

UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

Cu titlu de manuscris

C.Z.U.: 620.9:621.3(4+478)(043)

EFREMOV CRISTINA

**CONTRIBUȚII LA MAJORAREA FLEXIBILITĂȚII
SISTEMULUI ENERGETIC ÎN VEDEREA INTEGRĂRII
SURSELOR DE ENERGIE REGENERABILĂ**

221.01. SISTEME ȘI TEHNOLOGII ENERGETICE

Teză de doctor în științe ingineresti

Conducător științific:

ARION Valentin,
Prof. univ., dr. hab.

Autor:

EFREMOV Cristina

Chișinău, 2022

©EFREMOV CRISTINA, 2022

MULȚUMIRI

Parafrazănd pe Brian Tracy care spunea în cartea sa „Schimbând gândirea, îți schimbi viața”, am avut nevoie de mulți ani de muncă, studiu și experiență pentru a scrie această teză. Nenumărați oameni au contribuit la modul meu de a gândi și au reprezentat îndrumători vizibili și invizibili pe măsură ce capitolele erau scrise.

Doresc să adresez mulțumiri conducătorului științific **Prof. Univ. Dr. Valentin ARION**, pentru onoarea deosebită pe care mi-a acordat-o, acceptând propunerea de a fi conducător a tezei de doctorat, pentru atenția cu care s-a aplecat asupra acesteia și pentru îndrumările acordate, precum și pentru îndrumarea și coordonarea pregătirii mele doctorale, pentru încrederea acordată, pentru sprijinul și ajutorul constant oferit în realizarea prezentei teze de doctorat.

Mulțumesc comisiei de doctorat: **Prof. Univ. Dr. Ion STRATAN**, **Conf. Univ. Dr. Viorica HLUSOV** și decanului Facultății FEIE **Conf. Univ. Dr. Victor GROPA** pentru susținerea acordată. Totodată, mulțumesc colectivului de cercetare din Departamentul de Energetică din Facultatea de Energetică și Inginerie Electrică de la Universitatea Tehnică a Moldovei pentru sprijinul dat, precum și tuturor celor care au citit teza, pentru comentariile și sugestiile lor în vederea îmbunătățirii rezultatului.

Mulțumesc, în mod deosebit, colegilor mei din cadrul companiei „*Gradient-Co*” S.A. pentru tot suportul oferit.

În final, dar nu în ultimul rând, doresc să mulțumesc familiei mele pentru răbdarea, înțelegerea și suportul moral pe care l-am simțit în toți acești ani, fără de care cu greu aş fi dus la bun sfârșit această teză de doctor.

CUPRINS

ADNOTARE (în română, rusă, engleză)	8
LISTA ABREVIERILOR	11
INTRODUCERE	15
1. STUDIU CU PRIVIRE LA DESFĂȘURAREA TRANZIȚIEI ENERGETICE GLOBALE ȘI LOCUL REPUBLICII MOLDOVA ÎN ACEST PROCES	22
1.1. Schimbările climatice – cea mai mare amenințare existențială în sec. XXI	22
1.1.1. Impactul negativ al consumului energetic asupra mediului și schimbării climei.....	22
1.1.2. Cadrul politic și legislativ al UE în domeniul climei și al energiei.....	23
1.1.3. Necesitatea promovării efortului global de combatere a schimbărilor climatice. Acordul de la Paris.....	25
1.1.4. Pactul ecologic european – un cadru politic, legislativ și de acțiune al UE pentru atingerea obiectivului de neutralitate climatică.....	26
1.2. Cursul global spre decarbonarea completă a sistemelor energetice	28
1.2.1. Considerații privind perspectiva generală a resurselor energetice.....	28
1.2.2. Esența tranziției energetice către un sistem energetic decarbonat.....	29
1.2.3. Diminuarea consumurilor energetice prin eficientizare – principala precondiție pentru o dezvoltare durabilă.....	31
1.2.4. Promovarea surselor regenerabile de energie variabile (SRE-V) – prin adoptarea de obiective, ținte și scheme de sprijin.....	32
1.3. Stadiul curent și de perspectivă privind promovarea SRE-V la nivel global, european și național	33
1.3.1. Tendințe de promovare a SRE la nivel global.....	33
1.3.2. Ambiția UE privind decarbonarea totală a continentului european.....	35
1.3.3. Promovarea SRE în Republica Moldova.....	36
1.3.4. Dezvoltarea sistemului energetic național la orizontul 2050.....	39
1.4. Tendințe noi și necesitatea integrării acestora în cadrul viitorului sistem energetic	41
1.4.1. Cursul către descentralizarea generării și promovarea sistemelor locale de alimentare cu energie.....	41
1.4.2. Digitalizarea extinsă și inteligența artificială – atribute fundamentale pentru o funcționare fiabilă al viitorului sistem energetic ce deține o pondere înaltă a SRE.....	43
1.4.3. Stocarea energiei la scară largă – un nou element în cadrul sistemelor energetice.....	44
1.4.4. Democratizarea sistemului de producere și furnizare a energiei. Un nou rol al consumatorului	46
1.5. Subiecte prioritare abordate și soluționate în teză	47
1.5.1. Sporirea flexibilității SEN în scopul majorării ponderii surselor regenerabile.....	47
1.5.2. Promovarea SRE și a cogenerării.....	47
1.5.3. Posibilitatea stocării energiei la scară largă în condițiile locale.....	48
1.5.4. Necesitatea electrificării sectoarelor de încălzire și transport.....	49
Concluzii la Capitolul I	49
2. CREȘTEREA FLEXIBILITĂȚII SEN PE PARTEA DE CERERE ȘI DE OFERTĂ A ENERGIEI ÎN SCOPUL INTEGRĂRII SRE-V	51
2.1. Flexibilitatea – factor fundamental în asigurarea bunei funcționări a SEN,	51

bazat pe 100% surse regenerabile de energie.....	
2.1.1. Flexibilitate – concept și definiții.....	51
2.1.2. Necesitatea flexibilității în contextul integrării SRE în sistemul energetic.....	52
2.1.3. Aspecte generale cu privire la funcționarea SEN în prezența surselor, dotat cu SRE-V.....	54
2.1.4. Prezentarea generală a opțiunilor de flexibilitate ce influențează integrarea 100% surse regenerabile de energie variabile (SRE-V).....	55
2.2. Principalele direcții de sporire a flexibilității în sistemul energetic.....	57
2.2.1. Direcții de dezvoltare ale viitorului sistem energetic prin identificarea măsurilor posibile la nivel național.....	57
2.2.2. Flexibilitatea sistemelor energetice ale viitorului.....	58
2.2.3. Promovarea soluțiilor generale de flexibilitate prin prisma dimensiunilor cheie ale sistemelor electrice.....	60
2.2.4. Evaluarea perspectivelor inovatoare pentru majorarea flexibilității cu o pondere de energie electrică bazat pe SRE-V.....	60
2.3. Creșterea flexibilității prin utilizarea stocării energiei.....	61
2.3.1. Promovarea tehnologiilor de stocare a energiei – o prioritate pentru integrare și securitate energetică.....	61
2.3.2. Principalele tehnologii de stocare a energiei pentru realizarea obiectivelor energetice și climatice ale UE.....	62
2.3.3. Examinarea cadrului legislativ al UE pentru stocarea energiei.....	63
2.3.4. Impactul soluțiilor de stocare asupra integrării surselor regenerabile în sistemele energetice.....	64
2.4. Un nou rol al sistemelor de termoficare.....	65
2.4.1. Direcții viitoare de dezvoltare a sistemului centralizat de alimentare cu energie termică.....	65
2.4.2. Flexibilitate, economie și siguranță în sistemul de alimentare centralizat.....	66
2.4.3. Promovarea tehnologiilor moderne în viitorul sistemelor de termoficare.....	67
2.4.4. Idei și soluții pentru creșterea flexibilității sistemelor centralizate de termoficare.....	68
2.5. Hidrogenul și rolul combustibililor sintetici în sporirea flexibilității sistemului electroenergetic.....	69
2.5.1. Dezvoltarea hidrogenului ca vector flexibil în sectorul energetic.....	69
2.5.2. Tranziția către o economie energetică bazată pe Hidrogen.....	70
2.5.3. Cadrul politic și legislativ al UE privind Hidrogenul și a aplicațiilor pe bază de Hidrogen.....	71
2.5.4. Promovarea tehnologiilor Hidrogenului în viitorul sistem energetic.....	72
Concluzii la Capitolul II.....	73
3. ELEMENTELE CONCEPTUALE ALE UNEI FOI DE PARCURS PENTRU TRANZIȚIA ENERGETICĂ ÎN REPUBLICA MOLDOVA.....	75
3.1. O viziune strategică privind tranziția energetică în Republica Moldova.....	75
3.1.1. Către o energie curată, durabilă, competitivă și accesibilă.....	75
3.1.2. Elementele conceptuale ale noului sistem energetic.....	76
3.1.3. Obiective de promovare a surselor regenerabile de energie către 2030 și 2050.....	79
3.1.4. Principalele elemente a unei foi de parcurs către 2050.....	84
3.2. Dezvoltarea SACET-lor ca platformă de integrare a sectoarelor energetice.....	88
3.2.1. Termoficarea – un sector cheie spre decarbonarea energiei termice furnizate.....	88
3.2.2. Abordarea conceptuală a problemei termoficării pe teritoriul Republicii Moldova.....	89

3.2.3.	Aspecte generale ale sistemelor de alimentare centralizată cu energie termică.....	90
3.2.4.	Eficientizarea sectorului de termoficare cu scopul sporirii flexibilității sistemului energetic.....	91
3.3.	Cogenerarea de înaltă eficiență și potențialul de sporire a eficienței energetice ale sistemelor SACET.....	94
3.3.1.	Esența cogenerării de înaltă eficiență.....	94
3.3.2.	Cota optimă a cogenerării implicate în acoperirea sarcinii termice maxime anuale pentru Republica Moldova.....	96
3.3.3.	Sporirea flexibilității sistemului energetic național în sistemul centralizat de alimentare cu energie termică.....	97
3.3.4.	Provocări politice și economice pentru implementarea flexibilității în SACET.....	98
3.4.	Provocări legate de dezvoltarea și operarea sistemului electroenergetic.....	99
3.4.1.	Problema echilibrării și servicii noi într-un sistem cu o largă penetrare a surselor regenerabile	99
3.4.2.	Stocarea energiei electrice ca formă de creștere a flexibilității.....	100
3.4.3.	Digitalizarea sectorului energetic și sprijinirea inovării.....	101
3.4.4.	Politici de reciclare a deșeurilor după parcurgerea duratei de viață a PV-urilor și a bateriilor.....	101
3.5.	Vehicule electrice.....	102
3.5.1.	Impactul și potențialul de flexibilitate a vehiculelor electrice asupra sistemului electroenergetic.....	102
3.5.2.	Impactul VE asupra consumului de energie electrică la nivel național.....	103
3.5.3.	Potențialul de flexibilitate a încărcării bateriilor VE în contextul unei largi penetrări a surselor regenerabile.....	105
3.5.4.	Potențialul de flexibilitate dat de VE cu caracteristici V2G.....	106
	Concluzii la Capitolul III.....	107
	DETERMINAREA CONSUMULUI DE CĂLDURĂ ÎN REPUBLICA MOLDOVA	
4.	ÎN PROFIL TERITORIAL, A POTENȚIALULUI DE COGENERARE A ENERGIEI ȘI DE ELECTRIFICARE A SECTORULUI ÎNCĂLZIRE.....	109
4.1.	Calculul consumului de căldură în țară în profil teritorial la nivelul anilor 2020 și 2030.....	109
4.1.1.	Necesitatea determinării consumului curent de căldură. Abordarea conceptuală a problemei	109
4.1.2.	Determinarea consumului de căldură în sectorul casnic.....	110
4.1.3.	Statistica oficială - sursa principală cu privire la consumul final de energie	112
4.1.4.	Determinarea consumurilor specifice de energie termică a gospodăriilor casnice.....	113
4.1.5.	Rezultatele calcului numeric al consumului de căldură în profil teritorial.....	115
4.2.	Evaluarea potențialului național (2025) de punere în aplicare a cogenerării de înaltă eficiență.....	118
4.2.1.	Necesitatea evaluării potențialului național de punere în aplicare a cogenerării.....	118
4.2.2.	Calculul consumului existent de căldură, posibil a fi acoperit parțial prin cogenerare.....	118
4.2.3.	Determinarea cotei optime economice a cogenerării pentru cele trei zone de dezvoltare a țării și evaluarea potențialului de cogenerare de înaltă eficiență.....	119
4.2.4.	Evaluarea potențialului de cogenerare de înaltă eficiență	120
4.2.5.	Electrificarea consumului casnic rural – principala măsură de creștere a flexibilității sistemului electroenergetic, bazat pe utilizarea surselor regenerabile variabile.....	122
4.3.	Sporirea flexibilității sistemului electroenergetic național prin edificarea centralelor hidroelectrice cu acumulare prin pompare.....	122
4.3.1.	Posibile locații de edificare CHEAP pe teritoriul Republicii Moldova	122

4.3.2.	Determinarea caracteristicilor tehnice ale CHEAP 100 MW	123
4.3.3.	Fezabilitatea CHEAP	124
4.3.4.	Determinarea indicatorilor de eficiență economică	125
4.4.	Analiza asupra necesarului de stocare pe termen scurt – ca nou element de flexibilitate, în condițiile introducerii pe scară largă a centralelor fotovoltaice.....	126
4.4.1.	Studiu preliminar pentru Republica Moldova – proiecții de viitor. Metoda utilizată.....	126
4.4.2.	Evaluarea necesarului de PV-uri în Republica Moldova.....	127
4.4.3.	Analiză preliminară a necesarului de stocare pe termen scurt.....	128
4.4.4.	Aspecte importante a rezultatelor analizei. Concluzii	133
4.5.	Creșterea flexibilității de sistem printr-o combinație de centrale hidroelectrice cu acumulare prin pompare (CHEAP) și sisteme de stocare a energiei cu baterii (BESS).....	133
4.5.1.	O analiză a posibilelelor dezvoltări și aplicabilitatea lor în Republica Moldova	136
4.5.2.	CHEAP și BESS – o analiză comparativă.....	138
4.5.3.	Modele de afaceri pentru stocarea energiei folosind BESS.....	140
4.5.4.	Paritatea energiilor și rolul BESS	143
4.5.5.	Studiu de caz pentru Republica Moldova – flexibilitatea rețelelor energetice printr-o combinare cu mijloacele de stocare.....	145
	Concluzii la Capitolul IV.....	147
	CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI.....	149
	BIBLIOGRAFIE.....	152
	ANEXE.....	173
	Anexa 1. Viziunea pentru 2050 în Republica Moldova.....	173
	Anexa 2. Măsurile de creștere a flexibilității în SACET.....	183
	Anexa 3. Perspectiva VE pentru dezvoltarea sistemului de mobilitate durabilă.....	193
	Anexa 4. Calculul consumului de căldură în Republica Moldova.....	195
	Anexa 5. Evaluarea potențialului național (2025) a cogenerării de înaltă eficiență.....	201
	Anexa 6. Soluții de stocare la scară largă.....	214
	Anexa 7. Modele de afaceri pentru stocarea energiei.....	223
	DECLARAȚIA PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII.....	225
	CURRICULUM VITAE.....	226

ADNOTARE

Autor – EFREMOV Cristina. **Titlul** – *Contribuții la majorarea flexibilității sistemului energetic în vederea integrării surselor de energie regenerabilă*. Teză de doctor în vederea conferirii titlului științific de doctor în științe tehnice la specialitatea 221.01. *Sisteme și tehnologii energetice*. Chișinău 2021.

Structura lucrării: Lucrarea conține o introducere, patru capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie din 291 titluri și include 7 anexe, 151 pagini, 52 figuri, 19 tabele. Rezultatele obținute sunt publicate în 14 lucrări. **Cuvinte cheie:** flexibilitate, surse regenerabile de energie, tranziția energetică, stocarea energiei, foaie de parcurs, cogenerare, intermitență, consum de energie termică în profil teritorial. **Domeniul de studiu** – științe tehnice.

Scopul tezei constă în identificarea și analiza unui pachet de măsuri/acțiuni de creștere pe termen lung a flexibilității sistemelor electroenergetic și termoeenergetic naționale în vederea asigurării tranziției către 100% energie din surse regenerabile. **Obiectivele lucrării:** Studiarea unui șir de tehnologii inovative cu aport la creșterea flexibilității sistemului, cu evaluarea potențialului de creștere a capacităților SRE aplicată atât în sistemul electroenergetic, cât și în sistemul termoeenergetic național, cu analiza posibilităților de stocare, atât a energiei termice, cât și a energiei electrice.

Noutatea și originalitatea științifică a lucrării. Dezvoltarea elementelor teoretico-metodologice de implementare a măsurilor de creștere a flexibilității adaptate la nivelul și specificul Republicii Moldova.

Rezultatul obținut care aduce o contribuție cu caracter științifico-practic la soluționarea problemei intermitenței SRE prin majorarea flexibilității sistemului energetic.

Importanța teoretică. Teza aduce contribuții științifice în identificarea celor mai eficiente soluții distribuite de creștere a flexibilității principalelor elemente ale sistemului energetic național în vederea integrării unor capacități de producție cât mai înalte ale surselor regenerabile.

Valoarea aplicativă a lucrării. În lucrare a fost elaborată o foaie de parcurs cu 12 elemente conceptuale ce pot sta la baza politicilor naționale în Republica Moldova cu dezvoltare pe termen lung în Strategia Energetică, în perspectiva anului 2050; a fost abordată pentru prima dată problema determinării consumului total de căldură în profil teritorial în țară; a fost analizată situația specifică unei largi penetrări a centralelor fotovoltaice în sistemul energetic al RM; au fost edificate centrale hidroelectrice cu acumulare prin pompare (CHEAP), precum și investigate soluții de utilizare combinată a CHEAP și BESS.

Implementarea rezultatelor științifice. În cadrul Ministerului Infrastructurii și Dezvoltării Regionale a fost elaborat studiul cu privire la potențialul de cogenerare a energiei și de electrificare a sectorului încălzire. Rezultatele importante din lucrare vor fi utilizate în procesul didactic la Facultatea Energetică și Inginerie Electrică, precum și în acțiunile de proiectare-dezvoltare în domeniu.

SUMMARY

Author – EFREMOV Cristina. **Title** – *Contributions to increase the flexibility of the energy system in order to integrate renewable energy sources*. Doctoral thesis for PhD qualification in technical sciences, 221.01. *Energy systems and technologies* specialty. 2021 Chisinau.

Thesis structure: The paper comprises an introduction, four chapters, general conclusions and recommendations, 291 references, 7 annexes, 151 pages, 52 figures, 19 tables. The results are published in 14 scientific papers.

Keywords: flexibility, renewable energy sources, energy transition, energy storage, roadmap, cogeneration, variability, thermal energy consumption in territorial profile. Field of study – technical sciences.

The purpose of the thesis is to identify and analyze a package of measures / actions to increase the flexibility of the national electricity system and the thermal energy systems in the long-term perspective in order to ensure the transition to 100% energy from renewable sources.

Objectives of the paper: Studying a series of innovative technologies with the contribution to increase the system flexibility, with the evaluation of the potential for increasing RES capacities, the analysis of storage possibilities applied in the both systems: electrical and thermal,

The novelty and scientific originality. Development of theoretical-methodological elements for implementing measures to increase flexibility adapted to the level and specificity of the Republic of Moldova.

The result obtained that brings a scientific-practical contribution in solving the problem of the variability RES by increasing the flexibility of the energy system.

Theoretical value. The thesis brings scientific contributions in identifying the most efficient distributed solutions to increase the flexibility of the main elements of the national energy system in order to integrate the highest possible production capacities of the renewable energy sources.

The applicative value of the thesis. The paper developed a roadmap with 12 conceptual elements that can form the basis of the national policies in the Republic of Moldova with long-term development in the Energy Strategy, in the perspective of 2050; was addressed for the first time the issue of determining the total territorial heat consumption in the country; was analyzed the specific situation according to a wide penetration of photovoltaic power plants in the energy system of the Republic of Moldova; building of pumped storage hydro power plants (CHEAP), as well as investigation of the solutions for the combined use of CHEAP and BESS.

Implementation of research results. The study on the potential of energy cogeneration and electrification of the heating sector was developed within the Ministry of Infrastructure and Regional Development. The important results of the paper will be used in the teaching process at the Faculty of Energy and Electrical Engineering, as well as in the design-development actions in the field.

АННОТАЦИЯ

Автор - ЕФРЕМОВ Кристина. **Название** – „Вклад в повышение гибкости энергетической системы с целью интеграции возобновляемых источников энергии”. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 221.01. *Энергетические системы и технологии*. Кишинев 2021.

Структура работы: Работа содержит введение, четыре главы, общие выводы и рекомендации, библиографию из 291 наименований и включает 7 приложений, 151 страницы, 52 рисунков, 19 таблиц. Результаты опубликованы в 14 работах. **Ключевые слова:** гибкость, возобновляемые источники энергии, энергетический переход, хранение энергии, дорожная карта, когенерация, прерывистость, потребление тепла в территориальном профиле. **Область изучения** - технические науки.

Целью диссертации является определение и анализ пакета мер/действий по повышению долгосрочной гибкости национальных систем электро- и теплоэнергетики для обеспечения перехода на 100% возобновляемую энергию. **Цели работы:** изучить ряд инновационных технологий, способствующих повышению гибкости системы, с оценкой потенциала увеличения мощностей ВИЭ, применяемых как в национальной электроэнергетической системе, так и в теплоэнергетической системе, с анализом возможностей хранения как тепловой, так и электрической энергии.

Новизна и научная оригинальность работы. Разработка теоретических и методологических элементов для внедрения мер по повышению гибкости, адаптированных к уровню и специфике Республики Молдова.

Полученный результат вносит научно-практический вклад в решение проблемы прерывистости ВИЭ путем повышения гибкости энергосистемы.

Теоретическая значимость. Диссертация вносит научный вклад в определение наиболее эффективных распределенных решений для повышения гибкости основных элементов национальной энергетической системы с целью интеграции максимально возможных производственных мощностей возобновляемых источников.

Прикладная ценность работы. В диссертации разработана дорожная карта с 12 концептуальными элементами, которые могут лечь в основу национальной политики Республики Молдова с долгосрочным развитием в Энергетической стратегии в перспективе до 2050 года; впервые рассмотрена проблема определения общего потребления тепла в территориальном разрезе в стране; проанализирована конкретная ситуация широкого проникновения фотоэлектрических станций в энергетическую систему Республики Молдова; построены Гидроаккумулирующие электростанции (CHEAP), а также исследованы решения комбинированного использования CHEAP и BESS.

Implementarea rezultatelor științifice. În cadrul Ministerului Infrastructurii și Dezvoltării Regionale a fost elaborat studiul cu privire la potențialul de cogenerare a energiei și de electrificare a sectorului încălzire. Rezultatele importante din lucrare vor fi utilizate în procesul didactic la Facultatea Energetică și Inginerie Electrică.

Внедрение научных результатов. В Министерстве инфраструктуры и регионального развития было разработано исследование потенциала когенерации энергии и электрификации сектора отопления. Важные результаты работы будут использованы в учебном процессе на факультете энергетики и электротехники, а также в проектно-конструкторских работах в данной области.

LISTA ABREVIERILOR

AC	Curent alternativ / tensiune alternativă
ACC(M)	apa caldă de consum (menajeră);
ACER	Agenția Europeană de Cooperare a Reglementatorilor pe Energie
AEM	Agenția Europeană de Mediu
ALR	Autoritățile locale și regionale
AP	Acordul de la Paris
BEI	Banca Europeană de Investiții
BERD	Banca Europeană pentru Reconstrucție și Dezvoltare
BNS	Biroul Național de Statistică;
BRUA	Gazoductul dintre Bulgaria, România, Ungaria și Austria
CAPEX	Costuri de capital
CBAM	Mecanism de ajustare la graniță a emisiilor de carbon
CCGT	Turbine cu gaz cu ciclu combinat
CCONUSC	Convenției-cadru a Organizației Națiunilor Unite asupra schimbărilor climatice
CCS	Capturare și stocare a carbonului
CEF	Centrale fotovoltaice
CE_n	Comunitate Energetică
CESEC	Conectivitatea din Europa Centrală și de Sud-Est
CET	Centrală electrică de termoficare
CFE	Consumul final de energie;
CH₄	Metan
CHP	Producție combinată de căldură și energie electrică
CO₂	Dioxid de carbon
CND	Contribuții determinate la nivel național
CSET	Consumuri specifice de energie termică
CTA	Cheltuieli totale actualizate
DC	Curent continuu / tensiune continuă
DMS	Sistem de management a distribuției de energie electrică
EE	Energie electrică
EEA	Arealul economic european
EES	Strategia Europeană de Securitate Energetică

EIP-SCC	Parteneriatul European pentru Inovație privind Orașele și Comunitățile Inteligente
EMS	Sistem de management al energiei
ENTSO-E	Rețeaua europeană a operatorilor sistemului de transport a energiei electrice
E-SRE	Energie din surse regenerabile de energie electrică
ET	Energie termică
ETS	Sistemul de comercializare a emisiilor
FCEV	Vehicul electric bazat pe celule cu combustibil
FCR	Reglaj primar de frecvență (Frequency Containment Reserve)
FEDR	Fondul european de dezvoltare regională
FFR	Răspuns rapid în frecvență (Fast Frequency Response)
FSE	Fondul social european
GaN	Galium Nitride
GC	Gospodăria casnice
GD	Generare distribuită
GES	Gaze cu efect de seră
GET	Grup de Expertiză Tehnică
GMST	Temperatura globală medie de suprafață
GV	Generare variabilă
G20	Grupul celor douăzeci de miniștri ai finanțelor și ai guvernatorilor băncilor centrale
ICT	Tehnologie informatică și de comunicație
IEA	Agencia Internațională pentru Energie
IPCC	Grupul interguvernamental privind schimbările climatice
IT&C	Tehnologie informatică și Comunicații
Î&R-SRE	Energie din surse regenerabile din încălzire și răcire
LULUCF	Utilizarea terenurilor, schimbarea destinației terenurilor și silvicultură
MRC	Managementul relațiilor cu clienții
NASA	Administrația Națională Aeronautică și Spațială
NTC	Capacitatea netă de transfer
NUTS	Nomenclatorul comun al unităților teritoriale de statistică
NUTS-2	Nomenclatorul comun al unităților teritoriale de statistică – nivelul 2
O&M	Operare și Mentenanță

OMC	Organizația Mondială a Comerțului
OMM	Organizația Meteorologică Mondială
ONU	Organizația Națiunilor Unite
OPEC	Organizația Țărilor Exportatoare de Petrol
OPEX	Costuri de operare
OTS	Operatori de transport și de sistem
NREL	Laboratorul național de energie regenerabilă
PAEDC	Planurile de acțiune privind energia durabilă și clima
P2G	Energie electrică utilizată pentru producția de gaz
P2H	Energie electrică utilizată pentru producția de căldură
PE	Parlamentul European
PEC	Pachetul Energie Curată
PEE	Pactul Ecologic European
PIB	Produs intern brut
PNAESR	Planuri Naționale de Acțiune privind Energia din Surse Regenerabile
PPA	Contracte de cumpărare a energiei
PTC	Punct termic central
PTI	Punct termic individual
PV	Panou fotovoltaic
RCP	Traectorii reprezentative ale concentrației gazelor de seră
RE	Energie regenerabilă (Renewable energy)
RM	Republica Moldova
SaaS	Servicii de stocare (Storage as a Service)
SACET	Sistem de Alimentare Centralizat cu Energie Termică
SCADA	Sistem de supraveghere, control și achiziție de date
SDS	Scenariul dezvoltării durabile
SEE	Sistem electroenergetic
SEN	Sistem electroenergetic național
SET	Tranziție energetică durabilă
SiC	Silicon Carbide
SRE	Surse regenerabile de energie
SRE-V	Surse regenerabile de energie variabile
SUA	Statele Unite ale Americii

T&D	Transport și Distribuție
TAP	Trans Adriatic Pipeline
TE	Tranziție energetică
TEG	Tranziție energetică globală
TFUE	Tratatul privind funcționarea Uniunii Europene
TIC	Tehnologiile informației și comunicațiilor
TPP	Centrale termoelectrice clasice
T-SRE	Energie din surse regenerabile din transporturi
UAT	Unități administrativ-teritoriale;
UE	Uniunea Europeană
UNEP	Programul de mediu al Națiunilor Unite
V2G	Vehicul-Rețea
VE	Vehicule electrice
VNA	Venit net actualizat
VTa	Venit total actualizat
WMO	Organizația mondială a meteorologiei
4GDH	A patra generație a sistemului de alimentare cu energie termică
5GDH	A cincea generație a sistemului de alimentare cu energie termică

INTRODUCERE

Actualitatea și importanța problemei abordate. În societatea modernă *Energia* este un produs esențial pentru bunăstarea economică și socială. Ea este indispensabilă pentru dezvoltarea economică a țării, respectiv a industriei, transportului, agriculturii, etc. Energia este un simbol al dezvoltării social-economice și al civilizației. Însă, în același timp, energia reprezintă cauza unor grave prejudicii aduse mediului înconjurător și sănătății omului.

Schimbările climatice, declanșate și întreținute de activitatea omului, reprezintă în prezent ***cea mai mare provocare globală și amenințare pentru omenire.***

Combaterea fenomenului este posibilă, pe termen lung și cu eforturi crescânde de reducere a emisiilor de gaze cu efect de seră, o preocupare majoră a statelor lumii. Lumea a înțeles că pericolul existenței sale este atât de mare încât se cer măsuri urgente. În absența unor politici de reducere a emisiilor, se așteaptă o creștere a temperaturii medii globale cuprinsă între 1,1°C și 6,4°C pe parcursul acestui secol.

Această problemă presupune o abordare complexă, responsabilă, cu întreprinderea de acțiuni concrete la nivel local, național, european și global. În anul 1992 a fost adoptată Convenția-Cadru a ONU privind schimbările climatice (CCONUSC, *în eng.*: UNFCCC), care reprezintă instrumentul principal pentru soluționarea acestei mari probleme.

Fenomenele meteorologice extreme, cum ar fi incendiile forestiere, valurile de căldură și inundațiile, înmulțirea furtunilor și al fenomenelor asociate etc. devin din ce în ce mai frecvente, atât pe continentul European, cât și în alte părți ale planetei. Lider în lupta cu schimbarea climei la nivel global este Uniunea Europeană (UE). Politicile climatice și energetice ale UE se dezvoltă, începând cu anii '80 ai secolului trecut. La început s-a venit cu multiple inițiative legate de piața comună a energiei electrice și a gazelor naturale, aspecte de mediu, iar mai apoi către eficiența energetică în sectorul clădiri, eficiența energetică în sectorul energetic și către alte domenii, astfel ca, în final, să se ajungă și la promovarea surselor regenerabile de energie. În prezent în UE există un cadru politic și legislativ bine dezvoltat aferent Energiei și Climei, pus în aplicare și revizuit de-a lungul timpului în direcția creșterii în volum și eficiență a măsurilor de reducere și evitare a schimbărilor climatice. UE și statele membre sunt angajate într-un proces pe termen lung, cu mulți pași, de reducere a emisiilor de gaze cu efect de seră.

De menționat că, începând cu anul 2010, Republica Moldova este Parte Contractantă la Comunitatea Energetică din Balcani. În acest context, politica energetică națională este în plină concordanță cu politica Comunității Energetice și, respectiv, a Uniunii Europene în domeniul energiei și al climei.

Sectorul energetic, atât la nivel european, cât și în Republica Moldova, se află în plin proces de tranziție către „energia verde, curată“, ajungând în anul 2020 la o răscruce: pe de-o parte are loc confruntarea cu provocarea de a decarbona sistemele energetice, de a reduce emisiile de gaze cu efect de seră și de a promova surse regenerabile, iar pe de altă parte trebuie să se asigure securitatea aprovizionării cu energie electrică la un nivel de cost accesibil pentru utilizatorul final. Rolul pe care Republica Moldova și-l va asuma în abordarea tranziției energetice va determina dacă țara noastră va reuși să beneficieze de această schimbare sau dacă, mai degrabă, va suporta costurile acesteia.

Potențialele beneficii nu se limitează doar la producerea de energie curată, tranziția energetică poate aduce efecte pozitive în construcții, transporturi, servicii energetice, producția industrială și industria autovehiculelor. Însă aceste beneficii nu se pot materializa fără o strategie bine definită atât la nivel național, cât și cel european.

Comisia Von der Leyen a anunțat oficial la sfârșitul anului 2019 „Green Deal“, în cadrul căruia UE își propune să devină un lider mondial în combaterea efectelor schimbărilor climatice și să fie primul continent cu emisii de gaze cu efect de seră „net zero” în 2050.

În consecință, este necesară o transformare durabilă și sustenabilă a economiei, prin înlăturarea combustibililor fosili, promovarea energiei curate, din surse regenerabile, și dezvoltarea unei economii circulare, bazată și pe mutații de comportament și atitudine a întregii societăți. Realizarea acestor schimbări presupune, însă, și o nevoie, deloc de neglijat, de investiții, Comisia Europeană intenționând să mobilizeze în acest sens 1 trilion de euro în următorul deceniu. Dar, pentru a resimți cu adevărat beneficiile unei astfel de schimbări și pentru a pune ambițiile UE în practică, va fi nevoie ca o parte semnificativă a investițiilor să meargă către crearea unei industrii europene puternice și independente, care să poată livra soluții pe măsura provocărilor, generând valoare adăugată în economie. Altfel, Europa riscă să nu-și atingă țintele propuse, care sunt deosebit de ambițioase.

La nivel național, Republica Moldova trebuie deja să facă o serie de pași importanți în această direcție, pași ce vor prefigura baza strategiei naționale pe termen lung în acest domeniu. Republica Moldova are un potențial energetic satisfăcător și suficient. Republica Moldova se află într-o poziție destul de bună pentru a face față tranziției energetice. Țara are mijloacele necesare pentru a beneficia de pe urma inevitabilelor evoluții ale sectorului energetic și a le transforma în oportunități pentru întreaga economie.

În primul rând, digitalizarea are deja un impact enorm asupra multor sectoare ale economiei, iar efectele încep să fie vizibile și în energie. Cu un aport esențial la PIB-ul sectorului IT&C - o infrastructură modernă și o forță de muncă bine calificată, Republica Moldova poate

beneficia din plin de avantajele digitalizării. Pentru sectorul energetic, aceasta înseamnă integrarea noilor tehnologii, scăderea costurilor de producție, îmbunătățirea calității serviciului de distribuție, încurajarea eficienței energetice și multe altele.

Prin implementarea contorizării inteligente și a altor tehnologii digitale, utilizatorii vor dobândi mai mult control asupra consumului de energie, vor avea posibilitatea să devină „prosumatori”, dar și să ofere servicii de stocare a energiei. În același timp, tehnologiile utilizate vor duce la crearea de numeroase locuri de muncă de înaltă calificare, susținând creșterea economică. Altfel spus, digitalizarea pieței energiei reprezintă o soluție care devine indispensabilă pentru Republica Moldova.

În al doilea rând, pe măsură ce inovațiile încep să producă rezultate în acest domeniu, devine imperios necesară încurajarea utilizării pe scară largă a energiei electrice. Fie că avem în vedere securitatea energetică, îmbunătățirea eficienței energetice sau a calității aerului, utilizarea energiei electrice va trebui să crească pe termen mediu și lung. Republica Moldova dispune de resurse suficiente, în special în domeniul energiei regenerabile, pentru a face față acestui avans al utilizării energiei electrice. Pe măsură ce localitățile mai puțin dezvoltate continuă reducerea decalajului față de restul țării, se observă o rată accelerată de adopție a aparatelor electrocasnice și a altor echipamente care duc la creșterea calității vieții. În plus, datorită avansului tehnologic, în viitorul apropiat încălzirea și răcirea clădirilor vor putea fi realizate cu ajutorul electricității, în special prin folosirea pompelor de căldură.

Totodată, mobilitatea electrică nu mai reprezintă de mult doar o perspectivă de viitor, ci o realitate concretă a zilelor noastre. Toate acestea se vor materializa într-un volum mai mare de energie electrică, cea mai mare parte provenind din surse regenerabile, având în vedere îmbunătățirea semnificativă a eficienței acestora și scăderea costurilor tehnologiei la niveluri minime record.

Nu în ultimul rând, datorită unui proces gradual de decarbonare, Republica Moldova poate contribui nu numai la eforturile globale de combatere a schimbărilor climatice, ci și la îmbunătățirea sănătății și calității vieții cetățenilor săi. Folosirea mai eficientă a surselor ieftine și abundente de energie regenerabilă, cu ajutorul tehnologiilor digitale, va transforma orașele, transporturile, industria și agricultura, reducând emisiile de gaze cu efect de seră și îmbunătățind calitatea aerului. Astfel, decarbonarea nu este doar un scop abstract al Uniunii Europene sau al Organizației Națiunilor Unite, ci o politică cu beneficii imediate și tangibile pentru toți. Iar factorii decisivi care vor genera aceste beneficii vor fi digitalizarea și electrificarea consumului.

În acest context, oportunitățile Republicii Moldova în sectorul energetic sunt luate în considerare pe termen lung de dezvoltare. În mod special este de menționat faptul că energia

electrică va trebui să devină un instrument strategic pentru viitorul transporturilor, climatizării locuințelor și al necesităților casnice, iar promovarea rețelelor inteligente se va dovedi cea mai bună modalitate de a face posibile aceste lucruri. Decarbonarea și calitatea aerului sunt de asemenea pe lista de priorități, iar asigurarea unui acces adecvat la energie pentru cei mai vulnerabili membri ai societății continuă să fie un subiect de maximă importanță.

În concluzie, viitorul țării în domeniul energetic arată destul de bine pe termen lung de dezvoltare. Dar, pentru a se asigura că acest potențial este valorificat, Republica Moldova trebuie să ia decizii curajoase pentru a atrage investiții. În lume se desfășoară o competiție globală aprigă între țări pentru atragerea de capitaluri, în special între țările în curs de dezvoltare și emergente. Republica Moldova poate fi un bun participant în această cursă, dacă va prezenta un plan de afaceri solid pe termen mediu și lung.

Dar, toate acestea se vor întâmpla dacă strategia energetică planificată pe decenii, politicile și reglementările de stat se vor pune în practică în baza proiectelor realizate în sectorul energetic pentru a putea profita de pe urma inevitabilei tranziții energetice. Republica Moldova se va confrunta cu numeroase provocări în sectorul energetic în următorii zece ani, dar încă suntem în momentul în care ne putem pregăti.

Scopul tezei constă în identificarea și analiza unui pachet de măsuri/acțiuni de creștere pe termen lung a flexibilității sistemelor electroenergetic și termoeenergetic național în vederea asigurării tranziției către 100% energie regenerabilă.

Obiectivele cercetării

Principalul obiectiv al acestei teze constă în studierea unui șir de tehnologii inovative ce aduc aport la creșterea flexibilității sistemului energetic, cu evaluarea potențialului de creștere a capacităților SRE aplicată atât în sistemul electroenergetic, cât și în sistemul termoeenergetic național, cu analiza posibilităților de stocare atât a energiei termice cât și a energiei electrice.

Obiectivele specifice includ:

- Studiul cu privire la desfășurarea tranziției energetice globale și integrarea Republicii Moldova în perspectiva dezvoltării pe termen lung;
- Realizarea principalelor direcții de majorare a flexibilității SEN în scopul majorării ponderii surselor regenerabile de energie;
- Elaborarea elementelor conceptuale ale unei foi de parcurs pentru tranziția energetică în Republica Moldova;
- Studiu cu privire la potențialul de flexibilitate a vehiculelor electrice asupra sistemului electroenergetic național;
- Determinarea consumului de căldură în Republica Moldova în profil teritorial, a

- potențialului de cogenerare a energiei și de electrificare a sectorului încălzire;
- Studiul cu privire la edificarea centralelor hidroelectrice cu acumulare prin pompare pe teritoriul Republicii Moldova ca stocare a energiei la scară largă;
 - Realizarea studiului cu privire la necesarul de stocare pe termen scurt în condițiile introducerii pe scară largă a centralelor fotovoltaice în Republica Moldova.
 - Elaborarea studiului de caz pentru Republica Moldova cu privire la flexibilitatea rețelelor energetice printr-o combinație cu mijloace de stocare: centrale hidroelectrice cu acumulare prin pompare (CHEAP) și sisteme de stocare a energiei cu baterii (BESS).

Ipoteza de cercetare

Odată cu dezvoltarea sistemelor energetice pe calea tranziției de la utilizarea combustibililor fosili către 100% resurse regenerabile, cresc preocupările cu privire la posibila operare a sistemului energetic național cu o suficientă flexibilitate. Ca urmare, apar semnale de a limita adăugarea de noi surse regenerabile intermitente (solare, eoliene) în sistem. A face ca cererea de energie, pe de-o parte, și oferta, pe de altă parte, să fie mai flexibile, devine o condiție esențială pentru integrarea în sistem a unor cote înalte de energie regenerabilă.

O tranziție eficientă către sisteme energetice decarbonatate necesită căutarea unor soluții inovative de sporire a flexibilității SEN. În acest context au fost studiate diverse soluții de creștere a flexibilității sistemului energetic național ca factor fundamental în asigurarea bunei funcționări a SEN bazat pe 100% surse regenerabile de energie, în ansamblu, cu accent pe schimbarea viitorului sistem energetic prin promovarea și evaluarea perspectivelor inovatoare pentru majorarea flexibilității cu o pondere de energie electrică bazat pe SRE-V, cu analiza posibilităților de stocare atât a energiei termice cât și energiei electrice.

Sinteza metodologiei de cercetare și justificarea metodelor de cercetare alese

La calcularea impactului VE în consumul național de energie al Republicii Moldova s-a determinat procentul de creștere a consumului de energie electrică, ca urmare a introducerii gradate a VE de la 30% până la 100%.

La determinarea consumului de căldură în Republica Moldova în profil teritorial, a potențialului de cogenerare a energiei și a electrificării sectorului încălzire s-a pornit de la modelarea consumului casnic. Respectiv, metodologia de evaluare a potențialului de cogenerare a inclus în sine determinarea consumului total de energie termică în profil teritorial și pe medii de reședință (urban, rural) pentru anul de referință acceptat, determinarea cotei optime economice a cogenerării și determinarea potențialului de cogenerare la nivelul consumurilor anului de referință (2018), precum și orizontului de timp – anul 2025.

Prin modelări și analize, cu verificarea și corecția totalului în baza datelor disponibile la

nivel național (Balanța energetică), s-a ajuns la o soluție satisfăcătoare de evaluare a consumului de căldură - pe raioane, municipii și zone geografice de dezvoltare (zone climatice).

Au fost realizate calcule pentru o eventuală CHEAP edificată pe teritoriul Republicii Moldova, precum și fezabilitatea economico-financiară a acesteia determinată în baza evaluării venitului net actualizat (VNA). În scopul determinării venitului VNA s-a efectuat calculul cheltuielilor totale actualizate (CTA), aferente edificării și funcționării CHEAP pe durata de studiu de 30 ani, cât și a venitului total actualizat (VTA) obținut în urma realizării energiei electrice produse pe piața de echilibrare în orele de vârf a sistemului.

Pentru analizarea situației specifice unei largi penetrări a centralelor fotovoltaice în sistemul energetic al Republicii Moldova au fost alese și evaluate două scenarii: acoperirea a 30%, respectiv a 50% din consumul anual al țării cu producția realizată cu CEF, prin raportarea energiilor lor anuale la consumul anual al țării. A fost analizat necesarul de stocare pe termen scurt, respectiv pe durata unei zile, pentru a compatibiliza curba de producție SRE cu curba națională de consum, în condițiile unei limitări a puterii de schimb transfrontaliere (Capacitatea netă de transfer - NTC). Aceasta a reprezentat partea principală a studiului respectiv, capacitățile de stocare fiind văzute ca elemente esențiale de creștere a flexibilității în sistemele electroenergetice. A fost analizat necesarul de teren pentru implementarea scenariilor de producție PV.

La analiza punctelor forte ale celor două tehnologii competitive (centralele hidroelectrice cu acumulare prin pompare (CHEAP) și cele mai noi sisteme de stocare a energiei pe bază de baterii (BESS)) s-au investigat modele și oportunități de afaceri corespunzătoare pentru BESS. Aceste opțiuni sunt capabile să aibă o complementaritate, care aduce sinergii și oferă soluții adecvate de stocare într-o paradigmă decarbonată a energiei.

Sumarul capitolelor tezei

Teza include introducerea, 4 capitole, adnotarea în limbile română, engleză și rusă, lista abrevierilor utilizate, lista tabelelor, lista figurilor, compartimentul ce cuprinde concluziile finale ale tezei, lista bibliografică în număr de 291 titluri, 7 anexe. Numărul total de pagini al lucrării este 151 (până la bibliografie), cu 52 figuri și 19 tabele.

În **Introducere** sunt prezentate tendințele actuale în domeniul energiei din surse regenerabile și a schimbărilor climatice, actualitatea temei de cercetare, argumentarea temei de cercetare alese, scopul și obiectivele tezei, problema științifică soluționată, sinteza metodologiei de cercetare și justificarea metodelor de cercetare alese.

Capitolul 1 reprezintă o sinteză a stadiului curent de dezvoltare cu privire la desfășurarea tranziției energetice globale și locul Republicii Moldova în acest proces, precum și perspectiva de promovare a SRE-V la nivel global, european și național. Tot aici sunt descrise și noile tendințe și

inovații ale atributelor fundamentale pentru o funcționare fiabilă al viitorului sistem energetic ce deține o pondere înaltă a SRE. Capitolul I se încheie cu subiectele prioritare abordate și soluționate în teză cu formularea problemelor de cercetare.

Capitolul 2 este concentrat pe termenul cheie al tezei „flexibilitatea sistemului energetic”. Sunt propuse și prezentate toate măsurile și soluțiile de flexibilitate pentru asigurarea unui aport important cu un nivel înalt de penetrare a SRE-V. Sunt stabilite principalele direcții de sporire a flexibilității prin promovarea tehnologiilor de stocare, tehnologiilor moderne în viitorul sistemelor de termoficare și dezvoltarea hidrogenului ca vector flexibil în sectorul energetic.

Capitolul 3 este destinat în totalitate elementelor conceptuale ale unei foi de parcurs pentru tranziția energetică în Republica Moldova ce pot fi dezvoltate în exclusivitate la elaborarea Strategiei Energetice către anul 2050. Este realizată o abordare conceptuală a problemei termoficării, fiind un sector cheie spre decarbonarea energiei termice furnizate. Au fost identificate provocările legate de dezvoltarea și operarea sistemului electroenergetic. În acest scop este prezentat impactul și potențialul de flexibilitate a vehiculelor electrice asupra consumului de energie electrică la nivel național și asupra sistemului electroenergetic, precum și potențialul de flexibilitate dat de VE cu caracteristici V2G.

În **Capitolul 4** este determinat consumul de căldură în Republica Moldova în profil teritorial, a potențialului de cogenerare a energiei și de electrificare a sectorului încălzire. Astfel, este realizat calculul consumului de căldură în țară în profil teritorial la nivelul anilor 2020 și 2030 cu evaluarea potențialului național (2025) de punere în aplicare a cogenerării de înaltă eficiență. A fost determinată cota optimă economică a cogenerării pentru cele trei zone de dezvoltare a țării – Nord, Centru și Sud și caracteristica generalizată a parcului de instalații de cogenerare ce ar putea fi promovate în țară cu determinarea indicelui mediu de cogenerare. Ulterior, sunt prezentate o serie de studii aprofundate și detaliate cu privire la realizarea măsurilor concrete de sporire a flexibilității sistemului energetic: edificarea centralelor hidroelectrice cu acumulare prin pompare, evaluarea necesarului de PV-uri în Republica Moldova (introducerea pe scară largă a centralelor fotovoltaice) și studiu de caz pentru Republica Moldova – flexibilitatea rețelelor energetice printr-o combinație cu mijloacele de stocare cu tehnologiile competitive - centralele hidroelectrice cu acumulare prin pompare (CHEAP) și cele mai noi sisteme de stocare a energiei pe bază de baterii (BESS).

Fiecare capitol al lucrării se încheie cu prezentarea concluziilor de bază și evidențierea principalelor rezultate obținute. Teza se finalizează cu prezentarea concluziilor generale și recomandări de dezvoltare în viitor.

1 STUDIU CU PRIVIRE LA DESFĂȘURAREA TRANZIȚIEI ENERGETICE GLOBALE ȘI LOCUL REPUBLICII MOLDOVA ÎN ACEST PROCES

1.1. Schimbările climatice – cea mai mare amenințare existențială în sec. XXI

1.1.1. Impactul negativ al consumului energetic asupra mediului și schimbării climei

În ultimele decenii lumea se confruntă cu mari provocări de mediu și climă [1-5], cum sunt: schimbările climatice, pierderea biodiversității [6,7] și poluarea aerului și a apei - toate acestea fiind rezultatul activității umane pe Pământ pe parcursul ultimilor 100-150 de ani.

Există o serie de rapoarte științifice globale de maximă importanță [8-13], publicate de către IPCC, EEA și UNEP și alte instituții internaționale, ce promovează, practic, unul și același mesaj: „... *traectoria actuală a evoluției vieții pe Pământ este una ne-sustenabilă pentru omenire, fiind în principal determinată de sistemele noastre de producție și consum; ne mai rămâne puțin timp pentru a găsi soluții credibile ce ar permite de a inversa tendința existentă...*”[14].

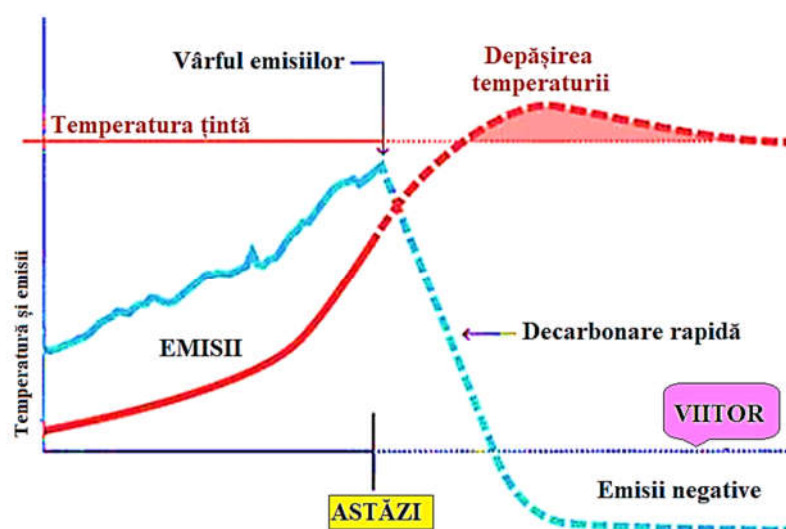


Figura 1.1. Evoluția pe termen lung [15]

Acordul de la Paris (2015) [15] a pus începutul unei tranziții globale de schimbare a sistemelor economice pentru a rezista în fața amenințărilor schimbărilor climatice.

Europa în 2020 se află la o răscruce [16,17]. În decembrie 2019 UE a lansat așa numitul *Pact ecologic european* („The European Green Deal”, (COM(2019) 640)) - o strategie și un plan de acțiune prin care se declară *realizarea unei Uniuni Europene neutre din punct de vedere climatic până în 2050*, în conformitate cu obiectivele Acordului de la Paris. Atingerea acestui obiectiv presupune realizarea unei transformări economice și sociale foarte ambițioase. UE este determinată să demonstreze că înaintarea către neutralitatea climatică nu este doar imperativă, ci

și fezabilă și de dorit [18-20]. Exemplul UE și al statelor membre trebuie să inspire acțiunile climatice ale altor state ale lumii.

1.1.2. Cadrul politic și legislativ al UE în domeniul climei și al energiei

Parlamentul European, reunit în sesiunea din 29 noiembrie 2019, a adoptat rezoluția privind „declararea urgenței climatice în Europa și în lume”. Declarația impune, de asemenea Comisiei Europene să se asigure că toate propunerile legislative sunt aliniate în totalitate cu obiectivul limitării încălzirii globale sub pragul de $+1.5^{\circ}\text{C}$ [21] și cu cel de a reduce emisiile de carbon cu 55% până în 2030 și cu 100% până în 2050 (când se dorește ca Europa să fie neutră din punct de vedere climatic).

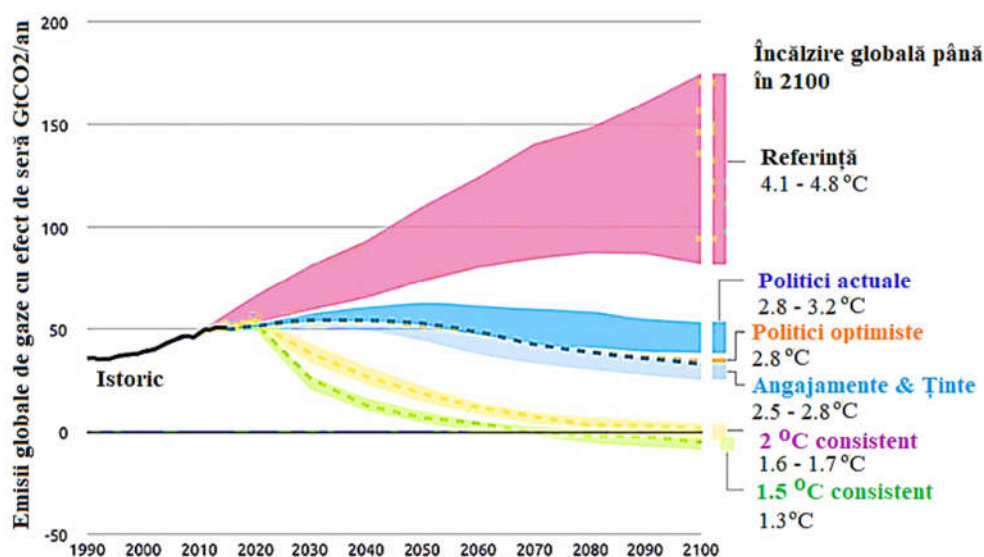


Figura 1.2. Emisiile și încălzirea globală preconizată în baza angajamentelor și politicilor actuale până în anul 2100 [22-25]

Subiectul schimbărilor climatice [26-28] a crescut în amploare în cercurile politice, mai ales începând cu anul 1988 când a fost inaugurat IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), care a fost de la început legitimat de două organizații internaționale [29-37], WMO (World Meteorological Organization) și ONU. Ultimul raport al IPCC a fost prezentat în 2018 sub titulatura „Raportul special privind impactul încălzirii globale cu 1.5°C peste nivelul temperaturii pre-industriale și scenariile emisiilor globale de gaze cu efect de seră”.

Pentru a limita încălzirea la 1.5°C , emisiile globale nete de CO_2 trebuie să scadă cu 55% față de 1990 până în 2030 și la zero 2050. Ce e necesar pentru o astfel de limitare la 1.5°C : o tranziție rapidă și abruptă a întregii economii globale pentru a transforma modul în care energia este folosită cât și sursele acesteia, modul în care sistemele agricole sunt organizate și tipul și

cantitatea alimentației și materialelor pe care se vor consuma [26].

Acest scenariu a stat la baza lansării unor programe politice foarte contestate în America (Green New Deal) [38] și în prezent, și în Uniunea Europeană.

Urgența climatică implică rezoluția UE și Acordul de la Paris, reducerea emisiilor cu 55% până în 2030 și la zero net în 2050. Având în vedere mixul și consumul actual de energie, lumea trebuie să accelereze dezvoltarea surselor verzi de energie (fără emisii) de 9 ori rata observată în 2018 și de 15 ori cea observată în ultimul deceniu.

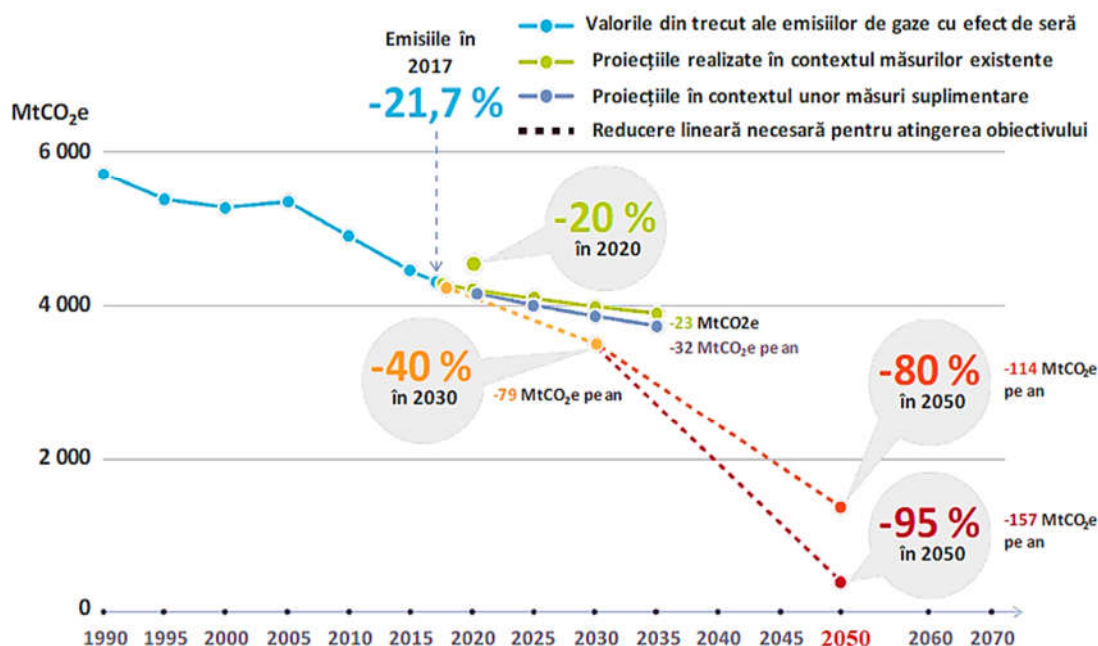


Figura 1.3. UE: Estimări privind emisiile GES din trecut și cele viitoare în raport cu obiectivele de reducere a emisiilor [39]

Obiectivele cheie pentru climă și energie ale UE [40-47] au fost stabilite în următoarele documente:

- Pachetul pentru climă și energie pentru 2020 (pachetul UE-2020);
- Cadrul climatic și energetic pentru 2030 (cadrul legislativ UE-2030);
- Strategia (2020) pe termen lung 2050.

Pachetul UE-2020 a inclus un set de acte legislative (2009) cu caracter obligatoriu pentru a asigura că UE și-a îndeplinit obiectivele climatice și energetice pentru anul 2020. Pachetul a stabilit trei ținte-cheie către orizontul 2020, bine cunoscute ca „20-20-20” [48-52]:

- reducere cu 20% a emisiilor de gaze cu efect de seră (față de nivelul anului 1990),
- 20% din consumul de energie în UE să fie acoperit din surse regenerabile,

- reducere cu 20% a consumului final de energie (prin îmbunătățirea eficienței energetice).

În urma aderării UE la Acordul de la Paris [15] și odată cu publicarea Strategiei Uniunii Energetice, UE și-a asumat rolul de lider în combaterea schimbărilor climatice. Astfel, *Uniunea Europeană s-a angajat să conducă tranziția energetică la nivel global*, prin îndeplinirea obiectivelor prevăzute în Acordul de la Paris privind schimbările climatice, care vizează alimentarea cu energie curată a tuturor statelor membre.

Tabelul 1.1. Evoluția reducerilor emisiilor de CO₂ - repere orientative pentru 2030 și 2050

Reduceri planificare pe sectoare față de anul 1990	2030	2050
Energie (CO ₂)	-54 la -68%	-93 la -99%
Industrie (CO ₂)	-34 la -40%	-83 la -87%
Transport (incl. CO ₂ aviație)	-9 la -20%	-54 la -67%
Servicii și sectorul rezidențial (CO ₂)	-37 la -53%	-88 la -91%
Agricultură (non-CO ₂)	-36 la -37%	-42 la -49%
Alte emisii care nu sunt CO ₂	-72 la -73%	-70 la -78%

Foaia de parcurs pe termen lung de dezvoltare [53,54] oferă intervale procentuale de reducere a emisiilor de CO₂ pentru 2030 și 2050 în cele mai importante sectoare (tab. 1.1). Pentru a realiza aceste etape într-un mod cât mai rentabil și pentru a maximiza beneficiile, implementarea planului strategic privind tehnologiile energetice (Strategic Energy Technologies - SETs) este de o importanță deosebită.

Astfel, UE își propune de a crește progresiv în timp ambiția de atingere a obiectivelor scontate - pentru o neutralitate climatică către 2050 [55,56].

1.1.3. Necesitatea promovării efortului global de combatere a schimbărilor climatice. Acordul de la Paris

Schimbările climatice sunt, cu siguranță, printre cele mai mari provocări ale generației actuale, iar Uniunea Europeană și-a creat imaginea unui lider mondial în promovarea acțiunilor de protecție a mediului. Aceasta înseamnă că toate sectoarele economiei trebuie să își reducă drastic emisiile. De exemplu, foaia de parcurs a Comisiei din 2011 prevedea că sectorul aprovizionării cu energie electrică ar trebui să își reducă emisiile la zero până în 2050. Figura 1.4 prezintă reducerea preconizată a tuturor emisiilor de gaze cu efect de seră din UE.

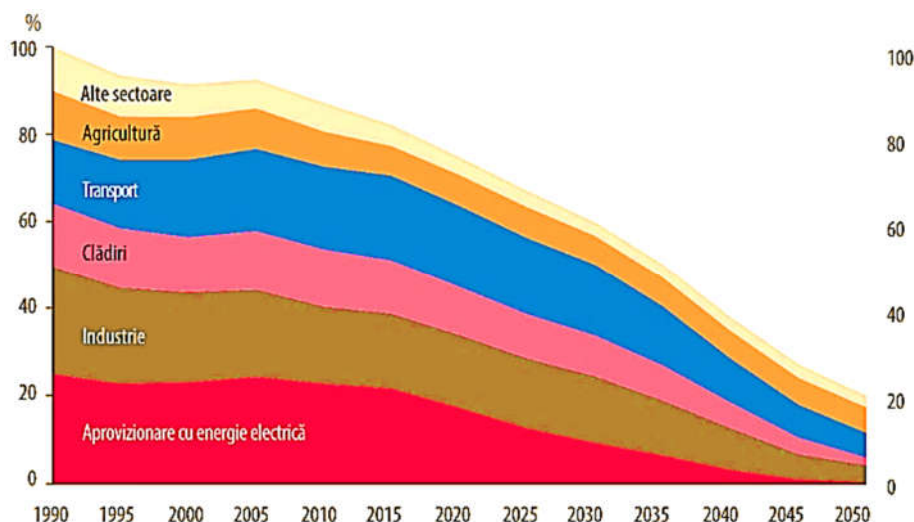


Figura 1.4. Previțiunea privind emisiile de gaze cu efect de seră în UE în vederea unei reduceri interne de 80 % (față de 1990) [57]

Acordul de la Paris nu introduce obiective obligatorii de reducere a emisiilor de GES pentru părțile semnatare, dar impune contribuții stabilite la nivel național. În conformitate cu articolul 4.19 al AP, statele *Parte a Acordului* își pregătesc strategiile naționale de dezvoltare cu emisii reduse pe termen lung și le transmit către Secretariatul Convenției-Cadru a ONU pentru schimbările climatice (CCONUSC) sub forma așa numitelor *Contribuții Naționale Determinate - CND* (eng.: National Determined Contributions [15]).

Prin actualizarea CND, țările urmează să-și sporească ambiția privind reducerea emisiilor de GES pentru a putea menține încălzirea globală mult sub 2°C către anul 2100. Acordul de la Paris prezintă un plan de acțiune pentru limitarea încălzirii globale și vizează perioada începând cu anul 2016, vor fi sprijinite atât din punct de vedere financiar, cât și prin consolidarea capacităților.

1.1.4. Pactul ecologic european – un cadru politic, legislativ și de acțiune al UE pentru atingerea obiectivului de neutralitate climatică

Dea lungul ultimilor decenii Uniunea Europeană a demonstrat că poate reduce emisiile de gaze cu efect de seră cu menținerea totodată a creșterii economice [58-62]. Emisiile din 2018 au fost cu 23% mai mici decât în 1990, în timp ce PIB-ul UE a crescut cu 61% în aceeași perioadă. De menționat, că UE [63], cu experiența sa extinsă, în prezent este lider mondial în combaterea schimbării climei în condițiile asigurării unei creșteri economice.

Schimbările climatice și degradarea mediului în ultimele decenii reprezintă o amenințare existențială reală pentru Europa și întreaga lume [64,65]. Pentru a depăși această provocare, Comisia a venit cu următoarea propunere ce include necesitatea:

- Unei noi strategii de creștere care să transforme UE într-o economie modernă;
- Eficientizării economiei din punct de vedere al utilizării resurselor și competitivității, care către anul 2050 ar putea face ca Europa să devină o zonă în care nu vor exista emisii GES și unde creșterea economică va fi decuplată de utilizarea resurselor, fără să lase vreun aspect sau pe cineva în urmă.

La 28 noiembrie 2019 Comisia Europeană după validarea componenței sale a prezentat viziunea sa pe termen lung pentru o economie prosperă, modernă, competitivă și climatic neutră către 2050, precum și a adoptat strategia pe termen lung pentru o Europă climatic neutră către 2050 [66], ce urma să fie transmisă la CCONUSC.

La 11 dec. 2019 Comisia a prezentat **Pactul Ecologic European - PEE** (*The European Green Deal*), care reflectă viziunea ambițioasă a unei Europe neutre din punct de vedere al emisiilor de gaze cu efect de seră până în 2050. La scurt timp (2019) Parlamentul European și Consiliul European au aprobat obiectivul privind neutralitatea climatică a UE, în conformitate cu Acordul de la Paris, cu o singură obiecție venită din partea Poloniei, care, deși și-a exprimat sprijinul pentru obiectivul pentru 2050, nu s-a angajat să-l implementeze. În septembrie 2020 Comisia UE a propus o țintă și mai ambițioasă – de 55% [67]. Statele membre ale UE au început să-și modernizeze economia, reducând în același timp emisiile. Revizuirea obiectivului de 40% pentru 2030 cu unul nou de 55% va oferi UE o cale mai graduală spre a deveni climatic neutră până în 2050. În plus, aceasta oferă UE posibilitatea de a-și consolida rolul de lider în abordarea provocărilor globale într-un mod durabil.

Pactul Ecologic European [68,69] reprezintă un cadru politic și legislativ extins ce va permite de a atinge obiectivul de neutralitate climatică în Europa către 2050. Elementele esențiale ale Pactului Ecologic European [70] sunt, după cum urmează:

- Neutralitatea climatică până în 2050;
- Furnizarea de energie curată, sigură și la prețuri accesibile;
- Mobilizarea sectorului industrial pentru o economie curată și circulară;
- Reducerea poluării la zero pentru un mediu fără substanțe toxice;
- Conservarea și refacerea ecosistemelor și a biodiversității;
- Construirea și renovarea clădirilor eficiente energetic, etc.

În scopul implementării Pactului Ecologic European a fost elaborat Planul de Investiții, numit și Planul de investiții pentru o Europă durabilă [71-76], care va mobiliza fonduri europene de cel puțin o mie de miliarde de euro pentru investiții durabile în decursul următorilor 10 ani și va crea un cadru favorabil privind facilitarea și stimularea investițiilor publice și private necesare pentru tranziția către o economie neutră din punct de vedere climatic, verde, competitivă și

incluzivă [77-81].

1.2. Cursul global spre decarbonarea completă a sistemelor energetice

1.2.1. Considerații privind perspectiva generală a resurselor energetice

În perspectiva tranziției către preponderența energiei din surse regenerabile, a fost efectuat studiu documentar cu privire la identificarea factorilor care generează criza surselor convenționale de energie, pornind de la epuizabilitatea acestora și efectul folosirii lor asupra mediului înconjurător, pentru a demonstra importanța și avantajele surselor regenerabile de energie: sustenabilitatea, securitatea aprovizionării cu energie, respectiv efectele economice ale tranziției către noua paradigmă (figura 1.3); acestea vor deveni și principalele argumente care să susțină noua abordare a mixului energetic optim [82-91].

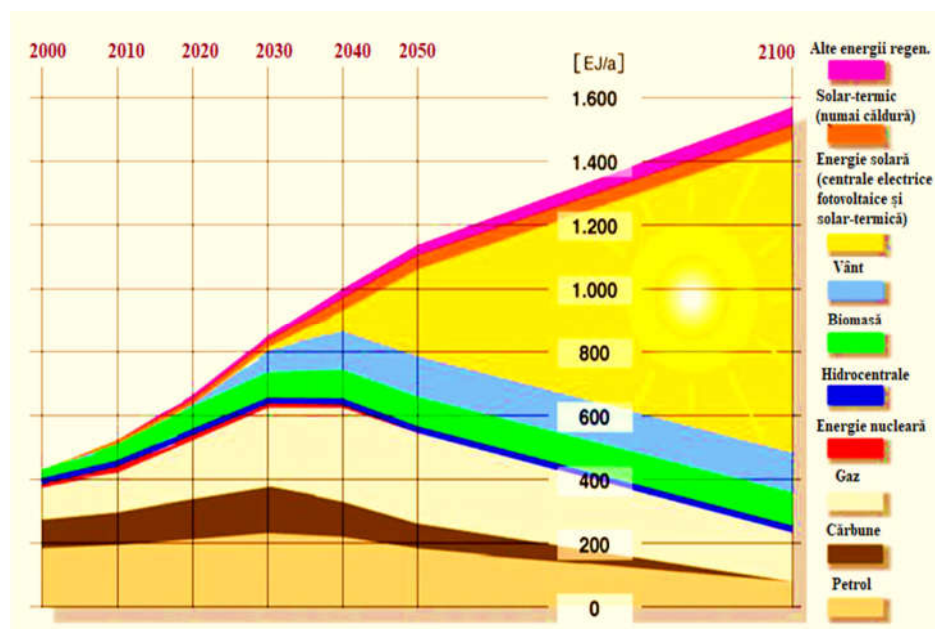


Figura 1.1. Previzionarea evoluției structurii surselor de generare a energiei către anul 2100 (la nivel planetar) [92]

În calitate de instrument pentru a ajuta planificarea către o **tranziție energetică durabilă (SET)**, a fost dezvoltat un model bazat pe energie netă, care cuantifică cu exactitate traiectoria tranziției energetice, adică ratele la care societatea trebuie să instaleze energie regenerabilă (RE) în termeni pur fizici. În acești termeni, rata de instalare RE dorită este determinată pe deplin de patru factori: cererea netă de energie în timp, limitele emisiilor de carbon, profilul eliminării treptate a combustibilului fosil și caracteristicile tehnologiei RE. Prin evitarea complicațiilor și a presupunerilor implicite ale modelelor bazate pe economie, se poate trasa exhaustiv o gamă largă de traiectorii posibile de tranziție. Traectoria selectată poate servi apoi ca un mecanism clar pentru

stabilirea obiectivelor de politică energetică RE [93].

SET implică dezvoltarea unei noi paradigme energetice care să acopere toate nevoile energetice ale societăților umane, bazându-se pe RE și sprijinită de o infrastructură mai eficientă pentru stocarea, transmiterea și utilizarea acesteia.

În figura 1.4 se prezintă un exemplu al unei posibile traiectorii SET, care prezintă detaliile tuturor resurselor energetice constitutive pentru 2000 W net de energie pe cap de locuitor a cererii până în 2100. Mărimea investiției în energie RE (componenta principală a diferenței dintre energia brută și energia netă) este evidentă, deoarece amplituda notată deasupra cererii nete de energie prezentată ca linie punctată în faza de accelerare a tranziției (2020-2060), subliniind rolul combustibililor fosili ca „sămânță” a tranziției.

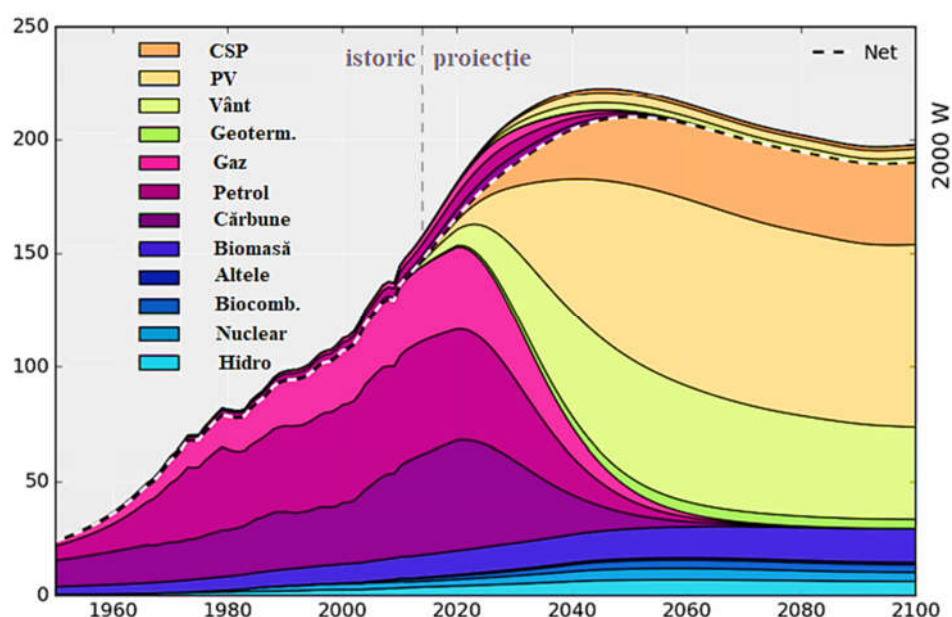


Figura 1.2. Evoluția aprovizionării cu energie primară (în PWh) conform SET, pentru furnizarea unei puteri nete medii pe cap de locuitor de 2000 W până la 2100 la o populație de 10,8 miliarde [94,95]

În consecință, este necesară o transformare durabilă și sustenabilă a economiei, prin înlăturarea combustibililor fosili, promovarea energiei curate, din surse regenerabile, și dezvoltarea unei economii circulare.

1.2.2. Esența tranziției energetice către un sistem energetic decarbonat

Tranziția energetică (TE) este definită ca o schimbare structurală fundamentală în sectorul energetic al unei țări - cum ar fi creșterea continuă a ponderii energiilor regenerabile și promovarea

eficienței energetice, combinată cu eliminarea treptată a utilizării resurselor energetice fosile. Tranziția energetică în prezent are loc practic în întreaga lume și nu este un fenomen izolat. Cu toate acestea, TE diferă de la țară la țară în ceea ce privește motivația și obiectivele, driverii și modul de guvernare, provocările și oportunitățile aferente [96].

TE trebuie privită ca un proiect național pe termen lung de trecere de la energetica tradițională, bazată pe utilizarea combustibililor fosili la o stare nouă a sectorului energetic, caracterizată de eficiență energetică și surse regenerabile de energie. La nivel național, lansarea TE cere punerea la punct al unui program special, care ar urmări o strategie, cu obiective concrete pe termen mediu și lung. Lansarea TE cere o acceptare publică largă în interesul unui viitor mai bun [97].

O tranziție energetică inovatoare și durabilă necesită o schimbare profundă în întregul sistem energetic – sub aspectul producției, transportului și consumului – cu impact direct asupra infrastructurii, pieței, mediului și societății (figura 1.5). Ea oferă ocazia de a construi o piață a energiei mai sigură, mai echitabilă și mai transparentă, de a crea rețele transfrontaliere, de a îmbunătăți accesul la energia din surse regenerabile și distribuția acesteia, de a eradica sărăcia energetică și de a proteja drepturile consumatorilor și ale prosumatorilor în sistemul energetic [98].

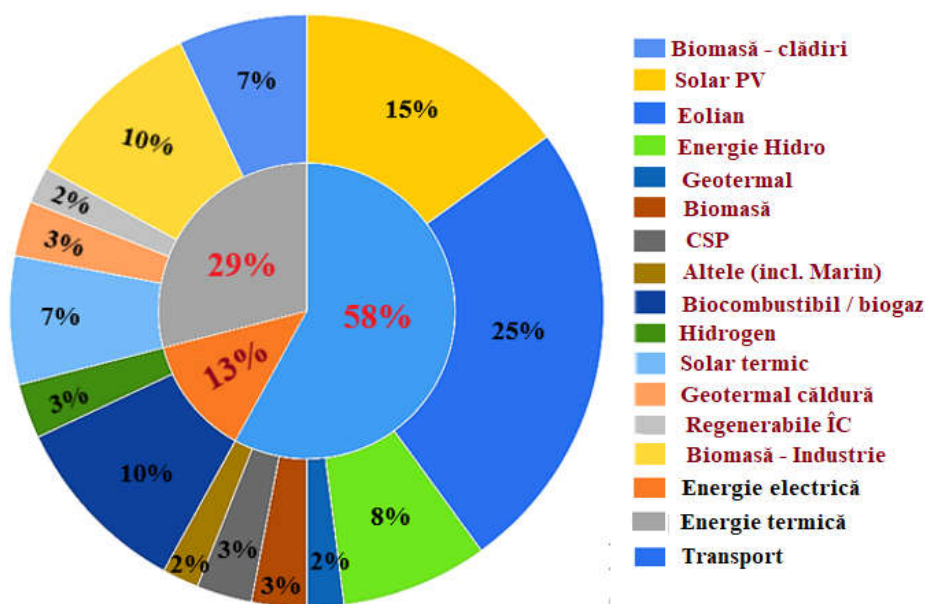


Figura 1.3. Structura viitoarelor surse de energie regenerabilă – 2050 [99]

Beneficiile principale ale tranziției energetice:

- reducerea emisiilor GES și respectiv combaterea fenomenului schimbării climei prin creșterea ponderii SRE și îmbunătățirea eficienței energetice;
- reducerea dependenței de importurile de resurse energetice fosile;
- creșterea siguranței în aprovizionarea cu energie;

- crearea de locuri de muncă;
- beneficii de mediu și de sănătate;
- ieftinirea energiei furnizate consumatorilor;
- renunțarea la utilizarea energiei nucleare;
- democratizarea alimentării cu energie: generarea centralizată vs. generarea distribuită.

Tranziția energetică este ceva mult mai mult decât transformarea sectorului energiei; ea va schimba modul cum producem și utilizăm energia, cum se realizează transportul de oameni și mărfuri, vor apărea noi modele de afaceri, se va schimba întregul mod de viață în societate – și toate acestea pentru a coexista în armonie cu natura! De reținut, că obiectivul principal al TE este decarbonarea economiei și stabilizarea climei pe Pământ.

1.2.3. Diminuarea consumurilor energetice prin eficientizare – principala condiție pentru o dezvoltare durabilă

Pentru a răspunde noilor realități energetice și provocări în domeniul climatic, Comisia Europeană a propus în 2016 adoptarea Pachetului Energie Curată [100-109], care urmărea reformarea celor 5 dimensiuni ale Uniunii Energetice [110-116], respectiv: (a) securitatea energetică; (b) piața internă de energie; (c) eficiența energetică; (d) decarbonarea economiei; și (e) cercetarea, inovația și competitivitatea [117].

Dimensiunea legată de *eficiența energetică ca fiind una din cele 5 dimensiuni ale Uniunii Energetice* consideră că aceasta trebuie tratată ca „o sursă de energie în sine” și încurajează statele membre să acorde prioritate politicilor în domeniul eficienței energetice pentru a reduce dependența de importurile de energie, pentru a reduce emisiile și pentru a diminua facturile de energie [118-121].

O prezentare sumară a principalelor prevederi PEC poate fi structurată în jurul celor 5 elemente fundamentale urmărite prin implementarea PEC, respectiv[122-126]:

1. eficiența energetică înainte de toate,
2. creșterea ponderii E-SRE în consumul final;
3. îmbunătățirea guvernancei Uniunii Energetice;
4. mai multe drepturi pentru consumatori;
5. o piață energetică mai inteligentă și mai eficientă.

Cu privire la eficiența energetică, trebuie observat că dispozițiile **Directivei privind eficiența energetică** pot fi analizate în strânsă legătură cu cele ale **Directivei privind performanța energetică a clădirilor** [127,128], ambele având ca scop final creșterea eficienței energetice, plecând de la particular (eficiența energetică a clădirilor) înspre general (eficiența

energetică ca obiectiv de interes general) [129].

Astfel, după ce se constată atingerea obiectivului de 20% pentru anul 2020, **Directiva privind eficiența energetică** stabilește un nou obiectiv majorat privind eficiența energetică pentru anul 2030 cu posibilitatea stabilirii unor obiective majorate în viitor și prevede diverse măsuri pentru atingerea acestui obiectiv [130].

În completare, **Directiva privind performanța energetică a clădirilor** [131] constată că aproape 40 % din consumul final de energie al UE este utilizat pentru încălzire și răcire în clădiri și, în consecință, atingerea obiectivelor UE în domeniul energiei și al climei este condiționată de renovarea parcului imobiliar, inclusiv prin utilizarea E-SRE în procesul de încălzire/răcire a clădirilor.

În contextul transpunerii Directivei privind Eficiența Energetică în legislația națională, autoritățile din Republica Moldova [132] au revizuit prognozele sale pentru consumul primar și final de energie.

1.2.4. Promovarea surselor regenerabile de energie variabile (SRE-V) – prin adoptarea de obiective, ținte și scheme de sprijin

Exploatarea surselor regenerabile este un instrument eficient pentru a alimenta creșterea economică, crea oportunități noi de angajare, îmbunătăți bunăstarea umană și contribui la un viitor climatic sigur [133]. Datele preluate din Scenariul Shell Sky (2018), care are meritul de a prognoza până la 2100 (fig. 1.6), proiectează natura transformării energetice pe parcursul secolului. Alte scenarii de tranziție energetică au, de obicei, orizonturi de timp mai scurte. De exemplu, Scenariul dezvoltării durabile (SDS) al Agenției Internaționale pentru Energie (IEA), de exemplu, arată doar înainte până în 2040. Scenariul REmap al IRENA merge până în 2050 [134].

Inițiativa privind creșterea cotei energiei provenite din surse regenerabile în consumul final de energie este una dintre cele mai importante inițiative ale Comisiei Europene în domeniul combaterii schimbărilor climatice. Cadrul actual stabilește un obiectiv de 20 % la nivelul UE [135] pentru SRE în consumul final brut de energie, care se bazează pe obiective naționale obligatorii până în 2020.

Scopul primordial al Uniunii Europene în activitatea politică de a deveni lider mondial al surselor regenerabile de energie este susținută, cu certitudine, de prezența surselor regenerabile de energie în toate cele cinci dimensiuni ale uniunii energetice.

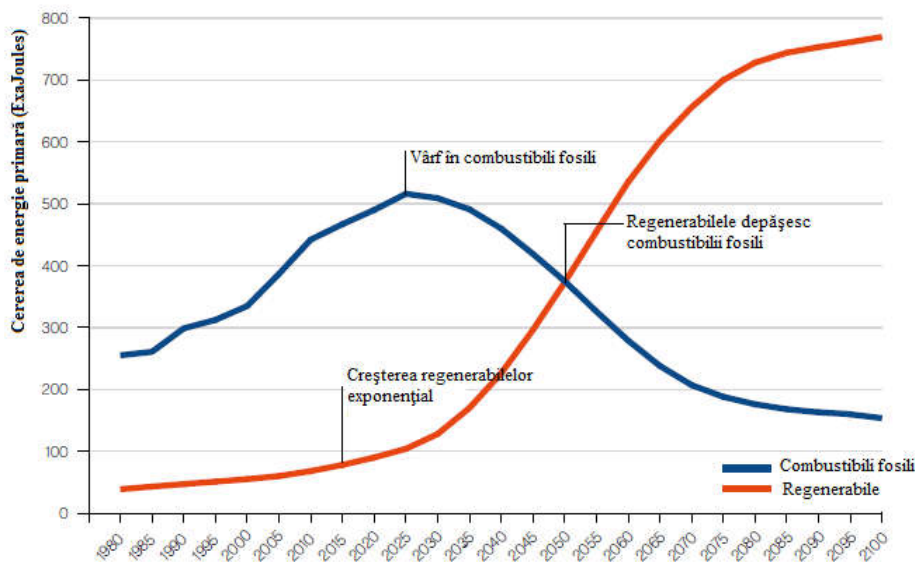


Figura 1.4. Scenariul Shell al tranziției energetice către anul 2100 [136]

Cu siguranță, UE și-a realizat obiectivul pentru 2020, deoarece în ultimii ani, a avut loc o creștere continuă a ponderii globale a surselor regenerabile de energie (SRE) și a ponderii la nivel sectorial a energiei din surse regenerabile de energie electrică (E-SRE), încălzire și răcire (Î&R-SRE), precum și, într-o măsură mai mică - din transporturi (T-SRE).

1.3. Stadiul curent și de perspectivă privind promovarea SRE-V la nivel global, european și național

1.3.1. Tendințe de promovare a SRE la nivel global

În ultimul deceniu, productivitatea energetică, productivitatea carbonului și productivitatea materiilor prime au crescut în țările înalt dezvoltate din întreaga lume. Cu certitudine, societatea dispune de o bază colosală pentru realizarea dezvoltării ecologice și combaterea schimbărilor climatice. Prin urmare, țările în curs de dezvoltare se confruntă încă cu provocări foarte serioase cu privire la realizarea unui echilibru bine determinat și coordonat în dezvoltarea economiei și protecția mediului (figura 1.7).

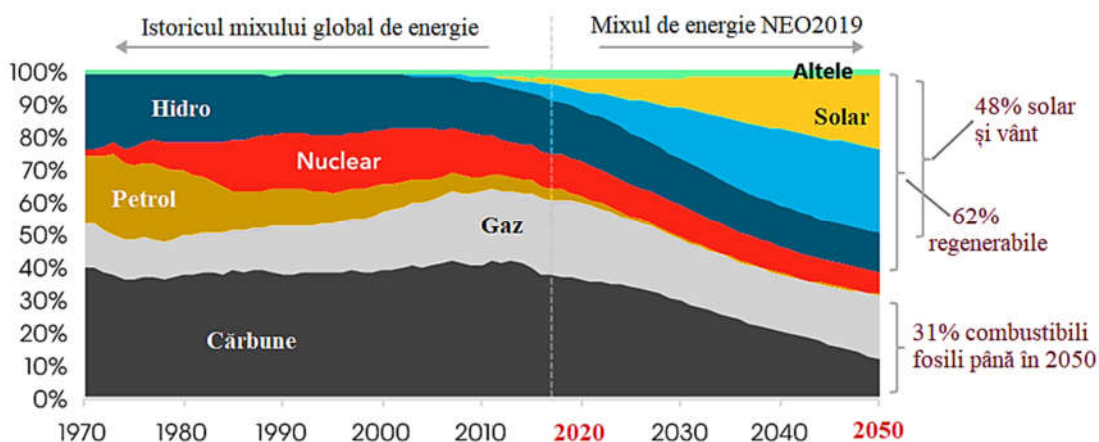


Figura 1.5. Mixul global de energie [137]

În consecință curentul principal al dezvoltării economice în diferite țări din perspectiva anului 2035 vine pe primul loc pentru atingerea obiectivelor dezvoltării durabile și pentru promovarea dezvoltării economice mondiale, dezvoltării ecologice pentru a controla și monitoriza poluarea pentru realizarea transformării cu emisii scăzute de carbon. Cel mai important impact asupra structurii economice internaționale va fi în viitorul apropiat dezvoltarea ecologică. Acesta, la rândul său, va constitui un mecanism semnificativ pentru inovarea tehnologică, dezvoltarea industrială și reducerea poluării. Totodată, se va promova inovația ecologică și dezvoltarea industriei ecologice și va forma noi puncte de creștere economică.

Modificări profunde vor fi resimțite în structura de furnizare și de cerere a energiei. Un progres sporit în tehnologia neconvențională de explorare a gazului și a petrolului a majorat considerabil capacitatea de aprovizionare cu resurse petroliere și gaze. Se constată că gazul natural global va crește cu aproximativ 45 % până în 2040.

Al doilea prezintă carbonarea redusă. Costurile energiei regenerabile au scăzut brusc și vor fi în viitor on-line la un preț mai mic decât energia fosilă convențională.

Al treilea prezintă electrificarea. Electrificării îi aparține un rol mai important în viitorul sistem energetic global.

Al patrulea este digital. Tehnologia digitală aplicată la scară largă cu privire la oferta și cererea de energie va mări capacitatea de aprovizionare cu energie, respectiv va reduce costurile și va îmbunătăți, de asemenea, eficiența energetică și costurile. Energia distribuită va deveni o nouă sursă de energie.

Soluțiile de stocare pot oferi, de asemenea, servicii suplimentare de sprijinire a rețelei. De exemplu, neconcordanța între producția și cererea de energie electrică poate cauza variații ale

frecvenței; unele tehnologii de stocare pot aduce frecvența înapoi la valoarea corectă prin injecție sau consum suplimentar de putere. Acest fenomen este denumit „răspuns în frecvență”. Potrivit estimărilor Comisiei, pentru a-și atinge obiectivele climatice pentru anul 2050, ar putea fi necesar ca UE să își majoreze de până la șase ori capacitatea de stocare a energiei [138,139].

În concluzie, modelul global al ofertei și al cererii de energie va suferi schimbări profunde. Din perspectiva cererii de energie la nivel mondial, potrivit organizațiilor internaționale, se așteaptă ca cererea globală de energie să crească cu aproximativ 30 % până în 2035. Aceasta se va reflecta, îndeosebi, și asupra țărilor în curs de dezvoltare, în special regiunea Belt and Road, vor deveni centrul creșterii cererii de energie la nivel mondial viitor. Asia a devenit principala industrie a petrolului și gazului din lume. Din perspectiva modelului global de aprovizionare cu energie, pe lângă țările tradiționale exportatoare de energie, cum ar fi OPEC și Rusia, Statele Unite vor deveni un nou furnizor de energie globală.

1.3.2. Ambiția UE privind decarbonarea totală a continentului european

La nivel mondial angajamentul și acțiunile UE și ale statelor membre rămân unele dintre cele mai ambițioase contribuții, inclusiv obiectivul obligatoriu de reducere a emisiilor interne de gaze cu efect de seră cu cel puțin 55% față de 1990 la nivelul anului 2030, precum și cel al neutralității climatice către 2050 [140].

Realizarea tranziției către o societate neutră climatic va necesita [141]:

- investiții semnificative,
- acțiuni de cercetare și inovare,
- noi modalități de producție și consum al resurselor naturale,
- precum și schimbări ale modului în care lucrăm, utilizăm transporturile și trăim.

Această declarație, fiind una politică este lăudabilă pentru că are darul să răspundă unor preocupări reale și actuale privind efectele schimbărilor climatice. Această declarație se înscrie însă într-o dezbateră, care devine din ce în ce mai fracturată și politizată, în detrimentul acțiunilor reale și concrete care pot ajuta umanitatea să depășească cu pierderi minime paradigma arderii de combustibili fosili [142,143].

În consecință, este necesară o transformare durabilă și sustenabilă a economiei, prin înlăturarea combustibililor fosili, promovarea energiei curate din surse regenerabile și dezvoltarea unei economii circulare. Realizarea acestor schimbări presupune o nevoie de investiții uriașă, Comisia Europeană intenționând să mobilizeze în acest sens 1 trilion de euro în următorul deceniu. Dar, pentru a resimți cu adevărat beneficiile unei astfel de schimbări și pentru a pune ambițiile UE în practică, va fi nevoie ca o parte semnificativă a investițiilor să meargă către crearea unei industrii

europene puternice și independente, care să poată livra soluții pe măsura provocărilor, generând valoare adăugată în economie [144]. Altfel, Europa riscă să nu-și atingă țintele propuse, care sunt deosebit de ambițioase.

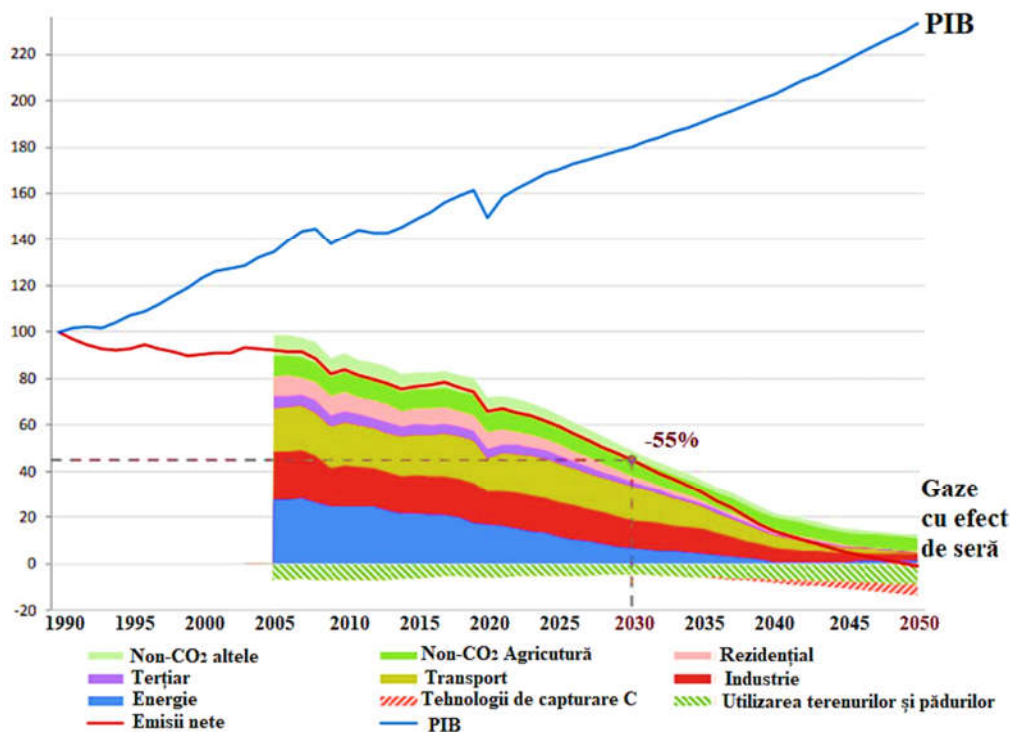


Figura 1.6. Calea UE către prosperitate economică susținută și neutralitate climatică, 1990-2050 [145]

Pe baza analizei Comisiei efectuate în evaluarea sa de impact, a fost confirmat creșterea obiectivului de reducere a emisiilor de gaze cu efect de seră cu 55% ce este posibilă într-un mod responsabil și corect din punct de vedere social. Poate stimula o creștere economică durabilă și poate accelera tranziția energiei curate, în timp ce trebuie abordate consecințele sociale negative și trebuie implementate politici adecvate atât la nivelul UE, cât și la nivelul statelor membre.

Realizarea reducerilor cu 55% a emisiilor de gaze cu efect de seră până în 2030 (fig. 1.8) va îmbunătăți, de asemenea, bunăstarea cetățenilor UE, oferind beneficii semnificative în termeni de sănătate, îmbunătățirea calității aerului și reducerea degradării mediului și va sprijini cu tărie recuperarea COVID-19 și competitivitatea pe termen lung și reziliența economiei europene.

1.3.3. Promovarea SRE în Republica Moldova

Necesarul de energie primară a Republicii Moldova a crescut în medie cu 1-2% pe an în perioada 2010-2017 [146], atingând 2.939 kilotone de echivalent petrol (ktep) (fig. 1.9). Consumul de combustibili fosili (cărbune și gaze naturale) a scăzut treptat în această perioadă, în timp ce

ponderile energiei electrice și biomasei au continuat să crească. În perspectiva înlocuirii gamei actuale de surse/combustibili utilizate în sectorul energetic, utilizarea energiei electrice constituie o alternativă semnificativă [147], pe fondul decarbonării accentuate a producției de energie electrică. În acest sens, un grad de penetrare ridicată a SRE în sectorul energetic va asigura o bază de creștere constantă a capacităților instalate din astfel de surse [148], precum și majorarea intensității electrificării.

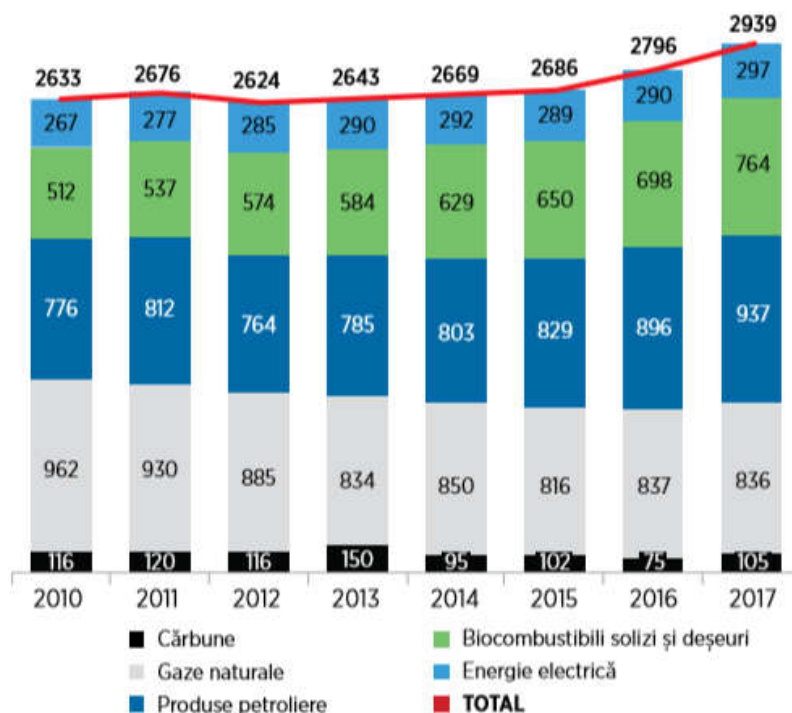


Figura 1.7. Aprovizionare cu energie primară în perioada 2010-2017 (ktep) [149]

În acest sens este nevoie de o abordare integratoare a tuturor subiectelor aferente tranziției corelată cu disponibilitatea resurselor financiare în țară. Sectorul energetic are un rol important în dezvoltarea durabilă a Republicii Moldova, în consolidarea securității naționale, în creșterea calității vieții și în combaterea schimbărilor climatice. Contribuția sectorului la dezvoltarea durabilă a Republicii Moldova se realizează inclusiv prin reducerea amprente de carbon și extinderea modelului economiei circulare – adoptarea unui model de dezvoltare sustenabilă bazat pe o combinație de surse energetice echilibrată și structurată strategic, pe modernizarea sistemului în ansamblul său, precum și pe creșterea producției de energie nepoluantă.

Obiective generale pentru Republica Moldova privind integrarea în tranziția energetică:

- Înnoirea parcului de capacități de generare a energiei electrice prin investiții noi, pentru a preveni declinul producției naționale și pentru a menține un mix energetic echilibrat și diversificat, ca drept fundamental al fiecărui stat membru UE [150];

- Promovarea modernizării și dimensionării adecvate a centralelor de cogenerare de înaltă eficiență și a Sistemelor de Alimentare Centralizată cu Energie Termică (SACET), inclusiv prin realizarea de proiecte în parteneriat public-privat;
- Dezvoltarea unui program național real de creștere a eficienței energetice, cu scopul de a reduce supraconsumul de energie, de a diminua facturile de energie electrică și gaze naturale și de a îmbunătăți implicit calitatea locuirii;
- Reducerea sărăciei energetice prin susținerea măsurilor de eficiență energetică direcționate cu prioritate către comunitățile vulnerabile, dar și prin promovarea de măsuri moderne și inovative pentru protejarea consumatorilor vulnerabili, inclusiv prin accelerarea procesului de digitalizare în sectorul energetic, care să acopere și mediul rural;
- Sprijinirea dezvoltării rețelelor inteligente de transport și distribuție a energiei electrice, a capacităților de stocare a energiei electrice și încurajarea producției distribuite de energie electrică (prin sprijinirea prosumatorilor);
- Promovarea electro-mobilității și a clădirilor autosustenabile din punct de vedere energetic;
- Acordarea de sprijin pentru proiectele moldovenești de cercetare și dezvoltare în domeniul noilor tehnologii pentru energie curată, respectiv atragerea de investiții private în acest domeniu de activitate.

Principalii factori de încurajare a integrării unei producții crescute de SRE și provocări ale tranziției energetice la orizontul anului 2050 vor fi:

- cadru legislativ primar și secundar aliniat la principiile directivelor și regulamentelor europene;
- scăderea treptată a costului tehnologiilor, făcând ca SRE (în special turbinele eoliene și panourile solare) să fie competitive în raport cu sursele clasice;
- tranziția către rețele inteligente prin implementarea contorizării inteligente și digitalizarea rețelelor;
- dezvoltarea capacităților de stocare a energiei; electrificarea accelerată a transportului rutier ușor;
- creșterea PIB, a valorii adăugate brute formate în economie, precum și a veniturilor disponibile pentru gospodării.

Evoluția cotei SRE reprezintă un subiect de o importanță majoră nu doar pentru Republica Moldova, cât și un angajament față de partenerii externi și în special, o responsabilitate față de generațiile viitoare [151].

Rezultatele studiului de cercetare arată faptul că tranziția energetică va avea un impact incontestabil asupra economiei și securității energetice a Republicii Moldova.

1.3.4. Dezvoltarea sistemului energetic național la orizontul 2050

Sectorul energetic contribuie cu 68% la emisiile de gaze cu efect de seră generate în Republica Moldova. În acest context, documentele de politici energetice [152-154] pentru noua perioadă de planificare, până în anul 2050, trebuie să cuprindă soluții de atenuare și de adaptare la schimbările climatice.

În cazul Republicii Moldova a fost utilizat programul de modelare TIMES, reieșind din experiența anterioară pozitivă de utilizare a modelului MARKAL, care este predecesorul lui TIMES [155,156]. Modelarea TIMES permite discretizarea duratei de studiu analizată în mai multe perioade și respectiv atribuirea diferitor rate de creștere și a elasticității pentru factorii care determină cererea viitoare de energie. Această abordare oferă posibilitatea corelării mai puternice a factorului determinant al cererii cu consumul de energie [157-170].

În prezent, în balanța energetică a Republicii Moldova predomină consumul de combustibili fosili, reprezentați de produse petroliere și gaze naturale, ambele tipuri de resurse provin din import. Resursele energetice locale [161] sunt reprezentate preponderent de biomasa agricolă și forestieră. În anul 2018 consumul intern brut a fost în valoare de 130 PJ, iar consumul final - 117 PJ [162-164]. Sectorul rezidențial este cel mai mare consumator de energie din țară, fiind urmat de sectorul transporturilor - figura 1.10.

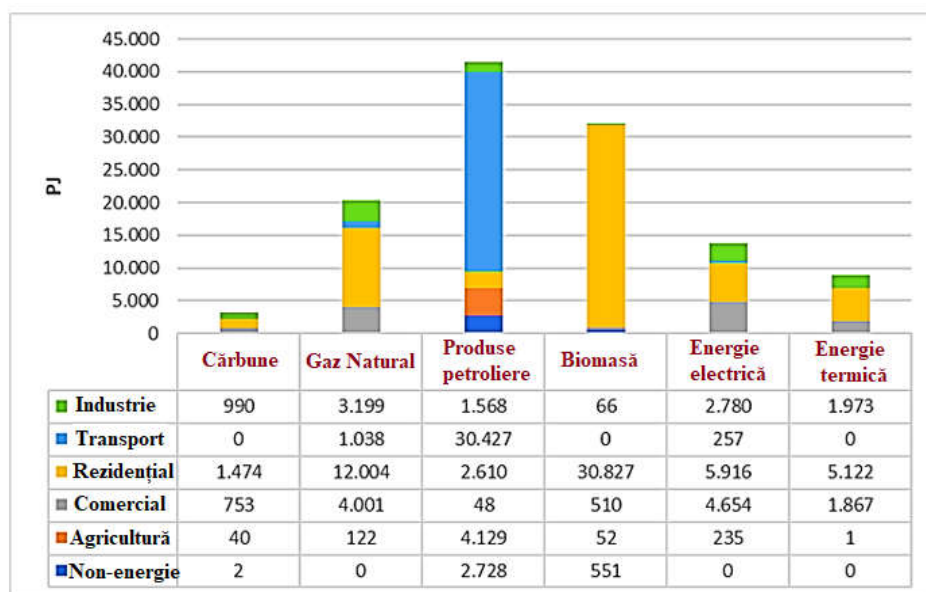


Figura 1.8. Consumul final de energie în Republica Moldova în anul 2018

Utilizând modelul TIMES, în cadrul grupului de lucru au fost elaborate trei scenarii de dezvoltare a sistemului energetic al Republicii Moldova. Scenariile se deosebesc între ele prin

modul în care a fost acceptată evoluția în timp a factorilor determinanți ai cererii [171]. Scenariile elaborate vor servi pentru întocmirea Planului național integrat în domeniul energiei și schimbărilor climatice 2021-2030, precum și actualizarea Strategiei energetice a Republicii Moldova până în anul 2030. Principalele date care caracterizează scenariile de dezvoltare a sistemului energetic sunt prezentate în Tabelul 1.2.

Tabelul 1.2. Scenariile de dezvoltare a sistemului energetic al Republicii Moldova până în anul 2050

Dezvoltarea scenariilor sistemului energetic național	Consum final de energie, PJ/an		Putere instalată, MW		CO ₂ echiv emisii, kt /an
	Total	Regenerabile	Total	Regenerabile	
Referință	124	31	3.462	3.027	5.892
Sustenabil	105	77	7.497	6.639	2.456
Decarbonare	110	89	8.986	8.525	1.187

Se preconizează că în scenariul de referință în anul 2050 va predomina consumul de produse petroliere, preponderent din contul consumului de diesel, cu o pondere de 18%, și de benzină, a cărui consum se așteaptă să crească în timp, atingând o pondere de 9% în 2050 - figura 1.11.

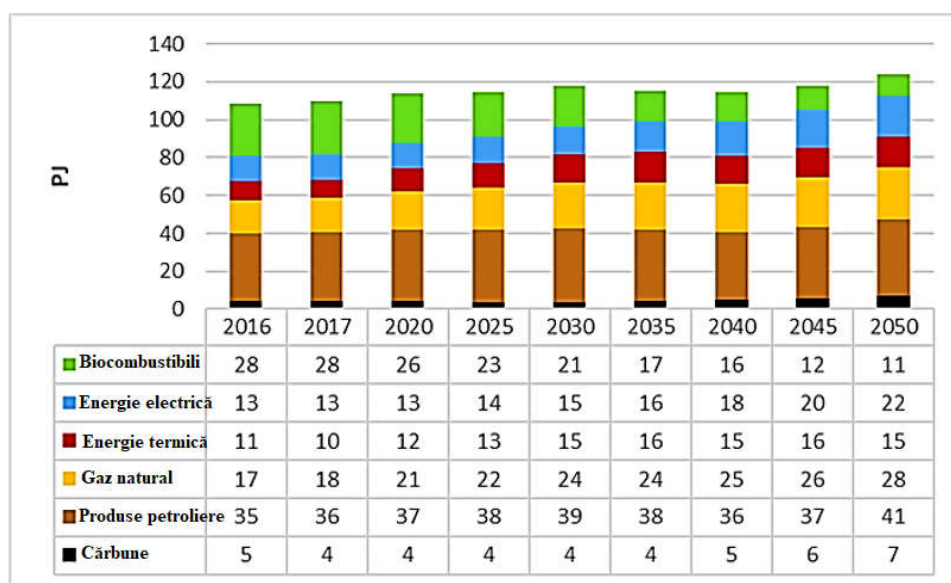


Figura 1.9. Consumul final de energie după tipul de combustibil - scenariul de referință, PJ

Corespunzător în scenariul de neutralitate climatică se preconizează eliminarea consumului de gaze naturale către anul 2050, și reducerea de opt ori a consumului de produse petroliere. Cantitatea de cărbune consumată rămâne practic la același nivel - figura 1.12. Pe termen lung are

loc creșterea de circa 3,5 ori a consumului de energie electrică, care atinge o cotă de 45% din întreg consum final de energie. Ponderea consumului de energie termică constituie 36%, iar de biocarburanți - 10%.

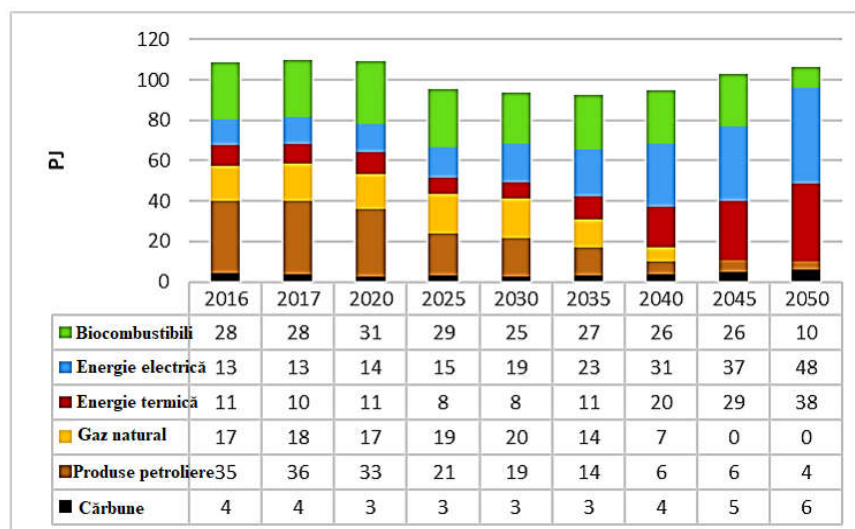


Figura 1.10. Consumul final de energie după tipul de combustibil - scenariul de decarbonare, PJ.

Eliminarea emisiilor de gaze cu efect de seră este posibilă prin electrificarea completă a sectoarelor de consum a energiei și integrarea masivă a sistemelor de stocare a energiei electrice pentru echilibrarea sistemului și prin integrarea tehnologiilor de stocare și sechestrare a dioxidului de carbon [165].

1.4. Tendințe noi și necesitatea integrării acestora în cadrul viitorului sistem energetic

1.4.1. Cursul către descentralizarea generării și promovarea sistemelor locale de alimentare cu energie

Generarea distribuită (GD) atrage astăzi un mare interes datorită unei cereri chiar mai mari de energie și creșterii gradului de conștientizare cu privire la impactul surselor convenționale de energie asupra mediului. Energia fotovoltaică și eoliană sunt două dintre cele mai promițătoare tehnologii de energie regenerabilă. Conform IRENA [166], către anul 2050 ponderea energiei eoliene și energiei fotovoltaice la nivel planetar ar putea atinge 35% și, respectiv, 25% în consumul total de energie. În figura 1.13 este prezentat modul în care ar putea evolua ponderea energiei eoliene și solare în producția totală de energie electrică (scenariului REmap). Datorită dezvoltării rapide a tehnologiei, eficienței ridicate, respectării mediului și modularității generarea distribuită este revizuită astăzi ca o soluție viabilă pentru a depăși fiabilitatea interioară a surselor regenerabile de energie [137], [167-168].

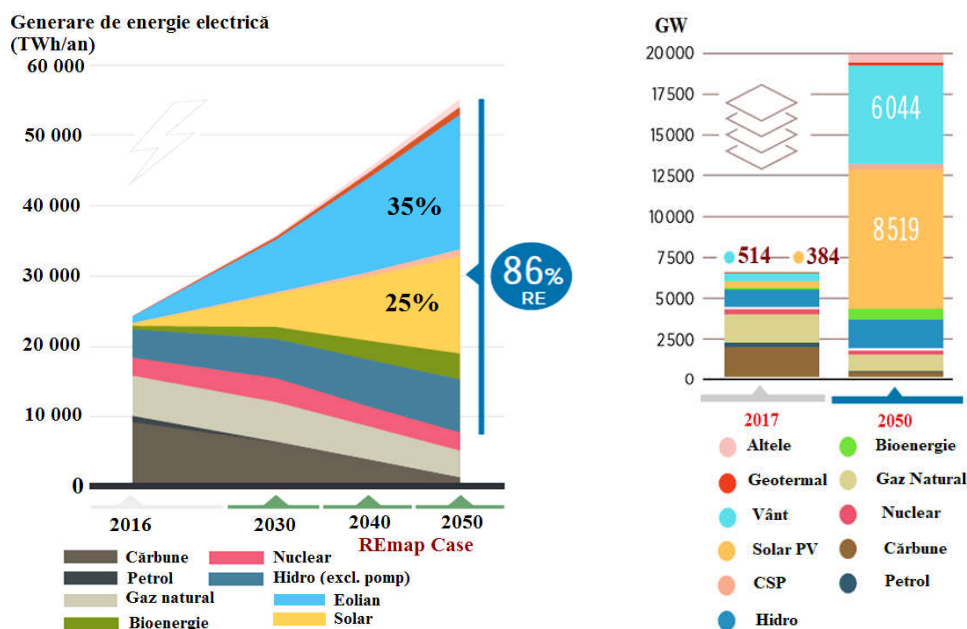


Figura 1.11. Mixul de generare a energiei electrice [166]

Astfel, sunt puse în evidență preocupările operatorilor de distribuție pentru a fi pregătiți pentru etapa de tranziție a sistemelor de energie [169], pentru a asigura implementarea noilor tehnologii și instrumente care vor permite materializarea conceptelor de decarbonare, digitalizare, descentralizare [170]. În ceea ce privește promovarea sistemului energetic descentralizat se subînțelege un sistem în care producerea (și stocarea) de energie electrică utilizată pentru consum electric, pentru încălzire și pentru aplicații de mobilitate este localizat cât mai aproape de consumator, ceea ce este posibil în cazul energiilor din surse regenerabile. Volatilitatea în ceea ce privește producerea de energie electrică din surse regenerabile generează provocări noi pentru rețelele de energie electrică. Ca urmare a descentralizării, rețelele de distribuție capătă un rol din ce în ce mai important în vederea asigurării stabilității și a siguranței aprovizionării.

Un sistem descentralizat se bazează într-o mai mare măsură pe opțiuni de flexibilitate la fața locului, care ajută la compensarea directă a fluctuațiilor în producerea de energie electrică. Pe lângă dispozitivele de stocare a energiei electrice și redirectionarea cererii de energie de la orele de vârf spre orele cu consum redus, aceste opțiuni de flexibilitate includ și producerea de energie termică cu ajutorul energiei electrice, precum și e-mobilitatea. Întrucât Comisia urmărește să creeze o uniune energetică care să îi aibă în prim-plan pe cetățeni, dacă dorește ca tranziția energetică să genereze locuri de muncă noi la nivel regional și să contribuie la stimularea economiei în multe regiuni din Europa, atunci este nevoie de un sistem energetic descentralizat.

Tranziția energetică orientată spre crearea unui sistem energetic descentralizat este văzută nu doar ca o transformare ecologică, ci este descrisă drept o transformare socio-ecologică.

Tranziția energetică descentralizată generează impulsuri importante pentru economia locală și regională, pentru crearea de locuri de muncă în întreprinderi mici și mijlocii și pentru consolidarea puterii de cumpărare la nivel local. Modificările importante prevăzute și în Regulamentul (UE) 2019/943 și în Directiva (UE) 2019/944, care impun schimbări importante ale modelului de piață a energiei, vor avea un impact major și asupra sistemelor de distribuție, prin creșterea ponderii surselor regenerabile de energie, un număr crescut al utilizatorilor flexibili și o importanță mărită a sistemelor de stocare a energiei, pentru asigurarea funcționării economice a sistemului energetic[172].

Dezvoltarea noilor structuri a utilizatorilor de energie [173], sub forma cooperativelor energetice sau microrețele de diferite tipuri, va determina ca operatorul de distribuție să își lărgască aria de preocupări prin oferirea de servicii energetice acestor noi structuri.

1.4.2. Digitalizarea extinsă și inteligența artificială – attribute fundamentale pentru o funcționare fiabilă al viitorului sistem energetic ce deține o pondere înaltă a SRE

Digitalizarea nu e un lux, ci o necesitate [174]. Acest lucru obligă statul și autoritățile să asigure un cadru legal pentru realizarea investițiilor necesare și să coopereze cu companiile din sectorul energetic pentru ca Republica Moldova să devină cu adevărat un pilon de stabilitate.

Digitalizarea [175] are implicații vaste în îmbunătățirea aspectelor operaționale de pe întregul lanț valoric al energiei electrice, sporind eficiența funcționării sistemului prin multiplele sale aplicații și utilizări – un exemplu în acest sens fiind gestionarea răspunsului la cererea de energie electrică (demand response management), un ansamblu de operațiuni, care contribuie în fapt la reducerea ponderii pieței de echilibrare în total tranzacții și, implicit, a costurilor suportate de producători, furnizori și clienți finali [176].

Digitalizarea poate ajuta la integrarea resurselor regenerabile variabile, permițând rețelelor să acționeze în diferite momente de cerere a energiei în momentele în care soarele strălucește și suflă vântul [174]. Numai în Uniunea Europeană, creșterea stocării și digitalizarea răspunsului la cerere s-ar putea reflecta prin reducerea limitărilor de putere (curtailment) la centrale fotovoltaice (PV) și eoliene de la 7% astăzi la 1,6% în 2040, evitând 30 milioane de tone de emisii de dioxid de carbon în 2040 [174]. Potrivit studiului [177], ipotezele privind dezvoltarea tehnologiilor, în termeni de cost și randamente, sunt esențiale pentru a determina impactul asupra țințelor avute în vedere pe termen lung, dar și a modalităților de decarbonare a sistemelor energetice. Rețeaua inteligentă are capacitatea de a integra comportamentul și acțiunile tuturor utilizatorilor săi pentru a asigura o alimentare durabilă, economică și sigură. Rețelele inteligente oferă flexibilitate [178-181] precum și multe alte beneficii întregului lanț de valori al energiei electrice (generare,

transport, distribuție, furnizare și consum) precum și societății, în ansamblul său. Instalarea contoarelor inteligente și combinarea lor cu echipamente casnice inteligente, cu profil ecologic ridicat, reprezintă un pas foarte important și trebuie susținută de stimulente financiare pentru consumatori, cum ar fi linii dedicate de finanțare sau metode de distribuție a riscului.

În urma unui studiu documentar, se denotă faptul că există mai multe moduri concrete de digitalizare, care pot fi dezvoltate și aplicate. Exemple de aplicabilitate pot fi:

- Digitizarea circuitelor secundare (digitizarea protecțiilor, dar și a părții de măsurare/monitorizare a centralelor, stațiilor, punctelor termice/ electrice, echipamentelor). Un exemplu concret în acest sens este aplicația de monitorizare a consumurilor energetice.
- Crearea și coordonarea unor Centrale Virtuale, capabile să gestioneze, într-un mod corespunzător – fluxuri excesive, dezechilibre, controlul circulației de puteri, accidente etc, în cadrul întregului sistem energetic (Termo + Electro) pe întregul lanț, de la producere, transport, distribuție până la utilizatorul final, ținând seama și de tot ceea ce înseamnă alimentare cu combustibil, apă, accesorii, în general, pe tot acest flux tehnologic.
- Contorizarea inteligentă cu transmitere bidirecțională a datelor de tip SMART.
- Monitorizarea elementelor de calitate a energiei, cu evidențierea abaterilor, calcularea automată a diverșilor parametri de transport, distribuție, compararea cu parametrii standardizați și transmiterea apoi, după caz, a unor alarme către sistem, operatori și superviseri.
- Asigurarea realizării unor servicii de mentenanță și de intervenții de la distanță.
- Asigurarea unor protecții avansate de tip „reclosing“ (ce utilizează „reclosere“) într-un mod centralizat, automat, inteligent (de tip SMART).
- Posibilitatea dezvoltării și introducerii unor sisteme informatice deosebit de inteligente în ceea ce privește accesul neautorizat, nepermis sau accidental, cu depistarea rapidă și exactă a anomaliilor și defecțiunilor.

Aceste acțiuni trebuie însoțite de campanii de promovare, prin care consumatorii să asimileze corect avantajele de care pot beneficia, precum și riscurile extrem de mici, prin tranziția către sisteme inteligente.

1.4.3. Stocarea energiei la scară largă – un nou element în cadrul sistemelor energetice

Stocarea energiei reprezintă una din cele mai importante componente în asigurarea flexibilității și susținerea integrării surselor regenerabile de energie în sistemele energetice. Aceasta, la rândul său, poate echilibra generarea de energie electrică atât la nivel centralizat, cât și distribuit, contribuind concomitent la majorarea securității energetice.

Progresul tehnologic accelerat al tehnologiilor specifice decurge în continuare, preponderent în cazul bateriilor. Scopul principal al acestora este reducerea costurilor prin prelungirea duratei de viață, creșterea experienței de exploatare și a volumului producției. O influență puternică este resimțită din partea pieței autovehiculelor electrice. Pe termen scurt, nu se va observa modificări semnificative ale costurilor aplicațiilor de acest gen, dar cu certitudine trendurile lor de evoluție vor fi clarificate. În contextul integrării unor cote tot mai mari de energie din surse regenerabile, situația se schimbă foarte rapid la nivel continental, zonal, regional și de țară.

Odată cu creșterea cotei energie electrice produse din surse regenerabile variabile (instalații PV și instalații eoliene), crește importanța echilibrării consumului și producerii în sistemul electroenergetic național. Diferența care apare de fiecare dată între cererea de energie și oferta de energie este de obicei rezolvată prin aplicarea unei serii de măsuri diferite, inclusiv prin utilizarea instalațiilor de stocare a energiei electrice și furnizarea acesteia la momentul potrivit. Principala tehnologie de stocare a energiei electrice la scară largă este reprezentată de centralele hidroelectrice cu acumulare prin pompare (CHEAP), care includ două rezervoare de apă (fig. 1.14), aflate la diferite altitudini (rezervorul de sus și rezervorul de jos) și conectate prin intermediul unui sistem de conducte de apă [182-190].

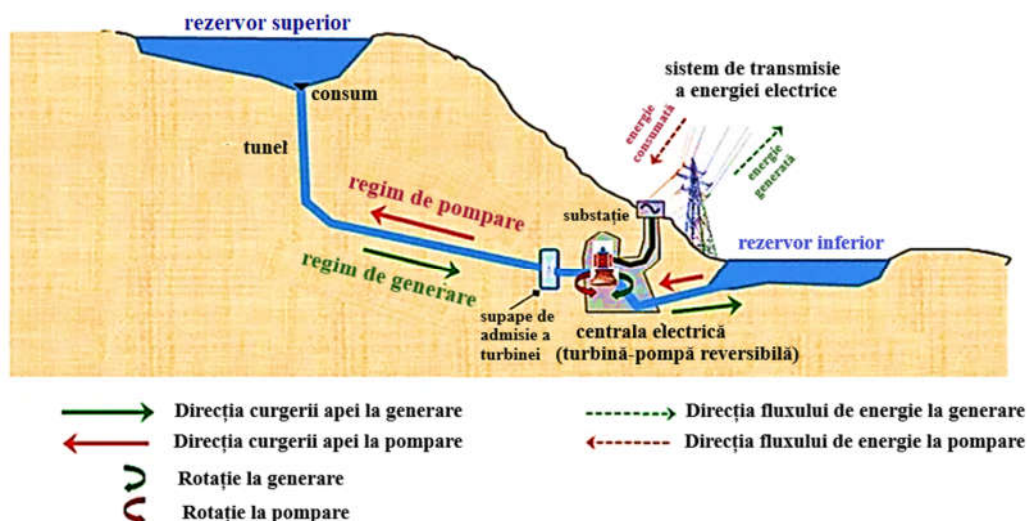


Figura 1.12. Schema principală de funcționare a centralei hidroelectrice cu acumulare prin pompare (CHEAP) [191]

O centrală CHEAP este dotată cu hidroagregate reversibile, care în afara orelor de vârf consumă energie electrică din sistem la prețuri mici pentru a pompa apa din rezervorul inferior în cel superior, ca ulterior, în orele de maximă cerere pe piață, să producă energie electrică pentru vânzare pe piața de echilibrare. Timpul scurt de pornire și viteza mare de încărcare/descărcare a

hidroagregatelor conferă flexibilitate în exploatarea centralelor CHEAP. Conform unui raport al Global Market Insights Inc. cu privire la tendințele globale în dezvoltarea CHEAP, piața globală totală a CHEAP a depășit 300 miliarde de dolari SUA investiții, iar către 2026 capacitatea instalată anuală va atinge cifra de 200 GW [190]. Capacitatea centralelor CHEAP într-un sistem electroenergetic se recomandă de a constitui cca 10-15% din total [187].

Edificarea centralelor de tip CHEAP, ciclu deschis sau ciclu închis, este esențială în contextul creșterii continuă a capacităților surselor regenerabile necontrolabile/variabile, care impune instalarea de noi capacități de echilibrare a sistemului.

1.4.4. Democratizarea sistemului de producere și furnizare a energiei. Un nou rol al consumatorului

Rolul cetățenilor și integrarea acestora în tranziția energetică este considerată în prezent esențială, atât pentru înțelegerea, acceptarea și finanțarea tranzițiilor necesare, cât și pentru încurajarea participării active. Acest lucru va necesita schimbări de comportament, de exemplu în modul în care energia este produsă și consumată.

Este necesară o schimbare fundamentală a rolului pe care îl au consumatorii pe piață [192]. Trebuie să le oferim acestora posibilitatea de a-și adapta consumul de energie pentru a profita de modificarea în timp real a cererii și a ofertei [193]. Consumatorii trebuie să poată acționa în calitate de cumpărători și vânzători, iar întreprinderile inovatoare trebuie să le ofere noi servicii pe baza unor norme de facturare și de publicitate mai clare și comparabile, care să faciliteze schimbarea furnizorului. O importanță similară are accesul la instrumente de comparare a prețurilor fiabile și relevante și creșterea puterii de negociere a consumatorilor prin scheme colective (de exemplu, trecerea colectivă la un alt furnizor, cooperativele energetice) [140].

Consumatorii trebuie să aibă libertatea de a produce și de a consuma propria energie în condiții echitabile pentru a economisi bani, a proteja mediul, precum și pentru a asigura securitatea aprovizionării [194,195]. În consecință, consumatorii în situații de vulnerabilitate sau sărăcie energetică și gospodăriile care nu sunt în măsură să își modifice cererea sau să devină „*prosumatori*” (producători-consumatori) trebuie să beneficieze de o protecție efectivă în cursul acestei tranziții; de asemenea, este necesar să li se ofere asistență specifică pentru a-și îmbunătăți eficiența energetică [140].

Prosumatorul va deveni o parte integrantă a sistemului energetic numai în măsura în care acesta are într-adevăr acces la toate piețele de energie electrică relevante. Deși sursele regenerabile de energie au redus dependența de combustibilii fosili - cărbune și petrol, se constată o creștere masivă a dependenței de gaze naturale care asigură tranziția spre energetica viitorului cu emisii zero. În Republica Moldova, cu toate succesele obținute în dezvoltarea surselor regenerabile de

energie, există noi posibilități de creștere a ponderii acestora, în special prin dezvoltarea microrețelelor și a prosumatorilor.

1.5. Subiecte prioritare abordate și soluționate în teză

1.5.1. Sporirea flexibilității SEN în scopul majorării ponderii surselor regenerabile

Pe baza analizei situației actuale cu privire la valorificarea potențialului SRE în Republica Moldova ar fi posibilă în baza unui parcurs concentrat pe implementarea graduală a unor politici și măsuri adecvate, de natură a spori beneficiile oferite de o integrare crescută a SRE în SEN, minimizând în același timp costurile asociate [196]. În contextul probabilității crescute de introducere a unor criterii de sustenabilitate referitoare la o contribuție minimă obligatorie locală/națională la accelerarea tranziției către un sistem energetic cu o cotă crescută SRE poate să determine o creștere semnificativă a impactului cuantificat, comparativ cu valorile actuale.

Republica Moldova este una din țările cu un considerabil potențial natural în ceea ce privește sursele de energie regenerabilă. Ținând cont de mixul energetic aproape echilibrat al Republicii Moldova și dezvoltările tehnologice în domeniul surselor de energie regenerabile se justifică examinarea atentă a modalităților de valorificare a potențialului de energie regenerabilă.

Rolul surselor regenerabile de energie în producerea de energie electrică a devenit tot mai important în efortul continuu de decarbonare a sectorului energetic. La acesta au contribuit atât îmbunătățirile tehnologice care au dus la scăderi semnificative ale costurilor, cât și necesitatea mai bine înțeleasă a dezvoltării sustenabile a societății în ansamblul ei, necesitate transformată în ținte din ce în ce mai ambițioase în privința emisiilor de gaze cu efect de seră. Pe de altă parte, caracterul variabil și practic necontrolabil al surselor regenerabile ridică problemele cunoscute legate de posibila instabilitate a sistemelor electroenergetice.

1.5.2. Promovarea SRE și a cogenerării

La ora actuală, cogenerarea reprezintă una dintre cele mai eficiente soluții de utilizare rațională a energiei primare și de scădere a consumului și reducere a emisiilor de gaze cu efect de seră. Acest lucru se realizează prin utilizarea într-un mod cât mai complet a energiei combustibilului, prin producerea concomitentă atât a energiei electrice cât și termice.

Aceasta este eficientă, operațională, benefică pentru mediu și benefică financiar și totodată mai poate prezenta o măsură importantă de majorare a flexibilității sistemului energetic. Cogenerarea, o tehnologie dovedită și de ultimă oră, care poate reduce costurile de energie și îmbunătăți competitivitatea unei companii:

Un sistem de cogenerare oferă ambele tipuri de energie printr-un proces eficient.

Cogenerarea este o investiție economică sănătoasă pentru auto-aprovizionarea cu energie într-un mod sigur și durabil, fiind susținută prin diferite stimulente economice. Beneficiile și avantajele cogenerării au fost recunoscute pe scară largă peste tot în lume.

Promovarea SRE reprezintă o direcție esențială în tranziția energetică mondială spre neutralitatea emisiilor de carbon, cu centralele electrice eoliene (CEE) și fotovoltaice (CEF) ca fiind principalele tipuri de SRE sprijinite la nivel global. Obținerea unei energii curate cu SRE asigură totodată condiții de reducere suplimentară a emisiilor în cadrul centralelor eficiente cu cogenerare, prin potențialul de utilizare a combustibililor verzi, în totalitate sau în amestec cu cei tradiționali. De menționat faptul că în cadrul tezei s-a analizat în special potențialul de promovare a energiei solare (prin CEF), care a fost studiat mai în detaliu pentru proporții de 30%, respectiv 50% din necesarul anual de energie electrică a Republicii Moldova, alte tehnologii SRE - cum ar fi CEE, fiind analizate în alte lucrări științifice. În acest sens, mixul optim de SRE-uri, pe diverse tehnologii, reprezintă un subiect complex, ce trebuie analizat în viitor pentru fiecare țară în parte.

1.5.3. Posibilitatea stocării energiei la scară largă ținând cont de condițiile locale

Viitorul aparține sistemelor de stocare ce vor completa managementul cererii de energie și rețelele inteligente. Astfel, modelele pe care le urmează producția de energie se schimbă, ceea ce implică modificarea atât a funcțiilor pe care trebuie să le îndeplinească sistemele de stocare, cât și a modalităților de utilizare a acestora. În rezultat, progresele din sfera energiei electrice se vor reflecta și în decarbonarea industriei, și a transporturilor. Diverse soluții de stocare, tehnologiile se află în stadii diferite de maturitate tehnologică și industrială. Stocarea energiei poate avea, pe lângă avantaje, un cost important nu numai din punct de vedere financiar, ci și sanitar și de mediu. Astfel, este necesar să fie efectuate studii de impact, nu numai în vederea evaluării competitivității tehnologiilor, ci și a impactului acestora asupra mediului și sănătății.

În ultimii ani, perspectivele de aplicare și potențialele avantaje ale integrării sistemelor de stocare sunt studiate și analizate tot mai intens, îndeplinind funcții din domeniul calității energiei, protecției sistemelor energetice sau managementul energiei.

Către orizontul de timp 2050 sistemul electroenergetic din țară va avea nevoie de capacități de echilibrare a producției intermitente. Centralele hidroelectrice cu acumulare prin pompare devin necesare în mixul de capacități de generare în toate scenariile de dezvoltare pe termen lung după anul 2030. Edificarea centralelor de tip CHEAP, ca principala infrastructură de stocare a energiei la scară largă, reprezintă o măsură importantă de sporire a flexibilității sistemului electroenergetic.

1.5.4. Necesitatea electrificării sectoarelor de încălzire și transport

Electrificarea completă a sectoarelor de consum a energiei și integrarea masivă a sistemelor de stocare a energiei electrice pentru echilibrarea sistemului și prin integrarea tehnologiilor de stocare și sechestrare a dioxidului de carbon contribuie semnificativ la eliminarea emisiilor de gaze cu efect de seră.

O tendință importantă de viitor este creșterea gradului de electrificare a activităților din economie. În acest registru, există cel puțin două domenii majore care vor trece spre electrificare în următoarea perioadă:

- cel a transportului, în special legat de vehiculele mici și mijlocii (autoturisme, microbuze etc) pentru care noua tendință de a folosi vehicule electrice în loc de cele cu ardere internă a trecut de un moment de cotitură (a depășit „no turning point”), și acum toată lumea vinde sau se pregatește să vândă o cotă în creștere de astfel de vehicule. Acest lucru înseamnă că un consum suplimentar de energie electrică, dintr-un domeniu în care nu era utilizată, va fi cel dat de încărcarea bateriilor vehiculelor electrice. În lucrare subiectul este tratat în detaliu.
- cel al încălzirii bazate pe energie electrică: directă, prin fuel-cells, prin pompe de căldură.

Concluzii la Capitolul I

1. Adoptarea unor măsuri ambițioase la nivel mondial pe lângă faptul combaterii schimbărilor climatice va genera beneficii, precum scăderea importurilor de combustibili fosili și ameliorarea calității aerului și a sănătății publice.
2. La nivel național, lansarea TE cere punerea la punct al unui program special, care ar urmări o strategie, cu obiective concrete pe termen mediu și lung. Lansarea TE cere o acceptare publică largă în interesul unui viitor mai bun.
3. În sectorul energetic are loc o schimbare evidentă de paradigmă către sursele regenerabile de energie. În consecință, este necesară o transformare durabilă și sustenabilă a economiei, prin înlăturarea combustibililor fosili, promovarea energiei curate, din surse regenerabile, și dezvoltarea unei economii circulare.
4. Rezultatele studiului de cercetare arată faptul că tranziția energetică va avea un impact incontestabil asupra economiei și securității energetice a Republicii Moldova.
5. În cazul Republicii Moldova a fost utilizat programul de modelare TIMES care permite discretizarea duratei de studiu analizată în mai multe perioade și respectiv atribuirea diferitor rate de creștere și a elasticității pentru factorii care determină cererea viitoare de energie. Scenariile elaborate vor servi pentru întocmirea Planului național integrat în domeniul energiei și

schimbărilor climatice 2021-2030, precum și actualizarea Strategiei energetice a Republicii Moldova până în anul 2030.

6. Electrificarea completă a sectoarelor de consum a energiei și integrarea masivă a sistemelor de stocare a energiei electrice pentru echilibrarea sistemului și prin integrarea tehnologiilor de stocare contribuie la eliminarea emisiilor de gaze cu efect de seră.

7. Digitalizarea poate ajuta la integrarea resurselor regenerabile variabile, permițând rețelelor să acționeze în diferite momente de cerere energie în momentele în care soarele strălucește și suflă vântul. În urma unui studiu documentar, se denotă faptul că există mai multe moduri concrete de digitalizare, care pot fi dezvoltate și aplicate. Aceste acțiuni trebuie însoțite de campanii de promovare, prin care consumatorii să asimileze corect avantajele de care pot beneficia, precum și riscurile extrem de mici, prin tranziția către sisteme inteligente.

8. Stocarea energiei reprezintă una din cele mai importante componente în asigurarea flexibilității și susținerea integrării surselor regenerabile de energie în sistemele energetice. În concluzie, aceasta poate echilibra generarea de energie electrică atât la nivel centralizat, cât și distribuit, contribuind concomitent la majorarea securității energetice.

9. În Republica Moldova, cu toate succesele obținute în dezvoltarea surselor regenerabile de energie, există noi posibilități de creștere a ponderii acestora, în special prin dezvoltarea microrețelelor și a prosumatorilor. Pe baza analizei situației actuale cu privire la valorificarea potențialului SRE în Republica Moldova ar fi posibilă în baza unui parcurs concentrat pe implementarea graduală a unor politici și măsuri adecvate, de natură a spori beneficiile oferite de o integrare crescută a SRE în SEN, minimizând în același timp costurile asociate.

10. Către orizontul de timp 2050 sistemul electroenergetic din țară va avea nevoie de capacități de echilibrare a producției intermitente.

2 CREȘTEREA FLEXIBILITĂȚII SEN PE PARTEA DE CERERE ȘI DE OFERTĂ A ENERGIEI ÎN SCOPUL INTEGRĂRII SRE-V

2.1. Flexibilitatea – factor fundamental în asigurarea bunei funcționări a SEN, bazat pe 100% surse regenerabile de energie

2.1.1. Flexibilitate – concept și definiții

Pe măsură ce lumea se schimbă în direcția integrării pe scară largă a SRE, în special, cele variabile (SRE-V), cum ar fi sursele bazate pe energia eoliană și cea solară, a avut loc treptat o schimbare de paradigmă în sectorul energetic pentru a face față tranziției. În particular, apare tendința tot mai pronunțată de a se concentra mai mult pe așa-numita „Flexibilitate a Sistemului Energetic” în toate sectoarele, precum cel industrial, rezidențial, transport etc.

Flexibilitatea este un termen recent des utilizat în energie, definit drept capabilitatea unui sistem energetic de a se administra adecvat în termeni de fiabilitate și variabilitate și de incertitudine a cererii și ofertei de energie într-o perioadă relevantă de timp. În acest sens, nici o soluție disponibilă nu trebuie neglijată în încercarea de soluționare a provocărilor sectorului, în mod special a problemelor climatice generate de producerea, transportul, distribuția și utilizarea energiei. Nu este – de aceea – de mirare că din ce în ce mai mult se abordează soluții complexe integrate, de exemplu, decarbonarea trebuie abordată nu numai la nivelul producției de energie electrică (soluții cu captare de CO₂, folosire de surse regenerabile), dar și la nivelul combustibililor.

De asemenea, cererea rămâne și ea importantă din mai multe motive: în primul rând pentru că poate ajuta la rezolvarea sărăciei energetice și apoi prin posibilitatea de a-și modifica structura în sensul înscrierii în *Green Deal*.

Potrivit Agenției Internaționale pentru Energie, flexibilitatea sistemului energetic se referă la **„măsura în care un sistem de energie electrică poate modifica generarea sau utilizarea de energie electrică ca răspuns la variabilitatea preconizată sau viceversa”**[197].

Conform IRENA - Flexibilitatea include soluții de producere descentralizată (descentralised energy resources), stocare, consum dispecerizabil (demand response), interconectări și cuplarea sectoarelor (sector coupling – vehicle to grid, P2H, P2G, etc.)

O altă sursă [198] descrie termenul de flexibilitate ca fiind **„Capacitatea SEN de a modifica injecția de putere și energie și /sau valoarea consumului ca reacție la un semnal extern (semnal de preț sau de activare) pentru a furniza un serviciu în cadrul sistemului energetic”**.

Prin urmare, flexibilitatea se poate referi la capacitatea de a schimba oferta / cererea de energie a sistemului în ansamblu sau a unei unități particulare (de exemplu, o centrală electrică sau o fabrică).

În prezent, sistemul energetic este supus atât reformelor fizice cât și celor instituționale fundamentale, aducând și prognozând în viitor piețe de energie liberalizate, captarea și stocarea dioxidului de carbon, precum și subvenții pentru dezvoltarea capacității de generare a energiei regenerabile. În consecință, cantitatea de generare a energiei regenerabile variabile (în principal, eolian și solar) instalată la nivel global a crescut enorm. Puterea instalată la nivel global în centrale eoliene a crescut cu 377 % în ultimii 10 ani (743 GW în 2020 față de 197 GW în 2010) [199]; puterea instalată în centrale fotovoltaice a crescut, cu 2140 % în aceeași perioadă (750 GW în 2020 față de 35 GW în 2010) [200].

Creșterea generării variabile (GV) a creat noi oportunități pentru interconectare, stocare de energie, generare flexibilă, partea de cerere, precum și pentru instrumente avansate de operare a sistemului. Întrucât producția din sursele regenerabile este variabilă și nu poate fi prevăzută integral, integrarea unor cantități mari de GV poate necesita „flexibilitate” suplimentară în sistemul de alimentare în cauză.

Flexibilitatea a fost considerată în [201] ca fiind un instrument care trebuie recompensat atât pentru generare cât și pentru cererea controlabilă (prin "demand response") sau pentru realizarea ei prin intermediul sistemelor de stocare a energiei.

2.1.2. Necesitatea flexibilității în contextul integrării SRE în sistemul energetic

Tot sistemul energetic are un nivel inerent de flexibilitate - definit pentru a echilibra oferta și cererea în orice moment. Variabilitatea și incertitudinea nu sunt noi pentru sistemul energetic, deoarece sarcinile se schimbă în timp și în moduri uneori imprevizibile, iar resursele convenționale eșuează pe neașteptate.

Cu toate acestea, furnizarea de energie regenerabilă variabilă poate face acest echilibru mai greu de realizat. Atât producția eoliană, cât și cea generată de energie solară variază semnificativ de-a lungul orelor pe parcursul zilei, uneori într-o manieră previzibilă, dar deseori prognozate imperfect.

Pentru a ilustra modul în care sursele de energie regenerabilă variabilă pot provoca creșterea nevoii de flexibilitate, în figura 2.1 se reflectă modul în care producția eoliană variabilă are impact direct asupra funcționării sistemului energetic.

În această figură este introdus conceptul de „sarcină netă”, care reprezintă cererea ce trebuie furnizată de fluctuația generată convențional pentru a utiliza toată energia regenerabilă. Zona galbenă din grafic reprezintă cererea și arată variabilitatea zilnică a cererii pe oră pentru o săptămână.

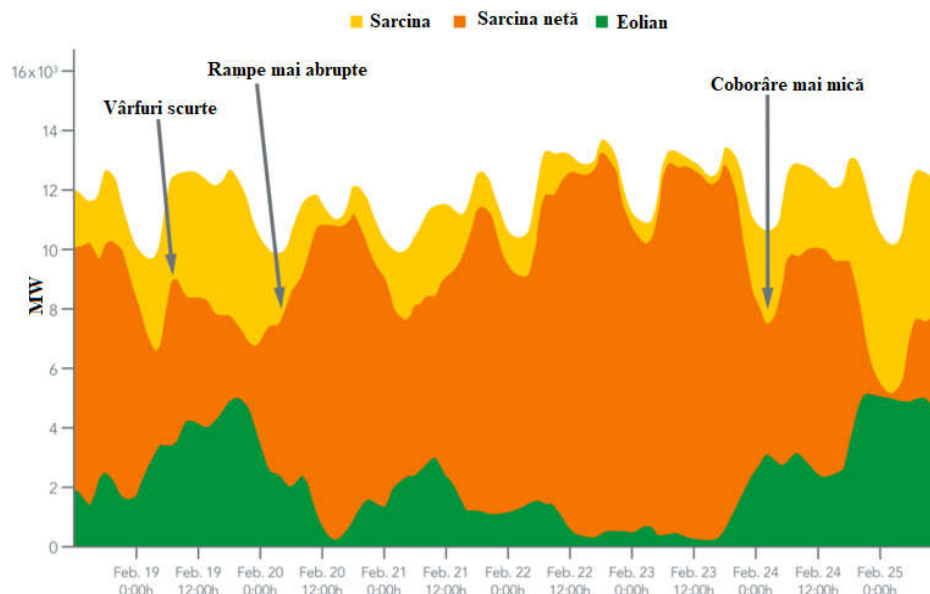


Figura 2.1. Variabilitatea surselor regenerabile de energie (eoliană) – nevoie mai mare de flexibilitate [202,203]

Culoarea verde prezentată în figura 2.2 semnifică energia eoliană, iar culoarea portocalie, respectiv reprezintă energia eoliană fără cerere, care trebuie furnizată de către generatoarele remanente, presupunând că nu se reduce energia eoliană (fără curtailment).

Graficul arată că puterea de ieșire al generatoarelor rămase trebuie să se modifice mai repede (pantă $\Delta P/\Delta T$ mai mare) ca urmare a evoluției centrelor eoliene în sistem. Energia solară va provoca un impact calitativ similar asupra sistemului energetic.

Deoarece poate dura câțiva ani pentru proiectarea și construirea de noi generatoare și linii de transmisie, procesul de planificare este prima activitate critică pentru a se asigura că sistemul de energie al viitorului are o flexibilitate suficientă pentru a găzdui creșterea generării energiei regenerabile variabile. În paradigmele reglementate, această funcție poate fi asemănată cu un model de planificare centrală în care o combinație dintre sectorul industrial și organele de administrație publică evaluează în comun potențialul viitorului energetic. În zonele cu piețe competitive, trebuie să existe suficiente semnale de investiții cu privire la potențialul necesar de flexibilitate. În absența unei planificări sau a unei clarități investiționale suficiente, este posibil ca sistemul energetic rezultat să nu aibă suficientă flexibilitate pentru a funcționa eficient.

Generarea a energiei eoliene și celei solare pot crea nevoia de mai multă flexibilitate. Figura 2.2 ilustrează modul în care generarea a energiei eoliene poate duce la rampe mai abrupte, coborâri mai profunde și vârfuri mai scurte în operațiunile de sistem. Rampe - rata de creștere sau de descreștere a producției dispecerizabile pentru a urmări schimbările cererii. Rampele pot fi abrupte dacă generarea energiei eoliene descrește în același timp cu creșterea cererii. Dezactivări –

operarea cu producția dispecerizabilă la niveluri joase. Producția de energie eoliană în cantități mari creează în perioadele cu o cerere scăzută o nevoie pentru generatoare, care pot reduce producția de energie la niveluri scăzute, dar rămân disponibile pentru a crește din nou rapid. Vârfuri mai scurte - perioade în care generarea este furnizată la un nivel superior.

Vârfurile au o durată mai scurtă, rezultând în mai puține ore de funcționare pentru centralele electrice convenționale, afectând recuperarea costurilor și securitatea aprovizionării pe termen lung.

2.1.3. Aspecte generale cu privire la funcționarea SEN în prezența surselor, dotat cu SRE-V

Generarea de energie la scară mică din surse regenerabile este foarte importantă pentru dezvoltarea zonelor rurale într-un mod economic, cu un plan de electrificare coordonat în mod corespunzător. În zonele rurale, populația este mai redusă și extinderea rețelei electrice este costisitoare și astfel se apelează la acest tip de electrificare.

Generarea de energie electrică din surse regenerabile, la scară mare, este din ce în ce mai dezvoltată în majoritatea statelor lumii. Energia produsă este livrată în rețeaua electrică și utilizată atât de consumatorii casnici, cât și industriali. Capacitatea rețelei poate fi caracterizată prin două variabile: cererea maximă și energia maximă de vânzare. Prima variabilă este valoarea maximă a energiei, care pot fi preluată din rețea, în timp ce a doua este rata maximă la care sistemul poate vinde energie în rețea.

Unele modele de rețea permit utilizatorilor să introducă coeficienți de emisie de rețea, care sunt utilizate pentru a calcula emisiile de poluanți asociate cu putere de cumpărare de la rețea, precum și emisiile economisite care rezultă din vânzarea de energie rețelei. Coeficienții de emisie sunt de obicei specificați în grame de poluant emis pe kWh consumat.

Aproximativ 80% din consumul de energie electrică al Republicii Moldova este importat din țara vecină Ucraina și din regiunea transnistreană. Lipsa transparenței și a unor mecanisme de piață, care să permită concurența loială pe piața energiei electrice din Republica Moldova a determinat existența unor prețuri percepute ca fiind instabile și ridicate.

Integrarea continuă a piețelor de energie electrică din Republica Moldova și Ucraina, creșterea gradului de armonizare a legislației din domeniul energiei electrice cu acquis-ul european, precum și interconexiunea transfrontalieră cu România vor contribui la creșterea securității energetice a Republicii Moldovei și le vor oferi consumatorilor prețuri similare celor din regiune. În plus, o piață internă de energie electrică transparentă și competitivă, precum și un cadru legal clar și previzibil, vor atrage investiții străine în infrastructura energetică și în eficiență

energetică [203].

Din analiza Strategiei Energetice a Republicii Moldova până în 2030 și cu o prognoză de perspectivă către anul 2050 reiese conceptul de rețele inteligente ce permit controlul în timp real, schimburi de informație și energie sistem-consumator în dublu sens, cu optimizarea instantanee a producției și consumului de energie. Din perspectiva anului 2050 se preconizează că interacțiunea dintre rețelele de energie electrică, internet și rețelele de comunicații se va amplifica, facilitând câștiguri de eficiență energetică și de flexibilitate.

Noile tehnologii vor fi adoptate treptat, la un cost cât mai redus, cu protecția datelor cu caracter personal și cu un grad sporit de securitate în fața atacurilor cibernetice, o problemă deja din ce în ce mai prezentă, cu o gravitate a consecințelor proporțională cu adoptarea din ce în ce mai profundă a tehnologiei informației în aspectele vieții cotidiene.

Astfel, rețelele inteligente vor facilita tranziția consumatorului către rolul de prosumator, care injectează în rețea din producția proprie de energie electrică. Pe termen lung, acesta va avea impact asupra arhitecturii rețelelor, în special atunci când dispune și de o capacitate de stocare a energiei electrice, pentru a limita interacțiunea cu rețeaua.

În consecință, va urma să scadă astfel și numărul gospodăriilor fără acces la rețelele de energie, inclusiv prin adoptarea de microréțele și soluții autonome ce vor deveni mai accesibile economic, scutind distribuitorul de investiții nerentabile, executate exclusiv din perspectiva accesului la energie electrică pentru toți consumatorii ca obiectiv strategic al politicii energetice.

2.1.4. Prezentarea generală a opțiunilor de flexibilitate ce influențează integrarea 100% surse regenerabile de energie variabile (SRE-V)

Problemele specifice surselor regenerabile de energie variabile prezintă subiectul unui mare număr de lucrări, analizând atât aspectele tehnice cât și aspectele economice cu privire la integrarea acestora în sistemul electroenergetic. Un aport important la asigurarea unui nivel înalt de penetrare a SRE-V îl au măsurile și soluțiile de flexibilitate.

Creșterea ponderii surselor regenerabile, intermitente, de energie determină necesitatea dezvoltării interconectărilor, a sistemelor de stocare de energie, a surselor de generare flexibilă, a promovării răspunsului la cerere (demand response), precum și a unor instrumente avansate de operare a sistemului. Desigur că o creștere a flexibilității impune investiții importante pentru modernizarea sistemului de energie.

Astfel, o revizuire amplă a opțiunilor de flexibilitate (fig. 2.2) disponibile în prezent și în viitor va permite niveluri înalte de integrare a SRE-V în SEN. Lista include opțiuni de flexibilitate disponibile din partea ofertei, a cererii, a pieței, a operațiunilor de sistem și a tehnologiilor de

stocare. Fiecare opțiune are caracteristici diferite de timp, cost și capacitate. Rezultatele arată că sunt disponibile opțiuni ample de flexibilitate pe perioadele operaționale relevante.

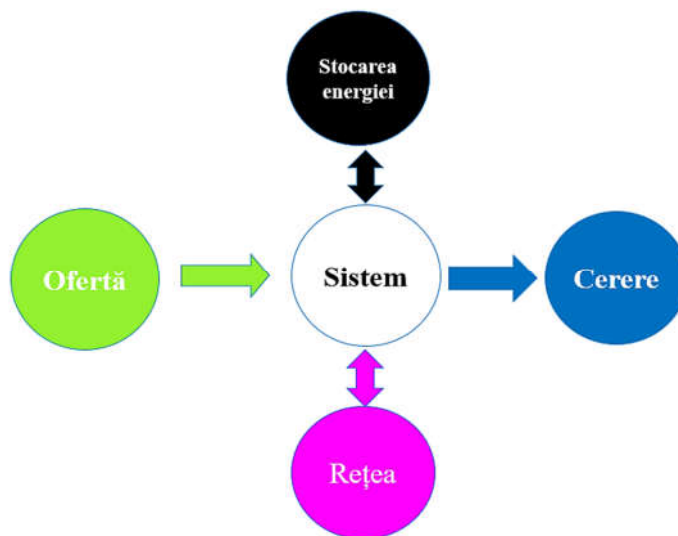


Figura 2.2. Prezentarea generală a opțiunilor de flexibilitate

În acest context, ar trebui să existe o foaie de parcurs pentru majorarea flexibilității sistemului energetic, care va găzdui într-un final niveluri foarte mari de penetrare a generării variabile de SRE-V în rețele.

Crearea decalajului de flexibilitate. Pe piețele viitoare, cu o cotă crescândă a SRE-V, este necesară o flexibilitate suplimentară pentru a menține fiabilitatea sistemului deoarece variațiile ofertei și cererii cresc la niveluri mult peste ceea ce se vede în sistemele actuale.

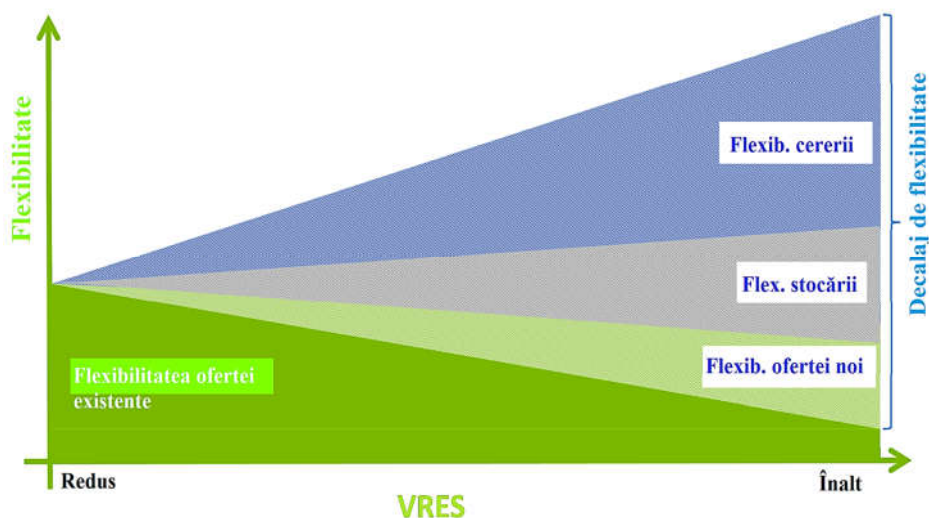


Figura 2.3. Decalajul de flexibilitate în sistemul electroenergetic european cu diferite ponderi ale SRE-V [204]

SRE-V reduce resursele de flexibilitate din sistem prin deplasarea furnizorilor tradiționali de flexibilitate a ofertei, în același timp crescând nevoia de flexibilitate datorită naturii stocastice

inerente. Acest lucru creează un „decalaj de flexibilitate”, care va trebui să fie acoperit de noi opțiuni de flexibilitate (fig. 2.3).

Astfel de opțiuni pot fi utilizate atât pe partea de ofertă, cât și pe partea cererii. Tehnologiile de stocare reprezintă opțiuni de flexibilitate importante prin schimbarea ofertei și a cererii în timp.

În figura 2.3 se prezintă o ilustrare a deschiderii decalajului de flexibilitate în viitoarele piețe de energie electrică și a modului în care diferite opțiuni vor lua parte la noua cerere de flexibilitate.

2.2. Principalele direcții de sporire a flexibilității în sistemul energetic

2.2.1. Direcții de dezvoltare ale viitorului sistem energetic prin identificarea măsurilor posibile la nivel național

Flexibilitatea nu este un concept nou. Este deja aplicat pe scară largă pe piețele forward, intraday și echilibrare, precum și în gestionarea constrângerilor pentru OTS (operatori de transport și de sistem). La nivel individual, flexibilitatea ar putea fi definită ca modificarea modelelor de injecție și / sau consum de generare ca reacție la un semnal extern (semnal de preț sau activare) pentru a furniza un serviciu în cadrul sistemului energetic.

Flexibilitatea poate fi asigurată atât de ofertă cât și de cerere pe scară largă, de exemplu de către instalațiile CCGT (turbine cu gaz cu ciclu combinat), consumatorii industriali și comerciali, încărcarea casnică mai mică agregată, generarea distribuită și stocarea de energie. Abordarea ar trebui să fie holistică și să analizeze modul în care flexibilitatea sistemului energetic în ansamblu poate fi valorificată pentru a atinge obiectivele de echilibrare a ofertei / cererii cu cel mai mic cost, pentru a răspunde intereselor variate din lanțul valoric și a păstra drepturile consumatorului la alegere în piața energiei. Flexibilitatea este intrinsec legată de o serie de termeni sau concepte cheie și cuprinde, răspuns la partea cererii, gestionarea cererii, generarea flexibilă și stocarea energiei din partea ofertei și a cererii.

Temele privind flexibilitatea sunt pe agenda agențiilor și a factorilor de decizie europeni. Agenda de flexibilitate 2020 și-a propus să accelereze introducerea măsurilor de flexibilitate, din cauza evoluțiilor recente ale politicii energetice la nivel european. Un rol cheie în conturarea cadrului politic este atribuit Task Force-ului Smart Grids, care a fost creat de Comisia Europeană pentru a consilia cu privire la problemele legate de implementarea și dezvoltarea de rețele inteligente, constând în grupuri de experți concentrați pe domenii specifice.

De asemenea, Comunicarea COM(2016) 860 “Energie curată pentru toți europenii” propune, printre alte deziderate europene, eficiența energetică și flexibilitatea. Luând în considerare

aspectele mai sus menționate precum și prevederile prezentate în documentele europene, direcțiile de dezvoltare ale viitorului sistem energetic cu asumarea de noi ținte la nivel național pot fi identificate următoarele posibile măsuri:

1. Promovarea utilizării de echipamente și sisteme inteligente pentru asigurarea calității energiei electrice;
2. Implementarea de soluții digitale pentru localizarea/izolarea defectelor și realimentarea cu energie în mediul rural și urban;
3. Digitalizarea stațiilor de transformare și soluții privind controlul rețelei de la distanță - integrare stații în SCADA;
4. Măsuri de creștere a adecvanței SEN prin investiții în soluții de flexibilitate;
5. Implementarea de soluții privind stocarea energiei în spatele contorului (behind the meter).

2.2.2. Flexibilitatea sistemelor energetice ale viitorului

Integrarea în sistemul energetic a unor cote importante a surselor solare și eoliene, producția cărora are un caracter variabil, determinat de variația zilnică a radiației solare, ridică probleme de fiabilitate în alimentarea consumatorilor cu energie. În acest context, sursele solare de energie, precum și sursele eoliene sunt cunoscute ca surse variabile și/sau surse necontrolabile. Într-un sistem energetic tradițional pentru o asemenea situație s-ar fi purces la căutarea unor capacități adiționale de generare a energiei, însă în noile condiții, în care nu se mai poate miza pe resurse energetice fosile, soluția generală ține de deblocarea flexibilității - majorarea ei atât pe partea de consum, cât și cea de furnizare a energiei (fig. 2.4).

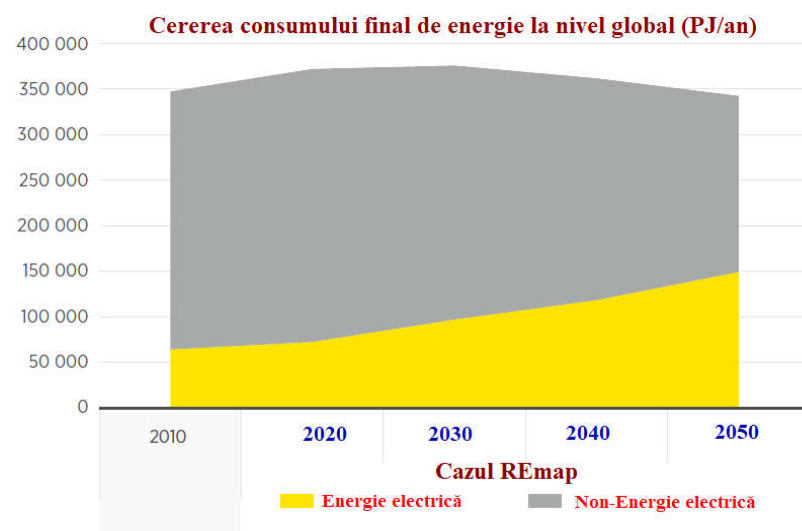


Figura 2.4. Ponderea energiei electrice în consumul final total de energie, Cazul REmap

[205]

În conformitate cu cazul Remap, ponderea energiei electrice în consumul final total de energie va crește de la 20% până la 40% până în 2050.

De menționat, că flexibilitatea exprimă capacitatea unui sistem de a menține fiabilitatea și continuitatea serviciului de alimentare cu energie în fața tuturor schimbărilor rapide și mari în ceea ce privește cererea și/sau oferta de energie.

Viitoarele sisteme energetice vor necesita un grad tot mai înalt de flexibilitate, care ar putea fi asigurat prin:

- cuplarea sectoarelor energiei electrice, energiei termice și transportului, cu electrificarea unor noi sectoare (transportul) și re-electrificarea celor ce deja sunt electrificate (industrii);
- realizarea de unor largi platforme de rețele inteligente și tehnologii TIC, ce ar acoperi toate segmentele sistemului energetic (generare, transport, distribuție, stocare, furnizare), precum și a sistemelor interne energetice ale consumatorilor;
- implicarea centralelor electrice tradiționale, rețelelor electrice T&D, ca surse de creștere a flexibilității, prin instrumente de politică și reglementare energetică;
- implicarea chiar și a surselor variabile de energie, ca surse de furnizare a serviciilor de flexibilitate;
- schimbarea rolului consumatorilor de energie;
- edificarea sistemelor de stocare a energiei – ca furnizori flexibili la costuri competitive;
- modernizarea infrastructurii energetice învechite;
- dezvoltarea/adaptarea cadrului politic, legislativ, de reglementare aferent energiei.

Este cunoscut că pentru principalele surse energetice ale viitorului - instalațiile fotovoltaice și eoliene - costul marginal al energiei produse este aproape egal cu zero. Prin urmare, odată ce aceste surse sunt edificate, energia produsă de ele trebuie neapărat achiziționată și folosită util pentru unele consumuri de energie electrică cum ar fi:

- alimentarea pompelor de căldură, antrenate în producerea căldurii, inclusiv în sisteme de termoficare,
- producerea de metan sau gaz natural sintetic din biomasă,
- producerea de hidrogen prin tehnologia electrolizei sau a combustibililor lichizi sintetici.

2.2.3. Promovarea soluțiilor generale de flexibilitate prin prisma dimensiunilor cheie ale sistemelor electrice

Ca răspuns la toate provocările, decidenții și operatorii de sistem din toată lumea adoptă o serie de măsuri pentru a menține un echilibru trainic între cerere și ofertă într-un cadru evolutiv cu o dinamică rapidă.

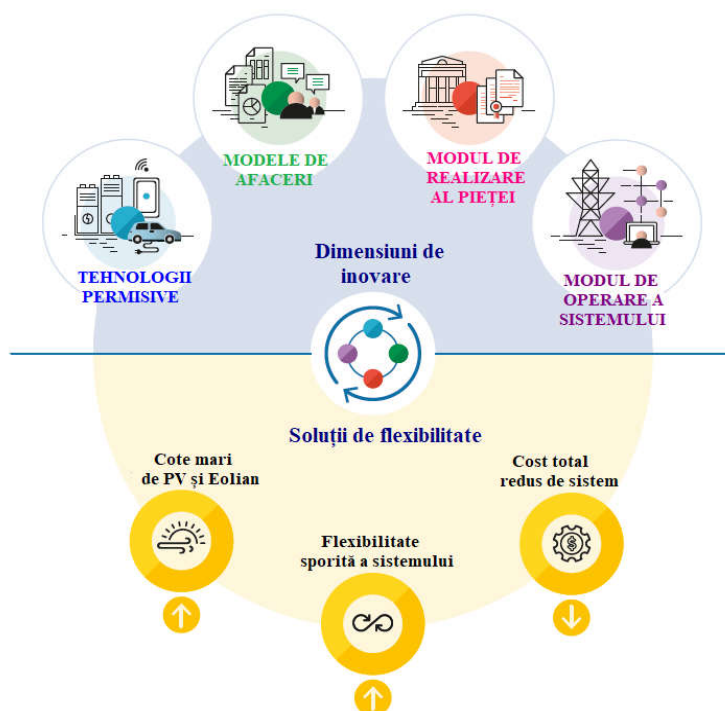


Figura 2.5. Soluții de flexibilitate rezultate din combinarea inovațiilor tehnologice din sectorul energetic [206]

În concluzie se denotă faptul că soluțiile implementate pentru integrarea surselor regenerabile nu sunt singulare, ci apar din sinergiile diferitelor inovații care combină tehnologiile, proiectarea pieței, modelele de afaceri și modul de operare a sistemelor. Această abordare este numită „inovare sistemică” (fig. 2.5).

2.2.4. Evaluarea perspectivelor inovatoare pentru majorarea flexibilității cu o pondere de energie electrică bazat pe SRE-V

Inovarea este esențială și trebuie focalizată pe sprijinirea dezvoltării și diseminării de soluții care cresc flexibilitatea sistemului, necesară pentru a integra cote din ce în ce mai mari de energie electrică produsă din surse regenerabile meteo-dependente.

În acest context, [206] prezintă o analiză detaliată a „peisajului de inovare”, care permite integrarea surselor regenerabile, de a inventaria și cataloga mai multe exemple de inovare și de a

răspândi soluțiile inovatoare aflate la dispoziție la acest moment. Acest lucru poate fi adaptat și în contextul Republicii Moldova accentuând momentele forte a fiecărui exemplu de inovare cu prognoze de implementare. În urma analizei [12], se pot permite decizii informate asupra posibilelor soluții pentru fiecare caz particular, în particular pentru decidenții din sistemul electroenergetic național. Astfel, pot fi create soluții de flexibilitate prin combinare cu inovațiile tehnologice prin prisma celor 4 dimensiuni cheie: tehnologiile permissive, modele de afaceri, modul de realizare a pieței și modul de operare a sistemului.

2.3. Creșterea flexibilității prin utilizarea stocării energiei

2.3.1. Promovarea tehnologiilor de stocare a energiei – o prioritate pentru integrare și securitate energetică

Stocarea energiei este o opțiune necesară pentru viitoarele sisteme decarbonizate, complementare altor soluții de flexibilitate și securitate energetică. Stocarea energiei reprezintă una din cele mai importante componente în asigurarea flexibilității și susținerea integrării surselor regenerabile de energie în sistemele energetice. Aceasta, la rândul său, poate echilibra generarea de energie electrică atât la nivel centralizat, cât și distribuit, contribuind concomitent la majorarea securității energetice. Totodată, stocarea energiei completează managementul cererii de energie și producția flexibilă astfel încât, să se asigure un cadru complet pentru dezvoltarea rețelelor electrice. Aceasta contribuie și la decarbonarea altor sectoare ale economiei prin facilitarea creșterii ponderii surselor regenerabile de energie ce sunt caracterizate de o variabilitate (intermitență) puternică, în domeniul transporturilor, construcțiilor, industriei etc.

În consecință, stocarea energiei contribuie major la implementarea obiectivelor Uniunii Energetice, îndeosebi în domeniul piețelor interne și al reducerii emisiilor de dioxid de carbon. O abordare integrată și în alte domenii ale economiei va conferi stocării energiei un rol foarte important. Pe piață există mai multe mecanisme de sprijin a soluțiilor integrate, de exemplu stocarea energiei electrice sub formă de combustibil gazos („Power to Gas”) sau includerea energiei din surse regenerabile ca materie primă în industrie. În acest context, este încurajată decarbonarea mai multor sectoare ale economiei, în care concomitent sunt create noi oportunități de desfacere a tehnologiilor de stocare.

Progresul tehnologic accelerat al tehnologiilor specifice decurge în continuare, preponderent în cazul bateriilor. Scopul principal al acestora este reducerea costurilor prin prelungirea duratei de viață, creșterea experienței de exploatare și a volumului producției. O influență puternică este resimțită din partea pieței autovehiculelor electrice. Pe termen scurt, nu se va observa modificări semnificative ale costurilor aplicațiilor de acest gen, dar cu certitudine

trendurile lor de evoluție vor fi clarificate. În contextul integrării unor cote tot mai mari de energie din surse regenerabile, situația se schimbă foarte rapid la nivel continental, zonal, regional și de țară.

Stocarea energiei electrice reprezintă soluția care permite nu doar eficientizarea generării energiei folosind tehnologii regenerabile, dar și separarea în timp și spațiu a producției și a consumului. Astfel, prin această modalitate se facilitează tranziția către sistemele distribuite și respectiv, se îmbunătățesc performanțele la nivel de sistem.

2.3.2. Principalele tehnologii de stocare a energiei pentru realizarea obiectivelor energetice și climatice ale UE

Tehnologiile de stocare a energiei electrice se referă la procesele de conversie a energiei dintr-o formă a sa, cel mai frecvent electrică, într-o formă ce poate fi stocată în diverse medii, pentru a fi ulterior transformată din nou în energie electrică spre a fi utilizată atunci când este necesar.

În figura 2.6 este prezentată o imagine de ansamblu a principalelor tehnologii de stocare a energiei pentru aplicațiile în rețea și pentru cele din sectorul transporturilor.

Tehnologia de stocare necesară...		Baterii									
... în rețea pentru...		Acumulare de hidroenergie prin pompare	Baterii litiu-ion	Baterii plumb-acid	Baterii redox	Baterii sodiu-sulf	Supercondensatoare	Pile de combustie cu hidrogen	Volant	Aer comprimat sau lichid	Stocare termică
Stocare sezonieră Cerință: capacitate de stocare mare, descărcare lentă		✓						✓			
Stocare zilnică (deplasarea vârfului de cerere) Cerință: mai multe ore de aprovizionare		✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓
Servicii de sprijin pentru rețea (de exemplu, răspuns în frecvență) Cerință: răspuns rapid, între câteva secunde și câteva ore de aprovizionare		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Gospodări Cerință: scară mică, durată de viață lungă			✓	✓	✓			✓			
... în sectorul transporturilor pentru...											
Transport rutier Cerință: putere mare, greutate mică, dimensiune redusă			✓				✓	✓			
Transport aerian/maritim Cerință: putere mare, cantitate mare de energie per volum							✓	✓			

Figura 2.6. Prezentarea generală a principalelor tehnologii de stocare a energiei și a utilizărilor acestora [207]

Avantajele cu privire la instalarea sistemelor de stocare a energiei electrice sunt recunoscute pe scară largă atât din punct de vedere al operatorului de sistem, cât și al

consumatorului. Totuși, câteva provocări semnificative se interpun la utilizarea acestora, îndeosebi cu privire la modalitatea de alegere a tehnologiei de stocare adecvate satisfacerii cerințelor sistemului energetic sau de exemplu, cum se pot reduce costurile la o valoare acceptabilă pentru implementarea lor în sistem, mai ales când este vorba despre tehnologii aflate în dezvoltare.

Este evident faptul că nici o tehnologie de stocare a energiei electrice nu poate satisface individual toate cerințele unui sistem electroenergetic. Selecția indicatorilor reprezentativi ai sistemelor de stocare se bazează pe evaluarea diferitelor caracteristici ale lor în raport cu cerințele sistemului în care se urmărește implementarea acestora.

Transformarea sistemului energetic prezintă provocări semnificative pentru integrarea surselor regenerabile de energie variabile în sistemul electroenergetic și pentru echilibrarea cererii și a ofertei. Potrivit estimărilor Comisiei, pentru a-și atinge obiectivele climatice pentru anul 2050, ar putea fi necesar ca UE să își majoreze de până la șase ori capacitatea de stocare a energiei [208].

2.3.3. Examinarea cadrului legislativ al UE pentru stocarea energiei

UE a adoptat măsuri în vederea elaborării unui cadru strategic pentru stocarea energiei, cu scopul de a accelera transformarea sistemului energetic al UE și de a introduce pe piață noi tehnologii promițătoare cu emisii reduse de carbon. Cu toate acestea, există riscul ca măsurile adoptate până în prezent să nu fie suficiente pentru realizarea obiectivelor strategice ale UE în materie de energie curată. Planul strategic european pentru tehnologiile energetice (Planul SET) privind cercetarea în domeniul dezvoltării de tehnologii inovatoare în materie de baterii urmărește să construiască un consens cu privire la acțiunile necesare.

Un cadru legislativ favorabil și condiții de piață mai previzibile, cum ar fi standardele tehnice armonizate, pot stimula cererea de stocare a energiei și pot reduce riscul asociat investițiilor, mobilizând astfel investiții private în dezvoltarea tehnologică [209,210]. Două acte legislative ale Consiliului European, Parlamentului European și Comisiei Europene privesc în mod direct stocarea energiei: Directiva privind normele comune pentru piața internă a energiei electrice și Regulamentul privind piața internă a energiei electrice.

Directiva privind normele comune pentru piața internă a energiei electrice stabilește norme comune pentru producerea, transportul, distribuția, stocarea și furnizarea energiei electrice, precum și dispoziții privind protecția consumatorilor, în vederea creării, în Uniune, a unor piețe ale energiei electrice cu adevărat integrate, competitive, axate pe consumator, flexibile, echitabile și transparente. Directiva din 2018 definește, de asemenea, pentru prima dată, stocarea energiei electrice: „amânarea utilizării finale a energiei electrice pentru un moment ulterior momentului generării sau transformarea energiei electrice într-o formă de energie care poate fi stocată,

stocarea energiei respective și reconversia ulterioară a acestora în energie electrică sau utilizarea ca alt vector energetic”. Un principiu de bază este acela că reglementarea stocării energiei ar trebui să fie neutră din punct de vedere tehnologic, să stimuleze inovarea și să permită unei game largi de tehnologii să concureze de pe poziții egale.

Regulamentul privind piața internă a energiei electrice urmărește să stabilească principii pentru piețe ale energiei electrice integrate și performante, astfel încât să permită, în special, accesul nediscriminatoriu pe piață al furnizorilor de servicii de consum comandabil și de servicii de stocare a energiei. Nu ar trebui să se construiască infrastructuri de rețea disproporționate atunci când alte opțiuni, inclusiv stocarea, oferă o soluție mai bună din punct de vedere economic. De asemenea, statele membre trebuie să stimuleze operatorii sistemelor de distribuție să achiziționeze servicii de flexibilitate, inclusiv servicii de stocare.

2.3.4. Impactul soluțiilor de stocare asupra integrării surselor regenerabile în sistemele energetice

Energia electrică poate fi stocată sub formă de căldură, de hidrogen sau de gaz natural sintetic. Aceste combinații de energie transsectoriale pot contribui la asigurarea unei flexibilități concurențiale a sistemului electroenergetic al UE și pot transfera partea de energie din surse regenerabile generată inițial în sectorul energiei electrice către alte sectoare, contribuind astfel la „decarbonarea” acestora din urmă. Până în decembrie 2018, soluțiile energetice transsectoriale nu au fost reglementate în legislația UE.

Această lipsă de reglementare a făcut mai dificilă elaborarea unei analize de rentabilitate pozitive pentru includerea de combinații de acest tip în cadrul unor proiecte de stocare a energiei, care ar contribui la realizarea obiectivelor energetice și climatice ale UE. Diverse soluții de stocare, tehnologiile se află în stadii diferite de maturitate tehnologică și industrială. Stocarea energiei poate avea, pe lângă avantaje, un cost important nu numai din punct de vedere financiar, ci și sanitar și de mediu. Astfel, este necesar să fie efectuate studii de impact, nu numai în vederea evaluării competitivității tehnologiilor, ci și a impactului acestora asupra mediului și sănătății.

Selecția indicatorilor reprezentativi ai sistemelor de stocare se bazează pe evaluarea diferitelor caracteristici ale lor în raport cu cerințele sistemului în care se urmărește implementarea acestora. Indicatori reprezentativi pot fi: densitatea de putere și energie; puterea și energia specifică masică; timpul de răspuns; capacitatea nominală; timpul de descărcare la puterea nominală; eficiența unui ciclu încărcare/descărcare; rata de autodescărcare; durata de viață; costul specific al puterii și energiei; timpul de stocare; numărul de cicluri suportate; eficiența în procesul de descărcare.

În concluzie, stocarea energiei este rațională pentru tranziția energetică globală la un sistem cu emisii reduse de carbon, în principal bazat pe surse regenerabile de energie, precum și pentru atingerea obiectivelor climatice și energetice ale UE.

2.4. Un nou rol al sistemelor de termoficare

2.4.1. Direcții viitoare de dezvoltare a sistemului centralizat de alimentare cu energie termică

Noul sistem energetic nu trebuie să mai fie unul cu circulație unidirecțională (de la centralele electrice mari spre consumatori), ci unul cu circulație bidirecțională, conceput ca o rețea a multor surse regenerabile de energie electrică și termică, în care distribuția energiei electrice și termice precum și managementul cererii de energie (inclusiv stocarea acestora) vor juca un rol crucial [211]. Astfel, trebuie să se ia în considerare experiența multor țări în care anumiți operatori de pe piață, cum ar fi investitorii strategici, au ales doar anumite sectoare ale pieței energiei pentru a-și maximiza profiturile, refuzând să investească în siguranța alimentării cu energie, în inovare și întreținere, aceste costuri preponderent fiind transferate clienților. De aceea, trebuie să se pună accent pe rolul structurilor centralizate inteligente, eficiente din punct de vedere energetic și bazate pe surse regenerabile de energie în viitorul sistem energetic.

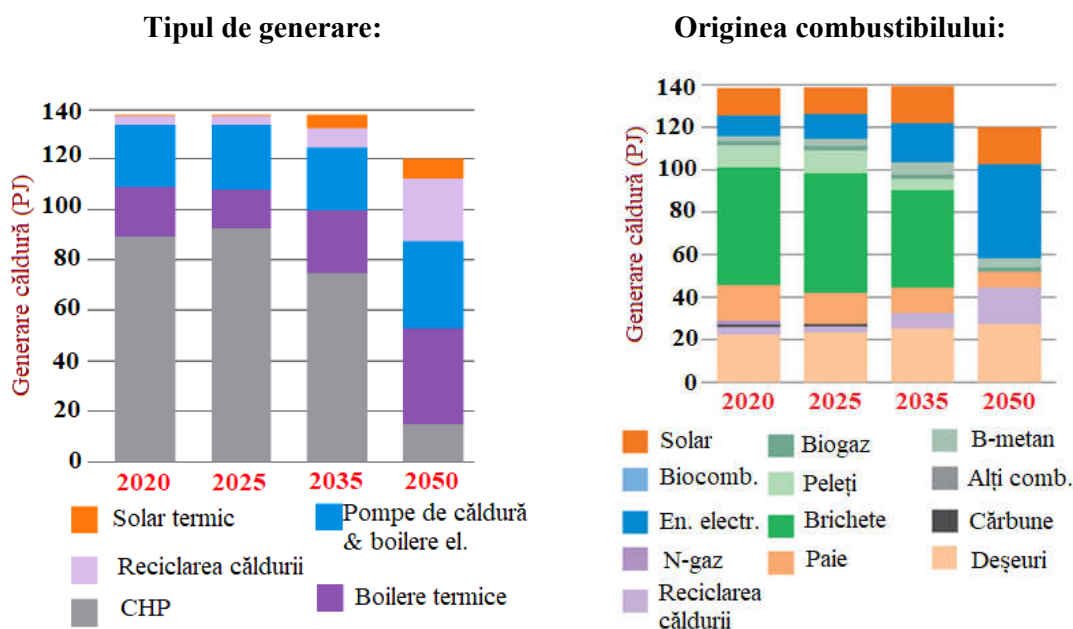


Figura 2.7. Rolul cheie pentru structurile centralizate ale viitorului [212]

Tehnologia din spatele sistemului de producere și distribuire centralizată a energiei este semnificativ de simplă și stabilă, fiind foarte flexibilă în ceea ce privește scalarea și compatibilitatea cu sursele regenerabile de energie (figura 2.7). În realitate, rețelele termice se pot

racorda direct la sursele regenerabile de energie cum ar fi instalațiile eoliene sau centralele pe biomasă. Astfel, este posibilă furnizarea încălzirii pentru mii de persoane folosind doar energie din surse regenerabile sau reciclată. O viziune cu privire la viitorul sector de încălzire în 2035 este prezentată în figura 2.8 conform [213].

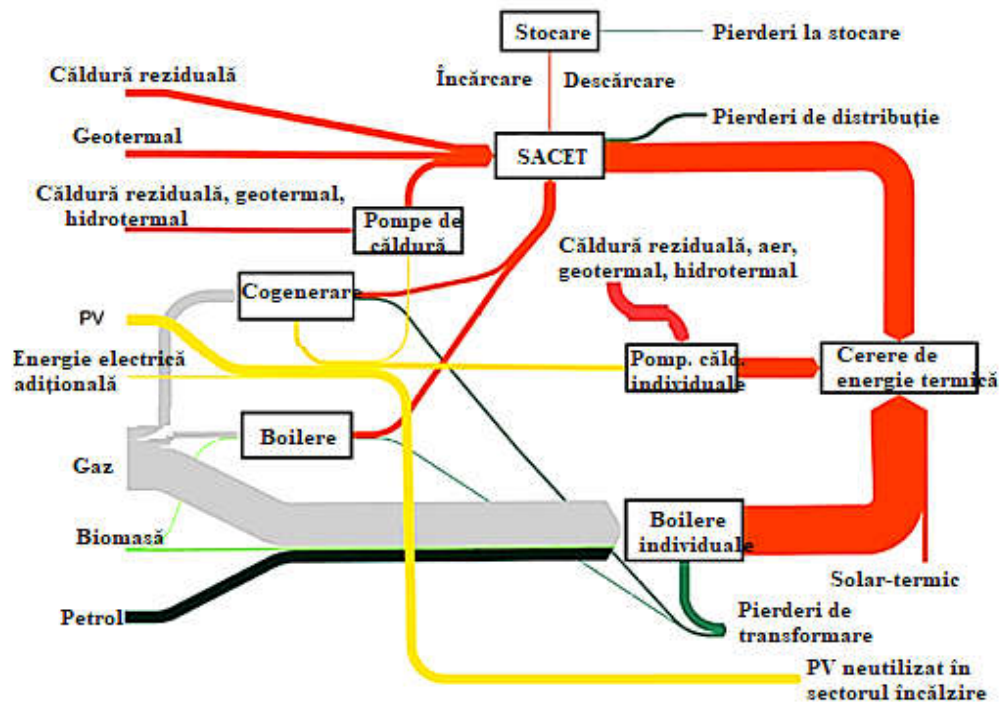


Figura 2.8. Diagrama fluxului energetic al sectorului de încălzire în 2035 (scenariul EE și RES) [214]

Reciclarea căldurii prin rețelele termice deschide drumul către reducerea masivă a emisiilor de carbon, mai ales în centrele urbane unde cererea de căldură este mai mare. Această reducere este obținută fără a limita rezultatul economic sau industrial și fără a pune în pericol standardele de trai.

2.4.2. Flexibilitate, economie și siguranță în sistemul de alimentare centralizat

Sistemul de alimentare centralizată nu este un concept nou, însă are o nouă relevanță într-o lume care caută soluții practice pentru decarbonare. Cea mai nouă generație de infrastructură pentru sistemele de alimentare centralizată (4G) permite planificatorilor urbani să crească eficiența energetică, creând, în același timp, un canal viabil pentru accesul la sursele regenerabile de energie. Sigură, durabilă, scalabilă – structura centralizată reprezintă o componentă esențială pentru reducerea nivelului de carbon în zilele noastre.

Sistemul de alimentare centralizat este un sistem foarte eficient, ieftin, care necesită o întreținere scăzută, pentru încălzirea clădirilor rezidențiale, comerciale și industriale. Totuși,

calitatea sa cea mai mare este aceea că reprezintă o soluție eficientă pentru rezolvarea problemelor globale legate de insuficiența combustibililor, costurile crescânde ale acestora și impactul din ce în ce mai mare asupra mediului. Sistemul de alimentare centralizat este foarte *flexibil*, îndeosebi în ceea ce privește sursele de combustibil/energie pe care le poate folosi – și numărul lor.

Noi surse de încălzire pot fi adăugate ușor fără dezactivarea sistemului sau perturbarea consumatorilor, mult mai eficient decât prin metoda actuală, care presupune schimbarea individuală a sistemelor de încălzire, atunci când apar noi tehnologii pe piață.

Prin natura lor, sistemele de alimentare centralizate oferă și o alternativă mai sigură la sistemele de încălzire convenționale. Spre deosebire de sistemele de încălzire cu boilere, nu e nevoie de o flacăra deschisă în interiorul locuinței, însemnând un risc mai scăzut de incendii. De asemenea, sistemul nu necesită o sursă individuală de alimentare cu gaz care poate duce la apariția scurgerilor periculoase de gaze. În plus, toate presiunile și temperaturile ridicate sunt închise în centrală și pe rețea, protejând consumatorii de riscurile asociate.

2.4.3. Promovarea tehnologiilor moderne în viitorul sistemelor de termoficare

Pe măsură ce cresc costurile financiare, ambientale și politice ale combustibililor fosili, sistemul de alimentare centralizat permite o tranziție lină spre alternative mai ecologice.

Ultima generație a tehnologiei de încălzire centralizată folosește o varietate largă de surse de energie, care includ, în mod obișnuit:

- Cazane, care folosesc combustibili convenționali sau regenerabili, de exemplu biomasa;
- Căldura reziduală din procesele industriale;
- Căldura provenită din generarea energiei de către o centrală de cogenerare de energie termică și electrică;
- Energia generată din incinerarea deșeurilor municipale;
- Surse naturale de căldură, cum ar fi cele solare, geotermale sau eoliene.

Tehnologiile moderne înseamnă surse regenerabile, recuperarea căldurii industriale reziduale, stocare, opțiuni multiple pentru consumator. Sistemul de alimentare centralizat nu înseamnă captivitate în sistemele vechi și ineficiente concepute pentru alte vremuri, ci restructurarea profundă atât a sistemului, cât și a guvernantei acestuia.

În UE, sistemele de încălzire și răcire centralizată sunt considerate actualmente drept cea mai eficientă și cea mai puțin poluantă soluție pentru încălzire și răcire, cel puțin pentru zonele urbane cu densitate mare. Acestea sunt și singura variantă care poate utiliza căldură ce ar fi pierdută, cum ar fi cea rezultată din procesele industriale, incinerarea (curată) a deșeurilor, căldura rezultată din răcirea în hale industriale, etc. Republica Moldova e abia pe la a doua generație de

sisteme de termoficare, pe la nivelul anilor 1960-1980, în timp ce în Vest se discută și se aplică deja tehnologie de generația a patra, cu surse regenerabile, tehnologii de stocare a energiei, conumatori activi (prosumatori), captarea cât mai bună a căldurii reziduale, pompe de căldură centralizate, evoluții care fac din ce în ce mai eficiente soluțiile bazate pe sisteme cu rețele centralizate de energie termică.

2.4.4. Idei și soluții pentru creșterea flexibilității sistemelor centralizate de termoficare

În prezent, soluția optimă de încălzire este strict condiționată de condițiile specific locale, de resurse, de distribuția spațială a orașului, astfel încât nu se poate formula o rețetă „tehnică” universală. Respectiv, aceasta înseamnă că rețeaua de energie termică să ofere capacitatea oricărei surse de energie termică să intre în sistem, chiar concurând cu operatorii existenți. În prezent, este doar un început de cale cu acest model, există dificultăți pentru stabilirea corectă a prețului energiei, de exemplu, pentru cea din surse regenerabile sau căldura reziduală, dar e probabil că lucrurile se vor îndrepta în viitor în această direcție în mai multe orașe.

Sistemele centralizate permit realizarea sistemelor „cu două țevi” în care se folosește numai o singură sursă de căldură, urmând ca separarea pentru încălzire și pentru apă caldă menajeră să se facă la nivelul fiecărui utilizator cu ajutorul unui schimbător de căldură local. Se realizează o imensă economie de conducte. Natura inerent globală a climei și provocările privind energia au condus într-un mod destul de natural la concentrarea pe rezolvarea problemei prin intermediul organizațiilor internaționale de nivel înalt.

Totuși, deși un consens global semnificativ rămâne o perspectivă îndepărtată, și-a făcut apariția un nou fir narativ, la un nivel mai mult local. Este din ce în ce mai clar că măsurile practice privind schimbarea climei nu vor avea loc în sălile de conferință ale ONU, ci mai degrabă în orașele în care atât de mulți dintre noi trăiesc și lucrează. Conceptul de gândire la nivel global și de acționare la nivel local nu a fost niciodată mai relevant. Sistemul de alimentare centralizat se potrivește ideal în centrul unui oraș sau sector ecologic. În mediile urbane dense, acolo unde cererea de căldură este inevitabilă cea mai ridicată, acestea sunt mijloace ideale de exploatare în scopuri utile a fluxurilor de energie din surse regenerabile disponibile local, precum și a surplusului de căldură.

Aceste sisteme generează scăderi semnificative și demonstrabile în ceea ce privește consumul principal de energie, reduc emisiile de CO₂ și scad dependența orașului de energia importată din alte țări sau regiuni, toate acestea în timp ce oferă cetățenilor standardul de confort și siguranța așteptate. Structurile centralizate nu oferă oportunități excelente doar pentru scăderea poluării mediului, ci și pentru îndeplinirea obiectivului de economisire a energiei. Aceasta este o

tehnologie foarte flexibilă care poate folosi orice tip de combustibil, inclusiv energie din deșeuri, energie din surse regenerabile și, cel mai important, poate folosi cogenerarea.

2.5. Hidrogenul și rolul combustibililor sintetici în sporirea flexibilității sistemului electroenergetic

2.5.1. Dezvoltarea hidrogenului ca vector flexibil în sectorul energetic

Hidrogenul (H_2) este un „vector” energetic flexibil cu aplicații potențiale între diversele sectoare energetice. Este unul dintre singurii transportatori de energie lipsit de emisii, împreună cu energia electrică. Poate fi produs din diferite surse primare și secundare de energie, depinzând de disponibilitatea regională. Hidrogenul generat din energie electrică poate fi cu ușurință stocat în cantități mari pe perioade lungi de timp și retransformat în energie electrică („power-to-power”), cu o eficiență de aproximativ 70% relativ la cantitatea inițială de energie electrică. Poate fi, în plus, amestecat în rețeaua de gaz natural, convertit în metan sintetic („power-to-gas”) sau furnizat ca și combustibil pentru sectorul transporturilor pentru autovehicule FCEV („power-to-fuel”). În acest fel, H_2 deschide multiple oportunități de a integra energia regenerabilă în sistemul energetic, compensând astfel „pierderea” de flexibilitate rezultată din eliminarea combustibililor fosili.

„Hidrogenul va juca un rol pivotal într-un viitor sistem energetic decarbonizat”. Tranziția către economia bazată pe hidrogen a început, iar Republica Moldova poate avea potențialul și capacitatea științifică de a oferi o contribuție originală în acest domeniu multidisciplinar.

Tranziția către economia bazată pe hidrogen ar putea dura mai multe decenii, astfel că Republica Moldova va trebui să devină un participant activ la acest proces în viitor. Costul neimplicării în această problemă energetică ar putea să depășească cu mult costurile investițiilor ce trebuie realizate în cercetarea și dezvoltarea acestor noi tehnologii.

Pentru prima dată, un singur vector energetic, hidrogenul, poate fi utilizat și transferat între piețele de energie tradiționale care sunt în mod uzual distincte și separate prin cerințele pentru diferiți combustibili sau tipuri de sisteme. Hidrogenul permite dezvoltarea traiectoriilor tehnologice „Power-to-X”, capacitățile de conversie în diverse forme de energie finală (putere, căldură, combustibil pentru transport) putând fi utilizate pentru a uni diferitele subsisteme ale sistemului energetic existent. Dată fiind dinamica abruptă a avansurilor tehnologice în domeniu, apare vitală dezvoltarea unui portofoliu robust comprehensiv de cercetare – dezvoltare – inovare (CDI) la nivel național, ce echilibrează obiectivele pe termen scurt și necesitățile și sustenabilitățile pe termen lung.

2.5.2. Tranziția către o economie energetică bazată pe Hidrogen

Economia bazată pe hidrogen este un proiect pe termen lung, care poate fi definit ca un efort de schimbare a unui sistem energetic existent cu altul care se bazează pe capabilitatea hidrogenului ca și purtător de energie combinată cu eficiența pilelor de combustibil ca și dispozitive de conversie a energiei chimice în energie electrică și energie termică. O serie de centre de cercetare-dezvoltare care au drept obiectiv atât dezvoltarea de cercetări tehnologice cât și testarea și validarea tehnologiilor și echipamentelor din domeniul hidrogenului există în întreaga lume (SUA, Japonia, Germania, Franța, Olanda Spania sau Anglia).

Decarbonarea efectivă a economiei și a industriei implică utilizarea hidrogenului ca vector de energie și solicită un cadru juridic actualizat și prietenos, care trebuie ușor integrat în legislația actuală, care este bine consolidată, dar și birocratică. Energia și materiile prime utilizate pentru producerea hidrogenului este de preferat să fie locale. Producția locală de hidrogen poate sprijini gestionarea energiei regenerabile intermitente și, în același timp, ar putea să păstreze valoarea economică adăugată la nivel local/regional evitând dependența energetică externă, bazată pe combustibili fosili.

Căldura astfel obținută poate fi utilizată, de exemplu, pentru sistemele de încălzire și prepararea apei calde menajere, unde la rândul său înlocuiește combustibilii fosili precum gazul natural și țițeiul prin stocarea virtuală a energiei. În acest fel, există o economie a combustibililor fosili și, astfel, o economie a gazelor cu efect de seră și a emisiilor poluante. În figura 2.9 se indică, de asemenea, că majoritatea opțiunilor de alimentare cu energie termică implică o anumită capacitate de stocare a energiei. Din punct de vedere al sistemului energetic, interacțiunile dintre diferite tipuri de tehnologii de stocare a energiei termice și de stocare a energiei electrice sunt de un interes deosebit.

Power-to-Heat (P2H) este o tehnologie Power-to-X care este menită să permită o mai bună integrare a surselor de energie regenerabile într-o rețea electrică inteligentă prin cuplarea sectorială în cursul transformării continue a structurilor de aprovizionare cu energie în contextul liberalizării pieței energetice și energia de tranziție. Dacă există un aport puternic de surse regenerabile de energie variabile (în special energia eoliană și fotovoltaică) și doar o cerere redusă de energie electrică, trebuie utilizate sisteme de alimentare cu energie termică pentru a genera căldură din energie electrică. Acest lucru are ca scop evitarea sau reducerea reducerilor de către producătorii regenerativi.

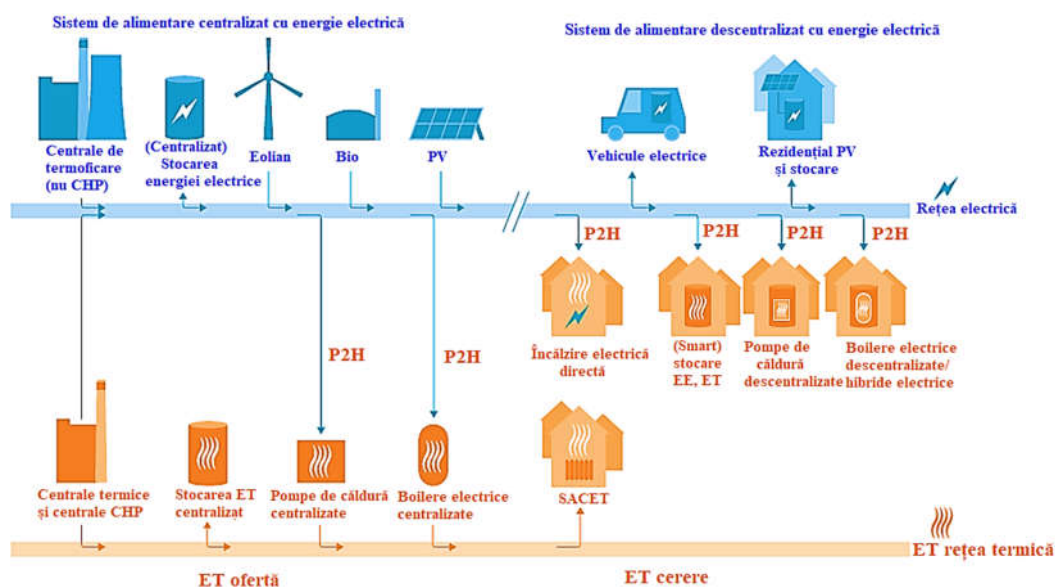


Figura 2.9. Interconexiuni P2H opțiuni cu rețelele EE și ET [215]

2.5.3. Cadrul politic și legislativ al UE privind Hidrogenul și a aplicațiilor pe bază de Hidrogen

Hidrogenul (H_2) din surse regenerabile și hidrogenul cu emisii scăzute de dioxid de carbon pot contribui la reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră înainte de 2030, la redresarea economiei UE și reprezintă un element esențial pentru o economie neutră din punctul de vedere al impactului asupra climei și cu zero emisii în 2050, prin înlocuirea combustibililor fosili și a materiilor prime în sectoarele dificil de decarbonizat. H_2 din surse regenerabile oferă și o oportunitate unică pentru cercetare și inovare, menținând și extinzând poziția de lider tehnologic a UE și creând creștere economică și locuri de muncă în întregul lanț valoric și în întreaga Uniune.

Acest lucru necesită politici ambițioase și bine coordonate la nivel național și european, precum și acțiuni diplomatice în domeniul energiei și al climei cu partenerii internaționali. Prioritatea UE este dezvoltarea hidrogenului din surse regenerabile, produs folosind în principal energia eoliană și solară. Hidrogenul din surse regenerabile este opțiunea cea mai compatibilă cu obiectivul UE de neutralitate climatică și de poluare zero pe termen lung și cea mai coerentă cu un sistem energetic integrat. Alegerea hidrogenului din surse regenerabile se bazează pe forța industrială europeană în producția de electrolizoare, va crea noi locuri de muncă și va genera creștere economică în UE și va sprijini un sistem energetic integrat eficient din punctul de vedere al costurilor. Pe drumul către 2050, hidrogenul din surse regenerabile ar trebui să fie folosit în mod progresiv la scară largă, alături de dezvoltarea de noi capacități de producție a energiei din surse regenerabile, pe măsură ce tehnologia evoluează, iar costurile tehnologiilor de producție scad [26].

Legislația UE relevantă pentru depozitarea/stocarea de hidrogen - Stocarea hidrogenului necesită evaluări de risc, în conformitate cu directivele SEVESO (Directive 82/501/EEC, Directive 96/82/EC and Directive 2012/18/EU) și ATEX (Directive 2014/34/EU).

Reglementări UE referitoare la transportul hidrogenului - Acordul european referitor la transportul internațional rutier al mărfurilor periculoase (ADR).

Reglementări UE referitoare la înregistrarea vehiculelor - Directiva 2007/46/EC, Capitolul III – VII.

Directiva privind dezvoltarea infrastructurii pentru combustibili alternativi (AFI), care stabilește în mod clar un cadru comun de măsuri pentru implementarea infrastructurii de combustibili alternativi în UE, pentru a minimiza dependența de petrol și pentru a atenua impactul transportului asupra mediului și care stabilește cerințele minime pentru construirea unei infrastructuri de combustibili alternativi, va juca un rol esențial în accelerarea răspândirii vehiculelor pe bază de hidrogen.

Este necesar să se completeze actualul cadru de politici energetice cu măsuri care să includă proiectele specifice și ambițiile politice, pentru utilizarea hidrogenului la stocarea energiei, re-electrificarea sau echilibrarea rețelei. Absența hidrogenului din cadrul politicilor naționale de energie limitează sever securitatea energetică, creșterea ponderii energiilor regenerabile și decarbonarea. Finanțarea consolidată și sigură pentru stocarea energiei regenerabile poate juca rolul pentru pătrunderea hidrogenului în industria energetică. Important, toate părțile interesate trebuie să înțeleagă că hidrogenul ca vector de energie trebuie să fie dezvoltat concomitent cu sectorul energiei regenerabile. Ar trebui să se impună inițierea soluțiilor tehnice specifice și a proiectelor demonstrative care să implice ANRE și jucătorii din piața energiei, care în continuare să contribuie la stabilirea bazei juridice pentru serviciile auxiliare, sistemele ”power-to-gas”, și instalațiile aferente de stocare a energiei.

2.5.4. Promovarea tehnologiilor Hidrogenului în viitorul sistem energetic

Tehnologia hidrogenului vine cu o soluție spectaculoasă și deosebit de flexibilă între energie și gaze pentru stocare și aplatizare a curbelor de producere/consum, atât pentru energia electrică, cât și pentru gaze, unde stocarea și presurizarea în sistemele naționale de transport ale gazelor au o flexibilitate foarte mare pe un ciclu de peste 24 ore.

Decarbonarea sectoarelor cum ar fi transporturile, clădirile și industria se poate face prin electrificare sau prin înlocuirea combustibililor fosili cu gaze regenerabile, cum ar fi hidrogenul sau combustibilii lichizi regenerabili. Transformarea de la energie electrică la gaze și invers poate suplimenta capacitatea de stocare și flexibilitate a sistemului energetic. Cercetările au indicat

faptul că, cuplarea diferitelor sectoare în acest mod ar reduce costul total al decarbonizării SEE.

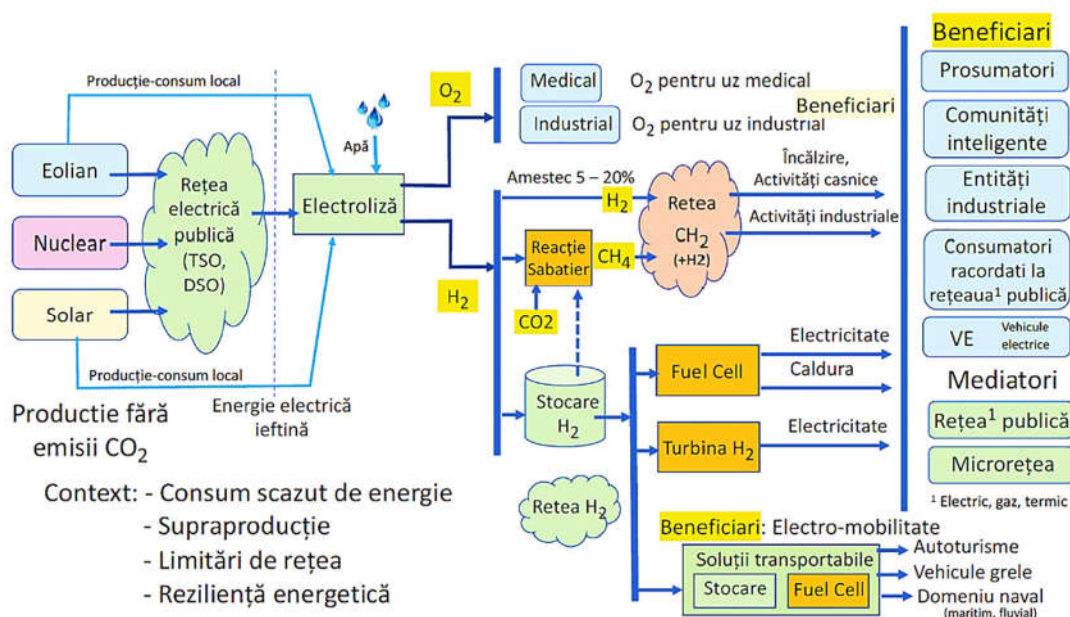


Figura 2.10. Concept de pilot tehnologii H₂ și cuplarea sectorială [215]

Concluzii la Capitolul II

1. Un aport important la asigurarea unui nivel înalt de penetrare a SRE-V îl au măsurile și soluțiile de flexibilitate. Creșterea ponderii surselor regenerabile, intermitente, de energie determină necesitatea dezvoltării interconectărilor, a sistemelor de stocare de energie, a surselor de generare flexibilă, a promovării răspunsului la cerere (demand response), precum și a unor instrumente avansate de operare a sistemului.
2. În acest context, ar trebui să existe o foaie de parcurs pentru majorarea flexibilității sistemului energetic, care va găzdui într-un final niveluri foarte mari de penetrare a generării variabile de SRE-V în rețele.
3. Temele privind flexibilitatea sunt pe agenda agențiilor și a factorilor de decizie europeni. Agenda de flexibilitate 2020 și-a propus să accelereze introducerea măsurilor de flexibilitate, din cauza evoluțiilor recente ale politicii energetice la nivel european. Soluțiile implementate pentru integrarea surselor regenerabile nu sunt singulare, ci apar din sinergiile diferitelor inovații care combină tehnologiile, proiectarea pieței, modelele de afaceri și modul de operare a sistemelor.
4. Stocarea energiei este o opțiune necesară pentru viitoarele sisteme decarbonizate, complementare altor soluții de flexibilitate și securitate energetică. Stocarea energiei reprezintă una din cele mai importante componente în asigurarea flexibilității și susținerea integrării surselor regenerabile de energie în sistemele energetice.

5. În concluzie, stocarea energiei este rațională pentru tranziția energetică globală la un sistem cu emisii reduse de carbon, în principal bazat pe surse regenerabile de energie, precum și pentru atingerea obiectivelor climatice și energetice ale UE.
6. Sistemul de alimentare centralizată nu este un concept nou, însă are o nouă relevanță într-o lume care caută soluții practice pentru decarbonare. Cea mai nouă generație de infrastructură pentru sistemele de alimentare centralizată (4G) permite planificatorilor urbani să crească eficiența energetică, creând, în același timp, un canal viabil pentru accesul la sursele regenerabile de energie. Sigură, durabilă, scalabilă – structura centralizată reprezintă o componentă esențială pentru reducerea nivelului de carbon în zilele noastre.
7. Hidrogenul este un „vector” energetic flexibil cu aplicații potențiale între diversele sectoare energetice. Tranziția către economia bazată pe hidrogen a început, iar Republica Moldova poate avea potențialul și capacitatea științifică de a oferi o contribuție originală în acest domeniu multidisciplinar. Tranziția către economia bazată pe hidrogen ar putea dura mai multe decenii, astfel că Republica Moldova va trebui să devină un participant activ la acest proces în viitor.

3 ELEMENTELE CONCEPTUALE ALE UNEI FOI DE PARCURS PENTRU TRANZIȚIA ENERGETICĂ ÎN REPUBLICA MOLDOVA

3.1. O viziune strategică privind tranziția energetică în Republica Moldova

3.1.1. Către o energie curată, durabilă, competitivă și accesibilă

Orice analiză pleacă de la situația actuală a sistemului electroenergetic actual, pentru care în continuare se prezintă succint câteva caracteristici:

a) Consumul de energie la nivel de țară

Figura 3.1 prezintă caracteristici ale consumului RM în 2020, considerat an de referință.

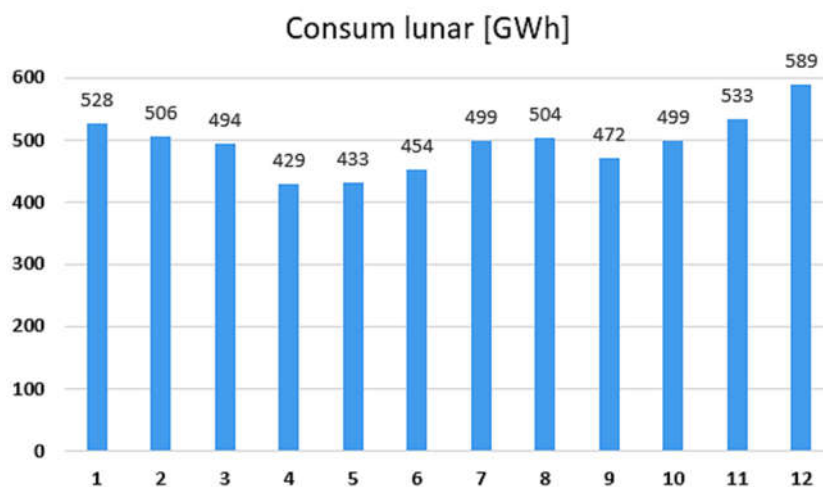


Figura 3.1. Consumul lunar de energie electrică în Republica Moldova pentru anul 2020

Energia totală consumată în anul 2020 este de 5940 GWh, iar puterea medie anuală este de 677 MW. Totodată, intensitatea energetică la nivel de locuitor, este pentru Moldova de $5940000/4000000 = 1485$ kWh/an/locuitor pentru partea de energie electrică.

b) Necesarul de centrale electrice fotovoltaice (CEF) în Republica Moldova

Necesarul de CEF în RM se poate determina în mod simplificat pe baza calculelor efectuate în [216]. Față de analiza pentru 30% și 50% acoperire cu CEF, o acoperire între 30% și 100% din consumul anual al țării este prezentată în figura 3.2, în care se utilizează ca date de intrare energia anuală produsă de 1 kW PV între : a) o valoare minimă (din date reale, coresp. 1034 kWh/an/1kW), rezultând o energie anuală totală produsă E_{MIN} și b) o valoare medie la nivel de RM (1182 kWh/an/kW) [217], rezultând o energie anuală totală produsă E_{MED} . Se observă că pentru 100% din consumul țării acoperit cu CEF, puterea instalată este de 5.74 GW pentru valoarea minimă a producției anuale pentru 1 kW PV instalat, reprezentând 0.8% din suprafața agricolă RM, respectiv 5.02 GW pentru o valoare medie a energiei anuale calculata din media a 11 locații din RM (Anexa A1). Valoarea de 5.74 GW poate fi deci considerată ca valoare de dimensionare acoperitoare, care să țină cont și de factori suplimentari, cum ar fi perioade de indisponibilitate și eventuale

modificări climatice cu impact negativ. Modelul de calcul folosit poate fi utilizat și cu alte date de intrare, respectiv pentru dezvoltarea a diverse scenarii de viitor.

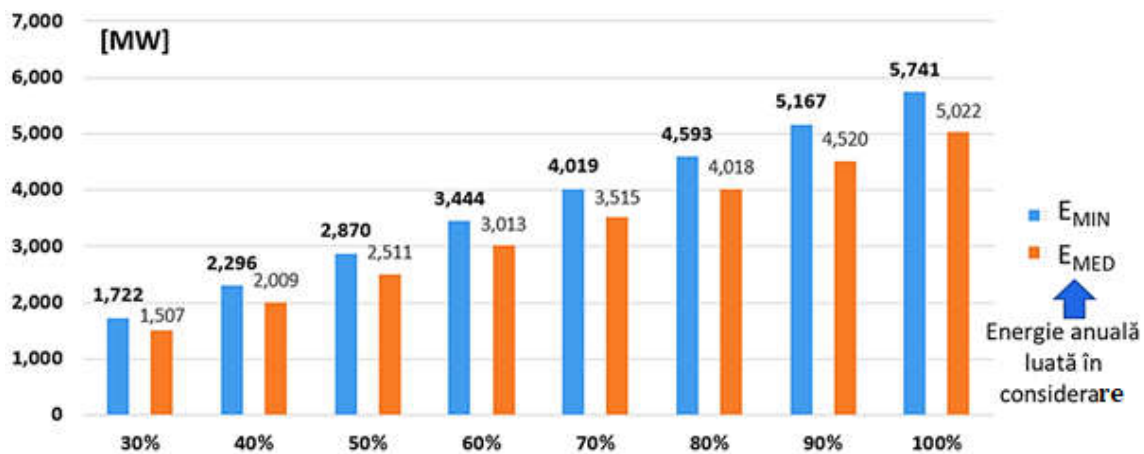


Figura 3.2. Necesarul de putere în CEF pentru diverse niveluri de acoperire anuală a consumului în Republica Moldova

În acest sens, se poate aborda un nou domeniu de dezvoltare durabilă, cel al împletirii armonioase a agriculturii cu CEF, adică o dezvoltare „agro-fotovoltaică” la nivel de țară. Un astfel de concept este extrem de propice unei țări ca Republica Moldova, caracterizate prin activități importante legate de utilizarea terenurilor agricole, care pot să cunoască noi valențe ale potențialului lor de sprijinire a unei societăți ce poate păstra în mod sustenabil și durabil activități tradiționale. În subcapitolul următor, dedicat obiectivelor principale de promovare în Republica Moldova, soluțiile agro-fotovoltaice și CEF flotante sunt listate în mod explicit.

Necesarul de 5.7 GW în instalații CEF, folosind doar 0.8% din terenul agricol al țării pentru a acoperi întregul consum la nivel anual, este coerent cu rezultatele similare pentru alte țări ([218,219]). O concluzie a organizației Greanpeace este ca în acest moment doar voința politică mai este necesară pentru a atinge un astfel de obiectiv [220]. Un studiu „World Wildlife Fund” arată că tot în Germania, arată că 2% din suprafața Germaniei este suficientă pentru a produce întreaga energie consumată la nivel anual doar din surse regenerabile [221]. Potențialul de asigurare a energiei electrice doar din SRE este subliniat și în [222], arătând că 1% din suprafața UE poate furniza întregul consum de electricitate al UE.

3.1.2. Elementele conceptuale ale noului sistem energetic

Roadmap-ul de dezvoltare a SEE în perspectiva anilor 2030 și 2050 trebuie să țină cont de câteva elemente esențiale. Este necesară o viziune holistică pentru armonizarea SEE cu celelalte fluxuri de energie, din care o parte se vor converti tot în energie electrică.

Evoluția prognozată a consumului necesar pentru activitățile tradiționale: consumul de energie va avea două tendințe diferite:

a) pe de o parte se observă că *consumul va crește ca urmare a dezvoltării societății spre o economie mai complexă și mai durabilă;*

b) pe de altă parte, *activitățile care folosesc energia electrică vor continua să devină mai eficiente*, deci din acest punct de vedere consumul poate să scadă.

Cele două tendințe se suprapun, astfel că este posibil de exemplu ca eficiența să crească cu 30%, iar consumul cu 20%, aceasta ducând la o scădere a consumului, sau este posibil că eficiența să crească cu 20% iar consumul cu 30%, cu efect combinat de creștere a consumului.

La aceste tendințe se mai adaugă faptul că procesul de trimitere a energiilor energofage către alte țări, după anii '90, să fie reevaluat ca urmare a unor politici noi, de reziliență economică. Criza Covid19 a arătat la rândul ei faptul că sectoarele industriale cheie este bine „să revină acasă”, pentru ca în caz de forță majoră să primeze interesul național sau european. Asta înseamnă că gradul de creștere a consumului are nu numai componenta creșterii economice bazate pe ramurile tradiționale și o electrificare mai completă în zona rurală, dar și pe noi ramuri ce au fost „expulzate” în trecut și acum se dorește readucerea lor în arealele naționale dar și a noilor domenii cum ar fi producția de PV-uri sau de baterii, fiind mai probabilă creșterea consumului în viitor.

Evoluția consumului condiționat de electrificarea unor activități ce folosesc astăzi combustibili fosili: O tendință importantă de viitor este creșterea gradului de electrificare a activităților din economie. În acest registru, există cel puțin două domenii majore care vor trece spre electrificare în următoarea perioadă:

- cel a *transportului*, în special legat de vehiculele mici și mijlocii (autoturisme, microbuze etc.), pentru care noua tendință de a folosi vehicule electrice în loc de cele cu ardere internă a trecut de un moment de cotitură, provocând o cotă în creștere de astfel de vehicule. Acest lucru înseamnă că un consum suplimentar de energie electrică, dintr-un domeniu în care nu era utilizată, va fi cel provocat de încărcarea bateriilor vehiculelor electrice, subiectul tratat în subcapitolul 3.5.

- cel al *încălzirii* bazate pe electricitate: directă (efect Joule), prin celule cu combustibil, prin pompe de căldură. Trebuie considerată și reconversia centralelor existente ce folosesc gaz metan (CH_4) în unele care să folosească CH_4 și hidrogen (H_2) verde - eventual combinat. O cotă din încălzirea actuală bazată pe CH_4 va trece în bilanțul consumului bazat pe energie electrică.

Întregul sistem energetic trebuie să aibă un nivel corespunzător de flexibilitate - definit pentru a echilibra în orice moment producția și consumul. Variabilitatea și incertitudinea nu sunt noi pentru sistemul energetic, deoarece sarcinile se modifică în timp și în moduri uneori imprevizibile, iar resursele convenționale eșuează pe neașteptate.

Totuși, în cadrul unei largi penetrări a surselor regenerabile, echilibrul între producție și consum devine mult mai dificil, atât datorită volatilității surselor regenerabile, cât și datorită imposibilității fizice de a acoperi consumul într-un mod direct, atunci când maximul de producție apare într-o altă perioadă din zi. Volatilitatea este parțial adresată de utilizarea programelor de prognoză tot mai precise și de reducerea timpului de închidere a piețelor tot mai aproape de timpul real (engl. gate closure), totuși momentele diferite de maxim al producției SRE și a consumului necesită măsuri suplimentare de flexibilitate, care depășesc capacitatea actuală de flexibilitate.

Orașe și comunități inteligente, reziliența energetică, sustenabilitate, economie circulantă

Soluții de tip Power to Gas (P2G) și energetică bazată pe hidrogen. Sursele regenerabile au prin natura lor un caracter stocastic. În prezent, UE a lansat un plan ambițios de finanțare a proiectelor ce urmăresc trecerea la economia H₂ iar țări dezvoltate ca Germania, Olanda, Franța, Italia investesc și dezvoltă tehnologii de producție, transport, stocare și utilizare a hidrogenului.

Multiple revoluții tehnologice. Există multiple tehnologii care permit în acest moment să aibă loc tranziția energetică atât de necesară. De obicei, tehnologiile care au o rată mare de îmbunătățire într-un timp scurt, sunt denumite „disruptive” caracterizate printr-o evoluție dată de curba „S” (figura 1 din Anexa 1). Câteva tehnologii în curs de a deveni „revoluții tehnologice” sunt:

- a) *PV-uri cu noua tehnologie bazată pe perovskit*
- b) *Stocare (multiple tehnologii)*
- c) *Electronica de putere (SiC, GaN)*
- d) *Informatica (digitalizare)*
- e) *Vehicule electrice (VE)*
- f) *Power to Gas (P2G) și Green gas*

Detalii legate de aceste tehnologii sunt prezentate în Anexa 1.

Politicile internaționale legate de costurile emisiilor de CO₂

Costul tonei de emisii CO₂ reprezintă un factor important pentru descurajarea producției de energie cu combustibili fosili și promovarea energiei curate [223]. Evoluția acestui cost a fost remarcabilă, ajungându-se de la sub 20 Euro/tona CO₂ la aproximativ 50 Euro/tona sau mai mult. Proiectul de viitor al UE de a taxa emisiile de CO₂ ale unor categorii de produse de import (mecanismul "Carbon Border Adjustment Mechanism" - CBAM) va influența prețul energiei de import, dintr-o țară unde nu există ETS [224], ca factor suplimentar de accelerare a tranziției.

3.1.3. Obiective de promovare a surselor regenerabile de energie către 2030 și 2050

Sprijinirea introducerii pe scară largă a surselor regenerabile

Sursele regenerabile reprezintă deja o soluție viabilă de păstrare a activității umane în condițiile luării în considerare în mod serios a schimbărilor climatice. În [225] se spune că „Aceste două probleme serioase - criza energetică și impactul asupra mediului, sunt probleme globale ale umanității, al căror rezolvare cade pe umerii inginerilor” (traducere din limba engleză). În aceeași lucrare se arată faptul că energia regenerabilă poate fi folosită ca sursă de energie centralizată dar și „larg distribuită” și că sursele descentralizate sunt în mod particular avantajoase, în special în zona rurală și pentru consumatori izolați. Conform aceleiași surse [225], figura 3.3 arată fluxul de energie în cazul utilizării SRE și principalele forme de energie provenită de la soare.

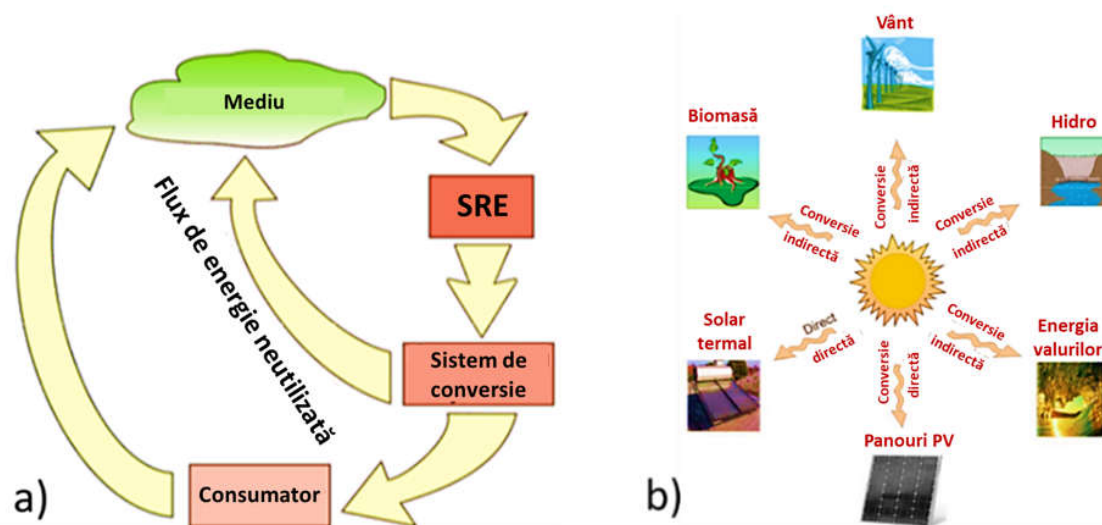


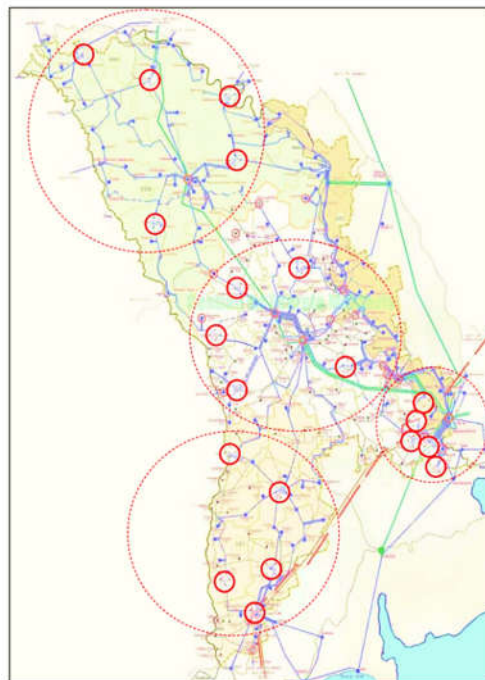
Figura 3.3. a) Fluxul de energie în cazul SRE; b) Principalele surse de energie solară [225]

Centrale electrice fotovoltaice și eoliene mari. Centralele fotovoltaice și parcurile eoliene, realizate ca investiții unitare de dimensiuni mari sunt atractive în special datorită costului mai scăzut al investiției specifice.

Prezenta teză de doctorat se concentrează în mod special asupra soluțiilor fotovoltaice, pentru care vede un aport substanțial în viitor, în timp ce alte studii au analizat amplu și potențialul eolian al Republicii Moldovei [226].

În figura alăturată din [226] sunt prezentate zonele din RM cu potențial eolian, lucrarea tratând în mod extins integrarea acestora în cadrul sistemului energetic național al RM.

Figura 3.4. Amplasamente CEE propuse pentru RM [226]



Prosumatori mici, mijlocii și comunități energetice

O altă direcție deosebit de importantă o reprezintă încurajarea producției la nivel local:

- producția locală la consumatori clasici, care devin în acest fel prosumatori; acest tip de producție distribuită se realizează în general prin PV-uri montate pe acoperișuri, în special în zonele rurale și în cartierele orășenești ce dețin cu preponderență case. Puterea instalată pe aceste acoperișuri, de obicei îndreptate spre Sud, este în domeniul 3 până la 10 kW;

- producția locală pentru prosumatori mijlocii, care se referă la instituții de stat cum ar fi școli, spitale și alte clădiri publice, până la clădiri industriale și pentru uz comercial. Puterile acestor instalații pot fi de 50 până la sute de kW. Dacă se adaugă și parcuri ale complexelor comerciale, utilizând copertine speciale, puterile pot ajunge și în domeniul MW-ului

- o a treia categorie importantă o reprezintă comunitatea energetică. De multe ori utilizatorii unei comunități nu au spațiul funcțional pentru a investi fiecare în mod individual într-o instalație SER, dar sunt dispuși să se organizeze în „cooperative” energetice, care să fie eventual în colaborare cu primăria sau cu altă entitate publică sau privată din arealul lor.

Abordarea unei soluții agro-fotovoltaice

În studiul realizat pe larg în [216], s-a arătat faptul că este necesară o parte mică din suprafața agricolă a RM pentru a asigura 30 sau 50% din consumul anual de energie electrică al țării. Studii recente arată că astfel de suprafețe se pot găsi sub formă de terenuri nelucrate, dar un potențial foarte mare îl au chiar suprafețele pe care au loc activități agricole, prin aplicarea unor tehnologii care sunt deosebit de promițătoare, respectiv activitatea agro-fotovoltaică. Pe scurt,

proiectele pilot realizate în mai multe locuri ale lumii arată faptul că există sinergii între agricultură și producția SRE cu PV-uri, care pot schimba de fapt percepția că PV-urile sunt în concurență cu agricultura. În Anexa A3.1 sunt date câteva din foarte multe exemple de exploatare agro-fotovoltaică a terenurilor, pentru diverse tipuri de utilizări (figurile 3.8 și 3.9). Conștientizarea acestui aspect, la care se adaugă și posibilitatea electrificării lucrului agricol (tractoare electrice, irigații) pot reprezenta soluții noi, de cotitură, într-o țară cu largă tradiție agricolă cum este RM.

PV-uri flotante

Un alt domeniu de interes este promovarea PV-urilor flotante. Există mai multe motive pentru care acestea pot deveni atractive: a) nu ocupă teren utilizat pentru activitățile umane uzuale (agricultură, spații intravilane etc.); b) asigură un randament mai mare al conversiei în timpul verii, dat fiind că panourile, al căror randament scade cu creșterea temperaturii, sunt mai bine răcite de suprafața de apă pe care flotează; c) de multe ori astfel de suprafețe de apă (de exemplu lacuri) se află în apropierea unor zone urbane, pentru care pot asigura energie într-o zonă apropiată consumului. În figura 4 din Anexa 1 sunt arătate realizări în acest domeniu. Un exercițiu care să arate potențialul acestor lacuri este făcut mai jos pentru două lacuri din RM (figura 3.5).

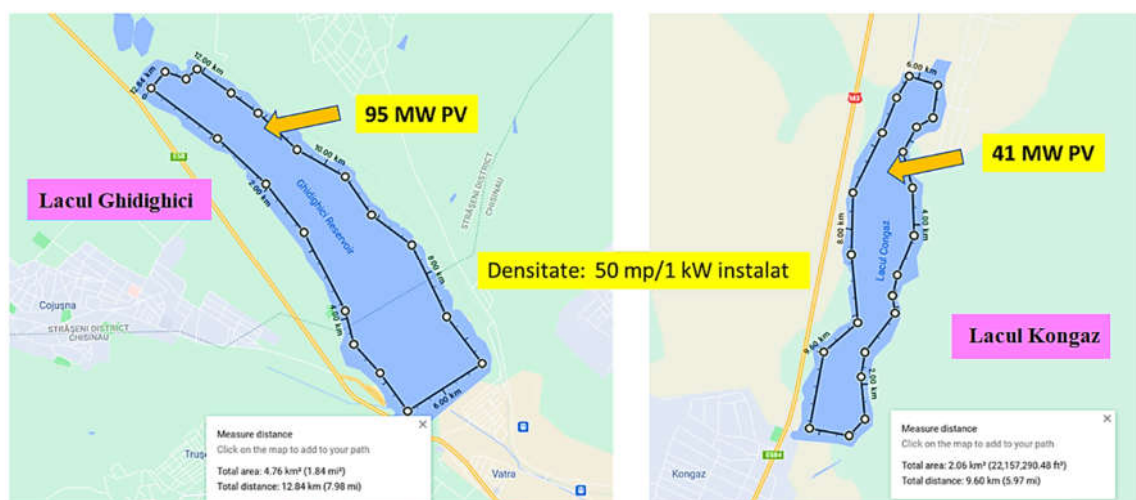


Figura 3.5. Potențialul de capacitate fotovoltaică pentru două lacuri din RM: Ghidighici și Kongaz, în condițiile unei densități reduse a panourilor fotovoltaice: 50 mp/1 kW instalat

Se poate observa faptul că potențialul unor astfel de lacuri nu este de loc neglijabil, ele având și avantajul că sunt în apropierea unor orașe (Chișinău, respectiv Kongaz). Astfel de lacuri există și în alte zone ale Republicii Moldova.

Sprijinirea complementării SRE cu elemente de stocare de mare capacitate și a celor de tip distribuit

Sisteme de stocare unitare de mare capacitate

Stocarea de mare capacitate reprezintă un element cheie în introducerea pe scară largă a regenerabilelor. Astfel, în acest domeniu, orice prejudecată trebuie complet înlăturată. Această abordare este necesară pentru că deja sunt anunțate proiecte gigantice bazate pe tehnologii noi de tip Li-Ion, exemplificate în Anexa 1. Obiective de dimensiunea a 10 GWh în baterii (sugerat pentru Republica Moldova) sunt deja depășite ca proiecte propuse la nivelul anului 2021.

Sisteme de stocare distribuite. Funcționare individuală sau agregată în centrale virtuale

Sistemele de stocare distribuite sunt destinate rezolvării locale a necesităților prosumatorilor și a micilor subsisteme, în general văzute ca fiind microrețele. Subiectul este dezvoltat în [227], arătând faptul că noi modele de afaceri pot fi construite pe cerințe actuale ale prosumatorilor și a comunităților energetice, asigurând valoare și timpi de returnare a investiției care să corespundă chiar și prețurilor actuale ale stocării, dar care să deschidă drum spre viitor, când prețul acesteia va continua să coboare, sprijinit de electromobilitate. La nivel superior, micile baterii individuale se pot agrega în entități mari, care pot fi coordonate sub forma unor centrale virtuale, care pot simula atât funcții de centrale clasice mari cât și agregarea răspunsului la sarcină.

Modernizarea sistemului electroenergetic național:

- îmbunătățirea condițiilor de flexibilitate a sistemului din interior, prin toate mijloacele sale (mecanisme automate, cum ar fi reglajul primar și secundar și cele de flexibilitate comandată, cum ar fi reglajul terțiar, demand response etc.)

O acțiune prioritară o poate reprezenta introducerea reglajului secundar frecvență-putere, pentru ca sistemul să își crească reziliența energetică și să nu depindă în mod ombilical de sistemele vecine (în acest moment, în special Ucraina).

- introducerea progresivă a contorizării inteligente și a elementelor importante legate de rețele inteligente (sisteme SCADA cu funcționalități DMS și EMS);

- creșterea rezilienței sistemului energetic și a utilizatorului final;

- creșterea interconectivității cu sistemele vecine (inclusiv prin promovarea de stații Back-to-Back, care să permită transferul controlat de putere cu un sistem nesincron cu sistemul RM).

Sprijinirea electromobilității

Acest subiect este dezvoltat într-un capitol distinct al Tezei, capitolul 3.5. Trebuie menționat însă că introducerea vehiculelor electrice nu rezolvă integral problema, atâta timp cât energia electrică consumată nu este la rândul ei obținută din surse ce nu produc emisii de carbon. În caz contrar, emisiile nu ar fi decât mutate din zona orășenească, unde sunt cele mai mari emisii de carbon, într-o zonă mai îndepărtată, unde se obține energia tot tehnologii tradiționale.

Sprijinirea decarbonării și electrificării încălzirii

Se știe că încălzirea reprezintă un domeniu care se caracterizează printr-o cantitate de energie consumată echivalentă sau mai mare decât cea din domeniul electric actual. O metodă sigură de scădere a decarbonării o reprezintă creșterea eficienței, care se prezintă în alte secțiuni ale tezei. Decarbonarea încălzirii se poate realiza prin mai multe metode, din care se vor enunța următoarele direcții: utilizarea combustibililor tradiționali dar obținuți din surse regenerabile („verzi”) și utilizarea combustibililor „verzi” pentru aducerea la parametri a agentului termic de încălzire. Astfel, infrastructura actuală de încălzire, în special bazată pe CET-uri, poate beneficia de adaptarea arzătoarelor pentru folosirea hidrogenului verde, a gazului metan verde sau a unui amestec al acestora. Folosirea hidrogenului din gaz metan printr-o procedură ce folosește capturarea bioxidului de carbon (CCS) poate fi de asemenea o soluție, cu condiția unor tehnologii CCS sigure și viabile economic.

Electrificarea încălzirii

Electrificarea încălzirii presupune realizarea acesteia prin utilizarea doar a energiei electrice. Printre posibilele soluții putem enumera:

- utilizarea directă a energiei electrice pentru a produce căldură, prin efect Joule (rezistoarele parcurse de curent produc căldură în conformitate cu formula $E = R \cdot I^2 \cdot T$).

În această situație, cantitatea de energie termică obținută este relativ apropiată de energia electrică utilizată.

- utilizarea energiei electrice pentru a „amplifica” cantitatea de energie termică. Acest lucru se poate realiza prin promovarea soluțiilor bazate pe pompe de căldură.

- utilizarea unor centrale de tip CHP (Combined Heat and Power), ca de exemplu celulele cu combustibil (fuel-cells), care pot de exemplu să folosească drept combustibil hidrogenul verde.

Sprijinirea sistemelor P2G și a soluțiilor bazate pe H₂ și CH₄ sintetic

Aceste soluții fac parte din eforturile de a face funcțională o economie a hidrogenului, aceasta fiind un purtător de energie ce poate acoperi zone ale decarbonării care nu pot fi soluționate cu ajutorul electricității pentru că nu sunt economice sau nu pot fi electrificate ușor.

Energia obținută din surse curate se poate utiliza pentru obținerea de hidrogen (H₂), gaz metan (CH₄) sau combustibil lichid cum ar fi metanolul, poate fi utilizată în perioade de timp în care sursa regenerabilă de bază se poate obține doar în cantități mici sau foarte mici. De exemplu, în perioada de iarnă, producția cu CEF poate fi mult mai mică decât cea din timpul verii, astfel încât devine necesar să existe o altă formă de energie curată, disponibilă pentru a acoperi consumul total. Soluția constă în stocarea energiei curate în perioada când aceasta este abundentă (de exemplu vara) și folosirea acesteia pe timpul iernii. Este vorba de stocare inter-sezonieră, pentru care bateriile, chiar și cu avansurile lor din ultima perioadă sau cu cele preconizate în următorii 10

ani, nu pot face față cerințelor. Înmagazinarea energiei în H_2 sau în derivați sintetici ai acestuia, cum ar fi CH_4 (care se poate obține din hidrogen prin reacția Sabatier) sau metanol, necesită punerea la punct a unor sisteme de tip Power to Gas (P2G). Astfel, de exemplu, energia în exces vara se poate transforma în hidrogen, pentru a fi stocată pe termen lung și apoi folosită iarna.

Domeniile de utilizare a hidrogenului au fost studiate în [228], organizându-le pe o scară A până la G, de la „inevitabil”, arătând că tehnologia este cea mai adecvată pentru acel domeniu, până la „Necompetitiv”, pentru care alte tehnologii curate sunt mult mai atractive.

Necesitatea strategică de a obține hidrogen „verde”, având ca primă tehnologie în acest moment cea a electrolizei apei, a capacitat întreaga lume pentru a ajunge să îl producă până în anul 2030 la un preț care să fie competitiv cu cel actual de pe piață, în jur de 1.5 - 2 USD/kg H_2 , în situația în care condițiile actuale permit obținerea hidrogenului verde la peste 1- USD/kg.

Pentru Moldova, acest efort dificil poate fi abordat inițial prin instalații pilot de mică dimensiune care să ne permită înțelegerea și gestionarea practică a tehnologiilor. Recent, un proiect ambițios de tip P2G și transport a hidrogenului la mare distanță este în curs de a lua formă, având Ucraina ca țară de origine a hidrogenului verde, obținut din SER, care să fie transportat până în Germania prin amestec cu CH_4 prin conducte dedicate inițial pentru transportul gazului metan, în timp ce o nouă conductă dedicată exclusiv hidrogenului să fie la rândul ei construită [229].

Digitalizare accelerată

Contorizarea inteligentă (engl. Smart Metering) și piețele de energie informatizate reprezintă principalii beneficiari ai digitalizării.

În plus, digitalizarea va permite implementarea de rețele inteligente, care suprapun partea de IT peste cea a sistemului energetic, permițând comunicații de timp real între toate entitățile, ducând astfel la îmbunătățiri în funcționare.

Modele de afaceri

Modelele de afaceri sunt ingrediente esențiale pentru punerea în practică a obiectivelor. Unele modele inovative sunt prezentate în [227].

3.1.4. Principalele elemente ale unei foi de parcurs către 2050

Conform celor mai noi studii, combinația de PV-uri, eoliene și stocare (engl. 100% SWB electricity systems, cu SWB = Solar Wind and Battery) [230], respectiv combinația eolian, apă și solar [231] pot acoperi integral întregul consum în cele mai multe țări din lume.

Considerente pentru construirea unei foi de parcurs

Sunt cel puțin câteva elemente care trebuie să ajute aceasta foaie de parcurs:

A) Politici de investiții care să privească energia ca pe un bun strategic (engl. *strategic*

asset) și nu ca pe un simplu bun de piață, obținabil oricând („comodity”); în acest sens, perioadele de analiză investițională trebuie să fie mult mai lungi decât în alte tipuri de afaceri, respectiv de cel puțin 8 până la 20 ani. Astfel, de exemplu, contractele de tip Power Purchase Agreement - PPA se caracterizează prin perioade de 15-20 ani, în anumite situații și mai mult și au condus la prețuri ale energiei foarte mici, garantate pe perioade lungi de timp.

Faptul că energia trebuie să aibă o componentă strategică (nu doar de tip „comodity”) o dovedesc și diversele crize energetice - inclusiv determinate de condiții geo-politice, care apar din când în când - și care pot afecta grav întreaga activitate societală, putând duce la crize majore globale. De asemenea, noile concepte de organizare în comunități energetice vizează reziliența și sustenabilitatea. Câteva exemple care probează calitatea de a obține prețuri mici ale energiei SRE pe o perioadă lungă de timp, deci premisele dezvoltării durabile, sunt prezentate în Anexa 1:

B) unele tehnologii necesită încă sprijin responsabil din partea societății. Astfel, de exemplu, PV-urile au necesitat scheme de sprijin până spre anii 2020, iar acum în cele mai multe cazuri aceste investiții se pot justifica doar prin condițiile de piață a energiei; alte tehnologii, care acum sunt în maturizare, cum ar fi *stocarea energiei electrice în baterii*, producerea de *hidrogen verde*, *electrificarea vehiculelor*, necesită diverse grade de sprijin, care trebuie asigurat pe intervale de timp date (de ex. 3 până la 5 ani), până acestea devin la rândul lor competitive.

C) cadrul legal de acceptare a introducerii regenerabilelor în sistemul electroenergetic trebuie să fie modern și flexibil. De exemplu, este necesar ca puterile instalate mici, de exemplu până în 10 .. 100 kVA, să fie sprijinite prin proceduri simplificate, de exemplu prin impunerea ca puterea injectată înapoi să nu depășească o valoare dată (de la zero până la puterea din contract a abonatului), caz în care instalațiile fotovoltaice cu invertoare dintr-o listă aprobată să fie anunțate operatorului de distribuție fără aprobare preliminară. Totodată, instalațiile montate pe acoperișurile de case trebuie să fie scutite de aprobări urbanistice sau altele de competența primăriilor.

D) terenurile pe care se pot monta centralele fotovoltaice nu trebuie să se limiteze numai la terenuri neutilizabile agricol, cu toate că acesta pot fi prioritare. Astfel, dat fiind că suprafața totală necesară pentru PV-uri este sub 1% din suprafața agricolă, trebuie să fie sprijinite cote de terenuri agricole, în special atunci când pot apărea sinergii, cum ar fi activitatea agro-fotovoltaică.

E) datorită presiunii mari asupra rețelelor electrice, foaia de parcurs trebuie să permită în mod prioritar dezvoltarea de *centrale regenerabile distribuite*. Abordarea bazată pe producție concentrată într-un loc unde sunt condiții climatice dar nu există consum, care în mod tradițional se rezolvă prin întărirea rețelei electrice, trebuie să fie ponderată în mod gradat cu soluții profund

distribuite, care să nu mai necesite substanțiale întăriri de rețea, dar care să faciliteze dezvoltarea de comunități energetice locale de tip inteligent, inclusiv a orașelor inteligente.

Un studiu NREL [232] arată că gradul de satisfacere a consumului local folosind doar PV-uri montate pe acoperișurile clădirilor poate fi substanțial, de la 25% până la 45% (Anexa 1).

Un rol esențial îl au puterile legislative și executive (Parlamentul și Guvernul), prin acțiuni legislative specifice, dar și ANRE, prin elaborarea unei legislații secundare echilibrate.

Scenarii ale foii de parcurs

Este necesară o dezvoltare progresivă, care să îmbine realizarea de ținte intermediare cu avansurile tehnologice bine definite și cu necesitatea de a învăța din mers.

O primă etapă o reprezintă promovarea tehnologiilor ce sunt deja bine înțelese, simultan cu realizarea de piloți de dimensiune crescândă pentru tehnologii care necesită încă lecții învățate și feedback prin exploatarea de facto. Se iau în considerare câteva posibile scenarii:

- Scenariul 1: dezvoltare lentă în perioada 2022-2030, cu o cotă $\leq 25\text{-}30\%$ SRE în 2030;
- Scenariul 2: dezvoltare sustinută în perioada 2022-2030, cu o cotă $\leq 40\%$ SRE în 2030;
- Scenariul 3: dezvoltare accelerată în perioada 2022-2030, cu o cotă de până la 55% regenerabile în 2030, în conformitate cu foaia de parcurs a Uniunii Europene.

Câteva aspecte specifice ale acestor scenarii au fost dezvoltate în alte capitole ale tezei.

Politici energetice naționale

În continuare se vor propune câteva elemente ce pot sta la baza politicilor naționale în Republica Moldova.

1) Se va facilita dezvoltarea de **surse electrice regenerabile** plasate în mod **distribuit** în toate regiunile țării unde există în vecinătate consumuri mari (orașe, industrie etc.). Acestea trebuie să fie în special bazate pe CEF și CEE, într-o proporție care să corespundă condițiilor de mediu ale RM, în urma unor studii aprofundate, multicriteriale. O contribuție de cel puțin 50% în solar s-a dovedit a fi posibilă (cap. 4.4). O combinație potrivită solar-eolian necesită studii suplimentare. Va fi analizat și dacă mai există încă potențial hidroenergetic ce poate fi atras în mixul energetic.

2) Se va pune accent pe **creșterea flexibilității sistemului electroenergetic**, în special prin proiecte importante, cum ar fi realizarea a cel puțin o **CHEAP** (locațiile favorite fiind pe malul Nistrului) combinat cu sisteme de stocare bazate pe baterii, acestea din urma prognozându-se că vor deține cea mai mare parte din necesar [227].

3) Se va avea în vedere luarea de **măsuri de flexibilitate care să reducă dependența de servicii tehnologice de sistem furnizate de țările vecine** (în special Ucraina) și construirea unei

foi de parcurs care să permită în final cuplarea la sistem european ENTSO-E, direct sau împreună cu Ucraina. Măsurile vor avea în vedere și creșterea capacității nete de transfer (CNT) cu țările vecine, prin mărirea capacității de transport a liniilor electrice transfrontaliere (engl. *tie-lines*) și eventual prin promovarea unor soluții flexibile de tip stație electrică back-to-back (B2B). Este de așteptat faptul că sistemele de stocare necesare integrării SRE vor avea capacități și puteri suficient de mari încât vor putea să furnizeze și servicii tehnologice de sistem (prin tehnologia de servicii simultane „suprapuse” - stacked services).

4) Se va **electrifica** treptat **încălzirea locuințelor**, fiind luate în considerare mai multe metode (încălzire directă - efect Joule, încălzire cu eficiență sporită a utilizării energiei electrice - bazată pe pompe de căldură, utilizarea actualelor CET-uri ce se vor adapta pentru hidrogen și gaz metan „verde” etc.), toate fiind însoțite de metode de creștere a eficienței utilizării căldurii prin retrofit (modernizare) la nivelul instalațiilor de încălzire și la nivel de clădiri.

5) se va **electrifica** treptat **parcul auto** de autoturisme și apoi de autobuze și camioane; acest proces va fi însoțit de soluții ICT de coordonare a încărcării (soluții echivalente cu cele de tip demand response) și de promovarea VE cu facilități V2G, al căror potențial de furnizare de flexibilitate, prin utilizarea energiei în baterii, este extrem de mare.

6) introducerea SRE va fi însoțită pe cât posibil de **soluții agro-fotovoltaice**, care vor aduce beneficii sinergice ambelor domenii, inclusiv electrificarea accelerată a agriculturii; acolo unde se dovedește fezabil, se vor încuraja și CEF flotante pe lacuri din apropierea marilor consumatori.

7) se va încuraja **digitalizarea activităților energetice**, inclusiv prin **contorizare inteligentă**, piețe de energie și de servicii de flexibilitate - clasice și de timp real, la nivel național și la nivel de comunități energetice, prin sisteme SCADA care să ajute operarea eficientă a rețelelor electrice; se vor promova inițiative ce conțin funcționalități ale *rețelelor inteligente* (Smart Grid).

8) se va încuraja **crearea de comunități energetice reziliente**, care să își reducă riscul față de defecte în rețeaua publică, față de fluctuațiile mari de prețuri în domeniul energetic, față de situații climatice extreme. Aceste comunități vor fi constituite și în perspectiva construirii viitoarelor orașe inteligente, în care reziliența și sustenabilitatea joacă roluri esențiale. În același context, se vor încuraja și micii producători SER, care să devină prosumatori.

9) se va încuraja realizarea de **piloți pentru tehnologii emergente**, cum ar fi cei de tip **Power-to-Gas**, respectiv obținerea și transportul hidrogenului verde, inclusiv în amestec cu gazul metan; acest domeniu urmează să fie dezvoltat în mod precaut până în anul 2030, așteptând maturizarea treptată a tehnologiilor la nivel internațional.

10) Se vor încuraja **noi modele de business**, cum ar fi contractele Power Purchase Agreement (PPA) - care garantează prețuri mici pe perioade de timp cunoscute (deci vor ajuta în mod predictibil și sustenabil alte activități ale societății), dar și abordări adecvate pentru tehnologiile noi, cum ar fi modelele financiare de tip „Storage as a Service” sau modele de cuplare producție RES cu stocare locală, ca soluții unitare.

11) se va **încuraja învățământul superior și cercetarea științifică** pentru a sprijini cu personal calificat și cu soluții adecvate noua revoluție energetică, în parcursul său ambițios către neutralitatea față de emisiile de carbon.

12) se vor realiza **politici energetice care să stimuleze aceste obiective** în mod eficient, prin legiuitor, guvern și prin organismul de reglementare în domeniul energiei.

3.2. Dezvoltarea SACET-lor ca platformă de integrare a sectoarelor energetice

3.2.1. Termoficarea – un sector cheie spre decarbonarea energiei termice furnizate

Uniunea Europeană se află într-un proces extrem de dificil de transformare pe calea spre neutralitatea climatică, care trebuie atinsă în anul 2050. În acest context, este necesar ca sistemul energetic, în deosebi cel de termoficare să fie regândit din temelii. Viitorul sistemului de termoficare va depinde de modul în care acesta va răspunde la cerințele de calitate, continuitate, emisii scăzute de CO₂ cu asigurarea și menținerea continuității sistemului energetic.

Astfel, este nevoie de un scenariu bine gândit cu un aport de surse regenerabile de energie și eficiență energetică ca un punct de pornire pentru anul 2030, dar nu este suficient pentru orizontul de timp 2050, deoarece va trebui de atins un obiectiv la nivel național de decarbonare pentru o economie cu emisii scăzute de carbon. Pentru sectorul de încălzire pot fi analizate și evaluate diferite opțiuni de decarbonare, care includ:

- reabilitarea eficient energetică a clădirilor existente;
- implementarea descentralizată a surselor regenerabile de energie în clădiri și industrie;
- integrarea surselor regenerabile de energie în sistemul centralizat de încălzire;
- integrarea căldurii reziduale rezultate din industrie în sistemul centralizat de încălzire etc.

Obiectivele politicii climatice conduc la tranziția energetică. Astfel are loc utilizarea pe scară tot mai largă a surselor de energie regenerabile (SRE). Cantitățile tot mai mari de SRE trebuie integrate pe piața energiei electrice. De exemplu, obiectivul Germaniei prezintă o pondere de 50% a SRE în consumul de energie electrică în 2030, în special din surse intermitente, cum ar fi vântul și soarele. Costul energiilor regenerabile are o tendință de scădere. SRE se apropie

de pragul de rentabilitate, astfel încât subvențiile nu mai sunt necesare. Generarea intermitentă de energii regenerabile necesită flexibilitate. În viitor, producția SRE:

- va depăși cererea;
- va lipsi complet timp de câteva zile până la două săptămâni (funcție mixul de producție CEE și CEF și de gradul de simultaneitate a lipsei de producție a acestora).

Generarea oscilantă și aleatorie a SRE trebuie compensate. O capacitate de generare flexibilă și sigură este esențială pentru a acoperi diferența oscilantă dintre cerere și aportul SRE (sarcina reziduală). Reducerea competitivității termoficării ca urmare a ponderii mari a SRE cu costuri marginale reduse:

- Creșterea eficienței prin folosirea energiei termice;
- Venituri suplimentare din vânzarea de energie termică;
- Energie termică produsă prin cogenerare (de exemplu: obiectivul guvernului german: 25% energie termică produsă prin cogenerare).

Cogenerarea va coexista cu SRE în perioada de tranziție. Aceasta se dezvoltă în paralel cu SRE.

3.2.2. Abordarea conceptuală a problemei termoficării pe teritoriul Republicii Moldova

În Republica Moldova, se disting, în prezent, două modele pentru lanțul valoric al energiei termice, de la producție la consumul final de energie termică, respectiv:

a) Sistemul de alimentare centralizată cu energie termică (SACET), reprezentat de sistemele de termoficare, care asigură producția, transportul și distribuția și furnizarea energiei termice la consumatorii finali în sistem centralizat. Scopul serviciului constă în asigurarea energiei termice necesare încălzirii și preparării apei calde de consum pentru populație, instituții publice, obiective social-culturale și operatori economici;

b) Sistemul descentralizat de producție și alimentare cu energie termică, care integrează două categorii de consumatori:

1. *Consumatorii care nu au acces* la sistemul centralizat de alimentare cu energie termică, reprezentați printr-o pondere semnificativă a populației Republicii Moldova care locuiește, cu precădere, în mediul rural, în localități izolate sau îndepărtate de centrele urbane, unde sistemele de termoficare nu au fost dezvoltate; acești consumatori utilizează, în principal, lemne de foc pentru producerea energiei termice;
2. *Consumatorii care au optat pentru debranșarea* de la sistemul centralizat de alimentare cu energie termică și consumatorii din orașele și localitățile unde sistemele centralizate de alimentare cu energie termică au fost desființate; acești consumatori adoptă diverse sisteme individuale de

încălzire.

Reducerea poluării în mediul urban este o prioritate globală, revine din ce în ce mai pregnant pe agenda publică în ceea ce privește reducerea emisiilor de dioxid de carbon și a altor emisii de gaze cu efect de seră. În acest context, termoficarea a redevenit un subiect de interes, acum când se caută soluții pentru orașele din ce în ce mai aglomerate, în care termoficarea poate reprezenta cea mai sustenabilă și mai eficientă metodă de încălzire și răcire centralizată a locuințelor, atât din punct de vedere al costurilor, cât și în ceea ce privește posibilitatea integrării diferitelor surse de energie.

În ceea ce privește cererea pentru răcire centralizată, la momentul realizării evaluării, infrastructura pentru sistemul centralizat de alimentare cu energie pentru răcire este inexistentă. Avându-se în vedere condițiile climatice din Republica Moldova, cererea de energie pentru răcire ar putea fi realizată doar pe o perioadă de aproximativ 3 luni pe an. La nivelul clădirilor rezidențiale aproape tot necesarul de energie pentru răcire este asigurat prin intermediul aparatelor de aer condiționat tip split, alimentate cu energie electrică, montate individual de fiecare consumator. Acest lucru este în general valabil și la nivelul clădirilor nerezidențiale însă, în acest caz, se constată, pentru clădirile noi, asigurarea răcirii și prin instalații centralizate, de tip chillere.

3.2.3. Aspecte generale ale sistemelor de alimentare centralizată cu energie termică

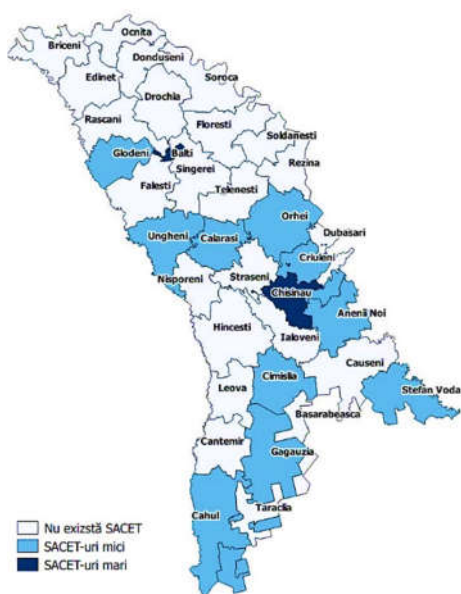


Figura 3.6. Geografia SACET existente

Sistemele SACET existente astăzi în Republica Moldova au fost edificate în perioada sovietică și poartă amprenta timpului respectiv. Din 41 sisteme, care au existat în trecut, până astăzi au supraviețuit doar 14, din care două mari - în municipiul Chișinău (SACET- Chișinău) și în municipiul Bălți (SACET - Bălți); alte 12 sisteme sunt localizate în orașe - centre raionale (fig. 3.6).

În sistemele SACET se produc anual aproximativ 1875 mii Gcal, din care consumatorilor se livrează în jur de 1510 mii Gcal (sau 151 ktep); nivelul curent al pierderilor de energie este de 19 - 20%. Contribuția (ponderea) SACET la aprovizionarea consumatorilor cu energie termică în țară în prezent constituie cca 15 % din total.

Măsurile concrete cu privire la eficientizarea sistemului de alimentare centralizată cu energie termică Chișinău includ trei componente:

Componenta 1 susține investițiile prioritare care vizează optimizarea și modernizarea rețelelor termice de distribuție cu obiectivul final de a reduce pierderile de energie termică, de a îmbunătăți calitatea serviciilor și a asigura eficiența și siguranța sporită a livrării de energie termică și apă caldă consumatorilor finali. Componenta 1 include:

- Modernizarea principalelor stații de pompare a agentului termic pentru a reduce consumul de energie electrică și a oferi o modalitate de operare modernă și eficientă cu debit variabil în cadrul SACET;
- Reabilitarea unor segmente ale rețelelor termice de distribuție pentru a asigura operarea SACET neîntrerupt și în condiții de siguranță, și a reduce pierderile de energie termică și apă caldă;
- Înlocuirea punctelor termice centrale vechi și ineficiente cu puncte termice individuale complet automatizate instalate la nivelul clădirilor pentru a furniza mai eficient, mai sigur și mai accesibil energia termică consumatorilor finali;
- Reconectarea la SACET a unui număr mare de clădiri și complexe de clădiri publice (care au fost anterior deconectate), pentru a îmbunătăți funcționarea SACET.

Componenta 2 acordă suport pentru eficientizarea funcționării SACET, care include:

- Construcția unei rețele termice suplimentare de interconectare a circuitelor CET-2 și CET-1 și construcția unei noi stații de pompare pentru rețeaua dată;
- Lansarea unui program de ameliorare a impactului social pentru personalul care ar putea fi afectat de o nouă restructurare;
- Efectuarea auditului de mediu pentru SA „CET-1”.

Componenta 3 oferă suportul necesar în aspecte tehnice și financiare. Aceasta include:

- Activități operaționale ale unității de implementare a diferitor proiecte, inclusiv activități de Monitorizare și Evaluare;
- Campanii de comunicare pentru diseminarea beneficiilor aduse de eficiența energetică și operarea eficientă a sistemelor SACET.

3.2.4. Eficientizarea sectorului de termoficare cu scopul sporirii flexibilității sistemului energetic

SACET existente în Republica Moldova au fost proiectate și construite în perioada sovietică, având puse la bază un șir de principii, care într-o economie concurențială nu mai fac față. Printre neajunsurile principale ale acestora sunt – o singură sursă de generare, lipsa de reglaj

a temperaturii la consumator, distribuția pe verticală a agentului termic în clădirile de locuit multietajate, lipsa serviciului de alimentare cu apă caldă menajeră pe timp de vară. Doar o reabilitare profundă a SACET existente poate face ca aceste sisteme să ofere servicii de calitate în condiții de eficiență energetică și economică.

Mai jos sunt prezentate măsurile principale de reabilitare a SACET cu scopul eficientizării acestora. Trecerea la sistemul orizontal de distribuție a agentului termic și instalarea punctelor termice individuale (PTI). Sistemul existent de distribuție verticală a agentului termic reprezintă un sistem monotubular, în care radiatoarele sunt conectate în serie; agentul termic circulând de la un corp de încălzire către altul își pierde din temperatura inițială. Aceasta înseamnă că la primul consumator temperatura agentului termic este la limita de sus admisibilă, iar la ultimul – temperatura frecvent este sub nivelul confortului dorit.

Sistemul de distribuție pe orizontală a agentului termic, cu montarea PTI în blocul de locuit, duce la:

- sporirea confortului termic;
- reducerea consumului de energie termică;
- disponibilitatea și calitatea furnizării energiei;
- sporirea calității apei calde menajere.

Soluția tehnică pentru blocurile racordate la sistemul centralizat de termoficare presupune:

- înlăturarea coloanelor verticale din apartamente;
- racordarea directă a blocului la magistrala de termoficare cu instalarea PTI;
- pentru blocurile racordate la rețeaua secundară (la punctele termice) – păstrarea a numai 4 conducte comune pe scara casei (2 pentru încălzire și 2 pentru ACM).

Toate blocurile multietajate de locuit, racordate la SACET, urmează de a fi reabilite în scopul trecerii la sistemul orizontal de distribuție a agentului termic (două conducte tur-retur la încălzire), contorizării separate la nivel de apartament și instalarea punctelor termice individuale.

Instalarea punctele termice individuale (PTI). Punctele termice individuale reprezintă un set de echipamente specializate, destinate:

- încălzirii blocului în regim automat, cu posibilitatea de reglare automată a temperaturii agentului termic, inclusiv în funcție de temperatura aerului exterior;
- încălzirea apei calde direct în perimetrul clădirii, ca rezultat sporirea calității ACM.

Instalarea PTI oferă un șir de avantaje, printre care:

- O mai bună calitate a serviciilor prestate (încălzire și preparare a ACM);
- Posibilitatea de reglare automată a temperaturii agentului termic funcție de factori externi;
- Posibilitatea monitorizării procesului de lucru la PTI;

- Protecție la suprapresiune a circuitelor secundare;
- Dispariția noțiunii de „început al sezonului de încălzire”.

PTI permit de a reduce cheltuielile pentru energia termică cu cel puțin 5-10%, iar în urma integrării cu sistemul intern de aprovizionare cu energie termică pe orizontală – cu peste 30%.

În sumar - avantajele sistemului de încălzire cu distribuție orizontală:

- Disponibilitatea apei calde non-stop, anul împrejur, la temperatura dorită;
- Posibilitatea reglării temperaturii în fiecare odaie în funcție de confortul dorit;
- Pornirea sau oprirea sistemului de încălzire a apartamentului atunci când se dorește, fără obținerea acordului vecinilor sau autorităților;
- Eliminarea oricărui risc de explozie sau contaminare cu substanțe toxice eliminate de centralele termice individuale pe gaze naturale;
- Contor individual;
- Contract direct cu furnizorul de servicii, cu mai multă independență față de vecini în relațiile cu furnizorul;
- Reducerea consumului cu circa 10-30%;
- Reducerea poluării mediului înconjurător;
- Apă caldă preparată direct la subsolul clădirii;
- Stăpânii apartamentelor nu mai sunt deranjați pentru verificarea contoarelor;
- Reabilitarea instalațiilor interioare de apă caldă și caldură.

Astfel, în urma trecerii la sistemul de distribuție pe orizontală, cu instalarea punctului termic individual al blocului locativ, consumul total de energie termică de regulă se reduce cu 25÷40% comparativ cu consumul anterior (distribuție pe verticală + PTC).

Reabilitarea rețelelor termice de transport și distribuție ale SACET. Reabilitarea rețelelor termice presupune înlocuirea țevelor vechi existente cu țevi preizolate cu poliuretan expandat (care asigură un nivel redus al pierderilor de energie termică), înlocuirea compensatoarelor existente cu cele silfonice, montarea robinetelor sferice, instalarea sistemelor de monitorizare și altele.

Sistemul de transport și distribuție a agentului termic cuprinde:

- țevi preizolate,
- elemente de conducte, preizolate: coturi preizolate, ramificații preizolate, goliri, aerisiri preizolate, reducății preizolate,
- sistem de semnalizare (o pereche de fire de semnalizare încorporate în țevele și fittingurile preizolate),

- accesorii specifice sistemului de conducte preizolate (perne de dilatare, căciuli de capăt, etc.).

Menținerea nivelului pierderilor tehnologice de energie termică sub nivelul de 15% implică utilizarea unor conducte cu performanțe mecanice și de izolare termică deosebite. Tehnologiile actuale de fabricare și montaj a conductelor pentru transportul și distribuția agentului termic, permit realizarea unor performanțe superioare.

Izolarea termică a clădirilor. Îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor prin aplicarea măsurilor de izolare termică a anvelopei și înlocuirea ferestrelor și ușilor exterioare permite economisirea resurselor energetice [233]. În cadrul clădirilor unde au fost implementare asemenea măsuri de eficiență energetică au fost obținute economii de energie în intervalul de 20÷25%.

3.3. Cogenerarea de înaltă eficiență și potențialul de sporire a eficienței energetice a sistemelor SACET

3.3.1. Esența cogenerării de înaltă eficiență

Cogenerarea energiei termice și energiei electrice, în comparația cu producerea separată a acestor două forme de energie, oferă o economie de combustibili precum și beneficii mediu. Randamentul global al producerii de energie pentru centralele de cogenerare este cuprins între 85-94% în comparație cu randamentul de 37-61% al centralelor termoelectrice. Această economie de energie primară este de cca 20-25% în comparație cu producerea separată a energiei termice și energiei electrice (fig. 3.7). Emisiile poluante (NO_x, SO_x, pulberi) și de gaze cu efect de seră la instalațiile de cogenerare sunt de asemenea mai mici, datorită consumului mai mic de combustibil.

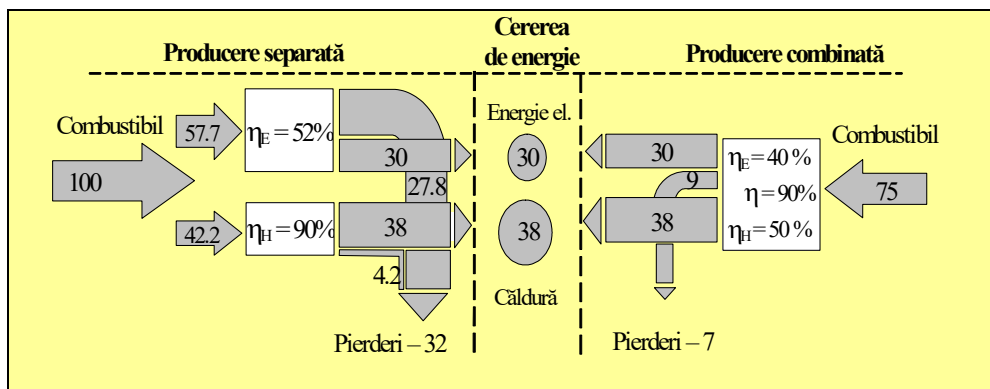


Figura 3.7. Eficiența globală a producerii energiei electrice și termice în cogenerare

Conform Directivei Eficienței Energetice, Directiva 2012/27/EU, cogenerarea de înaltă eficiență, se referă la unitățile de cogenerare care trebuie să asigure economii de energie primară

de cel puțin 10%, față de valorile de referință pentru producerea separată de energie electrică și termică. Indicatorul PES se determină cu formula (3.1):

$$EEP = \left(1 - \frac{1}{\frac{\eta_{Q,cog}}{\eta_{Q,ref}} + \frac{\eta_{W,cog}}{\eta_{W,ref}}} \right) \cdot 100 \quad (3.1)$$

unde: EEP reprezintă economiile de energie primară,

$\eta_{Q,cog}$ - eficiența termică a producției prin cogenerare, definită ca raport între producția anuală de energie termică utilă și echivalentul energetic al combustibilului utilizat pentru producerea de energie termică utilă și energie electrică în regim de cogenerare;

$\eta_{W,cog}$ - eficiența electrică a producției prin cogenerare, definită ca raport între producția anuală de energie electrică în regim de cogenerare și echivalentul energetic al combustibilului utilizat pentru producerea de energie termică utilă și energie electrică în regim de cogenerare.

$\eta_{Q,ref}$ - este valoarea de referință armonizată a eficienței de producere separată a energiei termice corespunzătoare unității de cogenerare considerate;

$\eta_{W,ref}$ - este valoarea de referință armonizată a eficienței de producere separată a energiei electrice corespunzătoare unității de cogenerare considerate.

În exemplul din fig. 3.7 cogenerarea se dovedește de a fi de înaltă eficiență întrucât economia de energie primară (EEP) constituie 25%, față de valoarea minimă de 10%. Directiva EED, în plus, stabilește că unitățile de cogenerare la scară mică și micro sunt considerate de asemenea instalații de înaltă eficiență în cazul în care utilizarea lor se dovedește a fi economic fezabilă.

De subliniat, că randamentele unităților de cogenerare de înaltă eficiență, aplicate în formula de mai sus, nu sunt cele nominale ale instalațiilor, ci randamentele operaționale ($\eta_{Q,cog}$ și $\eta_{W,cog}$). Ultimele depind de modul de funcționare (gestionare) a instalațiilor. Chiar și în cazul unei tehnologii/instalații moderne de cogenerare, o gestionare proastă poate conduce la o eficiență scăzută. În acest context, asigurarea unei înalte eficiențe – este o prioritate și provocare!

Pentru a asigura o înaltă eficiență a instalațiilor de cogenerare, urmează ca cele din urmă să fie utilizate doar în nodurile de consum în care există cerere pentru așa numita *energie termică utilă*. Altfel spus, instalațiile de cogenerare trebuie amplasate doar în nodurile în care regimul de consum al energiei termice este de așa natură (cantitate, continuitate) că să asigure o rentabilitate economică a investiției, precum și o economie de energie primară mai mare de 10% față de cazul producerii separate a celor două forme de energie (energie termică și energie electrică).

Cele mai potrivite aplicații pentru micro-cogenerare sunt: SPA-urile, piscinele acoperite, hotelurile și pensiunile, spălătoriile, acestea având un consum relativ mare de apă caldă pe tot parcursul anului. Micro-cogenerarea poate fi folosită împreună cu tehnologia de răcire prin absorbție pentru producerea apei răcite. În Republica Moldova, din motive de vulnerabilitate, utilizarea instalațiilor de micro-cogenerare în sectorul casnic rural într-o perspectivă de circa 10 ani nu se dovedește atractivă.

3.3.2. Cota optimă a cogenerării implicate în acoperirea sarcinii termice maxime anuale pentru Republica Moldova

Pentru a soluționa problema determinării în mod analitic a cotei optime a cogenerării implicate în acoperirea sarcinii termice maxime anuale ale Republicii Moldova, se va lua ca indice de reper lucrarea [234]. La baza acestui studiu a fost pus criteriul economic și așa numitele modele statice-echivalente celor dinamice.

În lucrarea menționată a fost abordată problema obținerii unor formule de calcul a cotei optime a cogenerării prezente în cadrul unui sistem de alimentare cu energie termică a unei zone / nod de consum. Criteriul de optimizare - cheltuielile totale actualizate minime pe durata perioadei de studiu, legate de sursele considerate de energie (instalații de cogenerare și de cazane de apă fierbinte). Regimul de consum a căldurii este prezentat prin curba anuală clasată, descrisă analitic de ecuația Sochinsky-Rossander.

Modelul matematic aplicat ia în considerare evoluția în timp a unui șir de parametri cum ar fi prețul de comercializare a energiei electrice produse, prețul de achiziție a combustibilului și alți factori. În plus, sunt considerate mai multe abordări ale problemei aferente mai multor regimuri de funcționare a surselor de energie. Expresiile analitice obținute pentru determinarea cotei optime a cogenerării au fost testate, demonstrând o coincidență a rezultatelor cu cele obținute prin aplicarea metodei evaluării și comparării variantelor.

Valoarea optimă a cotei de cogenerare x_{opt} poate fi obținută din condiția - $\partial F / \partial x = 0$, prezentată sub forma sumei derivatelor parțiale ale celor patru componente ale funcției $F(x)$:

$$u(x) = D_I + D_{O\&M} + D_{comb} - D_{VTA} = 0. \quad (3.2)$$

Se va nota:

$$B_W = V_{VTA} - \Delta C_{comb,W}^{Cg+Cz} \quad (3.3)$$

pentru a prezenta condiția de optimalitate într-un mod mai compact:

$$A - (1 - x)^{1/\beta} \cdot B_W = 0, \quad (3.3)$$

de unde rezultă formula de calcul a cotei optime a cogenerării:

$$1 - (A/B_W)^\beta. \quad (3.4)$$

În baza echivalenței cazurilor analizate se poate scrie:

$$x_{opt} = 1 - (A/B)^\beta \quad (3.5)$$

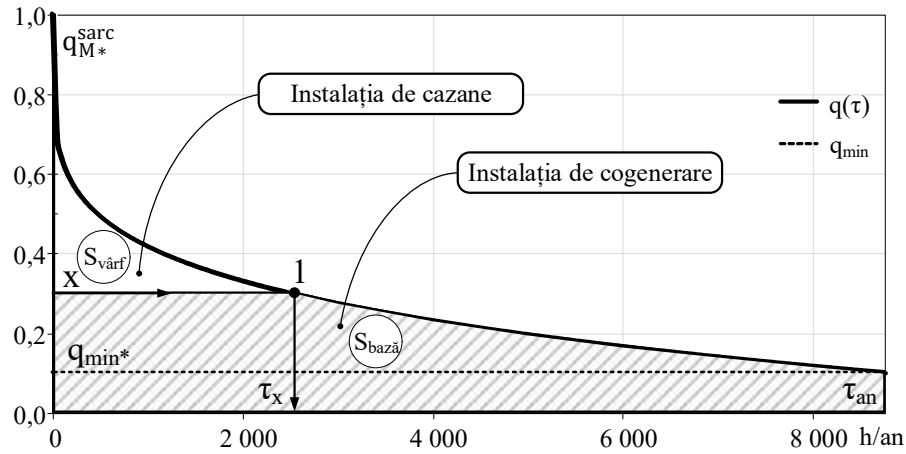


Figura 3.8. – Curba clasată anuală a sarcinii termice, acoperită de două surse

Ținând cont de relațiile de bilanț, în care sarcina termică maximă anuală și consumul anual de energie sunt mărimi cunoscute, precum și de faptul că pentru oricare nivel x de partajare a curbei de sarcină între zona de bază și zona de vârf ușor pot fi determinate analitic ariile suprafețelor respective - problema formulată mai sus, în esență, se reduce la o problemă de optimizare cu o singură necunoscută x (figura 3.8).

3.3.3. Sporirea flexibilității sistemului energetic național în sistemul centralizat de alimentare cu energie termică

Flexibilitatea SEN în sistemul centralizat de alimentare cu energie termică cu combinația diferitelor unități de încălzire poate echilibra sistemul energetic și poate contribui la sustenabilitatea viitoarelor sisteme energetice. Cu toate acestea, există o lacună în literatura de specialitate cu privire la imaginea de ansamblu a termenului de flexibilitate în termoficare. Pentru a umple golul cu privire la cercetare trebuie în primul rând să se realizeze un studiu de revizuire a componentelor sistemului de termoficare, a piețelor și a potențialului de flexibilitate în sistemul centralizat de alimentare cu energie termică.

În baza cadrului modelului modificat de arhitectură a sistemului de încălzire inteligent, descoperirile arată că pare să existe o piață pentru conceptul de SACET inteligent, utilizarea energiei din surse regenerabile în rețelele termice este importantă și există un potențial de flexibilitate în utilizarea surselor de căldură. Cu toate acestea, există provocări tehnice, politice și economice în utilizarea SACET, piața flexibilă a energiei termice nu este pregătită, iar aspectele sociale referitoare la utilizarea inteligentă a SACET nu sunt încă pe deplin explorate.

Ca răspuns la diferite provocări ale SACET, acesta se îndreaptă către implementarea sistemului termic mai inteligent - sistem de alimentare centralizat de a 4-a generație (4G). Acest sistem implică interacțiunea dintre sistemul termic inteligent și rețeaua inteligentă.

Adoptarea diferitelor tehnologii de încălzire poate îmbunătăți eficiența energetică și flexibilitatea în SACET. Diverse studii arată că potențialele de flexibilitate a energiei în sistemele SACET cu combinația diferitelor unități de încălzire (de exemplu, cogenerare (căldură și putere combinate), pompe de căldură) pot echilibra sistemul energetic. Cu toate acestea, majoritatea literaturii referitoare la flexibilitatea SACET din punct de vedere energetic se concentrează doar pe un aspect specific al încălzirii și al flexibilității, de exemplu tehnică sau aspecte de reglementare.

3.3.4. Provocări politice și economice pentru implementarea flexibilității în SACET

SACET poate oferi flexibilitate sistemului energetic utilizând tehnologii de energie regenerabilă de mare capacitate. Abordarea individuală se realizează ca înlocuirea cazanelor individuale pe gaz cu o pompă de căldură echipată cu acumulator electric și termic. În timp ce abordarea colectivă include clădirile racordate la SACET, care utilizează surse regenerabile (de exemplu, deșeuri, biomasă, centrale solare termice). Integrarea SACET în viitorul orașelor durabile este de așteptat să utilizeze pe scară largă centrale de cogenerare, căldura de la energie uzată și diverse industrii surse de căldură alternative, căldură geotermală și termică solară. Pentru a integra energia din sursele regenerabile sunt necesar diferite instrumente de analiză privind sursele de energie regenerabile, diverse sisteme de energie și obiective.

Cea de-a cincea generație a sistemului de alimentare cu energie termică (5GDH) a fost abordat în literatura de specialitate, iar rețelele 5GDH se află în stadiul incipient al dezvoltării, cu mai multe proiecte pilot în Europa. Ambele generații 4GDH și 5GDH se preconizează să atingă randamente mari prin funcționarea la temperaturi scăzute, iar 5GDH va fi mult mai flexibil de modificat.

Gestionarea rețelelor SACET este crucială pentru obținerea unei eficiențe înalte. Gestionarea inteligentă a sistemelor SACET se bazează pe cunoașterea detaliată a cererii termice la diferite niveluri: clădiri, rețele de distribuție sau centrală termică. Prognozarea sarcinii termice în rețeaua SACET este importantă pentru stocare și strategiile optime de pompare. Supravegherea sistemului de control și achiziție de date (SCADA) este utilizat în mod obișnuit în rețeaua SACET pentru a îmbunătăți gestionarea sistemului de încălzire. Utilizarea sistemului SCADA poate crește economia de energie pentru încălzire și reducerea costurilor de exploatare.

Strategia de control în DSM este necesară pentru a determina flexibilitatea maximă a sistemului energetic al unei clădiri. Flexibilitatea în clădiri poate fi realizată prin modificarea

cererii de energie [235,236]. În mod similar, flexibilitatea înseamnă „a consuma aceeași cantitate de energie într-o anumită perioadă, dar a distribui consumul de energie într-un mod variabil în aceeași perioadă”[237].

Concluzia cu privire la flexibilitatea SACET - piața / flexibilitatea în SACET nu este încă pregătită. Prin urmare, viitoarele cercetări privind piața / potențialul de flexibilitate sunt recomandate împreună cu cercetarea integrării trans sectoriale (energie electrică, încălzire și apă) prin intermediul mijloacelor de digitalizare.

3.4. Provocări legate de dezvoltarea și operarea sistemului electroenergetic

3.4.1. Problema echilibrării și servicii noi într-un sistem cu o largă penetrare a surselor regenerabile

Adecvanța sistemului electroenergetic reprezintă abilitatea acestuia de a acoperi consumul de energie în toate situațiile stabile ale sistemului [238]. O definiție se regăsește în [239]: „Adecvanța reprezintă capacitatea sistemului electroenergetic de a satisface în permanență cererile de putere și energie ale consumatorilor, luând în considerare ieșirile din funcțiune ale elementelor sistemului, atât cel programat, cât și cele rezonabil de așteptat a se produce neprogramat”.

Fenomenul "Dunkelflaute" (în germană) [240], adică perioade din an fără vânt și fără soare este semnalizat ca fiind o mare dificultate legată de o producție substanțială cu SRE, putând exista perioade de până la 4-5 zile în care să fie producție practic zero cu SRE. De exemplu, în România, din înregistrările TSO-ului s-a putut constata o perioadă de 2 zile în 2018 (figura 3.9).

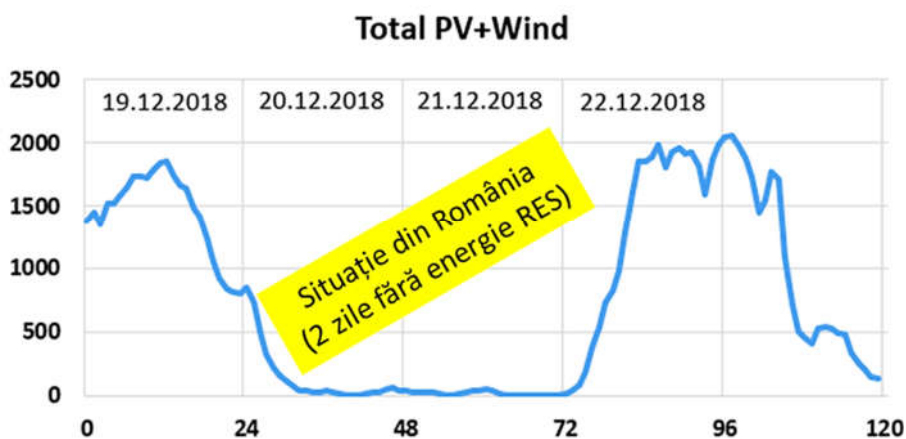


Fig. 3.9. „Dunkelflaute”[241], adică perioade din an fără vânt și fără soare

O situație similară se poate vedea pentru componenta de producție bazată pe PV-uri în Republica Moldova, pe baza unor înregistrări din orașul Bălți.

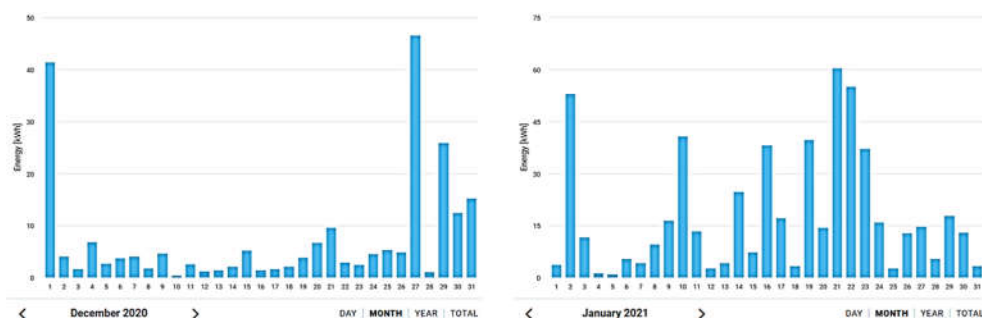


Fig. 3.10. Producția în decembrie 2020 și ianuarie 2021 a unei centrale fotovoltaice de 15 kW, arătând perioade de timp cu producție redusă din SRE

Echilibrul puterilor generate și consumate

Tradițional, echilibrul este realizat prin setul de măsuri dat de reglajul primar, reglajul secundar, reglajul terțiar și diverse resurse de flexibilitate din sistem. În condițiile unei largi penetrări a resurselor regenerabile bazate pe inverteoare, dinamica evoluției sistemului poate crește mult, necesitând diverse măsuri care să permită menținerea stabilității sistemului energetic în condițiile scăderii inerției mecanice date de grupurile tradiționale cu mașini mari în rotație.

Noi servicii tehnologice de sistem

Inerție sintetică, servicii rapide de sistem - literatura de specialitate semnalizează faptul că introducerea pe scară tot mai largă a surselor regenerabile ce se cuplează la sistemul electroenergetic prin sisteme bazate pe electronică de putere. În mod concis, acest fenomen se datorează scăderii masei totale în rotație a mașinilor sincrone, a căror pondere scade pe măsură ce se introduc generatoare bazate pe electronica de putere.

Schimbul transfrontalier

Creșterea capacității de transfer transfrontalier (noi linii în AC, stația back-to-back, perspectiva unei conexiuni în sincron cu ENTSO-E) este un subiect care trebuie analizat.

3.4.2. Stocarea energiei electrice ca formă de creștere a flexibilității

Integrarea în sistemul energetic a unor cote importante a surselor solare și eoliene, producția cărora are un caracter variabil, determinat de variația zilnică a radiației solare, ridică probleme de fiabilitate în alimentarea consumatorilor cu energie. În acest context, sursele solare de energie, precum și sursele eoliene sunt cunoscute ca surse variabile și/sau surse necontrolabile. Într-un sistem energetic tradițional pentru o asemenea situație s-ar fi purces la căutarea unor capacități adiționale de generare a energiei, însă în noile condiții, în care nu se mai poate miza pe resurse care să implice emisii de CO₂, o astfel de opțiune este tot mai mult evitată.

De exemplu, în SUA există deja mai multe cazuri în care centrale pe gaz utilizabile pentru perioade de vârf (așa numitele peak gas powerplants) încep să fie înlocuite de baterii care să

realizeze funcții similare. Următoarele exemple sunt date mai jos:

- În California, este deja pus în funcțiune un BESS bazat pe tehnologie Litiu-Ion, cu o putere de 300 MW și o capacitate de 1200 MWh, în locația Moss Landing [242]. Există totodată planuri pentru dezvoltări ulterioare de până la 1500 MW / 6000 MW.
- În Queens, New York, o centrală pe gaz utilizată pentru orele de vârf urmează să fie demolată și în locul ei va fi construită o baterie cu o capacitate de 2.52 GWh și o putere de 316 MW [243,244], asigurând deci furnizarea de energie pe o perioadă de maxim 8 ore, pentru perioada de vârf de seară (figura 5 din Anexa 1).

3.4.3. Digitalizarea sectorului energetic și sprijinirea inovării

Inovarea este esențială și trebuie focalizată pe sprijinirea dezvoltării și diseminării de soluții care cresc flexibilitatea sistemului, necesară pentru a integra cote din ce în ce mai mari de energie electrică produsă din surse regenerabile meteo-dependente.

Digitizarea sectorului energetic este esențială pentru a sprijini aceste cerințe. Aceasta servește scopul final în nenumarate moduri:

- permite reducerea costurilor pentru operații care tradițional se efectuează manual, de exemplu citirea indexurilor de contor automată, de la distanță, prin contorizare inteligentă;
- permite funcționarea unei piețe de energie cu granulație mică a intervalelor de decontare;
- asigură realizarea de entități agregate, cum ar fi Virtual Power Plant;
- permite funcționarea unor piețe locale - ale unor comunități energetice, bazate pe tranzacții mici și sigure (folosirea, de exemplu, a tehnologiilor blockchain este esențială);
- permite o mai ușoară introducere a unor servicii energetice inovative, care să asigure multiple soluții utilizatorilor finali;
- permite creșterea rolului utilizatorului final, fie el consumator, prosumator sau entitate energetică locală, prin implicare activă și responsabilă (în engleză „empowering”).

Digitalizarea trebuie să ia în considerare și securitatea cibernetică („cybersecurity”).

3.4.4. Politici de reciclare a deșeurilor după parcurgerea duratei de viață a PV-urilor și a bateriilor

Deșeurile ce rezultă după parcurgerea duratei de viață a panourilor fotovoltaice și a bateriilor utilizate pentru stocarea energiei electrice reprezintă o preocupare tot mai mare a specialiștilor din domeniu precum și a organelor de legislație, în principal prin două aspecte importante: a) posibilitatea recuperării unor materiale valoroase, care pot fi extrase în cantitate limitată la nivel mondial (cum ar fi cobaltul și litiul) și b) netratarea corespunzătoare a problemei

poate duce la poluarea mediului ambiant cu materiale ce pot fi periculoase. Un avantaj îl reprezintă faptul că rezolvarea primului aspect necesită procesarea deșeurilor, în scopul extragerii materialelor valoroase, proces tehnologic care are potențialul de a sorta și materialele toxice sau care au în diverse moduri un impact negativ asupra mediului.

Rezolvarea acestor probleme a devenit importantă în ultima vreme pentru că în acest moment încep să apară cantități importante de astfel de deșeuri, ca urmare a atingerii duratei de viață atât pentru unele contingente de PV-uri cât și pentru primele generații de baterii. Datorită faptului că aceste cantități sunt importante, a devenit totodată atractiv economic să apară firme specializate în reciclarea deșeurilor, rezolvând simultan ambele probleme enunțate anterior. Măsuri legislative relevante care arată faptul că problema începe să fie tratată serios, sunt prezentate în continuare.

Astfel, reglementările europene cer deja o valorificare de 85% și o pregătire pentru reutilizare și reciclare de 80% a materialelor utilizate în PV-uri, conform Directivei europene "Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)", care a fost extinsă în anul 2012 pentru a conține și produsele legate de producția solară [245], Anexa IV, punctul 4 - Echipamente de mari dimensiuni, panouri fotovoltaice și Anexa V privind obiectivele minime). Un exemplu de aplicare a acestei directive este dat în [246], arătând că numai în Franța au fost colectate peste 5000 tone de module PV, din care 94.5% pot fi reciclate, o valoare peste cea solicitată de directivă, modulele urmând să fie reciclate în unități specializate.

În legătură cu bateriile, Uniunea Europeană este foarte activă [247], existând deja Directiva europeană 2006/66/EC legată de baterii, acumulatori și deșeurile de baterii și acumulatori [248], adaptată de mai multe ori (ultima dată în anul 2013), precum și o nouă propunere a Comisiei Europene legată de baterii și deșeurile de baterii [249], ale căror anexe [250] prevăd grade de recuperare a materialelor în urma reciclării, în care se stipulează faptul că materiale esențiale, cum ar fi cobaltul, cuprul, plumbul și nichelul trebuie recuperate în proporție de 90% din anul 2026 și de 95% din anul 2030, în timp ce litiul va trebui recuperat în procesul de reciclare în proporție de 35% în 2026, respectiv 70% în anul 2030 (Anexa XII).

3.5. Vehicule electrice

3.5.1. Impactul și potențialul de flexibilitate a vehiculelor electrice asupra sistemului electroenergetic

Vehiculele electrice (VE, engl. Electrical Vehicle - EV) sunt importante în cadrul viitorului sistem energetic din mai multe perspective:

- prezența VE va duce la o creștere semnificativă a consumului național de energie

- electrică, ca urmare a înlocuirii treptate a vehiculelor clasice, cu ardere internă;
- încărcarea bateriilor VE cu un anumit coeficient de simultaneitate trebuie analizată pentru a determina puterea ce trebuie asigurată de sistemul electroenergetic și pentru a înțelege necesitățile întărire a rețelei electrice, pentru a suporta aceste noi regimuri;
- datorită faptului că încărcarea bateriilor VE ar putea fi programată în timp și modulată în putere, există posibilitatea ca încărcarea să poată fi controlată la un nivel superior prin aplicații ICT (Information&Communication Technology), astfel încât modul de încărcare să devină un *instrument de flexibilitate* la nivel local dar și la nivel de SEE;
- dacă convertoarele VE ce alimentează în tensiune alternativă bateriile acestora sunt prevăzute să funcționeze bidirecțional, este posibil ca o cotă parte din VE să furnizeze energie electrică înapoi în rețeaua electrică (soluție V2G sau Vehicle to Grid), putând furniza energie electrică pentru echilibrare, ca formă suplimentară de flexibilitate.

Fiecare din aceste aspecte necesită o analiză mai detaliată, care se va face, în linii mari, în secțiunile următoare, în perspectiva unei introduceri gradate a VE în parcul de automobile al RM.

Calculul în detaliu legat de impactul VE în consumul național de energie al unei țări, cu particularizare ulterioară pentru RM, este prezentat în Anexa 3, obținându-se rezultatele din tabelul A6.1, în care se poate observa faptul că pentru o rată mică a VE efectul în consumul de energie la nivel de țară este mic (doar 7.6% pentru o pondere de 30% în VE), în situațiile unei largi adoptări a VE, situații caracterizate prin rate mari de pătrundere ($\geq 70\%$), consumul național crește cu 17 până la 25%. Este important de menționat faptul că acest surplus de energie ar trebui să vină din surse regenerabile, pentru a asigura caracteristica de transport curat, deci această creștere de consum trebuie să aibă un impact asupra necesității suplimentare de RES la nivel național.

3.5.2. Impactul VE asupra consumului de energie electrică la nivel național

Se știe faptul că una din caracteristicile tehnice specifice ale VE este legat de timpul total de încărcare (80% sau 100%) a bateriei acesteia, pentru care este o tendință că acest timp să fie cât mai mult micșorat (încărcare cât mai rapidă a bateriilor), astfel încât alimentarea cu energie a acestora să fie mai apropiată ca timp de cel specific vehiculelor clasice, cu ardere internă.

Există mai multe tipuri de standarde pentru încărcarea VE, din care se enumeră:

- Tipul 1: încărcare la destinația VE, de obicei acasă, care se realizează în regim monofazat, uzual prin cuplarea la o priză normală, protejată de o siguranță cu un curent maxim de 16 A. O astfel de încărcare se caracterizează printr-o putere maximă de aproximativ 3.5 kW;
- Tipul 2: încărcare în locuri publice, printr-o priză specială de tensiune alternativă trifazată, puterile maxime uzuale fiind de 11 kW (coresp. 16 A pe fază, tensiune

alternativă, trifazată) și 22 kW (coresp. 32 A/fază, tensiune alternativă, trifazată);

- Tipul 3: încărcare rapidă în tensiune continuă (t.c.); aceste sisteme de încărcare sunt cele mai moderne în acest moment și vor crește ca număr în viitorul apropiat. Există mai multe standarde de acest tip (fast DC charging), dar merită menționat CHAdeMO și CCS, primul asigurând o putere de până la 50 kW, iar al doilea de până la 350 kW.
- Noi tipuri sunt în curs de standardizare, pentru a face față încărcării rapide a autobuzelor electrice și a camioanelor de mare tonaj, cu puteri de peste 3 MW.

În aceste condiții, pe lângă energia necesară acestor VE, estimată la nivel național în secțiunea anterioară, este necesar a se cunoaște care este puterea locală absorbită dar și cea cumulată la nivel național, pentru că aceste valori pot avea un impact important asupra transportului și distribuției în rețelele electrice, care ar putea necesita noi investiții în infrastructura.

Pentru a da o primă dimensiune asupra puterii cumulate necesare, putem să luăm în considerare următorii parametri:

- numărul total de autoturisme în rula (parcul rulant) la un moment dat în țară N_{AUTO} ;
- procentul de vehicule electrice din numărul total, notat K_{VE} ;
- puterea medie absorbită pentru o stație de încărcare utilizată acasă utilizate la încărcarea pe timp de noapte: P_{Type1} (încărcarea acasă a VE se poate asimila cu tipul 1 de încărcare);
- gradul de simultaneitate a încărcării VE-urilor acasă pe timp de noapte: Sim_{Type1} (se așteaptă că încărcarea acasă a bateriilor VE să se realizeze seara, sau mai curând noaptea, când consumul tradițional scade și crează așa zisul „gol de noapte”);

Pentru $N_{Auto} = 10^6$ autoturisme, se poate face un tabel cu puterea necesară pentru încărcarea simultană a acestor vehicule pentru diverse valori ale K_{VE} . Tabelul de mai jos prezintă scenariul puterilor absorbite prin încărcarea la domiciliu a acestor vehicule, cu o prezență în creștere în timp (către anul 2050). Proiecția în domeniul timp ar putea fi: 2030 pentru $K_{VE}=10\%$, anul 2040 pentru 50% VE și anul 2050 pentru 90% sau mai mult în VE.

Tabelul 3.1. Puterea absorbită simultan la nivel național în cazul încărcării VE în timpul nopții din rețeaua casnică (analiză preliminară)

Procent VE-uri	VE-uri	P (Tip 1) [kW]	Coef. simult.	P_tot [MW]
10.00%	100,000	2	0.06	12
30.00%	300,000	2	0.08	48
50.00%	500,000	3.5	0.09	158
70.00%	700,000	4.5	0.1	315
90.00%	900,000	4.5	0.12	486
100.00%	1,000,000	4.5	0.15	675

Tabelul face o analiză preliminară simplificată, considerând faptul că:

- va crește în timp puterea de încărcare casnică, de la o medie de 2 kW azi (conector tip 1 ce poate furniza până la 16 A / 230 V sau 3.5 kW, dar pentru care media inițială (pentru $K_{VE}=10\%$) este aleasă mai mică), cu posibilitatea de a evolua în viitor spre puteri mai mari, de exemplu până la o medie de putere de 4.5 kW (puterea momentană ar putea fi mai mare, de exemplu 7 kW, corespunzătoare unui curent de 32A, dar încărcarea se realizează progresiv la puteri tot mai mici pe măsură ce bateria se încarcă.
- va crește în timp gradul de simultaneitate naturală (fără coordonare a încărcărilor), pentru că vor fi tot mai multe vehicule care vor avea posibilitatea să se încarce acasă (prin cerințele noi de urbanism, specifice orașelor inteligente - ce vor solicita puncte de încărcare ca o condiție de realizare a oricărei noi construcții, vor avea un rol vital).

Se poate observa faptul că puterea absorbită simultan va ajunge, pentru o penetrare de 90% VE (de ex. în 2050), la peste 50% din puterea actuală pe timp de noapte a întregului sistem național.

Aceste rezultate arată că pentru ambientarea VE, trebuiesc luate în viitor diverse măsuri, cea tradițională fiind întărirea rețelelor electrice pentru a permite transportul și distribuția unei puteri mult mai mari. Alte măsuri, bazate pe noi tehnologii, sunt tratate în continuare.

3.5.3. Potențialul de flexibilitate a încărcării bateriilor VE în contextul unei largi penetrări a surselor regenerabile

Soluțiile actuale de încărcare a VE sunt în acest moment de tip „Connect and forget”, similar cu situația cuplării surselor regenerabile în perioadele de început.

Acest lucru se datorează în principal faptului că în acest moment numărul de VE este încă mic, iar rețeaua electrică nu este atât de încărcată încât să necesite soluții mai inteligente. În viitor însă, numărul de stații de încărcare va crește substanțial - pe măsură ce va crește numărul de VE, astfel încât se va ajunge destul de repede la limitări de rețea, lucru care va duce la necesitatea de a avea întăriri de rețea (soluție menționat anterior) și/sau soluții mai inteligente sau care să propună arhitecturi noi. Se menționează în acest sens următoarele posibile măsuri:

- coordonarea prin mijloace ICT a încărcării diverselor VE (aplicații care să permită reducerea coeficienților de simultaneitate naturali - adică cei rezultați ca urmare a comportamentului natural al persoanelor); această măsură de agregare și coordonare a încărcării VE poate fi privită ca una de creștere a flexibilității la nivel local și de SEE.
- folosirea de sisteme de stocare locale (numite și „boostere”), care să asigure o „laminare” a puterii cerute din rețeaua electrică, de exemplu prin încărcarea din rețea a BESS la o putere constantă, bateria fiind un "buffer de energie" pentru încărcările propriu-zise.
- folosirea unor sisteme locale hibride (tensiune alternativă și continuă), care să integreze

pe partea de tensiune continuă bateria, producții locale PV (care pot aduce un anumit aport în energie) și încărcarea propriu-zisă care trebuie să fie tip „fast charging DC”.

Pentru măsura cu booster bazat pe BESS, se poate exemplifica situația în care sistemul format din booster și stația propriu-zisă de încărcare (numită și „dispenser”) absoarbe constant o putere dată din rețea, de exemplu 50 kW, dar dispensele pot asigura o putere de 500 kW pentru o perioadă de timp de 10 ori mai mică - în momentul când VE se încarcă propriu-zis. O astfel de arhitectură ar permite scăderea în mod substanțial a puterii maxime cerute din rețea. O astfel de situație, combinată cu implementarea unei rețele hibride (AC și DC), este prezentată principal în figura 3.11.

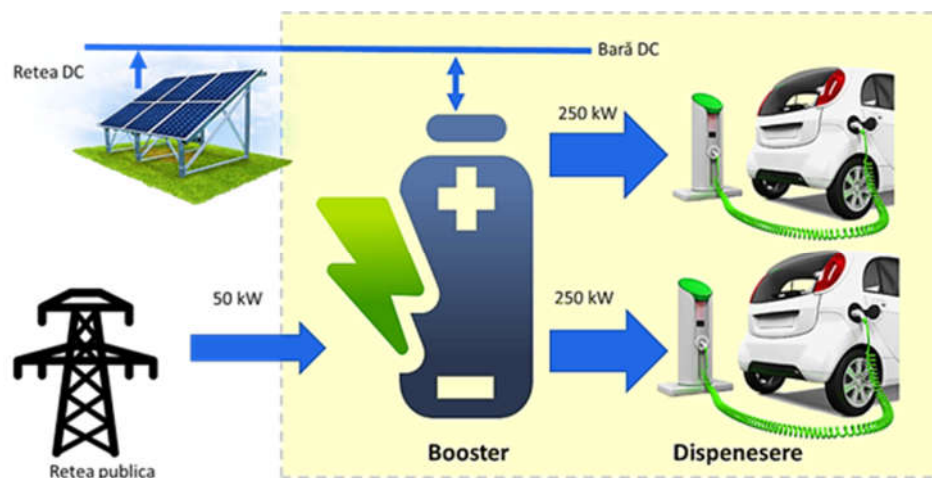


Figura 3.11. Stație de încărcare VE cu booster, dispense și rețea hibridă AC-DC

3.5.4. Potențialul de flexibilitate aferent VE cu caracteristici V2G

Varianta de schimb bidirecțional de putere reprezintă un mare potențial de utilizare a bateriilor pentru sprijinirea cu servicii de flexibilitate a sistemului electroenergetic. Pentru a analiza potențialul de flexibilitate dat de tehnologia V2G, se face în continuare un calcul simplificat.

Se consideră din nou un număr de vehicule electrice aflate la un moment dat în circulație $N_{EV} = N_{Auto} K_{VE}$ și se alege ca dată suplimentară de intrare o capacitate medie a bateriei per vehicul electric ca fiind $E_{Bat_{VE}}$. În tabelul de mai jos este prezentată o posibilă evoluție a energiei disponibile în bateriile VE folosite în aplicații V2G. În coloana 1 a tabelului de mai jos sunt alese aceleași valori pentru proporția de VE din totalul de autoturisme ale RM - ca în analizele anterioare; în coloana 3 este estimată capacitatea medie a bateriilor autoturismelor, care se așteaptă să crească în timp, pe măsură ce numărul de VE crește, datorită avansurilor tehnologice; în coloana 5 este estimat un procent de VE ce sunt dispuse să participe la servicii V2G (o analiză realistă nu va lua în considerare tot parcul auto de tip VE că având facilități V2G și dorința de a participa la servicii

asociate). Coloana 6 prezintă proporția din baterie pe care posesorul VE o alocă serviciului V2G.

Se observă faptul ca la procente cele mai mari ale prezentei VE (70-100%) se pot pune la dispoziție SEE, ca instrument de flexibilitate, între 2 și 8 GWh, ultima cifră fiind apropiată de necesitate de stocare la nivel zilnic rezultată în cazul unui procent în CEF care să acopere 50% din consumul anual de energie electrică. Astfel, electromobilitatea nu aduce doar provocări, dar poate ajuta substanțial la necesarul de flexibilitate într-un scenariu cu largă contribuție RES. Rezultatele preliminare arată că VE cu V2G pot acoperi până la 50% din necesarul de flexibilitate (în subcap. 4.4 este estimată necesitatea unei stocări la nivel zilnic de aprox 10 GWh pentru 50% SRE).

Tabelul 3.2. Posibila evoluție a energiei disponibile în bateriile VE pentru aplicații V2G

1	2	3	4	5	6	7
Procent VE-uri [%]	Număr VE-uri	E _{VE} [kWh]	E _{total} [MWh]	V2G Share	Proporție Bat. V2G	E _{Tot_V2G} [MWh]
10%	100,000	30	3,000	1%	20%	6
30%	300,000	40	12,000	5%	25%	150
50%	500,000	50	25,000	10%	30%	750
70%	700,000	70	49,000	12%	35%	2,058
90%	900,000	80	72,000	15%	40%	4,320
100%	1,000,000	100	100,000	20%	40%	8,000

Concluzii la Capitolul III

1. Necesarul de centrale fotovoltaice în Republica Moldova (RM) s-a determinat în mod simplificat pe baza calculelor efectuate. S-a extins analiza inițială făcută pentru 30% respectiv 50% acoperire, cu valori ale capacității CEF care să acopere între 30% și 100% din consumul anual al țării. S-a arătat că dacă în mod ipotetic se acoperă cu CEF chiar și 100% din consumul țării, puterea instalată necesară este de 5.74 GW, care reprezintă doar 0.8% din suprafața agricolă a RM.
2. S-a propus pentru prima dată abordarea unui nou domeniu de dezvoltare durabilă, cel al împletirii armonioase a agriculturii cu CEF, prin realizarea unei dezvoltări „agro-fotovoltaice” la nivel de țară. Un astfel de concept este extrem de propice unei țări ca RM, caracterizate prin activități importante legate de utilizarea terenurilor agricole, care pot să cunoască noi valențe ale potențialului lor de sprijinire a unei societăți ce poate păstra sustenabil și durabil activități tradiționale. Printre obiectivele principale de promovat în RM, soluțiile agro-fotovoltaice și CEF flotante sunt listate explicit.
3. Roadmap-ul de dezvoltare a sistemului electroenergetic în perspectiva anilor 2030 și 2050 trebuie să aibă o viziune holistică care să asigure armonizarea sistemului electroenergetic cu celelalte fluxuri de energie, din care o parte se vor converti tot în energie electrică.
4. O tendință importantă de viitor este creșterea gradului de electrificare a activităților din

economie. În acest registru, există cel puțin două domenii majore care vor trece spre electrificare în următoarea perioadă: cel a *transportului*, în special legat de vehiculele mici și mijlocii, pentru care noua tendință de a folosi vehicule electrice și cel al *încălzirii* bazate pe energie electrică.

5. Un alt domeniu de interes este promovarea PV-urilor flotante. Un exercițiu care să arate potențialul acestor lacuri este făcut pentru două lacuri din RM. Potențialul unor astfel de lacuri nu este de loc neglijabil, având și avantajul că sunt în apropierea unor orașe (Chișinău, Kongaz).

6. Au fost propuse 12 elemente conceptuale ce pot sta la baza politicilor naționale în Republica Moldova cu dezvoltare în perspectivă pe termen lung în Strategia Energetică către anul 2050.

7. Flexibilitatea SEN în sistemul centralizat de alimentare cu energie termică cu combinația diferitelor unități de încălzire poate echilibra sistemul energetic și poate contribui la sustenabilitatea viitoarelor sisteme energetice.

8. Ca răspuns la diferite provocări ale SACET, acesta se îndreaptă către implementarea sistemului termic mai inteligent - sistem de alimentare centralizat de a 4-a generație (4G). Acest sistem implică interacțiunea dintre sistemul termic inteligent și rețeaua inteligentă.

9. Vehiculele electrice sunt importante în cadrul viitorului sistem energetic. Fiecare din aspectele menționate necesită o analiză mai detaliată, care s-a realizat, în linii mari, în perspectiva unei introduceri gradate a VE în parcul de automobile a Republicii Moldova.

10. S-a observat faptul că, dacă pentru o pătrundere mică a VE efectul în consumul de energie la nivel de țară este la rândul său mic (doar 7.6% pentru 30% VE), în situațiile unei largi adoptări a VE, de ex. $\geq 70\%$, consumul național crește cu 17 până la 25%. Acest surplus de energie trebuie să vină din surse regenerabile, implicând SRE suplimentare la nivel național.

4 DETERMINAREA CONSUMULUI DE CĂLDURĂ ÎN REPUBLICA MOLDOVA ÎN PROFIL TERITORIAL, A POTENȚIALULUI DE COGENERARE A ENERGIEI ȘI DE ELECTRIFICARE A SECTORULUI DE ÎNCĂLZIRE

4.1. Calculul consumului de căldură în țară în profil teritorial la nivelul anilor 2020 și 2030

4.1.1. Necesitatea determinării consumului curent de căldură. Abordarea conceptuală a problemei.

În contextul desfășurării tranziției energetice, promovării eficienței energetice și energiilor regenerabile, este absolut necesar de a deține informații complete și veridice cu privire la consumul de resurse energetice, inclusiv la nivelul unităților administrativ-teritoriale (UAT) [251-253]. Există o serie de necesități practice pentru care se cere cunoașterea consumului de căldură pe țară în profil teritorial (pe UAT, zone de dezvoltare, municipii și orașe), anume [254,255]:

- (i) determinarea necesarului de resurse energetice în scopul planificării dezvoltării teritoriale, promovării eficienței energetice și implementării SRE etc.;
- (ii) evaluarea potențialului de cogenerare a energiei electrice și termice în scopul promovării cogenerării (CHP) de înaltă eficiență;
- (iii) evaluarea potențialului de substituie a combustibililor fosili în sectoarele de consum final cu energie electrică obținută din surse regenerabile variabile.

Determinarea consumului total de căldură în profil teritorial în țară se dovedește a fi o problemă, fiindcă sectorul casnic, care are cea mai mare pondere în acest consum, folosește în aceste scopuri preponderent lemnele de foc, combustibil - care în mare măsură este necontabilizat! Lipsa informațiilor cu privire la consumul real al lemnului de foc, deșeurilor lemnoase din silvicultură și deșeurilor combustibile agricole - îngreunează soluționarea acestei probleme. În această lucrare este abordată problema determinării consumului de căldură în țară în profil teritorial și propusă o soluție pentru ea.

Pentru evaluarea consumului anual de căldură la nivel național în această lucrare este acceptat un an de referință - ultimul an (2018) pentru care la momentul lansării lucrării existau datele statistice furnizate de Biroul Național de Statistică (BNS). În anul 2018 consumul final de energie (CFE) în țară a constituit 2786 ktep (mii tone echivalent petrol), din care -

- energie electrică - 331 ktep (11,9%),
- produse petroliere - 925 ktep (33,2%) și
- energie termică (căldura) - 1530 ktep (54,9%) [256].

Consumul de căldură are cea mai mare pondere în CFE (cca 55%). În tabelul 4.1 este prezentată structura consumului final de căldură, care rezultă din structura consumului final de produse energetice, utilizate la producerea căldurii.

Tabelul 4.1. Structura consumului final de căldură (2018) [256]

#	Principalele sectoare de consum a energiei termice	Valoarea consumului	
		ktep	%
1	Consum rezidențial	1181	77,2
2	Servicii comunale	161	10,5
3	Comerț și servicii publice	11	0,7
4	Industria alimentară, a băuturilor, produselor de tutu	73	4,8
5	Alte sectoare*	104	6,8
	Total	1530	100,0

*Toate celelalte sectoare ce au consumuri mai mici de 10 ktep.

Primele patru sectoare de consum din tab.4.1 reprezintă cca 93% din consumul final de căldură în țară - ceea ce permite de a limita investigația dată la sectoarele menționate în acest tabel. Consumul de energie termică în sectorul rezidențial, așa cum și era de așteptat, domină cu o pondere de cca 80%, fiind urmat de sectorul servicii publice. De menționat, că din volumul total de căldură livrat consumatorilor, doar cca 14% este furnizat prin intermediul sistemelor colective sau centralizate de alimentare [256].

4.1.2. Determinarea consumului de căldură în sectorul casnic

Modelarea consumului casnic. Metodologia aplicată de calcul a consumului casnic de căldură se sprijină pe următoarele date statistice prezentate de BNS în lucrarea [257]:

- distribuția *populației* pe raioane/municipalități și medii de reședință (urban, rural);
- distribuția gospodăriilor casnice (GC) după *numărul de persoane* ce locuiesc și mediul de reședință (urban, rural), fig.4.1;
- distribuția *suprafeței totale* a locuințelor după mărime (cinci intervale de valori ale suprafeței) și medii (urban, rural), fig.4.2;
- distribuția *suprafeței totale încălzite* a locuințelor după mărime (cinci intervale valori) și medii (urban, rural), fig.4.3.

În baza acestor date a fost determinat un șir de parametri necesari calculului consumului de căldură în profil teritorial, printre acestea:

- numărul mediu de persoane pe o gospodărie casnică (GC),
- suprafața medie a unei locuințe pe medii de reședință (urban, rural),
- suprafața medie încălzită a unei locuințe pe medii de reședință (urban, rural).

Calculul consumului casnic anual de energie termică a fost realizat pentru fiecare unitate teritorială în parte (raion, municipiu, regiune).



Figura 4.1. Distribuția gospodăriilor casnice după numărul de persoane și medii (urban, rural)

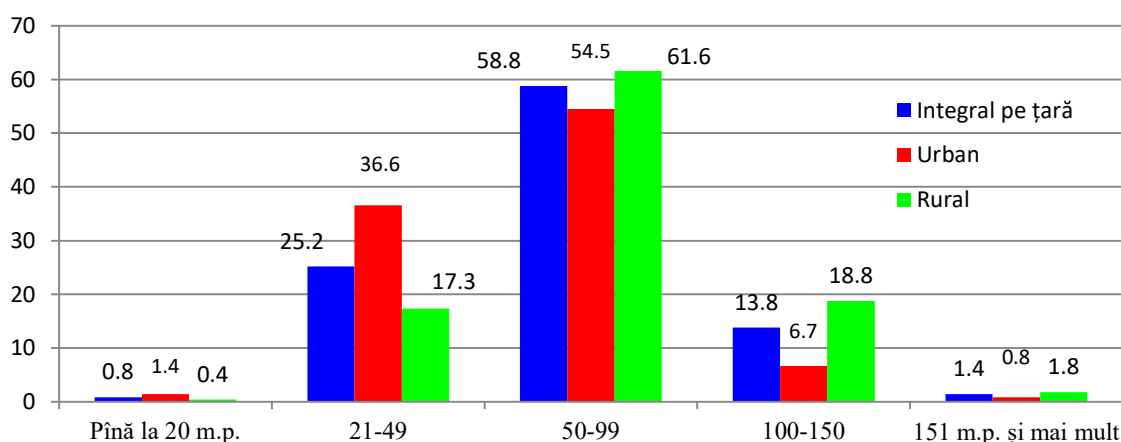


Figura 4.2. Structura procentuală a suprafeței totale a locuințelor după mărime și medii

Astfel, pentru o unitate teritorială considerată j cu o populație $P_{op,j}$, divizată pe cele două medii - urban ($P_{op,u,j}$) și rural ($P_{op,r,j}$), în baza caracteristicilor statistice identificate ale gospodăriilor casnice, a fost determinat:

a) numărul total de gospodării casnice în unitatea teritorială j -

- în zona urbană - $N_{gc,u,j} = P_{op,u,j} / N_{pers,gc,u}$ (4.1)

- în zona rurală - $N_{gc,r,j} = P_{op,r,j} / N_{pers,gc,r}$ (4.2)

b) suprafața totală a gospodăriilor casnice din unitatea j -

- urban - $ST_{u,j} = N_{gc,u,j} \cdot S_{gc,u}$ (4.3)

- rural - $ST_{r,j} = N_{gc,r,j} \cdot S_{gc,r}$ (4.4)

c) suprafața încălzită a gospodăriilor casnice din unitatea j -

- urban - $\hat{S}_{u,j} = N_{gc,u,j} \cdot S_{gc,inc,u}$ (4.5)

- rural - $\hat{S}_{r,j} = N_{gc,r,j} \cdot S_{gc,inc,r}$ (4.6)

d) iar în final, și consumul total de energie termică al unității teritoriale j - ca produsul suprafeței încălzite totale $\hat{S}_{x,j}$, în m^2 , la consumul specific de energie termică $\vartheta_{Q,j}$, în $kWh/(m^2 \cdot an)$ -

- urban - $Q_{u,j} = \hat{S}_{u,j} \cdot \vartheta_{Q,j}$ (4.7)

- rural - $Q_{r,j} = \hat{S}_{r,j} \cdot \vartheta_{Q,j}$ (4.8)

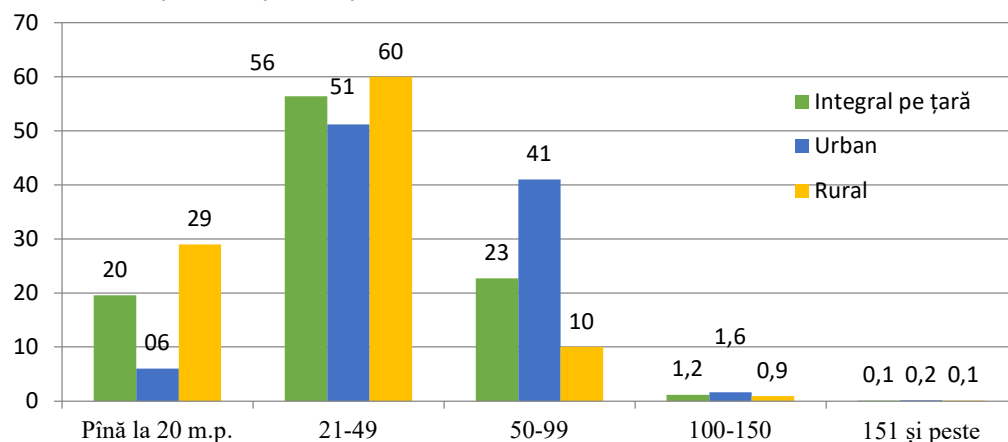


Figura 4.3. Structura procentuală a suprafeței încălzite a locuințelor după mărime și mediu

Elementul-cheie în această abordare îl prezintă setul de valori ale consumurilor specifice de energie termică ϑ_Q pentru cele trei zone climatice din țară (Nord, Centru și Sud) și două medii de reședință (urban, rural), precum și în mod separat pentru municipiile Chișinău și Bălți – în total opt valori (*fie notat*: CSET-8). La baza acestor calcule este pusă ipoteza precum că toate clădirile rezidențiale din cadrul unei și aceiași zone climatice (pe medii urban, rural) au caracteristici termotehnice similare [258].

Pentru un set de valori ale celor opt consumuri specifice CSET-8, menționate mai sus, a fost realizată seria de calcule (4.1) - (4.8), care conduce la determinarea consumului casnic total de căldură la nivel național $Q_{2018,cas}^{nat}$.

4.1.3. Statistica oficială - sursa principală cu privire la consumul final de energie

În anul 2016 BNS a prezentat rezultatele unui studiu amplu cu privire la consumul final de energie în gospodăriile casnice și, în special, a consumului de biomasă folosit în scopuri energetice [259]. Acest studiu furnizează un șir de informații utile în contextul promovării eficienței energetice în toate sectoarele de producere și consum a energiei. Datele reflectate în studiu se bazează pe chestionarea populației, realizată în anii 2015-2016. Informația colectată pe teren a fost procesată, verificată și validată, iar în final, oferită publicului interesat.

Important că acest studiu oferă informații cu privire la tipul locuinței, materialul de construcție al pereților locuinței, lucrările de izolare realizate, perioada de construcție a locuinței,

mărimea suprafeței totale și a suprafeței încălzite, tipul sistemului de încălzire aplicat în locuință, tipul sistemului de preparare a apei calde menajere, modul de pregătire a hranei, disponibilitatea sistemului de aer condiționat, numărul echipamentelor/receptoarelor de energie, existente în locuință și altele [251].

Metodologia de calcul aplicată în calcule se sprijină pe următoarele date statistice:

- Distribuția *populației* pe raioane și medii de reședință (urban, rural).
- Distribuția gospodăriilor individuale după *numărul de persoane* ce locuiesc și mediul de reședință (urban, rural), fig. 4.1 [251];
- Distribuția *suprafeței totale* a locuințelor după mărime (cinci intervale valori suprafață) și medii (urban, rural), fig. 4.2 [251];
- Distribuția *suprafeței totale încălzite* a locuințelor după mărime (cinci intervale valori) și medii (urban, rural), fig. 4.3 [251].

4.1.4. Determinarea consumurilor specifice de energie termică a gospodăriilor casnice

Cunoașterea consumurilor specifice de energie termică ale gospodăriilor casnice (CSET-8) deschide calea pentru determinarea celei mai mari componente a consumului de căldură în țară – consumului casnic (aproximativ 80% din total). Studiul consumurilor specifice CSET-8 a pornit cu cele două municipii din țară - mun. Chișinău și mun. Bălți, în care există sisteme de alimentare centralizată cu energie termică (SACET) și pentru care s-au colectat datele cu privire la consumurile de căldură pentru o perioadă de trei ani.

Stabilirea consumurilor specifice de căldură ale gospodăriilor casnice din zona Centru

Cele mai sigure și valoroase informații cu privire la valorile medii ale CSET pentru apartamente și case particulare sunt cele obținute de la operatorul SACET-Chișinău. În cadrul acestui sistem de termoficare, este funcțional sistemul SCADA – de supraveghere, control și achiziție de date, care furnizează o serie de informații importante pentru buna funcționare și gestionare a SACET. În acest context, zona Centru a țării, ce include capitala Chișinău, este acceptată *ca zonă de referință* pentru evaluarea CSET-încălzire ale altor zone climatice din țară. De menționat că datele obținute de la SACET-Chișinău au stat la baza stabilirii valorilor CSET-GC nu numai pentru mun. Chișinău, ci și pentru GC din localitățile urbane și rurale ale zonei climatice Centru.

Trecerea de la valorile CSET pentru încălzire ale zonei Centru, acceptată ca zonă de referință, către consumurile specifice ale zonelor Nord și Sud, se realizează prin utilizarea factorului N_{g-z}^* - valori relative a *Numărului de grade-zile* pentru zonele respective (tab.4.2). Această abordare simplă oferă o soluție satisfăcătoare.

Tabelul 4.2. Numărul de grade-zile (N_{g-z}) pentru zonele climatice din țară [260,261]

Indicatori	Zone climatice		
	Nord	Centru	Sud
N_{g-z} , gr.-zile/an	3405	3220	3150
N_{g-z}^* , u.r.	1,057	1,0	0,978

Astfel, dacă pentru zona Centru valoarea medie a consumului CSET- încălzire, urban / rural, constituie 183/195 kWh/(m²·an), atunci pentru zona Nord vor rezulta valorile - 194/206 ($\vartheta_{Q,Nord}^{urban} = \vartheta_{Q,Centru}^{urban} \cdot N_{g-z,Nord}^* = 183 \cdot 1,057 = 194$ și $\vartheta_{Q,Nord}^{rural} = \vartheta_{Q,Centru}^{rural} \cdot N_{g-z,Nord}^* = 195 \cdot 1,057 = 206$), iar pentru zona Sud respectiv vom avea 179/191 kWh/(m²·an). În mod similar putem trece de la valoarea $\vartheta_{Q,Ch}$, specifică mun. Chișinău, la valoarea $\vartheta_{Q,Balti}$, caracteristică mun. Bălți - $\vartheta_{Q,Balti} = \vartheta_{Q,Ch} \cdot N_{g-z,Nord}^* = 137 \cdot 1,057 = 145$ kWh/(m²·an). De menționat, că valoarea $\vartheta_{Q,Balti}$ obținută pe această cale corespunde cu valoarea rezultată din statisticile SACET-Nord pentru mun. Bălți.

În tabelul 4.3 sunt prezentate valorile consumurilor specifice de energie termică pentru încălzirea locuințelor – exprimate atât prin valorile *energiei livrate*, cât și prin valorile *energiei primare*.

Tabelul 4.3. Valorile CSET pentru încălzirea locuințelor în diferite zone climatice, energie livrată / energie primară, în kWh/(m²·an)

Zona climatică	Valoarea Numărul g-z	Marele orașe	Urban	Rural
Zona Centru (de referință)	$N_{g-z,Centru}^* = 1,000$	137/186 (Chișinău)	183/249	195/390
Zona Nord	$N_{g-z,Nord}^* = 1,057$	145/197 (Bălți)	194/264	206/412
Zona Sud	$N_{g-z,Sud}^* = 0,978$		179/244	191/381

Consumurile CSET-GC în localitățile rurale sunt considerabil mai mari față de cele din localitățile urbane. De menționat că valorile CSET sunt raportate la un m² suprafață încălzită, care pentru GC din localitățile rurale constituie doar 34,1 m² față de 51,7 m² - în localitățile urbane. Astfel, s-a ajuns la valorile finale ale CSET-GC, recomandate pentru cele trei zone climatice (tab. 4.4).

Tabelul 4.4. Consumul specific de energie termică în gospodăriile casnice (Înc.+ACC+Hrana), pe zone climatice și medii de reședință

Mediu de reședință	Zone climatice, Energie livrată / Energie primară, kWh/(m ² ·an)		
	Nord	Centru	Sud
Urban	236/321	225/307	221/301
Rural	253/506	242/484	238/475
Bălți/Chișinău	Bălți - 187/254	Chișinău - 179/243	

De menționat, că cele opt consumuri specifice CSET-8, cu care se operează în această

lucrare, sunt consumuri de căldură pe 1m² de suprafață încălzită, în termeni de *energie livrată* sau *energie primară*. Trecerea de la „energie livrată” la „energie primară” se realizează prin multiplicarea primei valori la factorul 1,36 – pentru mediul urban și la 2,0 – pentru mediul rural.

Tabelul 4.5. Clase de performanță energetică a clădirilor de locuit, kWh/(m²·an) [261]

Clasele de performanță		A	B	C	D	E	F	G
Case unifamiliale	Încălzire	< 47	47-93	94-190	191-287	288-359	360-431	> 431
	ACC	<12	12-24	25-36	37-48	49-60	61-72	>72
	Total	<59	59-117	119-226	228-335	337-419	421-505	>503
Clădiri cu multe apartamente	Încălzire	< 22	22-44	45-102	103-159	160-199	200-239	> 239
	ACC	< 13	13-26	27-39	40-52	53-65	66-78	>78
	Total	<35	35-70	72-141	143-211	213-264	266-317	>317

În tab. 4.5, pentru comparare, sunt prezentate valorile CSET pentru câteva categorii de clădiri, conform normelor naționale în vigoare [261]. De observat, că valorile rezultate pentru cele opt consumuri specifice CSET-8 pentru *încălzire*, caracteristice fondului național existent al clădirii rezidențiale, corespund consumurilor de energie primară pentru clasele de locuințe E, F și G.

4.1.5. Rezultatele calcului numeric al consumului de căldură în profil teritorial

Modelarea consumului casnic de căldură în profil teritorial, bazată pe aplicarea statisticilor naționale (populația pe raioane, numărul de gospodării casnice și caracteristicile acestora etc.) și valorilor consumului de căldură pe metru pătrat încălzit, pe zone climatice și medii de reședință (urban, rural), a condus către un rezultat, prezentat în mod sintetic în tabelul 4.6, și în mod detaliat în tabelele 1 - 3 din Anexa 4.

Tabelul 4.6. Consumul casnic de căldură în țară (2018)

	Nord	Centru	Sud	Republica Moldova	Bălți	Chișinău
<i>În tep/an</i>						
Total	329 582	525 919	189 281	1 044 783	34 063	208 695
urban	89 869	241 784	52 812	384 465	32 516	186 441
rural	239 713	284 136	136 469	660 317	1 547	22 254
<i>În Gcal/an</i>						
Total	3 833	6 116	2 201	12 151	396	2 427
urban	1 045	2 812	614	4 471	378	2 168
rural	2 788	3 304	1 587	7 679	18	259
Sarcina termică max. anual, MWt	1299	2191	806	4297	134	870

Valorile sarcinii termice maxime anuale, prezentate în tab.6, au fost determinate având la bază cele trei valori ale duratei T_u, prezentate în tab.4.7 și obținute în urma modelării curbelor clasate de sarcină pentru cele trei servicii considerate (încălzire, prepararea ACC și hranei).

Tabelul 4.7. Durata de utilizare a sarcinii termice maxime anuale T_u pentru încălzirea clădirilor rezidențiale, prepararea apei calde de consum și hranei

Durata T_u , h/an	Zone climatice		
	Nord	Centru	Sud
Pentru Încălzire	2270	2147	2100
Pentru Încălzire +ACC+Hrana	2951	2791	2730

Figura 4.4 ilustrează modul cum a evoluționat consumul casnic de căldură în țară în perioada 2010-2019. Stabilitatea acestuia are o explicație; în plus, valoarea lui, într-un fel, validează setul de valori ale consumurilor specifice CSET-8, puse la baza calculului consumului casnic.

Consumul non-casnic de căldură a fost determinat în baza datelor prezentate în lucrarea [257], care indică consumurile de produse energetice, în unități naturale, în profil teritorial (fără consumul de lemne de foc). Prelucrarea acestor date a permis de a evalua consumul non-casnic de căldură (tab.4.8), care se dovedește a fi considerabil mai mic (de două ori) decât consumul casnic.

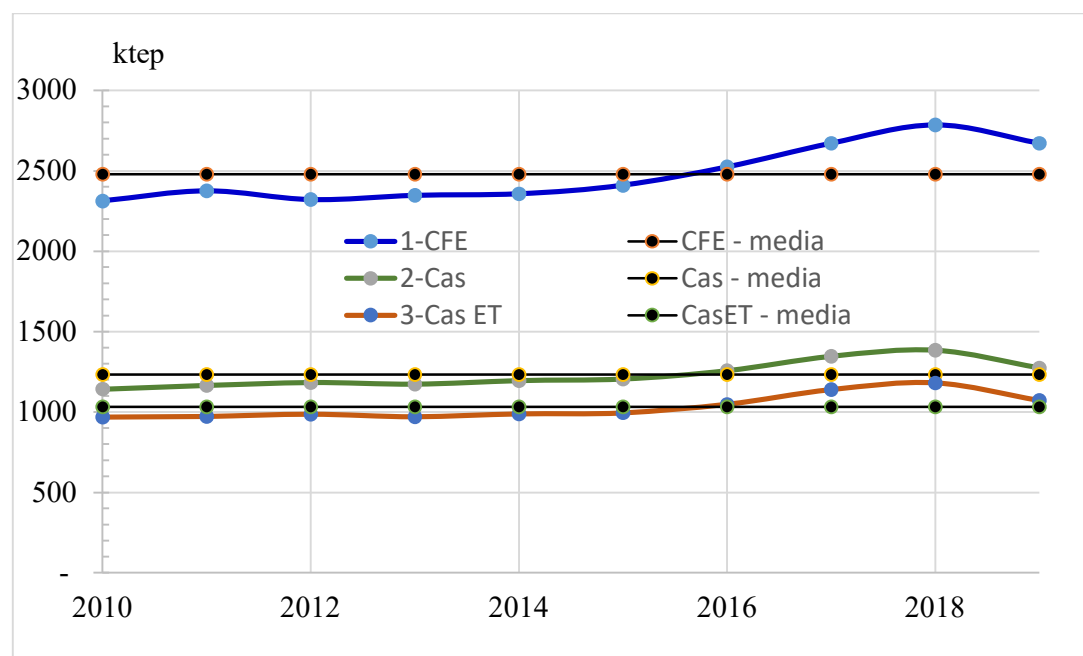


Figura 4.4. Evoluția consumului casnic de căldură față de Consumul final de energie în țară (Sursa: Balanța Energetică a Republicii Moldova, edițiile 2018-2020)

La determinarea ponderii existente de energie termică utilă, ce ar putea fi în viitor acoperită din surse de cogenerare de înaltă eficiență, este important să se țină cont că peste 80 % din populația țării este afectată de sărăcia energetică; practic, întreg sectorul casnic rural urmează a fi scos în afara perspectivei utilizării energiei termice produse în cogenerare în următoarele decenii. Aceasta ar putea să se refere, de asemenea, și la o parte din consumul termic din sectoarele comerțului și industriei din zona rurală.

Tabelul 4.8. Consumul *total* de căldură în țară (2018)

	Nord	Centru	Sud	Republica Moldova	Bălți	Chișinău
<i>În tep/an</i>						
Total	436 054	866 606	229 046	1 531 707	60 233	427 347
casnic	329 582	525 919	189 281	1 044 783	34 063	208 695
non-casnic	106 472	340 687	39 765	486 924	26 170	218 652
<i>În Gcal/an</i>						
Total	5 071	10 079	2 664	17 814	701	4 970
casnic	3 833	6 116	2 201	12 151	396	2 427
non-casnic	1 238	3 962	462	5 663	304	2 543
Sarcina termică max. anual, MWt	1719	3611	976	6305	237	1781

Din perspectiva necesității de a reduce considerabil consumurile energetice neutile, costurile aferente și emisiile de gaze cu efect de seră - subiect abordat și în acest studiu este de o importanță majoră la nivel național și european.

Problema determinării consumului total de căldură în profil teritorial în țară este abordată pentru prima dată. La baza soluționării ei stau preponderent informațiile furnizate de organul central național de statistică. În plus, informații utile pot fi găsite și în rapoartele anuale ale entităților naționale, responsabile pe domeniile - gazele naturale, energia electrică, căldură, carburanții, lemne de foc etc. Determinarea consumului de căldură în profil teritorial se ciocnește cu lipsa de informații cu privire la consumul lemnului de foc, folosite pentru încălzirea locuințelor în mediul rural și obținute ilegal prin tăieri ilicite; acesta este un fenomen de mare amploare, care urmează a fi combătut. De menționat, că în mun. Chișinău, al cărui consum de căldură nu este afectat de lipsa de informații cu privire la consumul de lemne de foc – rezultatele calculului efectuate pe mai multe conduc practic către unul și același rezultat.

În gospodăriile casnice energia termică în unele cazuri se mai produce prin conversia energiei electrice, însă această modalitate se practică rar întrucât costul energiei electrice este mult mai mare decât costul căldurii obținute local din combustibili disponibili. În aceeași lucrare fenomenul dat a fost neglijat ca unul neesențial.

Prin modelări și analize, cu verificarea și corecția totalului în baza datelor disponibile la nivel național (Balanta energetică), s-a ajuns la o soluție satisfăcătoare de evaluare a consumului de căldură - pe raioane, municipii și zone geografice de dezvoltare (zone climatice).

4.2. Evaluarea potențialului național (2025) de punere în aplicare a cogenerării de înaltă eficiență

4.2.1. Necesitatea evaluării potențialului național de punere în aplicare a cogenerării

Republica Moldova este parte a Comunității Energetice (CEn) și în acest context și-a asumat angajamentul de a prelua întregul cadru legislativ al Uniunii Europene (UE) în domeniul energiei. Astfel, prevederile practic tuturor actelor legislative ale UE, aferente domeniului energiei, sunt obligatorii pentru Republica Moldova.

În scopul promovării eficienței energetice la încălzire și răcire, conform cerințelor Directivei 2012/27/EU cu privire la eficiența energetică și respectiv a Legii nr. 92 a Republicii Moldova din 29.05.2014 cu privire la energia termică și promovarea cogenerării, *se cere de a efectua o evaluare amplă a potențialului național de punere în aplicare a cogenerării de înaltă eficiență.*

Metodologia de evaluare a potențialului de cogenerare include următorii pași:

- A. Determinarea consumului total de energie termică în profil teritorial și pe medii de reședință (urban, rural) pentru anul de referință.
- B. Deducerea din consumul total -
 - a consumului de căldură, aferent sectorului rezidențial rural – ca sector nefezabil pentru promovarea cogenerării,
 - a consumului existent util de căldură, deja acoperit de surse de cogenerare.
- C. Determinarea cotei optime economice a cogenerării pentru cele trei zone de dezvoltare a țării: Nord, Centru și Sud.
- D. Caracteristica generalizată a parcului de instalații de cogenerare ce ar putea fi promovate în țară și determinarea indicelui mediu de cogenerare.
- E. Determinarea potențialului de cogenerare la nivelul consumurilor anului de referință (2018), precum și orizontului de timp – anul 2025.

4.2.2. Calculul consumului existent de căldură, posibil a fi acoperit parțial prin cogenerare

Dimensionarea instalațiilor de cogenerare de regulă se realizează în baza cunoașterii consumului de căldură. În subcapitolul 4.1 a fost evaluat consumul momentan și cel anual de căldură în profil teritorial și pe medii de reședință pentru un an de referință (2018). Rezultatele generalizate ale acestui studiu sunt prezentate în tab.4.9, fiind detaliate în tabelul 1 din Anexa 4.

Tabelul 4.9. Consumul total de căldură în țară pe zone de dezvoltare (2018)

	Nord	Centru	Sud	Republica Moldova	Bălți	Chișinău
<i>În ktep/an</i>						
Casnic	329 582	526 913	189 281	1 045 777	34 063	208 066
Non-casnic	106 472	340 687	39 765	486 924	26 170	218 652
Total	436 054	867 600	229 046	1 532 701	60 233	426 718

Consumul de căldură acoperit prin intermediul SAC/SACET în anul de referință a constituit 261 ktep, din care 218 ktep a reprezentat consum acoperit prin cogenerare (tab. 4.10).

Tabelul 4.10. Consumul de energie termică, acoperit prin intermediul SACET în mun. Chișinău și mun. Bălți (2018)

	Municipiu	Casnic - urban	Non-casnic	Total
1	Chișinău	108 644	79 003	187 647
2	Bălți	13 450	16 954	30 403
	Total	122 094	95 957	218 051

După deducerea din consumul total de căldură a consumului casnic rural de căldură, ca consum non-fezabil pentru aplicarea cogenerării, precum și a consumului de energie termică utilă din mun. Chișinău și Bălți, acoperit deja prin cogenerare în cadrul sistemelor existente de termoficare, obținem valoarea consumului total de energie termică ce poate fi considerat pentru acoperire prin utilizarea cogenerării adiționale - (tab. A5.1, în Anexa 5)

4.2.3. Determinarea cotei optime economice a cogenerării pentru cele trei zone de dezvoltare a țării și evaluarea potențialului de cogenerare de înaltă eficiență

Evaluarea potențialului existent al cogenerării presupune cunoașterea atât a consumului de căldură, neacoperit de surse de cogenerare, cât și nivelului cotei optime a cogenerării pentru diferite sectoare de consum a căldurii în țară.

Dimensionarea surselor de cogenerare în mod obișnuit se realizează în baza criteriului economic prin aplicarea metodei comparării variantelor. În calitate de criteriu economic se folosește atât criteriul veniturilor nete actualizate (VNA) maxime, cât și a cheltuielilor totale actualizate (CTA) minime. Recent a fost propusă o modalitate analitică de calcul a valorii cotei optime economice a cogenerării x_{opt} [234], unde x reprezintă raportul puterii termice nominale a instalației de cogenerare la sarcina termică maximă anuală (cota cogenerării) - $x = q_{nom}^{cg}/q_M^{sarc}$.

Funcția obiectiv în această problemă de optimizare $F(x)$ include cheltuielile totale actualizate CTA, aferente edificării și funcționării centralei de cogenerare (instalații de cogenerare și cazane de apă fierbinte) pe durata de studiu, din care se deduc veniturile VTA, ce rezultă din

comercializarea energiei electrice produse de instalația de cogenerare în aceeași perioadă de timp; astfel avem: $F(x) = CTA'(x) = CTA - VTA \rightarrow \min.$ (4.9)

Având toate componentele funcției obiectiv exprimate prin parametrul x (cota parte a cogenerării din sarcina maximă anuală), din condiția - $\partial F / \partial x = 0$ pentru $\partial^2 F / \partial x^2 \geq 0$ rezultă valoarea optimă a cotei cogenerării x_{opt} . Odată ce valoarea x_{opt} este cunoscută, se determină valoarea puterii termice nominale a instalațiilor de cogenerare, $q_{nom}^{cg} = x_{opt} \times q_M^{sarc}$, iar mai apoi și valoarea puterii nominale totale a instalațiilor de cazane, $q_{nom}^{Cz} = (1 - x_{opt}) \cdot q_M^{sarc}$.

Expresia analitică de calcul a lui x_{opt} , obținută din (4.9) este: $x_{opt} = (A/B)^\beta$, (4.10)

unde A și B reprezintă doi parametri generalizați, valorile cărora depind de un șir de date inițiale cunoscute, iar β este exponentul putere în descrierea analitică a curbei clasate anuale a sarcinii termice.

Sectorul casnic este dominant în consumul total de căldură în țară. Valorile duratei anuale de utilizare a sarcinii termice maxime pentru cele trei zone de climatice a țării (zone de dezvoltare), precum și valorile cotei optime a cogenerării, calculate conform formulei (4.10) pentru sectorul rezidențial sunt prezentate în tabelul 4.11.

Tabelul 4.11. Valorile duratei T_u și cotei x_{opt} ale consumului de căldură pentru încălzire

Parametri	Nord	Centru	Sud
T_u , h/an	2270	2147	2100
q_{nom}^{cg} , u.r.	0,304	0,285	0,278

Pentru sectorul industriei s-a acceptat $T_u = 4000$ h/an, iar cota optimă a cogenerării a rezultat egală cu 0,67.

Serv. Comunale	Comerț și servicii	Industria alimentară și băuturilor, fabricarea tutunului	Alte domenii
3000	3000	4000	2000

Cotele optime astfel determinate, au fost puse la baza calculului puterilor termice nominale ale instalațiilor de cogenerare (tab. A5.5 din Anexa 5).

4.2.4. Evaluarea potențialului de cogenerare de înaltă eficiență

Determinarea puterii electrice nominale a parcului instalațiilor de cogenerare, ce ar putea fi antrenată în următorii ani, ridică o problemă ce trebuie depășită: trecerea de la puterea termică la puterea electrică nominală pentru o instalație de cogenerare ușor se face în baza cunoașterii indicelui de cogenerare y , care depinde de tehnologia cogenerării considerate și dimensiunea

instalației; cât privește tehnologia posibilă a fi aplicată în condițiile locale, cel mai probabil, aceasta va fi – cogenerarea bazată pe utilizarea motoarelor cu ardere internă, însă la moment, nu se cunoaște valoarea y , care depinde de dimensiunea instalației concrete.

În urma unei analize realizate pentru distribuția ipotetică a puterilor termice ale instalațiilor de cogenerare, posibil a fi implementate în viitor, în cele din urmă a fost determinată o valoare medie ponderată a indicelui de cogenerare pentru întreg parcul instalațiilor de cogenerare (y_{med}), care constituie - $y_{med} = 0,734$. Astfel, cunoscând puterea termică totală a cogenerării adiționale (2720 MWt) și valoarea medie a indicelui de cogenerare poate fi estimată valoarea puterii electrice totale a cogenerării adiționale – 1996 MWe sau aproximativ 2000 MWe.

Tabelul 4.12. Potențial existent pentru cogenerarea adițională către anul 2025: puterea electrică nominală a instalațiilor de cogenerare, MWe

	Raioane/ Municipii	Casnic urban	Servicii+ Comert	Industrie +alte sectoare	Total 2018	Total 2025
	Zona Nord,					
1	m. Bălți	17,73	3,62	5,34	26,7	27,3
2	Briceni	4,48	1,28	1,89	7,7	7,9
3	Donușeni	2,87	2,88	4,25	10,0	10,5
4	Drochia	4,74	8,74	12,90	26,4	27,8
5	Edineți	7,08	7,35	10,84	25,3	26,5
6	Fălești	4,07	1,21	1,78	7,1	7,2
7	Florești	5,42	2,27	3,36	11,1	11,4
8	Glodeni	3,13	0,83	1,22	5,2	5,3
9	Ocnita	4,90	0,77	1,13	6,8	6,9
10	Râșcani	3,78	1,24	1,83	6,9	7,1
11	Sângerei	4,86	2,17	3,21	10,2	10,6
12	Soroca	8,00	2,80	4,13	14,9	15,4
	Subtotal Nord	71,1	35,2	51,9	158,1	163,8
	Zona Centru,					
1	mun. Chișinău	71,00	54,86	80,94	206,8	215,7
2	Anenii Noi	2,77	4,68	6,90	14,3	15,1
3	Călărași	3,66	1,54	2,27	7,5	7,7
4	Criuleni	1,87	1,51	2,23	5,6	5,9
5	Dubăsari (Cocieri)	0,00	0,59	0,87	1,5	1,6
6	Hâncești	3,98	4,18	6,16	14,3	15,0
7	Ialoveni	3,74	3,12	4,61	11,5	12,0
8	Nisporeni	4,81	1,04	1,53	7,4	7,5
9	Orhei	6,95	4,51	6,66	18,1	18,9
10	Rezina	2,87	20,63	30,43	53,9	57,3
11	Strășeni	5,66	1,90	2,80	10,4	10,7
12	Șoldănești	1,88	0,68	1,01	3,6	3,7
13	Telenești	2,00	0,97	1,43	4,4	4,5
14	Ungheni	10,83	2,59	3,83	17,2	17,7
	Subtotal Centru	122,0	102,8	151,7	376,5	393,1
	Zona Sud,					
1	Basarab	2,93	0,62	0,91	4,5	4,6
2	Cahul	9,61	3,05	4,51	17,2	17,7
3	Cantemir	1,11	0,64	0,94	2,7	2,8
4	Căușeni	6,08	1,50	2,22	9,8	10,0
5	Cimișlia	3,16	1,25	1,84	6,3	6,5

6	Leova	3,66	0,53	0,78	5,0	5,1
7	St Voda	2,28	1,02	1,50	4,8	5,0
8	Taraclia	5,04	1,55	2,29	8,9	9,1
9	Găgăuzia	14,68	5,46	8,05	28,2	29,1
	Subtotal Sud	48,5	15,6	23,0	87,2	89,7
	TOTAL Moldova	241,6	153,6	226,6	622	647

Important de menționat, că creșterea posibilă în viitor a costului gazelor naturale cu 30% - de la 247 la 320\$/ (mie m³) concomitent cu diminuarea costului de vânzare a energiei electrice (de la 7,5 la 5,5c\$/kWh - în legătură cu costurile mai mici ale energiei verzi) reduc valoarea cotei optime a cogenerării de cca 2,5 ori, ceea ce înseamnă că și potențialul cogenerării adiționale ar putea să se reducă de la cel calculat mai sus de cca 2000 MWe la cca 800 MWe. Tabelul A5.4 - Distribuția puterilor instalate ale unităților de cogenerare și tabelul A5.5 - Puterea termică nominală a instalațiilor de cogenerare adițională (2018), MW_t sunt prezentate în Anexa 5.

4.2.5. Electrificarea consumului casnic rural – principala măsură de creștere a flexibilității sistemului electroenergetic, bazat pe utilizarea surselor regenerabile variabile

În scopul creșterii ponderii surselor regenerabile variabile - sectorul încălzirii din mediul rural urmează a fi alimentat cu energie electrică. Respectiv, calculele detaliate sunt prezentate în Anexa 5.

Tabelul 4.13. Potențialul electrificării consumului casnic rural de căldură

	Consum casnic rural util de căldură (30%)		
	Necesar, tep	Electrificat, MWh	Sarcina el., MWe
Nord	71 914	836 357	300
Centru	85 769	997 494	378
Sud	40 941	476 141	184
Total	198 624	2 309 992	862

4.3. Sporirea flexibilității sistemului electroenergetic național prin edificarea centralelor hidroelectrice cu acumulare prin pompare

4.3.1. Posibile locații de edificare CHEAP pe teritoriul Republicii Moldova

Acumularea prin pompare este singura tehnologie dovedită comercial disponibilă pentru stocarea energiei electrice la scară a unui sistem energetic, ceea ce Republica Moldova ar putea beneficia din plin. Acest tip de centrală a fost și rămâne imperios necesară pentru viitorul sistem energetic din Republica Moldova [262].

Pentru a determina care este altitudinea versanților din apropierea râului s-a folosit posibilitățile soft-ului „Google Earth”. Acesta dă posibilitatea de a stabili care este altitudinea unui punct.

În urma studiului realizat, s-au identificat câteva amplasamente posibile a unor CHEAP-MD de-a lungul râului Nistru în Republica Moldova, criteriul de bază fiind diferența maximă de înălțime dintre nivelul râului și versanții sau teritoriul adiacent (Tabelul 1 din Anexa 6). Pentru a determina care este altitudinea versanților din apropierea râului s-au folosit posibilitățile soft-ului. Acesta dă posibilitatea de a stabili care este altitudinea unui punct oarecare în spațiu față de nivelul mării.

4.3.2. Determinarea caracteristicilor tehnice ale CHEAP 100 MW

Plecând de la recomandările existente în literatura de specialitate în această lucrare este considerată o centrală CHEAP cu o putere instalată de 100 MW, pentru care ar exista mai multe potențiale locații de-a lungul râurilor Nistru și Prut, precum și în preajma unor lacuri din interiorul țării [263]. Înălțimea căderii apei variază de la 70-80 și până la 140-150 metri. Distanța dintre rezervoarele hidrocentralei pentru majoritatea locațiilor studiate este sub 1000 metri, însă pentru unele ar poate ajunge și până la 1500 m.

Din considerente de sporire a flexibilității centralei, se admite că CHEAP este echipată cu patru hidroagregate turbină-pompă cuplată cu generator-motor, cu puterea unitară de 25 MW fiecare, cu turbine de tip Francis (fig. 4.5 și 4.6). Durata de funcționare în regim de generare poate varia de la câteva minute până la 8-10 ore pe zi, iar în regim de pompare – până la 16-14 ore pe zi. În calculele realizate s-au admis trei valori ale duratei de generare a energiei – de 4, 8 și 10 ore/zi. Eficiența energetică a agregatelor în regim de turbinare este de aproximativ 0,8, iar în regim de pompare - 0,7 (Tabelul 2 din Anexa 6).

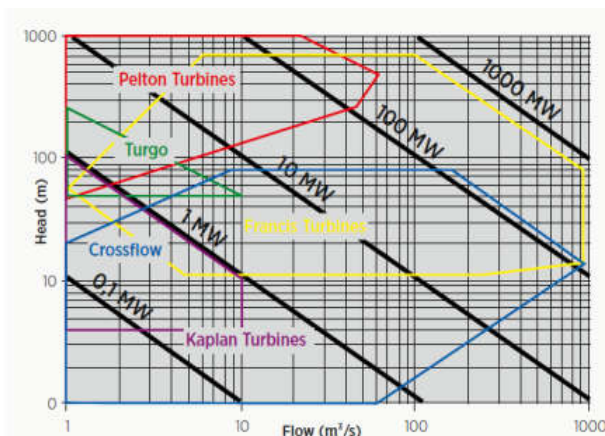


Figura 4.5. Diagrama alegerii tipului de turbină [264]

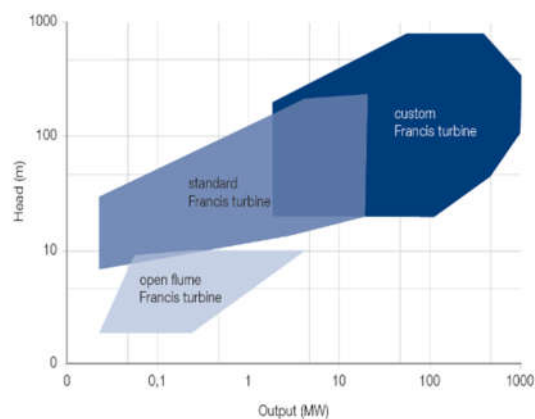


Figura 4.6. Zona de aplicabilitate a turbinei [265]

Vom presupune că rezervorul superior reprezintă o construcție hidrotehnică de formă cilindrică (cu diametrul d_{sup} și înălțimea h), iar cel inferior – are forma unui semicilindru, integrat în albia unui râu sau în malul unui lac. Datele inițialele ce stau la baza calculelor sunt prezentate în Tabelul 2 din Anexa 6.

Debitul de apă $Q_{apă}$, necesar dezvoltării de către CHEAP a unei puteri preconizate P_{CHE} , se determină cu formula (4.11)

$$Q_{apă} = \frac{P_{CHE}}{g \cdot H \cdot \rho \cdot \eta_{CHE}} \quad (4.11)$$

în care g - reprezintă accelerația gravitațională, H - înălțimea căderii apei, ρ - densitatea apei și η_{CHE} - randamentul hidroagregatului, în regim de generare.

Volumul minim al rezervorului superior este determinat de expresia: $V_{apă,zi} = Q_{apa} \cdot T_{zi}$.

Suprafața rezervorului superior se calculează după cum urmează: $S = V_{apă,zi} / h$,

unde pentru adâncimea h vom accepta, $h = 25$ m.

Diametrul rezervorului superior se determină cu expresia: $d = 2\sqrt{S/\pi}$,

iar diametrul conductei, ce va uni rezervorul superior cu un hidroagregat, cu formula (4.12)

$$d_{cond} = \sqrt{4Q/(\pi \cdot v)} \quad (4.12)$$

În figura 4.7 este prezentată dependența diametrului conductei de viteza apei prin ea, iar în figura 4.8 - dimensiunile principale ale rezervorului superior.

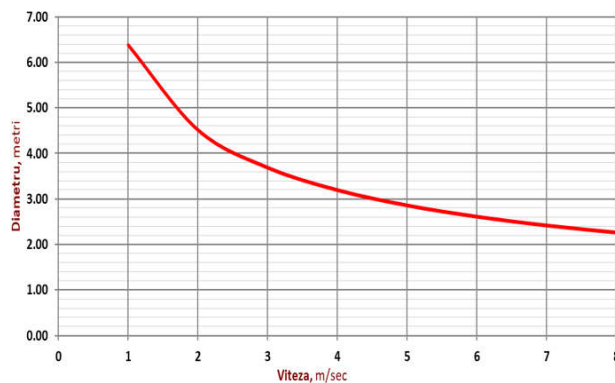


Fig. 4.7. Dependenta $d_{cond}(v)$

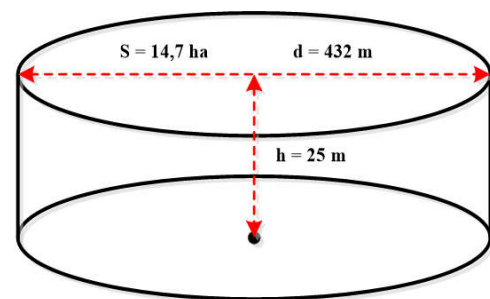


Fig. 4.8. Dimensiunile rezervorului superior

Rezultatele calculelor realizate pentru o eventuală CHEAP, edificată pe teritoriul Republicii Moldova, sunt prezentate în tabelul 3 din Anexa 6.

4.3.3. Fezabilitatea CHEAP

Fezabilitatea economico-financiară a unui proiect de edificare a unei noi CHEAP se determină în baza evaluării venitului net actualizat (VNA) [266,267]. În scopul determinării venitului VNA mai jos este efectuat calculul cheltuielilor totale actualizate (CTA), aferente edificării și funcționării

CHEAP pe durata de studiu de 30 ani (Figura 4.9), cât și venitul brut (VTA) obținut în urma realizării energiei electrice produse pe piața de echilibrare în orele de vârf a sistemului. În tabelul 4 Anexa 6 sunt prezentate datele inițiale utilizate în calculele economice de mai jos.

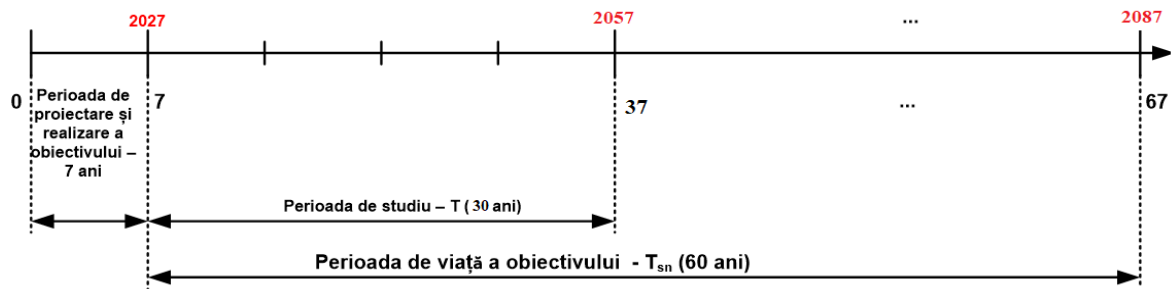


Figura 4.7. Axa timpului cu indicarea perioadelor adoptate

Evaluarea cheltuielilor totale, aferente CHEAP

Cheltuielile totale, aferente CHEAP, includ trei componente:

- Cheltuielile cu investiția (CTA_I);
- Cheltuielile cu operarea și mentenanța ($CTA_{O\&M}$);
- Cheltuielile cu consumul de energie electrică la CHEAP pentru pomparea apei (CTA_{pomp}).

Calculul detaliat este prezentat în Anexa 6.

4.3.4. Determinarea indicatorilor de eficiență economică

Venitul net actualizat aferent proiectului se determină cu expresia :

$$VNA = VTA - CTA \text{ sau}$$

$$VNA = WTA_{PE} \cdot (CNAE_{PE} - CNAE_{CHE-AP}) = 581,65 - 495,97 = 85,68 \text{ mil. Euro.} \quad (4.13)$$

În mod normal, se acceptă doar proiectele pentru care $VNA > 0$ - veniturile obținute depășesc cheltuielile realizate. VNA este unul din cei mai importanți indicatori de eficiență a investițiilor în economia de piață. El exprimă într-un mod generalizat situația "la zi" - câștigul sau pierderea economică pentru o perioadă de timp determinată.

Durata simplă de recuperare a investițiilor

Durata de recuperare a investiției este un alt indicator de eficiență economică, care reflectă capacitatea proiectului de a genera profit și restitui capitalul împrumutat. În general, durata de recuperare a investiției exprimă numărul de ani pe parcursul cărora investiția realizată se recuperează din profitul obținut în urma realizării proiectului. Pentru a determina durata simplă de recuperare a investițiilor, presupunem că venitul net anual este constant pe perioada de studiu:

$$VN_{med} = VNA / \bar{T}_{T,i} = 85,68 / 11,26 = 7,61 \text{ mil €/an,} \quad (4.14)$$

unde: VNA - venitul net actualizat;

$T_{T,i}$ - durata actualizată a perioadei de studiu;

Pentru durata simplă de recuperare a investiției rezultă:

$$DRs = I / VN_{med} = 200 / 7,61 = 26,28 \text{ ani,} \quad (4.15)$$

unde: I - investiția totală aferentă proiectului;

VN_t - venitul net mediu anual;

Un proiect de investiții poate fi acceptat, din punct de vedere economic, doar atunci când este satisfăcută condiția: DRs este mai mică decât durata de viață. Obiectivul considerat în proiect are o durată de viață de 80-100 ani, astfel, proiectul dat din punct de vedere economic este fezabil.

De observat că evaluarea economică de mai sus au fost realizată pentru o perioadă de studiu cu durata de 30 ani calendaristici și ea a demonstrat că efortul investițional în acest proiect se recuperează din câștigurile anuale. Evident, că dacă aceste câștiguri ar fi fost contabilizate pe întreaga durată de viață a obiectivului - performanța economică a proiectului doar ar fi crescut.

Edificarea centralelor hidroelectrice cu acumulare prin pompare (CHEAP), ca principala infrastructură de stocare a energiei la scară largă, reprezintă o măsură importantă de sporire a flexibilității sistemului electroenergetic. Studiul realizat demonstrează atractivitatea implementării proiectelor consacrate CHEAP.

4.4. Analiza asupra necesarului de stocare pe termen scurt – ca nou element de flexibilitate, în condițiile introducerii pe scară largă a centralelor fotovoltaice

4.4.1. Studiu preliminar pentru Republica Moldova – proiecții de viitor. Metoda utilizată

Exercițiul de a face proiecții în viitor folosind informațiile existente în prezent reprezintă întotdeauna o sarcină dificilă. Pentru analizarea situației specifice unei largi penetrări a centralelor fotovoltaice în sistemul energetic al unei țări, o abordare acceptabilă o reprezintă utilizarea unui set de simplificări care să permită atât determinarea capacităților necesare în surse regenerabile (SER) - de exemplu în centrale fotovoltaice (CEF), cât și necesarul de stocare de energie care să asigure compatibilizarea excesului de producție CEF din timpul zilelor însorite cu profilul zilnic de consum și în mod special cu vârful de seară al acestui profil. În cadrul acestei analize, pașii aleși sunt prezentați în continuare, rămânând deschisă opțiunea de utilizare și a altor metode. Studiul furnizează ordinul de mărime pentru capacitățile CEF și pentru necesitățile de stocare în condițiile celor două scenarii alese: acoperirea a 30%, respectiv a 50% din consumul anual al țării cu

producția realizată cu CEF, prin raportarea energiilor lor anuale la consumul anual al țării [268].

S-a ales ca studiu de caz situația Republicii Moldova. Trebuie menționat faptul că *sistemele de stocare a energiei electrice*, în special tehnologiile emergente ale bateriilor (engl. Battery Energy Storage System - **BESS**), reprezintă *noi metode de creștere a flexibilității în sistemele electroenergetice*, acestea având un potențial enorm de a acoperi necesitățile de flexibilitate în sisteme cu largă penetrare a SRE (de ex. PV-uri), prin utilizare distribuită și prin scalare. În plus, tehnologiile BESS se maturizează în acest moment în mod accelerat datorită electromobilității, care solicită pentru vehicule electrice soluții ieftine și robuste precum și capacități mari de producție, pentru care industria mondială face astăzi eforturi uriașe.

Studiul parcurge următoarele etape sub formă de subcapitole distincte:

- Evaluarea necesarului de capacități de producție în Republica Moldova cu PV-uri, respectiv a puterii instalate a acestora pentru 30% și 50% acoperire a consumului anual;
- Analiza necesarului de stocare pe termen scurt, respectiv pe durata unei zile, pentru a compatibiliza curba de producție SRE cu curba națională de consum, în condițiile unei limitări a puterii de schimb transfrontaliere (Capacitatea netă de transfer sau în engleză *Net Transfer Capacity* - NTC).

Aceasta reprezintă partea principală a studiului, capacitățile de stocare fiind văzute ca elemente esențiale de creștere a flexibilității în sistemele electroenergetice.

- O analiză a necesarului de teren pentru implementarea scenariilor de producție PV.

4.4.2. Evaluarea necesarului de PV-uri în Republica Moldova

Pentru evaluarea necesarului de capacități bazate pe PV-uri s-au parcurs următorii pași:

Pasul 1.1: S-a ales pentru studiul de caz un anumit an calendaristic pentru care se află consumul anual de energie electrică în RM. Prin utilizarea datelor obținute de pe portalul de transparență [269] se obține pentru anul 2020 un consum $E_{R.M.}/an = 5936 \text{ GWh}/an$.

Acest consum anual de energie corespunde unei puteri medii egale cu:

$$P_{R.M.Mediu} = 5936 \text{ GWh} / 8760 \text{ ore} = 0.678 \text{ GW} = 678 \text{ MW}$$

De menționat faptul că o politică similară de transparență este promovată și pe site-ul Transelectrica din România [270].

Pasul 1.2: se alege factorul de acoperire K_{PV} a energiei anuale ca producție cu CEF. Se consideră două scenarii: $K_{PV} = 30\%$ și $K_{PV} = 50\%$, ca procente de acoperire a consumului anual cu CEF.

Pasul 1.3: Se determină necesarul de producție anuală totală utilizând centrale fotovoltaice:

$$E_{PV}/an = E_{Cons} * K_{PV} \quad (4.16)$$

Pentru $K_{PV} = 30\%$, această energie este egală cu $E_{PV30\%}/an = 1781 \text{ GWh}/an$, iar pentru

$K_{PV} = 50\%$ se determină în mod similar $E_{PV50\%}/an = 2961 \text{ GWh}/an$.

Pasul 1.4: Se calculează necesarul de putere instalată în CEF capabil să producă energia anuală cerută de pasul 1.3, respectiv E_{PV}/an calculate anterior. Acest necesar se poate determina cel puțin în următoarele două moduri: a) bazat pe date statistice obținute de pe site-uri specializate, cum ar fi site-ul [217]: $E_{PV_{JRC}} = 1150 \text{ kWh}/an/kW$ regiunea orașului Bălți, b) $E_{PV_{JRC}} = 1182 \text{ kWh}/an/kW$ ce corespunde unei medii a 11 locații din RM (coprespunzătoare la 11 județe) și c) bazat pe măsurători reale efectuate în locații din Republica Moldova pe o perioadă de 1 an. În urma selecției unei CEF existente având o putere instalată de 15 kW (regiunea orașului Bălți), s-a obținut: $E_{PV_{Real_1kW}} = 1034 \text{ kWh}/an/kW$. Această valoare ar putea ține cont și de factori suplimentari, cum ar fi perioade de indisponibilitate și eventuale modificări climatice cu impact negativ. În cadrul analizei s-a ales valoarea obținută în varianta b), ca abordare mai conservatoare. Necesarul de putere instalată în PV-uri la nivel de țară se poate calcula cu formula:

$$P_{PV30\%} = (E_{PV}/an) / E_{PV_{Real_1kW}} \quad (4.17)$$

obținându-se pentru o acoperire a energiei anuale a R.M cu 30% în PV-uri ($K_{PV} = 50\%$) valoarea:

$$P_{PV30\%} = 1722 \text{ MW}, \text{ respectiv pentru } 50\% \text{ în PV-uri } (K_{PV} = 50\%) P_{PV50\%} = 2879 \text{ MW}.$$

Aceasta primă etapă a analizei furnizează o dimensiune preliminară a capacității necesare în CEG pentru a acoperi la nivel anual 30%, respectiv 50% din consumul Republicii Moldova.

4.4.3. Analiză preliminară a necesarului de stocare pe termen scurt

Această etapă realizează o analiză preliminară a necesarului de stocare pe termen scurt (o zi) pentru a preluarea excesul de energie din timpul zilei și a-l utiliza în alte perioade ale zilei, în special în vârful de sarcină din timpul serii, analiză care se face în condițiile unor scenarii specifice.

În condițiile unei utilizări accentuate a producției bazată pe CEF, în varianta fără CEE sau în cea cu instalări limitate de CEE, cel mai ridicat necesar de stocare va fi în zilele însorite ale verii, când apare un exces de producție cu PV-uri. Analiza a determinat necesarul de stocare într-o astfel de zi, pentru scenariul de acoperire anuală cu 30% respectiv cu 50% cu CEF, pe baza calculului efectuate în etapa anterioară. Cele două scenarii bazate doar pe surse regenerabile de tip CEF (S1 și S2) au fost complementate cu scenariul S3, în care se va introduce și o mică contribuție de producere cu centrale eoliene, respectiv S4, care studiază într-o zi de iarnă situația unei capacități în PV-uri ce este capabilă să asigure 50% din consumul anual. Rezultatele sunt prezentate sintetic în tabelul 4.14, fiind comparate cu situația actuală (scenariul S0).

Ziua de referință, considerată ca fiind o zi tipică pentru consumul de vară, a fost aleasă ca fiind în data de 30.06.2020. Această zi a fost combinată cu o zi de vară având o producție zilnică ridicată, pentru a face o analiză în situația cea mai dificilă din an. În data de 27.06.2020 s-a

înregistrat cea mai mare producție zilnică din perioada de vară, înregistrată cu centrala fotovoltaică aleasă în pasul 1.4 b).

În scenariul de bază (S0) nu s-au luat în considerare și resurse de stocare, R.M. neavând la acest moment nici centrale hidroelectrice cu acumulare prin pompaj (CHEAP) și nici sisteme de stocare distribuită folosind tehnologii noi, de ex. bazate pe Litiu-Ion. În cadrul acestui scenariu (S0) puterea maximă de import/export pe liniile de interconexiune (în special cu Ucraina) a fost de 114 MW, respectiv de 117 MW, aceste valori furnizând informații importante despre gradul de încărcare a liniilor de interconexiune, care trebuie să fie mai mici decât Capacitatea Netă de Transfer (engl. NTC). S-a ales $NTC = 250$ MW, acoperitor pentru schimbul transfrontalier.

Pentru simularea scenariului (S1), care asigură acoperirea a 30% din consumul anual cu surse regenerabile de tip CEF, se adaugă peste curba de consum la nivel de țară un profil tipic de producție cu PV-uri, din ziua de vară aleasă (producție CEF ridicată). Capacitatea CEF pentru $K_{PV} = 30\%$ s-a calculat anterior: $P_{PV30\%} = 1722$ MW și este folosită ca factor de amplificare a producției CEF. Pentru această putere în PV-uri, necesarul de producție cu centrale clasice să scadă pe parcursul zilei față de nivelul inițial ($K_{TPP} = 1$, scenariului S0), fiind necesar ca producția clasică de energie electrică să fie de doar 12.3% din cea inițială ($K_{TPP} = 0.123$). În această situație, evoluția producției și a consumului pe o zi este cea din figura 4.8.

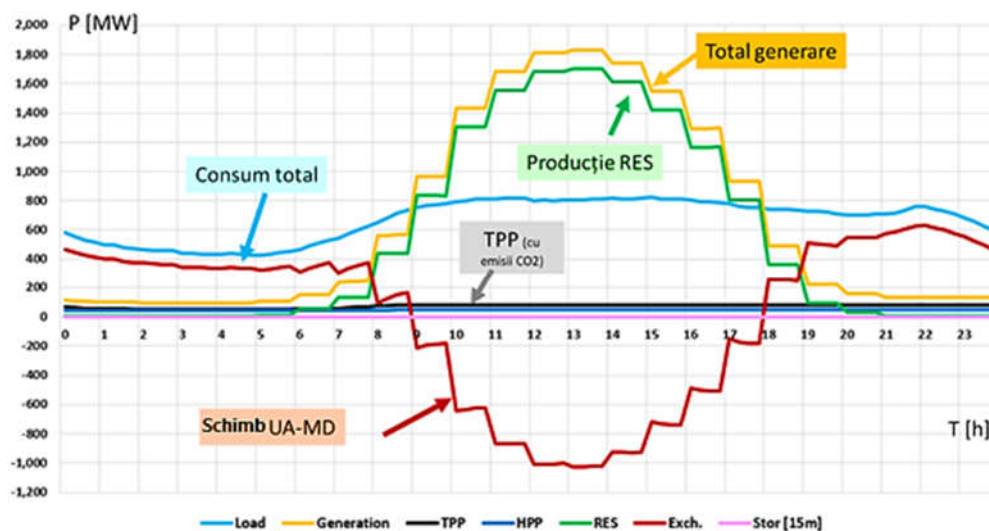


Figura 4.8. Producție, consum și schimb transfrontalier în S1, acoperire cu CEF a 30% din energia consumată anual, într-o zi de vară însorită, fără resurse de stocare.

Evoluția prezentată în figura 4.8 este fără a utiliza încă sisteme de stocare se caracterizează prin valori mari ale puterii transfrontaliere în timpul zilei, de aproximativ 1000 MW în orele de amiază (12:00-14:00), mult peste capacitatea de transfer.

Pentru a reduce puterea către sau dinspre sistemele vecine sub $NTC=250$ MW, se consideră existența unei resurse de stocare agregate la nivelul întregului sistem al RM, care este planificată să fie încărcată (adică să funcționeze ca un ansamblu de sarcini) sau descărcată (adică să funcționeze ca un ansamblu de generatoare), astfel încât în fiecare palier orar puterea de schimb transfrontalier să fie păstrată sub limita NTC. Studiul a considerat situația simplificată în care randamentul încărcare-descărcare al bateriilor este unitar, adică situația ideală. Figura 4.9 prezintă evoluția puterii pentru producție, consum și schimb transfrontalier pe perioada de o zi, în condițiile folosirii resursei de stocare agregate, pe baza aplicării algoritmului simplu menționat anterior. Utilizarea unor algoritmi mai complecși, bazați pe diverse criterii de optimizare, ar putea duce la rezultate mai rafinate, analiza de față având ca scop doar obținerea unor rezultate preliminare privind necesarul de stocare în RM.

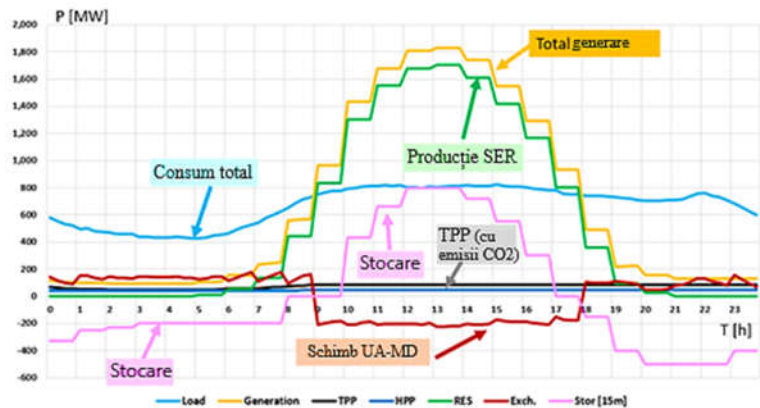


Figura 4.9. Producție, consum și schimb transfrontalier în cadrul scenariului 1, cu o acoperire cu CEF a 30% din energia consumată anual, evoluția într-o zi de vară însorită, cu stocare

Pentru scenariul cu 50% producție regenerabilă cu PV-uri (S2) se adaugă o producție cu centralele fotovoltaice având același profil ales în scenariul S1 (zi de vară însorită). În etapa anterioară a acestei analize s-a determinat faptul că asigurarea a 50% din consumul anual cu centrale fotovoltaice necesită o putere instalată în centrale fotovoltaice $P_{PV50\%} = 2879$ MW.

Pentru această putere instalată în PV-uri, consumul necesar în ziua de vară aleasă nu mai necesită de loc utilizarea centralelor pe hidrocarburi, având astfel $K_{TPP} = 0$. Evoluția producției, consumului și a schimbului în cadrul scenariului S2, fără stocare, este prezentată în figura 4.10.

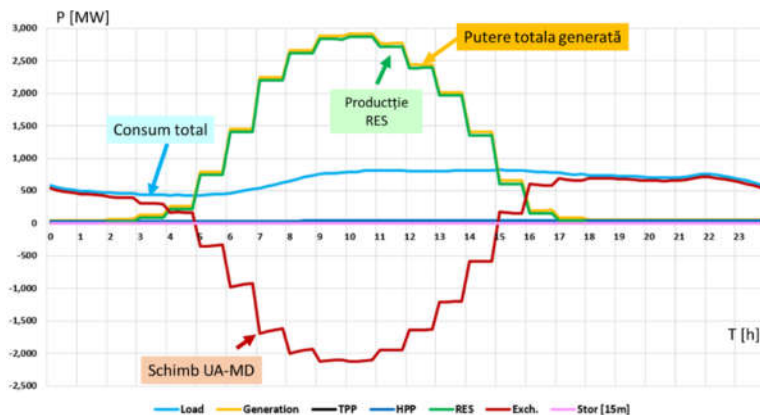


Figura 4.10. Producție, consum și schimb transfrontalier în scenariul 2, cu acoperire cu CEF a 50% din energia consumată anual, evoluția într-o zi de vară, fără stocare.

Ca și în cazul anterior (S1), se obține o putere de schimb transfrontalier de valoare foarte mare (peste 2000 MW). Pentru acest scenariu de producere (RES 50%), se alege ca ipoteză de calcul creșterea NTC la 450 MW, sugerând faptul că în viitor vor fi disponibile capacități suplimentare de schimb cu țările vecine (România și Ucraina) - reprezentate prin linii de interconexiune și eventual prin stații de tip back-to-back.

Evoluția producției, a consumului, a schimbului transfrontalier și a programului de utilizare a resursei de stocare sunt prezentate în figura 4.11.

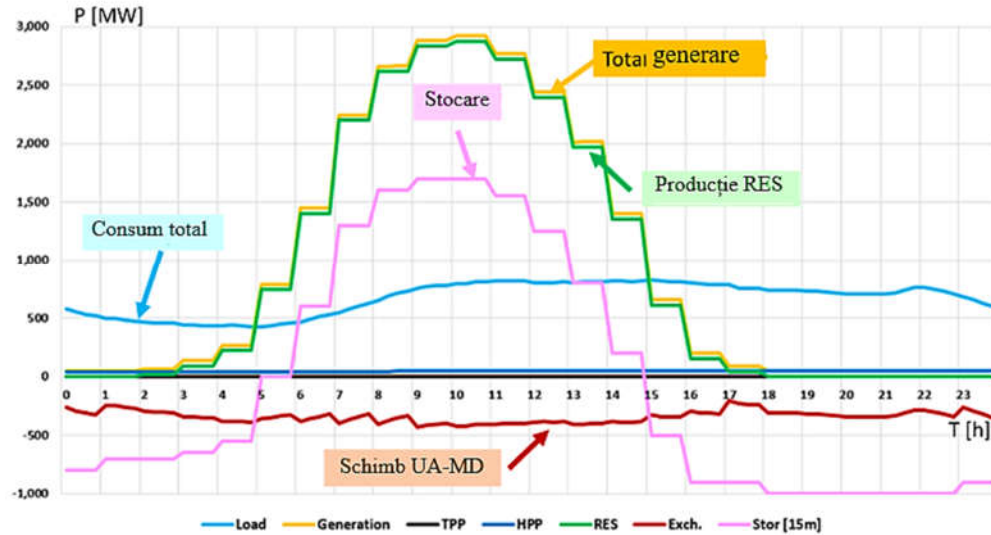


Figura 4.11. Producție, consum și schimb transfrontalier în scenariul 2, cu acoperire cu CEF a 50% din energia consumată anual, evoluția într-o zi de vară, cu stocare.

Se poate observa faptul că în acest scenariu apare un exces de 45.7% a producției totale față de consum: $\frac{E_{Prod}}{E_{Cons}} = 1.457$, care poate fi utilizat fie pentru a asigura un export de energie către țările vecine (în condițiile respectării puterii totale exportate mai mici decât cea dată de NTC = 450 MW), combinat eventual cu o producție locală de hidrogen verde (green H₂) prin electroliza apei folosind energie verde obținută din centralele fotovoltaice. Excesul de energie datorat doar centralelor fotovoltaice este la rândul său mare, respectiv de 38.8%. Nu există producția bazată pe hidrocarburi ($K_{TPP} = 0$)

Al treilea scenariu (S3) adaugă un aport de producție eoliană (ca parte a producției considerate verde, de tip "RES"), respectiv o capacitate care produce o putere maximă $P_{WND} = 200 \text{ MW}$ în ziua studiată, pentru care s-a ales o evoluție în care vârful de producție apare după apusul soarelui - o evoluție destul de des întâlnită în profilele producției eoliene. Evoluția producției, consumului și a programului sistemului de stocare agregat, duc la un raport $E_{Prod}/E_{Cons} = 1.45$, adică la un exces de producție de 45%. Acest exces urmează a fi folosit

pentru export de energie și pentru producerea de H₂ verde (prin tehnologii specifice de tip P2G, cum ar fi prin electroliza apei).

Un scenariu final (S4) consideră producția PV având un profil tipic unei zile de iarnă (ziua aleasă fiind 08.12.2020). Evoluția producției și consumului în condițiile utilizării și a sistemelor de stocare pe baza algoritmului utilizat anterior, este prezentată în Figura 4.12.

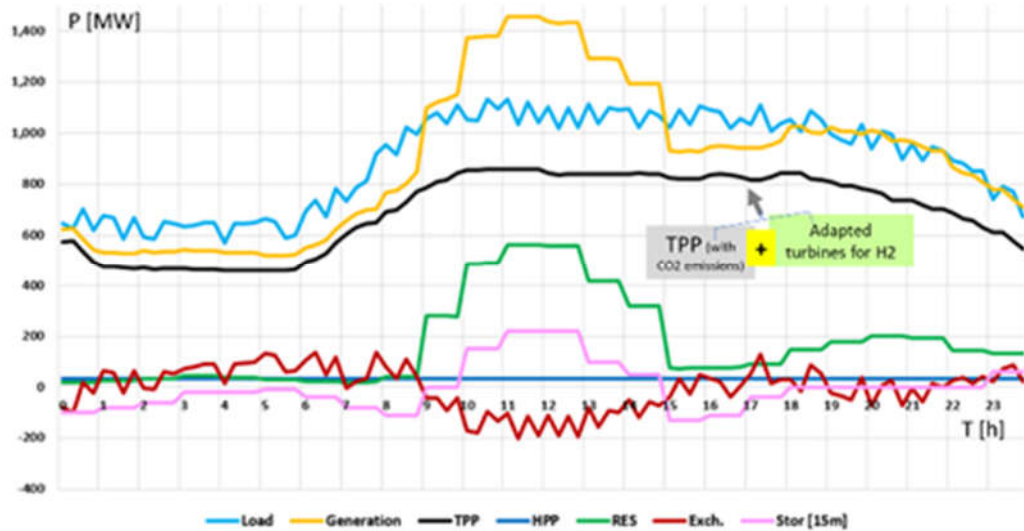


Figura 4.12. Producție, consum și schimb transfrontalier în scenariul 4, cu acoperire cu CEF și CEE a 50% din energia consumată anual, evoluția într-o zi tipică de iarnă, cu utilizarea de resurse de stocare.

Se poate observa faptul că în acest caz este necesară utilizarea centralelor clasice (TPP), în condițiile în care combustibilul utilizat poate fi un amestec de CH₄ și hidrogen "verde" și/sau prin utilizarea unor turbine care folosesc doar hidrogen, obținut vara din excesul de energie produsă de PV-uri. Cu aceste soluții bazate pe hidrogen se pot obține emisii reduse de CO₂ chiar și în perioada de iarnă, când producția cu CEF este mai redusă. Tabelul 4.14 prezintă o sinteză a celor 4 scenarii.

Tabelul 4.14. Scenarii studiate (pe perioade de o zi)

Scenariu	S0	S1-Vară	S2-Vară	S3-Vară	S4-Iarnă	
Identificator de linie (line ID)	A	B	C	D	E	
Descriere	Starea actuală	30% PV / an	50% PV / an	50% PV/an +Vânt	Iarna, S3	Col. Id
E_{Cons} [MWh]	16,035	16,035	16,035	16,035	21,485	1
E_{Prod} [MWh]	15,197	16,038	23,365	23,276	21,557	2
K_{TPP} [%]	100	12.3	0	0	82.0	3
$P_{PV_{INST}}$ [MW]	0	1,722	2,870	2,650	2,650	4
$P_{Wnd_{MAX}}$ [MW]	0	0	0	200	200	5
E_{Prod}/E_{Cons} [%]	94.8%	100.0%	145.7%	145.2%	100.3%	6
E_{RES}/E_{Cons} [%]	0.3%	82.4%	138.8%	138.3%	19.3%	7
$E_{P_{TPP}}$ [MWh]	14,038	1,727	0	0	16,623	8
$E_{P_{RES}}$ [MWh]	54	13,208	22,262	22,173	4,143	9

E_{PPV} [MWh]	0	13,155	22,209	20,506	2,475	10
E_{PWnd} [MWh]	0	0	0	1,614	1,614	11
E_{PHPP} [MWh]	1,103	1,103	1,103	1,103	792	12
$E_{Ex} + H_2$ [MWh]	837	-3	-7,230	-7,241	-73	13
$E_{ExchImport}$ [MWh]	945.5	1,785	0	0	784	14
$E_{ExchExport}$ [MWh]	109	1,788	7,230	7,241	856	15
$P_{ExchImport}$ [MW]	117	176	0	0	136	16
$P_{ExchExport}$ [MW]	114	225	426	426	201	17
E_{Stor} [MWh]	0	4,260	10,700	9,550	800	18
$P_{MaxStor}$ [MW]	0	820	1,730	1,570	220	19

Ultimele două linii ale tabelului prezintă necesarul de stocare pentru fiecare scenariu (liniile cu Id=18 și 19). Se observă că este necesară o capacitate de **4260 MWh (4.26 GWh)** în sisteme de stocare pentru scenariul cu 30% PV și de **10.7 GWh** în scenariul cu 50% producție cu CEF.

Aceste valori de capacitate în stocare reprezintă ținte credibile pentru orizontul de timp corespunzător anilor 2027-2030, respectiv 2035-2040, dacă ținem cont de faptul că proiecte de stocare de 2.5 GWh sau chiar mai mult sunt deja planificate pentru anii 2021-2030 [271,272].

O analiză a necesarului de teren pentru implementarea scenariilor ambițioase de producere duce la rezultatele prezentate în continuare. Suprafața necesară montării unui kW de PV-uri s-a ales în mod conservativ $A_{1kW} = 20 \text{ m}^2/\text{1kWp}$. Necesarul de teren este: $A_{Necesar} = P_{Necesar_PV} * A_{1kW}$ și prin aplicarea formulei pentru cele două scenarii se obține:

$$A_{Necesar_30\%} = P_{PV30\%} A_{1kW} = 34.4 \text{ km}^2 \text{ și } A_{Necesar_50\%} = P_{PV50\%} A_{1kW} = 54.4 \text{ km}^2$$

care reprezintă echivalentul a unui pătrat cu latura egală cu: $L = \sqrt{A_{Necesar}}$, obținându-se:

$$L_{30\%} = 5.9 \text{ km}; \quad L_{50\%} = 7.4 \text{ km}$$

Pentru 30%, respectiv 50%, de penetrare a centralelor fotovoltaice, este necesară utilizarea a doar 0.23% respectiv doar 0.37% din terenul agricol al R.M, care este de 14800 km² [273], situație care practic nu afectează activitatea agricolă, în condițiile în care o repartizare eficientă a producției de energie are un impact redus și asupra rețelei electrice. Formulele de calcul sunt:

$$A_{Utilizat_30\%} = \frac{A_{Necesar_30\%}}{A_{Agricol}} * 100 = 0.232\% \quad A_{Utilizat_50\%} = \frac{A_{Necesar_50\%}}{A_{Agricol}} * 100 = 0.367\%$$

Pentru o acoperire completă (100%) a consumului anual în R.M. cu centrale fotovoltaice ar urma să fie necesar mai puțin de 1% din suprafața agricolă. Faptul că prin conversia a doar 1% din teren în centrale fotovoltaice ar fi suficient să se asigure întregul necesar de energie electrică din Uniunea Europeană a fost deja raportat și în alte studii [274], în timp ce 2% din suprafața Germaniei este suficientă pentru a-i acoperi necesarul cu 100% SRE [275].

4.4.4. Aspecte importante a rezultatelor analizei. Concluzii

Tabelul 4.14 prezintă figuri sintetice pentru toate cazurile studiate. Constrângerile de

topologie din interiorul țării nu au fost detaliate, considerându-se ca cea mai mare parte a centralelor fotovoltaice sunt distribuite, la care le sunt adăugate sisteme de stocare a energiei electrice - ca o posibilă schimbare de paradigmă comparativ cu centralele cu acumulare prin pompaj, care necesită de obicei linii suplimentare de transport. Unele întăriri de rețea ar putea fi totuși necesare.

Fiecare scenariu a fost analizat separat, cu scopul de a furniza o primă imagine a dimensiunii potențialului de producție cu surse regenerabile și a necesarului de stocare asociat. Detalieri suplimentare vor putea fi făcute în viitor, cu noi cazuri și pentru alte perioade de timp.

Este de așteptat că analiza pe o perioadă mai lungă de timp să arate necesitatea unor capacități suplimentare de stocare și anumite întăriri de rețea. Scenariile cu o contribuție anuală de 30% respectiv 50% în PV-uri arată că întregul consum poate fi acoperit integral în zilele însorite de vară, iar excesul poate fi exportat sau folosit pentru a produce hidrogen verde - a cărui energie poate fi utilizată în timpul iernii, energia obținută cu TPP putând fi parțial asigurată cu centrale pe gaz adaptate pentru un mix de CH_4 și H_2 verde, sau doar cu hidrogen verde. Analize de viitor ar putea lua în considerare un an întreg. Zilele tipice din an cu abundență în energie regenerabilă se regăsesc totuși destul de des, arătând o direcție clară spre neutralitatea față de emisiile de carbon.

Necesarul de baterii - ca soluție de sprijinire a flexibilității sistemului în scenarii cu introducere pe scară largă a capacităților de producție cu PV-uri, a dus la o valoare de **4.26 GWh** pentru 30% RES, respectiv **10.7 GWh** pentru 50% RES. O întrebare legitimă este dacă este realist ca astfel de capacități foarte mari să poată fi procurate și dacă acestea sunt la prețuri acceptabile. În condițiile unei cereri tot mai mari de baterii, în special pentru a fi utilizate la construcția vehiculelor electrice, răspunsurile au mari șanse să fie pozitive.

Un studiu recent [276] arată că sunt deja anunțate 38 de fabrici de baterii doar în Europa, din care 17 au deja securizată sursa de investiții, în valoare totală de 30 miliarde Euro, alte 10 au găsit deja o parte din sursa de investiție, în valoare de 16.8 miliarde Euro, iar ultimele 11 sunt anunțate recent, fără a fi încă confirmate sursele de finanțare. Această situație ar asigura Europei 20% din cota de piață mondială, urmând să devină a doua forță mondială după China. Necesarul de baterii pentru scenariul 50% RES, estimat la 10.7 GWh, ar reprezenta doar 1% din producția de baterii a Europei în acel an. Aceste posibile capacități de producție a bateriilor la nivel european demonstrează faptul că cerințele de stocare ale sistemului energetic al Republicii Moldova vor putea fi satisfăcute cu ușurință la nivelul orizontului de timp al anilor 2030, în condițiile în care prețurile specifice se așteaptă să ajungă la valori de sub 100 Euro/kWh pentru sisteme mari, făcând posibile aceste investiții în tandem cu investițiile masive în regenerabile, în special în centrale fotovoltaice, acestea având și avantajul unei producții distribuite.

Viziunea unei decarbonări accelerate folosind capacități mari în baterii este împărtășită și de studiul [277], în care titlul "Rethinking Energy 2020-2030" și subtitlul "100% Solar, Wind, and Batteries is Just the Beginning" invită la regândirea strategiei energetice a lumii, în condițiile în care asistăm la o schimbare rapidă de paradigme, ca urmare a avansurilor din tehnologiile bateriilor și a maturizării tehnologiilor fotovoltaice și eoliene. Integrarea unui procent mare de SRE este o sarcină dificilă pentru operatorii de rețea, dar noile soluții bazate pe BESS pot schimba în mod radical paradigma integrării RES, putând fi privite ca elemente necesare de flexibilitate energetică.

Ca o sinteza a datelor obținute de acest studiu, în condițiile unei largi penetrări a regenerabilelor, în situația acoperirii a 30% respectiv 50% din consumul anual, pot fi subliniate următoarele aspecte importante:

- pentru acoperirea a 30% din consumul anual cu CEF este necesară instalarea a 1722 MW în PV, cerând un sistem de stocare ce cumulează o capacitate de 4.26 GWh, cu o putere instalată $P_{MaxStor} = 820$ MW; În ziua de vară studiată, 87% din energia consumată poate fi acoperită doar din SRE.
- pentru acoperire a 50% din consumul anual cu CEF este necesară instalarea a 2870 MW în PV, care necesită o capacitate de stocare egală cu 10.7 GWh și $P_{MaxStor} = 1730$ MW, în condițiile unui schimb maxim transfrontalier NTC=450 MW, presupunând dezvoltări legate de liniile de interconexiune. Puterea ce este necesar a fi instalată în CEF solicită utilizarea a numai 0.37% din terenul agricol al R.M. În timpul unei astfel de zile de vară există un exces de energie produsă de 45% atât în cazul investițiilor doar în PV-uri cât și în cazul mixt cu un aport moderat în centrale eoliene, energie care poate fi exportată și/sau consumată pentru a produce hidrogen verde prin electroliza. În scenariul 50%PV este încă necesar într-o zi tipică de iarnă ca 81% din energie să provină din centrale clasice (TPP), care vor putea să utilizeze drept combustibil un amestec $CH_4 + H_2$ verde sau doar H_2 verde.

Alte simulări zilnice, reprezentate în material, arată faptul că cele mai însorite zile de vară sunt situațiile cele mai indicate pentru a estima necesarul de stocare pentru scenariile cu 30%, respectiv 50% producție anuală cu PV-uri. Aceste rezultate arată faptul că țintele necesare pot fi atinse chiar și cu tehnologiile actuale, urmând să devină viabile economic pentru obiective de mari dimensiuni în următorii ani, probabil în perioada 2025-2030, făcând ca ambițiile politice de azi legate de decarbonarea activității energetice să fie o realitate posibilă în cadrul unei foi de parcurs către neutralitate față de CO_2 , așa cum este cerut de proiectul "European Green Deal".

Pentru a implementa aceste cerințe, design-ul sistemelor energetice ale viitorului necesită în paralel mai multe măsuri: introducerea masivă a centralelor PV distribuite pe întreg teritoriul, o introducere moderată a centralelor eoliene în locuri specifice în care există condiții atmosferice

corespunzătoare, întărirea rețelei electrice, introducerea de microrțele electrice locale și proliferarea prosumatorilor, toate fiind sprijinite de un suport larg al sistemelor de stocare.

Analiza de față a intenționat să aducă o imagine preliminară a problemelor pe care le aduce pătrunderea masivă a SRE și să arate necesarul de stocare pentru a permite ca producția să fie preluată și să sprijine consumul, atunci când acesta este necesar. Acest studiu poate fi văzut ca o bază pentru analize ulterioare mai aprofundate privind echilibrarea între producție, consum și stocare a energiei. Alte aspecte tehnologice, cum ar fi analiza necesarului de stocare pe termen mediu (săptămână) și lung (inter sezoane) sau problematica reducerii inerției mecanice în sistem ca urmare a introducerii invertoarelor de putere vor putea fi studiate în lucrări viitoare.

4.5. Creșterea flexibilității de sistem printr-o combinație de centrale hidroelectrice cu acumulare prin pompare (CHEAP) și sisteme de stocare a energiei cu baterii (BESS)

4.5.1. O analiză a posibilităților dezvoltării și aplicabilitatea lor în Republica Moldova

Sarcina cu privire la neutralitatea climatică și reducerea emisiilor de CO₂ la nivelul anului 2050, cu obiective înalte pentru 2030, necesită o amplă desfășurare a SRE, ca a cărei volatilitate solicită o flexibilitate sporită în sistem, în special pe baza de resurse de stocare. Centralele hidroelectrice cu acumulare prin pompare (CHEAP) și cele mai noi sisteme de stocare a energiei pe bază de baterii (BESS) sunt tehnologii competitive care trebuie să participe împreună la acest efort. Capitolul analizează o combinație a acestor resurse, cu scopul de a putea acoperi nevoia de flexibilitate, oferind și o imagine preliminară pentru Republica Moldova. Analiza folosește punctele forte ale fiecărei tehnologii și investighează modele și oportunități de afaceri corespunzătoare pentru BESS. Aceste opțiuni sunt capabile să aibă o complementaritate, care aduce sinergii și oferă soluții adecvate de stocare într-o paradigmă decarbonată a energiei [278].

Decizia recentă la nivel european pentru țelul de a reduce cu 55% emisiile în anul 2030 [279], ca o modalitate de a asigura mai bine scopul final pentru anul 2050 prin obiective interimare clare, cere o regândire serioasă a foii de parcurs de flexibilitate, în condițiile unor restricții de timp.

Volatilitatea acestor surse regenerabile, ce sunt necesare într-o proporție foarte mare, are ca repercursiune directă și necesitatea unei flexibilități ridicate în sistemul electroenergetic, care să fie sprijinită și printr-o proporție corespunzătoare de sisteme de stocare a energiei electrice. CHEAP [280] (văzute ca fiind amenajări energetice excelente pentru furnizarea de flexibilitate în întreaga lume) și noile sisteme de stocare a energiei BESS *sunt tehnologii competitive, care trebuie să co-participe la acest efort*. În prezenta lucrare este studiată combinarea acestor tipuri de resurse utilizând ca studiu de caz situația Republicii Moldova.

Pentru Republica Moldova, lucrarea [263] scrisă de Valentin ARION și Cristina

EFREMOV - „*Increasing flexibility of the national energy system by building up hydro pumped storage plants*”, prezintă un studiu de fezabilitate ce demonstrează atractivitatea realizării de CHEAP prin utilizarea unor locații bine alese pe teritoriul Republicii Moldova. Studiul a dovedit fezabilitatea CHEAP prin exploatarea variabilității prețului energiei pe piața de energie, combinat cu servicii de echilibrare. Un alt studiu din regiune, respectiv din România [281], dovedește atractivitatea realizării unei CHEAP în zona Tarnița-Lăpușești. Ambele preocupări sunt într-o direcție cu pregătirea celor două sisteme electroenergetice pentru cerințe ridicate de flexibilitate.

Sistemele de stocare ale energiei bazate pe baterii (BESS), se bazează pe tehnologii noi care dovedesc o tendință clară de reducere a prețului, în timp ce durata de viață, descrisă de numărul de cicluri, este în creștere. Se așteaptă ca această tendință să continue, în special, datorită necesarului de baterii pentru vehiculele electrice (VE), aflate într-o expansiune vertiginoasă.

Este totuși un aspect recunoscut faptul că durata de viață a CHEAP este cu mult mai mare decât cea a BESS și că, deci, este îndreptățit să fie prioritară. Totuși, este tot mai clar faptul că necesarul imens de stocare pentru a asigura integrarea pe scară largă a surselor regenerabile de energie poate fi acoperit doar într-un mod limitat de către CHEAP-uri. În [263] a fost descris pe larg modelul de business pentru CHEAP, arătând perioade acceptabile de recuperare a investiției bazate pe prețurile energiei pe piață, prin programarea adecvată a perioadei de stocare și a celei de producere a energiei electrice. Durata de recuperare a investiției sub 15 ani și perioade de viață de peste 30 ani arată că CHEAP poate fi o bună sursă de venituri, asigurând servicii de flexibilitate.

O problemă, care însă nu poate fi evitată, este faptul că în multe sisteme electroenergetice necesarul de stocare depășește în mod substanțial potențialul geografic necesar pentru astfel de dezvoltări pentru o anumită țară, ducând la concluzia că sunt necesare soluții complementare. În continuare se prezintă câteva soluții de utilizare combinată a CHEAP și BESS, organizate astfel:

- a) o primă secțiune realizează o analiză comparativă legată de CHEAP și BESS, aceste soluții fiind considerate cele mai relevante tehnologii pentru perioada următoare;
- b) moduri în care se pot construi modele de business specifice pentru BESS (sunt investigate în a doua secțiune), cu focalizare pe modele noi de afaceri;
- c) o a treia secțiune analizează rolul BESS în sprijinirea „parității” energiei la punctul comun de cuplare (PCC) între utilizator și rețeaua electrică;
- d) o a patra secțiune realizează o analiză preliminară a mix-ului de CHEAP și BESS, și a oportunităților de utilizare a BESS în cazul specific al Republicii Moldova;
- e) o secțiune finală trage concluzii legate de utilizarea combinată a CHEAP și BESS, și a potențialului multiplu pentru BESS.

4.5.2. CHEAP și BESS – o analiză comparativă

Acest studiu intenționează să analizeze combinația de surse de flexibilitate de tip CHEAP și BESS. În această secțiune se propun câteva comparații între aceste tehnologii de stocare.

Tabelul 4.15. Aspecte legate de tehnologiile CHEAP și BESS

	<i>Aspect specific</i>	<i>CHEAP</i>	<i>BESS</i>
1	Durata de viață	Excelentă, de exemplu 35 - 50 ani	Medie (de ex. 10 ani), sunt așteptate în viitor creșteri ale duratei de viață
2	Potențialul de îmbunătățiri tehnologice	Se bazează în mod preponderent pe tehnologii clasice	Potențial ridicat pentru serioase avansuri tehnologice
3	Viteza de implementare a obiectivului	Scăzută: 4 - 7 ani	Ridicată: 6-12 luni (< 1 an)
4	Costuri specifice de capital pentru capacitatea instalată de stocare a energiei Euro/kWh instalat]	Mediu, de ex. 400-1000 Euro/kWh, funcție de fiecare situație în parte [263,280]	Mediu, de ex. 250-400 Eur/kWh instalat [281], sunt așteptate în viitor reduceri
5	Costuri operaționale	Scăzute	Scăzute
6	Costul serviciului de stocare (Eur/MWh stocat)	Scăzut, în special datorită perioadei ridicate de viață	Mediu, sunt așteptate reduceri în viitor
7	Eficiența energetică a unui ciclu complet	70-80%	85-90% (Li-Ion) 70-80% (flow batteries)
8	Scalabilitate	În general nu este posibilă (fiecare proiect este unic)	BESS sunt prin natura lor scalabile
9	Impact asupra mediului	Necesită modificări ale mediului natural	Acoperă o suprafață mică comparativ cu CHEAP
10	Materiale speciale	Nu, CHEAP se construiesc cu materiale și tehnologii clasice	Da, însă noile tehnologii încep să evite materiale speciale
11	Potențialul de a realiza soluții distribuite	Puțin probabil, puteri și energii minime sunt în general ≥ 100 MW / MWh	Posibilitatea distribuirii prin natura BESS, unitățile de stocare putând varia în game largi, de ex. de la 10 kWh până la peste 1 GWh [271]
12	Pericole specifice	Colmatare a lacului, posibile pericole legate de integritatea barajului inferior, funcție de caz	Necesitatea de a recicla materiale esențiale. Măsurile de reciclare sunt în curs de implementare, de ex. [282]
13	Viteza de operare	Ridicată, de ex. câteva minute pentru angajare totală	Foarte ridicată, de exemplu câteva secunde pentru o angajare totală
14	Viteza în schimbarea operațiunii de la producție la consum	Moderat, de obicei până la minute, în funcție de tehnologie	foarte mare (secunde), datorită tehnologiilor electronice de putere de mare viteză
15	Potențial pentru servicii energetice tradiționale (subiectul plății serviciilor, în funcție de caz)	Echilibrarea energiei (generică), controlul f-P secundar, FCR, aplatizarea vârfurilor la nivel de sistem	Echilibrarea energiei, controlul f-P secundar, FCR (Reglaj primar de frecvență), aplatizarea locală a vârfurilor
16	Potențial pentru noi servicii energetice	Puțin probabil, limitat de viteză și generatoare sincrone clasice	Răspuns rapid în frecvență (FFR) [283], inerție sintetică
17	Necesitatea întăririi rețelei	De obicei da, mai ales în rețelele HV	Soluțiile distribuite BESS pot evita unele investiții în rețea
18	Furnizare de flexibilitate	da	da

19	Furnizare de servicii de reziliență	La nivelul național, pentru rețeaua electrică	La nivelul național și la nivel de comunitate (pentru rețea și pentru utilizator final)
20	Dimensiunea unei unități de stocare	Resursa concentrată de stocare, unități mari	De la unități mari până la unele de dimensiuni mici, cu largă distribuire în rețea (unități mari și mici)
21	Dimensiunea unității de stocare	Sunt necesare suprafețe mari	Sunt necesare suprafețe mici
22	Accesul la piețe	Scopul principal este pentru piețe la nivel național	Pentru piețe naționale și locale
23	Suport pentru prosumatori	Doar indirect	Se poate realiza prin unități de dimensiuni mici și medii
24	Suport pentru autoconsum	Doar indirect	Direct, datorită naturii sale distribuite
25	Suport pentru microrețele	Doar indirect	Direct, dacă sunt plasate în zona microrețelei, utilizate atât pentru funcționare on-grid cât și pentru cea off-grid
26	Suport pentru rețele hibride AC-DC	Doar indirect	Poate acționa ca un buffer și o punte de legătură între rețele
27	Sinergie cu alte industrii	Doar indirect. Se pot eventual adăuga PV-uri flotante pe lacuri	Sinergie ridicată în special cu electromobilitatea (în special în domeniul vehiculelor electrice)

Se poate constata că cele mai atractive aspecte ale CHEAP-urilor sunt prețul specific de instalare de valoare medie [*Euro/kWh instalat*], perioada lungă de operare, favorizând, în consecință, prețul redus al serviciilor de stocare.

Pe de altă parte, BESS prezintă multe avantaje privind flexibilitatea, care le permit utilizarea pentru scopuri multiple, care includ servicii emergente (FFR [283], inerție sintetică, utilizate ca servicii dinamice [284,285]). În cadrul „cursei pentru 55% SER”, un argument suplimentar pentru adoptarea BESS îl reprezintă faptul că acest tip de sisteme se pot realiza și pune în funcțiune mult mai repede (de exemplu sub un an), cu o suprafață ocupată mult mai mică decât cea pentru CHEAP, putând fi introduse în mod distribuit și ușor de implementat unde este necesar.

Scalabilitatea este o caracteristică esențială a BESS. De exemplu, produse cum ar fi Megapack, cu unități de bază cu o capacitate de 3,1 MWh și cu o putere de 0,7 MW a invertoarelor bidirecționale se poate scala până la 3 GWh (adică până la aproximativ 1000 de unități), conform configuratorului public de web [281]. Figura 4.13 arată evoluția prețului specific al unui MWh (ca principala parte a costurilor de capital - CAPEX pentru BESS) pentru acest fabricant și costul specific de mentenanță anuală (costuri de operare - OPEX). Se poate observa faptul că în domeniul între 50 și 3000 MWh costul specific de investiție este relativ constant, în jurul valorii de aproximativ 290 mii USD/MWh instalat, astfel încât costurile operaționale specifice pentru o

perioadă de viață de 10 ani doar 4,1% din CAPEX. Aceste valori vor fi utilizate pentru a obține o estimare a prețului serviciilor de stocare (Storage as a Service - SaaS).

Deși analiza de față ține cont de valoarea incontestabilă a CHEAP, care poate să dețină o proporție acceptabilă din pachetul de flexibilitate în sistemul electroenergetic, se explorează modelele de afaceri cele mai potrivite și oportunitățile tehnologiilor BESS emergente, care pot fi complementate și cu soluții de stocare pe termen lung, bazate pe conversia putere-gaz (power to gas - P2G) și pe energetica bazată pe hidrogen „verde”.

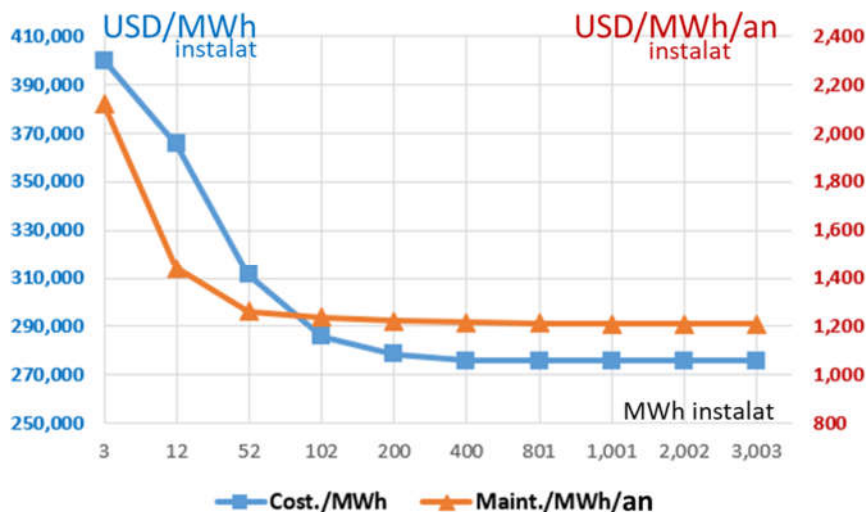


Figura 4.13. CAPEX și OPEX specifice BESS [282]

Trebuie menționat faptul că există și alte tehnologii, nedevelopate în prezenta lucrare, care pot deveni soluții pentru necesarul ridicat de flexibilitate prin sisteme de stocare [286,287].

4.5.3. Modele de afaceri pentru stocarea energiei folosind BESS

Deși se pot aplica și modele de afaceri similare cu cele utilizate pentru CHEAP, cea mai mare problemă a acestor modele sunt legate de capacitatea de a asigura volume de servicii similare cu cele cerute pe piață și cu diferențe de preț predictibile.

Fiind deocamdată o soluție mai scumpă, dacă se privesc doar investițiile în capital (CAPEX), este mai dificil de realizat un calcul al recuperării investiției în mod tradițional. Stocarea necesită un model de afaceri mai predictibil, care să fie mai puțin afectat de piețele de energie și de servicii asociate, de exemplu a piețelor pe termen scurt care au o volatilitate mare, astfel încât să fie folosită o sursă de venit relativ cunoscută până la sfârșitul perioadei de viață.

În acest sens, în loc să ne bazăm pe diferența de preț între cumpărare și vânzare de energie, sau de servicii de flexibilitate al căror preț este obținut tot pe piețe specifice, se pot construi modele de afaceri suplimentare. Există două aspecte ce pot defini un model de afaceri, astfel încât să

sprijine prosumatorii în condiții de paritate de rețea sau atunci când este necesară operarea în microrețele insularizate.

a) Modelul de afaceri bazat pe Contracte de cumparare a energiei (Power Purchase Agreement - PPA)

Fiind încă neglijat de multe medii de afaceri, acesta este un mecanism foarte puternic, cel care a condus la recorduri în micșorarea prețurilor pentru energie pe o perioadă de timp garantată. Există multe astfel de situații ce se pot exemplifica în lume în ultimii 2-3 ani [288-290].

Un calcul simplificat poate lua în considerare SRE combinat cu BESS, ca fiind cerințe pe care le solicită organizatorul unei licitații de tip PPA. Cerințele specifice unui contract PPA garantează faptul că energia va fi cumpărată un anumit număr de ani la prețul oferit, indiferent de condițiile de piață. În acest cadru, prețul cel mai mic oferit pentru energia livrată poate fi obținut printr-un calcul simplificat (fără costuri financiare), dezvoltat în Anexa 7 și care duc la relația:

$$E_{SpPrice} = \frac{P_{NomRES} C_{SpRES} + E_{NomBESS} C_{SpBESS}}{P_{NomRES} E_{RESAn} N_{AniPPA}} \quad (4.18)$$

iar semnificația mărimilor este prezentată în anexă. Acest model asigură predictibilitate atât pentru investitor cât și pentru utilizatorul de energie în ceea ce privește atât producerea de energie verde asociate cât și pentru sistemul de stocare asociat, devenind o soluție de câștig pentru ambele părți.

b) Modelul de Stocare ca Serviciu prestat („Storage as a Service” - SaaS)

Acest model de afaceri consideră stocarea energiei ca pe un serviciu prestat și care trebuie să fie plătit pentru fiecare unitate de energie stocată, de exemplu sub forma de Euro/kWh pentru fiecare dată când se stochează un kWh de energie electrică pentru o perioadă de timp (de ex. câteva ore până la câteva zile). În Anexa 7 sunt prezentate datele de intrare necesare pentru acest calcul.

Figura 4.14 prezintă diferitele aspecte ale exploatării unei baterii în întreaga sa durată de viață. Se poate vedea că $ChNivel1$ este asociat numărului declarat (normat) de cicluri de viață $N1_{Cicluri}$, care în multe situații corespunde la $ChNivel1 = 80\%$. $ChNivel1$ corespunde unei capacități reduse a bateriei $E_{Capacit} = E_{Cap1}$ după ce BESS a efectuat un număr de $N1_{Cicluri}$ cicluri complete. Energia totală înmagazinată pe durata de viață $E_{Lifetime1}$ este proporțională cu suprafața de culoare verde din figura 4.16. Unele baterii despre care se știe că au DOD de doar 80-90% sunt declarate doar cu energia utilizabilă, ceea ce înseamnă că se poate vedea capacitatea ca fiind egală cu energia utilizabilă: $E_{Utilizabil} = E_{Capacit}$ (mod utilizat în continuare).

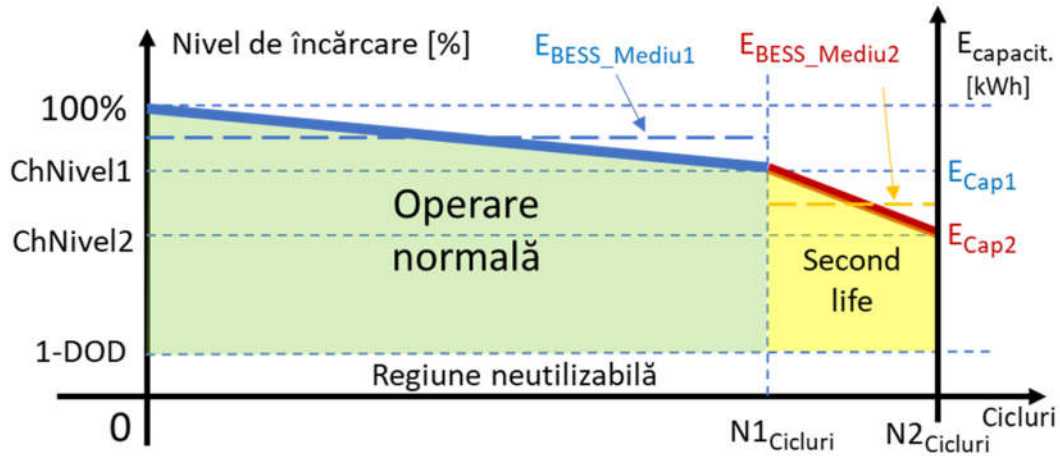


Figura 4.14. Perioade de operare BESS: Perioada de viață normală și „Second Life”

Cel mai simplu mod este cel de calculare SaaS cu formula care nu ține cont de deprecierea în timp a capacității BESS în perioada normală de viață:

$$Pret_{V1SaaS} = (Pret_{BESS}/E_{BESS})/N_{Cicluri} = Pret_{CAPEX_{1kWh}}/N_{Cicluri} \quad (4.19)$$

unde $E_{TOTBESS} = E_{BESS}N_{Cicluri}$ are semnificația cantității totale de energie care poate fi stocată pe întreaga durată de viață a bateriei.

Un mod mai precis de calcul al prețului SaaS poate lua în considerare deprecierea de capacitate prezentată în figura 4.14, astfel încât mărimea calculată are forma:

$$E_{TOT1BESS} = E_{BESS} * K_{Rata1} * N1_{Cicluri} \quad (5) \quad Pret_{V2SaaS} = \frac{Pret_{CAPEX_{1kWh}}}{K_{NormOp}N1_{Cicluri}} \quad (4.20)$$

Dacă se ia în considerare și perioada „second life”,

$$E_{TOT2BESS} = E_{TOT1BESS} + E_{BESS} \left(\frac{Ch_{Rata1} + Ch_{Rata2}}{2} \right) (N2_{Cicluri} - N1_{Cicluri}) \quad (4.21)$$

$$\text{Pentru factorul „second life” se poate scrie } K_{SecondLife} = \frac{Ch_{Rata1} + Ch_{Rata2}}{2} \quad (4.22)$$

se obține:

$$E_{TOT2BESS} = E_{BESS} * K_{Rata1} * N1_{Cicluri} + E_{BESS}K_{SecondLife}(N2_{Cicluri} - N1_{Cicluri}) \quad (4.23)$$

$$\text{și } Pret_{V3SaaS} = \frac{Pret_{BESS}}{E_{TOT2BESS}} \quad (4.24)$$

Această valoare se poate măsura, de exemplu, în Euro/kWh sau cenți/kWh stocați.

Anexa 7 prezintă detalii ale calculului de mai sus și exemple de calcul al SaaS [Eur/kWh], respectiv obținerea valorilor: $Pret_{V1SaaS} = 0,0875$; $Pret_{V2SaaS} = 0,0972$; $Pret_{V3SaaS} = 0,055$.

În principiu, aceste valori exprimă valoarea minimă a diferenței între prețul energiei livrate (descarcare) și prețul acesteia când bateria stochează energie (încărcare). De asemenea, se pot oferi servicii adiționale date de bateria și invertorul bidirecțional care pot fi realizate simultan cu

serviciul SaaS, cum ar fi reglajul secundar frecvență-putere, servicii FCR și FFR, conlucrând în cadrul unei abordări de tip „servicii suprapuse” (engl. Stack services), care pot reduce suplimentar valoarea $Pret_{SaaS}$.

4.5.4. Paritatea energiilor și rolul BESS

Costul redus al regenerabilelor a adus cu sine și un nou mod de a analiza oportunitățile de a investi în noile tehnologii, prin așa numita paritate între două opțiuni de obținere a energiei electrice. O astfel de paritate este îndeplinită atunci când energia furnizată în mod clasic - în paradigma în care se produce undeva departe și se transportă pe o distanță mare până la utilizator, are același preț cu energia obținută local. Două tipuri de paritate sunt studiate în continuare.

a) Paritatea cu rețeaua. Acesta este cel mai cunoscut tip de paritate al prețurilor de energie. Paritatea de rețea este dată de situația în care energia cumpărată prin rețeaua publică are un preț mediu egal cu energia obținută din producția locală RES, generată în cadrul unei rețele locale a prosumatorului, obținută de la o comunitate energetică locală sau de la o piață de energie locală ce tranzacționează energii produse tot local.

Această paritate este posibil să fie atinsă dacă sunt îndepliniți trei factori: 1) producția locală RES devine suficient de ieftină pentru a concura cu succes prețul final al energiei procurate din rețeaua publică; 2) un nivel înalt, ridicat, din producția locală este utilizat pentru auto-consum, astfel încât se poate profita în mod substanțial de acest preț mic al producției locale. Dacă nivelul de autoconsum de la pct. 3) nu este suficient de ridicat, o parte din avantajul prețului scăzut al energiei generate local se pierde datorită diferenței de preț între energia în exces injectată în rețea (care este plătită mai prost într-un mediu comercial care nu mai presupune subvenții pentru RES, așa cum este tendința mondială în acest moment) și energia absorbită din sistem în timpul vârfurilor de sarcină (care, în piețele libere, se caracterizează prin prețuri mai ridicate). În această situație, prețul mediu local al energiei, așa cum este văzut de utilizatorul final ce deține de exemplu propria producție PV, se poate calcula din ecuația de bilanț a energiei pe o perioadă dată, de exemplu pe o zi întreagă:

$$E_{PV_{Auto}} C_{PV} + E_{Grid_{In}} C_{In} - E_{PV_{Exp}} C_{Exp} = E_{Cons} C_{Cons} \quad (4.25)$$

unde $E_{PV_{Auto}}$ reprezintă energia autoconsumată, $E_{Grid_{In}}$ este energia procurată din rețeaua publică, $E_{PV_{Exp}}$ este energia obținută din PV-uri dar injectată în rețea. Mărimile notate cu C au următoarea semnificație: C_{PV} este prețul energiei obținute din producția locală cu PV-uri, C_{In} este prețul energiei procurate din rețea și C_{Exp} este prețul obținut pentru energia injectată în rețea (situație fără subvenții / schema suport de susținere regenerabile). E_{Cons} reprezintă energia totală

consumată de către utilizatorul final în perioada de studiu, de exemplu pe o zi, iar C_{Cons} este prețul mediu mixt al energiei, așa cum este perceput de utilizator. Aceste situații suprapuse fac ca formula prețului final mediu pentru utilizator să fie: $C_{Cons} = C_{In} + \frac{E_{PV_{Auto}}(C_{PV} - C_{In} + C_{Exp}) - E_{PV}C_{Exp}}{E_{Cons}}$ (4.26)

Dacă scriem $E_{PV_{Auto}} = K_{Auto}E_{PV}$ (unde K_{Auto} este notat factorul de autoconsum), pentru $K_{Auto} = 1$ întreaga producție de energie produsă local este consumată tot local, din afara schimbului de energie cu rețeaua publică. Prețul mediu al energiei utilizat de utilizator este dat de (13) și (14), în condițiile valorii autocosumului $K_{Auto} = 1$:

$$C_{Cons} = C_{In} + \frac{E_{PV}[K_{Auto}(C_{PV} - C_{In} + C_{Exp}) - C_{Exp}]}{E_{Cons}} \quad (4.27)$$

$$C_{Cons} = C_{In} + \frac{E_{PV}(C_{PV} - C_{In})}{E_{Cons}} \text{ pt. } K_{Auto} = 1 \quad (4.28)$$

Se poate observa că $C_{Cons} < C_{In}$ (prețul utilizatorului este sub paritatea de rețea) se îndeplinește dacă în (4) avem $C_{PV} < C_{In}$ și valoarea devine tot mai mică pe măsură ce E_{PV} se apropie de E_{Cons} , în timp ce la rândul, în condițiile în care K_{Auto} poate tinde spre 1 dacă există și o investiție locală în BESS. Ca o regulă întâlnită în practică, capacitatea BESS trebuie să fie de 2 până la 4 ori mai mare decât puterea instalată în PV-uri: $E_{BESS} = [2..4]P_{PV}$ (relația trebuie interpretată doar valoric, în numere, ca fiind o relație uzuală între valoarea energiei BESS și puterea PV-urilor). O optimizare între dimensionarea PV-urilor și a BESS, astfel încât să se reducă prețul mediu al consumului, este un subiect de studiu viitor, studiul de față subliniind doar faptul că paritatea în condițiile unui consum din ambele surse (mixt) depinde și de contribuția esențială a BESS. Scăderile de prețuri, atât pentru investiția în SRE, cât și cea în BESS reprezintă provocări mari pentru lanțul clasic de obținere a energiei necesare utilizatorului final, solicitând pentru prețuri tot mai mici ale producției concentrate la distanță fără de consum. Acest proces este tot mai evident sprijinit de continua maturizare a tehnologiilor SRE, în condițiile în care reducerea costurilor pentru transport și distribuție este puțin probabil să scadă - datorită operării tot mai dificile a sistemului electroenergetic în condițiile unei largi penetrări a regenerabilelor.

Combinăția de producție PV și de stocare locală ieftină este considerată de unele utilități ca fiind o amenințare pentru modelul de afaceri tradițional, totuși, utilități mai flexibile și mai deschise pentru viitor încep să intre în business-ul cu sisteme BESS montate la utilizatorul final, înainte să fie de tip „spin-off” să facă același lucru, acționând ca companii de servicii energetice:

Ca o concluzie, cei doi mari „drivers” pentru a atinge paritatea de rețea sunt prețul tot mai redus al energiei regenerabile și disponibilitatea pentru stocare locală „affordable” – accesibilă din punct de vedere al prețului, pentru care bateriile sunt considerate cele mai potrivite scopului.

b) *Paritatea numită „GOD parity”*. În timp ce paritatea de rețea este deja suficient de provocatoare

pentru anumite sectoare, chiar dacă totuși asigură libertatea unor noi opțiuni pentru utilizatorul de energie - care poate fi și pentru binele unei societăți sustenabile, aceasta nu este singurul tip de paritate ce poate fi luat în considerare. Paritatea numită „Generation on Demand” sau prescurtat „GOD parity” [288] reprezintă următorul orizont. Paritatea GOD reprezintă momentul când auto-generarea locală are un preț care coboară sub costul transmisiei, distribuției și al taxelor asociate lor. Dacă costul specific pentru producția locală, de exemplu bazată pe CEF, devine mai ieftină decât costul total asociat aducerii energiei de la distanță prin rețeaua publică, notat C_{TD_cost} :

$$C_{PV} \leq C_{TD_cost}, \text{ or } C_{PV} - C_{TD_cost} \leq 0 \quad (4.29)$$

înseamnă că prețul producției de energie obținută la distanță trebuie să fie zero sau chiar negativ pentru a mai fi competitiv cu producția locală:

$$C_{Prod_distanta} \leq C_{PV} - C_{TD_cost} \leq 0 \quad (4.30)$$

Deși este încă o diferență confortabilă până la atingerea „GOD parity”, think-tank-ul [291] consideră că până în anul 2030 vor exista câteva locuri în lume în care această paritate va fi atinsă. În ambele situații, serviciile oferite de BESS pot fi considerate ca fiind active ce permit furnizarea de „auto-flexibilitate”, adică servicii ce nu sunt dedicate pieței, ci entităților energetice ce deține, atât surse regenerabile de energie, cât și baterii.

4.5.5. Studiu de caz pentru Republica Moldova – flexibilitatea rețelelor energetice prin integrarea mijloacelor de stocare

O combinație potrivită de mijloace de stocare pentru o țară aspirând la țelurile „Green Deal” depinde de specificitatea ei din punct de vedere al potențialului natural pentru a realiza CHEAP-uri, de radiația solară și de caracteristicile legate de vânt, combinate cu profilul de consum și cu schimbul transfrontalier, astfel încât analiza trebuie făcută pentru fiecare țară în parte.

În [216] a fost studiată necesitatea unor mijloace de stocare într-un scenariu cu 50% RES în Republica Moldova, unde necesitatea de stocare a fost estimată la aproximativ 10 GWh pentru necesități pe termen scurt (o zi). În alte lucrări, este arătat că stocarea necesară pe termen mediu trebuie să aibă o capacitate de cel puțin de două ori mai mare (adică în cazul Moldovei ar trebui să fie, de exemplu de la 20 până la 25 GWh) și că necesitatea să fie combinată cu soluții de stocare pe termen lung, cum ar fi soluții de tip „Power to Gas” (P2G) bazate, de exemplu, pe obținerea de hidrogen „verde” în timpul verii și pe utilizarea sa judicioasă în timpul iernii (de exemplu prin producerea, atât a energiei electrice, cât și a căldurii cu pile de combustibil, cu eficiență ridicată).

Studiul [263] propune mai multe variante de CHEAP plasate pe râul Nistru și care să folosească un lac superior pe malul drept al Nistrului. În această analiză preliminară este luată în considerare o variantă de CHEAP cu o putere de 400 MW și o energie înmagazinată de 1000

MWh. Dacă această CHEAP execută cicluri zilnice, cantitatea minimă de capacitate BESS, adică diferența dintre necesarul total de flexibilitate prin elemente de stocare și CHEAP se poate calcula:

$$Ecap_{BESS} = Ecap_{Necesar} - Ecap_{PHP} \quad (4.31)$$

$$Pcap_{BESS} = Pcap_{Necesar} - Pcap_{PHP} \quad (4.32)$$

Combinând [292] și [282] și considerând până la două CHEAP-uri ce pot fi făcute operaționale în timp util (de exemplu până în 2030), se pot obține următoarele valori:

$$Ecap_{BESS} \geq 9900 \text{ MWh} \quad (19) \quad Pcap_{BESS} \geq 1500 \text{ MW} \quad (4.33)$$

Ambele valori sunt cu caracter indicativ, deci capacitățile reale trebuie să fie egale sau mai mari decât aceste capacități minime. Se poate observa faptul că proporția ce indică necesarul de BESS în Moldova este foarte ridicat: $Ecap_{BESS} \% = \frac{Ecap_{BESS}}{Ecap_{Necesar}} * 100 = 92\%$. (4.34)

Chiar și cu o a doua CHEAP de capacitate similară, așa cum s-a luat în considerare mai sus, necesarul de capacitate de stocare, ca soluție alternativă CHEAP, depășește proporția de 90%, în condițiile în care tehnologia cea mai probabilă este BESS. Acesta este un argument puternic care arată că BESS sunt de o mare importanță în cadrul foii de parcurs a Republicii Moldova.

Figura 4.17 prezintă o imagine a împărțirii pe tipuri de tehnologii a necesității de stocare, punând în evidență și proporția de BESS, arătând ca acestea se pot împărți în mai multe categorii:

- unele care să fie incluse în contracte pe termen lung de tip PPA pentru energie regenerabilă, acestea urmând să fie plasate în locațiile în care se află și centralele fotovoltaice sau eoliene;
- o altă categorie o reprezintă BESS care asigură servicii de stocare (SaaS);
- un set de BESS care asigură diverse servicii noi (reglaj secundar frecvență-putere, reglaj primar rapid, inerție sintetică), emergente, folosind oportunități de rețea în condițiile unui sistem cu o proporție ridicată de regenerabile caracterizate prin volatilitate;
- BESS care să asigure simultan mai multe servicii, suprapuse (*stacked services*) [286,287];
- BESS care să asigure suport pentru situații de paritate a procurării energiei sau care să permită funcționare insularizată și reziliență energetică.

Se poate observa că datorită multiplelor avantaje ale BESS, acestea pot servi multe domenii și pot fi abordate prin diverse modele de afaceri. Sistematizarea din figura 4.15 de mai jos consideră două domenii: a) BESS sprijinite de noi modele de business, bazate pe PPA, SaaS și noi servicii, concomitent cu posibilitatea de a realiza și servicii cum ar fi echilibrarea și control frecvență-putere; b) BESS care să sprijine autoconsumul pentru situații de viitor în care se obține paritatea de rețea și pentru a permite operarea rețelelor *island grids operation*, unde acestea sunt dispozitive strict necesare.

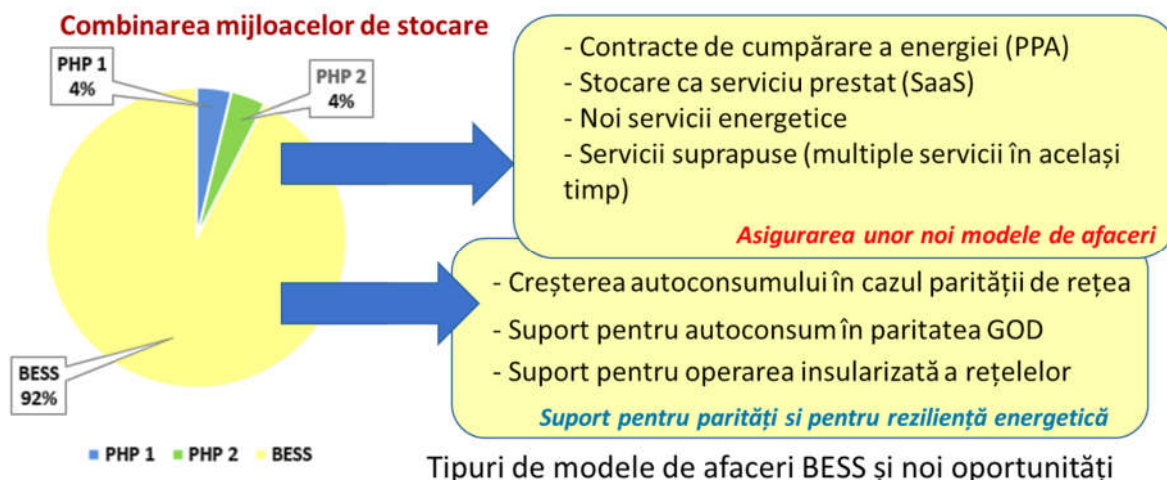


Figura 4.15. Combinarea diverselor mijloace de stocare

Trebuie menționat și faptul că ultimele categorii urmăresc să rezolve o valoare importantă promovată în ultimul timp în energetică - reziliența prosumatorilor și a comunităților energetice sustenabile, atât în mediul urban (conceptele de tip smart city), cât și în zonele rurale.

Concluzii la Capitolul IV

1. Pentru prima dată este abordată problema determinării consumului total de căldură în profil teritorial în țară. Prin modelări și analize, cu verificarea și corecția totalului în baza datelor disponibile la nivel național (Balanta energetică), s-a ajuns la o soluție satisfăcătoare de evaluare a consumului de căldură - pe raioane, municipii și zone geografice.
2. A fost determinată cota optimă economică a cogenerării pentru cele trei zone de dezvoltare a țării – Nord, Centru și Sud și caracteristica generalizată a parcului de instalații de cogenerare ce ar putea fi promovate în țară cu determinarea indicelui mediu de cogenerare. Astfel, a fost determinat potențialul de cogenerare la nivelul consumurilor anului de referință (2018), precum și potențialul existent pentru cogenerarea adițională către anul 2025: puterea electrică nominală a instalațiilor de cogenerare, MW_e , care constituie 647 MW.
3. Una din principalele măsuri de creștere a flexibilității sistemului electroenergetic, bazat pe utilizarea surselor regenerabile variabile prezintă electrificarea consumului casnic rural. Astfel, s-a calculat consumul casnic rural de căldură (energie utilă) în țară (2018) destinat electrificării și prezintă $P_{ins} = 862$ MW.
4. Acumularea prin pompare ca principala infrastructură de stocare a energiei la scară largă, reprezintă o măsură importantă de sporire a flexibilității sistemului electroenergetic ceea ce RM ar putea beneficia din plin. În urma studiului realizat, s-au identificat amplasamente posibile a unor CHEAP-MD de-a lungul râului Nistru, a fost realizată fezabilitatea economico-financiară a unui

proiect de edificare a unei noi CHEAP-MD ce s-a determinat în baza evaluării venitului net actualizat (VNA).

5. Pentru analizarea situației specifice unei largi penetrări a centralelor fotovoltaice în RM, s-a ales metoda simplificată ce are avantajul de a furniza ordinele de mărime pentru capacitățile de producție în CEF și a necesității de stocare în condițiile a două scenarii: acoperirea a 30%, respectiv a 50% din consumul anual al țării cu producția realizată cu CEF, prin raportarea energiilor anuale produse cu CEF la consumul anual al țării. Rezultatele obținute arată faptul că țintele necesare pot fi atinse chiar și cu tehnologiile actuale, urmând să devină viabile economic pentru obiective de mari dimensiuni în perioada 2025-2030.

6. Elementele unei foi de parcurs prezentate în capitolul III către un sistem electroenergetic cu largă penetrare a surselor regenerabile necesită o flexibilitate ridicată în sistemul electroenergetic, prin utilizarea diferitelor tehnologii de stocare. Tradiționalele CHEAP, precum și noile sisteme de stocare BESS sunt tehnologii competitive, care trebuie să co-participe împreună *în contextul integrării SRE în SEN. Pentru prima dată s-a studiat combinarea acestor resurse* cu prezentarea câtorva soluții de utilizare combinată a CHEAP și BESS, având ca studiu de caz situația RM.

7. S-au investigat modele de afaceri corespunzătoare, fiind prezentate câteva elemente de evaluare a situațiilor specifice PPA și SaaS. S-au analizat situații particulare, cum ar fi paritatea de rețea, paritatea GOD și operarea insularizată. În plus, o analiză generală simplificată a fost făcută privind necesarul BESS, prin utilizarea unor date de intrare specifice Republicii Moldova.

8. S-a aratat că este necesară o cotă ridicată de BESS pentru a acoperi necesarul de stocare al Republicii Moldova, ținând cont de faptul că CHEAP au, atât limitări de tip geografic, cât și o dificultate în a respecta restricțiile de timp date de țintele anului 2030.

9. În perspectiva viitorului pe termen lung hidrogenul verde și noi descoperiri în domeniul stocării pot face ca foaia de parcurs către neutralitatea față de emisiile de carbon să devină și mai fezabilă, în timp util.

CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

1. Adoptarea unor măsuri ambițioase la nivel mondial cu privire la combaterea schimbărilor climatice va genera beneficii cu privire la scăderea importurilor de combustibili fosili și ameliorarea calității aerului și a sănătății publice.
2. Evoluția cotei SRE reprezintă un subiect de o importanță majoră nu doar pentru Republica Moldova, cât și un angajament față de partenerii externi, și în special o responsabilitate față de generațiile viitoare. Rezultatele studiului de cercetare arată faptul că tranziția energetică va avea un impact incontestabil asupra economiei și securității energetice a Republicii Moldova.
3. În cazul Republicii Moldova a fost utilizat programul de modelare TIMES ce permite discretizarea duratei de studiu analizată în mai multe perioade și respectiv atribuirea diferitor rate de creștere și a elasticității pentru factorii care determină cererea viitoare de energie. Scenariile elaborate vor servi pentru întocmirea Planului național integrat în domeniul energiei și schimbărilor climatice 2021-2030, precum și actualizarea Strategiei energetice a Republicii Moldova până în anul 2030.
4. Un aport important la asigurarea unui nivel înalt de penetrare a SRE-V îl au măsurile și soluțiile de flexibilitate. Creșterea ponderii surselor regenerabile, intermitente, de energie determină necesitatea dezvoltării interconectărilor, a sistemelor de stocare de energie, a surselor de generare flexibilă, a promovării răspunsului la cerere (demand response), precum și a unor instrumente avansate de operare a sistemului.
5. În acest context, s-a propus pentru Republica Moldova o foaie de parcurs cu 12 elemente conceptuale ce pot sta la baza politicilor naționale în Republica Moldova cu dezvoltare în perspectivă pe termen lung în Strategia Energetică către anul 2050.
6. Vehiculele electrice sunt importante în cadrul viitorului sistem energetic. Fiecare din aspectele menționate în lucrare necesită o analiză mai detaliată, care s-a realizat, în linii mari, în perspectiva unei introduceri gradate a VE în parcul de automobile a Republicii Moldova. Astfel, o pătrundere mică a VE efectul în consumul de energie la nivel de țară este la rândul său mic (doar 7.6% pentru o pondere de 30% în VE, în situațiile unei largi adoptări a noului tip de vehicul, situații caracterizate prin rate mari de pătrundere ($\geq 70\%$), consumul național crește cu 17 până la 25%.
7. S-a determinat necesarul de centrale electrice fotovoltaice în Republica Moldova în mod simplificat, pe baza calculelor efectuate. S-a extins analiza inițială făcută pentru 30% respectiv 50% acoperire, cu valori ale capacității necesare în centrale electrice fotovoltaice (CEF) care să acopere între 30% și 100% din consumul anual al țării. S-a demonstrat faptul că dacă în mod ipotetic se acoperă chiar și 100% din consumul țării cu energie produsă de CEF, puterea ce este

necesar a fi instalată este de 5.74 GW, care reprezintă doar 0.8% din suprafața agricolă a RM.

8. În acest sens, s-a propus abordarea unui nou domeniu de dezvoltare durabilă, cel al împletirii armonioase a agriculturii cu centralele electrice fotovoltaice, adică realizarea unei dezvoltări „agro-fotovoltaice” la nivel de țară. Un astfel de concept este extrem de propice unei țări ca RM, caracterizate prin activități importante legate de utilizarea terenurilor agricole, care pot să cunoască noi valențe ale potențialului lor de sprijinire a unei societăți ce poate păstra în mod sustenabil și durabil activități tradiționale. În unul din subcapitole, dedicat obiectivelor principale de promovare în RM, soluțiile agro-fotovoltaice și CEF flotante sunt listate în mod explicit.

9. Problema determinării consumului total de căldură în profil teritorial în țară este abordată pentru prima dată. S-a determinat consumul total de energie termică în profil teritorial și pe medii de reședință (urban, rural) pentru anul de referință. S-a dedus din consumul total – consumul de căldură, aferent sectorului rezidențial rural – ca sector nefezabil pentru promovarea cogenerării; consumul existent util de căldură, deja acoperit de surse de cogenerare.

10. A fost determinată cota optimă economică a cogenerării pentru cele trei zone de dezvoltare a țării – Nord, Centru și Sud și caracteristica generalizată a parcului de instalații de cogenerare ce ar putea fi promovate în țară cu determinarea indicelui mediu de cogenerare. În final a fost determinat potențialul de cogenerare la nivelul consumurilor anului de referință (2018), precum și potențialul existent pentru cogenerarea adițională către anul 2025: puterea electrică nominală a instalațiilor de cogenerare, MW_e, care constituie 647 MW.

11. Una din principalele măsuri de creștere a flexibilității sistemului electroenergetic, bazat pe utilizarea surselor regenerabile variabile prezintă electrificarea consumului casnic rural. Astfel, consumul casnic rural de căldură (energie utilă) în țară (2018), destinat electrificării s-a calculat și prezintă $P_{ins} = 862$ MW.

12. Pentru prima dată a fost realizat studiul cu privire la edificarea centralelor hidroelectrice cu acumulare prin pompare pe teritoriul Republicii Moldova ca stocare a energiei la scară largă. În urma studiului realizat, s-au identificat amplasamente posibile a unor CHEAP-MD de-a lungul râului Nistru în Republica Moldova și s-a calculat fezabilitatea economico-financiară a unui proiect de edificare a unei noi CHEAP ce s-a determinat în baza evaluării venitului net actualizat. Studiul realizat demonstrează atractivitatea implementării proiectelor consacrate CHEAP.

13. Elementele ale unei foi de parcurs prezentate către un sistem electroenergetic cu largă penetrare a surselor regenerabile necesită o flexibilitate ridicată în sistemul electroenergetic, prin utilizarea diferitelor tehnologii de stocare. Studiile anterioare referitoare la CHEAP au fost utilizate ca bază de plecare, care este comparată și combinată cu tehnologii BESS.

14. S-au prezentat câteva soluții de utilizare combinată a CHEAP și BESS. S-a constatat că cele

mai atractive aspecte ale CHEAP-urilor sunt prețul specific de instalare de valoare medie și perioada lungă de operare, favorizând, în consecință, prețul redus al serviciilor de stocare. Pe de altă parte, BESS prezintă multe avantaje privind flexibilitatea, care le permit utilizarea pentru scopuri multiple, care includ servicii emergente.

15. S-au investigat modele de afaceri corespunzătoare BESS, fiind totodată prezentate câteva elemente necesare pentru evaluarea situațiilor specifice PPA și SaaS. Au fost analizate situații particulare, cum ar fi paritatea de rețea și paritatea GOD, precum și operarea insularizată, privite din perspectiva BESS. În plus, o analiză generală simplificată a fost făcută în legătură cu necesarul de BESS, prin utilizarea unor date de intrare specifice Republicii Moldova.

16. S-a luat în considerare o diversitate de posibile dezvoltări, care să satisfacă necesarul de flexibilitate pentru o largă penetrare SRE. Nu există deci un model unic pentru introducerea BESS, ci o paletă de diverse modele de afaceri și de oportunități ce trebuie investigate în lucrări viitoare.

17. Totodată, hidrogenul verde și noi descoperiri în domeniul stocării vor face ca foaia de parcurs către neutralitatea față de emisiile de carbon să devină și mai fezabilă, pentru a sprijini în timp util efortul general de decarbonare.

Direcții și obiective de cercetare pe viitor

Pentru atingerea ambițioaselor țeluri ale unui domeniu energetic decarbonat este necesară o foaie de parcurs detaliată. Direcții viitoare de studiu urmează să analizeze în detaliu diversele provocări legate de aceste țeluri și să adauge mai multe elemente concrete legate de necesarul de flexibilitate.

În viitor va fi primordială de efectuat evaluarea flexibilității luând în considerare riscurile legate de incapacitatea pieței de a asigura nivelul necesar de flexibilitate, precum și evoluția condițiilor de vreme extremă cu toate erorile de prognoză în procesul de planificare.

Va fi necesară elaborarea unui studiu cu privire la analiza efectelor dependente de climă referitoare la variația consumului în SEN prin diferite modele de generare ale centralelor eoliene și solare pentru stabilirea flexibilității.

Și nu în ultimul rând, se propune de realizat o analiză cu privire la asigurarea și menținerea securității energetice a Republicii Moldova precum și o analiză detaliată a introducerii pe scară largă a CEF (inclusiv prin soluții agro-fotovoltaice) - ca SRE pe care s-a focalizat în mod special lucrarea, a mixului optim de CEE și CEF - care să complementeze studii existente legate de CEE. De asemenea, se consideră în viitor detalierea celor mai potrivite tehnologii de stocare a energiei electrice, în condițiile unor modele de afaceri adecvate, combinate cu obținerea și utilizarea hidrogenului verde în paradigma neutralității față de emisiile de carbon.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Comunicare a Comisiei către Parlamentul European, Consiliu, Comitetul Economic și Social European și Comitetul Regiunilor. Foaie de parcurs pentru trecerea la o economie competitivă cu emisii scăzute de dioxid de carbon până în 2050. Bruxelles, 8.3.2011 COM (2011) 112 final. 18 p.
- [2] Directiva 2003/87/CE a Parlamentului European și a Consiliului de stabilire a unui sistem de comercializare a cotelor de emisie de gaze cu efect de seră în cadrul M9 Uniunii și de modificare a Directivei 96/61/CE a Consiliului. 02003L0087 - RO -08.04.2018 - 010.001 — 1. 13 octombrie 2003. 66 p.
- [3] Directiva 2004/101/CE a Parlamentului European și a Consiliului de Modificare a Directivei 2003/87/CE de stabilire a unui sistem de comercializare a cotelor de emisie de gaze cu efect de seră în cadrul Comunității, în temeiul mecanismelor bazate pe proiectul din Protocolul de la Kyoto. 27 octombrie 2004. 6 p.
- [4] Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Winning the Battle Against Global Climate Change. Brussels, 9.2.2005 COM(2005) 35. 17 p.
- [5] Directive (EU) 2016/2284 of the European Parliament and of the Council of on the reduction of national emissions of certain atmospheric pollutants, amending Directive 2003/35/EC and repealing Directive 2001/81/EC. 14 December 2016. 31 p.
- [6] Regulamentul (UE) 2018/841 al Parlamentului European și al Consiliului cu privire la includerea emisiilor de gaze cu efect de seră și a absorbțiilor rezultate din activități legate de exploatarea terenurilor, schimbarea destinației terenurilor și silvicultură în cadrul de politici privind clima și energia pentru 2030 și de modificare a Regulamentului (UE) nr. 525/2013 și a Deciziei nr. 529/2013/UE. 30 mai 2018. 25 p.
- [7] Regulamentul (UE) 2018/842 al Parlamentului European și al Consiliului privind reducerea anuală obligatorie a emisiilor de gaze cu efect de seră de către statele membre în perioada 2021-2030 în vederea unei contribuții la acțiunile climatice de respectare a angajamentelor asumate în temeiul Acordului de la Paris și de modificare a Regulamentului (UE) nr. 525/2013. 30 mai 2018. 17 p.
- [8] Trends and drivers of EU greenhouse gas emissions. EEA Report (European Environment Agency). No 03/2020. ISSN 1997-8449. 32 p. [citat 03.05.2019]. Disponibil: <https://www.eea.europa.eu/publications/trends-and-drivers-of-eu-ghg>
- [9] The European environment — state and outlook 2020. Knowledge for transition to a sustainable Europe. European Environment Agency. 2019. 499 p. ISBN 978-92-9480-090-9.
- [10] The European environment — state and outlook 2020. Executive Summary. European Environment Agency. 2019. 16 p. ISBN 978-92-9480-115-9.
- [11] EU Strategy on Adaptation to Climate Change (A short outline). European Commission. 2018. 4 p.
- [12] Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. An EU Strategy on adaptation to climate change. Brussels, 16.4.2013. COM (2013) 216 final. 11 p.

- [13] Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Resolution adopted by the General Assembly. A/RES/70/1. 15-16301 (E). 25 September 2015. 35 p.
- [14] Mediul european. Starea și perspectiva 2020 (SOER 2020). Rezumat, Agenția Europeană de Mediu. 2019, ISBN 978-92-9480-112-8, doi: 10.2800/30620, 14 p.
- [15] Paris Agreement. United Nations 2015. 27 p. [citat 10.06.2019]. Disponibil: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement/nationally-determined-contributions-ndcs>.
- [16] Bruyninckx, Hans. Realizarea sustenabilității: noile politici europene oferă o oportunitate unică. Editorial publicat în ediția din septembrie 2019 a Buletinului informativ al AEM 03/2019. 6 p. [citat 03.12.2019]. Disponibil: <https://www.eea.europa.eu/downloads/be7c36940fd043019fd8a6651a3b1dbc/1575969744/realizarea-sustenabilitatii-noile-politici-europene.pdf>
- [17] Climate Action Plan 2050. Principles and goals of the German government's climate Policy. 89 p.
- [18] Fully decarbonising Europe's energy system by 2050. POYRY POINT OF VIEW. MAY 2018. 9 p. www.poyry.com.
- [19] UK housing: Fit for the future? Committee on Climate Change. February 2019. 135 p. [citat 15.12.2019]. Disponibil: <https://www.communications@theccc.org.uk>.
- [20] Comisia Europeană. Comunicare a Comisiei către Parlamentul European, Consiliu, Comitetul Economic și Social European și Comitetul Regiunilor. O strategie a UE privind adaptarea la schimbările climatice. Bruxelles, 16.4.2013 COM (2013) 216 final. 12 p.
- [21] Массон-Дельмонт, В., Чжай, П., Пёртнер, Ганс Отто и др. ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ НА 1,5 °C. Резюме для политиков. Межправительственная группа экспертов по изменению климата, 2019. 32 p. ISBN 978-92-9169-451-8. www.ipcc.ch.
- [22] Disponibil: <https://www.glassworldwide.co.uk/Articles/decarbonisation-fuel-challenge>
- [23] Climate Action Tracker, '2100 Warming Projections - Dec 2019 update', climateactiontracker.org/global/temperatures/. Copyright 2019 by Climate Analytics and NewClimate Institute.
- [24] Schneider Electric Energy & Sustainability Services. 'Electrifying of Glass Production'. perspectives.se.com/latest-perspectives/electrifying-of-glass-production-a-case-study-of-supply-chain-innovation. ©2019 Schneider Electric.
- [25] Schneider Electric Energy & Sustainability Services, 'State of the European Renewable Energy Market Report', perspectives.se.com/renewable-energy/ ©2019. Schneider Electric.
- [26] Masson-Delmotte, V., Pörtner, H. Zhai, P. Roberts, D. "Global Warming of 1.5C", Intergovernmental Panel on Climate Change (IPPC). 2019. 630 p. [citat 14.01.2020]. Disponibil: <https://www.ipcc.ch/sr15/>
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_High_Res.pdf
- [27] "Empirical evidence of declining global vulnerability to climate-related hazards", Giusseppe Formetta, Luc Feyen, GEC, Volume 57.
- [28] Daniel Yergin, „The Quest: Energy, Security and the Remaking of the Modern World”, Penguin Books, 2012. 820 p. ISBN 978-1-59420-283-4 (hc.) [citat 15.01.2020].

- Disponibil: <https://www.amazon.com/Quest-Energy-Security-Remaking-Modern/dp/0143121944>.
- [29] Bharat Raj Singh and Onkar Singh. Study of Impacts of Global Warming on Climate Change: Rise in Sea Level and Disaster Frequency. September 19th 2012. DOI: 10.5772/50464. [citat 08.02.2020]. Disponibil: <https://www.intechopen.com/books/global-warming-impacts-and-future-perspective/study-of-impacts-of-global-warming-on-climate-change-rise-in-sea-level-and-disaster-frequency>.
- [30] Long-term per capita fossil fuels – OWID based on UN, Gapminder, BP, Etemad&Luciana (OurWorldInData.org/fossil-fuels/ • CC BY). [citat 22.02.2020]. Disponibil: <https://ourworldindata.org/grapher/fossil-fuel-consumption-per-capita>.
- [31] Vaclav Smil. Energy Transitions: Global and National Perspectives (Second expanded and updated edition). Dec. 31 2016. ISBN: 144085324X. 297 p. [citat 22.02.2020]. Disponibil: <https://vaclavsmil.com/2016/12/14/energy-transitions-global-and-national-perspectives-second-expanded-and-updated-edition/>.
- [32] Smil, V. Energy (r)evolutions take time. World Energy 44:10-14. 2019. 10 – 15 pp. [citat 23.02.2020]. Disponibil: <http://vaclavsmil.com/wp-content/uploads/2019/11/WE2019.pdf>.
- [33] Disponibil: <https://www.economist.com/graphic-detail/2019/11/20/the-worlds-climate-goals-are-not-sufficient-they-are-also-unlikely-to-be-met>.
- [34] Pushker A. Kharecha , James E. Hansen, „Orevented Mortality and Greenhouse Gas emissions from historical and projected nuclear plants", Environmental Science and technology 47.
- [35] Maxwell Boykoff and Olivia Pearman. Now or Never: How Media Coverage of the IPCC Special Report on 1.5°C Shaped Climate-Action Deadline. One Earth 1, November 22, 2019. Published by Elsevier Inc. 285 – 289 pp. [citat 03.03.2020]. Disponibil: <https://www.cell.com/action/showPdf?pii=S2590-3322%2819%2930140-X>.
- [36] Joeri Rogelj. Michiel Schaeffer. Malte Meinshausen. and others. „Zero emission targets as long-term global goals for climate protection”. Published 21 October 2015. IOP Publishing Ltd. Environ. Res. Lett. 10 (2015) 105007. 12 p. doi:10.1088/1748-9326/10/10/105007. [citat 03.03.2020]. Disponibil: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/10/10/105007/pdf>.
- [37] Ottmar Edenhofer. Ramón Pichs-Madruga. Youba Sokona. and others. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change, Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Ed O Edenhofer et al (Cambridge, UK: Cambridge University Press). 2014. 1454 p. ISBN 978-1-107-65481-5 paperback. [citat 10.03.2020]. Disponibil: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_full.pdf.
- [38] Mark, Z., Jacobson Guillaume, B., Dvorak, M. A 100% Wind, Water, Solar (WWS) All-Sector Energy Plan for Washington State. Atmosphere/Energy Program, Dept. of Civil and Env. Engineering, Stanford University. California Institute for Energy and the Environment, U.C. Berkeley. 48 p.
- [39] European Court of Auditors, Special Report – EN 2019, No. 18, 51p.

- [40] European Commission. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Energy infrastructure priorities for 2020 and beyond - A Blueprint for an integrated European energy network. Brussels, 17.11.2010 SEC (2010) 1395 final. 58 p.
- [41] Comisia Europeană. Comunicare a Comisiei. EUROPA 2020. O strategie europeană pentru o creștere inteligentă, ecologică și favorabilă incluziunii. Bruxelles, 3.3.2010 COM (2010) 2020 final. 39 p.
- [42] European Commission. GREEN PAPER. A 2030 framework for climate and energy policies. Brussels, 27.3.2013. COM (2013) 169 final. 16 p.
- [43] Comisia Europeană. Comunicare a Comisiei către Parlamentul European, Consiliu, Comitetul Economic și Social European și Comitetul Regiunilor. Tehnologiile și inovarea în domeniul energiei. Bruxelles, 2.5.2013 COM (2013) 253 final. 15 p.
- [44] European Commission. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Energy 2020 A strategy for competitive, sustainable and secure energy. Brussels, 10.11.2010 COM (2010) 639 final. 21 p.
- [45] European Commission. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Energy Efficiency Plan 2011. Brussels, 8.3.2011 COM (2011) 109 final. 16 p.
- [46] Comisia Europeană. Comunicare a Comisiei către Parlamentul European, Consiliu, Comitetul Economic și Social European și Comitetul Regiunilor. Foaie de parcurs către o Europă eficientă din punct de vedere energetic. Bruxelles, 20.9.2011 COM (2011) 571 final. 29 p.
- [47] European Commission. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Roadmap to a Resource Efficient Europe. Brussels, 20.9.2011 COM (2011) 571 final. 26 p.
- [48] European Commission. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Making the internal energy market work. Brussels, 15.11.2012 COM (2012) 663 final. 21 p.
- [49] European Commission. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Energy Technologies and Innovation. Brussels, 2.5.2013 COM (2013) 253 final. 13 p.
- [50] Comisia Europeană. Comunicare a Comisiei către Parlamentul European și Consiliu. Strategia europeană a securității energetice. Bruxelles, 28.5.2014 COM (2014) 330 final. 28 p.
- [51] European Commission. Communication from the Commission to the European Parliament and the Council. Energy Efficiency and its contribution to energy security and the 2030 Framework for climate and energy policy. Brussels, 23.7.2014 COM (2014) 520 final. 17 p.

- [52] Comisia Europeană. Comunicare a Comisiei către Parlamentul European și Consiliu. Eficiența energetică și contribuția sa la securitatea energetică și cadrul pentru politica privind schimbările climatice și energia pentru 2030. Bruxelles, 23.7.2014 COM (2014) 520 final. 19 p.
- [53] European Commission. Commission Staff Working Paper. Analysis associated with the Roadmap to a Resource Efficient Europe. Part I. Accompanying the document Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Roadmap to a Resource Efficient Europe. Brussels, 20.9.2011 SEC (2011) 1067 final. 32 p.
- [54] European Commission. Commission Staff Working Paper. Analysis associated with the Roadmap to a Resource Efficient Europe. Part II. Accompanying the document Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Roadmap to a Resource Efficient Europe. Brussels, 20.9.2011 SEC (2011) 1067 final. 117 p.
- [55] European Commission. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. On the Progress of the Thematic Strategy on the Sustainable Use of Natural Resources. Brussels, 20.9.2011 SEC (2011) 1068 final. 21 p.
- [56] European Commission. Commission Staff Working Document. JRC Scientific and Policy Reports R & D Investment in the Technologies of the European Strategic Energy Technology Plan. Accompanying the document. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Energy Technologies and Innovation. Brussels, 2.5.2013 SWD (2013) 157 final. 57 p.
- [57] COM (2011) 112 final din 8 martie 2011 – „Foaie de parcurs pentru trecerea la o economie competitivă cu emisii scăzute de dioxid de carbon până în 2050”.
- [58] Comunicare a Comisiei către Parlamentul European, Consiliul European, Consiliu, Comitetul Economic și Social European și Comitetul Regiunilor și Banca Europeană de Investiții. O planetă curată pentru toți. O viziune europeană strategică pe termen lung pentru o economie prosper, modern, competitive și neutră din punctul de vedere al impactului asupra climei. Bruxelles, 28.11.2018 COM (2018) 773 final. 30 p.
- [59] Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. United in delivering the Energy Union and Climate Action - Setting the foundations for a successful clean energy transition. Brussels, 18.6.2019 COM (2019) 285 final. 27 p.
- [60] Regulament al Parlamentului European și al Consiliului de instituire a cadrului pentru realizarea neutralității climatice și de modificare a Regulamentului (UE) 2018/1999 (Legea europeană a climei). Bruxelles, 17.9.2020 COM (2020) 563 final. 2020/0036 (COD). 7 p.
- [61] Comunicare a Comisiei către Parlamentul European, Consiliu, Comitetul Economic și Social European și Comitetul Regiunilor. Un nou Plan de acțiune privind economia circulară Pentru o Europă mai curată și mai competitivă. Bruxelles, 11.3.2020 COM (2020) 98 final. 22 p.

- [62] ANEXĂ la Comunicarea Comisiei către Parlamentul European, Consiliu, Comitetul Economic și Social European și Comitetul Regiunilor. Un nou Plan de acțiune privind economia circulară Pentru o Europă mai curată și mai competitivă. Bruxelles, 11.3.2020 COM (2020) 98 final. 4 p.
- [63] Trends and projections in Europe 2019. Tracking progress towards Europe's climate and energy targets. EEA (European Environment Agency) Report. No 15/2019. 114 p. ISBN 978-92-9480-103-6.
- [64] IN-DEPTH ANALYSIS IN SUPPORT OF THE COMMISSION COMMUNICATION COM (2018) 773. A Clean Planet for all. A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy. Brussels, 28 November 2018. 393 p.
- [65] Boykoff, Maxwell. Pearman, Olivia. Now or Never: How Media Coverage of the IPCC Special Report on 1.5°C. Shaped Climate-Action Deadlines. One Earth 1. Center for Science and Technology Policy Research, Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences, Environmental Studies Program, University of Colorado Boulder, Boulder, CO, USA. November 22, 2019. 285 – 288 p. [citat 16.05.2020]. Disponibil: <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.10.026>.
- [66] O planetă curată pentru toți, Comisia Europeană, COM(2018) 773 final, 28.11.2018, p. 7.
- [67] Comisia Europeană. Propunere modificată de REGULAMENT AL PARLAMENTULUI EUROPEAN ȘI AL CONSILIULUI de instituire a cadrului pentru realizarea neutralității climatice și de modificare a Regulamentului (UE) 2018/1999 (Legea europeană a climei). Bruxelles, 17.9.2020 COM (2020) 563 final. 2020/0036 (COD). [citat 17.05.2020]. Disponibil: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/docs_autres_institutions/commission_europeenne/com/2020/0563/COM_COM\(2020\)0563_RO.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/docs_autres_institutions/commission_europeenne/com/2020/0563/COM_COM(2020)0563_RO.pdf)
- [68] Comunicare a Comisiei către Parlamentul European, Consiliul European, Consiliu, Comitetul Economic și Social European și Comitetul Regiunilor. Pactul ecologia European. Bruxelles, 11.12.2019 COM (2019) 640 final. 27 p.
- [69] Anexă la Comunicarea Comisiei către Parlamentul European, Consiliul European, Consiliu, Comitetul Economic și Social European și Comitetul Regiunilor. Pactul ecologia European. Bruxelles, 11.12.2019 COM (2019) 640 final. 5 p.
- [70] Comunicare a Comisiei către Parlamentul European, Consiliul European, Consiliu, Comitetul Economic și Social European și Comitetul Regiunilor. Pactul ecologic european. Bruxelles. COM (2019) 640 final. 11.12.2019. 27 p. [citat 23.05.2020]. Disponibil: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0020.02/DOC_1&format=PDF
- [71] Ursula von der Leyen. A Union that strives for more. My agenda for Europe. Political Guidelines for the Next European Commission 2019-2024. 24 p.
- [72] European Parliament 2014 – 2019. Climate Change. European Parliament resolution of 14 March 2019 on climate change – a European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy in accordance with the Paris Agreement (2019/2582(RSP)). P8_TA(2019)0217. 13 p.

- [73] European Commission. Regulation of the European Parliament and of the Council. Establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulation (EU) 2018/1999 (European Climate Law). Brussels, 4.3.2020 COM (2020) 80 final. 2020/0036 (COD). 46 p.
- [74] Comisia Europeană. Comunicare a Comisiei către Parlamentul European, Consiliu, Comitetul Economic și Social European și Comitetul Regiunilor. Consolidarea unei economii neutre climatice: o strategie a UE pentru integrarea sistemului energetic. Bruxelles, 8.7.2020 COM (2020) 299 final. 25 p.
- [75] European Commission. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the regions. Sustainable Europe Investment Plan. European Green Deal Investment Plan. Brussels, 14.1.2020 COM (2020) 21 final. 25 p.
- [76] Council of the European Union. Long-term low greenhouse gas emission development strategy of the European Union and its Member States. Brussels, 5 March 2020. 6 p.
- [77] Masterplan for a Competitive Transformation of EU Energy-intensive Industries Enabling a Climate-neutral, Circular Economy by 2050. Report by the High-Level Group on Energy-Intensive Industries. European Union. 2019. 55 p. ISBN 978-92-76-11050-7.
- [78] Carmen Denisa, Ion. Mihaela, Gîdei. Luiza, Roibu. Ioana Cristina, Vida. Cristina, Rădulescu. Marina, Clopotaru. Politici UE. Orientări. Sinteza activităților europene. Direcția pentru Uniunea Europeană. Nr.1/2020. 60 p.
- [79] European Commission. Commission Staff Working Document. Executive Summary of the Impact Assessment. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. A policy framework for climate and energy in the period from 2020 up to 2030. Brussels, 22.1.2014 SWD (2014) 16 final. 18 p.
- [80] European Commission. REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL. Laying down common provisions on the European Regional Development Fund, the European Social Fund Plus, the Cohesion Fund and the European Maritime and Fisheries Fund and financial rules for those and for the Asylum and Migration Fund, the Internal Security Fund and the Border Management and Visa Instrument. Brussels, 14.1.2020 COM(2020) 23 final. 2018/0196 (COD). 32 p.
- [81] Council of the European Union. Conclusions on the future of energy systems in the Energy Union to ensure the energy transition and the achievement of energy and climate objectives towards 2030 and beyond. Brussels, 25 June 2019. 9 p.
- [82] Directiva (UE) 2018/844 a Parlamentului European și a Consiliului din 30 mai 2018 de modificare a Directivei 2010/31/UE privind performanța energetică a clădirilor și a Directivei 2012/27/UE privind eficiența energetică.
- [83] Directiva (UE) 2018/2001 a Parlamentului European și a Consiliului din 11 decembrie 2018 privind promovarea utilizării energiei din surse regenerabile (reformare).
- [84] Directiva (UE) 2018/2002 a Parlamentului European și a Consiliului din 11 decembrie 2018 de modificare a Directivei 2012/27/UE privind eficiența energetică.
- [85] Regulamentul (UE) 2018/1999 al Parlamentului European și a Consiliului din 11 decembrie 2018 privind guvernarea uniunii energetice și a acțiunilor climatice, de modificare a Regulamentelor (CE) nr. 663/2009 și (CE) nr. 715/2009 ale Parlamentului

- European si ale Consiliului, a Directivelor 94/22/CE, 98/70/CE, 2009/31/CE, 2009/73/CE, 2010/31/UE, 2012/27/UE si 2013/30/UE ale Parlamentului European si ale Consiliului, a Directivelor 2009/119/CE si (UE) 2015/652 ale Consiliului si de abrogare a Regulamentului (UE) nr. 525/2013 al Parlamentului European si al Consiliului.
- [86] Regulamentul (UE) 2019/941 al Parlamentului European si a Consiliului din 5 iunie 2019 privind pregatirea pentru riscuri in sectorul energiei electrice si de abrogare a Directivei 2005/89/CE.
- [87] Regulamentul (UE) 2019/942 al Parlamentului European si a Consiliului din 5 iunie 2019 de instituire a Agentiei Uniunii Europene pentru Cooperarea Autoritatilor de Reglementare din Domeniul Energiei.
- [88] Regulamentul (UE) 2019/943 al Parlamentului European si a Consiliului din 5 iunie 2019 privind piata interna de energie electrica.
- [89] Directiva (UE) 2019/944 a Parlamentului European si a Consiliului din 5 iunie 2019 privind normele comune pentru piata interna de energie electrica si de modificare a Directivei 2012/27/UE.
- [90] Comunicarea Comisiei Europene (2018/773/final) O planeta curata pentru toti. O viziune europeana strategica pe termen lung pentru o economie prospera, moderna, competitiva si neutra din punctul de vedere al impactului asupra climei, disponibila. [citad 07.06.2020]. Disponibil: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_en.
- [91] Comunicarea Comisiei Europene (2018/773/final) O planeta curata pentru toti. O viziune europeana strategica pe termen lung pentru o economie prospera, moderna, competitiva si neutra din punctul de vedere al impactului asupra climei, disponibila. [citad 08.06.2020]. Disponibil: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_en.
- [92] World Energy Outlook 2017. A world in transformation. November 2017. Energy mix planned for 2100, IEA, 2017. Disponibil: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2017>.
- [93] „Just e-volution 2030” study by Enel and The European House – Ambrosetti: positive socio-economic impact from the energy transition in Europe, publicat in data de 6 septembrie 2019. [citad 03.08.2020]. Disponibil: <https://www.enelfoundation.org/topic/a/2019/09/just-e-volution-2030>.
- [94] Environmental Research. The sower’s way: quantifying the narrowing netenergy pathways to a global energy transition. Sgouris Sgouridis et al 2016 Environ. Res. Lett. 11 094009. [citad 03.08.2020]. Disponibil: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/11/9/094009>.
- [95] Jacobson M Z and Delucchi M A 2011. Providing all global energy with wind, water, and solar power: I. Technologies, energy resources, quantities and areas of infrastructure, and materials. Energy Policy. Volume 39, Issue 3. March 2011. Pages 1154-1169. [citad 13.09.2020]. Disponibil: <https://www.sciencedirect.com/science/>.
- [96] **Cristina EFREMOV** „TRANZIȚIA ENERGETICĂ ȘI PRINCIPALELE PROVOCĂRI PENTRU REPUBLICA MOLDOVA”, Conferința Tehnico-Științifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor și Studenților UTM, 2019, p.79-82. ISBN 978-9975-45-588-6. http://cris.utm.md/bitstream/5014/237/1/79-82_13.pdf
- [97] **Cristina EFREMOV** „CHALLENGES OF THE ENERGY TRANSITION IN MAINTAINING THE ENERGY SYSTEM SECURITY AND CONTINUITY”.

- Quarterly publication of Romanian National Committee of World Energy Council (WEC/RNC) and The General Association of Engineers in Romania (AGIR) – EMERG 10 (Energy, Environment, Efficiency, Resources, Globalization, Volume 10) – ISSN 2457-5011; An V / 2019 – p.p. 43-55. [citat 20.09.2020]. Disponibil: https://cnr-cme.ro/wp-content/uploads/2019/11/EMERG-10-corectat-13.11_compressed.pdf
- [98] Valentin Arion, **Cristina Efremov** „Energy Transition - Advantages and Challenges for the Republic of Moldova”, 2019 International Conference on Electromechanical and Energy Systems (SIELMEN), 2019, pp. 1-5, doi: 10.1109/SIELMEN.2019.8905854. [citat 21.09.2020]. Disponibil: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8905854>
- [99] IRENA A New World. The Geopolitics of the Energy Transformation, 2019, 94 p.
- [100] Disponibil: https://ec.europa.eu/commission/strategy/priorities-2019-2024/jobs-growth-and-investment/investment-plan-europe-juncker-plan_en.
- [101] Disponibil: https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/banking-and-finance/sustainable-finance_en#action-plan.
- [102] Disponibil: <https://unfccc.int/documents/187593>.
- [103] Disponibil: <https://theconversation.com/we-finally-have-the-rulebook-for-the-paris-agreement-but-global-climate-action-is-still-inadequate-108918>.
- [104] Studiul realizat de compania de consultanta Ernst & Young in 2019, [citat 22.10.2020]. Disponibil: https://www.ey.com/en_gl/power-utilities/as-the-countdown-to-a-new-energy-world-intensifies-who-will-beat-the-clock.
- [105] Disponibil: https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/docs/pages/initiative_7_smart_en.pdf.
- [106] Disponibil: https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/docs/pages/initiative_8_rulebook_en.pdf.
- [107] Disponibil: https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/docs/pages/initiative_9_technologies_en.pdf.
- [108] Disponibil: https://ec.europa.eu/transport/modes/road/news/2017-11-08-driving-clean-mobility_en.
- [109] Disponibil: https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/european-battery-alliance_en.
- [110] Comisia Europeană. Pachet privind Uniunea Energetică. Anexă. Foaie de parcurs pentru Uniunea Energetică la Comunicarea Comisiei către Parlamentul European, Consiliu, Comitetul Economic și Social European, Comitetul Regiunilor și Banca Europeană de Investiții. O strategie-cadru pentru o uniune energetică rezilientă cu o politică prospectivă în domeniul schimbărilor climatice. Bruxelles, 25.2.2015 COM (2015) 80 final. 11 p.
- [111] Comisia Europeană. Pachet privind Uniunea Energetică. Comunicare a Comisiei către Parlamentul European, Consiliu, Comitetul Economic și Social European, Comitetul Regiunilor și Banca Europeană de Investiții. O strategie-cadru pentru o uniune energetică rezilientă cu o politică prospectivă în domeniul schimbărilor climatice. Bruxelles, 25.2.2015 COM (2015) 80 final. 24 p.
- [112] European Commission. Study on “Residential Prosumers in the European Energy Union”. JUST/2015/CONS/FW/C006/0127. Framework Contract EAHC/2013/CP/042004. GfK Belgium consortium. 2 May 2017. 235 p.
- [113] REGULAMENTUL (UE) 2018/1999 AL PARLAMENTULUI EUROPEAN ȘI AL CONSILIULUI din 11 decembrie 2018 privind guvernarea uniunii energetice și a

- acțiunilor climatice, de modificare a Regulamentelor (CE) nr. 663/2009 și (CE) nr. 715/2009 ale Parlamentului European și ale Consiliului, a Directivelor 94/22/CE, 98/70/CE, 2009/31/CE, 2009/73/CE, 2010/31/UE, 2012/27/UE și 2013/30/UE ale Parlamentului European și ale Consiliului, a Directivelor 2009/119/CE și (UE) 2015/652 ale Consiliului și de abrogare a Regulamentului (UE) nr. 525/2013 al Parlamentului European și al Consiliului. Jurnalul Oficial al Uniunii Europene. L 328/1. 21.12.2018. 77 p.
- [114] Comisia Europeană – Comunicat de presă. Uniunea energetică: de la viziune la realitate. Bruxelles, 9 aprilie 2019. 2 p.
- [115] European Commission. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee, the Committee of the Regions and the European Investment Bank. State of the Energy Union 2015. Brussels, 18.11.2015 COM (2015) 572 final. 17 p.
- [116] Helm, Dieter. The EU Energy Union. More than the sum of its parts? Centre for European Reform. November 2015. 10 p.
- [117] Disponibil: https://ec.europa.eu/info/news/clean-energy-all-europeans-package-completed-good-consumers-good-growth-and-jobs-and-good-planet-2019-may-22_en.
- [118] European Commission. Annex Guidance to Members States on National Energy and Climate Plans as Part of the Energy Union Governance to the Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee, the Committee of the Regions and the European Investment Bank. State of the Energy Union 2015. Brussels, 18.11.2015 COM (2015) 572 final. 17 p.
- [119] European Commission. Report from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee, the Committee of the Regions and the European Investment Bank. Fourth report on the State of the Energy Union. Brussels, 9.4.2019 COM (2019) 175 final. 27 p.
- [120] European Commission - Fact Sheet. The state of the Energy Union explained. Brussels, 9 aprilie 2019. 5 p.
- [121] Juncker, Jean-Claude. Un nou început pentru Europa: Agenda mea pentru locuri de muncă, creștere, echitate și schimbări democratice. Orientări politice pentru viitoarea Comisie Europeană. Declarația de deschidere a sesiunii plenare a Parlamentului European. Strasbourg. 15 iulie 2014. 41 p.
- [122] Regulamentul (UE) 2019/941 al Parlamentului European și al Consiliului din 5 iunie 2019 privind pregătirea pentru riscuri în sectorul energiei electrice și de abrogare a Directivei 2005/89/CE. Jurnalul Oficial al Uniunii Europene L 158/1. 14.6.2019. 21 p.
- [123] Regulamentul (UE) 2019/941 al Parlamentului European și al Consiliului din 5 iunie 2019 de instituire a Agenției Uniunii Europene pentru Cooperarea Autorităților de Reglementare din Domeniul Energiei. Jurnalul Oficial al Uniunii Europene L 158/2. 14.6.2019. 32 p.
- [124] Regulamentul (UE) 2019/943 al Parlamentului European și al Consiliului din 5 iunie 2019 privind piața internă de energie electrică. Jurnalul Oficial al Uniunii Europene L 158/54. 14.6.2019. 71 p.
- [125] Regulamentul (UE) 2018/841 al Parlamentului European și al Consiliului din 30 mai 2018 cu privire la includerea emisiilor de gaze cu efect de seră și a absorbțiilor rezultate din

- activități legate de exploatarea terenurilor, schimbarea destinației terenurilor și silvicultură în cadrul de politici privind clima și energia pentru 2030 și de modificare a Regulamentului (UE) nr. 525/2013 și a Deciziei nr. 529/2013/UE. Jurnalul Oficial al Uniunii Europene L 156/1. 19.6.2018. 25 p.
- [126] Regulamentul (UE) 2018/842 al Parlamentului European și al Consiliului din 30 mai 2018 privind reducerea anuală obligatorie a emisiilor de gaze cu efect de seră de către statele membre în perioada 2021-2030 în vederea unei contribuții la acțiunile climatice de respectare a angajamentelor asumate în temeiul Acordului de la Paris și de modificare a Regulamentului (UE) nr. 525/2013. Jurnalul Oficial al Uniunii Europene L 156/26. 19.6.2018. 17 p.
- [127] Regulamentul (UE) 2018/844 al Parlamentului European și al Consiliului din 30 mai 2018 de modificare a Directivei 2010/31/UE privind performanța energetică a clădirilor și a Directivei 2012/27/UE privind eficiența energetică. Jurnalul Oficial al Uniunii Europene L 156/75. 19.6.2018. 17 p.
- [128] Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency. European Union. The European Parliament The Council. Brussels, 26 April 2018. 56 p.
- [129] **Efremov Cristina**, Leu Vasile, „EFICIENȚA ENERGETICĂ”. CULEGERE DE PROBLEME. Seria „Exerciții și probleme. Editura A.G.I.R. (Editură recunoscută de CNCSIS), București 2021. Data publicării: 21.04.2021. 196 p. ISBN: 9789737208415.
- [130] Directiva (UE) 2018/2002 a Parlamentului European și a Consiliului din 11 decembrie 2018 de modificare a Directivei 2012/27/UE privind eficiența energetică. Jurnalul Oficial al Uniunii Europene L 328/210. 21.12.2018. 21 p.
- [131] Directiva (UE) 2018/844 al Parlamentului European și al Consiliului din 30 mai 2018 de modificare a Directivei 2010/31/UE privind performanța energetică a clădirilor și a Directivei 2012/27/UE privind eficiența energetică. Jurnalul Oficial al Uniunii Europene L 156/75. 19.6.2018. 17 p.
- [132] Updated Nationally Determined Contribution of the Republic of Moldova. Government of the Republic of Moldova. Final Version. 74 p.
- [133] Evaluarea gradului de pregătire privind valorificarea energiei regenerabile pentru Republica Moldova. IRENA 2019. februarie 2019. 64 p. ISBN: 978-92-9260-110-2. [citat 03.11.2020]. Disponibil: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Feb/IRENA_RRA_Moldova_2019_RO.pdf.
- [134] IRENA Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2018, 76 p.
- [135] European Commission, Energy datasheets: EU28 countries, 2018.
- [136] Shell Energy transition Report, Shell International B.V., 2018, 41 p.
- [137] Energy [r]evolution A sustainable world energy outlook 2015. 100% Renewable Energy for all. Full Report. Greenpeace International, Global Wind Energy Council. Solar PowerEurope. September 2015. 364 p. [citat 03.11.2020]. Disponibil: <https://issuu.com/greenpeaceinternational/docs/energy-revolution-2015-full-hr>.
- [138] Communication on strengthening Europe's energy networks, COM(2017) Brussels, 23.11.2017.

- [139] Regulamentul (UE) nr. 525/2013 al Parlamentului European și al Consiliului din 21 mai 2013 privind un mecanism de monitorizare și de raportare a emisiilor de gaze cu efect de seră, precum și de raportare, la nivel național și al Uniunii, a altor informații relevante pentru schimbările climatice (JO L 165, 18.6.2013, p. 13).
- [140] Analiza panoramică Acțiunile UE în domeniul energiei și al schimbărilor climatice. Luxemburg: Oficiul pentru Publicații al Uniunii Europene. 2017. 104 p. ISBN 978-92-872-7571-4 doi:10.2865/420523. [citată 04.11.2020]. Disponibil: https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/LR17_01/LR_ENERGY_AND_CLIMATE_RO.pdf.
- [141] A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy în 2050 Bruxelles, 8.3.2011 SEC(2011) 289 final.
- [142] Can Oxford save the world, Oxford Today, volumul 29, nr. 2, Roger Highfield, 2017.
- [143] „EEA greenhouse gas – data viewer”, AEM, 2017.
- [144] IRENA (2018a), Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, [citată 09.12.2020]. www.irena.org/publications/2018/Apr/Global-EnergyTransition-A-Roadmap-to-2050.
- [145] Disponibil: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_20_24.
- [146] Un cadru pentru politica privind clima și energia în perioada 2020-2030, COM(2014) 15 final din 22 ianuarie 2014.
- [147] Cadrul de politici privind clima și energia pentru 2030 Concluziile Consiliului European din 23 și 24 octombrie 2014, EUCO 169/14.
- [148] Foaie de parcurs pentru trecerea la o economie competitivă cu emisii scăzute de dioxid de carbon până în 2050, COM(2011) 112 final din 8 martie 2011.
- [149] Approximated EU greenhouse gas inventory: proxy greenhouse gas estimates for 2015, Raportul nr. 23/2016 al AEM, 8.11.2016.
- [150] Evaluare a impactului, SWD(2016) 410 final din 30 noiembrie 2016.
- [151] Bacher, R, Eric Peirano, Michele de Nigris - Eds (2018). “ETIP SNET Vision 2050 – Integrating Networks for the Energy Transition: Serving Society and Protecting the Environment” (2018). [citată 12.12.2020]. Disponibil: <https://www.etip-snet.eu/publications/etippublications/>.
- [152] Commission staff working document, Accompanying the document, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions United in delivering the Energy Union and Climate Action - Setting the foundations for a successful clean energy transition, European Commission, SWD/2019/212 final. [online]. 18.6.2019. [accesat 09.03.2020]. [citată 03.01.2020]. Disponibil: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=SWD:2019:212:FIN>.
- [153] M. Margvelashvili „Planning for Energy Strategy”. EU4Energy Policy Forum on Energy Security: Long-term Energy Planning. International Energy Agency, Paris, 24 June 2019.
- [154] L. Luna „Comparison of modelling options for Energy Community contracting parties”. Modelling options for NECPs in the Energy Community. Vienna, 20 March 2019.
- [155] S. Robu, E. Bîcova, P. Siakkis, G. Giannakidis „MARKAL Application for Analysis of Energy Efficiency in Economic Activities of the Republic of Moldova and Feasible use

- of Renewable Energy Sources”. In: Problemele Energeticii Regionale. 2010, nr. 2(13), pp. 90-103. ISSN 1857-0070.
- [156] R. Loulou, G. Goldstein, A. Kanudia, A. Lettila U. Remme „Documentation for the TIMES Model. Part I” July 2016.
 - [157] G. Giannakidis „Baseline scenario inputs and draft results. Republic of Moldova Energy Sector National Scenarios Formulation Workshop”, Chisinau, 16 September 2019.
 - [158] R. De Miglio „Republic of Moldova Energy Sector National Scenarios Formulation Workshop”, Chisinau, 9-12 December 2019.
 - [159] R. Loulou, A. Lehtilä, A. Kanudia, U. Remme, G. Goldstein „Documentation for the TIMES Model. Part II”. July 2016.
 - [160] G. Goldstein, A. Kanudia, A. Lehtilä, U. Remme, E. Wright „Documentation for the TIMES Model. Part III”, July 2016.
 - [161] D.Braga „Photovoltaic Technical Potential in Republic of Moldova”, 2019 International Conference on Electromechanical and Energy Systems (SIELMEN), October 9, 2019 Craiova, Romania, October 10-11, 2020 Chisinau, Republic of Moldova.
 - [162] The energy balance of the Republic of Moldova. Statistical compilation 2018. National Bureau of Statistics.
 - [163] I.Sobor, A.Chiciuc, V.Rachier „Atlasul resurselor energetice eoliene al Republicii Moldova”. Universitatea Tehnică a Moldovei.
 - [164] V. Rachier „Evaluarea potențialului energetic eolian al Republicii Moldova”, Universitatea Tehnică a Moldovei. Teză de doctor în științe tehnice. Chișinău, 2016.
 - [165] M.Ścigan et al. „Cost-competitive renewable power generation: Potential across South East Europe”. IRENA, 2017.
 - [166] IRENA, Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2019, [citat 18.01.2020]. Disponibil: https://www.irena.org/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Apr/IRENA_Global_Energy_Transformation_2019.pdf.
 - [167] Dr. Sven Teske, Steve Sawyer, Energy Revolution 2015 a sustainable world energy outlook 2015 - 100% renewable energy for all. Edition World Energy Scenario, 2015, 364 pages.
 - [168] Agenția Europeană de Mediu, „Trends and projections in Europe 2016 – Tracking progress towards Europe’s climate and energy targets”.
 - [169] Renewable energy, savings and energy efficiency in the framework of the EU cohesion policy, Corte dei Conti, Italia, 2012.
 - [170] Measures for the implementation of the energy transition by the Federal Ministry of Economic Affairs and Energy, Bundesrechnungshof, Germania, 2016.
 - [171] **Cristina EFREMOV**, „DEZVOLTAREA STRUCTURILOR CENTRALIZATE PENTRU O TRANZIȚIE ENERGETICĂ SUSTENABILĂ”. Conferința Tehnico-Științifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor și Studenților UTM, 2021, p.79-82. ISBN 978-9975-45-588-6. Disponibil: <https://utm.md/wp-content/uploads/2021/06/Culegere-Vol-I-Conf-tinerilor-UTM-2021.pdf>
 - [172] „Technology pathways in decarbonisation scenarios”, elaborat în cadrul unui proiect finanțat din fonduri europene – ASSET (Advanced System Studies for Energy Transition).

- [173] Bacher, R, Eric Peirano, Michele de Nigris - Eds (2018). "ETIP SNET Vision 2050 – Integrating Networks for the Energy Transition: Serving Society and Protecting the Environment" (2018) [citat 20.01.2020]. Disponibil: <https://www.etip-snet.eu/publications/etippublications/>.
- [174] Digitalization and Energy 2017, International Energy Agency (IEA), november 2017. [citat 23.01.2020]. Disponibil: <https://www.iea.org/reports/digitalisation-and-energy>.
- [175] Chebbo, M, Esther Hardi, Miguel Sanchez Fornie et al. (2018) "Digitalization Of The Electricity System And Customer Participation - Technical Report". Available online at: <https://www.etip-snet.eu/wp-content/uploads/2018/10/ETIP-SNET-Position-Paperon-Digitalisation-FINAL-1.pdf>.
- [176] Bacher, R, Eric Peirano, Michele de Nigris - Eds (2018). "ETIP SNET Vision 2050 – Integrating Networks for the Energy Transition: Serving Society and Protecting the Environment" (2018) [citat 28.01.2020]. Disponibil: <https://www.etip-snet.eu/publications/etippublications/>.
- [177] „Technology pathways in decarbonisation scenarios”, elaborat în cadrul unui proiect finanțat din fonduri europene – ASSET (Advanced System Studies for Energy Transition).
- [178] IRENA (2018c), Power system flexibility for the energy transition. Part 1: Overview for policy makers, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- [179] Innovation Landscape for a Renewable-Powered Future: Solutions to Integrate Variable Renewables, 2018.
- [180] "Flexibility and Aggregation Requirements for their interaction in the market". [citat 28.01.2020]. http://www.eurelectric.org/media/115877/tf_bal-agr_report_final_je_as-2014-030-0026-01-e.pdf.
- [181] National Renewable Energy Laboratory: Jaquelin Cochran, Mackay Miller, Owen Zinaman, Michael Milligan, „Flexibility in 21st Century Power Systems”, [citat 03.02.2020]. Disponibil: <https://www.nrel.gov/docs/fy14osti/61721.pdf>.
- [182] Renewable energy technologies: cost analysis: Hydropower. IRENA, 2012, 44p.
- [183] Didik Notosudjono, Evita Wismiana1, Fitrah Alamsyah, Bagus Dwi Ramadhon, Analyzing the potential and the load evaluation on Ubrug hydro power plant of Sukabumi, West Java, MATEC Web of Conferences 154, 01043 (2018), [citat 03.02.2020]. Disponibil: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201815401043>.
- [184] Linnansaari, T., Wallace, B., Curry, R.A., and Yamazaki, G., Fish passage in large rivers: a literature review, MAES Report Series 2015-016, Canadian Revers Institute, 28 April 2015, 59 p.
- [185] Assessment of the European potential for pumped hydropower energy storage, Report EUR 25940 EN, European Commission, Joint Research Centre, Institute for Energy and Transport. Petten, The Netherlands, 2013, 74p.
- [186] International Energy Agency, Technology roadmap: Energy storage, OECD/IEA, Paris, 2014.
- [187] The world’s water battery: Pumped hydropower storage and the clean energy transition, International Hydropower Association working paper, dec.2018, 15 p.
- [188] Validation Report, Tarnița–Lăpuștești Pumped-Storage Hydropower Plant, Bucharest, 2019, 133p.

- [189] Tarnița-Lăpușești Pumped-Storage Hydropower Plant. Environmental impact report, S.C.Hidroelectrica S.A., Sucursala Hidrocentrale Cluj, Project 15/2011, 172 p.
- [190] Efficiency of electricity storage, University of Craiova, 2010, 12 p.
- [191] Disponibil: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40807-018-0048-1/figures/4>.
- [192] Lappeenranta University of Technology Research Reports 91. ISSN: 2243-3376.
- [193] Agenția Europeană de Mediu, „Trends and projections in Europe 2016 – Tracking progress towards Europe’s climate and energy targets”.
- [194] Manrique Delgado et al., 2017 B. Manrique Delgado, S. Cao, A. Hasan, K. Sirén. Thermoeconomic analysis of heat and electricity prosumers in residential zero-energy buildings in Finland. *Energy*, 130 (2017), pp. 544-559.
- [195] Manrique Delgado et al., 2018 B. Manrique Delgado, et al. Lifecycle cost and CO₂ emissions of residential heat and electricity prosumers in Finland and the Netherlands. *Energy Conversion and Management*, 160 (September 2017) (2018), pp. 495-508.
- [196] **Cristina Efremov** „PROVIDING GREATER FLEXIBILITY FOR HIGH PENETRATION RENEWABLE INTEGRATION”, Quarterly publication of Romanian National Committee of World Energy Council (WEC/RNC) and The General Association of Engineers in Romania (AGIR) – EMERG 2 (Energy, Environment, Efficiency, Resources, Globalization, Volume 7) – ISSN 2668-7003, ISSN 2457-L5011; An V / 2021 – p.p. 109-128. DOI: 10.37410/EMERG.2021.2.1. Disponibil: <https://emerg.ro/files/providing-greater-flexibility-for-high-penetration-renewable-integration/>
- [197] International Energy Agency (IEA), Harnessing variable renewables., Tech. rep.; 2011.
- [198] "Flexibility and Aggregation Requirements for their interaction in the market". [citat 15.02.2020]. Disponibil: http://www.eurelectric.org/media/115877/tf_bal-agr_report_final_je_as-2014-030-0026-01-e.pdf
- [199] Global cumulative installed wind power capacity from 2001 to 2020 [Online], <https://www.statista.com/statistics/268363/installed-wind-power-capacity-worldwide/>, accesat 10.11.2021
- [200] International Energy Agency, Photovoltaic Power Systems Program Annual report 2020 and 2010, <https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2021/04/IEA-PVPS-AR-2020.pdf>, https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/01/ar_2010.pdf
- [201] Comunicarea „Energie curată pentru toți europenii” (COM (2016) 860).
- [202] National Renewable Energy Laboratory: Jaquelin Cochran, Mackay Miller, Owen Zinaman, Michael Milligan, „Flexibility in 21st Century Power Systems”, [citat 03.03.2020]. Disponibil: <https://www.nrel.gov/docs/fy14osti/61721.pdf>.
- [203] Policy Brief. Reforma pieței de energie electrică din Moldova. Energy Community. EU4Energy. Iulie 2019. 4 pag.
- [204] Georgios, Papaefthymiou. Roman, Targosz. Hans, De Keulenaer. and oth. Flexibility roadmap for a near 100% renewable energy system. CIRED. Lyon. 23rd International Conference on Electricity Distribution. 15-18 June 2015. 5 p.
- [205] The International Renewable Energy Agency (IRENA). Power system flexibility for the energy transition. Part 1: Overview for policy makers. November 2018. 48p. ISBN 978-92-9260-089-1.

- [206] The International Renewable Energy Agency (IRENA). Innovation landscape for a renewable-powered future: solutions to integrate variable renewables. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. 2019. 164 p. ISBN 978-92-9260-111-9. www.irena.org/publications.
- [207] Curtea de Conturi Europeană, pe baza informațiilor din documentul intitulat Electrical energy storage for mitigating climate change, Imperial College London.
- [208] O planetă curată pentru toți, Comisia Europeană, COM (2018) 773 final, 28.11.2018, p. 7.
- [209] Tsiropoulos. I. Tarvydas. D. Lebedeva. N. European Commission. JRC Science for policy report. Li-ion batteries for mobility and stationary storage applications. Scenarios for costs and market growth. Luxembourg: Publications Office of the European Union. 2018. 72 p. ISBN 978-92-79-97254-6.
- [210] Jean-Michel Durand, Maria João Duarte and Patrick Clerens. EASE-EERA Energy Storage Technology Development Roadmap. Alianța europeană pentru cercetare în domeniul energiei și Asociația europeană pentru stocarea energiei (EASE-EERA), 2017. 72 p.
- [211] **Cristina Efremov**, „DEZVOLTAREA STRUCTURILOR CENTRALIZATE PENTRU O TRANZIȚIE ENERGETICĂ SUSTENABILĂ”. Conferința Tehnico-Științifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor și Studenților UTM, 2021, p.79-82. ISBN 978-9975-45-588-6. Disponibil: <https://utm.md/wp-content/uploads/2021/06/Culegere-Vol-I-Conferințelor-UTM-2021.pdf>
- [212] BloombergNEF. [citat 08.04.2020]. Disponibil: <https://about.bnef.com/blog/energy-storage-620-billion-investment-opportunity-2040/>
- [213] Renewable Energy Policies in a Time of Transition: Heating and Cooling, REN21, IEA & IRENA, 02 December 2020, [citat 08.04.2020]. Disponibil: <https://www.euroheat.org/publications/reports-and-studies/renewable-energy-policies-time-transition-heating-cooling/>.
- [214] Loic Quiquerez, Bernard Lachal, Michel Monnard, Jerome Faessler „The role of district heating in achieving sustainable cities: comparative analysis of different heat scenarios for Geneva” Disponibil: <https://www.sciencedirect.com>.
- [215] Mesager Energetic. Buletin informativ al Comitetului Național Român al Consiliului Mondial al Energiei. CNR-CME-CNR. Anul XVIII, Nr. 214, ianuarie – februarie 2021. ISSN: 2066 – 4974.
- [216] **Efremov C.**, Arion V., Sănduleac M. „SHORT TERM DAILY STORAGE NEED ASSESSMENT FOR A LARGE PV DEPLOYMENT SCENARIO - PRELIMINARY CASE STUDY FOR REPUBLIC OF MOLDOVA”. The 10th International Conference on Energy and Environment (CIEM). 6 p. Paper ID 30.
- [217] JRC, Disponibil: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html, access 2021.05.
- [218] Wie wir mit Sonnenenergie einen Wirtschaftsboom entfesseln und das Klima schützen Disponibil: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/presseinformationen/2021/wie-wir-mit-sonnenenergie-einen-wirtschaftsboom-entfesseln-und-das-klima-schuetzen.html>.

- [219] Germany needs up to 446 GW of solar PV to achieve 100% renewables, Disponibil: <https://renewablesnow.com/news/germany-needs-up-to-446-gw-of-solar-pv-to-achieve-100-renewables-750437/>.
- [220] Germany needs 446 GW of PV for 100% renewables scenario. Disponibil: <https://www.pv-magazine.com/2021/08/12/germany-needs-446-gw-of-pv-for-100-renewables-scenario/>.
- [221] WWF says 2% of Germany's surface is enough for 100% renewables. Disponibil: <https://www.pv-magazine.com/2018/10/17/wwf-says-2-of-germanys-surface-is-enough-for-100-renewables/>.
- [222] Converting just 1% of land to renewable energy production can provide EU's electricity consumption, [citat 17.10.2021]. Disponibil: <https://ec.europa.eu/jrc/en/news/converting-just-1-land-renewable-energy-production-can-provide-eus-electricity-consumption>.
- [223] CO₂ Emissions From Fuel Combustion, International Energy Agency, 2012. [citat 03.06.2021]. Disponibil: http://wds.iea.org/wds/pdf/documentation_co2_2012.pdf.
- [224] Disponibil: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/co2-emissions-from-fuel-combustion-highlights>.
- [225] Renewable Energy and Sustainable Development of Society. Bostan, academician, V. Dulgheru, Dr.Sc., prof., V. Bostan, Dr.Sc., prof., I. Sobor, PhD, prof., Meridian Ingineresc Numărul 4 / 2015 / ISSN 1683-853X.
- [226] Estimarea Impactului Centralelor Eoliene Asupra Sistemului Electroenergetic Al Republicii Moldova, Victor Gropa, Teza de doctorat, 2017, sub îndrumarea Prof. Ion Stratan, realizată în cadrul UTM.
- [227] **Efremov C., Leu V., Sănduleac M., „INCREASING SYSTEM FLEXIBILITY THROUGH A COMBINATION OF PUMPED-HYDRO AND BATTERY-STORAGE SYSTEMS. PRELIMINARY CASE STUDY FOR REPUBLIC OF MOLDOVA”.** 2021 International Conference on Electromechanical and Energy Systems (SIELMEN), 2021, pp. 237-242, doi: 10.1109/SIELMEN53755.2021.9600386. Disponibil: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9600386>
- [228] Green hydrogen: The zero-carbon seasonal energy storage solution. [citat 10.10.2021]. Disponibil: <https://www.energy-storage.news/green-hydrogen-the-zero-carbon-seasonal-energy-storage-solution/>.
- [229] Australian world-first domestic hydrogen battery signs an iconic investor. [citat 16.10.2021]. Disponibil: <https://www.pv-magazine-australia.com/2021/01/25/australian-world-first-domestic-hydrogen-battery-signs-an-iconic-investor/>.
- [230] 100% solar, wind and batteries is just the start — the 'super' power they produce will change the world, Toni Seba and Adam Dorr, [citat 10.09.2021]. Disponibil: <https://www.utilitydive.com/news/100-solar-wind-and-batteries-is-just-the-start-the-super-power-they-p/588412/>.
- [231] 100% Clean and Renewable Wind, Water, and Sunlight All-Sector Energy Roadmaps for 139 Countries of the World, Joule revue, Volume 1, Issue 1, 6 September 2017, Pages 108-121, Elsevier, [citat 20.05.2021]. Disponibil: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542435117300120>.
- [232] Disponibil: <https://www.nrel.gov/docs/fy16osti/65298.pdf/>.

- [233] Ermuratschii V., Eremencov N., **Efremov C.**, PARAMETRIC STUDY ON THE CHARACTERISTICS OF A SEISMIC BASE ISOLATED BUILDING WITH AIR SOLAR HEATING SYSTEM, Conf. Inter. "Energetica Moldovei- 2016", 29 sept. 2016, IE AȘM, Chișinău, p.516-523. ISBN 978-9975-4123-5-3, 0.85 c.t.
- [234] Valentin ARION, Viorica HLUSOV, Calin NEGURĂ și Constantin BOROSAN „O abordare analitică a dimensionării economice a unităților de cogenerare, care ține cont de evoluția parametrilor variabili în timp”
- [235] Wattjes FD, Janssen SLL, Slootweg JG. Framework for estimating flexibility of commercial and industrial customers in Smart grids. In: IEEE PES ISGT Europe 2013. Denmark: Lyngby; 2013. p. 1–5.
- [236] Berg F, Flyen A-C, Godbolt ÅL, Brostrom € T. User-driven energy efficiency in historic buildings: a review. J Cult Herit 2017;28(Supplement C):188–95. 2017/ 11/01/.
- [237] Hennessy J, Li H, Wallin F, Thorin E. Flexibility in thermal grids: a review of shortterm storage in district heating distribution networks. Energy Procedia 2019;158: 2430–4. 2019/02/01/.
- [238] Disponibil: <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/how-can-germany-keep-lights-renewable-energy-future>
- [239] Curs în format electronic „Tehnologii avansate în sistemele elctroenergetice - FACTS și AI”, Sanduleac M., UPB.
- [240] Vistra Energizes Massive 1.2-GWh Battery System at California Gas Plant, [citât 10.03.2021]. Disponibil: <https://www.powermag.com/vistra-energizes-massive-1-2-gwh-battery-system-at-california-gas-plant/>.
- [241] New York City trades gas plant for the world’s largest battery, [citât 05.08.2021]. Disponibil: <https://pv-magazine-usa.com/2019/10/18/new-york-city-trading-gas-plants-for-worlds-largest-battery/>.
- [242] World’s Largest Storage Battery — 2.5 GWh — To Replace Gas Peaker Plants In Queens, [citât 05.08.2021]. Disponibil: <https://cleantechnica.com/2019/10/28/worlds-largest-storage-battery-2-5-gwh-to-replace-gas-peaker-plants-in-queens/>.
- [243] New York City trades gas plant for the world’s largest battery, Disponibil: <https://pv-magazine-usa.com/2019/10/18/new-york-city-trading-gas-plants-for-worlds-largest-battery/>, accesat 05.08.2021.
- [244] World’s Largest Storage Battery — 2.5 GWh — To Replace Gas Peaker Plants In Queens, Disponibil: <https://cleantechnica.com/2019/10/28/worlds-largest-storage-battery-2-5-gwh-to-replace-gas-peaker-plants-in-queens/>, accesat 5.08.2021.
- [245] Directiva europeana "Waste from Electrical and Electronic Equipment (WEEE)", [citât 05.12.2021]. Disponibil: https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/waste-electrical-and-electronic-equipment-weee_en.
- [246] Recycling PV panels: Why can’t we hit 100%? [citât 05.12.2021]. Disponibil: <https://www.pv-magazine.com/2020/08/26/recycling-pv-panels-why-cant-we-hit-100/>.
- [247] European Commission, Environment, Batteries and accumulators, Disponibil: https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/batteries-and-accumulators_en
- [248] DIRECTIVE 2006/66/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL, 6 September 2006, on batteries and accumulators and waste batteries and

- accumulators and repealing Directive 91/157/EEC, Disponibil: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02006L0066-20131230&rid=1>
- [249] Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL concerning batteries and waste batteries, repealing Directive 2006/66/EC and amending Regulation (EU) No 2019/1020, Brussels, 10.12.2020, [citat 03.02.2021]. Disponibil: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:4b5d88a6-3ad8-11eb-b27b-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF
- [250] Anexe ale propunerii legată de baterii și deșeurile de baterii din 10.12.2020, Disponibil: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:4b5d88a6-3ad8-11eb-b27b-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_2&format=PDF
- [251] Directive (EU) 2018/844 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency.
- [252] Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings (EPBD) revised (2018).
- [253] Directive 2012/27/EU on energy efficiency revised (2018).
- [254] Legea nr. 92 a Republicii Moldova din 29.05.2014 cu privire la energia termică și promovarea cogenerării, Chișinău, 2014.
- [255] Legea nr. 128 a Republicii Moldova din 11.07.2014 privind performanța energetică a clădirilor, Chișinău, 2014.
- [256] Balanța Energetică a Republicii Moldova (pentru anul 2018), ediția 2019, Biroul național de statistică, Chișinău, 2019.
- [257] Stocuri și consum de combustibil în profil teritorial, BNS, Chișinău, ediția 2019.
- [258] Arion V., **Efremov C.**, Zănoagă I., Mița V., Tumuruc D., Balan M. „DETERMINAREA CONSUMULUI DE CĂLDURĂ ÎN ȚARĂ ÎN PROFIL TERITORIAL”. Quarterly publication of Romanian National Committee of World Energy Council (WEC/RNC) and The General Association of Engineers in Romania (AGIR) – EMERG 4 (Energy, Environment, Efficiency, Resources, Globalization, Volume VII, Issue 4) – ISSN 2668-70XX, ISSN-L 2457-50XX; An V / 2021 – p.p. 16. DOI: 10.XXXXX/EMERG.2021.2.1.
- [259] Consumul de energie în gospodărire casnică. Rezultatele cercetării privind consumul de energie. BNS. Chișinău, 2016, 71 p.
- [260] Normativ în construcții. NCM M.01.01:2016. Performanța energetică a clădirilor. Cerințe minime de performanță energetică a clădirilor, MDRC, Chișinău, 2016, 36p.
- [261] Normativ în construcții. NCM M.01.02:2016. Performanța energetică a clădirilor. Metodologia de calcul al performanței energetice a clădirilor, MDRC, Chișinău, 2016, 150 p.
- [262] Arion V., **Efremov C.** „PUMPED-STORAGE HYDRO POWER PLANTS IN MOLDOVA: BENEFITS FOR GRID RELIABILITY AND INTEGRATION OF VARIABLE RENEWABLES”. In: Journal of Engineering Science. 2020, Vol. 27(3), pp. 76-89. ISSN 2587-3474. ISSN 2587-3482. (Categorie B+). Disponibil: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/JES-2020-3_76-89.pdf
- [263] Valentin Arion, **Cristina Efremov**; „INCREASING FLEXIBILITY OF THE NATIONAL ENERGY SYSTEM BY BUILDING UP HYDRO PUMPED STORAGE PLANTS”, Quarterly publication of Romanian National Committee of World Energy Council (WEC/RNC) and The General Association of Engineers in Romania (AGIR) – EMERG 3 (Energy, Environment, Efficiency, Resources, Globalization, Volume VII,

- Issue 3) – ISSN 2668-7003, ISSN-L 2457-5011; An V / 2021 – p.p. 48-61. DOI: 10.37410/EMERG.2021.2.1. Disponibil: <https://emerg.ro/files/increasing-flexibility-of-the-national-energy-system-by-building-up-hydro-pumped-storage-plants/>
- [264] Renewable energy technologies: cost analysis: Hydropower. IRENA, 2012, 44p.
- [265] Didik Notosudjono, Evita Wismiana¹, Fitrah Alamsyah, Bagus Dwi Ramadhon, Analyzing the potential and the load evaluation on Ubrug hydro power plant of Sukabumi, West Java, MATEC Web of Conferences 154, 01043 (2018), Disponibil: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201815401043>.
- [266] Arion V., Hlusu V., Gherman C., Modelarea economică a obiectivelor și sistemelor energetice pe termen lung: modelele statice-echivalente și aplicabilitatea acestora. EMERG 3, Editura AGIR, București, 2016, p. 26-63.
- [267] Arion V., Hlusu V., Gherman C., Șveț O., Ghid privind evaluarea economică a proiectelor din domeniile eficienței energetice și energiilor regenerabile. Chișinău, Editura Sirius, 2014.
- [268] **Efremov C.**, Arion V., Sănduleac M. „SHORT TERM DAILY STORAGE NEED ASSESSMENT FOR A LARGE PV DEPLOYMENT SCENARIO - PRELIMINARY CASE STUDY FOR REPUBLIC OF MOLDOVA”. 2021 10th International Conference on ENERGY and ENVIRONMENT (CIEM), 2021, pp. 1-5, doi: 10.1109/CIEM52821.2021.9614898. Disponibil: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9614898>
- [269] Moldelectrica, Technical and operational informations regarding the power system operation, [citată 09.04.2021]. Disponibil: https://moldelectrica.md/ro/activity/operative_info, accessed 10.04.2021.
- [270] Disponibil: https://www.transelectrica.ro/widget/web/tel/sen-grafic/SENGratic_WAR_SENGraficportlet, accessed 20.03.2021.
- [271] World's Largest Storage Battery — 2.5 GWh — To Replace Gas Peaker Plants In Queens, [citată 28.09.2021]. Disponibil: <https://cleantechnica.com/2019/10/28/worlds-largest-storage-battery-2-5-gwh-to-replace-gas-peaker-plants-in-queens/>, accessed 20.04.2021.
- [272] Forbes, At \$16 Billion, Australian Solar Project Would Be Biggest In The World, Disponibil: <https://www.forbes.com/sites/rpapiet/2020/11/15/is-this-the-worlds-most-ambitious-renewable-energy-project/?sh=100b163c13fe>, accessed 10.04.2021.
- [273] Disponibil: https://ro.wikipedia.org/wiki/Republica_Moldova, accessed 01.06.2021.
- [274] Converting just 1% of land to renewable energy production can provide EU's electricity consumption, [citată 03.10.2021]. Disponibil: <https://ec.europa.eu/jrc/en/news/converting-just-1-land-renewable-energy-production-can-provide-eus-electricity-consumption>.
- [275] Disponibil: <https://www.pv-magazine.com/2018/10/17/wwf-says-2-of-germanys-surface-is-enough-for-100-renewables/>, accessed 01.06.2021.
- [276] Weak climate rules put Europe's battery boom at risk, Disponibil: <https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/Battery%20brief%20%20%281%29.pdf>, accesat 04.07.2021.
- [277] Adam Dorr; Tony Seba, Rethinking Energy 2020-2030, 100% Solar, Wind, and Batteries is Just the Beginning, 2020, Disponibil:

- <https://static1.squarespace.com/static/585c3439be65942f022bbf9b/t/5fa57fc9d228a73c73ec4669/1604681700368/Rethinking+Energy+2020-2030.pdf> , accessed 15.05.2021.
- [278] Fit for 55': delivering the EU's 2030 Climate Target on the way to climate neutrality, Disponibil: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0550&from=EN>, accessed 20.08.2021
 - [279] Andrew Blakers, et. al., A review of pumped hydro energy storage, Disponibil: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2516-1083/abeb5b/pdf>, accessed 05.08.2021.
 - [280] Studiu CHEAP Tarnita, Disponibil: https://cnp.ro/user/repository/transparenta_decizionala/Studiu_de_fundamentare_Studiu_Tarnita.pdf.
 - [281] Tesla Megapack ordering site, Disponibil: <https://www.tesla.com/megapack/design>.
 - [282] Tesla claims 92% battery cell material recovery in new recycling process, Disponibil: <https://electrek.co/2021/08/09/tesla-battery-cell-material-recovery-new-recycling-process/>, accessed 15.08.2021.
 - [283] Fast frequency response of inverter-based resources and its impact on system frequency characteristics, Global Energy Interconnection, Volume 3, Issue 5, October 2020, ScienceDirect.
 - [284] National Grid ESO debuts new fast frequency service, October 2020, Disponibil: <https://www.powersystemsuk.co.uk/news/national-grid-eso-launches-fast-frequency-response-service/>.
 - [285] Dynamic Containment Services Terms, 2020, National grid ESO, Disponibil: <https://www.nationalgrideso.com/document/175276/download>.
 - [286] Gravity power? How to store wind, solar energy without batteries, Disponibil: https://www.cbc.ca/news/science/what-on-earth-energy-storage-1.5936749?utm_content=156602411&utm_medium=social&utm_source=linkedin&hss_channel=lcp-11534775, accessed 20.06.2021.
 - [287] Augwind To Build 120 MWh Of Compressed Air Energy Storage For Solar In Israel, Disponibil: <https://cleantechnica.com/2021/01/25/augwind-to-build-120-mwh-of-compressed-air-energy-storage-for-solar-in-israel/>, accessed 25.06.2021.
 - [288] Rethinking+Energy+2020-2030.pdf , Disponibil: <https://www.rethinkx.com/energy-reports>
 - [289] Brazil's solar PPA market reaches 8.4 GW, Disponibil: <https://www.pv-magazine.com/2021/05/04/brazils-solar-ppa-market-reaches-8-4-gw/>, accessed 25.05.2021.
 - [290] European joint venture wants to deploy 4 GW of PPA-linked solar across UK, Germany and the Netherlands, Disponibil: <https://www.pv-magazine.com/2021/02/03/european-joint-venture-wants-to-deploy-4-gw-of-ppa-linked-solar-across-uk-germany-and-the-netherlands/>, accessed 20.05.2021.
 - [291] RetinkX , Disponibil: <https://www.rethinkx.com/about>, accessed 10.06.2021.

ANEXE

Anexa 1. Viziunea pentru 2050 în Republica Moldova

Către o energie curată, durabilă, competitivă și accesibilă

Calculul energiei anuale cu CEF, ca medie a mai multor locații din Republica Moldova



Figura A1.1. Locații din Republica Moldova utilizate pentru calculul energiei medii anuale cu CEF (sursa: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Moldova_harta_administrativa.png)

Tabelul A1.1. Valori ale energiei medii anuale cu CEF, în 11 locații RM și media pe țară

Nr.	Locație	Județ	Latitud.	Longitud.	Altitud.	Energie anuală	Variație anuală
			grd	grd	m	kWh/an	kWh
1	Edineț	Edineț	48.169	27.298	213	1,130.78	57.66
2	Soroca	Soroca	48.146	28.282	188	1,144.24	57.76
3	Bălți	Bălți	47.781	27.909	107	1,148.16	55.43
4	Orhei	Orhei	47.396	28.831	88	1,174.61	51.81
5	Ungheni	Ungheni	47.220	27.815	41	1,174.53	54.02
6	Chișinău	Chișinău	47.039	28.858	70	1,193.99	58.97
7	Hîncești	Lăpușna	46.843	28.596	184	1,186.33	52.10
8	Căușei	Tighina	46.661	29.413	26	1,194.83	56.03
9	Cahul	Cahul	45.929	28.196	9	1,235.68	37.53
10	Comrat	Găgăuzia	46.315	28.661	55	1,213.68	49.74
11	Tiraspol	Nistru	46.866	29.634	59	1,207.17	60.54
	Medie RM pentru un an					1,182.18	53.78
	Medie RM pt. an cu producție minimă					1,128.40	

Sursa: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html

Observație: producția anuală minimă s-a calculat prin scăderea variației anuale medii

Orașe și comunități inteligente, reziliența energetică, sustenabilitate, economie circulară

Soluții de tip Power to Gas (P2G) și energetică bazată pe hidrogen

O aplicație, cu efecte majore în folosirea H_2 la centralele electrice a fost dezvoltată de General Electric prin realizarea de turbine modificate pentru folosirea unui amestec de 20% H_2 și 80% gaz natural. Soluția dezvoltată a fost validată în peste 10 milioane de ore de operare. DOE (Departamentul American al Energiei) a investit sume imense în dezvoltarea de turbine capabile să funcționeze, în condiții de siguranță, la concentrații mai mari de H_2 . Se preconizează apariția unei noi generații de turbine, apte să utilizeze combustibil cu până la 50% H_2 în volum. Noxele care apar în procesul de combustie se reduc dramatic. Este utilizat H_2 provenind, în multe cazuri din furnalele sau cocseriilor oțelărilor sau din gazele „deșeu” din rafinăriile de petrol. Turbinele dezvoltate azi de GE, de SIEMENS, de Japonezi, Sudcoreeni, Francezi etc. pot economisi milioane de dolari care ar trebui plătiți pe drepturile de emisii de carbon.

Datele din literatura de specialitate arată într-un exemplu tipic că la un amestec de 50% H_2 , noxele se reduc cu 281000 tone de emisii de CO_2 anual. Dacă amestecul ar ajunge la 95% H_2 , reducerea anuală echivalează cu 70000 \$.

Multiple revoluții tehnologice

Există multiple tehnologii care permit în acest moment să aibă loc tranziția energetică atât de necesară. De obicei, tehnologiile care au o rată mare de îmbunătățire într-un timp scurt, sunt denumite „disruptive” (care distrug paradigma curentă) și se caracterizează printr-o evoluție dată de așa numita curbă „S” (figura A1.2).

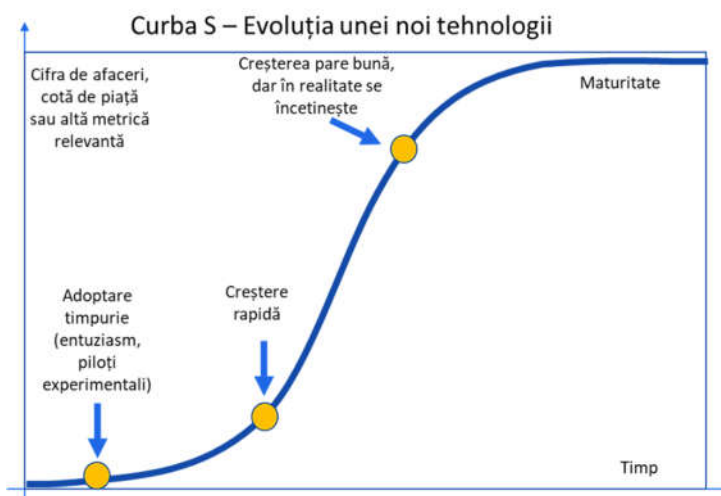


Figura A1.2. Curba S, specifică evoluției unei noi tehnologii [249]

În continuare se prezintă câteva tehnologii care au cunoscut sau sunt în curs de a evolua sub forma de adevrate „revoluții tehnologice”.

a) *PV-uri cu noua tehnologie bazată pe perovskit*

Perovskit-ul este o structură chimică pentru care s-a descoperit recent (anii 2010) că prezintă proprietatea de a produce curent electric, așa cum este deja larg folosită tehnologia bazată pe siliciu poli sau mono-cristalin. Diferența notabilă o reprezintă faptul că randamentul maxim teoretic este mai mare (43% în loc de 34%) și că datorită fenomenului cuantic diferit față de cel a siliciului, este și o tehnologie care o completează pe cea clasică. Acest lucru înseamnă că se așteaptă că un tandem siliciu+perovskit poate ajunge să depășească un randament de 30%, iar perovskit-ul de sinestătător este în situația de a ajunge în zona actuală a siliciului, adică cu randamente de 15-20% de sinestătător, în condițiile în care prețul kW-ului instalat se așteaptă să ajungă la jumătate față de siliciu. Acest lucru înseamnă că prețul deja mic al PV-urilor pe siliciu s-ar putea reduce la jumătate pentru variantele viitoare bazate pe perovskit.

b) *Stocare (multiple tehnologii)*

Stocarea reprezintă un domeniu care a cunoscut o adevărată revoluție tehnologică. Deși mai puțin importante acum 10-15 ani, cifrele de afaceri din domeniul stocării au explodat în ultimii ani, în special datorită electromobilității și a aplicațiilor staționare pentru energetică. Acest lucru a făcut ca prețul stocării să scadă vertiginos, în condițiile îmbunătățirilor performanțelor, cum ar fi numărul de cicluri și puterea maximă de încărcare/descărcare. Datorită creșterii cifrei de afaceri la nivel global, sunt așteptate și avansuri suplimentare în domeniul stocării, care să îi aducă în perioada 2023-2027 prețul sub 100 USD/kWh instalat, făcând ca stocarea să devină un instrument utilizabil pe scară largă.

c) *Electronica de putere (SiC, GaN)*

Electronica de putere cunoaște avansuri deosebite de ultima oră. Astfel, componentele tradiționale cum ar fi tiristorul și tranzistorul IGBT încep să fie înlocuite de tehnologii noi bazate pe „large gap semiconductors”, cu avantaje majore în ceea ce privește reducerea pierderilor, a dimensiunilor, în condițiile creșterii frecvenței de comutație. Astfel, tehnologia Silicon-Carbide (SiC) permite frecvențe de comutare în invertoare și convertoare uzual de până la 100 kHz, în timp ce cea mai nouă tehnologie Galiu-Natriu (GaN) poate urca frecvențele la peste 1 MHz.

Această situație permite puteri mai mari, dimensiuni mai reduse, eficiență ridicată pentru invertoare, convertoare și pentru soluții ale electronicii de putere utilizate în vehicule electrice și în stații de încărcare a acestora.

d) *Informatica (digitalizare)*

Digitalizarea a cunoscut avansuri deosebite în ultima perioadă, permițând democratizarea multor activități energetice și conștientizarea unor aspecte importante din domeniul electric (de exemplu prin introducerea pe scară largă a contorizării inteligente).

e) *Vehicule electrice*

Revoluția în curs legată de trecerea la vehicule electrice joacă un rol esențial prin efectul acesteia în domeniul energetic. Datorită unei piețe tot mai mari și datorită unui efect mai mic al inerției de tip „business as usual” și de monopolurile asociate păstrării acestei situații, electromobilitatea este driverul principal al inovării, prin baterii, electronică de putere, inteligența artificială și componente ICT asociate, având un efect benefic și în domeniul energetic, mult mai legat de monopoluri naturale și istorice și de teama de a face schimbări.

f) *Power to Gas și Green gas*

Un ultim aspect important, reprezentat de necesitatea de a avea energie verde pe perioade de timp în care SRE au o contribuție mai scăzută, îl reprezintă cel a economiei de hidrogen verde și a derivatelor acesteia cum ar fi gazul metan - obținute ca gaze „verzi”, dar și etanolul sau amoniacul „verde”. Este un domeniu pentru care se preconizează eforturi uriașe până în 2030, cu scopul de a aduce acești purtători de energie la prețuri competitive cu situația de azi, când aceștia sunt obținuți preponderent din surse bazate pe hidrocarburi. O scădere de 3 până la 5 ori a prețului hidrogenului verde, care este un țel al eforturilor până în anul 2030, ar contribui la rezolvarea aproape completă a problemei neutralității față de emisiile de carbon prin soluții economice, urmând ca perioada 2030-2050 să o pună în aplicare în întregime.

Obiective de promovare a surselor regenerabile de energie către 2030 și 2050

Abordarea unei soluții agro-fotovoltaice

În studiul realizat pe larg în [243], s-a arătat faptul că este necesară o parte mică din suprafața agricolă a RM pentru a asigura 30 sau 50% din consumul anual de energie electrică al țării. Chiar și așa, studii recente arată că astfel de suprafețe se pot găsi sub formă de terenuri nelucrate, dar un potențial foarte mare îl au chiar suprafețele pe care au loc activități agricole, prin aplicarea unor tehnologii care sunt deosebit de promițătoare, respectiv activitatea agro-fotovoltaică.

Pe scurt, proiectele pilot realizate în mai multe locuri ale lumii arată faptul că există sinergii între agricultură și producția SRE cu PV-uri, care pot schimba de fapt percepția că PV-urile sunt în concurență cu agricultura. Mai jos sunt date câteva din foarte multele exemple de exploatare agro-fotovoltaică a terenurilor, pentru diverse tipuri de utilizări (figurile A1.3 și A1.4).



Figura A1.3. Stanga: Franța combină energie fotovoltaică cu viticultura, arboricultura și grădinaritul [256]; dreapta: Experimente cu sistem agro-fotovoltaic în Bavaria [257]



Figura A1.4. Stânga: Panourile fotovoltaice au un rol în creștere pentru salvarea albinelor [258]; dreapta: Cum pot panourile solare sa ajute fermierii din SUA [259]

Conștientizarea acestui aspect, la care se adaugă și posibilitatea electrificării lucrului agricol (tractoare electrice, irigații etc.) pot reprezenta soluții noi, de cotitură, într-o țară cu largă tradiție agricolă cum este Republica Moldova.

PV-uri flotante

Mai jos (figura A1.5) sunt arătate diverse realizări în acest domeniu, din diverse țări.



Figura A1.5. Stânga: PV-uri flotante în Indonezia [260]; dreapta: PV-uri flotante în India [261]

Sprijinirea complementării SRE cu elemente de stocare de mare capacitate și a celor de tip distribuit

Sisteme de stocare unitare de mare capacitate

Exemple de proiecte gigantice bazate pe tehnologii noi de tip Li-Ion, anunțate la nivel mondial:

a) înlocuirea unor centrale pe gaz, utilizate ca centrale de vârf (engl. "peak gas power plants"), cum ar fi în New York, unde o baterie imensă, cu o capacitate de 2.53 GWh și o putere spre rețea 316 MW va înlocui o centrală de vârf (pe gaz) din Queens (cartierul cel mai mare din New York), putând acoperi 8 ore de consum la puterea dată [262]. Dimensiunea proiectului poate fi văzut în figura A1.6.

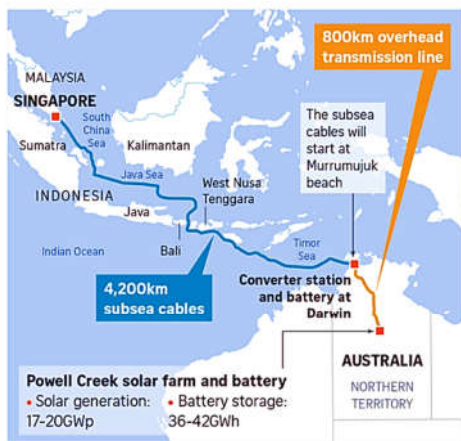


Figura A1.6. Locația bateriei de 2.5 GWh ce urmează a înlocui o centrală pe gaz în Queens/New York

b) În Australia este în pregătire cel mai mare proiect de centrale PV + stocare din lume: 17-20 GW în PV-uri și 36-42 GWh în stocare [263], instalația urmând să furnizeze energie electrică în Indonezia, printr-un cablu submarin de 4200 km lungime, a se vedea Figura A1.7.

Plugging into the Australian sun

Australian company Sun Cable is aiming to meet up to 15 per cent of Singapore's power needs by tapping the vast solar resources of the Northern Territory and transporting the energy via subsea cables.



Source: SUN CABLE
STRAITS TIMES GRAPHICS

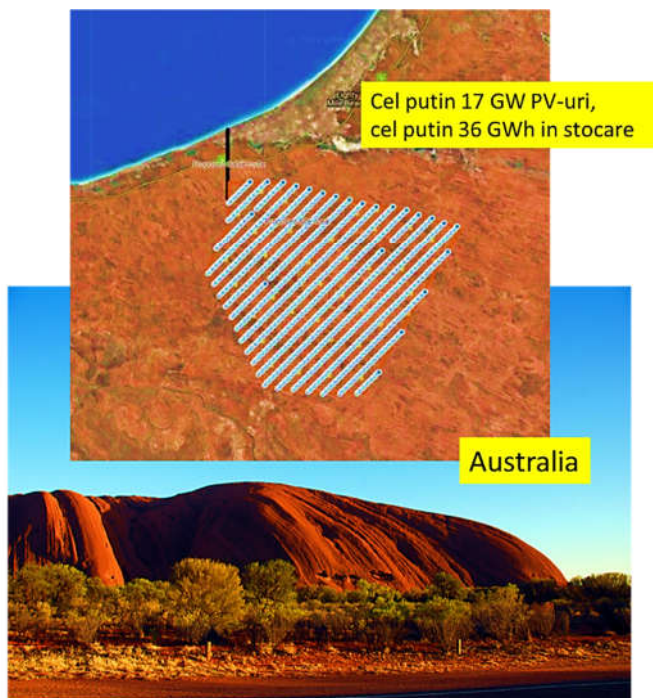


Figura A1.7. Cel mai mare proiect anunțat în lume: >17 GW PV-uri, > 36 GWh în stocare, cablu submarin de 4200 km pe ruta Australia - Indonezia – Singapore [264]

Un alt mare proiect anunțat recent consideră construirea unui ansamblu de 7 GW solar și 3.5 GW eolian (total 10.5 GW regenerabile) în Maroc, având 20 GWh/5 GW în baterii, acesta urmând să fie conectat cu Marea Britanie prin 2 cabluri HVDC (High Voltage Direct Current) cu o putere de 1.8 GW, pe o lungime de 4200 km [265]. Investiția totală (PV, eolian, cabluri HVDC) este estimată la 21.9 miliarde USD.

Iată deci ca obiective de dimensiunea a 10 GWh în baterii (sugerat pentru Republica Moldova) sunt deja depășite ca proiecte propuse chiar și la nivelul anului 2021.

Sisteme de stocare distribuite. Funcționare individuală sau agregată în centrale virtuale

Micile baterii individuale pot fi agregate în entități mari, care pot fi coordonate sub forma unor centrale virtuale, care pot simula atât funcții de centrale clasice mari cât și agregarea răspunsului la sarcină (demand response). Produsul AutoBidder [266] este una din noile platforme software de succes, realizând coordonarea bateriilor, a RES și asigurând participarea la piețele de energie, fiind deja testat în Australia și Marea Britanie ([267] și figura A1.8) și în pregătire pentru piețe ale Europei continentale, cum ar fi cea a Germaniei [268].



Figura A1.8. Baterie de 68 MWh din Marea Britanie ce urmeaza să fie inclusă în portofoliul Autobidder

Sprijinirea sistemelor P2G și a soluțiilor bazate pe H₂ și CH₄ sintetic

Domeniile de utilizare a hidrogenului au fost studiate în [269], organizându-le pe o scară A până la G, de la „inevitabil”, arătând că tehnologia este cea mai adecvată pentru acel domeniu, până la „Necompetitiv”, pentru care alte tehnologii curate sunt mult mai potrivite (figura A1.9).

Scala de utilizări ale hidrogenului curat

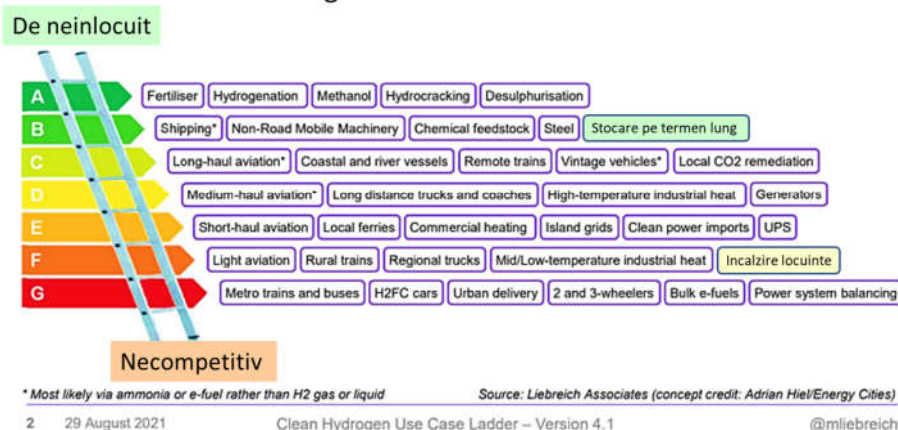


Figura A1.9. Domenii de utilizare a hidrogenului, de la „inevitabil” până la „necompetitiv”

În [270] este prezentată situația soluțiilor de stocare a energiei, așa cum sunt văzute de organizația *Green Hydrogen Coalition*. Se poate vedea că singura tehnologie de stocare care îndeplinește condițiile cele mai ridicate de capacitate și de timp în care stocarea poate fi realizată este hidrogenul, fiind urmat de CHEAP (figura A1.10).

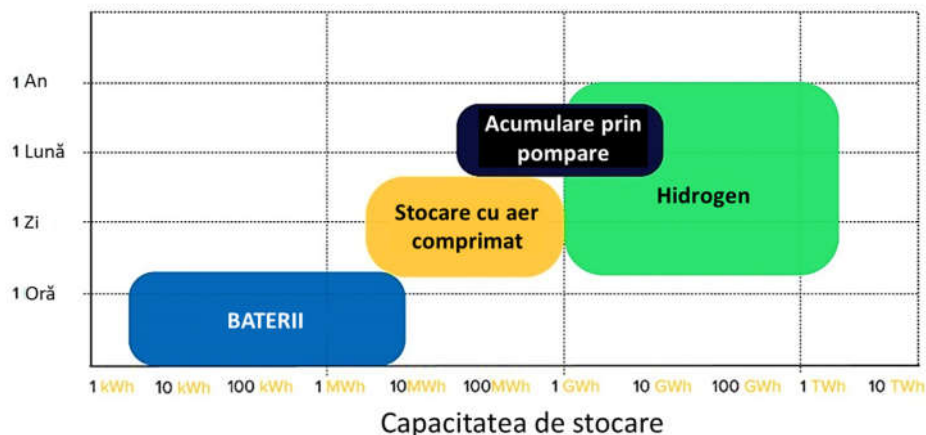
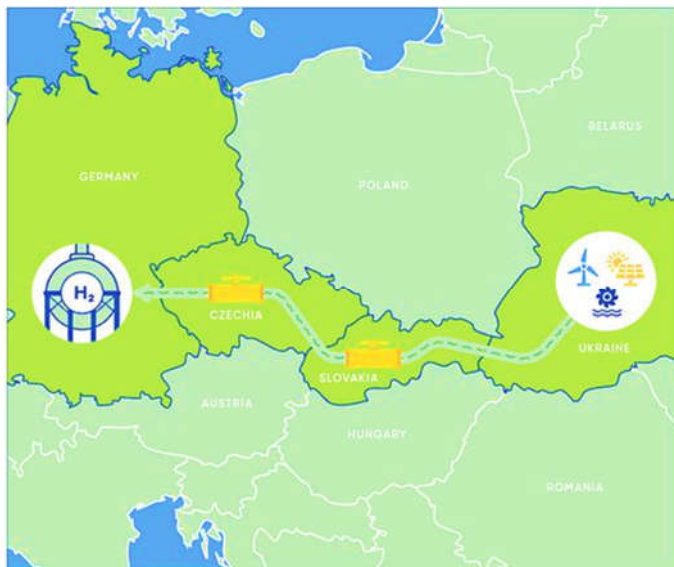


Figura A1.10. Soluții principale de stocare a energiei (scările sunt logaritmice) [271]

Necesitatea strategică de a obține hidrogen „verde”, având ca primă tehnologie în acest moment cea a electrolizei apei, a capacității întreaga lume pentru a ajunge să îl producă până în anul 2030 la un preț care să fie competitiv cu cel actual de pe piață, în jur de 1.5 - 2 USD/kg H_2 , în condițiile în care condițiile actuale permit obținerea hidrogenului verde la peste 1- USD/kg.

Pentru Moldova, acest efort dificil poate fi abordat inițial prin instalații pilot de mică dimensiune care să ne permită înțelegerea și gestionarea practică a tehnologiilor. Recent, un proiect ambițios de tip P2G și transport a hidrogenului la mare distanță este în curs de a lua forma (figura A1.11), având Ucraina ca țară de origine a hidrogenului verde, obținut din SER, care să fie transportat până în Germania prin amestec cu CH_4 prin conducte dedicate inițial pentru transportul gazului metan, în timp ce o nouă conductă dedicată exclusiv hidrogenului să fie la rândul ei construită [270].

Figura A1.11. Proiect de transport al hidrogenului prin conducte de gaz metan, din Ucraina în Germania (sursa: Eustream) [270]



O soluție completă P2G, stocare asociată și generare de energie electrică pe bază de pile cu combustibil ce folosește hidrogenul stocat pare deocamdată dificil de realizat la nivelul unui mic utilizator (rezidențial). Totuși, chiar și în anul 2021, sunt deja anunțate pe piață prime soluții complete, cum ar fi cea

prezentată în figura A1.12 [272], care combină obținerea locală a hidrogenului, stocarea acestuia (40 kWh energie înmagazinată în hidrogen păstrat în recipiente speciale, tehnologia de stocare fiind de tip „metal-hydride” și permițând cel puțin 20'000 cicluri de stocare pe o perioadă de 30 ani) precum și recombinarea acestuia cu oxigenul cu ajutorul unei pile cu combustibil cu o putere de 5 kW.



Figura A1.12. Sistemul integrat LAVO: producere și stocare hidrogen, generare energie electrică și termică cu o celulă cu combustibil [272]

Principalele elemente a unei foi de parcurs către 2050

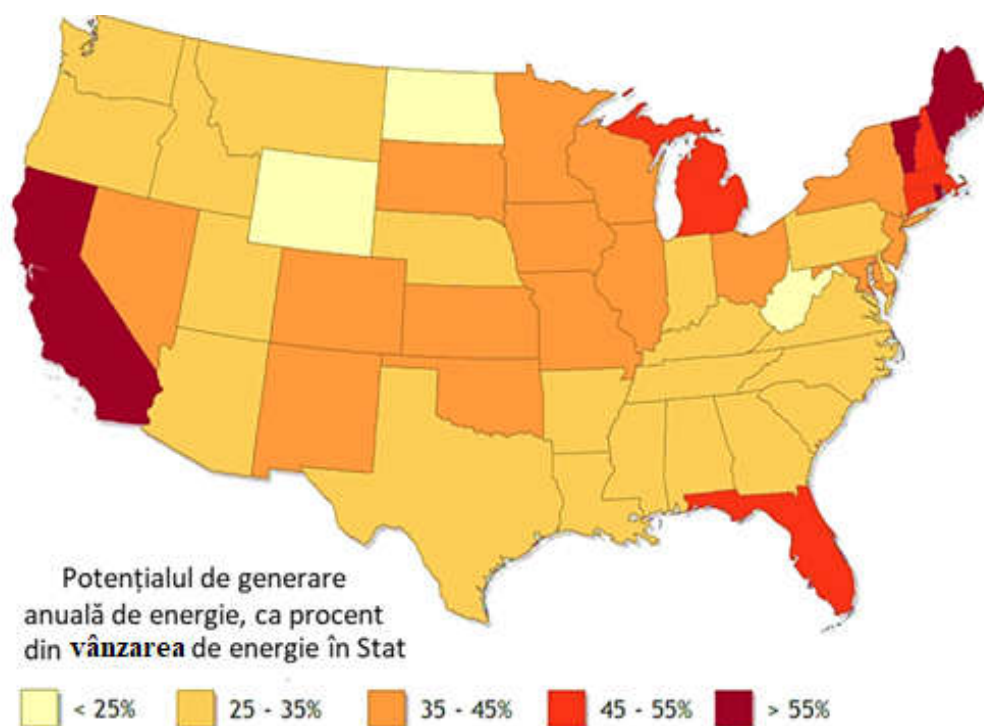


Figura A1.13. Studiu NREL [277] care prezintă potențialul de acoperire a consumului prin producție locală cu PV-uri montate pe acoperișurile clădirilor

Anexa 2. Măsuri de creștere a flexibilității în SACET

Există o cerere tot mai mare de energie datorită îmbunătățirii nivelului de trai și a dezvoltării tehnologiilor. În Europa, clădirile sunt responsabile pentru aproximativ 40% din consumul de energie și 36% din emisiile de carbon. Sistemele de încălzire din clădiri prezintă aproximativ 23% din consumul total de energie primară în Europa.

Țările explorează potențialele energiei din sursele regenerabile pentru a atenua schimbările climatice, menținând în același timp un sistem energetic fiabil. Au fost stabilite diferite inițiative și programe pentru eliminarea treptată a combustibililor fosili. De exemplu, Protocolul de la Kyoto și Acordul COP21 de la Paris se angajează să conducă la reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră (GES) și să depună eforturi pentru a limita creșterea temperaturii nu mai mult de 1,5 ° Celsius. De asemenea, Uniunea Europeană (UE) a aprobat Directiva 2012/27 / UE care prevede un set de măsuri pentru îndeplinirea obiectivelor energetice pe termen lung.

Mai mult ca atât, Europa recunoaște sistemul de alimentare centralizat cu energie termică (SACET) ca un aspect important al realizării obiectivelor energetice. SACET se referă la un sistem de încălzire centralizat utilizat pentru distribuirea căldurii către sistemele termice ale clădirilor. Ideea principală a SACET este utilizarea resurselor locale de combustibil sau căldură, care altfel ar fi fost irosite, pentru a satisface cerințele consumatorilor locali de energie termică, prin utilizarea unei rețele de distribuție a conductelor de energie termică ca piață locală.

Eficiența și costul generării de energie termică și pierderile de căldură în timpul transportului și prin conductele de distribuție sunt unele dintre provocările SACET. În plus, performanța SACET este afectată și de tehnologiile de încălzire ineficiente și de infrastructura clădirilor. În Europa, aproximativ 11% sistemelor de încălzire a clădirilor sunt ineficiente. În plus, clădirile din sudul Europei trebuie îmbunătățite în ceea ce privește eficiența și energia, sisteme de monitorizare. Mai mult, pierderile de căldură din anvelopa externă și capacitatea termică a pereților interni afectează potențialul de flexibilitate ale clădirilor. Optimizarea diferitelor tehnologii de generare a căldurii în rețelele termice și răcire centralizate permite o reducere de aproximativ 40% a costurilor de energie.

Există, de asemenea, studii privind contribuția SACET la sustenabilitatea viitoarelor sisteme energetice și unele studii care întocmesc potențialele diferitelor surse de căldură în SACET. De exemplu, Skytte și colaboratorii săi dezvăluie barierele de a utiliza SACET ca resursă de flexibilitate pe piața nordică a energiei electrice. În consecință, este dezvăluit acel cadru de reglementare ca una dintre barierele în calea implementarea rețelelor de termoficare cu centrale electrice de cogenerare în UE.

Tabelul A2.1. Rezumatul analizei a cinci aspecte ale SACET

<i>Surse de căldură</i>	<i>SACET unități de sistem</i>	<i>SACET rețele de distribuție</i>	<i>SACET piețe</i>	<i>SACET consumatori</i>
Solar ET	Stocare termică	Distribuție Rețea SACET generare	Tarife și taxe	Clădiri
Energie eoliană	Pompe de căldură	Sarcina termică	Reglementare	Partea Cererii Management (DSM)
Exces ET	CHP	Substații		
Geotermal	Boilere	Conducte		
Biomasă				
Deșeuri				
Cărbune				
Petrol				

Sistemele de încălzire urbană permit utilizarea unei varietăți de surse de căldură de la instalațiile convenționale cu cărbune până la instalațiile, care generează căldură regenerabilă. Sursele de energie pot fi transformate în energie electrică și energie termică utile. În țările Nordice și Baltice, SACET prezintă aproximativ 52% -62% din alimentarea cu energie termică. Flexibilitatea în alegerea surselor de căldură este unul dintre avantajele SACET. Acesta poate fi ajustat la toate sursele de căldură, inclusiv combustibilii fosili (de exemplu, cărbune și păcură), geotermală, energie solară termică, biomasă și căldură reziduală. Cu toate acestea, lipsa conștientizării surselor de căldură disponibile este o barieră în calea utilizării resurselor de căldură.

Energia din sursele regenerabile prezintă aproximativ 15%, iar restul se bazează pe combustibili fosili în Europa. Biomasa este una dintre cele mai utilizate surse de căldură care prezintă aproximativ 90% din totalul încălzirii regenerabile. De la prima generație în sistemul SACET, energia electrică este integrată în SACET pentru a produce căldură și gaz. Majoritatea unităților termice ideale sunt clasificate ca sisteme de cogenerare și numai de căldură (de exemplu, cazan, pompe de căldură) care pot oferi flexibilitate energetică.

Integrarea căldurii la temperaturi scăzute în SACET, de exemplu, prin utilizarea surselor de energie regenerabilă poate îmbunătăți echilibrul climatic. Energia regenerabilă este utilizată în SACET pentru a produce căldură, cum ar fi centralele solare termice și biomasa. În Danemarca, utilizarea biomasei este scutită de impozitul pe energie, în timp ce în Finlanda, în afară de biomasă (de exemplu, brechete de lemn), utilizarea încălzirii solare este, de asemenea, scutită de impozitul pe energie.

Sistemul SACET solar constă din colectoare solare, un rezervor de stocare a energiei și racordarea la rețeaua SACET prin conducte. Colectorul solar (de exemplu, tubul vidat) transformă radiația solară în căldură. În SACET-urile din Islanda și Franța utilizează surse de căldură

geotermale. Mai mult decât atât, chiar regiuni cu resurse limitate de energie solară precum Danemarca, Suedia și Canada, poate utiliza energia termică solară pentru producerea de apă caldă menajeră și căldură. Danemarca este una dintre țările de frunte în domeniul energiei solare în SACET. De exemplu, Dronninglund SACET în Danemarca, cu un câmp de colectoare solare de 35.000 m², furnizează aproape 50% din necesarul de căldură din zonă. Pe de altă parte, unele studii evidențiază provocările legate de utilizarea surselor de energie regenerabilă în SACET, inclusiv costul suprafeței terestre, conservarea biodiversității și subvenții. De exemplu, un studiu arată că integrarea energiei solare în SACET nu este fezabilă din punct de vedere economic în Letonia. De exemplu, în UE au fost analizate 68 de instrumente informatice care pot fi utilizate pentru a analiza integrarea energiei din surse regenerabile și se concluzionează că nu există un instrument energetic care să abordeze toate problemele legate de integrarea surselor de energie regenerabilă, dar sunt foarte dependente de obiective specifice.

Centrală de cogenerare cu ciclu combinat (CHP). Integrarea cogenerării în SACET generează atât energie termică, cât și energie electrică și poate reduce între 20% și 30% din consumul de energie. Cele mai comune tehnologii ale sistemelor de cogenerare sunt turbinele cu aburi și celulele de combustibil. Cogenerarea este utilizată în industrii pentru a reduce emisiile de GES, pentru a genera economii și pentru a asigura furnizarea fiabilă de căldură și energie electrică. CHP-urile se găsesc adesea aproape de consumatori (de exemplu, clădiri comerciale sau rezidențiale) care permit reciclarea căldurii reziduale.

Accentul pe viitorul SACET este de a utiliza căldura uzată de la mari consumatori de energie electrică (de exemplu, centre de date). Este o sursă de căldură importantă și una dintre cele mai neutilizate surse de căldură din SACET. Căldura uzată, cum ar fi „excesul de energie electrică”, poate fi convertită în sarcină de căldură urbană care este generată în timpul producției de energie electrică și în alte operațiuni industriale. Furnizarea de căldură reziduală în SACET este profitabilă atunci când o sursă de căldură (de exemplu fabrici) este situată la o distanță rezonabilă de consumatori.

Prin urmare, căldura uzată poate fi recuperată prin diferite metode. De exemplu, aplicațiile Waste to Energy implică reciclarea căldurii proces sau incinerarea deșeurilor pentru a produce căldură. Incinerarea este un proces la temperaturi ridicate care este utilizat pe scară largă pentru eliminarea deșeurilor periculoase și nepericuloase din clădiri (de exemplu, comerciale, municipale, agricole și spitalicești) în cenușă, gaze arse și căldură. În Danemarca și Suedia, centralele de deșeuri în energie sunt racordate la SACET, sisteme de reciclare a căldurii. Sistemele de cogenerare utilizează căldura reziduală de la unitățile de generare a energiei electrice pentru a produce apă caldă menajeră. De exemplu, folosind centrale de cogenerare pe bază de biomasă în

regiuni cu resurse lemnoase suficiente și deșeuri agricole pot reduce emisiile de GES. Pe de altă parte, energia electrică produce gaz prin transformarea energiei electrice generate în hidrogen prin electroliza apei și transformată în gaz natural sintetic în procesul de metanare.

Boilere. Aproape jumătate din clădirile din UE au instalate cazane individuale înainte de 1992. În Olanda, cazanele pe gaz natural sunt principalele sisteme de încălzire din clădiri (de exemplu, case, birouri și clădiri publice). Între timp, Suedia și Norvegia folosesc boilere electrice în SACET.

Integrarea energiei electrice în pompele de căldură sau boilere poate crește flexibilitatea sistemului electroenergetic. Cu toate acestea, boilerele electrice cu stocarea termică instalată oferă mai multă flexibilitate decât pompele de căldură. În plus, boilerele pot utiliza energie din surse regenerabile (de exemplu, biomasă) pentru a produce temperaturi scăzute ale energiei termice de alimentare în SACET.

Pompe de căldură. Pompa de căldură (HP) generează căldură prin pomparea agentului termic într-un circuit cu diferite niveluri de presiune. Sistemele HP sunt o tehnologie rentabilă de comprimare a vaporilor care utilizează energia electrică pentru a extrage căldura din sol, pentru a o comprima și apoi pentru a o rula în sistemul de încălzire în clădiri (de exemplu, industrial, comercial și rezidențial). Cu toate acestea, investiția în pompele de căldură electrice nu este atractivă din cauza absenței subvențiilor. Între timp, taxele obligatorii pentru toate consumurile de energie electrică, inclusiv pompele de căldură din sistemele de termoficare, diferă de la o țară la alta.

Pompele mari de căldură pentru SACET sunt considerate o soluție rentabilă de eficiență energetică. Un studiu din Danemarca relevă avantajul potențialului total cu privire la introducerea pompelor de căldură la scară largă în sistemul SACET în jurul valorii de 100 MW / an în 2025. Un studiu prezintă un potențial imens de utilizare a apei uzate, a apei ambiante și a căldurii reziduale industriale pentru pompele de căldură datorită stabilității sale pe termen lung și a distanței mai apropiate de zonele urbane.

HP oferă flexibilitate și reduce emisiile de CO₂ utilizând energia din surse regenerabile, deșeuri și surplus de căldură. În Stockholm și Helsinki, HP furnizează căldură SACET din sursa excesivă a centrelor de date mari. De fapt, excesul de căldură din industrii poate acoperi 5,1% din cererea locală a SACET din Danemarca. Pe de altă parte, pompele de căldură necesită agenți frigorifici pentru a transfera căldura.

Stocarea energiei termice

Stocarea este utilizată în SACET și în sistemele de răcire și de rețea încă din primele generații de încălzire și răcire. De exemplu, există câteva centrale de termoficare în Norvegia care

utilizează stocarea termică cu rezervoare de acumulatori. Utilizarea stocării termice pentru depozitarea căldurii în rezervoarele de apă caldă poate crește flexibilitatea sistemului energetic și potențialul de generare a căldurii prin tăierea cererii maxime de sarcină și echilibrarea discrepanței dintre cerere și ofertă pe ambele pe termen lung și pe termen lung.

Stocarea termică poate îmbunătăți eficiența sistemelor HVAC (încălzire, ventilație și aer condiționat) din clădiri. Există studii care demonstrează potențialele de flexibilitate ale combinării cogenerării și pompelor de căldură în SACET folosind stocarea termică. Mai mult, stocarea energiei termice permite strategiile de control optim prin programarea cazanelor, funcționarea stocării energiei termice și reducerea sarcinilor.

Rețea de distribuție SACET

Căldura de la centralele termice este distribuită prin abur, apă caldă sau arderea combustibilului care trece prin diferite conducte la substație. Ulterior, căldura este transferată de la stații către consumatori. De exemplu, SACET în Danemarca are cea mai mare lungime a șanțului a sistemului de conducte din UE. În Danemarca, aproximativ 45.000 km de conducte SACET sunt îngropate în pământ. Clădirile racordate la SACET în Finlanda utilizează o stație individuală echipată cu schimbătoare de căldură, pompe de circulație, control automat, sisteme de măsurare și alte echipamente. Pe de altă parte, o conductă specială care asigură un nivel diferit de temperatură este utilizată în industrii. Contoare de căldură sunt, de asemenea, instalate pentru a măsura consumul de căldură și supape termostactice pentru radiatoare pentru controlul radiatoarelor.

Avansarea tehnologiilor rețelelor inteligente duce la tranziția rețelei de distribuție SACET. Dimensiunea, complexitatea și flexibilitatea variază în funcție de generațiile SACET (prezentate în tabelul A2.2).

A treia generație (1980-2020) este în prezent sistemul SACET utilizat în mod obișnuit, care furnizează temperaturi de nivel mediu sub 100 °C folosind combustibili locali (de exemplu, cărbune, biomasă sau deșeuri). Acest sistem SACET este alcătuit din țevi preizolate, stații compacte prefabricate, schimbătoare de căldură și componente slabe din material (de exemplu, supape radiatoare). Eficiența energetică și sarcina de căldură fiabilă din surse de căldură mai ieftine sunt motivațiile celei de a treia generații de SACET.

Europa se îndreaptă către sistemele de încălzire urbană a 4-a generație (4GDH) (2020-2050). Obiectivul 4GDH este de a elimina combustibilii fosili prin integrarea mai multor unități de căldură, căldură uzată sau în exces, surse de energie regenerabilă și stocări termice. În plus, a 4-a generație SACET (4GDH) este fezabilă din punct de vedere economic pentru clădirile cu consum redus de energie, cu utilizarea de conducte flexibile preizolate pentru a reduce pierderile

de căldură din rețea cu până la 75%. SACET va fi mai potrivit pentru a oferi flexibilitate și eficiență în zonele dens populate.

În plus, 4GDH necesită o temperatură de distribuție mai mică de aproximativ 50 °C și o temperatură de retur mai mică de 20 °C. Temperaturile de distribuție și retur mai mici permit utilizarea optimă a surselor de energie regenerabilă și reducerea pierderilor de căldură, precum și eficiența energetică. În plus, referitor clădirilor - nivelul de eficiență energetică și flexibilitatea depinde atât de materialele de construcție, cât și de nivelurile de izolație [10]. Generația 4GDH necesită clădiri capabile să funcționeze la temperaturi mai scăzute. În orice caz, clădirile existente construite între anii 1950 și 1965 au nevoie de temperaturi ridicate. Aceste clădiri existente pot adopta temperaturi mai scăzute și pot genera economii prin modernizarea (de exemplu, renovarea tavanelor și ferestrelor). Cu toate acestea, modernizarea este adesea intensivă în capital, iar lipsa de fonduri poate fi o provocare în special pentru modernizarea clădirilor publice.

Tabelul A2.2. Compararea caracteristicilor între generațiile SACET

<i>Caracteristici</i>	<i>Generație SACET în trecut</i>	<i>Generație SACET curent</i>	<i>Generație SACET în viitor (4GDH)</i>
Agent termic	Abur și apă	Apă	Apă
Conducte	Conducte de beton	Țevi prefabricate	Țevi preizolate
Substații	Schimbătoare de căldură tub în tub	Schimbătoare de căldură	Schimbătoare de căldură și stocare termică
Rețea de distribuție	Temperatura ridicată (+100 °C)	Temperaturi medii de apă	Temperatura scăzută (50 °C) Temperatura retur mai mică (20 °C)
Motivație	Confortul ocupantului și reducerea riscului de explozie a cazanelor	Sarcină termică eficientă și fiabilă	Eliminarea combustibililor fosili Reducerea pierderilor de căldură Creșterea eficienței energetice

Mai mult, integrarea CHP și HP va asigura temperaturi scăzute care permit SACET să participe pe piața energiei de rezervă și piața spot de energie electrică. Cu toate acestea, mai multe studii susțin că temperatura de alimentare mai scăzută în SACET poate provoca riscul apariției bacteriilor Legionella în sistemul de alimentare cu apă caldă menajeră. Riscul pentru dezvoltarea bacteriei Legionella poate fi prevenit prin utilizarea unui schimbător de căldură extrem de eficient și a stocării termice convenționale. Proiectarea rețelei de distribuție SACET trebuie să ia în considerare situațiile locale. De exemplu, sursele de încălzire pentru încălzirea urbană și rurală sunt de obicei separate. Între timp, chiar și în același sistem, o parte a acestuia ar putea fi alimentată

cu gaze naturale sau utilizează combustibili lichizi, iar cealaltă parte poate fi alimentată de o rețea de termoficare. Tehnologiile și soluțiile aplicate în rețeaua de distribuție SACET trebuie să fie ecologice și economice. La nivelul centralei electrice SACET, gestionarea optimă a cazanelor, stocarea energiei termice și sarcinile flexibile cu strategii de control pot reduce costurile de funcționare și pot satisface cererile și constrângerile de funcționare variabile în timp.

Piața energiei termice

În prezent, există 4174 sisteme SACET ce prezintă aproximativ 10% pe piața europeană a energiei termice. Rețeaua SACET din Danemarca reprezintă aproximativ 50% din cantitatea totală de energie termică. În mod similar, în Suedia, SACET prezintă aproximativ 58% din energia furnizată clădirilor în 2014. Wiesner afirmă că „nu există o reglementare a sistemelor de alimentare cu energie termică în vreo țară europeană, mai degrabă decât regimuri de reglementare instalate ex-ante sau ex-post care să se concentreze asupra prețurilor cu amănuntul”. De obicei, prețurile la energia termică în SACET nu sunt supuse reglementării directe. De exemplu, Danemarca, Suedia și Norvegia au aplicat cadre juridice distincte în SACET, în timp ce Finlanda aplică legile obișnuite privind energia și concurența pentru activitățile de încălzire și răcire urbană.

Liberalizarea conduce la transformarea pieței de energie termică. Pe o piață liberalizată, structurile de proprietate a SACET ale companiilor de încălzire variază de la mari companii transnaționale la entități deținute de municipalități. De exemplu, 35% din sistemele SACET suedeze sunt deținute în prezent de „trei mari” jucători privați - Vattenfall, Fortum Varne și E.ON în 2011. Fortum Varne furnizează 8 TWh de energie termică anual și în prezent domină Stockholm, în timp ce E.ON furnizează SACET în câteva locuri din nordul Suediei.

Tarifele și taxele rețelei electrice determină consumul de energie electrică în operațiunile centralelor SACET. Unele țări din UE au implementat taxa pentru carbon. De exemplu, în Suedia, impozitul pe carbon a fost introdus în 1991 de aproximativ 250 SEK pe tonă (aproximativ 25 EUR pe tonă) și a fost crescut treptat la 1100 SEK pe tonă (110 EUR pe tonă) în 2016. În 2006, Regulamentul 842/2006/CE a fost instituit pentru a reduce emisiile de gaze fluorurate (gaze F) și pentru a reduce scurgerile acestor gaze.

Țările baltice și nordice (de exemplu Estonia, Suedia) au cel mai mare consum de surse de energie regenerabilă pentru energia termică. Regulamentul privind proiectarea ecologică și etichetarea energetică instituit în 2015 pentru încălzitoarele de spațiu și de apă impune interzicerea vânzării boilerelor ineficiente.

Consumatori ET

Clădirile sunt mari consumatori de căldură, cum ar fi cele rezidențiale, comerciale și industriale. Clădirile rezidențiale pot fi clasificate în rezidențiale multifamiliale și unifamiliale (de

exemplu, apartamente). Clădirile comerciale consumă, de asemenea energie termică pentru încălzirea încăperilor și apă caldă, iar profilurile lor de consum sunt în mare parte determinate de săptămâni de lucru definite. Tipurile de clădiri comerciale includ instituțiile de învățământ, alimentație publică, asistență medicală, cămine, magazine cu amănuntul, birouri, săli publice pentru conferințe, și clădiri cu funcții mixte.

SACET furnizează energie termică consumatorilor prin intermediul schimbătorilor de căldură. Tehnologiile termice din clădiri includ stocarea termică, rezervoarele de apă și sistemele HVAC (de exemplu, pompe de căldură, aer condiționat și ventilație). Raportul Agenției Internaționale pentru Energie (IEA) arată că sistemele de încălzire au o pondere semnificativă a emisiilor de CO₂. De fapt, un raport arată că sistemele HVAC reprezintă 40% din consumul total de energie din clădiri. Încălzirea spațiului reprezintă mai mult de 80% din consumul de încălzire și răcire în regiunile mai reci (de exemplu, Europa).

Potențialul flexibilității sistemului energetic oferită de sistemul de încălzire al clădirilor depinde de climă, arhitectură și infrastructura clădirilor și tehnologii. De exemplu, două clădiri publice din aceeași zonă climatică cu un număr similar de angajați și funcții pot avea un consum de energie diferit din cauza diferențelor dintre calitatea construcției, nivelurile de izolație și eficiența echipamentelor.

Mai mult, tranziția sistemului energetic duce la existența unui nou actor - „prosumatori”. Prosumatorii îndeplinesc rolul atât al consumatorilor, cât și al producătorilor de energie electrică sau de căldură urbană care joacă un rol în creșterea flexibilității pe partea ofertei prin utilizarea tehnologiilor de micro-generare (de exemplu, încălzire solară termică, cazane cu biomasă).

Managementul cererii de energie

Încălzirea încăperii, apa fierbinte de la robinet, preîncălzirea aerului de ventilație după retragerea nopții pot provoca încărcarea maximă. Cererea maximă apare dimineața în regiunile Mediteraneene, cum ar fi sistemele de încălzire sunt oprite în timpul nopților din cauza reducerii sarcinilor termice de vârf. Sarcina maximă poate fi redusă cu aproximativ 30% și 50% din cererea totală de energie termică, fără a provoca inconveniente consumatorilor, permițând mici fluctuații ale temperaturii încăperii.

Cererea de căldură poate fi redusă prin DSM sau prin gestionarea sarcinii de căldură. DSM sau gestionarea sarcinii de căldură se referă la planificarea, implementarea și monitorizarea consumului de energie al consumatorilor și controlul comportamentului lor de consum de căldură. Totuși potențialele economice ale DSM și ale prosumatorilor din sistemul SACET nu sunt pe deplin exploatate.

Suplimentar, un studiu efectuat de către IEA EBC sugerează că clădirile flexibile din punct de vedere energetic pot atenua provocările din sistemul energetic. Consumatorii oferă flexibilitate, permițând controlul asupra dispozitivelor lor. Consumatorii pot oferi flexibilitate energetică prin participarea la programe DSM, cum ar fi răspunsul la cerere (DR) și flexibilitatea cererii (DF). DR oferă stimulente pentru modificarea cererii de energie, iar programele DF pentru clădiri sunt utilizate pentru servicii auxiliare pentru a reduce cererea maximă în rețele. Mai mult, consumatorii de căldură pot oferi flexibilitate cu sarcinile instalate. Clădirile comerciale, de exemplu, oferă flexibilitate prin setarea temperaturii de referință a sistemului HVAC. În plus, un studiu relevă faptul că vehiculele electrice și vehiculele HP dețin un potențial mare de flexibilitate, deoarece clădirile pot fi preîncălzite înainte de orele de vârf, iar mașinile pot fi încărcate noaptea. Consumatorii mari de căldură (de exemplu, industria hârtiei) instalează turbine sau cazane la fața locului pentru a furniza energia termică. Pe de altă parte, pierderile de căldură cauzate de anvelopele externe pot afecta potențialul sarcinii în clădiri.

Consumatorii ar trebui să joace un rol central în strategiile energetice din clădiri, deoarece conștientizarea consumatorului, comportamentele, alegerile de temperatură, încălzirea zonei și aerisirea controlată pot avea un efect semnificativ asupra cererii de energie din clădiri. Prin urmare, gestionarea cererii ar trebui să fie orientată de consumator pentru a reduce riscul de consecințe negative și pentru a îmbunătăți procesele de luare a deciziilor la nivel de politici, clădiri și consumatori.

Între timp, digitalizarea sistemului SACET a fost menționată, dar nu a fost bine studiată ca în rețeaua inteligentă din literatura de specialitate. Între timp, piețele SACET sunt diferite datorită politicilor și reglementărilor regionale. În prezent există un interes din ce în ce mai mare, atât în Europa, cât și în China, pentru flexibilitatea în SACET.

SACET-uri: măsuri de creștere a flexibilității și de scădere a emisiilor de CO₂

1) adaptarea arzătoarelor pentru mix CH₄ - H₂ verde, sau chiar trecerea integral la H₂ verde; mai multe firme care produc turbine cu gaz au programe de trecere la 100% H₂ și de oferire pe piață a acestora; această soluție ar fi sprijinită de programul intens de complementare cu elemente ale economiei bazate pe hidrogen verde, sprijinită intens în acest moment în lume, inclusiv de UE;

2) luarea în considerare a unor sisteme, de stocare termică, în special a apei calde/fierbinți; deși rezervoare adiabactice de apă fierbinte sunt destul de scumpe, stocarea termică este totuși, în general, mai ieftină decât stocarea energiei electrice. O stocare a energiei pentru asigurarea ulterioară a 1 până la 4 ore de consum ar crea un buffer care să permită producerea de energie electrică asociată celei termice (în CET-uri) într-un mod mai decuplat, astfel putând asigura o flexibilitate mai mare atât pe partea termică, cât și pe cea electrică;

3) în cazul unei distribuții de energie termică care deține și puncte termice intermediare, la nivelul acestora se vor putea introduce pompe de căldură care să asigure supraîncălzire suplimentară în apropiere de utilizatorul final. Energia electrică necesară pompelor de căldură va fi verde, deci această componentă a căldurii furnizate către utilizatorul final va fi la rândul ei verde. Este cunoscut că pompele de căldură au coeficient de performanță (COP) supraunitar, acest având uzual valoarea 2 până la 3, iar în anumite situații și mai mare. Un exemplu de pilot demonstrator este cel în curs de realizare ale UPB în cadrul proiectului european H2020 WDISTRICT.

Anexa 3. Perspectiva VE pentru dezvoltarea sistemului de mobilitate durabilă

Pentru a calcula impactul VE în consumul național de energie al unei țări, cu particularizare ulterioară pentru Republica Moldova, este nevoie să se țină cont de următorii factori, detaliați în continuare pentru cazul special al autoturismelor:

- numărul total de autoturisme în rulaj (parcul rulant) la un moment dat în țară N_{Auto} ;
- procentul de vehicule electrice din numărul total de vehicule în rulaj, notat K_{VE} ;
- numărul mediu de km efectuați pe un an de un autoturism $N_{km_{Medan}}$;
- consumul mediu al unui VE, în kWh/100 km (echivalent cu litri/100 km în cadrul vehiculelor cu ardere internă) : C_{100km} ;

Energia electrică total anuală consumată de VE se calculează cu formula:

$$E_{TotVE} = N_{Auto} * K_{VE} * N_{km_{Medan}} / 100 * C_{100km}$$

Dacă considerăm că date de intrare $N_{Auto} = 10^6$ autoturisme, $K_{VE} = 30\%$ (procent de VE din total autoturisme), $N_{km_{Medan}} = 10000$ km/an și $C_{100km} = 15$ kWh/100km, obținem:

$$E_{TotVE30\%} = 10^6 * 0.3 * 10000 / 100 * 15 = 450 * 10^6 \text{ kWh/an} = 450 \text{ GWh/an}$$

Ținând cont de faptul că Republica Moldova a avut un consum de 5940 GWh în anul 2020 [323], surplusul de consum datorat conversiei a 30% din vehiculele actuale în VE este de:

$$E_{VE30\%} = \frac{E_{TotVE30\%}}{E_{TotRM}} = \frac{450}{5940} * 100 = 7.6\%$$

Aplicând relația de mai sus pentru diverse ponderi ale VE în parcul total de autoturisme, tabelul A6.1 prezintă procentul de creștere a consumului de energie electrică, ca urmare a introducerii gradate a VE, de al 30% până la 100%.

Tabel A3.1. Efectul introducerii gradate a VE asupra consumului de energie electrică la nivel național

<i>Nr.crt.</i>	<i>Procent VE din parcul total de autoturisme</i>	<i>Energie anuală consumată de VE-uri [GWh]</i>	<i>Creștere consum național [%]</i>
1	30 %	450	7.6%
2	50 %	750	12.6%
3	70 %	1050	17.7%
4	100 %	1500	25.3%

Se poate observa faptul că, dacă pentru o pătrundere mică a VE efectul în consumul de energie la nivel de țară este la rândul său mic (doar 7.6% pentru o pondere de 30% în VE, în situațiile unei largi adoptări a noului tip de vehicul, situații caracterizate prin rate mari de

pătrundere ($\geq 70\%$), consumul național crește cu 17 până la 25%.

Acest surplus în consumul la nivelul sistemului electroenergetic național va fi chiar mai mare dacă se vor lua în considerare și încărcările altor tipuri de VE, cum ar fi autobuze urbane (deja în expansiune astăzi) sau camioane electrice (soluție emergentă cu impact ce se va vedea în următorii ani).

Este important de menționat faptul că acest surplus de energie ar trebui să vină din surse regenerabile, pentru a asigura caracteristica de transport curat, deci această creștere de consum trebuie să aibă un impact asupra necesității suplimentare de SRE la nivel național.

Anexa 4. Calculul consumului de căldură în Republica Moldova

Ușor poate fi aflat consumul de gaze naturale sau de energie electrică pe orașe, raioane ș.a.m.d., fiindcă aceste informații sunt trecute în statistica națională și pot fi găsite oricând, - inclusiv la prestatorii de servicii energetice - furnizorii de gaze naturale, energiei electrice. O situație similară există și în ceea ce privește consumul de căldură în zonele urbane, în care funcționează sisteme de alimentare centralizată cu energie termică (SACET), însă SACET sunt, doar în două orașe în țară – în Chișinău și Bălți.

Până în anul 2010 consumul de biomasă solidă (biocombustibili și biodeșeuri) în țară, folosit la producerea energiei termice, oficial/formal nu depășea 2-3% din totalul resurselor energetice consumate în acest scop. În prezent acest consum constituie 751 ktep (2018), ceea ce reprezintă 49% din consumul total de căldură sau aproximativ 27 % din CFE. Consumul de lemne de foc în același an a constituit 666 ktep (43,5%), din care doar 77 ktep sunt „de natură statistică”, iar celelalte 589 ktep - reprezintă estimarea BNS, realizată în cadrul unui studiu, cu chestionarea populației. Astfel, o cantitate importantă de lemne de foc, consumată la producerea căldurii în sectorul casnic, până în prezent nu este contabilizată și respectiv nu este cunoscută distribuția ei în profil teritorial – reprezentând doar o estimare la nivel național. De menționat, că BNS anual publică un document, care reflectă consumul tuturor produselor energetice în profil teritorial (pe municipii și raioane), inclusiv pe categoriile de consumatori (casnic, non-casnic). Acest document atât de relevant pentru a sta la baza calculului consumului de căldură (și nu numai) în profil teritorial, din păcate nu reflectă consumul lemnului de foc din tăieri ilegale, utilizate în cantități importante în sectorul casnic. În această situație soluția problemei abordate poate fi obținută prin modelarea consumului casnic de căldură, pe de-o parte, complementată cu datele statistice din documentul BNS-ului, pe de altă parte.

Rezultatul obținut în urma calculelor, consumul casnic total de căldură la nivel național

$Q_{2018,cas}^{nat}$ a fost comparat cu:

- a) consumul casnic total de căldură $Q_{2018,cas}^{BE}$, ce rezultă din Balanța Energetică a țării pentru anul de referință (2018), precum și cu
- b) consumul casnic total de căldură $Q_{2018,cas}^{BNS-T}$, ce rezultă din lucrarea BNS – pentru două variante de distribuire teritorială a consumului anual total de lemne de foc.

Mai jos este indicată divizarea existentă administrativ-teritorială a țării în trei regiuni de dezvoltare - Nord, Centru și Sud și pe raioane:

Regiunea Nord –

min. Bălți; raioanele: Briceni, Edineți, Ocnița, Dondușeni, Soroca, Drochia, Râșcani, Glodeni, Fălești, Florești, Șoldănești, Rezina, Sângerei și Telenești.

Regiunea Centru –

mun. Chișinău; raioanele: Ungheni, Călărași, Orhei, Nisporeni, Strășeni, Criuleni, Dubăsari, Ialoveni, Hîncești și Anenii-Noi.

Regiunea Sud –

UTA Găgăuzia; raioanele: Leova, Cimișlia, Căușeni, Ștefan Vodă, Basarabeasca, Cantemir, Taraclia, Cahul.



De menționat, că consumurile specifice de căldură reprezintă puntea de trecere de la numărul populației, numărul gospodăriilor casnice sau suprafețele încălzite către consumul de căldură. În plus, valorile finale ale CSET-8, integrare în modelul de calcul al consumului casnic de căldură, au fost în repetate rânduri ajustate prin procedura de verificare a sumei consumurilor teritoriale vs. consumul global de căldură pe țară, ținând cont de diferențele existente pe cele trei zone climatice și alți factori.

În mun. Chișinău valoarea CSET pentru încălzire, media pe trei ani, pentru blocurile de apartament constituie 137 kWh/(m²·an), iar pentru casele individuale, puține la număr - 196 kWh/(m²·an) - în termeni de energie livrată. Dacă la consumul de căldură de 137 kWh/(m²·an) pentru încălzirea unui apartament se mai adăuga consumul pentru prepararea ACM de 28 kWh/(m²·an), iar mai apoi și consumul pentru prepararea hranei de 14 kWh/(m²·an) - în total pentru o GC din mun. Chișinău valoarea CSET constituie 179 kWh/(m²·an).

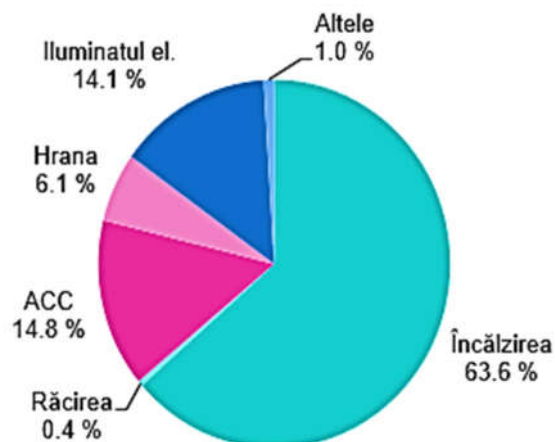


Fig. A4.1. Structura consumului final de energie în sectorul rezidențial în UE (Sursa: Eurostat)

Zona Centru, mediul urban: consumul specific de căldură necesar încălzirii unei locuințe în orașele din zona Centru, evident va fi mai mare decât în or. Chișinău, întrucât în structura fondului locativ din aceste orașe ponderea caselor unifamiliale, construite pe pământ, față de blocurile de apartamente, este considerabil mai mare. Astfel, dacă CSET-incălzire pentru o locuință din mun Chișinău este de 137 kWh/(m²·an), atunci pentru celelalte urbe din zona Centru se adoptă cifra de 183 kWh/(m²·an), care este cu 34 % mai mare. Dacă la consumul pentru încălzire de 183 kWh/(m²·an) se mai adăuga consumul pentru prepararea ACM de 28 kWh/(m²·an), iar mai apoi și consumul pentru prepararea hranei de 14 kWh/(m²·an) - în total pentru o GC amplasată în mediul urban al zonei Centru valoarea CSET rezultă a fi de 225 kWh/(m²·an).

Zona Centru, mediul rural: pe această linie de căutări a fost stabilit și CSET pentru gospodăriile casnice din mediul rural, luându-se în considerație un șir de factori, precum faptul că aici locuințele sunt case unifamiliale, alimentate preponderent cu lemne de foc și cu nu prea mult cărbune, la randamenre scăzute (max. 30-40%), iar din motive de sărăcie - populația se satisface de un confort termic redus. La consumul pentru încălzire acestor locuințe de 195 kWh/(m²·an) se adăuga 31 kWh/(m²·an) pentru prepararea ACM și 16 kWh/(m²·an) - prepararea hranei; în total pentru mediul rural, zona Centru, consumul CSET constituie 242 kWh/(m²·an).

Consumul casnic de căldură include trei componente, ce corespund celor trei nevoi esențiale pentru calitatea vieții: încălzirea, prepararea ACC și a hranei. Consumul specific de căldură, pe larg folosit ca indicator de performanță energetică a clădirilor, se referă doar la consumurile pentru încălzire și pentru prepararea ACC. În prezenta lucrare, plecând de la scopul urmărit, consumurile specifice CSET-8 includ cele trei componente.

În urma modelării și analizei consumurilor energetice la nivel național a fost observat că municipiile Chișinău și Bălți împreună sunt responsabile de un consum total de energie termică de cca 25-30% din totalul pe țară. Aceste două unități teritoriale (mun. Chișinău și Bălți) considerabil se deosebesc de celelalte prin numărul și densitatea populației, nivelul activității economice, nivelul de trai și, în final, consumul de energie. Plecând de la această constatare s-a decis ca cele două municipii în calculul consumului de căldură în profil teritorial să fie prezentate aparte, cu caracteristicile specifice lor.

Tabelul A4.1. Consumul total de căldură în țară, în profil teritorial (2018), tep

#	Zone / Raioane	Casnic			Non-casnic	Total
		Urban	Rural	Total		
	Zona Nord					
1	m. Bălți	32 516	1 547	34 063	26 170	60 233
2	Briceni	4 822	24 239	29 060	3 257	32 317
3	Dondușeni	3 082	13 874	16 956	7 341	24 297
4	Drochia	5 096	25 601	30 697	22 250	52 947
5	Edineți	7 619	21 798	29 417	18 710	48 127
6	Fălești	4 374	26 974	31 348	3 070	34 418
7	Florești	5 829	25 652	31 481	5 790	37 271
8	Glodeni	3 370	16 691	20 061	2 109	22 170
9	Ocnîța	5 271	14 460	19 731	1 953	21 684
10	Râșcani	4 061	21 143	25 205	3 162	28 367
11	Sângerei	5 229	24 568	29 798	5 536	35 334
12	Soroca	8 601	23 165	31 766	7 124	38 890
	Subtotal	89 869	239 713	329 582	106 472	436 054
B	Zona Centru					
1	mun. Chișinău	186 441	22 254	208 695	218 652	427 347
2	Anenii Noi	3 002	24 670	27 672	11 910	39 582
3	Călărași	3 968	19 972	23 941	3 918	27 859
4	Criuleni	2 030	21 904	23 933	3 852	27 785
5	Dubăsari	0	9 867	9 867	1 507	11 374
6	Hâncești	4 321	29 843	34 163	10 629	44 792
7	Ialoveni	4 058	25 585	29 643	7 947	37 590
8	Nisporeni	5 221	14 086	19 307	2 640	21 947
9	Orhei	7 538	27 990	35 528	11 491	47 019
10	Rezina	3 115	12 255	15 370	52 504	67 874
11	Strășeni	6 140	20 836	26 976	4 837	31 813
12	Șoldănești	2 035	11 889	13 924	1 739	15 663
13	Telenești	2 169	19 240	21 409	2 460	23 869
14	Ungheni	11 747	23 745	35 491	6 601	42 092
	Subtotal	241 784	284 136	525 919	340 687	866 606
C	Zona Sud					
1	Basarab	3 192	4 665	7 857	1 570	9 427
2	Cahul	10 451	23 839	34 290	7 775	42 065
3	Cantemir	1 203	14 726	15 929	1 624	17 553
4	Căușeni	6 609	21 070	27 679	3 827	31 506
5	Cimișlia	3 439	12 843	16 282	3 180	19 462
6	Leova	3 982	10 700	14 682	1 354	16 036
7	St Voda	2 483	18 781	21 264	2 591	23 855
8	Taraclia	5 480	5 923	11 403	3 957	15 360
9	Găgăuzia	15 972	23 923	39 895	13 887	53 782
	Subtotal	52 812	136 469	189 281	39 765	229 046
	TOTAL	384 465	660 317	1 044 783	486 924	1 531 707

Tabelul A4.2. Consumul de lemne de foc folosite la producerea căldurii (2018), tep

#	Raioane	Consum - Fără tăieri ilicite			Tăieri ilicite	Consum - inclusiv din tăieri ilicite		
		Casnic	Non-casnic	Total		Casnic	Non-casnic	Total
	Zona Nord							
1	m. Bălți	1 651	96	1 746	28 114	29 765	96	29 860
2	Briceni	9	110	119	19 216	19 225	110	19 335
3	Dondușeni	0	100	100	10 388	10 388	100	10 487
4	Drochia	59	59	117	20 427	20 486	59	20 544
5	Edinești	5 110	225	5 335	19 715	24 826	225	25 051
6	Fălești	314	298	612	21 474	21 788	298	22 086
7	Florești	0	68	68	20 980	20 980	68	21 048
8	Glodeni	8 001	190	8 191	14 078	22 080	190	22 270
9	Ocnîța	0	44	44	13 013	13 013	44	13 058
10	Râșcani	10	249	258	16 252	16 261	249	16 510
11	Sângerei	25	125	150	21 901	21 926	125	22 051
12	Soroca	4 052	270	4 322	21 309	25 361	270	25 631
	Subtotal	19 231	1 833	21 064	226 867	246 098	1 833	247 931
B	Zona Centru							
1	mun. Chișinău	5 830	2 728	8 558	0	5 830	2 728	8 558
2	Anenii Noi	336	52	388	17 245	17 581	52	17 633
3	Călărași	5 741	184	5 925	14 059	19 800	184	19 984
4	Criuleni	0	545	545	15 423	15 423	545	15 968
5	Dubăsari	0	0	0	6 390	6 390	0	6 390
6	Hâncești	5 578	429	6 007	22 657	28 234	429	28 663
7	Ialoveni	74	66	140	20 336	20 410	66	20 476
8	Nisporeni	2 615	326	2 940	11 604	14 218	326	14 544
9	Orhei	6 601	345	6 946	22 158	28 759	345	29 105
10	Rezina	0	172	172	9 275	9 275	172	9 447
11	Strășeni	2 871	57	2 928	18 048	20 919	57	20 976
12	Șoldănești	3 516	178	3 695	8 021	11 537	178	11 716
13	Telenești	1 499	206	1 705	13 348	14 847	206	15 053
14	Ungheni	5 327	273	5 600	22 063	27 390	273	27 663
	Subtotal	39 986	5 561	45 547	200 628	240 614	5 561	246 175
C	Zona Sud							
1	Basarab	0	55	55	6 314	6 314	55	6 370
2	Cahul	3 182	111	3 293	28 901	32 083	111	32 194
3	Cantemir	150	336	486	14 300	14 450	336	14 787
4	Căușeni	29	89	118	22 277	22 307	89	22 395
5	Cimișlia	3 034	109	3 143	13 528	16 562	109	16 671
6	Leova	2 351	170	2 521	12 266	14 617	170	14 787
7	St Voda	0	33	33	17 033	17 033	33	17 066
8	Taraclia	198	21	219	10 251	10 449	21	10 470
9	Găgăuzia	1 365	127	1 491	36 916	38 281	127	38 408
	Subtotal	10 310	1 051	11 361	161 786	172 096	1 051	173 147
	TOTAL	69 527	8 444	77 972	589 281	658 808	8 444	667 253

Tabelul A4.3. Consumul de brichete, pelete, deșeuri lemnoase și deșeuri agricole folosite la producerea căldurii (2018), tep

#	Zone / Raioane	Casnic	Non-casnic	Total
	Zona Nord			
1	m. Bălți	1 728	6 989	8 717
2	Briceni	0	96	96
3	Dondușeni	0	4 768	4 768
4	Drochia	46	128	174
5	Edineți	23	1 774	1 796
6	Fălești	67	144	212
7	Florești	0	61	61
8	Glodeni	808	403	1 211
9	Ocnîța	0	80	80
10	Râșcani	60	327	386
11	Sângerei	28	177	205
12	Soroca	0	1 601	1 601
	Sub Total	2 760	16 548	19 308
B	Zona Centru			
1	mun. Chișinău	68 711	8 897	77 607
2	Anenii Noi	40	258	298
3	Călărași	778	43	821
4	Criuleni	0	144	144
5	Dubăsari	0	27	27
6	Hâncești	319	657	976
7	Ialoveni	65	135	200
8	Nisporeni	16	21	37
9	Orhei	14	2 554	2 568
10	Rezina	12	77	89
11	Strășeni	132	97	229
12	Șoldănești	36	37	73
13	Telenești	19	353	373
14	Ungheni	61	604	665
	Sub Total	70 203	13 904	84 107
C	Zona Sud			
1	Basarab	0	4	4
2	Cahul	8	92	100
3	Cantemir	0	153	153
4	Căușeni	155	304	459
5	Cimișlia	43	167	211
6	Leova	109	122	231
7	St Voda	0	254	254
8	Taraclia	0	284	284
9	Găgăuzia	91	163	254
	Subtotal	406	1 543	1 950
	TOTAL	73 369	31 996	105 365

Anexa 5. Evaluarea potențialului național (2025) a cogenerării de înaltă eficiență

Tabelul A5.1. Consumul de energie termică ce poate fi considerat pentru acoperire prin cogenerare (2018), tep

#	Raioane/ Municipii	Casnic-Urban	Non-Casnic	Total consum
A	Zona NORD			
1	m. Bălți	19 066	9 217	28 282
2	Briceni	4 822	3 257	8 079
3	Dondușeni	3 082	7 341	10 423
4	Drochia	5 096	22 250	27 346
5	Edinești	7 619	18 710	26 329
6	Fălești	4 374	3 070	7 444
7	Florești	5 829	5 790	11 619
8	Glodeni	3 370	2 109	5 479
9	Ocnita	5 271	1 953	7 224
10	Râșcani	4 061	3 162	7 223
11	Sângerei	5 229	5 536	10 765
12	Soroca	8 601	7 124	15 725
	Subtotal NORD	76 420	89 519	165 938
B	Zona CENTRU			
1	mun. Chișinău	77 030	139 649	216 679
2	Anenii Noi	3 002	11 910	14 912
3	Călărași	3 968	3 918	7 886
4	Criuleni	2 030	3 852	5 882
5	Dubăsari (Cocieri)	0	1 507	1 507
6	Hâncești	4 321	10 629	14 950
7	Ialoveni	4 058	7 947	12 005
8	Nisporeni	5 221	2 640	7 861
9	Orhei	7 538	11 491	19 029
10	Rezina	3 115	52 504	55 619
11	Strășeni	6 140	4 837	10 977
12	Șoldănești	2 035	1 739	3 774
13	Telenești	2 169	2 460	4 629
14	Ungheni	11 747	6 601	18 348
	Subtotal CENTRU	132 372	261 684	394 056
C	Zona SUD			
1	Basarab	3 192	1 570	4 762
2	Cahul	10 451	7 775	18 226
3	Cantemir	1 203	1 624	2 827
4	Căușeni	6 609	3 827	10 436
5	Cimișlia	3 439	3 180	6 619
6	Leova	3 982	1 354	5 336
7	St Voda	2 483	2 591	5 074
8	Taraclia	5 480	3 957	9 437
9	Găgăuzia	15 972	13 887	29 859
	Subtotal SUD	52 812	39 765	92 577
	TOTAL Moldova	261 604	390 967	652 571

După detalierea consumului non-casnic și trecerea de la tep la MWh rezultatele obținute ale consumului sunt prezentate în tab. A5.2.

Tabelul A5.2. Structura consumului de energie termică ce poate fi considerat pentru acoperire prin cogenerarea adițională (2018), MWh

#	Raioane/ Municipii	Casnic urban	Non-Casnic					Total
			Subtotal	Serv. Comunale	Comerț și servicii	Industria	Alte domenii	
A	Zona NORD							
1	mun. Bălți	221 736	107 188	49 448	3 378	22 420	31 941	328 924
2	Briceni	56 078	37 879	17 474	1 194	7 923	11 288	93 957
3	Dondușeni	35 842	85 376	39 385	2 691	17 858	25 442	121 218
4	Drochia	59 263	258 768	119 374	8 156	54 126	77 111	318 030
5	Edineț	88 606	217 597	100 382	6 858	45 515	64 843	306 203
6	Fălești	50 871	35 704	16 471	1 125	7 468	10 640	86 575
7	Florești	67 794	67 338	31 064	2 122	14 085	20 066	135 131
8	Glodeni	39 193	24 528	11 315	773	5 130	7 309	63 720
9	Ocnita	61 296	22 713	10 478	716	4 751	6 768	84 010
10	Râșcani	47 234	36 774	16 965	1 159	7 692	10 958	84 008
11	Sângerei	60 818	64 384	29 701	2 029	13 467	19 186	125 201
12	Soroca	100 030	82 852	38 221	2 611	17 330	24 689	182 882
	Subtotal NORD	888 761	1 041 100	480 278	32 814	217 766	310 242	1 929 861
B	Zona CENTRU							
1	mun. Chișinău	895 857	1 624 114	749 233	51 190	339 714	483 977	2 519 972
2	Anenii Noi	34 912	138 513	63 899	4 366	28 973	41 276	173 425
3	Călărași	46 153	45 566	21 021	1 436	9 531	13 579	91 719
4	Criuleni	23 604	44 799	20 666	1 412	9 371	13 350	68 403
5	Dubăsari (Cocieri)	0	17 526	8 085	552	3 666	5 223	17 526
6	Hâncești	50 248	123 615	57 026	3 896	25 856	36 837	173 864
7	Ialoveni	47 198	92 424	42 637	2 913	19 332	27 542	139 622
8	Nisporeni	60 722	30 703	14 164	968	6 422	9 149	91 425
9	Orhei	87 662	133 640	61 651	4 212	27 953	39 824	221 302
10	Rezina	36 226	610 622	281 691	19 246	127 723	181 962	646 848
11	Strășeni	71 407	56 254	25 951	1 773	11 767	16 763	127 661
12	Șoldănești	23 666	20 225	9 330	637	4 230	6 027	43 891
13	Telenești	25 223	28 610	13 198	902	5 984	8 526	53 833
14	Ungheni	136 613	76 770	35 415	2 420	16 058	22 877	213 383
	Subtotal Centru	1 539 492	3 043 381	1 403 967	95 923	636 581	906 910	4 582 873
C	Zona SUD							
1	Basarab	37 123	18 259	8 423	576	3 819	5 441	55 382
2	Cahul	121 549	90 423	41 714	2 850	18 914	26 946	211 972
3	Cantemir	13 991	18 887	8 713	595	3 951	5 628	32 878
4	Căușeni	76 868	44 508	20 532	1 403	9 310	13 263	121 376
5	Cimișlia	39 998	36 983	17 061	1 166	7 736	11 021	76 981
6	Leova	46 310	15 747	7 264	496	3 294	4 693	62 057
7	St Voda	28 879	30 133	13 901	950	6 303	8 980	59 013
8	Taraclia	63 734	46 020	21 230	1 450	9 626	13 714	109 754
9	Găgăuzia	185 754	161 506	74 506	5 090	33 782	48 128	347 260
	Subtotal SUD	614 205	462 467	213 344	14 576	96 734	137 813	1 076 672
	TOTAL Moldova	3 042 457	4 546 949	2 097 589	143 314	951 081	1 354 965	7 589 406

**Tabelul A5.3. Sarcina termică ce poate fi considerată pentru acoperire prin cogenerare
(2018), MW_t**

#	Raioane/ Municipii	Casnice urban	Non-Casnic					Total
			Subtotal	Serv. comuna le	Comerț și servicii	Industria + tutun	Alte sect.	
	Zona Nord							
1	m. Bălți	108,00	51,35	24,72	1,69	8,97	15,97	159,35
2	Briceni	23,39	18,15	8,74	0,60	3,17	5,64	41,54
3	Dondușeni	14,95	40,90	19,69	1,35	7,14	12,72	55,85
4	Drochia	24,72	123,97	59,69	4,08	21,65	38,56	148,69
5	Edineț	36,96	104,25	50,19	3,43	18,21	32,42	141,21
6	Fălești	21,22	17,11	8,24	0,56	2,99	5,32	38,33
7	Florești	28,28	32,26	15,53	1,06	5,63	10,03	60,54
8	Glodeni	16,35	11,75	5,66	0,39	2,05	3,65	28,10
9	Ocnita	25,57	10,88	5,24	0,36	1,90	3,38	36,45
10	Râșcani	19,70	17,62	8,48	0,58	3,08	5,48	37,32
11	Sângerei	25,37	30,85	14,85	1,01	5,39	9,59	56,22
12	Soroca	41,72	39,69	19,11	1,31	6,93	12,34	81,42
	Subtotal NORD	386	499	240	16	87	155	885
	Zona Centru							
1	mun. Chișinău	488,79	778,09	374,62	25,59	135,89	241,99	1266,88
2	Anenii Noi	15,47	66,36	31,95	2,18	11,59	20,64	81,83
3	Călărași	20,45	21,83	10,51	0,72	3,81	6,79	42,28
4	Criuleni	10,46	21,46	10,33	0,71	3,75	6,67	31,92
5	Dubăsari (Cocieri)	0,00	8,40	4,04	0,28	1,47	2,61	8,40
6	Hâncești	22,27	59,22	28,51	1,95	10,34	18,42	81,49
7	Ialoveni	20,91	44,28	21,32	1,46	7,73	13,77	65,19
8	Nisporeni	26,91	14,71	7,08	0,48	2,57	4,57	41,62
9	Orhei	38,85	64,02	30,83	2,11	11,18	19,91	102,87
10	Rezina	16,06	292,54	140,85	9,62	51,09	90,98	308,59
11	Strășeni	31,65	26,95	12,98	0,89	4,71	8,38	58,60
12	Șoldănești	10,49	9,69	4,66	0,32	1,69	3,01	20,18
13	Telenești	11,18	13,71	6,60	0,45	2,39	4,26	24,89
14	Ungheni	60,54	36,78	17,71	1,21	6,42	11,44	97,32
	Subtotal Centru	774	1458	702	48	255	453	2232
	Zona Sud							
1	Basarab	16,92	8,75	4,21	0,29	1,53	2,72	25,67
2	Cahul	55,41	43,32	20,86	1,43	7,57	13,47	98,73
3	Cantemir	6,38	9,05	4,36	0,30	1,58	2,81	15,43
4	Căușeni	35,04	21,32	10,27	0,70	3,72	6,63	56,36
5	Cimișlia	18,23	17,72	8,53	0,58	3,09	5,51	35,95
6	Leova	21,11	7,54	3,63	0,25	1,32	2,35	28,66
7	St Voda	13,16	14,44	6,95	0,47	2,52	4,49	27,60
8	Taraclia	29,05	22,05	10,61	0,73	3,85	6,86	51,10
9	Găgăuzia	84,68	77,37	37,25	2,55	13,51	24,06	162,06
	Subtotal Sud	280	222	107	7	39	69	502
	TOTAL Moldova	1440	2178	1049	72	380	677	3619

Tabelul A5.4. Distribuția puterilor instalate a unităților de cogenerare

Pnom, el , kW	50	100	200	500	1000	3000	11380	
qnom, term, kW	79	170	252	591	1115	3145	9000	
Indicele de cog Y = Pe/Pt	0,63	0,59	0,79	0,85	0,90	0,95	1,26	0,734
	10	32	39	11	4	2	2	
Densitatea distribuției puterilor nominale	0,1	0,32	0,39	0,11	0,04	0,02	0,02	
Pe/Pt	0,063	0,188	0,310	0,093	0,036	0,019	0,025	
	5	32	78	55	40	60	227,6	

**Tabelul A5.5. Puterea termică nominală a instalațiilor de cogenerare adițională (2018),
MW_t**

#	Raioane/ Municipii	Casnice urban	Non-Casnice					Total
			Subtotal	Serv. comu nale	Comerț și servicii	Industria + tutun	Alte sect.	
	Zona Nord							
1	m. Bălți	32,83	16,35	6,92	0,47	4,48	4,47	49,18
2	Briceni	7,11	5,78	2,45	0,17	1,58	1,58	12,89
3	Dondușeni	4,54	13,02	5,51	0,38	3,57	3,56	17,57
4	Drochia	7,51	39,48	16,71	1,14	10,83	10,80	46,99
5	Edineț	11,24	33,19	14,05	0,96	9,10	9,08	44,43
6	Fălești	6,45	5,45	2,31	0,16	1,49	1,49	11,90
7	Florești	8,60	10,27	4,35	0,30	2,82	2,81	18,87
8	Glodeni	4,97	3,74	1,58	0,11	1,03	1,02	8,71
9	Ocnita	7,77	3,46	1,47	0,10	0,95	0,95	11,24
10	Râșcani	5,99	5,61	2,38	0,16	1,54	1,53	11,60
11	Sângerei	7,71	9,82	4,16	0,28	2,69	2,69	17,53
12	Soroca	12,68	12,64	5,35	0,37	3,47	3,46	25,32
	Subtotal NORD	117	159	67	5	44	43	276
	Zona Centru							
1	mun. Chișinău	139,31	247,76	104,89	7,17	67,94	67,76	387,06
2	Anenii Noi	4,41	21,13	8,95	0,61	5,79	5,78	25,54
3	Călărași	5,83	6,95	2,94	0,20	1,91	1,90	12,78
4	Criuleni	2,98	6,83	2,89	0,20	1,87	1,87	9,82
5	Dubăsari (Cocieri)	0,00	2,67	1,13	0,08	0,73	0,73	2,67
6	Hâncești	6,35	18,86	7,98	0,55	5,17	5,16	25,20
7	Ialoveni	5,96	14,10	5,97	0,41	3,87	3,86	20,06
8	Nisporeni	7,67	4,68	1,98	0,14	1,28	1,28	12,35
9	Orhei	11,07	20,39	8,63	0,59	5,59	5,58	31,46
10	Rezina	4,58	93,15	39,44	2,69	25,54	25,47	97,73
11	Strășeni	9,02	8,58	3,63	0,25	2,35	2,35	17,60
12	Șoldănești	2,99	3,09	1,31	0,09	0,85	0,84	6,07
13	Telenești	3,19	4,36	1,85	0,13	1,20	1,19	7,55
14	Ungheni	17,26	11,71	4,96	0,34	3,21	3,20	28,97
	Subtotal Centru	221	464	197	13	127	127	685
	Zona Sud							
1	Basarab	4,70	2,79	1,18	0,08	0,76	0,76	7,49
2	Cahul	15,40	13,79	5,84	0,40	3,78	3,77	29,20
3	Cantemir	1,77	2,88	1,22	0,08	0,79	0,79	4,65
4	Căușeni	9,74	6,79	2,87	0,20	1,86	1,86	16,53

5	Cimișlia	5,07	5,64	2,39	0,16	1,55	1,54	10,71
6	Leova	5,87	2,40	1,02	0,07	0,66	0,66	8,27
7	St Voda	3,66	4,60	1,95	0,13	1,26	1,26	8,26
8	Taraclia	8,08	7,02	2,97	0,20	1,93	1,92	15,10
9	Găgăuzia	23,54	24,64	10,43	0,71	6,76	6,74	48,18
	Subtotal Sud	78	71	30	2	19	19	148
	TOTAL Moldova	416	693,64	294	20	190	190	1109

Electrificarea consumului casnic rural prezintă una din cele mai importante măsuri de creștere a flexibilității sistemului electroenergetic, bazat pe utilizarea surselor regenerabile variabile

În scopul creșterii ponderii surselor regenerabile variabile - sectorul încălzirii din mediul rural urmează a fi alimentat cu energie electrică.

	Casnic = încălzire + ACC		
	Nord	Centru	Sud
Tm, h/an	2792	2641	2583

Încălzire Versus ACC:		qm, MW	Q an, MWh	Tu, h/an
Unități relative	Inc	28,161	60 452,4	2147
	ACC	3,447	22 996,08	6671
	TOTAL	31,608	83 448,5	2640
	Inc	89%	72%	1,000
	ACC	11%	28%	
	TOTAL	100%	100%	1,230

Tabelul A5.6. Consumul casnic de căldură în țară (2018)

		Nord	Centru	Sud	Republica Moldova
În tep/an					
Total		329 582	525 919	189 281	1 044 783
urban		89 869	241 784	52 812	384 465
rural		239 713	284 136	136 469	660 317
In GWh/an					
Total		3 833	6 116	2 201	12 151
urban		1 045	2 812	614	4 471
rural		2 788	3 304	1 587	7 679
Sarcina termică max. anuală, MWt		1374	2318	853	4544

Tabelul A5.7. Consumul casnic de căldură (energie primară) în țară (2018) în profil teritorial și pe medii de reședință, precum și potențialul de electrificare a consumului rural

#	Raioane/ mun.	Consum casnic existent de energie electrică, tep	Consum casnic de căldură, tep			Potențial Electr. consum casnic rural de căldură
			Total	Urban	Rural	Necesarul de EE, MWh
A	Zona NORD					
1	m. Bălți	7 080	34 063	32 516	1 547	17 993
2	Briceni	2 851	29 060	4 822	24 239	281 894
3	Dondușeni	1 828	16 956	3 082	13 874	161 351
4	Drochia	2 603	30 697	5 096	25 601	297 745
5	Edineți	2 935	29 417	7 619	21 798	253 515
6	Fălești	2 797	31 348	4 374	26 974	313 703
7	Florești	2 756	31 481	5 829	25 652	298 332
8	Glodeni	1 939	20 061	3 370	16 691	194 115
9	Ocnita	1 794	19 731	5 271	14 460	168 176
10	Râșcani	2 549	25 205	4 061	21 143	245 897
11	Sângerei	2 962	29 798	5 229	24 568	285 729
12	Soroca	3 021	31 766	8 601	23 165	269 409
	Subtotal Nord	35 115	329 582	89 869	239 713	2 787 858
B	Zona CENTRU					
1	mun. Chișinău	50 303	208 695	186 441	22 254	260 420
2	Anenii Noi	3 113	27 672	3 002	24 670	288 692
3	Călărași	1 930	23 941	3 968	19 972	233 719
4	Criuleni	3 223	23 933	2 030	21 904	256 317
5	Dubăsari	712	9 867	0	9 867	115 468
6	Hâncești	3 397	34 163	4 321	29 843	349 220
7	Ialoveni	3 221	29 643	4 058	25 585	299 393
8	Nisporeni	1 756	19 307	5 221	14 086	164 834
9	Orhei	4 253	35 528	7 538	27 990	327 544
10	Rezina	1 343	15 370	3 115	12 255	143 406
11	Strășeni	4 253	26 976	6 140	20 836	243 826
12	Șoldănești	1 345	13 924	2 035	11 889	139 128
13	Telenești	2 137	21 409	2 169	19 240	225 152
14	Ungheni	3 693	35 491	11 747	23 745	277 861
	Subtotal Centru	84 681	525 919	241 784	284 136	3 324 979
C	Zona SUD					
1	Basarab	971	7 857	3 192	4 665	54 253
2	Cahul	2 892	34 290	10 451	23 839	277 248
3	Cantemir	1 770	15 929	1 203	14 726	171 268
4	Căușeni	2 715	27 679	6 609	21 070	245 039
5	Cimișlia	1 794	16 282	3 439	12 843	149 364
6	Leova	1 446	14 682	3 982	10 700	124 436
7	St Voda	2 226	21 264	2 483	18 781	218 420
8	Taraclia	1 378	11 403	5 480	5 923	68 886
9	Găgăuzia	7 092	39 895	15 972	23 923	278 223
	Subtotal Sud	22 285	189 281	52 812	136 469	1 587 136
	TOTAL pe	142 081	1 044 783	384 465	660 317	7 699 974

**Tabelul A5.8. Consumului casnic rural de căldură (energie utilă) în țară (2018),
destinat electrificării**

#	Raioane/ mun.	Consumul util casnic rural de căldură, tep 30%	Electrificarea sectorul casnic rural	
			Necesarul de en. el, MWh	Pins, MW
A	Zona NORD			
1	m. Bălți	464	5 398	2
2	Briceni	7 272	84 568	30
3	Dondușeni	4 162	48 405	17
4	Drochia	7 680	89 323	32
5	Edineți	6 540	76 054	27
6	Fălești	8 092	94 111	34
7	Florești	7 696	89 500	32
8	Glodeni	5 007	58 234	21
9	Ocnita	4 338	50 453	18
10	Râșcani	6 343	73 769	26
11	Sângerei	7 370	85 719	31
12	Soroca	6 950	80 823	29
	Subtotal Nord	71 914	836 357	300
B	Zona CENTRU			
1	mun. Chișinău	6 718	78 126	30
2	Anenii Noi	7 447	86 608	33
3	Călărași	6 029	70 116	27
4	Criuleni	6 612	76 895	29
5	Dubăsari (Cocieri)	2 979	34 640	13
6	Hâncești	9 008	104 766	40
7	Ialoveni	7 723	89 818	34
8	Nisporeni	4 252	49 450	19
9	Orhei	8 449	98 263	37
10	Rezina	3 699	43 022	16
11	Strășeni	6 290	73 148	28
12	Șoldănești	3 589	41 738	16
13	Telenesti	5 808	67 546	26
14	Ungheni	7 168	83 358	32
	Subtotal Centru	85 769	997 494	378
C	Zona SUD			
1	Basarab	1 399	16 276	6
2	Cahul	7 152	83 174	32
3	Cantemir	4 418	51 380	20
4	Căușeni	6 321	73 512	28
5	Cimișlia	3 853	44 809	17
6	Leova	3 210	37 331	14
7	St Voda	5 634	65 526	25
8	Taraclia	1 777	20 666	8
9	Găgăuzia	7 177	83 467	32
	Subtotal Sud	40 941	476 141	184
	TOTAL pe țară	198 624	2 309 992	862

Se revine la tab A5.9 ce indică Consumul total de căldură în țară, în profil teritorial.

Tabelul A5.9. Consum de căldură acoperit prin intermediul SAC/SACET (2018), tep

#	Zone / Raioane	Casnic	Non-casnic	Total
Zona Nord				
1	m. Bălți	16 954	13 450	30 403
2	Briceni	3 820	0	3 820
3	Dondușeni	0	0	0
4	Drochia	10 226	0	10 226
5	Edinești	8 583	0	8 583
6	Fălești	156	0	156
7	Florești	466	0	466
8	Glodeni	169	19	188
9	Ocnita	0	0	0
10	Râșcani	238	0	238
11	Sângerei	1 491	0	1 491
12	Soroca	2 025	0	2 025
Sub Total		44 128	13 469	57 596
Zona Centru				
1	mun. Chișinău	79 003	108 644	187 647
2	Anenii Noi	2 161	60	2 221
3	Călărași	185	0	185
4	Criuleni	45	17	62
5	Dubăsari	0	0	0
6	Hâncești	50	0	50
7	Ialoveni	43	0	43
8	Nisporeni	93	0	93
9	Orhei	3 474	0	3 474
10	Rezina	0	0	0
11	Strășeni	3 474	0	3 474
12	Șoldănești	32	0	32
13	Telenești	0	0	0
14	Ungheni	1 524	67	1 590
Sub Total		90 084	108 787	198 871
Zona Sud				
1	Basarab	464	0	464
2	Cahul	1 077	0	1 077
3	Cantemir	0	0	0
4	Căușeni	0	0	0
5	Cimișlia	270	0	270
6	Leova	388	0	388
7	St Voda	0	0	0
8	Taraclia	56	0	56
9	Găgăuzia	2 307	0	2 307
Subtotal		4 562	0	4 562
TOTAL		138 774	122 256	261 030

Tabelul A5.10. Consumul de energie termică ce poate fi considerat pentru acoperire prin cogenerare (2018), tep

#	Raioane/ Municipii	Casnic-Urban	Non-Casnic	Total consum
A	Zona NORD			
1	m. Bălți	19 066	9 217	28 282
2	Briceni	4 822	3 257	8 079
3	Dondușeni	3 082	7 341	10 423
4	Drochia	5 096	22 250	27 346
5	Edinești	7 619	18 710	26 329
6	Fălești	4 374	3 070	7 444
7	Florești	5 829	5 790	11 619
8	Glodeni	3 370	2 109	5 479
9	Ocnita	5 271	1 953	7 224
10	Râșcani	4 061	3 162	7 223
11	Sângerei	5 229	5 536	10 765
12	Soroca	8 601	7 124	15 725
	Subtotal NORD	76 420	89 519	165 938
B	Zona CENTRU			
1	mun. Chișinău	77 030	139 649	216 679
2	Anenii Noi	3 002	11 910	14 912
3	Călărași	3 968	3 918	7 886
4	Criuleni	2 030	3 852	5 882
5	Dubăsari (Cocieri)	0	1 507	1 507
6	Hâncești	4 321	10 629	14 950
7	Ialoveni	4 058	7 947	12 005
8	Nisporeni	5 221	2 640	7 861
9	Orhei	7 538	11 491	19 029
10	Rezina	3 115	52 504	55 619
11	Strășeni	6 140	4 837	10 977
12	Șoldănești	2 035	1 739	3 774
13	Telenești	2 169	2 460	4 629
14	Ungheni	11 747	6 601	18 348
	Subtotal CENTRU	132 372	261 684	394 056
C	Zona SUD			
1	Basarab	3 192	1 570	4 762
2	Cahul	10 451	7 775	18 226
3	Cantemir	1 203	1 624	2 827
4	Căușeni	6 609	3 827	10 436
5	Cimișlia	3 439	3 180	6 619
6	Leova	3 982	1 354	5 336
7	St Voda	2 483	2 591	5 074
8	Taraclia	5 480	3 957	9 437
9	Găgăuzia	15 972	13 887	29 859
	Subtotal SUD	52 812	39 765	92 577
	TOTAL Moldova	261 604	390 967	652 571

După detalierea consumului non-casnic și trecerea de la tep la MWh rezultatele obținute ale consumului sunt prezentate în tab. A5.11.

Tabelul A5.11. Structura consumul de energie termică ce poate fi considerat pentru acoperire prin cogenerarea adițională (2018), MWh

#	Raioane/ Municipii	Casnic urban	Non-Casnic					Total
			Subtotal	Serv. Comunale	Comerț și servicii	Industria	Alte domenii	
A	Zona NORD							
1	mun. Bălți	221 736	107 188	49 448	3 378	22 420	31 941	352 352
2	Briceni	56 078	37 879	17 474	1 194	7 923	11 288	90 981
3	Dondușeni	35 842	85 376	39 385	2 691	17 858	25 442	119 312
4	Drochia	59 263	258 768	119 374	8 156	54 126	77 111	314 882
5	Edineț	88 606	217 597	100 382	6 858	45 515	64 843	301 496
6	Fălești	50 871	35 704	16 471	1 125	7 468	10 640	83 876
7	Florești	67 794	67 338	31 064	2 122	14 085	20 066	131 535
8	Glodeni	39 193	24 528	11 315	773	5 130	7 309	61 639
9	Ocnita	61 296	22 713	10 478	716	4 751	6 768	80 759
10	Râșcani	47 234	36 774	16 965	1 159	7 692	10 958	81 503
11	Sângerei	60 818	64 384	29 701	2 029	13 467	19 186	121 975
12	Soroca	100 030	82 852	38 221	2 611	17 330	24 689	177 567
	Subtotal NORD	888 761	1 041 100	480 278	32 814	217 766	310 242	1 917 878
B	Zona CENTRU							
1	mun. Chișinău	895 857	1 624 114	749 233	51 190	339 714	483 977	2 673 547
2	Anenii Noi	34 912	138 513	63 899	4 366	28 973	41 276	171 729
3	Călărași	46 153	45 566	21 021	1 436	9 531	13 579	89 481
4	Criuleni	23 604	44 799	20 666	1 412	9 371	13 350	67 256
5	Dubăsari (Cocieri)	0	17 526	8 085	552	3 666	5 223	17 526
6	Hâncești	50 248	123 615	57 026	3 896	25 856	36 837	171 426
7	Ialoveni	47 198	92 424	42 637	2 913	19 332	27 542	137 327
8	Nisporeni	60 722	30 703	14 164	968	6 422	9 149	88 481
9	Orhei	87 662	133 640	61 651	4 212	27 953	39 824	217 051
10	Rezina	36 226	610 622	281 691	19 246	127 723	181 962	645 093
11	Strășeni	71 407	56 254	25 951	1 773	11 767	16 763	124 197
12	Șoldănești	23 666	20 225	9 330	637	4 230	6 027	42 740
13	Telenești	25 223	28 610	13 198	902	5 984	8 526	52 614
14	Ungheni	136 613	76 770	35 415	2 420	16 058	22 877	206 758
	Subtotal Centru	1 539 492	3 043 381	1 403 967	95 923	636 581	906 910	4 705 227
C	Zona SUD							
1	Basarab	37 123	18 259	8 423	576	3 819	5 441	53 800
2	Cahul	121 549	90 423	41 714	2 850	18 914	26 946	206 781
3	Cantemir	13 991	18 887	8 713	595	3 951	5 628	32 285
4	Căușeni	76 868	44 508	20 532	1 403	9 310	13 263	118 091
5	Cimișlia	39 998	36 983	17 061	1 166	7 736	11 021	75 269
6	Leova	46 310	15 747	7 264	496	3 294	4 693	60 081
7	St Voda	28 879	30 133	13 901	950	6 303	8 980	57 778
8	Taraclia	63 734	46 020	21 230	1 450	9 626	13 714	107 031
9	Găgăuzia	185 754	161 506	74 506	5 090	33 782	48 128	339 340
	Subtotal SUD	614 205	462 467	213 344	14 576	96 734	137 813	1 050 456
	TOTAL Moldova	3 042 457	4 546 949	2 097 589	143 314	951 081	1 354 965	7 673 561

DE la Consum la  Sarcină, Tu-casnic -Inc+ACC, vs. Tu non-cas

Tabelul A5.12. Sarcina termică max. anuală, ce poate fi considerată pentru acoperire prin cogenerare (2018), MW_t

#	Raioane/ Municipii	Casnic urban	Non-Casnic					Total
			Subtotal	Serv. comunale	Comerț și servicii	Industria + tutun	Alte sect.	
	Zona Nord, Tu = 2792 h			3000	3000	4000	2000	
1	m. Bălți	79,42	39,18	16,48	1,13	5,61	15,97	118,60
2	Briceni	20,08	13,85	5,82	0,40	1,98	5,64	33,93
3	Dondușeni	12,84	31,21	13,13	0,90	4,46	12,72	44,05
4	Drochia	21,23	94,60	39,79	2,72	13,53	38,56	115,82
5	Edineț	31,73	79,55	33,46	2,29	11,38	32,42	111,28
6	Fălești	18,22	13,05	5,49	0,38	1,87	5,32	31,27
7	Florești	24,28	24,62	10,35	0,71	3,52	10,03	48,90
8	Glodeni	14,04	8,97	3,77	0,26	1,28	3,65	23,00
9	Ocnita	21,95	8,30	3,49	0,24	1,19	3,38	30,26
10	Râșcani	16,92	13,44	5,65	0,39	1,92	5,48	30,36
11	Sângerei	21,78	23,54	9,90	0,68	3,37	9,59	45,32
12	Soroca	35,83	30,29	12,74	0,87	4,33	12,34	66,11
	Subtotal NORD	318	381	160	11	54	155	699
	Zona Centru, Tu = 2641h							
1	mun. Chișinău	339,24	593,72	249,74	17,06	84,93	241,99	932,96
2	Anenii Noi	13,22	50,64	21,30	1,46	7,24	20,64	63,86
3	Călărași	17,48	16,66	7,01	0,48	2,38	6,79	34,13
4	Criuleni	8,94	16,38	6,89	0,47	2,34	6,67	25,32
5	Dubăsari (Cocieri)	0,00	6,41	2,70	0,18	0,92	2,61	6,41
6	Hâncești	19,03	45,19	19,01	1,30	6,46	18,42	64,22
7	Ialoveni	17,87	33,79	14,21	0,97	4,83	13,77	51,66
8	Nisporeni	22,99	11,22	4,72	0,32	1,61	4,57	34,22
9	Orhei	33,20	48,85	20,55	1,40	6,99	19,91	82,05
10	Rezina	13,72	223,22	93,90	6,42	31,93	90,98	236,94
11	Strășeni	27,04	20,56	8,65	0,59	2,94	8,38	47,60
12	Șoldănești	8,96	7,39	3,11	0,21	1,06	3,01	16,36
13	Telenești	9,55	10,46	4,40	0,30	1,50	4,26	20,01
14	Ungheni	51,73	28,06	11,81	0,81	4,01	11,44	79,80
	Subtotal Centru	583	1113	468	32	159	453	1696
	Zona Sud, Tu = 2583 h							
1	Basarab	14,37	6,67	2,81	0,19	0,95	2,72	21,05
2	Cahul	47,06	33,06	13,90	0,95	4,73	13,47	80,11
3	Cantemir	5,42	6,90	2,90	0,20	0,99	2,81	12,32
4	Căușeni	29,76	16,27	6,84	0,47	2,33	6,63	46,03
5	Cimișlia	15,48	13,52	5,69	0,39	1,93	5,51	29,00
6	Leova	17,93	5,76	2,42	0,17	0,82	2,35	23,69
7	St Voda	11,18	11,02	4,63	0,32	1,58	4,49	22,20
8	Taraclia	24,67	16,82	7,08	0,48	2,41	6,86	41,50
9	Găgăuzia	71,91	59,04	24,84	1,70	8,45	24,06	130,96
	Subtotal Sud	238	169	71	5	24	69	407
	TOTAL Moldova	1139	1662	699	48	238	677	2801

Tabelul A5.13. Puterea termică economică nominală a instalațiilor de cogenerare adițională (2018), MW_t

#	Raioane/ Municipii	Casnic urban	Non-Casnic					Total
			Subtotal	Serv. comunale	Comerț și servicii	Industria + tutun	Alte sect.	
	Zona Nord	0,304		0,28	0,28	0,5	0,28	
1	m. Bălți	24,14	12,20	4,62	0,32	2,80	4,47	36,35
2	Briceni	6,11	4,31	1,63	0,11	0,99	1,58	10,42
3	Dondușeni	3,90	9,72	3,68	0,25	2,23	3,56	13,62
4	Drochia	6,45	29,46	11,14	0,76	6,77	10,80	35,92
5	Edineți	9,65	24,78	9,37	0,64	5,69	9,08	34,42
6	Fălești	5,54	4,07	1,54	0,11	0,93	1,49	9,60
7	Florești	7,38	7,67	2,90	0,20	1,76	2,81	15,05
8	Glodeni	4,27	2,79	1,06	0,07	0,64	1,02	7,06
9	Ocnita	6,67	2,59	0,98	0,07	0,59	0,95	9,26
10	Râșcani	5,14	4,19	1,58	0,11	0,96	1,53	9,33
11	Sângerei	6,62	7,33	2,77	0,19	1,68	2,69	13,95
12	Soroca	10,89	9,43	3,57	0,24	2,17	3,46	20,32
	Subtotal NORD	97	119	45	3	27	43	215
	Zona Centru	0,285						
1	mun. Chișinău	96,68	184,93	69,93	4,78	42,46	67,76	281,61
2	Anenii Noi	3,77	15,77	5,96	0,41	3,62	5,78	19,54
3	Călărași	4,98	5,19	1,96	0,13	1,19	1,90	10,17
4	Criuleni	2,55	5,10	1,93	0,13	1,17	1,87	7,65
5	Dubăsari (Cocieri)	0,00	2,00	0,75	0,05	0,46	0,73	2,00
6	Hâncești	5,42	14,08	5,32	0,36	3,23	5,16	19,50
7	Ialoveni	5,09	10,52	3,98	0,27	2,42	3,86	15,62
8	Nisporeni	6,55	3,50	1,32	0,09	0,80	1,28	10,05
9	Orhei	9,46	15,22	5,75	0,39	3,49	5,58	24,68
10	Rezina	3,91	69,53	26,29	1,80	15,97	25,47	73,44
11	Strășeni	7,71	6,41	2,42	0,17	1,47	2,35	14,11
12	Șoldănești	2,55	2,30	0,87	0,06	0,53	0,84	4,86
13	Telenești	2,72	3,26	1,23	0,08	0,75	1,19	5,98
14	Ungheni	14,74	8,74	3,31	0,23	2,01	3,20	23,48
	Subtotal Centru	166	347	131	9	80	127	513
	Zona Sud	0,278						
1	Basarab	4,00	2,08	0,79	0,05	0,48	0,76	6,07
2	Cahul	13,08	10,30	3,89	0,27	2,36	3,77	23,38
3	Cantemir	1,51	2,15	0,81	0,06	0,49	0,79	3,66
4	Căușeni	8,27	5,07	1,92	0,13	1,16	1,86	13,34
5	Cimișlia	4,30	4,21	1,59	0,11	0,97	1,54	8,52
6	Leova	4,98	1,79	0,68	0,05	0,41	0,66	6,78
7	St Voda	3,11	3,43	1,30	0,09	0,79	1,26	6,54
8	Taraclia	6,86	5,24	1,98	0,14	1,20	1,92	12,10
9	Găgăuzia	19,99	18,39	6,95	0,48	4,22	6,74	38,38
	Subtotal Sud	66	53	20	1	12	19	119
	TOTAL Moldova	329	518	196	13	119	190	847

2018 → 2025

$$(1+r)^7 = 1,109845$$

$$26,69 \cdot 0,734 = 19,60$$

Tabelul A5.14. Potențialul economic al cogenerării: puterea electrică nominală (2018),

MWe

#	Raioane/ Municipii	Casnic casnic urban	Non-Casnic	Total
A	Zona NORD			
1	m. Bălți	16	30	46
2	Briceni	4	11	15
3	Dondușeni	2	24	27
4	Drochia	4	73	77
5	Edineți	9	61	71
6	Fălești	5	10	15
7	Florești	7	19	26
8	Glodeni	6	7	13
9	Ocnita	9	6	15
10	Râșcani	4	10	14
11	Sângerei	5	18	23
12	Soroca	9	23	32
	Subtotal NORD	79	294	373
B	Zona CENTRU			
1	mun. Chișinău	112	458	571
2	Anenii Noi	5	39	44
3	Călărași	10	13	22
4	Criuleni	2	13	15
5	Dubăsari (Cocieri)	0	5	5
6	Hâncești	9	35	44
7	Ialoveni	5	26	31
8	Nisporeni	6	9	15
9	Orhei	15	38	53
10	Rezina	7	172	179
11	Strășeni	12	16	28
12	Șoldănești	4	6	10
13	Telenești	3	8	11
14	Ungheni	211	188	399
	Centru	402	1 025	1 426
C	Zona SUD			
1	Basarab	4	5	10
2	Cahul	13	26	38
3	Cantemir	2	5	7
4	Căușeni	7	13	20
5	Cimișlia	8	10	18
6	Leova	7	4	11
7	St Voda	2	8	11
8	Taraclia	7	13	20
9	Găgăuzia	20	41	61
	SUD cu Găgăuzia	70	126	196
	TOTAL Moldova	551	1 445	1 996

Posibile locații de edificare CHEAP pe teritoriul Republicii Moldova

Evoluția tehnică a sectorului energetic în Republica Moldova ar putea fi pusă în dificultate sporită pe termen mediu și lung datorită lipsei capacităților de stocare a energiei electrice. În vederea justificării alegerii făcute se aduc cel puțin 3 argumente importante, și anume:

1. Debitul mediu de apă al râului Nistru este considerabil mai mare decât cel al râului Prut – cca $310 \text{ m}^3/\text{s}$ versus $30 \text{ m}^3/\text{s}$. Astfel că pe râul Nistru există potențial hidrologic considerabil mai ridicat, ceea ce permite construirea unor CHEAP cu capacități de stocare mult mai mari, fără a prejudicia semnificativ regimul hidrologic al râului;
2. Înălțimea versanților în punctele unde ar putea fi amplasată o CHEAP de-a lungul r. Nistru este mai mare decât în cazul râului Prut, iar punctele de înălțime maximă sunt amplasate mai aproape de albia râului ceea ce va duce la micșorarea lungimii conductei(lor) ce vor uni rezervoarele inferior și superior. Acest fapt va duce din punct de vedere economic la micșorarea cheltuielilor de construcție și exploatare, iar din punct de vedere tehnic la micșorarea pierderilor hidraulice prin conducte;
3. Un alt argument important ar fi faptul că pe r. Nistru, în Ucraina, deja se construiește și funcționează parțial una din cele mai mari CHEAP din Europa și chiar din lume.

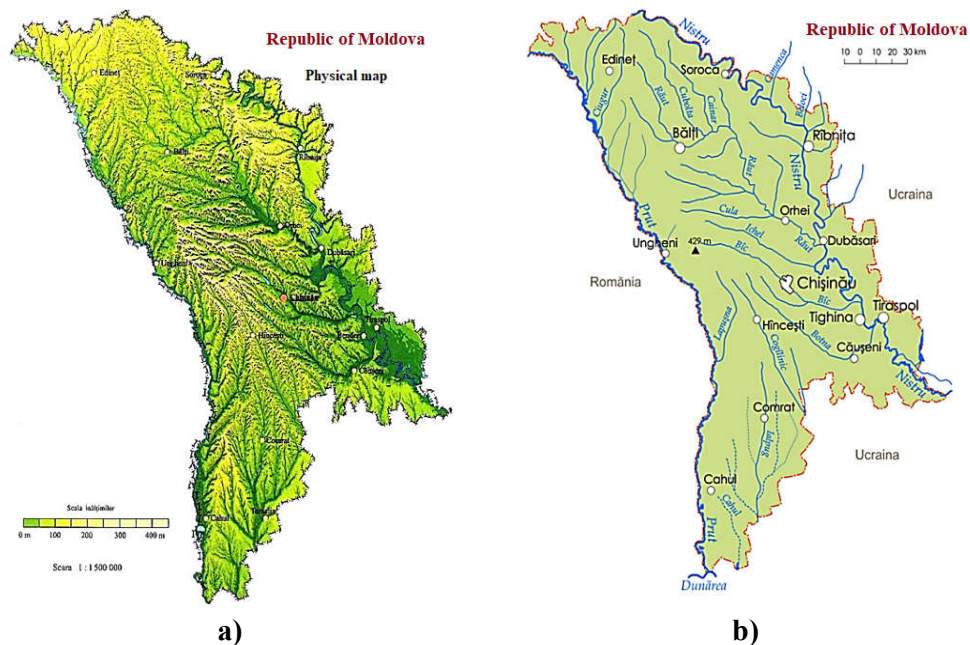


Figura A6.1. Harta fizică și harta principalelor râuri ale Republicii Moldova

Posibile locații de-a lungul râurilor Nistru și Prut

În consecință cercetarea reliefului aferent curgerii râurilor Prut și Nistru denotă faptul că amplasamente prielnice privind edificarea CHEAP-MD de-a lungul râului Prut cu înălțimea versanților sau a teritoriilor din vecinătate mai mare decât nivelul râului sunt în partea de Nord a RM – după orașul Ungheni (Figura A6.2 a). Respectiv, de-a lungul râului Nistru cu înălțimea versanților sau a teritoriilor din vecinătate mai mare decât nivelul râului sunt în partea de Nord a RM – după orașul Dubăsari (Figura A6.2 b).

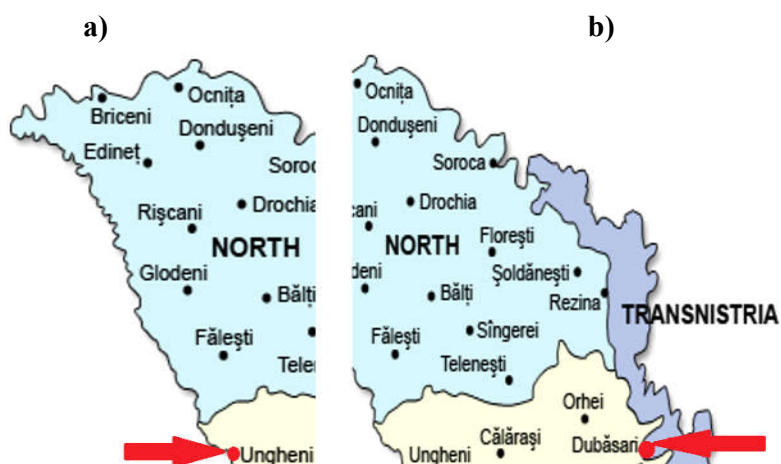


Figura A6.2. Condiții prielnice de edificare a CHEAP în partea de Nord a râului Prut

Condiții prielnice de edificare a CHEAP în partea de Nord a râului Nistru

Cu ajutorul soft-ului menționat anterior „Google Earth” (Figura A6.3), având ca punct de reper nivelul mării și altitudinea unor 2 puncte arbitrare în plan, s-a putut afla căderea de înălțime dintre aceste puncte prin simpla lor diferențiere.

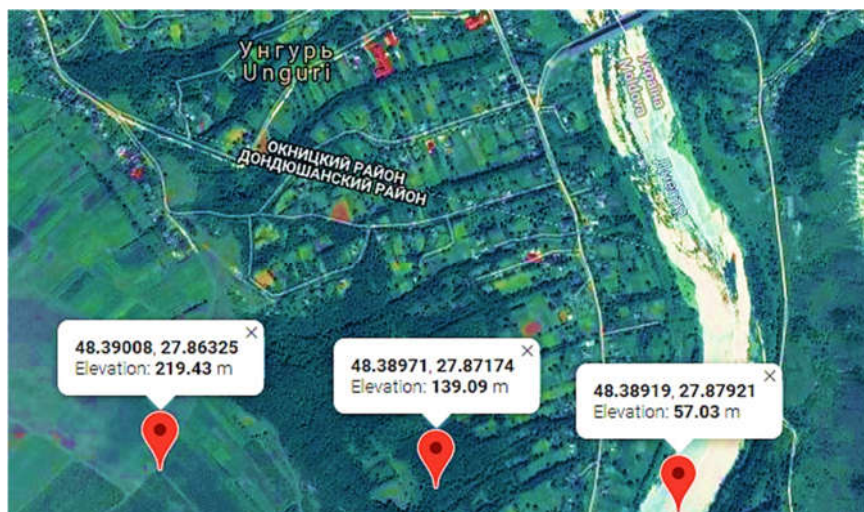


Figura A6.3. Pe malul drept al Nistrului (MD - Transnistria): Locația rezervorului superior - pe dealurile satului Unguri, r-nul Ochnița

În cele din urmă, au fost identificate un șir de puncte geografice de-a lungul râului Nistru, în care căderea netă de înălțime ar permite edificarea rezervorului superior al CHEAP. În Figura A6.4 - a și b sunt prezentate câteva vederi ale versanților r. Nistru din punctele enumerate.

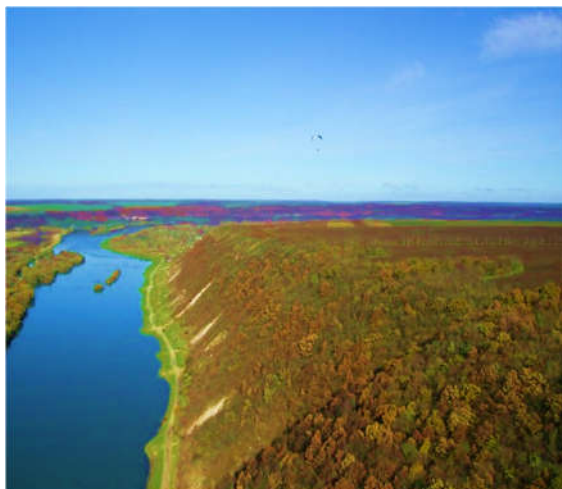


Figura A6.4 a. r. Nistru, s. Inundeni, r-nul. Soroca

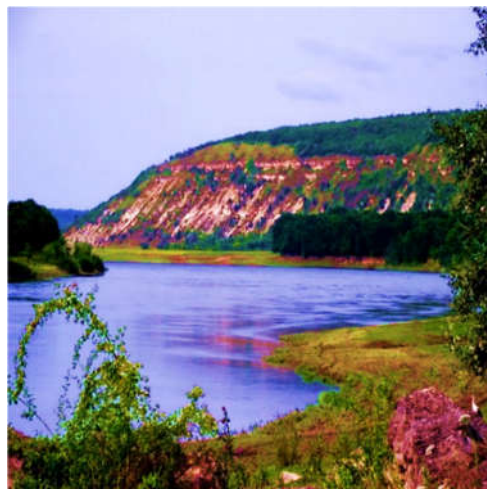


Figura A6.4 b. r. Nistru, s. Vertiujeni, r. Soroca

Locații pentru o CHEAP în interiorul Republicii Moldova - în preajma unor lacuri

În Republica Moldova sunt:

- 57 de lacuri naturale cu suprafața totală de 62,2 km²,
- circa 1,6 mii de iazuri și lacuri de acumulare, care au volumul total de circa 1,8 km³ și suprafața de aproximativ 160 km².
- Cele mai multe lacuri naturale se află în văile râurilor Prut și Nistru.
- Cele mai mari lacuri din Moldova se întind de-a lungul Prutului, în partea lui de jos – Beleu – 6,26, Dracele – 2,65, Rotunda – 2,08, Manta – 2,1, Fontan – 1,16 km².
- Pe valea râului Nistrului s-au păstrat lacurile Bîc – 3,72, Crasnoe — 1,6 km² ș. a.
- Nivelul apei în lacuri, în deosebi cel din lunci, depinde de nivelul apelor în râuri, dar și de anotimp. Afluxul apei poate fi observat de două ori pe an– în februarie-aprilie și în iunie-iulie.

În rezultatul studiului efectuat s-au introdus în Tabelul A3.1 posibilele locații pentru edificarea unor CHEAP pe teritoriul Republica Moldova.

Tabelul A3.1. Posibile locații pentru edificarea unor CHEAP

Nr.	Localitate, raion	Altitudinea suprafeței rezervorului de sus, m	Altitudinea suprafeței apei râului, m	Căderea netă de înălțime, m
	Locații pe râul NISTRU			
1	Verejeni, Ocnița	196	63	133

2	Ungari,	Ocnița	242	60	182
3	Tatarăuca Veche,	Soroca	160	55	105
4	Șeptelici,	Soroca	202	58	144
	Inundeni	Soroca	196	40	156
	Vărăncău	Soroca	180	40	140
5	Vasilcău,	Soroca	105	35	70
6	Sănătăuca ,	Florești	145	30	115
	Poina,	Șoldănești	220	28	192
7	Rezina,	Rezina	185	25	160
8	Saharna,	Rezina	227	25	202
9	Țipova,	Rezina	204	25	179
10	Lalova,	Rezina	200	24	176
12	Oxentea,	Dubăsari	122	24	98
	Locații pe râul PRUT				
	Cuconeștii Vechi,	Edineți	180	82	98
	Costești,	Ungheni	82	60	22
	Lucăceni,	Fălești	160	48	112
	Ungheni		48	37	11
	Cotul Morii		23	27	-4
	LEOVA		120	16	104
	Locații în preajma lacurilor				
	Lacul Dănceni		250	78	172
	Lacul Ghidighici		175	53	122

Distanța dintre rezervoare – până la 1.000m

Determinarea caracteristicilor tehnice ale CHEAP 100 MW

În scopul creării unor condiții favorabile creșterii ponderii surselor regenerabile de energie și în special a instalațiilor fotovoltaice și eoliene, în Republica Moldova există necesitatea edificării unor centrale hidroelectrice cu acumulare prin pompare – ca infrastructură importantă pentru stocarea energiei electrice la scară largă și generarea ei în orele de maximă cerere.

Tabelul A3.2. Date inițiale ce stau la baza calculelor

Nr.	Indicatorul	Notăția	Unitatea	Valoarea
1	Numărul de zile de funcționare pe an	Nzile	zile/an	365
2	Înălțimea de cădere a apei	H	m	100-150
3	Randamentul hidroagregat, în regim de generare	η_g	u.r.	0,8
4	Randamentul hidroagregat, în regim de pompare	η_p	u.r.	0,7
5	Adâncimea rezervorului superior	h	m	25
6	Densitatea apei	ρ	kg/m ³	1000
7	Accelerația gravitațională	g	m/s ²	9,81
8	Viteza apei în conducte	v	m/s	4

Tabelul A3.3. Caracteristicile principale ale CHEAP 100 MW

Nr .	Indicator	Notația	u.m.	Puterea centralei, MW					
				25			100 (4 x 25)		
1	Debitul de apă către hidroagregate	Q _{apa}	m ³ /s	32			127		
2	Durata de funcționare (generare)	T _{zi}	h/zi	4	8	10	4	8	10
		T _{an}	h/an	1 440	2 880	3 600	1 440	2 880	3 600
3	Volumul energiei produse pe o zi, un an și 20 de ani	W _{zi}	MWh/zi	100	200	250	400	800	1 000
		W _{an}	GWh/an	36,50	73,00	91,30	146,0 0	292,00	365,00
		WTA	GWh	410,9	821,8	1027,8	1643, 6	3287,3	4109,1
4	Volumul energiei consummate (pompare)	W _{zi}	MWh/zi	130	260	325	520	1040	1300
W _{an}		GWh/an	47,45	94,9	118,62 5	189,8	379,6	474,5	
WTA		GWh	534,2	1068,4	1335,5	2136, 7	4273,5	5341,8	
	Înălțimea căderii apei			H = 100 m					
5	Volum apă	V _{zi}	mil. m ³ /zi	0,46	0,92	1,15	1,83	3,67*	4,59
		V _{an}	mil. m ³ /an	165	330	413	661	1321	1651
6	Suprafața rezervor sup.	S _{apa}	mii m ²	18 349	36 697	45 872	73 394	146 789	183 486
		S _{apa}	ha	1,8	3,7	4,6	7,3	14,7	18,3
7	Diametru rezervor sup.	D	m	153	216	242	306	432	483
8	Diametru conductă	d	m	3,19					
	Înălțimea căderii apei			H = 150 m					
9	Volum apă	V _{zi}	mil. m ³ /zi	0,46	0,92	1,15	1,83	3,67	4,59
		V _{an}	mil. m ³ /an	165	330	413	661	1321	1651
10	Suprafața rezervorului superior	S _{apa}	mii m ²	18 349	36 697	45 872	73 394	146 789	183 486
		S _{apa}	ha	1,8	3,7	4,6	7,3	14,7	18,3
11	Diametru rezervorului superior	D	m	153	216	242	306	432	483
12	Diametru conductă	d	m	3,19					

* Lacul Dănceni, r-l Ialoveni, volum- 22 mil. m³, suprafață - 420 ha; suprafața rezervor superior – 14,7 ha.

Fezabilitatea CHEAP

În tab.A3.4 sunt prezentate datele inițiale utilizate în calculele economice de mai jos.

Tabelul A3.4. Date ce stau la baza calculului economic

Nr.	Indicatorul	Notația	Unitatea	Valoarea
1	Puterea nominală	P_{nom}	MW	100
2	Investiția specifică	i_{sp}	mil. €/MW	2
3	Durata realizării obiectivului	d	ani	3
4	Durata de studiu	T	ani	30
5	Volumul energiei anuale furnizate pe PE	W_0	MWh/an	292000
6	Volumul energiei anuale consumate p/u pompare of-peak	$W_{0, pomp}$	MWh/an	379600
7	Durata de utilizare a capacității nominale	T_u	h/an	2880
8	Randamentul instalației de generare	η_{gl}	%	0,8

9	Cota cheltuielilor anuale pentru O&M	$k_{O\&M,0}$	% din I	0,015
10	Rata de actualizare	i	u.r.	0,08
11	Rata creșterii anuale a cheltuielilor O&M.	$r_{O\&M}$	%/an	0,04
12	Costul mediu anual al energiei electrice PZU ¹ , 2019		€/MWh	52,83
13	Costul mediu anual al energiei electrice PZU, 2019, off-peak	$c_{W,2019}$	€/MWh	36,89
14	Costul mediu anual al energiei electrice PE ² , 2019		€/MWh	121,96
15	Rata creșterii anuale a tarifului la energia electrică PE	$r_{W,PE}$	%/yr	0,02
16	Rata creșterii anuale a tarifului la energia electrică PZU	$r_{W,PZU}$	%/yr	0,02

¹Piața pentru ziua următoare; ²Piața de echilibrare.

Evaluarea cheltuielilor totale, aferente CHEAP

Cheltuielile CTA pe durata de studiu includ:

$$CTA = CTA_I + CTA_{O\&M} + CTA_{pomp} . \quad (A6.1)$$

1. Cheltuielile cu investiția

Investiția realizată în CHEAP, poate fi determinată în baza aplicării unei valori medii a investiției specifice -

$$I = i_{sp} \cdot P_{nom} = 2 \text{ mil.€ / MW} \cdot 100 \text{ MW} = 200 \text{ mil €} ; \quad (A6.2)$$

unde: i_{sp} - investiția specifică;

P_{nom} - puterea nominală a centralei.

În lipsa unor date concrete vom accepta că investiția este eşalonată în mod uniform pe anii perioadei de construcție de 3 ani. În această ipoteză pentru cheltuielile CTA_I rezultă:

$$CTA_I = \sum_{t=1}^d I_t \cdot (1+i)^t = I_0 \cdot \bar{T}_{d,i} = 66,67 \cdot 3,2464 = 216,43 \text{ mil.€}, \quad (A6.3)$$

unde: I_t reprezintă investiția realizată în anul t ; fie $I_t = I_0$ - pentru toți anii t ai perioadei d ,

$I_0 = I/d = 200 \text{ mil. €} / 3 \text{ ani} = 66,67 \text{ mil. € / an} ;$

$\bar{T}_{d,i}$ - durata recalculată a perioadei de construcție:

$$\bar{T}_{d,i} = [(1+i)^d - 1] / i = [(1+0,08)^3 - 1] / 0,08 = 3,2464 \text{ ani}; \quad (A6.4)$$

i - rata de actualizare, $i = 0,08$.

2. Cheltuielile de operare și mentenanță pe durata de studiu -

$$CTA_{O\&M} = C_{O\&M,0} \cdot \bar{T}_{T,x1} = 2,885 \cdot 17,62 = 50,83 \text{ mil €} \quad (A6.5)$$

unde: $C_{O\&M,0}$ reprezintă valoarea de calcul a cheltuielilor anuale O&M, determinată pentru anul de referință t_0 și raportată la anul 0:

$$C_{O\&M,0} = k_{O\&M,t_0} \cdot I \cdot (1+r_{O\&M})^{-t_0} = 0,015 \cdot 200 \cdot (1+0,04)^{-1} = 2,885 \text{ mii € / an}; \quad (A6.6)$$

$k_{O\&M_0}$ - valoarea de referință a cheltuielilor anuale pentru O&M, exprimată ca procent din valoarea investiției totale nominale $k_{O\&M_0} = 0,015 \cdot I$;

I - valoarea investiției total nominale;

$\bar{T}_{T,x1}$ - durata recalculată a perioadei de studiu, ce reflectă durata calendaristică a perioadei de calcul, rata de actualizare și dinamica cheltuielilor anuale O&M:

$$\bar{T}_{T,x1} = [1 - (1 + x_1)^{-T}] / x_1 = [1 - (1 + 0,0385)^{-30}] / 0,0385 = 17,62 \text{ ani} ;$$

x_1 - rata sintetică de recalculare (actualizare) a duratei perioadei de studiu:

$$x_1 = (1 + i) / (1 + r_{O\&M}) - 1 = (1 + 0,08) / (1 + 0,04) - 1 = 0,0385 ;$$

$r_{O\&M}$ - rata creșterii anuale a cheltuielilor O&M.

3. Cheltuielile cu energia electrică consumată de CHEAP la pomparea apei

$$CTA_{W-pomp} = C_{W,0} \cdot \bar{T}_{T,x2} = 16,41 \text{ mil. } \text{€} / \text{an} \cdot 13,94 \text{ ani} = 228,71 \text{ mil } \text{€} \quad (A6.7)$$

unde: $C_{W,0}$ reprezintă valoarea de calcul a cheltuielilor cu energia electrică la anul 2027 – an ce precede primul an de funcționare a CHEAP;

$$C_{W,0} = c_{W,0} \cdot W_{an,pomp} = 43,22 \text{ Euro} / \text{MWh} \cdot 379600 \text{ MWh} / \text{an} = 16,41 \text{ mil. } \text{€} / \text{an};$$

$W_{an,pomp}$ - cantitatea de energie consumată anual pentru pompare, achiziționată pe PZU,

$$W_{an,pomp} = 379,6 \text{ GWh/an} ;$$

$c_{W,0}$ - prețul energiei pe piața PZU în în afara orelor de vârf, în anul ce precede primul an de funcționare a CHEAP,

$$c_{W,0} = c_{W,2019} \cdot (1 + r_{pzu})^{27-19} = 36,89 \cdot (1 + 0,02)^8 = 43,22 \text{ €} / \text{MWh} , \text{ iar}$$

$$c_{W,2019} - \text{prețul înregistrat în anul de referință, } c_{W,2019} = 36,89 \text{ €} / \text{MWh} ;$$

$\bar{T}_{T,x2}$ - durata recalculată a perioadei de studiu:

$$\bar{T}_{T,x2} = [1 - (1 + x_2)^{-T}] / x_2 = [1 - (1 + 0,0588)^{-30}] / 0,0588 = 13,94 \text{ ani} ;$$

x_2 - rata sintetică, $x_2 = (1 + i) / (1 + r_{W,pzu}) - 1 = (1 + 0,08) / (1 + 0,02) - 1 = 0,0588 ;$

$r_{W,pzu}$ - rata de anuală de creștere a costului energiei electrice pe piața PZU;

$$r_{W,pzu} = 0,02 \text{ u.r.}$$

Astfel, pentru cheltuielile totale aferente CHEAP pe durata de studiu obținem –

$$CTA_{CHE-AP} = CTA_I + CTA_{O\&M} + CTA_W = 216,43 + 50,83 + 228,71 = 495,97 \text{ mil.Euro.}$$

Evaluarea venitului brut VTA obținut de la realizarea energiei electrice pe PE

Venitul VTA poate fi determinat cu formula : $VTA = WTA_{PE} \cdot CNAE_{W,PE}$, în care WTA_{PE} reprezintă volumul total (actualizat) al energiei produse de CHEAP pe perioada de studiu, iar $CNAE_{W,PE}$ - costul unitar nivelat al energiei electrice pe PE pentru perioada de funcționare a CHEAP.

1. *Calculul volumului energiei electrice produse de centrală WTA_{PE}*

Volumul total actualizat al energiei electrice produse de centrală se determină cu formula:

$$WTA_{PE} = W_0 \cdot \bar{T}_{T,i} = 292000 \cdot 11,26 = 3287273 \text{ MWh}, \quad (A6.8)$$

W_0 - volumul energiei produse anual,

$\bar{T}_{T,i}$ - durata recalculată (actualizată) a perioadei de studiu, ce reflectă durata calendaristică a perioadei de calcul și rata de actualizare:

$$\bar{T}_{T,i} = [1 - (1 + i)^{-T}] / i = [1 - (1 + 0,08)^{-30}] / 0,08 = 11,26 \text{ ani}; \quad (A6.9)$$

i - rata de actualizare.

2. *Calculul costului nivelat al energiei electrice $CNAE_{W,PE}$ pe piața de echilibrare (PE) pentru perioada de funcționare a CHEAP*

Calculul $CNAE_{W,PE}$ se sprijină pe cunoașterea:

- unei valori a costului mediu anual al energiei pe PE (an de referință – 2019),
- ratei medii anuale de creștere a costului energiei pe PE în perioada retrospectivă ($r_{w,PE}$) și
- valorii prognozate a costului energiei pe PE în anul ce precede primul an de funcționare

$c_{W,0,PE}$

și se realizează cu aplicarea formulei:

$$CNAE_{W,PE} = c_{W,0,PE} \cdot \bar{T}_{T,x3} / \bar{T}_{T,i} = 142,896 \cdot 13,94 / 11,26 = 176,939 \text{ Euro/MWh}, \quad (A6.10)$$

unde: $c_{W,0,PE}$ valoarea de calcul a costului unitar mediu anual al energiei electrice pe piața de echilibrare la anul 2027, ce precede primul an de funcționare a CHEAP -

$$c_{W,0,PE} = c_{W,PE,19} \cdot (1 + r_{w,PE})^{27-19} = 121,96 \cdot 1,02^8 = 142,897 \text{ Euro/MWh};$$

$c_{W,PE,2019}$ - costului unitar al energiei electrice, înregistrat pe piața de echilibrare

în anul 2019, $c_{W,PE,2019} = 121,96 \text{ Euro/MWh};$

$\bar{T}_{T,x3}$ - durata recalculată (actualizată) a perioadei de calcul:

$$\bar{T}_{T,x3} = [1 - (1 + x_3)^{-T}] / x_3 = [1 - (1 - 0,0588)^{-30}] / 0,0588 = 13,94 \text{ ani};$$

x_3 - rata sintetică de recalculare a duratei perioadei de studiu:

$$x_3 = (1+i) / (1+r_{w,PE}) - 1 = (1+0,08) / (1+0,02) - 1 = 0,0588 ;$$

$r_{w,pe}$ - rata creșterii anuale a tarifului la energia electrică pe PE, $r_{w,pe} = 0,02$.

De observat, că costul nivelat al energiei efectiv prodse de CHEAP pe perioada de studiu constituie –

$$CNAE_{CHE-AP} = CTA_{CHE-AP} / WTA_{PE} = 495,97 \cdot 10^6 / 3287273 = 150,87 \text{ Euro/MWh.} \quad (A6.11)$$

3. *Calculul venitului brut VTA obșinut de la realizarea energiei electrice pe PE*

În final, pentru veniturile totale obținute de la furnizarea energiei electrice pe PE, avem -

$$VTA = WTA_{PE} \cdot CNAE_{w,PE} = 3287,273 \cdot 176,939 \cdot 10^{-3} = 581,65 \text{ mil.Euro.} \quad (A6.12)$$

unde: $CNAE_{w,PE}$ reprezintă costul nivelat al energiei pe piața de echilibrare,

WTA_{PE} - volumul total al energiei produse de CHEAP pe perioada de studiu.

Anexa 7. Modele de afaceri pentru stocarea energiei

a) Modelul de afaceri bazat pe Contracte de cumparare a energiei (Power Purchase Agreement - PPA)

Un calcul simplificat poate lua în considerare SRE combinat cu BESS, ca fiind cerințe pe care le solicită organizatorul unei licitații de tip PPA. Cerințele specifice unui contract PPA garantează faptul că energia va fi cumpărată un anumit număr de ani la prețul oferit, indiferent de condițiile de piață. În acest cadru, prețul cel mai mic oferit pentru energia livrată poate fi obținut printr-un calcul simplificat (fără a lua în considerare costuri financiare și legate de deprecierea valutei respective):

$$E_{SpPret} E_{GenLifetime} = P_{NomRES} C_{SpRES} + E_{NomBESS} C_{SpBESS} \quad (A11.1)$$

$$E_{SpPret} P_{NomRES} E_{RESAn} N_{AniPPA} = P_{NomRES} C_{SpRES} + E_{NomBESS} C_{SpBESS}, \quad \text{cu} \quad E_{GenLifetime} = \frac{P_{NomRES} E_{RESYear} N_{AniPPA}}{P_{NomRES} E_{RESAn} N_{AniPPA}} \quad (A11.2)$$

unde E_{SpPret} este prețul minim pentru un kWh sau MWh în cadrul contractului PPA (de ex. Euro/MWh vândut), P_{NomRES} este puterea nominală a centralei SRE (de ex. MW instalat), C_{SpRES} este prețul specific al investiției în SRE (de ex. Euro/kW instalat), $E_{NomBESS}$ este capacitatea în baterii cerută de PPA să fie adăugată local la centrala RES, C_{SpBESS} este prețul specific pentru investiția în BESS (de ex. Euro/kWh instalat), E_{RESAn} este energia produsă într-un an de o unitate de putere instalată în SRE (de ex. în kWh / an / $kWh_{Instalat}$) și N_{AniPPA} este perioada contractuală prevăzută în contractul PPA. Funcție de diversele valori de intrare se pot obține diferite rezultate, acest capitol concentrându-se însă pe modele de calcul și nu pe o analiză detaliată a diverselor soluții. Există însă deja câteva exemple de prețuri scăzute în cadrul contractelor PPA în care centralele fotovoltaice sau eoliene includ și elemente de stocare.

b) Modelul de Stocare ca Serviciu prestat („Storage as a Service” - SaaS)

Pentru acest model, un calcul simplificat al SaaS poate fi făcut pe baza următoarelor date de intrare:

- prețul de achiziție (investiția) pentru un kWh instalat de sistemul de stocare $Price_{1kWh}$, pentru o anumită tehnologie BESS.

Observația 1: din motive practice, prețul trebuie să includă atât bateriile propriu-zise cât și sistemul de management al bateriei (BMS) și invertoarele asociate sistemului, pentru conexiunile uzuale în AC. Un exemplu de preț specific a fost prezentat în figura 4.8 de mai sus.

Observația 2: pentru acest preț unitar pot exista variații de preț funcție de raportul $K_{E/P} =$

E_{Nom}/P_{Nom} . În exemplu de mai sus, $K_{E/P} = 4$, o valoare specifică mai multor BESS instalate deja în California, reprezentând faptul că energia bateriei este de 4 ori mai mare decât puterea invertoarelor, permițând ca bateria să furnizeze puterea nominală în sistem, timp de până la 4 ore, adică perioada specifică pentru un vârful de seară. În aplicații de tip SaaS, raportul $K_{E/P}$ este în domeniul 1 .. 4, valorile mai des întâlnite fiind în domeniul 2 până la 4.

- numărul de cicluri complete care este acceptat pe întreaga durată de viață a bateriei N_{Cycles} . În mod uzual, se consideră că la sfârșitul duratei de viață normale există încă o energie utilizabilă (Capacitate), de exemplu descrisă de nivelul de încărcare Ch_{Nivel} ca fiind 80% din capacitatea inițială, nivel maxim obținut după un număr de cicluri complete de încărcare-descărcare $N_{Cicluri_{80\%}}$. Acest nivel maxim la sfârșitul perioadei de viață normale sugerează faptul că se poate aplica și o exploatare a BESS după acest moment, numit „second life”.

- nivelul maxim de descărcare, sau adâncimea de descărcare (depth of discharge - DOD), care este în domeniul 0 până la 100% sau [0 .. 1]. DOD depinde de tehnologie, fiind pentru bateriile de tip Li-Ion cu valori uzuale în domeniul 80-90% DOD, iar pentru bateriile de tip REDOX (flow batteries) se poate ajunge la DOD=100%. Formula tipică pentru energia (capacitatea) utilizabilă este:

$$E_{Utilizabil} = E_{Capacit} * DOD \quad (A11.3)$$

Pentru $Pret_{1kWh} = 350$ Euro/kWh (valoare care depășește puțin valorile din figura 1, astfel încât să țină cont și de costuri adiționale, cum ar fi cele financiare), pentru $N1_{Cicluri} = 4000$ cicluri, $Ch_{Nivel1} = 0.8$, $N2_{Cicluri} = 2000$, $Ch_{Nivel1} = 0.6$ și considerând $E_{BESS} = 1$ (adică o unitate), formulele anterioare duc la următoarele rezultate:

$$Pret_{V1_{SaaS}} = \frac{350}{E_{TOT_{BESS}}} = \frac{350}{4000} = 0,0875 \text{ Eur/kWh}$$

$$Pret_{V2_{SaaS}} = \frac{350}{0.9 * 4000} = 0,0972 \text{ Eur/kWh}$$

$$Pret_{V3_{SaaS}} = \frac{350}{4000 + 0.7 * 2000} = 0,055 \text{ Eur/kWh}$$

DECLARAȚIA PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII

Subsemnata, declar, pe răspundere personală că, materialele prezentate în teza de doctorat sunt rezultatul propriilor cercetări și realizări științifice. Conștientizez că, în caz contrar, urmează să suport consecințele în conformitate cu legislația în vigoare.

Efremov Cristina

Semnătura

Data 09 septembrie 2021

CURRICULUM VITAE



Informații personale

Numele / Prenumele **EFREMOV Cristina**

Adresa bd. Ștefan cel Mare, 168, MD-2004,
Chișinău, Republica Moldova

Număr de telefon +37369110400; +37378802041
Viber / WhatsApp +37369110400

Adresa de email cristina.efremov@adm.utm.md;
cefremov84@gmail.com

Data nașterii 30.09.1984

Naționalitatea Moldovean



Studii

1. Liceul teoretic român-englez „Ion Creangă” – (1991 - 2003);
2. Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea – Tehnologie și Management în Industria Alimentară (2003 - 2007);
3. Universitatea Pedagogică de Stat “Ion Creangă” – domeniul de formare profesională “Științe ale educației - Pedagogie” (2010 - 2014);
4. Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea – Energie și Inginerie Electrică (Master în Inginerie și activități ingineresti (programul de studii: Energie și Mediu): 2016 - 2018);
5. Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea – Energie și Inginerie Electrică (Studii Superioare de Doctorat – Sisteme și tehnologii energetice: 2018 – 2021);
6. Academia de Studii Economice din Moldova Centrul de Instruire și Consultanță în Afaceri MACIP (programul de studii: Contabilitate și Contabilitate 1C) – certificat de perfecționare (2017);
7. Școala de limbi străine „Linguata” (Certificat Cambridge Internațional – Nivelul C1 - Advanced) – 2018 – 2020;
8. Institutul „Confucius” din cadrul ULIM (cursuri de limbă chineză) – 2018 – până în prezent.

Activitatea științifică (cercetare și dezvoltare)

Elaborarea standardelor naționale și documentelor normative în RM de bază în domeniul alimentării cu căldură și eficiență energetică - în calitate de autor

Distincții

Bursa de Excelență a Guvernului pentru cel mai bun Doctorand în anul 2020

Stagiul de muncă în detaliere

activitate științifică – mai mult 11 ani (din anul 2009 până în prezent)

Poziția de muncă

- S.A. „Franzeļuța” – inginer – tehnolog (28.08.2007 – până în 2016);
- S.A. “Gradient-Co” – specialist principal (2010 - 2015);
- S.A. “Gradient-Co” – director pe sectorul științific (2016 – 2021);
- Ministerul Educației – proiect GOPA (2014 - 2015);
- Institutul de Cercetări Științifice în Construcții INCERCOM – elaborator de documente normative naționale în construcții (2015 – până în prezent);

- Compania Internațională “Mercados AF Consult Group” – Eficiența energetică în clădiri (2015 – 2017);
 - Ministerul Economiei și Infrastructurii - Membru al Comitetului Tehnic pentru normare tehnică și standardizare în construcții CM (01 - 04) „Eficiența energetică a clădirilor și construcțiilor” (2016 – până în prezent);
 - Universitatea Tehnică a Moldovei – Lector universitar: predarea unui curs de prelegeri și seminare în cadrul UTM: „Surse regenerabile de energie” și „Eficiența Energetică” (2018 – până în prezent);
 - Ministerul Economiei și Infrastructurii - Membru al Comitetului Tehnic pentru normare tehnică și standardizare în construcții CT-C G.04 „Instalații termice, de ventilare și condiționare a aerului” (2019 – până în prezent);
 - OSCE/ODIHR – (2019);
 - OSCE/ODIHR – (2021);
 - **Universitatea Tehnică a Moldovei – Șef Serviciu Relații Internaționale (din iulie 2021 – până în prezent)**
 - Proiect “GOPA” – 2014 – 2015 (Uniunea Europeană) în calitate de elaborator;
 - Proiect Moldova Energy Sector Reform and Efficiency Improvement Projects “Technical Assistance to Capacity building for Sustainable Energy Management” (Asistența tehnică pentru dezvoltarea calitativă a managementului energiei durabile) – 2015 - 2017;
 - Achiziții Publice din cadrul MDRC - Contract 08 de achiziționare a serviciilor: “Elaborare documente normative în construcții” (2016-2018);
 - Proiect de cercetare instituțională „Către o autonomie energetică a Republicii Moldova” Codul proiectului: 15.817.03.01A înregistrat la Agenția Națională pentru Cercetare și Dezvoltare. Proiectul nr. 50 inst., 2015-2020.
- Participare în proiecte internaționale
- Română

Limba maternă
Alte limbi străine
cunoscute

ÎNȚELEGERE		VORBIRE		SCRIERE
Ascultare	Citire	Participare la conversație	Discurs oral	
Limba rusă	C2	C2	C2	C2
Limba engleză	C1	C2	C1	C2
Limba franceză	B2	B2	B1	B1
Limba chineză	A2	A2	A2	A2

Competențe
informatic

Programe PC : Windows, Excel, Office Word, Power Point, AutoCAD.

Permis de
conducere

Cat. B