratensiuni, al unor perturbații de rețea sau al funcționării protecțiilor invertoarelor, un număr semnificativ de generatoare distribuite se deconectează într-un interval scurt de timp, simultan sau în cascadă, sistemul pierde brusc o parte din puterea activă produsă local.

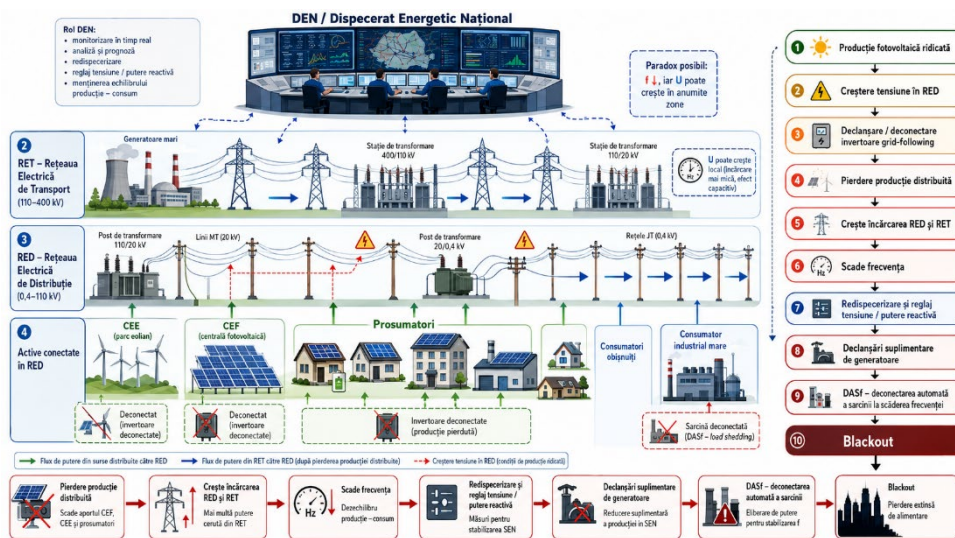


Fig. 85. – Ilustrarea generică a posibilității apariției unui blackout, cu contribuția involuntară din supratensiune sau atac cibernetic asupra prosumatorilor

În zonele afectate, alimentarea consumului trebuie preluată într-o măsură mai mare din rețeaua din amonte, ceea ce determină modificarea rapidă a fluxurilor de putere și creșterea încărcării unor elemente ale rețelelor de distribuție și, ulterior, ale rețelei de transport.

Pierderea unei cantități importante de putere activă determină apariția unui dezechilibru între producție și consum, iar frecvența SEN începe să scadă. În același timp, evoluția tensiunii nu este obligatoriu corelată direct cu evoluția frecvenței. În funcție de distribuția fluxurilor de putere, de aportul de putere reactivă, de nivelul de încărcare al liniilor și de răspunsul echipamentelor de reglaj, în anumite zone tensiunea poate scădea, în timp ce în alte zone poate crește.

Dispeceratul Energetic Național (DEN) și operatorii de rețea intervin prin mobilizarea rezervelor de putere activă, redispecerizarea unor unități generatoare, reglajul producției și consumului de putere reactivă, utilizarea echipamentelor de compensare și, după caz, prin reconfigurări ale topologiei rețelei. Scopul acestor măsuri este restabilirea simultană a echilibrului de putere activă, stabilizarea frecvenței și menținerea tensiunilor în limitele admisibile.

În cazul în care dezechilibrul continuă să se amplifice, pot apărea oscilații electromecanice și variații importante ale tensiunii și frecvenței. Deconectarea suplimentară a unor unități generatoare mari sau a unor grupuri de producție conectate prin convertoare electronice conduce la o nouă reducere a puterii active disponibile și, implicit, la o scădere suplimentară a frecvenței.

În paralel, reducerea fluxurilor de putere și a gradului de încărcare a unor linii electrice de transport poate modifica bilanțul de putere reactivă al sistemului. Pe măsură ce liniile sunt mai puțin încărcate, consumul lor inductiv se reduce, iar caracterul capacitiv al rețelelor de înaltă și foarte înaltă tensiune poate deveni relativ mai important. În anumite configurații, această situație poate determina creșterea tensiunii chiar în condițiile în care sistemul se confruntă simultan cu un deficit de putere activă și cu scăderea frecvenței.

Se poate forma astfel o buclă de feedback periculoasă: pierderea unor surse de producție determină scăderea frecvenței și modificarea fluxurilor de putere; reducerea încărcării anumitor linii și modificarea balanței de putere reactivă pot conduce la creșterea tensiunii; supratensiunea poate determina deconectarea altor generatoare, inclusiv a CEF și CEE care nu dispun de capabilități suficiente de *ride-through* sau de control dinamic al tensiunii; pierderea suplimentară de producție accentuează deficitul de putere activă și determină o nouă scădere a frecvenței.

Dacă frecvența coboară sub pragurile stabilite, se activează schemele de deconectare automată a sarcinii la scăderea frecvenței (DASf), prin care sunt deconectate succesiv categorii de consumatori pentru reducerea rapidă a consumului și restabilirea echilibrului dintre producție și sarcină. Această măsură reprezintă una dintre ultimele linii automate de apărare împotriva colapsului de frecvență.

Totuși, într-un sistem aflat simultan într-o stare critică din punct de vedere al tensiunii și al puterii reactive, reducerea bruscă a consumului poate diminua suplimentar încărcarea rețelelor și poate accentua, în anumite zone, tendința de creștere a tensiunii.

În lipsa unui răspuns coordonat și suficient de rapid al mijloacelor de reglaj al puterii active și reactive, această interacțiune dintre instabilitatea de frecvență și instabilitatea de tensiune poate conduce la declanșări succesive ale liniilor și generatoarelor, la insularizări și, în final, la pierderea totală sau parțială a alimentării cu energie electrică — *blackout*.

Prin urmare, într-un sistem energetic cu o pondere ridicată a producerii distribuite conectate prin convertoare de tip *grid-following*, riscul unui *blackout* nu trebuie analizat exclusiv din perspectiva reducerii inerției sistemului.

Fault ride-through (FRT) înseamnă capacitatea unui echipament conectat la rețea, de exemplu un inverter fotovoltaic, de a rămâne conectat și de a continua să funcționeze în timpul și imediat după un

defect sau o perturbare a rețelei, în loc să se deconecteze instantaneu, capacitatea de trecere peste defect.

Este necesară analiza integrată a interacțiunilor dintre puterea activă și frecvență, puterea reactivă și tensiune, capacitățile de *fault ride-through* și *voltage ride-through* ale convertoarelor, regimul de acționare al protecțiilor, capacitatea de reglaj dinamic al tensiunii și coordonarea răspunsului producției distribuite cu sistemele de protecție și automatizare ale SEN.

Scenariul tehnic prezentat conține mecanisme de instabilitate a tensiunii și frecvenței care se regăsesc și între fenomenele analizate după *blackoutul* iberic din aprilie 2025. El nu trebuie interpretat ca o atribuire a cauzei acelui eveniment prosumatorilor sau unui atac cibernetic, ci ca o ilustrare a riscurilor care trebuie analizate într-un sistem cu o pondere crescută a surselor conectate prin convertoare electronice.

Totul se poate întâmpla atât de repede, încât doar automatica de sistem poate reacționa în momentele critice, dar prevenirea lor ține de experiența și cunoașterea fundamentelor de către operatorii umani.

Raportul final al panelului de experți ENTSO-E atribuie evenimentul din Spania, 2025 unei combinații de factori care au interacționat: oscilații, deficiențe de control al tensiunii și al puterii reactive, practici neuniforme de reglaj, reduceri rapide ale producției, deconectări de generatoare și capacități diferite de stabilizare. Raportul nu stabilește prosumatorii sau un atac cibernetic drept cauză a evenimentului.

Cauza de la care s-a pornit în descrierea prezentului scenariu este o deconectare simultană a surselor distribuite pe fondul creșterii tensiunii în rețea, în punctele de racordare ca efect al excedentului produs sau deconectarea intempestivă acționată de un atac cibernetic simultan la nivelul unui volum important de surse distribuite – prosumatori.

“*Într-un sistem dominat tot mai mult de surse conectate prin invertoare, instabilitatea de tensiune și cea de frecvență se pot alimenta reciproc. Reziliența cere control dinamic, surse grid-forming și securitate cibernetică.*”

7. Piața și furnizori tradiționali de energie

Odată cu apariția pe scară largă a prosumatorilor, furnizorii de energie și-au adaptat sistemele de facturare, bazele de date cu evidențele de consum și producție excedentară și într-o mai mică măsură regularizarea cel puțin trimestrială a fluxurilor energetice.

Este prea puțin cunoscut în exterior sistemul practicat de furnizori, așa încât să fie clar ce se întâmplă cu un consumator individual devenit prosumator, în condițiile în care excedentul uzual al unui prosumator rezidențial este de 3-5 ori mai ridicat decât consumul, respectiv ce se întâmplă cu un portofoliu de consumatori și prosumatori pe care un furnizori îl deține, în procesarea balanțelor energetice lunare.

Atâta timp cât furnizorul nu are acces la contorizarea inteligentă, la nivel de 15 min sau orar și nu agregă curbele de producție și consum, modelul de afacere rămâne unul rigid, rigidizat de prevederile legislative inclusiv privind compensarea prosumatorilor, și nu în favoarea acestora din urmă.

Nu este stimulată pe scară largă tranziția consumatorilor deveniți prosumatori la utilizatori activi de rețea, decât prin timide inițiative ale unor furnizori de a promova perioade de consum cu preț diferențiat, într-un singur caz identificat în prezent în piața de energie.

În valul fotovoltaicelor de la prosumatorii rezidențiali și publici, care a început fără capacități de stocare în BESS asociate, o campanie de promovare a “butoaielor de apă caldă”, adică a *bufferelor* de apă caldă menajeră, pe care furnizorii să le fi oferit spre vânzare cu siguranță ar fi avut un efect benefic. Am fi imaginat așa: furnizorul, mai ales cel care face parte din același grup de business cu operatorul de rețea, să fi sau chiar și în prezent să spună – vindem butoaie de apă caldă de la soare!

Efectul ar fi fost imediat, de reducere excedent exportat în RED, de reducere nevoie de compensare producție excedentară cu consum, de reducere CPT în rețea, de menținere nivel tensiune în limitele admise și de evitare a fenomenului de prosumator vulnerabil etc.

“Simpla facturare a energiei consumate și injectate nu mai este suficientă. Furnizorul viitorului trebuie să activeze flexibilitatea clientului prin tarife dinamice, stocare și servicii care transformă prosumatorul în participant la piață.”

8. Agregatori și furnizori de flexibilitate

În acest peisaj în care nici consumatorii, nici prosumatorii nu sunt stimulați să devină utilizatori activi de rețea, pare-se că încep să apară așa numiții noii “*băieți deștepți*” din energie (denumire dată de autori), dar nu cu o conotație negativă, ci dimpotrivă asociată cu un model de afaceri și antreprenori care vin și lansează în piață activarea potențialului pe care îl au prosumatorii, în special cei dotați și cu capacități de stocare.

Până în prezent s-au identificat 4 (patru) astfel de agregatori licențiați simultan și ca furnizori de energie, care oferă prosumatorilor posibilitatea de intrare într-o CEV și participarea activă în piața de energie, fie în piața zilei următoare (PZU), fie chiar în piața serviciilor tehnologice de sistem.

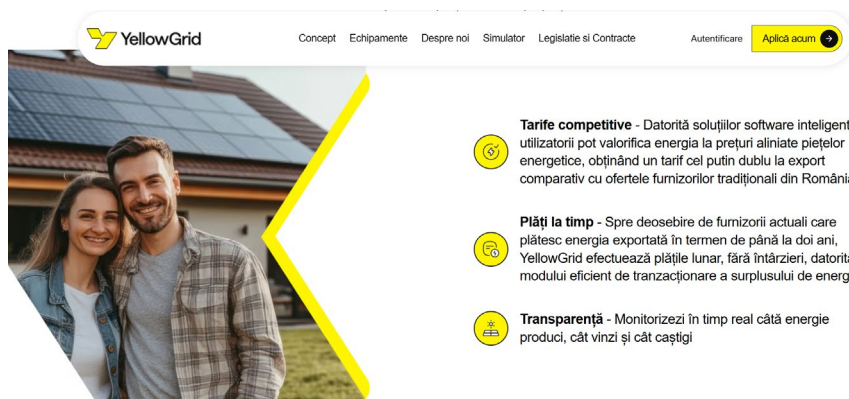


Fig. 86. – Imagine de reclamă pentru primul agregator-furnizor român care susține prosumatorii rezidențiali, ca utilizatori activi de rețea, prin tarife dinamice

Aceștia – agregatorii furnizori – vin și oferă un preț diferențiat orar pentru energia consumată din rețea, dar și un preț de valorificare a energiei excedentare cu mult peste cel de compensare oferit de lege prosumatorilor. Din dialogul cu toți cei 4 agregatori identificați, noii “*băieți deștepți*”, la propriu, din energie, se vehiculează ca estimare empirică a autorilor un câștig total anual pentru un prosumator standard cu o capacitate de 3 kWp fotovoltaic și 5 kWh BESS de aproximativ 1000 euro/an, respectiv cu o factură nulă de energie pe consum, aceasta fiind o situație atractivă pentru mulți prosumatori.

Nu inventăm mare lucru în acest sector, preluăm modele validate din vest și est și de fapt agregatorii la unison au precizat că încă se lovesc de bariere legale și de intrare pe piața de energie, cu o susținere limitată din partea ANRE sau operatorului pieței de energie (OPCOM).



Fig. 87. – Imagine de ansamblu pentru primul agregator-furnizor care susține prosumatorii industriali, ca utilizatori activi de rețea, prin tarife dinamice

Acest model de piață sau piețe descentralizate de energie este demult bine fundamentat, testat funcțional și maturizat atât în vest, cât și în estul României și se bazează în primul rând pe activarea consumatorilor și prosumatorilor prin agregare, prin aducerea lor astfel ca rol la același nivel cu cel al producătorilor furnizori de flexibilitate.

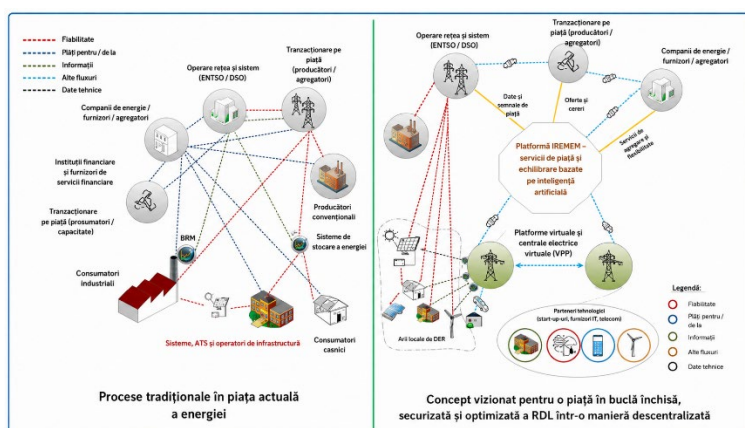


Fig. 88. – Reprezentare piețe de energie: tradițională (stânga) și diversificată cu implicarea utilizatorilor activi de rețea (dreapta)

Ne așteptăm ca piața serviciilor de agregare și a furnizorilor de flexibilitate să crească semnificativ, să devină una relevantă pe termen mediu și lung, fiind de fapt nu doar oportunitatea de reducere de cost și obținere de beneficii pentru prosumatori, ci chiar soluția de tranziție a consumatorului, nu doar la prosumator, ci la utilizator activ al sistemului energetic.

Ne așteptăm ca piața serviciilor de agregare și flexibilitate să transforme benefic atât funcționarea SEN și echilibrarea zilnică a producției cu consumul, cu aportul distribuit al capacităților individuale

de stocare, cât și piața de energie, unde rolul dominant este al producătorilor care oferă servicii de sistem și al furnizorilor care prin modelele actuale de afaceri, nu avantajează utilizatorii de rețea, care pot fi activi.

Agregatorii susțin utilizatorii activi să consume din rețea când energia este ieftină – în miezul zilei și/sau noaptea – să se încadreze voluntar în tarife explicite sau implicite, să fie capabili să răspundă la cerere, cererea pieței de energie – Demand Response.

Agregatorii de prosumatori au în același timp responsabilitatea asigurării securității cibernetice a portofoliilor pe care le vor opera, aspect semnalat la nivel individual în secțiunile anterioare, dar care capătă importanță chiar mai ridicată în cazul agregatorilor, inclusiv de comunități energetice.

În perspectivă, deși testat deja fără o replicare în masă, furnizorii care vor agrega și deservi utilizatori activi de rețea, pot lansa și sisteme de plată bazate pe tokeni sau alte instrumente virtuale de monetizare.

“Agregatorul transformă mii de resurse energetice mici într-o resursă relevantă pentru piață și sistem. Prin centrale electrice virtuale, prosumatorul poate valorifica nu doar energia, ci și flexibilitatea pe care o poate oferi.

9. Instalatori de fotovoltaice

Piața instalatorilor de fotovoltaice a crescut în același ritm cu prosumatorii și parcurile fotovoltaice de la sol. Au avut loc foarte multe reconversii de companii și meserii, pentru ca ritmul instalărilor să poată fi susținut.

Susținerea acestui domeniu de afaceri este direct asociată cu finanțările nerambursabile acordate în ultimii ani prin programele Casa Verde, RePower EU, PNRR, Fondul pentru Modernizare, Apelul Cheie 1, fonduri norvegiene și altele.

Startul instalării de sisteme fotovoltaice la prosumatori este posibil să fi fost dat de către chiar marii furnizori de energie, deveniți în ultimii 10-15 ani și companii de servicii energetice, prin valorificarea bazelor de date cu consumatorii și consumul lor de energie, inițial pentru promovarea de soluții de eficiență energetică, trecerea delimitării în alimentarea cu energie de la joasă la medie tensiune, apoi tot mai mult pentru sisteme fotovoltaice, pompe de căldură, stocare, stații de încărcare vehicule electrice etc.

Avem în prezent mulți instalatori de fotovoltaice care înainte se ocupau de spălătorii auto, vulcanizări auto, construcții civile și industriale, comerțul angro de materiale etc., acestea fiind domenii din afara modelului clasic de afaceri din zona construcțiilor de rețele și instalații electrice. Opinăm faptul că o bună parte a acestor instalatori deși îndeplinesc formal cerințele de autorizare și atestare ANRE, cu personal extern contractat, în realitate, cu probabilitate ridicată nu respectă și nu aplică cerințele din normativele de proiectare și execuție.

Au apărut astfel și primii milionari din instalarea de sisteme fotovoltaice, companii și antreprenori care au realizat volume medii sau ridicate de lucrări și instalat capacități de producere distribuită. Putem aprecia că industria montajului de fotovoltaice a devenit, deși puternic concurențială, una prosperă, cu impact și ca aport la stimularea mediului economic și la bugetul de impozite și taxe la stat.

Dintr-o monitorizare a sistemului de achiziții publice (SEAP) din ultimii 3 ani, constatăm că săptămânal apar la nivel național între 10-20 de noi licitații pentru sisteme fotovoltaice atât în sectorul public, cât și în cel privat, pe fondul așa cum s-a menționat mai sus al susținerii instalării de sisteme regenerabile din programele enumerate.

Această aglomerare a pieței instalatorilor în piața de montaj de sisteme fotovoltaice a avut un efect benefic direct asupra celor care și-au instalat centrale, în sensul reducerii drastice a prețurilor de la aprox. 1200 euro/kWp în 2022 la aprox. 600 euro/kWp în prezent, dar asociat și cu alte asumări venite dintr-o piață foarte concurențială, care țin de garanție extinsă până la 20 de ani – nerealistă, asigurarea mentenanței pe această durată – tot nerealistă, utilizarea de echipamente de slabă calitate, uneori subdimensionate și mai ales, sacrificii în respectarea normelor și normativelor în vigoare, în special a celor care privesc protecția împotriva incendiilor.

Este motivul pentru care în anii viitori sunt șanse să vedem apariția de incendii cauzate de sistemele fotovoltaice și/sau de baterii, care nu au fost instalate corespunzător, sau amplasate în spații improprii condițiilor de exploatare, fără respectarea normelor în vigoare.

Un alt aspect care merită semnalat, în mediul rural de exemplu meseria de instalator fotovoltaice, cu firma proprie, a intrat pe harta foarte multor sate, ca una tot mai prezentă.

Și ne mai putem întreba desigur: cât mai ține acest val, până când va continua și cu ce dinamică, cât în cazul prosumatorilor vom acoperi din acoperișurile clădirilor? Gradul actual de acoperire a învelitorilor de clădiri este probabil sub 10-15%, așadar ca indicator acesta ne arată încă

un potențial crescut pentru dezvoltarea și dinamica prosumatorilor, dezvoltarea afacerilor instalatorilor de fotovoltaice.

Ne mai întrebăm și când se va relua ciclul reinstalărilor de fotovoltaice, care sigur, va fi unul gradual așa cum și până acum s-a întâmplat, cu ce noi tehnologii și densități de putere? Raportat la marile surse de energie care sunt proiectate cu reparații capitale să funcționeze 50-70 de ani, aceste sisteme fotovoltaice vor avea în cel mai bun caz durate de viață de 20-25 de ani, cu cicluri de retrofit invertoare și BESS tot la 8-10 ani în cel mai bun caz.

“Explozia fotovoltaicelor a creat o industrie nouă și a atras numeroase reconversii profesionale. După etapa creșterii cantitative, maturizarea pieței trebuie să aducă în prim-plan competența tehnică, calitatea și responsabilitatea pe termen lung.

10. Dezvoltatori imobiliari

Dezvoltatorii imobiliari din sectorul rezidențial au obligația de a construi clădiri noi respectând standardul NZEB, care implică asigurarea necesarului de consum energetic (încălzire, răcire, ventilare, iluminat) în proporție de minimum 30% din surse regenerabile locale. Aceste surse pot fi: sistemele fotovoltaice și/sau pompele de căldură în cele mai multe cazuri.

Instalarea de sisteme fotovoltaice în cazul blocurilor nou construite a început să prindă contur, pornind de la atractivitatea de marketing și stimulare a vânzării apartamentelor. Din păcate, încă de la dimensionarea lor, aceasta se face doar pentru acoperirea consumurilor energetice aferente serviciilor comune: iluminat casele scărilor, ascensoare, pompaj agent de încălzire, pompaj drenuri și altele și nicidecum nu sunt gândite pentru alimentarea cu energie și a apartamentelor, prin partajarea energiei, și a centralei termice de scară sau de bloc, mai ales dacă sursele sunt pompe de căldură, nu sunt prevăzute capacități de stocare a energiei și nici sisteme inteligente de contorizare, în scopul partajării energiei.



Fig. 89. – Exemplificare testări privind recuperarea celulelor fotovoltaice

Justificarea este simplă: nu se dorește încărcarea costurilor investiționale și implicit de vânzare a apartamentelor cu aceste echipamente și sisteme, conexe. Dar asta se întâmplă și pentru că modelul de afaceri este tot cel tradițional, chiar dacă mesajul de marketing o ia înainte și promovează ideea de verde, de NZEB – greu de verificat în realitate, atâta timp cât certificatele de performanță energetică (CPE) emise la recepție sunt formale.

Schimbarea modelului de afaceri, în care dezvoltatorii imobiliari pot și vor să rămână în imobilele construite asigurând servicii – agregare locală, mentenanță sisteme tehnice și surse regenerabile, distribuția internă a energiei cu tarif reglementat – pe de o parte poate stimula transformarea consumatorilor din bloc în utilizatori activi de rețea, iar pe de altă parte se va constitui în venituri recurente de bază pentru acei dezvoltatori care văd potențial de afaceri în această direcție.

“Clădirea NZEB nu trebuie să fie doar un produs imobiliar „verde”, ci un sistem energetic funcțional și activ. Integrarea fotovoltaicelor, stocării și partajării energiei poate deschide dezvoltatorilor noi modele recurente de servicii energetice.

11. Finanțare prosumatori și centrale fotovoltaice

În prezent, dominant finanțarea sistemelor fotovoltaice și de stocare provine din fonduri nerambursabile, precizate enumerativ mai sus și care au avut rolul clar de stimulator în implementarea acestor tehnologii pe scară largă pentru toate cele 3 categorii de prosumatori.

Tot în prezent, raportat la atractivitatea amortizării sistemelor locale distribuite de producere a energiei, finanțarea nerambursabilă trebuie regândită, granturile complementate de creditare nu doar în

sectorul operatorilor economici, ci și în programele de finanțare adresate populației, raportat la venitul realizat, în așa fel încât să dea posibilitatea celor cu resurse să devină prosumatori sau utilizatori activi de rețea, prin accesarea rapidă concurențială a unor granturi mai mici, cu contribuție proprie sau atrasă prin credite, iar consumatorii vulnerabili să fie prioritizați pentru finanțare nerambursabilă cu grant maximizat.

Statisticile programelor de finanțare sisteme fotovoltaice (PNRR, Fondul pentru Modernizare, AFIR, Programul Dezvoltare Durabilă, Fonduri elvețiene, Fonduri norvegiene, ElectricUp, AFM etc.) și mai ales statistica licitațiilor derulate public prin SEAP arată faptul că în 2024 s-au materializat proiecte în valoare cumulată de peste 450.000.000 euro doar la nivel de prosumatori, un echivalent în putere intrată în SEN de aprox. 700-800 MW fotovoltaici nou instalați, un supliment de aproximativ 500 GWh energie produsă de la soare. În 2025 s-a lansat un volum de licitații pentru fotovoltaice și baterii electrice pentru prosumatori de peste 1.200-1.500 mil. euro.

Este relevant de făcut public de către autoritățile care au susținut programe de finanțare, ce volume de proiecte, puteri și capacități instalate au materializat, cu ce impact individual al fiecărui program în termeni de producție de energie, emisii de gaze cu efect de seră reduse.

Sectorul finanțării bancare este cel care produce efect de levier, anume stimulează activitatea economică: la 1000 lei grant, adaugă poate alți 1000 lei credit și amplifică astfel capacitatea instalată în surse regenerabile, în condițiile în care tehnologia a devenit accesibilă și cu o perioadă de recuperare a investiției în medie sub 3-5 ani.

Raportat la celelalte programe de finanțare nerambursabilă pentru mari centrale electrice cu ciclu combinat, autorii consideră că o alternativă viabilă ar fi fost susținerea în industrie a sistemelor de cogenerare de înaltă eficiență, ca surse securitare și flexibile, cu efect de reducere a consumului de energie primară și a emisiilor de CO₂, respectiv cu impact direct pentru beneficiari în reducerea costurilor energetice și creșterea competitivității. În locul a 1000 MWe de centrală cu gaze naturale, ar fi putut fi susținuți 1000 MWe de surse mici distribuite, care să deservească direct consumatori cu nevoi simultane electrice și termice.

“După etapa granturilor care au creat piața, finanțarea trebuie să devină mai inteligentă: granturile țintite către vulnerabili, combinate cu creditarea pentru cei care pot investi și pot astfel multiplica impactul fiecărui euro public.”

12. Reciclarea sistemelor fotovoltaice

Un echivalent al sistemelor fotovoltaice atât de la sol, cât și ale prosumatorilor poate fi exprimat și masic, prin cantitatea totală a deșeurilor electrice și electronice, de panouri fotovoltaice defectate sau care în următorii ani vor fi scoase din uz.

Să facem un exercițiu aritmetic simplu: considerăm o densitate medie de 50 g/W aferentă unui panou fotovoltaic tipic, pe care mai departe o multiplicăm cu capacitatea total instalată în prezent în sisteme fotovoltaice, de aproximativ 7 GW, pentru a ajunge la o masă totală de gestionat în următorii 25 de ani, de aprox. 400.000 de tone de panouri fotovoltaice de reciclat sau de gestionat ca deșeuri. Această cantitate o putem dubla prin adăugarea celorlalte componente devenite deșeuri – invertoare, conductoare electrice și vom avea astfel de gestionat aprox. 1.000.000 tone de deșeuri electrice și electronice din această industrie fotovoltaică.

Nu ne închipuim că această cantitate va fi returnată în Asia procesatorilor de acolo. Este atât oportun cât și necesar cât mai repede să inițiem proiecte de cercetare științifică și dezvoltare tehnologică pentru recuperarea unor materiale componente, pentru reutilizarea de celule fotovoltaice viabile, pentru reciclarea sistemelor în ansamblu.

În cadrul proiectului de cercetare-inovare NetZeRoCities derulat în perioada 2023-2026 cu implicarea ca partener a UTCN – EnTREC, s-a susținut financiar o primă documentare și testare în laborator a posibilității de recuperare celule fotovoltaice, respectiv separarea în componente de bază, fără prea mare succes, dar a fost totuși în UTCN un prim pas în această direcție.

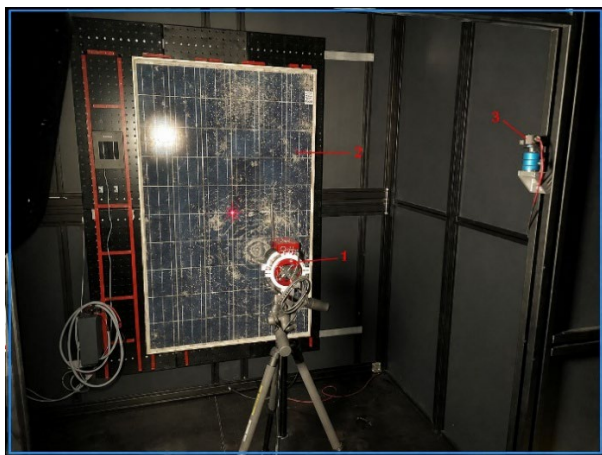


Fig. 90. – Exemplificare testări privind recuperarea celulelor fotovoltaice

“Valul instalărilor de astăzi va deveni valul deșeurilor de mâine.

Cercetarea, recuperarea materialelor, reutilizarea componentelor și dezvoltarea capacităților locale de reciclare trebuie începute înainte ca problema să ajungă la scară industrială.

13. Noile generații de specialiști care construiesc SEN

Conform unor statistici bazate pe chestionarea absolvenților din Facultatea de Inginerie Electrică, din cadrul Universității Tehnice din Cluj-Napoca, din ultimii 3 ani și până în prezent, 4 din 10 absolvenți sunt angajați în companii care promovează, proiectează, execută și asigură mentenanța sistemelor fotovoltaice (tot mai mult cu stocare) atât pentru proiecte utilitare cu injecție în SEN, cât și pentru prosumatori.

Este un grad de absorbție a forței calificate de muncă pe care îl considerăm ridicat și cu impact. Dacă în construirea Sistemului Energetic Național (SEN) au fost implicați câteva mii de ingineri energeticieni, respectiv s-au remarcat prin viziune și coordonare câțiva zeci de profesioniști, iată că în prezent tranziția energetică spre neutralitate climatică prin construirea marilor surse regenerabile, dar și prin transformarea consumatorilor în prosumatori și sperăm mai departe în utilizatori activi de rețea, este implicată o forță masivă, conform mai multor voci tot mai deficitară ca volum necesar.

Studentii și absolvenții din prezent din facultățile de inginerie electrică și energetică în marea lor succedare de generații sunt cei care reconstruiesc și transformă azi SEN-ul.

Poate fi rezonabil și să ne întrebăm: *(r)Evoluția locurilor de muncă bine plătite din IT se mută în Energie?* Deocamdată vedem o cerere tot mai ridicată de joburi în energetica sistemelor regenerabile, dar și o nevoie de competențe multi și trans-disciplinare, în legătură directă și cu digitalizarea acestor sisteme.

“Tranziția energetică reconstruiește SEN și, odată cu el, profesia de inginer. Noile generații au nevoie de competențe energetice, electrotehnice, digitale și interdisciplinare pentru a proiecta și opera sistemul energetic al viitorului.

14. Prezent contrafactual și viitoruri posibile

Față de tot ce în acest parcurs al descrierii și reflecțiilor asupra prosumatorilor s-a expus, concluzionăm că avem un nou peisaj energetic, tot mai mult dominat de producerea distribuită a prosumatorilor, care deși expusă mediatic intens, considerăm că este subestimată ca efect de către chiar sectorul energetic tradițional, de către mulți specialiști și experți din acest sector, concentrați în continuare doar pe marile surse și proiecte de producere a energiei. S-a produs o modificare ecologică în mediul construit.

Apreciem că acest prezent aduce multe beneficii dar și provocări la nivelul RED și SEN. Este un prezent de etapă intermediară, în tranziția energetică spre neutralitate climatică, ca trecere de la statutul de consumator la prosumator, dar care trebuie să meargă mai departe la cel de utilizator activ al sistemului energetic.

Am intrat deja în al doilea an cu un nivel nemaîntâlnit de energie extrasă din lumina zilei. Și asta pentru că suntem deja la o capacitate instalată de peste 3700 MW în instalații fotovoltaice aflate pe acoperișul sau în curtea consumatorilor de energie, deveniți astfel prosumatori.

Simțim efectul energia produse de sistemele fotovoltaice ale prosumatorilor, nu doar printr-un consum mai mic din rețea la nivel individual, ci și printr-o transformare a curbei de sarcină la nivel național așa cum în secțiunea de analiză a impactului în SEN s-a ilustrat repetat.

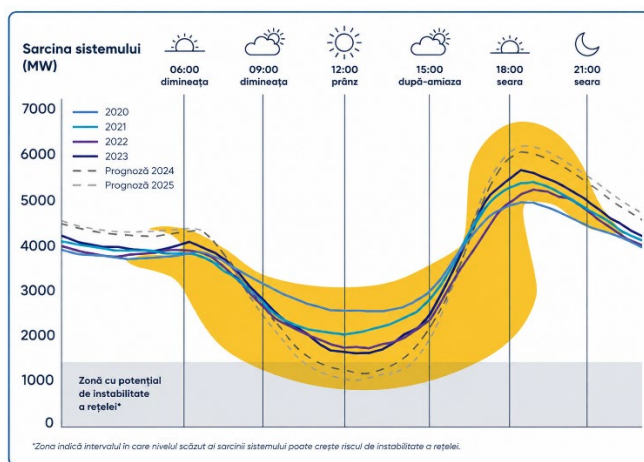


Fig. 91. – Transformarea curbei de sarcină la nivel național în sistemele energetice, odată cu creșterea producției solare și a prosumatorilor (Synergy, 2021)

Dacă acum iarna, în miezul zilei, se vede deja pronunțat un gol de sarcină în tot consumul României, e suficient să ne întoarcem privirea la vara trecută sau chiar cea din 2026 deja începută – sigur, pe cifre valide

care pot fi vizualizate pe [portalul Transelectrica](#) – și să constatăm ce ne așteaptă chiar mai pronunțat ca efect în continuare: ne așteaptă un gol de sarcină semnificativ în miezul zilei, pe fondul creșterii producției de energie atât din sursele regenerabile (fotovoltaice și eoliene), cât și din sursele convenționale.

Asta înseamnă că fotovoltaicele prosumatorilor își fac treaba și ne acoperă consumul cu brio. Mai înseamnă că vom avea excedent din producția fotovoltaică de pe casă sau de pe clădirile publice, excedent care va merge în rețelele electrice de distribuție. Mai înseamnă, și asta e cel mai important, că ne așteptăm ca în chiar miezul zilei prețul energiei să scadă, pe fondul reducerii consumului din SEN și a disponibilității de energie în SEN. Nimic nou, toate deja se întâmplă.

Dar, ca și bronzul de la soare, și energia lui e trecătoare, chiar dacă zi de zi ne face din nou plinul. Dimineața, seara și noaptea avem nevoie în continuare de energie și tot mai mult o luăm și din capacitățile adiționale de stocare, dacă le instalăm tot în contextul programelor de finanțare care ni le pun la dispoziție. Și totuși, nu ne ajung și nu sunt încă ani de aici încolo suficiente.

Este motivul pentru care încă ne bazăm pe sursele convenționale – centralele hidroelectrice, nucleare, cu cărbuni, cu gaz și cu biomasă, ultimele într-o foarte mică măsură – pe care generic le numim surse securitare de energie.

Problema cu ele este că au nevoie de o funcționare constantă, dacă se poate pe toată durata zilei, ori dacă vrem să le controlăm și chiar limităm funcționarea ziua, pentru că avem prea multă energie de la soare, iar seara să le avem pornite ca să ne asigure necesarul, prețul energiei crește și crește tocmai când n-avem energie din sursa proprie: dimineața și seara.

Iată astfel, că probabil încă din anul 2026 și în cei următori ne așteptăm ca piața de energie să intre un balans al prețurilor diferite, să revină de fapt la ceea ce funcționa bine în urmă cu peste 15 ani și ceea ce funcționează foarte bine de mulți ani în Europa de vest și în lume: piața prețurilor diferențiate la energie: ziua și noaptea este de așteptat să avem prețuri mici, iar în vârfurile de dimineața și seara prețuri ridicate.

Această transformare înseamnă prețuri mai mari în factura de energie, care pot chiar anula beneficiile sursei proprii fotovoltaice a prosumatorilor, dacă prosumatorul rămâne la stadiul numit: de utilizator pasiv de rețea – adică acela care consumă oricât, oricând și oricum energie, dar cu costuri ridicate și cel mai adesea inefficient.

Dacă însă consumatorul și prosumatorul vor reuși să-și controleze și adapteze curba de consum, evitând pe cât posibil zonele de vârf de sarcină la nivel național, situația energetică devine dintr-o amenințare o oportunitate, un prilej bun de reducere și mai mare a costului cu energia. Acest lucru poate fi realizat prin:

- utilizarea de capacități locale de stocare a energiei, care pot deveni indispensabile;
- utilizarea de sisteme de monitorizare energetică și de management energetic;
- aplicarea de măsuri de eficiență energetică.

Transformarea utilizatorului pasiv de rețea în utilizator activ al sistemului energetic, pe fondul introducerii unor tehnologii noi precum surse regenerabile locale, cogenerare de înaltă eficiență, capacități de stocare a energiei, pompe de căldură, stații de încărcare vehicule electrice și sisteme de monitorizare energetică, iar acestea gestionate integrat constituie în fapt și micro-rețele interne inteligente, capabile de optimizare energetică automată și instrumente reale de obținere a decarbonizării, așa cum se ilustrează prin figura de mai jos:

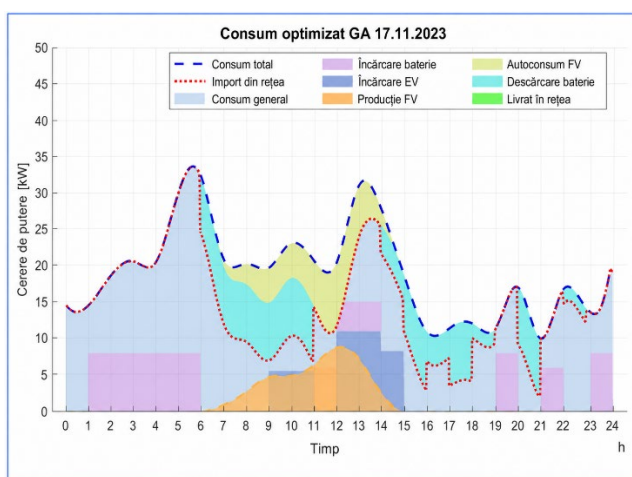


Fig. 92. – Exemplu de optimizare a curbei de sarcină la un utilizator activ al sistemului energetic, prin eficientizare, stocare, răspuns la cerere

Într-un prezent contrafactual în care nu am fi avut sisteme fotovoltaice pentru autoconsum (prezentul din primul val fotovoltaic de la sol din perioada 2010-2013), situația la nivelul SEN ar fi fost probabil mult înrăutățită, de o lipsă progresiv cronicizată a surselor mari de energie electrică, de un deficit semnificativ de producție față de necesarul de consum.

Electrificarea sectoarelor mobilității și încălzirii ar fi fost mult în urmă în lipsa tehnologiei de producere distribuită pentru autoconsum, cele două fiind într-o dependență clară, deși nu sunt sincronizate.

Viitoruri posibile sunt mai multe:

(1) Continuăm valul fotovoltaicelor, adăugăm și capacități asociate de stocare în masă, pe măsura și proporțional cu puterile instalate în regenerabilele prosumatorilor, dar păstrăm dominanța modelelor actuale din piața de energie, cu preluarea surplusului regenerabil în mari capacități de stocare și asigurarea echilibrării de către producători și stocatori licențiați – prosumatorul va deveni tot mai mult prosumator vulnerabil. Cei cu stocări proprii, își vor crește gradul de autonomie și de acoperire consum, vor fi mai puțin influențați de evoluția sectorului energetic și a pieței de energie.

(2) Integrarea tuturor prosumatorilor în platformele informatice și SCADA ale operatorilor de distribuție și sistem, cu un control direct al invertoarelor;

(3) Oprim brusc sau gradual ori limităm valul fotovoltaicelor, prin reprioritizarea finanțărilor nerambursabile și/sau prin reglementări legale prohibitive; creștem controlul asupra prosumatorilor și injecției excedentare în rețea al operatorilor de rețele de distribuție, după modele care impun restricții semnificative asupra injecției prosumatorilor; ODC își va reduce CPT-ul, va asigura un nivel corespunzător al tensiunii de alimentare. SEN va fi dominat în continuare de marii producători și de *băieții deștepți* din energie, atât din zona serviciilor și serviciilor de sistem, cât și din furnizare.

(4) Schimbăm la nivel politic central abordarea programelor de finanțare nerambursabilă, punând un accent mai ridicat pe efectul de levier, granturi complementate de credite sau contribuții proprii – economie de piață, creștem în acest mod și mai mult capacitatea instalată a prosumatorilor; stimulăm prin furnizori și agregatori trecerea de la statutul de prosumatori la cel de utilizatori activi de rețea; transformăm astfel de fapt și sectorul energetic, a cărui misiune și rațiune de existență sunt utilizatorii de energie; ținem cont de importanța și forța cumulată nu a prosumatorilor, ci a utilizatorilor activi de rețea, la nivelul SEN. Este evoluția care va produce impact pe termen lung, piață diversificată și competitivă, nu oligopol, prețuri sustenabile, stimularea electrificării.

“Fără prosumatori, deficitul de producție al sistemului electroenergetic din România ar fi fost mai ridicat. Cu tot mai mulți prosumatori, provocarea devine gestionarea excedentului. Următoarea etapă a tranziției este trecerea de la „mai multă producție” la „mai multă flexibilitate”.

Când vorbim de misiunea de diseminare a cunoașterii în societate dinspre universități, într-un prezent al României în care locul institutelor tradiționale de cercetare-dezvoltare a cam fost luat de către universități,

rolul nostru este și acela de a prezenta și promova politici bazate pe evidențe, realități și reflecții privind direcția în care ne îndreptăm, iar pe baza acestora mediul politic să ia decizii fundamentate. Nu este o utopie, dacă noi ne-o asumăm ca misiune, dacă mediul universitar, prin dialog, cooperare și coeziune se poziționează, bazat pe evidențe, într-un mod unitar. Implică un efort consistent, dar suntem pregătiți pentru asta.

15. Reflecții și concluzii. Ce facem de mâine?

Parcursul acestui volum conduce la o concluzie care depășește cu mult simpla mediatizare a sistemelor fotovoltaice: asistăm la schimbarea rolului utilizatorului de energie în interiorul sistemului energetic.

Consumatorul tradițional, care primea energia din rețea fără să cunoască în detaliu când, cât și cum o utilizează, devenind auto-producător, poate ajunge să își urmărească profilul de consum, poate ajunge să își adapteze comportamentul și, treptat, poate dispune de instrumentele necesare pentru a decide când consumă, când stochează și când livrează energie, dar nu toți consumatorii, nu toți prosumatorii și nu obligatoriu.

Acesta este poate cel mai important mesaj al cărții: tranziția energetică nu se încheie odată cu transformarea consumatorului în prosumator. Etapa următoare este transformarea prosumatorului în utilizator activ al sistemului energetic.

Valoarea de utilitate imediată pentru cititor începe cu înțelegerea perspectivei reale a prosumatorilor. Instalarea unui sistem fotovoltaic nu înseamnă automat independență energetică și nici deconectarea de la rețea. Mult mai relevante sunt gradul real de acoperire a consumului din sursa proprie, suprapunerea temporală dintre producție și consum, energia importată și exportată și capacitatea de a deplasa consumul către intervalele în care energia din propria sursă regenerabilă este disponibilă.

A înțelege aceste diferențe înseamnă a trece de la percepții și mesaje comerciale la o evaluare realistă a propriei performanțe energetice a prosumatorului.

De aici rezultă și primul îndemn adresat fiecărui prosumator: priviți-vă datele energetice. Nu este suficient să verificați cât a produs sistemul fotovoltaic într-o lună sau într-un an.

Urmăriți simultan producția, consumul, autoconsumul, energia preluată din rețea și excedentul injectat. Identificați orele în care apar vârfurile de consum și receptoarele care le generează.

O mare parte din valoarea sistemelor de monitorizare instalate odată cu fotovoltaicele rămâne încă insuficient exploatată, deși tocmai aceste date permit schimbarea comportamentului de consum și fundamentarea unor investiții ulterioare în stocare sau electrificare.

Pentru prosumatorul rezidențial, acțiunea cea mai simplă poate începe chiar de astăzi: mutarea, acolo unde este posibil, a unor consumuri în intervalul de producție solară. Încărcarea unui vehicul electric, prepararea apei calde, utilizarea unor electrocasnice sau alte consumuri flexibile pot crește autoconsumul fără o investiție majoră suplimentară.

Următorul pas poate fi stocarea, electrică sau termică. Bateria nu trebuie însă privită exclusiv ca un echipament care „păstrează energia de la Soare”, ci ca un instrument de management energetic, capabil să transfere energia între momente diferite ale zilei și, într-o piață evoluată, între momente cu prețuri diferite.

Cartea arată că stocarea poate contribui la reducerea vârfurilor de consum, la răspunsul la cerere și, agregată la nivelul multor utilizatori, poate deveni o resursă relevantă pentru întregul sistem energetic.

Pentru autoritățile publice, responsabilitatea este și mai mare. Instalarea de sisteme fotovoltaice pe școli, grădinițe, spitale sau clădiri administrative trebuie să fie doar începutul. Următoarea etapă este agregarea informațiilor energetice, managementul comun al clădirilor, utilizarea stocării și integrarea surselor și consumurilor într-un ecosistem energetic local.

Excedentul unei clădiri poate deveni resursă pentru o altă clădire, pentru transportul public, iluminatul stradal, termoficare, apă-canal sau chiar pentru sprijinirea consumatorilor vulnerabili.

Comunitatea de energie poate transforma un portofoliu dispersat de active publice într-un sistem energetic local gestionat coerent, dar acest lucru presupune reglementări funcționale, contorizare adecvată, management energetic și asumarea unui rol activ de către administrațiile locale.

Pentru operatorii economici, mesajul este la fel de direct: energia fotovoltaică reduce energia cumpărată, dar nu face automat compania eficientă energetic. Monitorizarea, managementul energetic, controlul curbei de sarcină, stocarea și răspunsul la semnalele de preț pot

transforma energia dintr-un cost aparent rigid într-o resursă gestionabilă.

Companiile trebuie să înceapă să se întrebe nu doar câtă energie consumă anual, ci și când o consumă, la ce putere, cu ce cost și câtă flexibilitate pot avea în relație cu SEN. În acest model, un operator economic poate cumpăra, consuma, stoca sau livra energie în momente diferite, iar flexibilitatea poate deveni o activitate economică secundară.

În același timp, cartea atrage atenția că beneficiile producerii distribuite vin împreună cu efecte sistemice care nu mai pot fi ignorate. Atunci când producția locală este apropiată de consum, poate reduce fluxurile și pierderile în rețea; atunci când excedentul agregat depășește consumul local, fluxurile se inversează, pot apărea creșteri ale pierderilor și probleme de supratensiune.

Prosumatorul nu funcționează izolat. Fiecare inverter este conectat la o instalație, fiecare instalație la o rețea de distribuție, iar agregarea sutelor de mii de instalații modifică funcționarea întregului Sistem Energetic Național.

Contribuția prosumatorilor este deja vizibilă în reducerea consumului observat din SEN în orele cu producție solară, iar o pierdere simultană a unei părți importante din această producție ar putea reprezenta un șoc distribuit pentru sistem.

De aceea, digitalizarea trebuie însoțită obligatoriu de securitate cibernetică. Invertoarele conectate la internet nu mai sunt doar echipamente individuale aflate într-o gospodărie sau într-o companie.

Agregate, ele formează o infrastructură energetică și digitală distribuită. Protecția platformelor de monitorizare și control, arhitectura comunicațiilor, posibilitatea unor comenzi simultane și comportamentul instalațiilor în condiții de perturbare trebuie tratate ca probleme ale securității energetice.

Cititorul prosumator merită să conștientizeze o realitate adesea ignorată: un sistem fotovoltaic on-grid nu asigură automat energie atunci când rețeaua cade. Autonomia reală presupune o arhitectură tehnică proiectată pentru funcționare insularizată și, de regulă, existența stocării și a unui sistem adecvat de separare și protecție.

O altă concluzie importantă este că piața de energie trebuie să evolueze odată cu tehnologia. A continua să tratăm prosumatorul exclusiv prin contabilizarea energiei consumate și injectate înseamnă să folosim doar o mică parte din potențialul său.

Tarifele dinamice, agregarea, centralele electrice virtuale și serviciile de flexibilitate pot transforma consumatorii și prosumatorii din beneficiari pasivi ai sistemului în participanți activi la funcționarea lui. Furnizorii și agregatorii au aici un rol nou: nu doar să vândă energie, ci să ajute clientul să decidă inteligent când să o consume, când să o stocheze și când să o ofere sistemului.

Tranziția trebuie privită însă pe întregul ciclu de viață. Panoul fotovoltaic instalat astăzi, invertorul, bateria și cablurile vor deveni, mai devreme sau mai târziu, echipamente scoase din funcțiune. Valul investițional actual pregătește inevitabil un viitor val de materiale și echipamente care vor trebui recuperate, reutilizate și reciclate.

A amâna această problemă înseamnă a transfera costurile tranziției energetice către generațiile următoare. Cercetarea privind recuperarea materialelor, reutilizarea componentelor viabile și dezvoltarea capacităților locale de reciclare trebuie începută înainte ca fenomenul să atingă scară industrială.

În final, poate cea mai importantă reflecție este că tranziția energetică nu este doar despre panouri, baterii sau invertoare. Este despre oameni care înțeleg energia și învață să o folosească diferit.

Avem nevoie de prosumatori informați, administratori publici implicați, manageri energetici competenți, instalatori responsabili, operatori de rețea pregătiți pentru fluxuri bidirecționale, furnizori care valorifică flexibilitatea și ingineri capabili să integreze electrotehnica, energetica, automatizarea, digitalizarea și securitatea cibernetică. Tranziția energetică reconstruiește sistemul energetic și, odată cu el, reconstruiește profesiile care îl deservească.

Îndemnul final al acestei cărți este, așadar, unul la acțiune. Dacă sunteți consumator, începeți prin a vă cunoaște consumul. Dacă sunteți prosumator, urmăriți-vă autoconsumul și învățați să vă controlați curba de sarcină. Dacă aveți stocare, utilizați-o inteligent, nu doar pasiv. Dacă administrați clădiri publice, agregați datele și gestionați energia ca pe o resursă comună.

Dacă gestionați o companie, transformați flexibilitatea într-un avantaj economic. Dacă sunteți operator de rețea, pregătiți rețeaua pentru utilizatori activi, nu doar pentru consumatori. Dacă sunteți furnizor sau agregator, construiți servicii prin care clienții să participe efectiv la piață. Dacă sunteți instalator, proiectați pentru durabilitate și securitate. Dacă sunteți cercetător sau inginer, gândiți-vă la sistemul energetic care va exista peste câțiva ani.

Recunoaștem că dinamica de dezvoltare a sistemelor fotovoltaice este cu mult mai ridicată în termeni de număr de MW instalați, decât pentru orice altă sursă de energie din SEN-ul României. Ce se va întâmpla cu funcționarea și adecvanța Sistemului Energetic Național dacă, într-un interval relativ scurt de 2–3 ani, o parte semnificativă din cei aproximativ 4.000 MWp instalați la prosumatori vor ajunge simultan la sfârșitul duratei de viață, fără ca aceste capacități să fie înlocuite într-un ritm corespunzător, având în vedere că o mare parte dintre sisteme au fost instalate într-o perioadă apropiată?

Nu mai este suficient să producem energie din surse regenerabile. Următoarea etapă este să învățăm, individual și colectiv, să o consumăm, să o stocăm, să o partajăm și să o controlăm inteligent. Iar adevărata măsură a succesului tranziției de la consumator la prosumator nu va fi numărul de panouri instalate, ci numărul utilizatorilor care au devenit activi, conștienți și responsabili în raport cu energia și cu sistemul din care fac parte.

Postfață – perspective și sumarizare

de Dr. Ing. **Alexandru Valeriu Binig**, expert în domeniul energetic

O carte utilă, apărută la un moment oportun. O carte de practician, dar care introduce o nouă noțiune, neacoperită încă de legislația europeană sau de lucrările teoretice în domeniu.

L-am încurajat pe autorul principal să publice lucrarea cât mai curând. Domeniul este un „*moving target*”, cu evoluții rapide, atât în privința lecțiilor învățate, cât și în privința cadrului legislativ și de reglementare. Considerente bazate pe date din 2024 riscă să nu mai fie valabile la final de 2026.

Tranziția energetică este caracterizată de decarbonare, descentralizare, digitalizare, comportament disruptiv, democratizarea tehnologiei, diversificare. Cetățenii europeni cer mai multe drepturi, legiuitorii europeni îi ascultă și le legiferează sub lozinca „*empowering the citizens*” / „*empowering the customers*”.

Dar activitatea prosumatorilor este un domeniu de frontieră, în care libertatea individuală, proprietatea individuală privată și disciplina tehnologică a unui sistem electroenergetic național se intersectează. Cadrul legislativ și de reglementare ar trebui să asigure un echilibru care să permită funcționarea sigură a sistemului. În momentul în care factorul politic are *parti-pris* și nu primește suficiente informații despre posibilul impact asupra funcționării SEN, se poate ajunge la situații critice generate de un cadru legislativ inadecvat.

În timpul secvenței de inițiere a *black-out*-ului din Spania, operatorul de sistem a remarcat o creștere masivă a cererii de energie dinspre rețelele de distribuție. Ulterior s-a descoperit că se deconectase o capacitate totală de 317 MW, pe care specialiștii o atribuie parțial prosumatorilor cu puteri instalate sub 1 MW. Se pare că declanșaseră toate aceste capacități ca urmare a unui nivel al tensiunii neobișnuit și balanța energetică s-a deteriorat cu o viteză căreia nu i-au făcut față măsurile consacrate de preservare a stabilității sistemului electro-energetic. Comisia de experți constituită în baza legislației europene relevante a cerut vizibilitate sporită pentru operatorul de sistem asupra acestor capacități ale prosumatorilor – la noi predomină zicerea „ce cauți tu în curtea mea?”.

Și lucrarea de față atrage atenția asupra riscului de securitate cibernetică – invertoarele prosumatorilor pot fi accesate prin internet din țări aflate pe alte continente, dar probabil unii dintre prosumatorii noștri se opun ideii ca operatorul de sistem de distribuție la care sunt racordați să aibă acces la invertoarele lor.

Cartea adresează trei categorii de prosumatori și constituie trei calupuri diferite de informație pentru cazul în care cititorii aparținând unei anumite categorii nu au timp să parcurgă întreaga lucrare – o abordare pragmatică.

Lucrarea adresează domeniul încă insuficient explorat al comunităților energetice. Se formulează propuneri de clauze de legislație secundară, izvorâte din dorința de a facilita proliferarea acestui mod de organizare a cetățenilor, a clienților. Personal consider că ANRE a furnizat niște interpretări fidele ale *acquis-ului* comunitar al Uniunii Europene în domeniu (ansamblul legislației, normelor și obligațiilor comune ale UE) menținând cerințe care par exagerate pentru entuziaștii dezvoltării comunităților energetice.

Dar, dacă ținem cont că acești membri ai comunității energetice sunt în primul rând consumatori care au drepturi specifice de tip serviciu universal de alimentare cu energie electrică, cerințele și principiile exprimate de ANRE în această privință sunt izvorâte din legislația europeană și nu se poate deroga numai pentru a accelera formarea și dezvoltarea de comunități energetice. Propunerile legislative din carte sunt generoase, au o logică, au un obiectiv clar, dar personal consider că nu toate sunt adoptabile în acest moment pe fundalul legislației europene și naționale aplicabile.

Acest echilibru între obligația de a asigura siguranța în alimentarea consumatorilor conform canoanelor serviciului universal și dreptul acelorași consumatori de a se organiza să-și asigure propria energie va necesita dialog și revizuiți la nivel european înainte de a pune dreptul consumatorilor de a-și asuma riscuri (unele de natură comercială și tehnică) în fața dreptului lor la serviciu universal.

Un merit principal al cărții este, în viziunea mea, curajul de a afirma că în anumite regimuri de funcționare proliferarea prosumatorilor duce la creșterea pierderilor în rețelele de distribuție. Se citează experimente și măsurători, în general această problemă fiind insuficient studiată în România. ANRE solicită operatorilor de rețea de distribuție să

prezintă studii cu privire la impactul capacităților de stocare racordate la rețeaua de distribuție asupra nivelului pierderilor în rețea, în vederea amendării metodologiei de tarifare a serviciului de distribuție.

Discuția despre utilizatorul activ de rețea a prilejuit o interacțiune intelectuală cu autorul principal, eu având o deformare generată de expunerea îndelungată la *acquis-ul* UE și la cerințele de *unbundling* (separarea juridică și funcțională a furnizării de distribuție). Pentru mine noțiunea de client activ definită în legislația europeană se referă la activități de furnizare, comerciale, participare la diferite piețe, nu de interfață la nivel tehnic cu rețeaua.

Noțiunea de utilizator de rețea se explică de la sine, fiind mult legată de contribuția actorului respectiv la funcționarea rețelei conform parametrilor de proiect și cerințelor de calitate a serviciului de distribuție. Dar noțiunea de utilizator activ de rețea puneă împreună caracteristicile descrise anterior, în timp ce autorii păreau să dea velleități de furnizare/vânzare de energie acestei formulări.

Dacă s-ar fi limitat la contribuția utilizatorului de rețea la asigurarea flexibilității distribuite, pentru necesitățile rețelei de distribuție, noțiunea ar fi fost greu de contestat. După discuția de „reconciliere”, autorii au promovat noțiunea de utilizator activ al sistemului electroenergetic, noțiune ce pare să înglobeze definițiile descrise anterior și care se constituie într-o contribuție originală la definirea cadrului teoretic și, în viitor, legislativ, al acestei perioade de tranziție energetică.

O contribuție foarte relevantă a autorilor, a cărții, este încercarea de a pune ordine în estimarea contribuției producției prosumatorilor la „acoperirea curbei de sarcină” a SEN. La ora actuală, sursa de informații consacrată este *site-ul* www.transelectrica.ro, în care se prezintă în timp real starea sistemului, cu evidențierea producției pe tipuri de tehnologii, a balanței de import-export. Întrebarea relevantă este „Ce se prezintă drept «consum»?”

Site-ul Transelectrica prezintă mărimi măsurate, în timp ce autoproducția prosumatorilor nu este încă măsurată exact cu rezultatele măsurărilor transmise integral în timp real la sisteme de *Meter Data Management*. Aici am semnalat că un termen mai potrivit ar fi „cerere din SEN”, având în vedere că ceea ce se prezintă la ora actuală drept

„consum” este totalul consumului tuturor utilizatorilor din țară minus autoproducția prosumatorilor.

Autorii analizează diverse variante de reconciliere a informațiilor, reflectând cum ar arăta balanța SEN dacă producția prosumatorilor ar fi adăugată la total producție sau autoconsumul lor ar fi adăugat la „consum”. Modul în care România ar acoperi „curba de sarcină” în noile ipoteze conduce către niște priorități strategice de investiții.

Lucrarea desființează cu curaj, argumentat, iluzia „independenței energetice” a prosumatorilor, după ce la nivel macro s-a desființat mitul independenței energetice a unei țări. Se prezintă rezultate concrete din experiența autorilor cu privire la evoluția gradului de acoperire a consumului prosumatorilor cu propriile capacități de producție și efectul favorabil adus de capacitățile de stocare. Noțiunea de „prosumator vulnerabil” este o altă noțiune relevantă introdusă de autori, care va genera eforturi de cercetare și teoretizare în viitor.

Aș sublinia și abordarea fotovoltaicelor la bloc – un domeniu îndelung citat în mass-media, dar puțin abordat pragmatic cu orientare pe rezultate. În general, cartea e presărată cu exemple concrete din activitatea autorilor – pe de o parte generează o mândrie și un interes cu privire la preocupările concetățenilor noștri de a transpune cele mai recente soluții și experiențe în viața noastră de zi cu zi. Se confirmă afirmația din deschidere că suntem în fața unei cărți de practician, lucru merituos în zilele apelului la inteligența artificială care ușurează mult activitatea de documentare. Puține lucrări în țara noastră sunt bazate pe o asemenea experiență concretă bogată ca lucrarea analizată.

Foarte relevant este faptul că această carte nu se adresează numai prosumatorilor individuali, rezidențiali, ci și autorităților publice locale sau agenților economici care doresc să dezvolte soluții tehnice similare și au nevoie de ghidare cu privire la soluții de finanțare, cadru de reglementare, provocări tehnice și mai ales de gestiune după implementare.

Meritul cărții este incontestabil și e de dorit să fie disponibilă și diseminată în număr cât mai mare. Aș menționa eforturile în direcția „*sector coupling*”, precizarea rolului acumulatelelor de căldură într-o perioadă în care suntem cu toții focusați pe combinația panouri – invertor – baterie – contor inteligent de energie electrică.

De asemenea, mesajul că nu e suficient să instalezi panourile pe casă și să cuplezi instalația la rețea este foarte relevant în ziua de astăzi. Abordarea bazată pe ciclu complet de viață și necesitatea urmăririi parametrilor optimi de funcționare ai echipamentelor pentru a le crește durata de utilizare și a decide momentul optim pentru înlocuire/reînnoire este obligatorie în acest domeniu. Piața furnizorilor de echipamente și a instalatorilor trebuie să migreze gradual spre piața furnizorilor de servicii aferente.

Impactul activității prosumatorilor asupra funcționării SEN este un alt capitol pentru care autorii trebuie felicitați pentru curaj. Mulți prosumatori individuali tind să piardă din vedere acest aspect care dă bătăi de cap Dispeceratului Energetic Național. Probabil o gospodărie cu panouri fotovoltaice cu putere instalată de 5 kWp (și eventual cu o baterie de 5 kWh – încă se aplică această regulă empirică...) nu ar afecta stabilitatea SEN, dar sute de mii de astfel de instalații determină oprirea sau funcționarea intermitentă a capacităților „*utility type*” cu provocări de inerție, control dinamic al tensiunii, management al congestiilor de rețea etc.

Aceste elemente obiective nu sunt comunicate în mod constant și consistent opiniei publice, orice politician care abordează subiectul fiind taxat de opinia publică într-un spirit de frondă, poate în legătură cu alte subiecte. Autorii sunt printre primii profesioniști curajoși care prezintă problema cu argumente solide, profesionale, în spațiul public, dincolo de dezbaterile din forumurile energeticienilor.

Cu această ocazie sper că și politicienii care pot impacta politica energetică a țării înțeleg imperativele acestei perioade generate de această tendință naturală de decarbonare, descentralizare, digitalizare, democratizare a tehnologiei. La nivelul unui singur prosumator, obiectivul este mai prozaic – de obicei „independența energetică”/ reducerea facturii – dar amploarea de masă a fenomenului generează provocări la nivelul întregului sector energetic și al întregii economii.

Închei felicitând autorii pentru munca extensivă și organizată în încercarea de a acoperi cât mai multe aspecte concrete ale dezvoltării prosumatorilor în România. Au introdus o noțiune nouă de „utilizator activ al SEN”, au abordat cu curaj teme fierbinți în care experiența practică bogată le dă legitimitate să formuleze opinii și verdicte, au generat un instrument de informare util pentru toți – de la gospodarul

care își instalează panouri fotovoltaice pe acoperiș, la președintele de asociație de proprietari care încearcă să instaleze ceva pe bloc, la executivul companiei de utilități care vrea să înțeleagă provocările pentru care trebuie să-și pregătească resursele și acțiunile, la prim-ministru care trebuie să comunice elemente de strategie energetică într-o manieră eficientă, la legiuitorul care trebuie să înțeleagă efectele oricărui amendament pe care îl propune la legislația primară, chiar dacă s-ar putea să aibă și el panouri fotovoltaice pe casă.

Postfață – prosumatorul în arhitectura viitorului SEN

de Ing. **Doina Vornicu**, expertă în domeniul energetic

și Dr. Ing. **Mihail -Cristian Miler**, expert în domeniul energetic

Ajunși la capătul acestei cărți, rămânem cu sentimentul că autorii au reușit nu doar să descrie un fenomen energetic aflat într-o dezvoltare spectaculoasă, ci să provoace o schimbare de perspectivă necesară.

Prosumatorul nu mai poate fi privit doar ca proprietarul unor panouri fotovoltaice, beneficiarul unui program de finanțare sau consumatorul care își reduce factura de energie. Apariția sa la scară largă modifică relația dintre producere și consum, dintre utilizator și rețea, dintre tehnologie și piață și, în cele din urmă, modul în care trebuie înțeleasă funcționarea Sistemului Energetic Național.

Acesta este, în opinia noastră, unul dintre meritele importante ale lucrării semnate de Andrei Ceclan, Mihaela Crețu, Levente Czumbil și Dan Micu.

Autorii aleg să privească prosumatorul nu ca pe destinația finală a tranziției, ci ca pe o etapă către **utilizatorul activ al sistemului energetic** – un utilizator care începe să înțeleagă nu numai câtă energie produce și consumă, ci și când o face, la ce cost, în ce relație cu rețeaua și cu ce posibilitate de a-și adapta comportamentul pentru a câștiga beneficii sau pentru a evita penalizări.

Cartea are și meritul de a ieși din zona discursului simplificator. Sursele regenerabile nu sunt prezentate nici drept soluția universală a problemelor energetice, nici, la polul opus, drept cauza tuturor dificultăților noi ale sistemului. Producerea distribuită aduce beneficii incontestabile, dar și fluxuri bidireționale, probleme de tensiune, excedente locale, necesitatea stocării și flexibilității, noi cerințe de observabilitate a rețelelor și vulnerabilități digitale și cibernetice.

Autorii abordează direct aceste subiecte și formulează uneori ipoteze care invită la dezbateri. Considerăm aceasta o calitate a cărții. O lucrare despre un sistem aflat într-o transformare atât de rapidă trebuie să provoace întrebări, nu numai să inventarieze certitudini.

Tocmai de aici dorim să continuăm reflecția:

Dacă prosumatorul devine utilizator activ, în ce fel de Sistem Energetic Național va funcționa acest utilizator activ?

Ce păstrăm și ce transformăm

Sistemul energetic construit de România în decenii a fost conceput ca un sistem interconectat, în care resurse diferite, amplasate în regiuni diferite, funcționează coordonat pentru a asigura continuitatea alimentării.

Această arhitectură oferă solidaritate între regiuni, diversitatea surselor de producere, rezerve comune, compensarea variațiilor de producție și consum, accesul la marile resurse hidro, nucleare și termice și capacitatea de restaurare după incidente majore.

Aceste funcții nu devin inutile într-un sistem cu tot mai multe resurse distribuite. Dimpotrivă, cu cât producția devine mai dispersată și o parte mai mare a acesteia depinde de condițiile meteorologice, cu atât coordonarea ansamblului devine mai importantă.

De aceea, întrebarea tranziției nu poate fi redusă la ce tehnologii vechi eliminăm și cu ce tehnologii noi le înlocuim.

Întrebarea este mai profundă:

Ce păstrăm? Ce transformăm? La ce putem renunța? Și, mai ales, prin ce înlocuim funcțiile de sistem pe care o tehnologie retrasă le asigura?

Tranziția energetică nu înseamnă înlocuirea unui inventar de echipamente cu alt inventar. Înseamnă asigurarea, printr-o arhitectură în evoluție, a tuturor funcțiilor indispensabile securității și stabilității sistemului.

Complementaritate, nu substituții

Un exemplu este hidroenergia.

Într-un sistem cu o pondere importantă a producției eoliene și fotovoltaice, centralele hidroelectrice – în special cele cu acumulare – își păstrează o valoare deosebită prin flexibilitate, capacitatea de reglaj, susținerea tensiunii, participarea la restaurarea sistemului și, în cazul grupurilor sincrone, contribuția la comportamentul dinamic al rețelei.

Multe dintre aceste active au nevoie de retehnologizare și modernizare. Principiul strategic ar trebui însă să fie mai larg decât cazul hidro: **modernizăm și flexibilizăm activele care continuă să furnizeze servicii valoroase sistemului înainte de a presupune că o tehnologie nouă le poate substitui integral.**

Viitorul nu va fi construit prin opoziții simplificate – hidro versus baterii, nuclear versus regenerabile, producere centralizată versus producere distribuită – ci prin complemen-taritatea resurselor și prin evaluarea

funcțiilor pe care fiecare dintre ele le poate asigura, în condiții tehnice și economice sustenabile.

O tranziție europeană, adaptată României

Neutralitatea climatică este un obiectiv european comun. Traseul tehnologic către acest obiectiv nu poate fi însă identic pentru toate statele.

Structura producției, configurația rețelelor, profilul consumului, resursele naturale, clima, patrimoniul energetic existent și structura economică diferă semnificativ. România trebuie, prin urmare, să își definească propria arhitectură a tranziției în interiorul cadrului european.

Încălzirea este un exemplu relevant. Electrificarea încălzirii poate deveni unul dintre motoarele importante ale creșterii consumului de energie electrică, dar tocmai în sezonul rece știm cu toții bine că producția fotovoltaică este redusă, iar cererea de energie este ridicată.

De aceea, pompele de căldură, termoficarea, cogenerarea, stocarea termică, producția de energie electrică și infrastructura de gaze nu pot fi analizate separat. O strategie serioasă de electrificare trebuie să fie simultan și o strategie pentru adecvanța sistemului în perioadele cele mai solicitante.

Obiectivele europene sunt comune. Soluțiile trebuie însă să țină seama de realitatea energetică a fiecărei țări.

De la prosumator la coordonare locală

Cartea acordă pe bună dreptate atenție comunităților de energie. Ele pot reprezenta una dintre formele prin care producția distribuită începe să fie administrată colectiv, nu doar individual, permițând utilizarea mai eficientă a energiei locale, agregarea flexibilității, implicarea directă a consumatorilor și dezvoltarea unor noi servicii energetice.

Este însă important să separăm două concepte:

Comunitatea de energie este în primul rând o construcție juridică, organizațională și de piață. Microrețeaua este o construcție tehnică.

Cele două se pot suprapune, dar nu sunt sinonime.

O comunitate energetică nu garantează prin simpla sa existență securitatea alimentării. Pentru aceasta sunt necesare surse adecvate, capacități de stocare, automatizare, protecții, o rețea locală corespunzătoare și, acolo unde există o justificare tehnică și economică reală, posibilitatea funcționării temporare în regim insularizat.

Comunitățile de energie trebuie privite, așadar, ca structuri **complementare** Sistemului Energetic Național. Corect proiectate și reglementate, ele pot crește autoconsumul local, pot activa flexibilitatea și pot reduce sau amâna anumite investiții de întărire a rețelelor.

Dar, într-o economie aflată într-un proces accelerat de electrificare, dezvoltarea infra-structurii de rețea va rămâne indispensabilă.

Reglementarea va trebui să fie clară, proporțională și transparentă, astfel încât să permită participarea noilor actori fără a diminua responsabilitatea față de echilibrul sistemului, securitatea alimentării și utilizarea echitabilă a infrastructurii comune.

Un nou nivel de integrare în SEN

Tranziția energetică în SEN nu va putea fi gestionată numai prin noi centrale, transformatoare și conductoare. Va trebui să investim la fel de serios în date, automatizare și inteligență operațională.

O rețea în care funcționează sute de mii de prosumatori, baterii, pompe de căldură și vehicule electrice nu mai poate fi exploatată eficient numai prin metodele cu care a fost operată o infrastructură proiectată pentru fluxuri predominant unidirecționale.

Avem nevoie de o observabilitate mult mai bună a rețelelor de joasă și medie tensiune, de modele actualizate, de contorizare inteligentă, prognoză, control automat și de mecanisme prin care flexibilitatea să devină o resursă efectiv utilizabilă.

Aici se conturează, în opinia noastră, arhitectura următoarei etape.

România va continua să aibă nevoie de un **Sistem Energetic Național puternic, interconectat în ENTSO-E**, cu funcțiile sale esențiale de coordonare, echilibrare și securitate.

În acest sistem va trebui integrat însă un nivel nou: prosumatori, consumatori flexibili, baterii distribuite și centralizate, agregatori, comunități energetice, centrale electrice virtuale, vehicule electrice, pompe de căldură, sisteme inteligente de management energetic și, acolo unde există o justificare reală, micrореțele cu posibilitate de funcționare temporară autonomă.

Acest nou nivel nu trebuie să fragmenteze sistemul. Trebuie să contribuie la transformarea lui într-un sistem **mai flexibil, mai observabil și mai rezilient**.

Viitorul nu este nici sistemul complet centralizat de ieri, nici o sumă de insule energetice independente.

Viitorul este un sistem interconectat, în care resursele distribuite devin vizibile, coordonabile și responsabile față de întreg.

În acest sens, meritul cărții depășește analiza fenomenului prosumatorilor. Ea contribuie la maturizarea unei dezbateri de care sectorul energetic românesc are nevoie.

Autorii mută discuția de la întrebarea simplă „câte panouri am instalat?” către întrebări mult mai importante: cât din energia produsă utilizăm inteligent, ce flexibilitate putem pune la dispoziția sistemului, cum folosim stocarea, cum protejăm rețeaua și cum transformăm utilizatorul din beneficiar pasiv în participant activ și responsabil.

Este o schimbare importantă de perspectivă. După decenii în care funcționarea sistemului s-a bazat pe principiul că producția trebuie să urmărească permanent consumul, intrăm într-o etapă în care și consumul poate deveni flexibil, răspunzând disponibilității energiei, stării rețelei și semnalelor pieței.

Autorilor le recunoaștem meritul de a fi adus aceste teme împreună și de a fi deschis discuția într-o manieră directă, accesibilă și conectată la realitatea sistemului energetic românesc. Cartea provoacă, pune întrebări și propune direcții – exact ceea ce este necesar într-un moment în care transformarea tehnologică se produce uneori mai repede decât adaptarea sistemului, a pieței și a reglementării.

Din experiența noastră profesională, adăugăm o convingere:

sistemul energetic al viitorului se prefigurează ca un sistem integrat, chiar dacă va deveni mai complex și mai distribuit. El va necesita mecanisme de coordonare mai clare, mai eficiente și mai bine adaptate noilor forme de producție, consum și flexibilitate.

Prosumatorul este una dintre forțele acestei transformări, iar utilizatorul activ poate deveni una dintre expresiile maturității ei.

În cele din urmă, succesul tranziției va depinde de capacitatea de a integra, coordona și corela noile resurse în timp real. Aceasta presupune nu doar instrumente și tehnici noi pentru gestionarea datelor și a meta datelor, ci și oameni capabili să interpreteze rapid informațiile disponibile și să ia decizii competente.

Numărul prosumatorilor și megawații instalați sunt indicatori importanți, dar nu mai sunt suficienți.

Ceea ce va conta cu adevărat va fi felul în care vom reuși să cooperăm și să folosim aceste resurse fără a compromite **siguranța, echilibrul și reziliența sistemului energetic.**

Referințe bibliografice

1. Adnan M. *The Future of Energy Storage: Advancements and Roadmaps for Lithium-Ion Batteries*. International Journal of Molecular Sciences, Basel, vol. 24, nr. 8, art. 7457. DOI: 10.3390/ijms24087457. (2023).
2. Aguilar Abaunza D. *The Law for Energy Prosumers: The Case of the Netherlands, New Zealand and Colombia*. Springer, Singapore. (2022).
3. Alhelou H.H., Hosseinzadeh N., Bahrani B. (eds.). *Power System Strength: Evaluation Methods, Best Practice, Case Studies, and Applications*. IET. (2023).
4. Apostol I., Pătrașcu A. *Accesul la energie curată – sursele regenerabile de energie în România*. Revista de Energetică, București. (2022).
5. Appasani B., Bizon N. (eds.). *Smart Grid 3.0: Computational and Communication Technologies*. Springer. (2023).
6. Atia D.M., ș.a. *Degradation and Energy Performance Evaluation of Mono-Crystalline Photovoltaic Modules in Egypt*. Scientific Reports, Londra, vol. 13, art. 13066. DOI: 10.1038/s41598-023-40168-8. (2023).
7. Autoritatea Națională de Reglementare în Domeniul Energiei (ANRE). *Raport anual privind activitatea ANRE și situația pieței de energie electrică și gaze naturale în România*. București. (2024).
8. Binig A.V. *Provocări și oportunități pentru sectorul energetic românesc în lumina Strategiei Uniunii Energetice a Uniunii Europene*. EMERG – Energie. Mediu. Eficiență. Resurse. Globalizare, București, nr. 4, pp. 19–36. (2016).
9. Binig A.V. *Flexibility in the Power Sector – Various Angles*. EMERG – Energy. Environment. Efficiency. Resources. Globalization, București, vol. 7, nr. 4, pp. 147–158. DOI: 10.37410/EMERG.2021.4.12. (2021).
10. Binig A.V., Ilisiu D. *About Grid Forming and Grid Following in the Romanian Power System*. EMERG – Energy. Environment. Efficiency. Resources. Globalization, București, vol. 9, nr. 4, pp. 7–18. DOI: 10.37410/EMERG.2023.4.01. (2023).
11. Binig A.V., Ilisiu D.T. *Inertia, a Challenge for the Transition of the National Power System of Romania*. EMERG – Energy. Environment. Efficiency. Resources. Globalization, București, vol. 12, nr. 1, pp. 99–118. DOI: 10.37410/EMERG.2026.1.06. (2026).
12. Bizon N., Mahdavi Tabatabaei N., Blaabjerg F., Kurt E. (eds.). *Energy Harvesting and Energy Efficiency: Technology, Methods, and Applications*. Springer. (2017).
13. Bodron I. *Eficiența energetică a sectorului locativ al R. Moldova*. În: Conferința Tehnico-Științifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor și Studenților, Universitatea Tehnică a Moldovei, 26–28 noiembrie 2015. Chișinău: Tehnica UTM, vol. 2, pp. 176–179. ISBN 978-9975-45-440-7. (2016).

14. Boroyevich D., Cvetkovic I., Burgos R., Dong D. *Intergrid: a future electronic energy network?*. IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics, vol. 1, nr. 3, pp. 127–138. (2013).
15. Bostan I., ș.a. *Utilizarea surselor regenerabile de energie – eoliană, hidraulică și solară*. Revista de Știință, Inovare, Cultură și Artă „Akademos”, Chișinău, vol. 23, nr. 4, pp. 54–59. (2011).
16. Bu F., ș.a. *Disaggregating customer-level behind-the-meter PV generation using smart meter data and solar exemplars*. IEEE Transactions on Power Systems, vol. 36, nr. 6, pp. 5417–5427. (2021).
17. Cannas B., ș.a. *NILM techniques applied to a real-time monitoring system of the electricity consumption*. ACTA IMEKO, vol. 10, nr. 2, pp. 139–146. (2021).
18. Comisia Europeană. Pachetul „Fit for 55”: realizarea obiectivului climatic al UE pentru 2030 pe calea spre neutralitatea climatică. COM(2021) 550 final, Bruxelles. (2021).
19. Comisia Europeană – Centrul Comun de Cercetare (JRC). PVGIS – Photovoltaic Geographical Information System.
Disponibil la: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/.
20. Comisia Europeană – Direcția Generală Politică Regională și Urbană. Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects: Economic Appraisal Tool for Cohesion Policy 2014–2020. Ediția a III-a revăzută. Luxembourg: Publications Office of the European Union. (2021).
21. Constantin V. Prosumatori. Energie electrică. Accize. Obligații fiscale. Editura Rentrop & Straton, București. (2024).
22. De Jongh S., ș.a. *Parameter estimation in electrical distribution systems with limited measurements using regression methods*. arXiv preprint arXiv:2306.03859. (2023).
23. Dincer I., Rosen M.A. Exergy: Energy, Environment and Sustainable Development. Ediția a III-a. Amsterdam: Elsevier Science. (2021).
24. Duțu M., Duțu-Buzura M.M. *Noul cadru de acțiune juridico-instituțională europeană privind schimbarea climatică. Fundamentele dreptului UE al climei instituite prin Regulamentul (UE) 2021/1119 (Legea europeană pentru climă)*. Studii și Cercetări Juridice, București, vol. 66, nr. 4. (2021).
25. Energobit S.A. Raport de monitorizare sistem fotovoltaic (document intern) – B-dul Muncii 103-105, Cluj-Napoca. (2026).
26. European Commission. Energy Consumers and Prosumers. Disponibil la: https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/energy-consumers-and-prosumers_en.
27. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE. Photovoltaics Report 2024. Freiburg: Fraunhofer ISE. Disponibil la: <https://www.ise.fraunhofer.de/>. (2024).

28. Grigoraș G., Cârțină G. The Impact of the Fuzzy Modeling in Electric Distribution Systems. Applications. LAP Lambert Academic Publishing. (2012).
29. Grigoraș G. (ed.), Neagu B.-C., Ivanov O., Scarlatache F. Smart Meter Data-based Strategies in the Optimal Operation of Electric Distribution Systems. LAP Lambert Academic Publishing. (2019).
30. Guvernul României. Planul Național de Redresare și Reziliență al României – Componenta 6: Energie. București. (2021).
31. Hamidieh M., Ghassemi M. *Microgrids and resilience: a review*. IEEE Access, vol. 10, pp. 106059–106080. (2022).
32. Hart G.W. *Nonintrusive appliance load monitoring*. Proceedings of the IEEE, vol. 80, nr. 12, pp. 1870–1891. DOI: 10.1109/5.192069. (1992).
33. Hassan T., Javed F., Arshad N. *An empirical investigation of VI trajectory-based load signatures for non-intrusive load monitoring*. IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 5, nr. 2, pp. 870–878. (2013).
34. IEA. Renewables 2025. Paris: IEA.
Disponibil la: <https://www.iea.org/reports/renewables-2025>. (2025).
35. Institutul Național de Statistică (INS). Bilanțul energetic al României 2022. București. (2023).
36. International Renewable Energy Agency (IRENA). Renewable Power Generation Costs in 2023. Abu Dhabi: IRENA.
Disponibil la: <https://www.irena.org/>. (2023).
37. Jiang J., Shi W., Zheng J., Zuo P., Xiao J., Chen X., Xu W., Zhang J. *Optimized Operating Range for Large-Format LiFePO₄/Graphite Batteries*. Journal of The Electrochemical Society, vol. 161, nr. 3, pp. A336–A341.
DOI: 10.1149/2.052403. (2014).
38. Laughman C., ș.a. *Power signature analysis*. IEEE Power and Energy Magazine, vol. 1, nr. 2, pp. 56–63. (2003).
39. Li X., Borsche T., Andersson G. *PV integration in low-voltage feeders with demand response*. arXiv preprint arXiv:1408.1602. (2014).
40. Mahdavi Tabatabaei N., Bizon N. (editori), Numerical Methods for Energy Applications. Springer. (2021).
41. Mertens K. Photovoltaics: Fundamentals, Technology, and Practice. Ediția a III-a. Chichester: Wiley. (2024).
42. Mieński R., Wasiak I., Kelm P. *Integration of PV Sources in Prosumer Installations Eliminating Their Negative Impact on the Supplying Grid and Optimizing the Microgrid Operation*. Energies, vol. 16, art. 3479.
DOI: <https://doi.org/10.3390/en16083479>. (2023).

43. Nelson J. *The Physics of Solar Cells*. Londra: Imperial College Press. ISBN 978-1-86094-340-9. (2003).
 44. Nordman B., Christensen K. *Local power distribution with nanogrids*. În: *Proceedings of the IEEE International Green Computing Conference (IGCC)*, pp. 1–8. IEEE, Santa Clara. (2013).
 45. Parra-Domínguez J., Sánchez E., Ordóñez Á. *The Prosumer: A Systematic Review of the New Paradigm in Energy and Sustainable Development*. *Sustainability*, vol. 15, art. 10552, (2023).
- Disponibil la: <https://doi.org/10.3390/su151310552>.
46. Purece C. *Analiză asupra utilizării surselor regenerabile de energie din România*. Energetica, București, România. (2020).
 47. Rezaee Jordehi A., Mansouri S.A., Tostado-Véliz M. *Smart Prosumers within Smart Grids: Fundamentals, Methodologies, and Potential for Advancing the Energy Transition*. Elsevier. (2024).
 48. Ruba M., Ursache S., Șerban P., Martis C., Diț M., Oprea C. *Modelling, Parameters Identification and SOC Estimation Used for BMS Solutions of ROMBAT LFP Battery Technology*. 2023 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC), pp. 1–6. DOI: 10.1109/VPPC60535.2023.10403115. (2023).
 49. Scarlatache F., Neagu B.-C., Grigoraș G. (ed.). *Clustering in Power Systems. Applications*. LAP Lambert Academic Publishing. (2016).
 50. Schlacke S., ș.a. *Implementing the EU Climate Law via the 'Fit for 55' Package*. *Oxford Open Energy*, Oxford, vol. 1, art. oiab002. (2022).
 51. Sioshansi F.P. (ed.). *Consumer, Prosumer, Prosumager: How Service Innovations Will Disrupt the Utility Business Model*. Academic Press – Elsevier. (2019).
 52. Synergy. *Everything you need to know about the Duck Curve*. (2021). <https://www.synergy.net.au/Blog/2021/10/Everything-you-need-to-know-about-the-Duck-Curve> (accesat la data de 14.08.2026).
 53. Toma G., Petruț A., Binig A.V. *Development of a Distributed Flexibility Services Market to Be Operated by a Romanian Distribution System Operator*. EMERG – Energy. Environment. Efficiency. Resources. Globalization, București, vol. 9, nr. 1, pp. 72–87. DOI: 10.37410/EMERG.2023.1.06. (2023).
 54. Tran M.-K., ș.a. *Concept Review of a Cloud-Based Smart Battery Management System for Lithium-Ion Batteries: Feasibility, Logistics, and Functionality*. *Batteries*, Basel, vol. 8, nr. 2, art. 19. DOI: 10.3390/batteries8020019. (2022).
 55. Tsybina E., Burkett J., Grijalva S. *The effect of prosumer duality on power market: evidence from the cournot model*. *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 38, nr. 1, pp. 692–701. (2022).

56. Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca. Planul de Acțiune pentru Climă și Energie Durabilă (PACED UTCN). Document strategic intern, Cluj-Napoca. (2023).
57. Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca – Centrul de Cercetare în Tranziție Energetică. Studiu de Fezabilitate SVT-DALI-220920-7.1: Creșterea eficienței energetice prin realizarea de capacități de producere energie din surse regenerabile pentru autoconsum. Raport tehnic intern, Cluj-Napoca. (2022).
58. Ustun T.S. (ed.). Advanced Communication and Control Methods for Future Smartgrids. IntechOpen. (2019).
59. Zhao Q., Jia J., Yan X., Aslam W., Shao C., Siddique A. *Equivalent Two-Port Modeling Method and Application for External Distribution Networks Under Flexible Interconnection Device Integration*. Processes, vol. 13, art. 2328, (2025). DOI: <https://doi.org/10.3390/pr130>.
60. Zsoldos E.S., Thompson D.T., Black W., Azam S.M., Dahn J.R. *The Operation Window of Lithium Iron Phosphate/Graphite Cells Affects their Lifetime*. Journal of The Electrochemical Society, vol. 171, art. 080527. DOI: 10.1149/1945-711. (2024).
61. <https://www.a2t.ro/GSfd/invertor-hibrid-trifazat-deye-20kw-baterii-48v-curent-350a-ip65-sun-20k-sg05lp3-eu-sm2>
(accesat la data de 20.06.2026).
62. <https://www.a2t.ro/GSfd/invertor-solar-on-grid-versiune-high-current-trifazat-20kw-wlan-4g-huawei-sun2000-20kti-m5>
(accesat la data de 19.06.2026).
63. <https://depozitsolar.ro/panouri-fotovoltaice/canadian-solar-hiku6-550w.html>
(accesat la data de 16.06.2026).
64. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html
(accesat la data de 03.06.2026).
65. <https://stoianconstantin.wordpress.com/2023/03/21/centralele-electrice-fotovoltaice-1-plug-and-play/>
(accesat la data de 17.07.2026).
66. <https://www.transelectrica.ro/ro/web/tel/studiu-de-adecvanta-sen-etapele-2027-2030-2035;jsessionid=A6A76898B39AA51F2B51AAA7598EF684>
(accesat la data de 22.07.2026).

Abrevieri

AAR	anclanșare automată rapidă
ACUE	Federația Asociațiilor Companiilor de Utilități din Energie
AFIR	Agencia pentru Finanțarea Investițiilor Rurale
AFM	Administrația Fondului pentru Mediu
ANRE	Autoritatea Națională de Reglementare în domeniul Energiei
ATR	aviz tehnic de racordare
B2G	Building to Grid (clădire–rețea)
BESS	Battery Energy Storage System (sistem de stocare a energiei în baterii)
CE	comunitate de energie
CEC	comunitate de energie a cetățenilor
CEE	centrală electrică coliană
CEF	centrală electrică fotovoltaică
CER	comunitate de energie din surse regenerabile
CEV	centrală electrică virtuală
CO₂	dioxid de carbon
CPE	certificat de performanță energetică
CPT	consum propriu tehnologic
DEN	Dispeceratul Energetic Național
EV	Electric Vehicle (vehicul electric)
FREE	Fondul Român pentru Eficiența Energiei
HG	hotărâre a Guvernului
IMM	întreprindere mică și mijlocie
IT	Information Technology (tehnologia informației)
JT	joasă tensiune
ME	Ministerul Energiei
MT	medie tensiune
NZEB	Nearly Zero-Energy Building (clădire cu consum de energie aproape egal cu zero)
ODC	operator de distribuție concesionar
OPCOM	Operatorul Pieței de Energie Electrică și de Gaze Naturale din România
OUG	ordonanță de urgență a Guvernului
P2Chem	Power to Chemicals
P2D	Power to Data
P2DH	Power to District Heating
P2F	Power to Food
P2H₂	Power to Hydrogen
P2M	Power to Mobility
PACED	Plan de acțiune pentru climă și energie durabilă
PiEE	Program de îmbunătățire a eficienței energetice
PNRR	Planul Național de Redresare și Reziliență
PV	Photovoltaic (fotovoltaic)
PZU	piața zilei următoare
RED	rețea electrică de distribuție
RIR	rata internă de recuperare a investițiilor
SEAP	Sistemul Electronic de Achiziții Publice
SEN	Sistemul Energetic Național
SF	studiu de fezabilitate
SHBS	Solar Hydrogen Battery Storage
UAT	unitate administrativ-teritorială
UE	Uniunea Europeană
UPS	Uninterruptible Power Supply (sursă neîntreruptibilă de tensiune)
UTCN	Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

Lista figurilor

Fig. 1. – Prosumator rezidențial tipic cu excedent solar semnificativ. Sursa: platforma inverter solar, anul 2026, putere instalată 26 kWp, fără BESS	25
Fig. 2. – Statistici lunare reprezentative – grad de acoperire consum la prosumatori rezidențiali. Sursa: platforma inverter solar, ani 2024-2025, putere instalată 3.5 kWp, fără BESS (galben auto-consum din PV, gri consum din SEN).....	26
Fig. 3. – Statistici anuale reprezentative privind gradul de acoperire consum la prosumatori rezidențiali. Sursa: platforma inverter solar, ani 2024-2025, putere instalată 3.5 kWp, fără BESS	26
Fig. 4. – Interfață uzuală pentru prosumatori cu prezentarea fluxurilor energetice: producție locală, consum, stocare, schimb cu rețeaua. Sursa: platforma inverter solar, anul 2026, putere instalată 12 kWp, cu BESS	27
Fig. 5. – Instanțe zilnice de funcționare prosumatori rezidențiali pentru sezonul rece, cu grad redus de acoperire consum și funcționare cu încălzire electrică. Sursa: platforma inverter solar, ani 2025-2026, putere instalată 3 kWp, fără BESS	28
Fig. 6. – Exemplu interfață sistem monitorizare energetică în timp real. Sursa: platforma inverter solar, anul 2026, putere instalată 12 kWp, cu BESS, cu prezentare diferențiată a consumatorilor vitali.....	29
Fig. 7. – Exemplu de evoluție a consumului propriu tehnologic pe măsura creșterii puterii instalate în surse locale la prosumatorii alimentați dintr-un post de transformare. Sursa: analiză de corelație privind creșterea CPT în raport cu nivelul puterii instalate în prosumatori într-o micro-rețea	29
Fig. 8. – Exemple de întrerupere a producției fotovoltaice când nivelul tensiunii devine inadmisibil – prosumatori vulnerabili. Sursa: platforma inverter solar, anul 2025, putere instalată 6.2 kWp, fără BESS	31
Fig. 9. – Exemplificare intervenții în setările și parametrizările echipamentelor	32
Fig. 10. – Evidențe statistice producție solară anuală (grafic sus), respectiv consum și grad de acoperire consum din producția locală (grafic jos). Sursa: platforma inverter solar, anul 2025, putere instalată 5 kWp, fără BESS	33
Fig. 11. – Instanțe de monitorizare în timp real fluxuri energetice. Sursa: platforma inverter solar, anul 2024, putere instalată 15 kWp, fără BESS	34
Fig. 12. – Extragere analiză zilnică producție vs. consum cu evidențiere grad acoperire consum, excedent livrat în rețea în sezonul cald (sus) și cel rece (jos). Sursa: platforma inverter solar, ani 2021-2022, putere instalată 3 kWp, fără BESS	35
Fig. 13. – Instanță zilnică consum și încălzire electrică vs. producție solară. Sursa: platforma inverter solar, anul 2023, putere instalată 3 kWp, fără BESS cu pompă de căldură	35
Fig. 14. – Creșterea consumului după electrificarea încălzirii unui prosumator rezidențial (15 decembrie, prima zi cu funcționarea pompei de căldură). Sursa: platforma inverter solar, anul 2022, putere instalată 3 kWp, fără BESS	36
Fig. 15. – Evenimentul NZEB <i>goes Passive</i> unde s-a expus și subiectul NZEB <i>goes Active</i>	37

Fig. 16. – Exemplu grafic zilnic prosumator: producție locală, schimb cu rețeaua, consum (nul), grad încărcare baterie. Sursa: platforma invertor solar, anul 2026, putere instalată 10 kWp, cu 30 kWh BESS	38
Fig. 17. – Exemplificare grad acoperire consum din PV (galben) și BESS (verde) în sezonul rece (stânga), respectiv în sezonul cald (dreapta). Sursa: platforma invertor solar, anul 2025, putere instalată 10.5 kWp, cu BESS	39
Fig. 18. – Reprezentare generică utilizator activ al sistemului energetic	40
Fig. 19. – Exemplificare prosumator cu stocare și încărcarea (noaptea) unui vehicul electric. Sursa: platforma invertor solar, anul 2025, putere instalată 10.5 kWp, cu BESS	45
Fig. 20. – Zi tipică de funcționare prosumator rezidențial fără stocare. Sursa: platforma invertor solar, anul 2024, putere instalată 4.6 kWp, fără BESS	46
Fig. 21. – Zi tipică de funcționare prosumator cu stocare în baterii electrice. Sursa: platforma invertor solar, anul 2026, putere instalată 12 kWp, cu BESS.....	47
Fig. 22. – Zi tipică de funcționare prosumator cu stocare și excedent injectat în rețea. Sursa: platforma invertor solar, anul 2025, putere instalată 10.5 kWp, cu BESS.....	48
Fig. 23. – Statistică zilnică – grad acoperire consum prosumator cu stocare (vara). Sursa: platforma invertor solar, anul 2026, putere instalată 10.5 kWp, cu BESS	49
Fig. 24. – Statistică lunară – grad acoperire consum prosumator cu stocare. Sursa: platforma invertor solar, anul 2024, putere instalată 10.5 kWp, cu BESS.....	50
Fig. 25. – Monitorizarea consumului energetic în clădirile UTCN în testarea răspunsului la cerere – <i>Demand Response</i>	51
Fig. 26. – Consum tipic al unui prosumator, inclusiv cu încărcare vehicul electric, pe durata sezonului rece – producție solară nesemnificativă. Sursa: platforma invertor solar, anul 2020, putere instalată 36 kWp, fără BESS	52
Fig. 27. – Reprezentarea sistemelor tehnice ale unei clădiri și balanței energetice aferente clădirii și sistemelor tehnice	54
Fig. 28. – Sisteme fotovoltaice la bloc – proiect implementat în Polonia.....	56
Fig. 29. – Sisteme fotovoltaice instalate artizanal – imagine generată artificial.....	56
Fig. 30. – Sisteme fotovoltaice proiectate pe șarpantele unor blocuri de locuințe din Alba Iulia. Sursa: documentație tehnică, anul 2025, putere instalată 3x18 kWp, cu BESS	57
Fig. 31. – Producția și consumul de energie electrică estimate pentru grupul analizat de blocuri de locuințe din Alba Iulia. Sursa: documentație tehnică, anul 2025, putere instalată 3x18 kWp, cu BESS.....	57
Fig. 32. – Satul Buteni, jud. Arad – localitate cu peste 200 de prosumatori la un număr de aproximativ 700 de case.....	59
Fig. 33. – Producție vs. consum energetic pentru comunitatea Buteni nivel lunar. Sursa: documentație tehnică, anul 2025, putere instalată 150 kWp, cu BESS	66
Fig. 34. – Profil orar de consum și producție la nivel CE Buteni. Sursa: documentație tehnică, anul 2025, putere instalată 150 kWp, cu BESS	67

Fig. 35. – Profiluri orare de consum si producție la nivel CE Buteni. Sursa: documentație tehnică, anul 2025, putere instalată 150 kWp, cu BESS	67
Fig. 36. – Sisteme fotovoltaice la nivelul clădirilor publice – Municipiul Cluj-Napoca .	68
Fig. 37. – Sistem fotovoltaic clădire administrativă – Municipiul Alba Iulia	69
Fig. 38. – Sistem fotovoltaic clădiri educaționale – Municipiul Alba Iulia	70
Fig. 39. – Producție versus consum zi nelucrătoare la o școală. Sursa: platformă inverter, anul 2022, putere instalată 32 kWp, fără BESS.....	72
Fig. 40. – Producție versus consum într-o zi de școală. Sursa: platformă inverter, anul 2022, putere instalată 49.9 kWp, fără BESS.....	73
Fig. 41. – Sistem de contorizare și monitorizare energetică prosumator public.....	74
Fig. 42. – Consum versus producție zi tipică lucrătoare clădire universitate. Sursa: platformă inverter, anul 2025, putere instalată 65 kWp, fără BESS.....	75
Fig. 43. – Prosumator cu stocare limitată iarna și vara. Sursa: platformă inverter, anul 2025, putere instalată 10.5 kWp, cu BESS	76
Fig. 44. – Funcționare tipică prosumator cu stocare și încărcare neoptimă vehicul. Sursa: platformă inverter, anul 2026, putere instalată 10.5 kWp, cu BESS.....	77
Fig. 45. – Monitorizare energetică clădiri publice agregate și eveniment de răspuns la cerere (reducere vârf de sarcină)	79
Fig. 46. – Reprezentare regim de funcționare întrerupt multiplu la nivel de prosumator vulnerabil [Stoian, 2026]. Sursa: platformă inverter, anul 2022, putere instalată 5 kWp, fără BESS.....	80
Fig. 47. – Clădire Institut Cercetări Multidisciplinare Târgoviște – cu posibilitatea de funcționare în regim insularizat.....	82
Fig. 48. – Funcționare tipică prosumator public cu pompă de căldură și producție solară limitată (iarna). Sursa: platformă inverter, anul 2025, putere instalată 10.5 kWp, fără BESS.....	83
Fig. 49. – Funcționare tipică în sezonul de iarnă cu producție solară redusă. Sursa: platformă inverter, anul 2026, putere instalată 10.5 kWp, cu BESS.....	83
Fig. 50. – Funcționare tipică prosumator cu pompă de căldură în sezonul rece. Sursa: platformă inverter, anul 2025, putere instalată 3 kWp, fără BESS.....	84
Fig. 51. – Funcționare tipică prosumator cu stocare în baterii electrice. Sursa: platformă inverter, anul 2025, putere instalată 10.5 kWp, cu BESS și limitare producție la autoconsum.....	85
Fig. 52. – Instanță tipică de prosumator cu stocare și încărcare (neoptimă) vehicul. Sursa: platformă inverter, anul 2026, putere instalată 10.5 kWp, cu BESS.....	86
Fig. 53. – Reprezentare zilnică la nivel lunar grad de acoperire consum din producție directă și din aportul stocării. Sursa: platformă inverter, anul 2026, putere instalată 10.5 kWp, cu BESS	86
Fig. 54. – Statistică la nivel anual pentru un prosumator public: grad de acoperire directă consum și excedent livrat în rețea. Sursa: platformă inverter, anii 2023-2026, putere instalată 18.2 kWp, fără BESS	87

Fig. 55. – Sistem cu colectoare termice solare nefuncțional la o grădiniță	90
Fig. 56. – Statistică grad de acoperire consum și excedent la un prosumator industrial. Sursa: platformă inverter, anii 2023-2024, putere instalată 75 kWp, fără BESS.....	93
Fig. 57. – Prosumator industrial cu valorificarea completă a învelitorilor haelor	94
Fig. 58. – Instanță de funcționare prosumator industrial. Sursa: platformă inverter, anul 2023, putere instalată 98 kWp, fără BESS	95
Fig. 59. – Sistem de monitorizare energetică la un prosumator industrial.....	96
Fig. 60. – Instanță de funcționare prosumator industrial – zi nelucrătoare. Sursa: platformă inverter, anul 2023, putere instalată 49.9 kWp, fără BESS	97
Fig. 61. – Interfață de vizualizare date energetice prosumator industrial. Sursa: platformă inverter, anul 2025, putere instalată 25 kWp, cu BESS	97
Fig. 62. – Sistem fotovoltaic pentru autoconsum într-o stație de epurare.....	99
Fig. 63. – Reprezentare generică utilizator activ al sistemului energetic.....	100
Fig. 64. – Zi tipică de reprezentare producției energie și consum la nivel național. Sursa: date Transelectrica, anul 2025	102
Fig. 65. – Prosumator industrial cu parcare fotovoltaică.....	103
Fig. 66. – Instanțe tipice de funcționare prosumator cu încălzire electrificată. Sursa: platformă inverter, anul 2026, putere instalată 22 kWp, fără BESS.....	104
Fig. 67. – Interfață de vizualizare fluxuri energetice și grad încărcare-descărcare baterii electrice. Sursa: platformă inverter, anul 2026, putere instalată 120 kWp, cu BESS	106
Fig. 68. – Reprezentarea zilnică grad acoperire consum, direct și din baterii pentru un mic prosumator industrial – lună de iarnă . Sursa: platformă inverter, anul 2024, putere instalată 3 kWp, cu BESS	106
Fig. 69. – Reprezentarea zilnică grad acoperire consum, direct și din baterii pentru un mic prosumator industrial – lună de vară . Sursa: platformă inverter, anul 2025, putere instalată 3 kWp, cu BESS	107
Fig. 70. – Reprezentare lunară grad de acoperire consum direct și din baterii. Sursa: platformă inverter, anul 2025, putere instalată 10.5 kWp, cu BESS.....	107
Fig. 71. – Reprezentare multianuală grad de acoperire consum. Sursa: platformă inverter, anii 2024-2026, putere instalată 10.5 kWp, cu BESS	108
Fig. 72. – Model de rețea de distribuție MT/JT cu prosumatori.....	111
Fig. 73. – Înregistrări curbe de consum și producție energie în conturul analizat.....	112
Fig. 74. – Exemplu de evoluție a consumului propriu tehnologic pe măsura creșterii puterii instalate în surse locale la prosumatorii alimentați dintr-un post de transformare	113
Fig. 75. – Curbele istorice de producere a energiei la nivel de SEN vs. consum. Sursa: date Transelectrica, anii 2008-2025	114
Fig. 76. – Instanță văzută în SEN pentru 3 zile din anul 2025. Sursa: date Transelectrica	115

Fig. 77. – Instanță reală în SEN pentru aceleași 3 zile din anul 2025. Sursa: date Transelectrica.....	115
Fig. 78. – Predicție producție fotovoltaică cu injecție directă în SEN în aceleași 3 zile, dar din 2030. Sursa: date Transelectrica	116
Fig. 79. – Predicție producție fotovoltaică cu injecție directă în SEN și prosumatori în aceleași 3 zile, dar din 2030. Sursa: date Transelectrica.....	117
Fig. 80. – Predicție producții în SEN în aceleași 3 zile, dar din 2030. Sursa: date Transelectrica.....	118
Fig. 81. – Dublare consum vs. producții estimate în 2030 (puțin probabil). Sursa: date Transelectrica.....	119
Fig. 82. – Curba clasată producții de energie vs. consum pentru anul 2008. Sursa: date Transelectrica.....	120
Fig. 83. – Curba clasată producții de energie vs. consum pentru anul 2025. Sursa: date Transelectrica.....	121
Fig. 84. – Curba clasată producții de energie vs. consum pentru anul 2030. Sursa: date Transelectrica.....	121
Fig. 85. – Ilustrarea generică a posibilității apariției unui blackout, cu contribuția involuntară din supratensiune sau atac cibernetic asupra prosumatorilor.....	123
Fig. 86. – Imagine de reclamă pentru primul agregator-furnizor român care susține prosumatorii rezidențiali, ca utilizatori activi de rețea, prin tarife dinamice	127
Fig. 87. – Imagine de ansamblu pentru primul agregator-furnizor care susține prosumatorii industriali, ca utilizatori activi de rețea, prin tarife dinamice.....	128
Fig. 88. – Reprezentare piețe de energie: tradițională (stânga) și diversificată cu implicarea utilizatorilor activi de rețea (dreapta)	128
Fig. 89. – Exemplificare testări privind recuperarea celulelor fotovoltaice	132
Fig. 90. – Exemplificare testări privind recuperarea celulelor fotovoltaice	134
Fig. 91. – Transformarea curbei de sarcină la nivel național în sistemele energetice, odată cu creșterea producției solare și a prosumatorilor (Synergy, 2021).....	136
Fig. 92. – Exemplu de optimizare a curbei de sarcină la un utilizator activ al sistemului energetic, prin eficientizare, stocare, răspuns la cerere.....	138