

# **CERCETĂRI PRIVIND PROGNOZA EMISIILOR PENTRU PRINCIPALELE GAZE CU EFECT DE SERĂ**

Teză destinată obținerii  
titlului științific de doctor inginer  
la  
Universitatea Politehnica Timișoara  
în domeniul INGINERIE MECANICĂ  
de către

**Ing. Roxana Ivan**

Conducător științific:  
Referenți științifici:

prof. univ. dr. ing. habil Ioana Ionel  
prof. univ. dr. ing. habil László Makra  
prof. univ. dr. habil Horia Paulescu  
prof. dr. ing. ec. Dumitru Țucu

Ziua susținerii tezei: 6 iulie 2018

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

- |   |  |
|---|--|
| 1. Automatică                               | 10. Știința Calculatoarelor                |
| 2. Chimie                                   | 11. Știința și Ingineria Materialelor      |
| 3. Energetică                               | 12. Ingineria sistemelor                   |
| 4. Ingineria Chimică                        | 13. Inginerie energetică                   |
| 5. Inginerie Civilă                         | 14. Calculatoare și tehnologia informației |
| 6. Inginerie Electrică                      | 15. Ingineria materialelor                 |
| 7. Inginerie Electronică și Telecomunicații | 16. Inginerie și Management                |
| 8. Inginerie Industrială                    | 17. Arhitectură                            |
| 9. Inginerie Mecanică                       | 18. Inginerie civilă și instalații         |

Universitatea Politehnica Timișoara a inițiat seriile de mai sus în scopul diseminării expertizei, cunoștințelor și rezultatelor cercetărilor întreprinse în cadrul școlii doctorale a universității. Seriile conțin, potrivit H.B.Ex.S Nr. 14 / 14.07.2006, tezele de doctorat susținute în universitate începând cu 1 octombrie 2006.

Copyright © Editura Politehnica – Timișoara, 2018

Această publicație este supusă prevederilor legii dreptului de autor. Multiplicarea acestei publicații, în mod integral sau în parte, traducerea, tipărirea, reutilizarea ilustrațiilor, expunerea, radiodifuzarea, reproducerea pe microfilme sau în orice altă formă este permisă numai cu respectarea prevederilor Legii române a dreptului de autor în vigoare și permisiunea pentru utilizare obținută în scris din partea Universității Politehnica Timișoara. Toate încălcările acestor drepturi vor fi penalizate potrivit Legii române a drepturilor de autor.

România, 300159 Timișoara, Bd. Republicii 9,  
Tel./fax 0256 403823  
e-mail: editura@edipol.upt.ro

## CUVÂNT ÎNAINTE

Teza de doctorat a fost elaborată pe parcursul activității desfășurate în cadrul Departamentului de Mașini Mecanice Utilaje și Transporturi (MMUT) al Universității Politehnica Timișoara.

Lucrarea tratează aspecte legate de fenomenul schimbări climatice, analizează și selectează metoda optimă de prognoză a gazelor cu efect de seră ce poate fi aplicată la nivel național, evidențiind importanța preocupărilor legate de promovarea metodelor de reducere a emisiilor responsabile de acest proces.

Pentru îndrumarea de înaltă competență științifică, pentru profesionalismul și implicarea pe tot parcursul stagiului doctoral, pentru încrederea acordată, aduc mulțumirile mele conducătorului științific, doamnei prof. dr. ing. habil Ioana IONEL.

Mulțumirile mele se îndreaptă și către prof. univ. dr. ing. habil László MAKRA, Universitatea din Szeged, Ungaria, prof. dr. habil Marius Horia PAULESCU, Universitatea de Vest din Timișoara, prof. dr. ing. ec. Dumitru ȚUCU, Universitatea Politehnica Timișoara, precum și președintelui comisiei doctorale, prof. univ. dr. ing. Ilarie BORDEAȘU, Universitatea Politehnica Timișoara.

Mulțumesc membrilor comisiei de îndrumare: prof. univ. dr. ing. Dorin LELEA, conf. dr. ing. Adina NEGREA și S. L. dr. ing. Sorin NANU pentru competența cu care au coordonat etapele parcurse în vederea elaborării tezei.

Mulțumesc colegilor din cadrul Institutului de Studii și Proiectări Energetice, pentru inițierea și îndrumarea în domeniul complex și fascinant al ingineriei mediului.

Mulțumesc familiei mele: părinților, care prin încredere acordată și puterea exemplului mi-au înlesnit dintotdeauna dorința către cunoaștere, lui George, care m-a susținut și a avut încredere în mine, lui Carmen, care mi-a fost un ajutor de nădejde și nu în ultimul rând lui Iachint, care m-a inspirat și motivat prin simpla-i existență.

Timișoara, decembrie 2017

Roxana IVAN

*„Nu moștenim Pământul de la străbunii noștri, ci îl împrumutăm de la copiii noștri.”*

*(proverb indian)*

*Dedic această lucrare tuturor celor care mi-au îngăduit absența din viețile lor, pe tot parcursul elaborării și susținerii ei.*

Ivan, Roxana

**Cercetări privind prognoza emisiilor pentru principalele gaze cu efect de seră**

Teze de doctorat ale UPT, Seria 9, Nr. 179, Editura Politehnica, 2018, 130 pagini, 51 figuri, 12 tabele.

ISSN:1842-4937

ISBN:978-606-35-0217-0

Cuvinte cheie:

*schimbări climatice, gaze cu efect de seră, surse antropice, prognoză, modelare, analiză multicriterială, metode reducere*

Rezumat,

Lucrarea tratează principalele aspecte referitoare la fenomenul schimbărilor climatice, în cuprinsul ei fiind descris spectrul activităților antropice cu o contribuție semnificativă la sporirea acestui proces.

Teza are ca obiectiv analiza principalelor modele utilizate pentru prognoza emisiilor de gaze cu efect de seră (GES) la nivel internațional, în scopul selectării metodei optime ce poate fi aplicată la nivel național.

Modelele propuse au fost evaluate în cadrul unei analize multicriteriale pe baza unor criterii de selecție precum flexibilitate, robustețe, complexitate, transparență și necesar de date disponibile.

În urma selecției, cel mai bun punctaj a fost obținut de modelul LEAP. Cu ajutorul acestuia au fost elaborate prognozele emisiilor de GES la nivel național, pentru orizontul de timp 2050, în ipoteza a trei scenarii de evoluție a portofoliului de politici de mediu și a indicatorilor macroeconomici.

În cuprinsul lucrării sunt evidențiate măsurile de limitare a emisiilor de GES, aplicabile la nivel național și sunt prezentate potențialele riscuri identificate în cazul ignorării semnalelor de alarmă cu privire la pericolul asociat schimbărilor climatice, sau în cazul întârzierii aplicării măsurilor de reducere.

# CUPRINS

Lista de figuri.....	7
Lista de tabele .....	8
Lista de formule.....	8
Notății, abrevieri, acronime .....	9
<b>1.INTRODUCERE .....</b>	<b>11</b>
1.1.Scopul tezei.....	11
1.2.Obiectivele tezei .....	12
<b>2.CONSIDERAȚII GENERALE PRIVIND SCHIMBĂRILE CLIMATICE.....</b>	<b>13</b>
2.1.Clima și sistemul climatic .....	13
2.2.Considerații generale privind efectul de seră.....	16
2.3.Gazele cu efect de seră.....	19
2.3.1.Dioxidul de carbon (CO <sub>2</sub> ) .....	22
2.3.2.Metanul (CH <sub>4</sub> ) .....	24
2.3.3.Protoxidul de azot (N <sub>2</sub> O).....	26
2.3.4.Hidrofluorcarburi și perfluorcarburi (HFC, PFC) .....	27
2.3.5.Hexafluorura de sulf (SF <sub>6</sub> ) .....	28
2.4.Potențialul de încălzire globală.....	28
<b>3.ACȚIUNI ÎNTREPRINSE ÎN DOMENIUL SCHIMBĂRILOR CLIMATICE.....</b>	<b>30</b>
3.1.Acțiuni derulate la nivel global .....	30
3.2.Acțiuni desfășurate la nivelul Uniunii Europene.....	31
3.3.Acțiuni întreprinse la nivel național .....	32
<b>4.CONTRIBUȚIA SECTORIALĂ A GES ÎN ROMÂNIA.....</b>	<b>35</b>
<b>5.METODE DE ESTIMARE A PROGNOZELOR EMISIILOR DE GES.....</b>	<b>39</b>
5.1.Introducere .....	39
5.2.Modele de analiză și prognoză .....	39
5.3.Studiu de caz 1. Adaptare modelului ENPEP în scopul estimării emisiilor GES la nivel național .....	45
5.4.Studiu de caz 2. Adaptarea modelului LEAP în scopul estimării emisiilor la nivel național .....	49
<b>6.ANALIZA MULTICRITERIALĂ A MODELELOR DE PROGNOZĂ.....</b>	<b>55</b>
<b>7.PROGNOZA EMISIILOR DE GES .....</b>	<b>58</b>
7.1.Date de intrare utilizate pentru realizarea prognozelor de emisii la nivel național, utilizând modelul LEAP .....	58
7.2.Sectoare analizate .....	59
7.2.1.Gospodării.....	59
7.2.2.Sectorul Agricultură .....	60
7.2.3.Servicii.....	60
7.2.4.Industrie.....	60
7.2.5.Transporturi.....	61
7.2.6.Energie .....	61

<b>7.3.Scenarii analizate .....</b>	<b>63</b>
<b>7.3.1.Scenariul BAU .....</b>	<b>63</b>
<b>7.3.2.Scenariul Optimist (OPT) .....</b>	<b>64</b>
<b>7.3.3.Scenariul Pesimist (PES).....</b>	<b>65</b>
<b>7.4.Prognozele emisiilor GES pentru România realizate cu ajutorul modelului LEAP.....</b>	<b>65</b>
<b>7.5.Evaluarea incertitudinilor .....</b>	<b>70</b>
<b>8.SPECTRUL OPȚIUNILOR PRIVIND REDUCEREA EMISIILOR GES .....</b>	<b>74</b>
<b>8.1. Eficiența energetică .....</b>	<b>75</b>
<b>8.2. Exploatarea SRE .....</b>	<b>75</b>
<b>9.CONCLUZII FINALE ȘI APORT PERSONAL .....</b>	<b>77</b>
<b>9.1.Concluzii punctuale ale cercetării .....</b>	<b>77</b>
<b>9.2.Comentarii ale autorului .....</b>	<b>84</b>
<b>9.3.Concluzii finale și revendicări .....</b>	<b>85</b>
<b>ANEXE.....</b>	<b>87</b>
A1. Estimări privind modificarea temperaturii medii anuale în perioada 2071-2100 .	87
A2. Evoluția precipitațiilor medii anuale până la sfârșitul secolului .....	88
A3. Gazele cu efect de seră și valorile indicatorului GWP .....	89
A4. Legislația internațională relevantă privind schimbările climatice .....	91
A5. Legislația europeană aplicabilă domeniului schimbărilor climatice .....	92
A6. Legislația națională aplicabilă domeniului schimbărilor climatice .....	93
A7. Cadrul instituțional al României cu privire la schimbările climatice .....	94
A8. Descrierea principalelor modele de prognoză a emisiilor de GES utilizate la nivel global .....	95
A9. Interfața și cerințele modelului LEAP.....	97
A10. Evoluția variabilelor macroeconomice considerate în modelul LEAP – la nivel național .....	100
A11. Infografic privind riscul asociat schimbărilor climatice .....	102
<b>BIBLIOGRAFIE .....</b>	<b>105</b>
<b>SUMMARY OF PHD THESIS .....</b>	<b>113</b>

## LISTA DE FIGURI

Figura 2.1. Componentele sistemului climatic și interacțiunile dintre acestea, [4] ..	13
Figura 2.2. Structura atmosferei, [9] .....	15
Figura 2.3. Momente istorice în studiul climatologiei și al efectului de seră .....	15
Figura 2.4. Temperatura la suprafața planetelor sistemului solar, cu/fără prezența efectului de seră .....	17
Figura 2.5. Diferența de temperatură observată (°C) în comparație cu temperatura medie din perioada 1961–1990, [15] .....	18
Figura 2.6. Ponderea emisiilor de GES la nivel global, [19] .....	19
Figura 2.7. Distribuția emisiilor globale de GES pe categorii de activități economice, [20] .....	20
Figura 2.8. Principalii emitenți de CO <sub>2</sub> la nivel global la nivelul anului 2011, [21] ..	20
Figura 2.9. Situația emisiilor GES la nivel european, [104] .....	21
Figura 2.10. Distribuția emisiilor de GES pe categorii de activități economice, la nivel european, [104] .....	22
Figura 2.11. Evoluția concentrației medii globale a fracției molare de CO <sub>2</sub> , în părți per milion, [24] .....	23
Figura 2.12. Rata de creștere medie anuală a concentrației globale de CO <sub>2</sub> , [24] ..	24
Figura 2.13. Evoluția concentrației medii globale a fracției molare de CH <sub>4</sub> , în părți per miliard, [24] .....	25
Figura 2.14. Rata de creștere medie anuală a concentrației globale de CH <sub>4</sub> , [24] ..	26
Figura 2.15. Evoluția concentrației medii globale a fracției molare de N <sub>2</sub> O, în părți per miliard, [24] .....	27
Figura 2.16. Rata de creștere medie anuală a concentrației globale de N <sub>2</sub> O, [24] ..	27
Figura 3.1. Schimbări înregistrate în temperatura medie anuală, pe teritoriul României, [93] .....	33
Figura 4.1. Evoluția emisiilor de GES la nivel național, [44] .....	35
Figura 4.2. Tendința emisiilor de GES, pe sectoare de activitate, [44] .....	36
Figura 4.3. Emisiile sectoriale de GES în 2014 [%], [44] .....	37
Figura 4.4. Efectul emisiilor de GES în economia unei țări, [45] .....	38
Figura 5.1. Caracteristicile unui model de prognoză .....	40
Figura 5.2. Prognoză vs backcast, [50] .....	41
Figura 5.3. Caracteristicile modelelor "Top Down" .....	42
Figura 5.4. Caracteristicile modelelor "Bottom Up" .....	42
Figura 5.5. Schema sistemului integrat de modelare ENPEP pentru prognoza și evaluarea opțiunilor de reducere a GES la nivel național .....	46
Figura 5.6. Structura necesarului de date a modelului ENPEP, pentru realizarea prognozei emisiilor GES la nivel național [57] .....	48
Figura 5.7. LEAP - Fluxul de calcul, [59] .....	50
Figura 5.8. Harta aplicațiilor LEAP, [60] .....	50
Figura 5.9. Realizarea scenariilor în modelul LEAP .....	52
Figura 5.10. Baza de date de intrare, utilizată pentru realizarea prognozei GES la nivel național cu ajutorul modelului LEAP .....	53
Figura 5.11. Prognozele generate de modelul LEAP .....	54
Figura 7.1. Structura datelor utilizate de modelul LEAP .....	59
Figura 7.2. Structura energiei electrice pe tipuri de resurse – 2016, [69] .....	62
Figura 7.3. Scenariile analizate cu ajutorul modelului LEAP .....	63
Figura 7.4. Evoluția cererii de energie electrică pentru cele trei scenarii analizate .	66

Figura 7.5. Evoluția producției de energie electrică pentru cele trei scenarii analizate .....	66
Figura 7.6. Emisii sectoriale de GES, scenariul BAU .....	688
Figura 7.7. Emisii sectoriale de GES, scenariul OPT .....	69
Figura 7.8. Emisii sectoriale de GES, scenariul PES.....	69
Figura 7.9. Erori de măsurare.....	71
Figura 7.10. Etapele de verificare a datelor de intrare.....	722
Figura 7.11. Caracteristici privind calitatea datelor de intrare .....	733
Figura 9.1. Gaze cu efect de seră.....	77
Figura 9.2. Momente cheie privind efortul diplomatic de reducere a GES.....	78
Figura 9.3. Tipuri de modele de prognoză analizate.....	79
Figura 9.4. Criteriile de selecție utilizate în cadrul analizei multicriteriale.....	80
Figura 9.5. Descrierea modelului LEAP.....	81
Figura 9.6. Descrierea scenariilor utilizate în cadrul modelului de prognoză.....	82
Figura 9.7. Evoluția emisiilor de GES pentru cele trei scenarii analizate.....	82
Figura 9.10. Metode de reducere a GES la nivel național.....	83

## LISTA DE TABELE

Tabel 2.1. Compoziția atmosferei, [10].....	15
Tabel 2.2. Caracteristicile principalelor GES, [5,44] .....	29
Tabel 3.1. Situația obiectivelor politice asumate de România, [43] .....	34
Tabel 5.1. Instrumente de planificare și analiză utilizate de diverse țări, [52] .....	44
Tabel 5.2. Matricea de evaluare a modelelor de prognoză .....	45
Tabel 6.1. Indicatori de ierarhizare.....	56
Tabel 6.2. Ponderile criteriilor de selecție .....	56
Tabel 6.3. Matricea cadru de evaluare multicriterială a modelelor de prognoză .....	57
Tabel 7.1. Proiecțiile Națiunilor United privind evoluția populației din România, [71] .....	64
Tabel 7.2. Emisii naționale de GES .....	67
Tabel 7.3. Emisiile naționale de GES repartizate pe sectoare .....	67
Tabel 8.1. Sursele regenerabile de energie disponibile pe teritoriul României,.....	766

## LISTA DE FORMULE

(i) Ecuația variabilității climatice .....	14
(ii) Calculul potențialului de încălzire globală .....	28
(iii) Analiza multicriterială – metoda însumării ponderilor .....	55
(iv) Formula de calcul a emisiilor de CO <sub>2</sub> .....	69
(v) Formula de calcul a valorii de referință a erorii cu caracter convențional .....	70



## NOTAȚII, ABREVIERI, ACRONIME

AF	Accounting Framework/ Plan de conturi
ANL	Argonne National Laboratory/ Laboratorul Național Argonne - SUA
ANM	Administrația Națională de Meteorologie
ANPM	Agencia Națională de Protecția Mediului
ANRE	Autoritatea Națională de Reglementare în domeniul Energiei
BK	Backcasting/ Prognozare inversă
BAU	Business As Usual / Menținerea trendului istoric
BERD	Banca Europeană pentru Reconstrucție și Dezvoltare
BU	Bottom Up/ Abordare a modelelor de prognoză de jos în sus
CSC	Captarea și stocarea dioxidului de carbon
CE	Comisia Europeană
COP	Conference of the Parties/ Conferința Părților
CO <sub>2</sub>	Dioxid de carbon
CH <sub>4</sub>	Metan
EE	Eficiență energetică
EFOM	Energy Flow Optimisation Model/ Model de optimizare a fluxului energetic
EMCAS	Electricity Market Complex Adaptive Systems/ Sistemele adaptative complexe privind piața energiei electrice
ENPEP	Energy and Power Evaluation Program/ Pachet de programe de planificare energetică
EU ETS	European Union Emissions Trading System/ Schema europeană de tranzacționare a certificatelor de emisii de gaze cu efect de seră
EUROSTAT	Stands for Statistical Office of the European Communities/ Biroul de statistică al Uniunii Europene
GEM-E3	General Equilibrium Model for Energy-Environment-Economy/ Model integrat de echilibru care înglobează aspecte privind sectorul energetic, protecția mediului și economie
GES	Gaze cu efect de seră
GTMAX	Generation and Transmission Maximisation Model / Model de maximizare a funcționării sistemului energetic
GWP	Global Warming Potential/ Potențial de încălzire globală
HFC	Hidrofluorcarburi
HG	Hotărâre de Guvern
IIASA	Institute for Applied Systems Analysis/ Institutul Internațional pentru Analiza Sistemelor Aplicate
IMAGE	Integrated Model to Assess the Global Environment/ Model integrat de evaluare a stării mediului la nivel global
INEGES	Inventarul Național de Emisii de Gaze cu Efect de Seră
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change/ Comitetului Interguvernamental pentru Schimbări Climatice
ISO	International Organization for Standardization/ Organizația Internațională de Standardizare
ISPE	Institutul de Studii și Proiectări Energetice
LEAP	Long-range Energy Alternatives Planning/ Planificarea alternativelor energetice pe termen lung

LULUCF	Land Use, Land-Use Change and Forestry/ Folosința terenului, schimbarea folosinței terenurilor și silvicultură
MAED	Model for Analysis of Energy Demand/ Model pentru analiza cererii de energie
MARKAL	MARKet Allocation Model/ Model de alocare privind piața de energie
MEDEE	Model for long-term Energy Demand Evaluation/ Model pentru evaluarea cererii de energie pe termen lung
MERCI	Model for Evaluating Regional Climate change Impacts/ Model privind evaluarea schimbărilor climatice la nivel regional
MESAP	Modular Energy System Analysis and Planning Environment/ Model de analiză și planificare a sistemelor energetice
MESSAGE	Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impact/ Modelul alternativelor strategiei de furnizare a energiei și impactul asupra mediului
N <sub>2</sub> O	Protoxid de azot
NF <sub>3</sub>	Trifluorură de azot
NEMS	National Energy Modeling System/ Program de modelare a sistemului energetic național
OMM	Organizația Mondială de Meteorologie
ONU	Organizația Națiunilor Unite
PFPME	Perfluoropolimetilizopropil eter
PFC	Perfluorocarburi
PNA	Planul Național de Alocare
POLES	Prospective outlook on Long term Energy Systems/ Model privind evoluția sistemele energetice pe termen lung
PRIMES	Program for Interdisciplinary Mathematics, Ecology, and Statistics/ Program interdisciplinar matematica-ecologie-statistică
DMI/PRUDENCE	Danish Meteorological Institute/ Prediction of Regional scenarios and Uncertainties for Defining European Climate change risks and Effects/ Institutul meteorologic danez/ Prognoza scenariilor regionale și a incertitudinilor privind definirea riscurilor și efectelor schimbărilor climatice la nivel European
SEI	Stockholm Environment Institute/ Institutul pentru Mediu din Stockholm
SF <sub>5</sub> CF <sub>3</sub>	Pentafluorură de sulf-trifluormetil
SF <sub>6</sub>	Hexafluorură de sulf
SM	Stat membru
SRE	Surse regenerabile de energie
TD	Top Down/ Abordare a modelelor de prognoză de sus în jos
toe	tonne of oil equivalent/ tone echivalent petrol
UE	Uniunea Europeană
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change/ Convenția-cadru a Națiunilor Unite privind schimbările climatice
WASP	Sistem Automat Wien Planning Package/ Sistem automat de planificare energetică

# 1.INTRODUCERE

## 1.1. Scopul tezei

Schimbările climatice sunt considerate în prezent de către comunitatea științifică internațională, o amenințare ireversibilă pentru societate, iar adoptarea măsurilor pentru reducerea emisiilor de GES, în conformitate cu obiectivele UNFCCC (Convenției-cadru a Națiunilor Unite privind schimbărilor climatice) și ale Protocolului de la Kyoto reprezintă o componentă fundamentală a politicii naționale privind această problemă.

Subiectul "schimbări climatice" este unul îngrijorător și este direct legat de creșterea concentrației de GES în atmosferă, în principal datorită activităților antropice.

Conform estimărilor Comitetului Interguvernamental pentru Schimbări Climatice (IPCC), precipitațiile din regiunea din care face parte România se vor modifica, astfel încât iernile vor deveni mai umede și verile mai uscate, iar temperaturile vor suferi modificări considerabile (vezi anexele A1 și A2).

La nivel internațional în decembrie 2015 a fost adoptat Acordul de la Paris, primul acord istoric aplicabil la nivel global, obligatoriu din punct de vedere juridic, care creează premisele pentru o dezvoltare durabilă asigurând totodată tranziția către o economie cu un conținut redus de carbon și o societate rezilientă la efectele schimbărilor climatice [1].

La nivel global impactul schimbărilor climatice se reflectă în fenomene precum: creșterea temperaturii medii cu variații semnificative la nivel regional, diminuarea resurselor de apă pentru populație, reducerea volumului calotelor glaciare, creșterea nivelului oceanelor, modificarea ciclului hidrologic, modificări în desfășurarea anotimpurilor, creșterea frecvenței și intensității fenomenelor meteorologice extreme, toate acestea cu un impact puternic asupra biodiversității și a calității vieții [17].

Scopul tezei de doctorat este acela de a genera un semnal de alarmă cu privire la pericolul reprezentat de schimbările climatice și de a identifica și aplica la nivel național un model de prognoză a gazelor cu efect de seră potrivit, pentru a creiona o perspectivă și a atrage atenția asupra necesității aplicării imediate a măsurilor de reducere.

## 1.2. Obiectivele tezei

**Obiectivul general** al lucrării constă în selectarea unui model de prognoză care să permită identificarea sectoarelor de activitate cu o contribuție semnificativă în cantitatea totală de emisii GES generate la nivel național, în corelație cu dezvoltarea economico-socială a țării, care să poată fi adaptat cu rezultate bune la nivel național.

De asemenea, cu ajutorul modelului selectat sunt elaborate prognoze de emisii de GES pentru diferite scenarii privind portofoliul de politici de mediu al României pe orizontul de timp 2050, ceea ce ne va permite evidențierea modul în care România acționează pentru conformarea cu prevederile UNFCCC și Protocolul de la Kyoto. Modelul selectat utilizează atât date istorice precum și prognoze ale indicatorilor macroeconomici avuți în vedere în strategiile Guvernului României și în politicile adoptate pentru dezvoltarea economico-socială a țării în corelație cu directivele Uniunii Europene.

**Motivația** alegerii acestei teme are la bază în primul rând considerente de natură etică privind problemele majore de protecția mediului semnalate în domeniul schimbărilor climatice de cercetători din întreaga lume, cât și dorința de aprofundare a domeniului de studiu pe care l-am ales începând cu lucrarea de licență („*Scenarii privind limitarea emisiilor de gaze cu efect de seră într-o centrală termoelectrică*”) și continuând cu lucrarea de disertație, ce a avut ca principal obiectiv „*Evaluarea tehnico – economică și ecologică a metodelor de captare, transport și stocare a dioxidului de carbon*”.

**Rezultatul lucrării** constituie un semnal de alarmă privind impactul generat de activitățile antropice asupra mediului.

Principalele **obiective specifice** ale cercetării sunt:

- Evidențierea importanței reducerii emisiilor de GES în contextul schimbărilor climatice, cu care societatea contemporană deja se confruntă;
- Analiza și compararea modelelor de prognoza, utilizate în prezent la nivel internațional;
- Identificarea criteriilor relevante în scopul selectării modelului optim ce poate fi adaptat pentru România, cu ajutorul analizei multicriteriale;
- Elaborarea prognozelor de emisii în diferite scenarii (pe orizont de timp 2050), cu ajutorul modelului rezultat în urma metodologiei de selecție;
- Propuneri și recomandări privind măsurile de reducere a emisiilor de GES la nivel național.



Variațiile pe termen scurt sunt cunoscute sub denumirea de fluctuații care sunt foarte frecvente, în timp ce variațiile pe termen lung sunt asociate schimbărilor climatice [3].

**Ecuatia variabilității climatice** a fost publicată pentru prima dată în anul 2003 de fizicianul James A. Marusek, [5], și reprezintă un model ce evidențiază acțiunea factorilor naturali asupra schimbărilor climatice.

Ecuatia (i) exprimă variația temperaturii medii globale anuale în funcție de principalii factori, astfel:

$$T_g = f(E_{si}, E_m, 1/F_{cr}, 1/F_{scp}, I_m, I_h, C_{CO_2}, 1/C_{SO_2}, 1/H_t)$$

(i) Ecuatia variabilității climatice

Unde:

$T_g$  - temperatura medie anuală globală

$E_{si}$  - energia radiației solare

$E_m$  - energia magmatică ce traversează scoarța terestră dinspre mantaua vâscoasă

$F_{cr}$  - energia radiațiilor cosmice

$F_{scp}$  - energia particulelor vântului solar care ating atmosfera

$I_m$  - intensitatea magnetosferei (câmpul magnetic exterior și câmpul magnetic interior)

$I_h$  - intensitatea heliopauzei (câmpul magnetic al Soarelui)

$C_{CO_2}$  - concentrația emisiilor de GES care favorizează încălzire globală (CO<sub>2</sub>, etc.)

$C_{SO_2}$  - concentrația emisiilor de GES, aerosoli care favorizează răcire globală (SO<sub>2</sub>, etc.)

$H_t$  - factor de transport și autoreglare termohidrică în oceane și atmosferă [5]

Cea mai importantă componentă a schimbărilor globale o reprezintă schimbarea climei care este determinată atât de factori interni cât și externi naturali sau antropici rezultați din activitățile umane. Asemenea factori acționează simultan, iar separarea lor este foarte dificilă și constituie o mare provocare științifică. Având în vedere schimbările evidente, observate în climatul global din ultimele decenii, se impune evaluarea impactului acestora în deceniile viitoare.

Complexitatea sistemului climatic, natura diferită a subsistemelor care îl compun precum și interacțiunea dintre acestea, impun utilizarea unor modele numerice extrem de complexe care au la bază legi fizice, dinamice și chimice care simulează comportamentul acestor subsisteme. În plus, influența factorului antropocentric introduce o serie de incertitudini legate de evoluția emisiilor de GES în viitor [3].

Pentru determinarea răspunsurilor sistemului climatic la modificările compoziției atmosferice, este esențial să înțelegem interacțiunea complexă a tuturor factorilor generatori și a reacțiilor de feedback în care aceștia sunt angrenați în sistem, cu ajutorul modelărilor computerizate bazate pe legile fizicii [5].

Cu ajutorul acestora se pot rula simulări pentru diferite concentrații ale emisiilor de GES. Cele mai avansate modele pornesc de la înțelegerea proceselor fizice implicate în sistemul climatic și a interacțiunilor în ansamblul lor [6].

Cu toate acestea, natura adaugă în fiecare an noi variabile iar pe măsură ce observațiile devin tot mai precise, oferind tot mai multe date, fenomenele meteorologice devin tot mai complexe [7].

Datorită progreselor planetologiei, aflăm că atmosfera a luat naștere cu 4,5 miliarde de ani în urmă. Știința atestă faptul că planeta noastră a suferit un bombardament intens cu meteoriți și comete de toate dimensiunile, care conțineau mari cantități de apă și diferite gaze. Din această avalanșă a luat naștere soclul pietros al planetei noastre, ca și straturile de apă și de aer care o înconjoară [8].

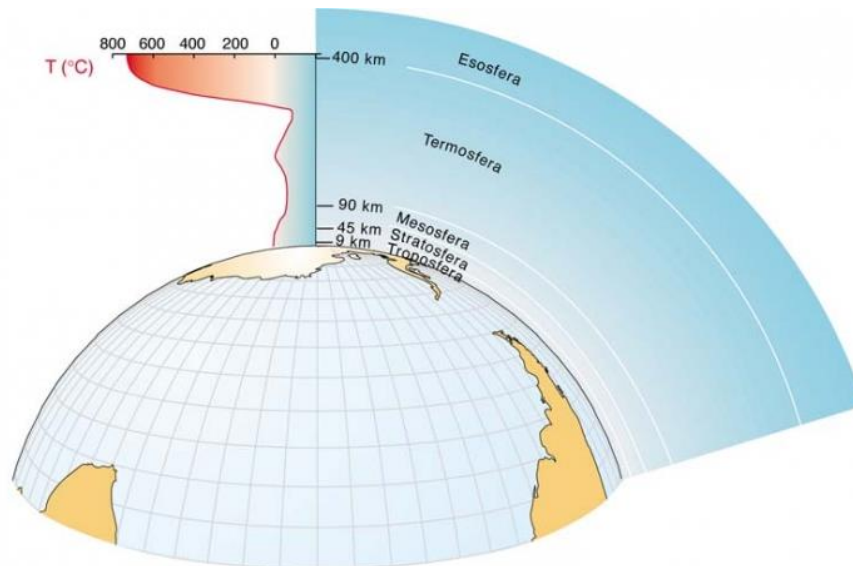


Figura 2. 2. Structura atmosferei, [9]

Compoziția atmosferei, prezentată în tabelul 2.1., a suferit modificări considerabile de-a lungul timpului, astfel încât de la atmosfera "primitivă" la cea "contemporană" există mai multe faze intermediare, în decursul cărora atmosfera și-a schimbat parametrii (compoziția chimică, densitate, grosime, transparența) [10].

Tabel 2. 1. Compoziția atmosferei, [10]

Gaz	Procent volumetric
Azot	78,09%
Oxigen	20,95%
Apă	0-4%
Argon	0,93%
Dioxid de carbon	0,036%
Neon	0,0018%
Heliu	0,0005%
Metan	0,00017%
Hidrogen	0,00005%
Oxid nitros	0,00003%
Ozon	0,000004%

Această compoziție s-a format în mai multe etape, în urma unor fenomene precum: activitățile vulcanice (au apărut primele forme ale atmosferei însă viața nu era posibilă), fenomene de condensare a vaporilor de apă (au condus la formarea lacurilor) și apariția primelor organisme fotosintetizante.

Echilibrul natural al gazelor atmosferice s-a menținut timp de milioane de ani, însă în ultimii 200 de ani, datorită procesului de industrializare ce a avut un impact deosebit asupra compoziției atmosferei, au rezultat o serie de probleme îngrijorătoare de mediu, printre care și schimbările climatice [10].

## 2.2. Considerații generale privind efectul de seră

În anul 1824, Jean-Baptiste Fourier a emis pentru prima dată teoria privind importanța efectului de seră natural pentru încălzirea planetei. John Tyndall și Olaf Arrhenius au descoperit la sfârșitul secolului XIX, rolul CO<sub>2</sub>-ului și a vaporilor de apă în formarea acestui fenomen [12].

O scurtă incursiune în istoria științei climatologiei și în procesul de conștientizare a necesității protejării atmosferei, este prezentată în figura 2.3, [11].

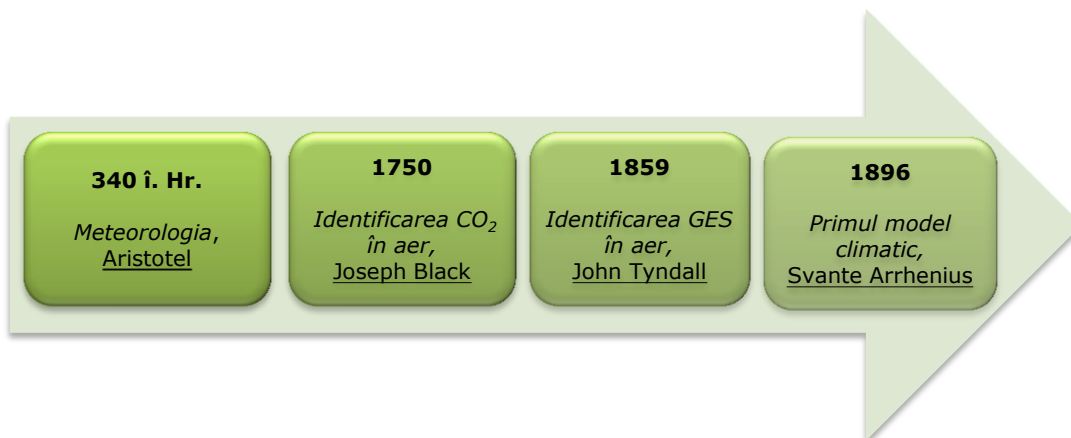


Figura 2. 3. Momente istorice în studiul climatologiei și al efectului de seră

Apariția vieții pe pământ este strâns legată de efectul de seră, fără de care temperatura medie la suprafața terestră ar fi de -15 °C, așa cum se poate observa și în figura 2.4 [12].



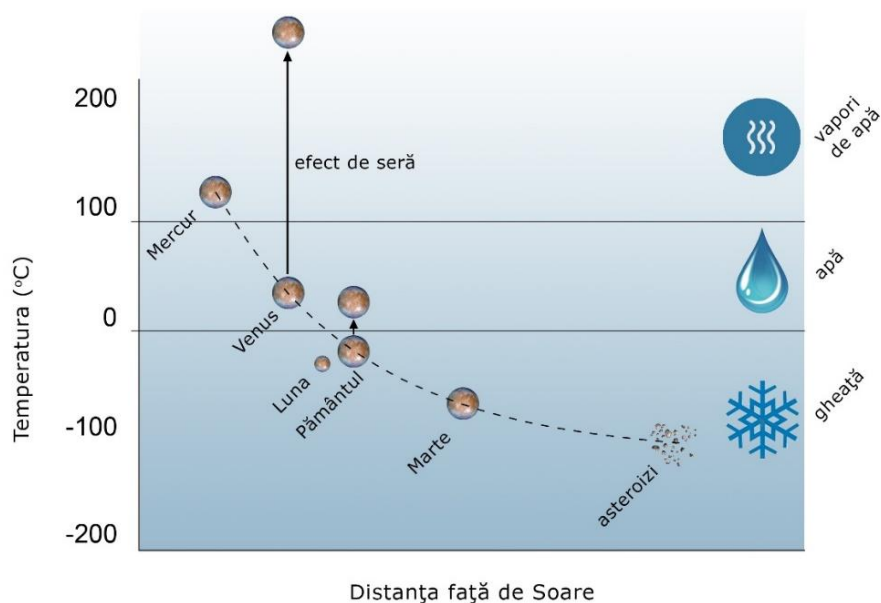


Figura 2. 4. Temperatura la suprafața planetelor sistemului solar, cu/ fără prezența efectului de seră

Această figură ilustrează descreșterea progresivă a temperaturilor medii la suprafața planetelor în funcție de distanța față de soare în cazul în care acești aștri nu ar avea atmosferă.

Zona care îndeplinește condițiile dezvoltării vieții este regiunea în care temperatura este cuprinsă între 0 și 100 °C, acolo unde apa poate apărea sub formă lichidă.

Planetele sunt translatate în figura 2.4, ținând cont de prezența atmosferei și a gazelor cu efect de seră. După translatare, se poate observa că Pământul se găsește în zona cu temperaturi cuprinse în intervalul 0-100 °C, în timp ce Luna (lipsită de atmosferă) rămâne în zona înghețată.

În schimb, atmosfera de gaz carbonic așază planeta Venus în zona cu vapori, temperatura sa ajungând la 460 °C. În acest fel poate fi justificată teoria conform căreia planeta Marte s-a aflat cândva în zona favorabilă condițiilor de viață, [12].

Temperatura la suprafața pământului are variații locale, sezoniere și orare în decursul unei zile, de la -90 °C, temperatură măsurată din satelit în Antarctica în data de 10 August 2010, până la 60 °C, temperatura maximă înregistrată în Sahara (neluând în considerare zonele vulcanice), [16].

Așa cum se poate observa în figura 2.4., efectul de seră este un proces în absența căruia viața pe pământ ar fi fost imposibilă din cauza variațiilor extreme dintre temperaturile diurne și cele nocturne, influențate de singura sursă de energie incidentă, care este lumina solară [13].

Procesele naturale cu o contribuție semnificativă la modificările climatice sunt:

- Variația energiei emise de soare;
- Variația parametrilor orbitali ai pământului;
- Maxima de ciclu solar, care este caracterizată prin creșterea temperaturilor la latitudini mici și mijlocii și intensificarea curenților zonali;
- Erupții vulcanice, care prin emanații de cenușă și gaze, afectează stratosfera, având ca efect direct scăderea temperaturii;
- Golfstream-ul și ENSO (El Niño/La Niña), două "anomalii meteorologice" distincte, care adaugă în atmosferă căldură și umezeală;
- Oscilația Atlantică și jet stream-ul;
- Variabilitatea albedoului (a reflectivității suprafețelor în funcție de culoarea și forma acestora), [3].

La toate acestea se adaugă activități umane precum arderea combustibililor fosili, defrișările, depozitarea necontrolată a deșeurilor, producția de fertilizatori precum și cele prezentate în figura 2.7., care determină creșterea nivelului emisiilor de GES în atmosferă.

Acumularea acestor gaze în atmosferă sporește impactul efectului de seră natural, ceea ce antrenează creșterea temperaturii pe suprafața terestră și conduce la apariția fenomenului de schimbări climatice.

În accepțiunea cercetătorilor din grupurile de lucru al IPCC, schimbările climatice se referă la modificări observabile ale climatului, în baza unor teste statistice care surprind schimbarea temperaturii medii și variabilitatea proprietăților sistemului climatic, care persistă pe o perioadă lungă de timp, de obicei, zeci de ani. Această definiție se referă la orice schimbare a climei în timp, fie cauzată de variabilități naturale sau ca rezultat al activităților antropice.

În ultimul raport publicat de OMM se confirmă faptul că 2016 a fost cel mai călduros an din istorie (remarcându-se o creștere cu 1,1 °C peste perioada pre-industrială), valoare care este cu 0,06 °C mai mare decât recordul precedent stabilit în 2015. Anomaliile înregistrate la nivel global în anul 2016, având ca perioadă de referință 1961-1990, sunt prezentate în figura 2.5., [14].

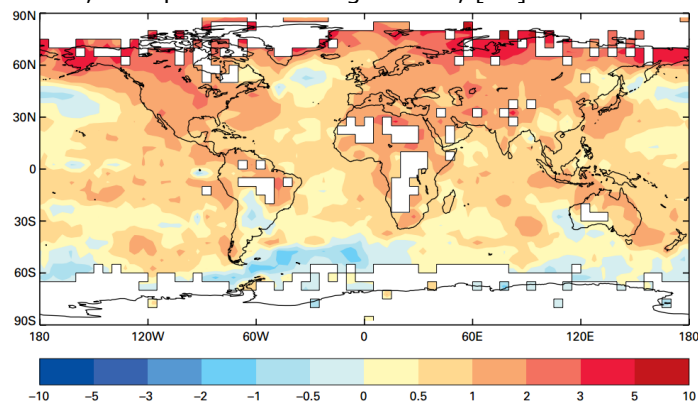


Figura 2. 5. Diferența de temperatură observată (°C) în comparație cu temperatura medie din perioada 1961-1990, [15]

### 2.3. Gazele cu efect de seră

Conform IPCC, gazele cu efect de seră sunt acei constituenți gazoși ai atmosferei generați atât de surse naturale cât și antropice, care absorb și emit radiații cu lungimi de undă specifice spectrului radiațiilor termice infraroșii, emise atât de suprafața Pământului cât și de nebulozitățile atmosferice [18].

Din punct de vedere al compoziției și potențialului de încălzire globală gazele cu efect de seră se clasifică în:

- Gaze cu efect direct de seră:  $\text{CO}_2$  (C3, C4),  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , hidrofluorcarburi (HFC-uri), perfluorcarburi (PFC-uri),  $\text{SF}_6$  și  $\text{NF}_3$ .
- Gazele cu efect indirect de seră (favorizează prezența gazelor cu efect direct de seră în stratul superior al atmosferei):  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ , Compuși Organici Volatili Non-Metan (NMVOC) și  $\text{SO}_2$ .

Conform estimărilor IPCC, cotele emisiilor de gaze cu efect direct de seră din surse antropice, la nivel global - pentru anul 2011, sunt prezentate în figura 2.6.

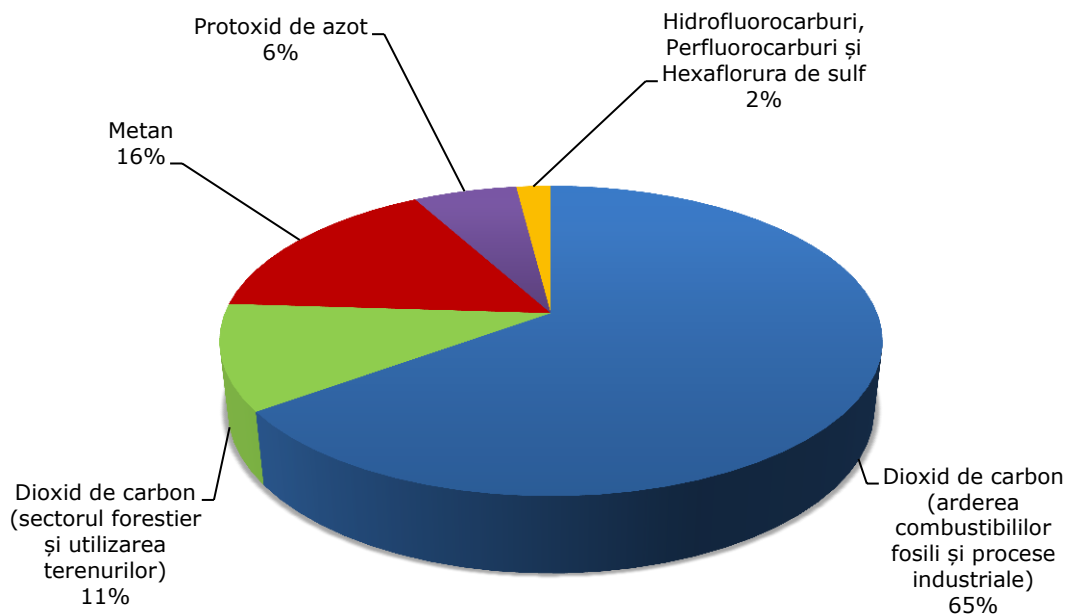


Figura 2. 6. Ponderea emisiilor de GES la nivel global, [19]

Principalele procese antropice responsabile de modificările climatei la nivel global sunt:

- Schimbarea compoziției atmosferei ca urmare a creșterii concentrației emisiilor de GES din perioada post-industrială datorată în principal, arderii combustibililor fosili și despăduririlor (așa cum se poate observa și în figura 2.7.).
- Efectul de insulă provocat de aglomerările urbane care, prin "canioanele" de beton și sticlă, tind să dezvolte o climă proprie.

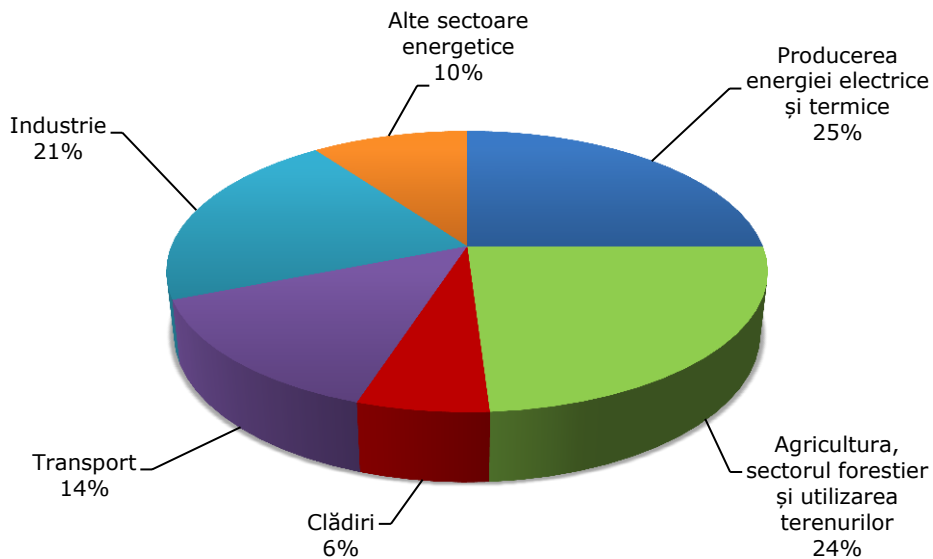


Figura 2. 7. Distribuția emisiilor globale de GES pe categorii de activități economice, [20]

Așa cum este prezentat în figura 2.8., la nivelul anului 2011 (cel mai recent an pentru care s-a realizat această repartizare) principalii emitenți de CO<sub>2</sub> antropice, au fost: China, Statele Unite, Uniunea Europeană, India, Rusia, Japonia și Canada.

Datele care au stat la baza realizării acestui clasament au luat în calcul emisiile generate prin arderea combustibililor fosili și pe cele rezultate în urma procesului de fabricare a cimentului, [21].

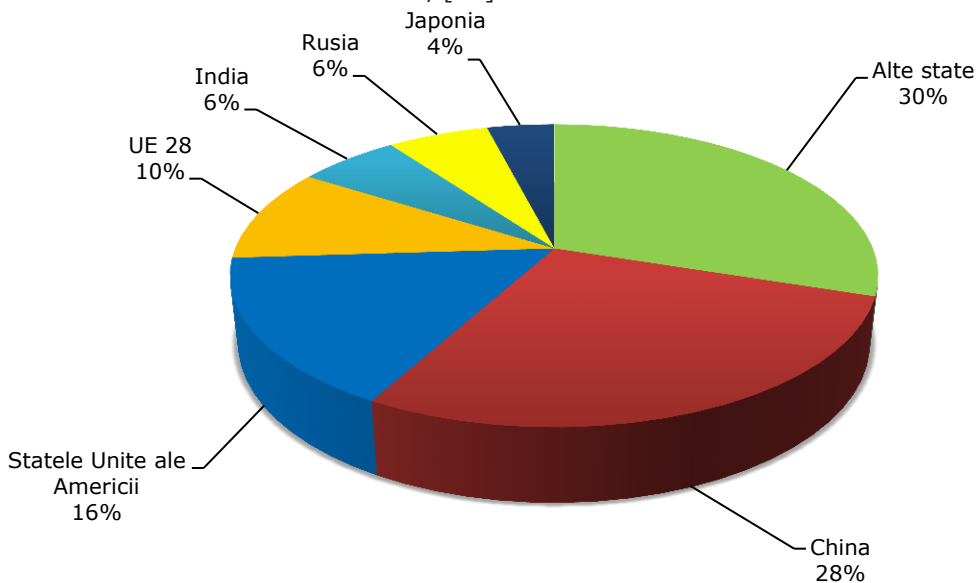


Figura 2. 8. Principalii emitenți de CO<sub>2</sub> la nivel global la nivelul anului 2011, [21]

După cum se observă, țările industrializate reprezintă cei mai mari emitenți de GES. Țările dezvoltate poluează cel mai mult, iar țările sărace și cele în curs de dezvoltare, vor resimți mult mai dramatic consecințele schimbărilor climatice, deoarece măsurile de reducere și adaptare vor putea fi aplicate cu eforturi uriase. Se evidențiază astfel urgenta necesitate ca principalele țări poluatoare să-și schimbe radical politica privind schimbările climatice [22].

În cadrul Summitului G20, desfășurat în perioada 4-5 septembrie 2016, la Hangzhou, China, s-a remarcat anunțul comun al SUA și China privind ratificarea Acordului de la Paris, emisiile celor 2 state reprezentând cca. 44 % din totalul emisiilor de GES generat la nivel global, așa cum se poate observa în figura 2.8.

Începând cu anul 1988, 100 de companii (dintre care ExxonMobil – SUA, Shell – Olanda, Chevron – SUA, Gazprom – Rusia) au emis 71% din cantitatea totală de gaze cu efect de seră generate în sectorul industrial, la nivel global, [84].

Situația emisiilor de GES la nivelul Uniunii Europene (EU-28) la nivelul anului 2014, este prezentată în figura 2.9., [104].

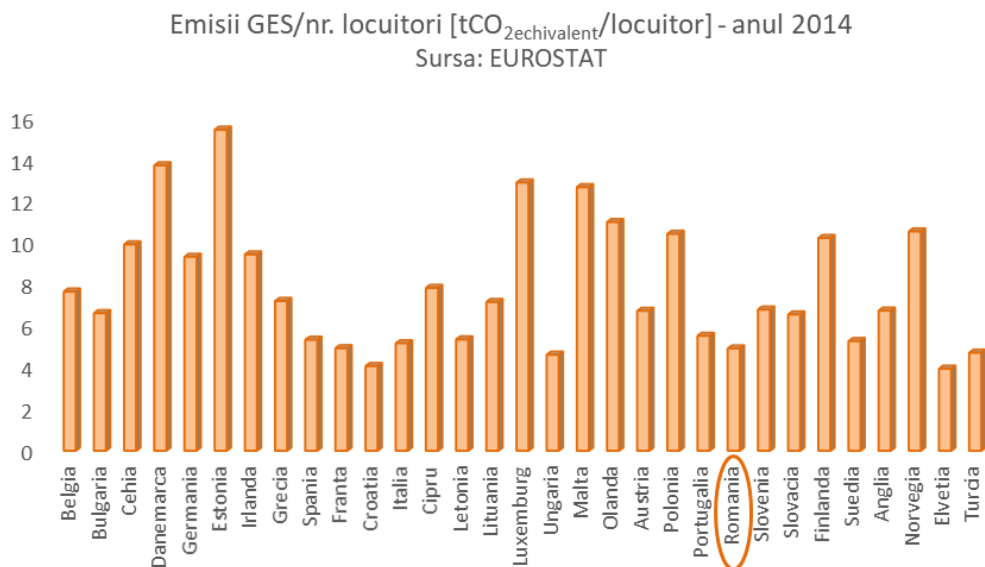


Figura 2. 9. Situația emisiilor GES la nivel european, [104]

În prezent emisiile totale GES la nivel european au scăzut față de cele din anul 2014, potrivit estimărilor publicate de Agenția Europeană de Mediu - 2016, care confirmă faptul că UE continuă tendința de a-și atinge ținta de reducere cu 20% a emisiilor totale de GES până în anul 2020, dar sunt necesare eforturi considerabile pentru a atinge obiectivele pentru orizonturile de timp 2030 și 2050.

Repartizarea emisiilor totale GES (în cote din cantitatea totală  $CO_{2echivalent}$ ) la nivel european pe categorii de sectoare – pentru anul 2014, este reprezentată în figura 2.10., [104].

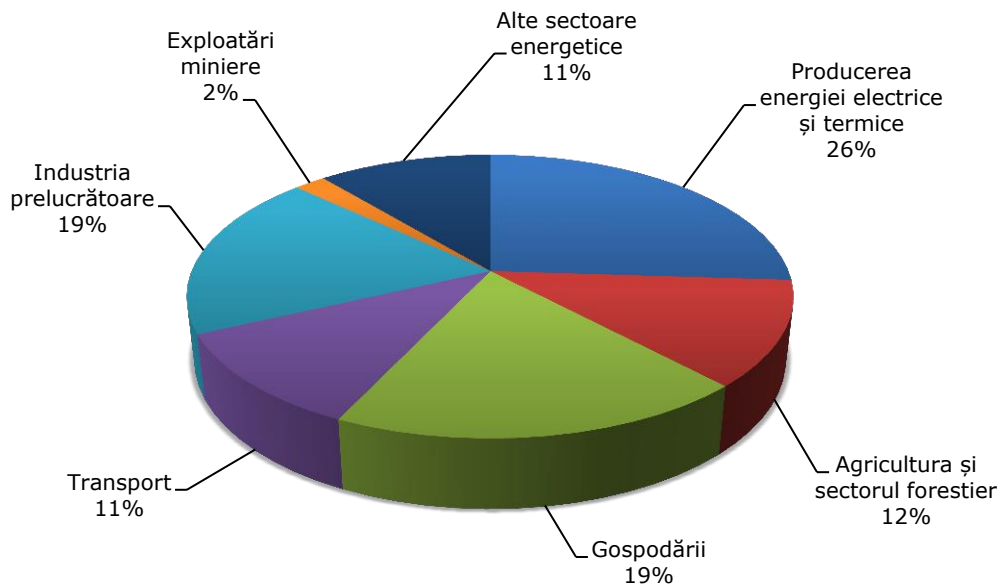


Figura 2. 10. Distribuția emisiilor de GES pe categorii de activități economice, la nivel european anul 2014, [104]

La nivel european emisiile GES generate de producătorii industriali sau gospodării variază foarte mult de la un stat la altul. Aceste diferențe se datorează în principal mixului energetic utilizat de fiecare țară pentru acoperirea necesarului de energie electrică și termică.

### 2.3.1. Dioxidul de carbon (CO<sub>2</sub>)

Proporția de CO<sub>2</sub> din atmosfera a crescut cu 34% în ultimul secol. Aproximativ 75% din cantitatea totală de CO<sub>2</sub> din atmosfera se datorează procesului de combustie a materiei fosile, iar 25% despăduririlor. Circa 90% din energia comercializată pe plan mondial este produsă prin arderea țițeiului, a cărbunilor, gazelor naturale și lemnului, astfel cu fiecare an, zeci de miliarde de tone de CO<sub>2</sub> sunt eliminate în atmosferă.

Aproape jumătate din cantitatea totală de CO<sub>2</sub> de origine antropică este absorbită de plantele terestre și de fitoplanctonul oceanic, restul adăugându-se celui atmosferic [23].

În prezent CO<sub>2</sub> crește cu o rată medie anuală de circa 0,4% sau 1,5 ppm, aproape dublu față de anii 1960, deși se înregistrează fluctuații considerabile de la un an la altul, de pana la 1 ppm (vezi figura 2.11.), [24].

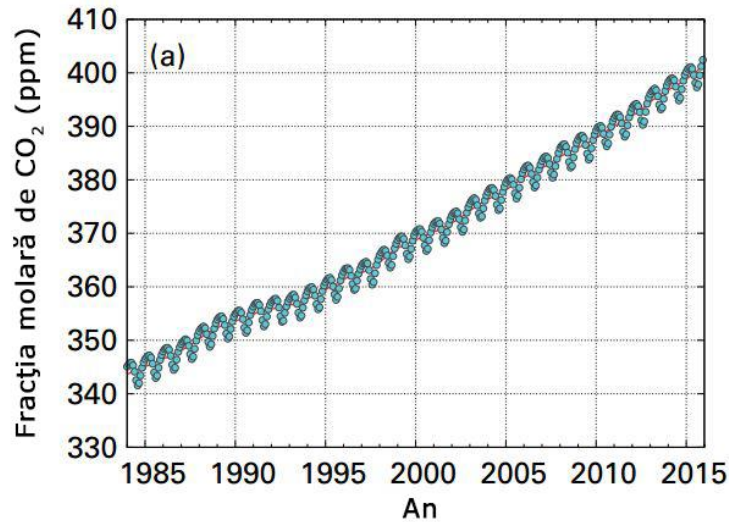
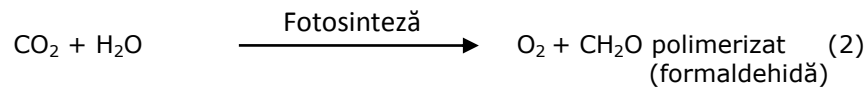


Figura 2. 11. Evoluția concentrației medii globale a fracției molare de CO<sub>2</sub>, în părți per milion, [24]

Cantități foarte mari de dioxid de carbon sunt absorbite din aer în fiecare primăvară și vară, datorită procesului de fotosinteză a plantelor, sub acțiunea luminii solare:



Prin arderea combustibililor fosili și producerea cimentului se degajă în atmosferă cca. 5,5 Gt de dioxid de carbon pe an, dintre care 3,3 Gt nu au găsit mediu natural de depozitare, [23].

Fiecare locuitor al unei zone industrializate este răspunzător de emisia a aproximativ 5 tone metrice de CO<sub>2</sub>, în fiecare an. Există o variație considerabilă a acestui indicator, în funcție de gradul de industrializare al țării respective.

Rata de creștere medie anuală a concentrației globale de CO<sub>2</sub> este prezentată în figura 2.12., [24].

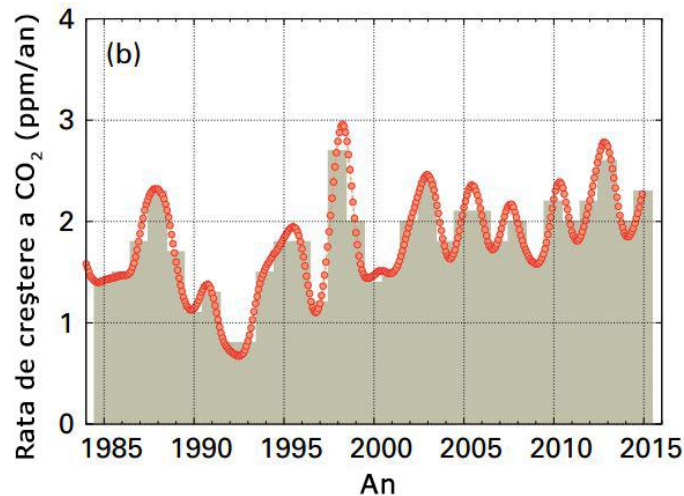


Figura 2. 12. Rata de creștere medie anuală a concentrației globale de CO<sub>2</sub>, [24]

În acest ritm cantitatea de CO<sub>2</sub> din atmosferă se va dubla până în 2100, în raport cu valoarea sa preindustrială (620 Gt), cu consecințe devastatoare pentru mediu. Pentru a opri acest proces ar fi necesar să reducem emisiile de CO<sub>2</sub> la mai mult de jumătate și să revenim la valorile sale din anul 1935, lucru foarte greu de realizat, [12].

### 2.3.2. Metanul (CH<sub>4</sub>)

Creșterea cantității de CH<sub>4</sub> din atmosferă cauzează o sporire de 25 de ori a efectului de seră, pe moleculă, în comparație cu CO<sub>2</sub>, deoarece o moleculă de metan absoarbe o fracțiune de 25 de ori mai mare din fotonul termic care o traversează, în comparație cu molecula de dioxid de carbon.

Aproximativ 70% din emisiile actuale de metan din atmosferă au origine antropică. Comparativ cu valoarea preindustrială, concentrația atmosferică a CH<sub>4</sub> s-a dublat ca o consecință a activităților precum: producția alimentelor, utilizarea combustibililor fosili și despăduririlor, [23].

Evoluția concentrației de CH<sub>4</sub> la nivel global, începând cu anul 1985, este prezentată în figura 2.13.



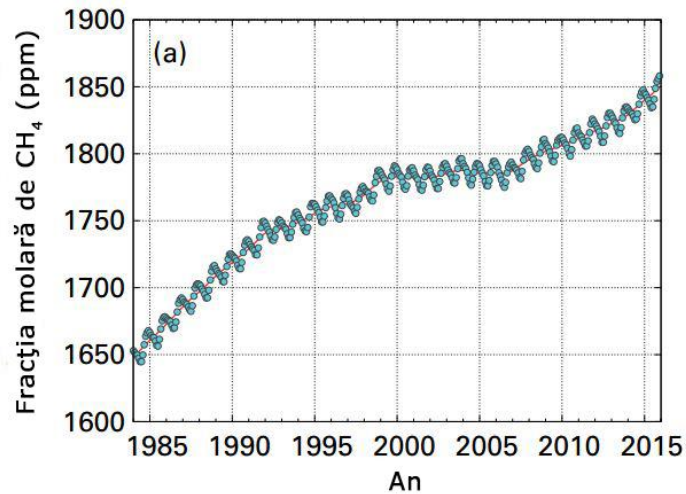
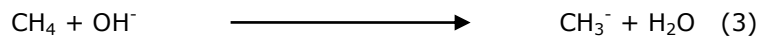


Figura 2. 13. Evoluția concentrației medii globale a fracției molare de CH<sub>4</sub>, în părți per miliard, [24]

În mod natural, metanul se formează din degradarea materiei vegetale existente cu mii de ani în urmă, când clima polară era mult mai caldă decât este astăzi.

Transformarea principală, reprezentând 90% din emisia atmosferică, este reacția cu radicalul liber hidroxil OH<sup>-</sup>.



Celelalte transformări ale gazului metan sunt în reacție cu solul și pierderile în stratosferă.

În calotele glaciare din regiunile nordice îndepărtate se află o cantitate mare de metan înmagazinat. Acesta a fost produs prin descompunerea materialelor vegetale care au fost îngropate ca urmare a glaciațiunilor, [23].

Rata de creștere medie anuală a concentrației globale de CH<sub>4</sub>, este prezentată în figura 2.14.

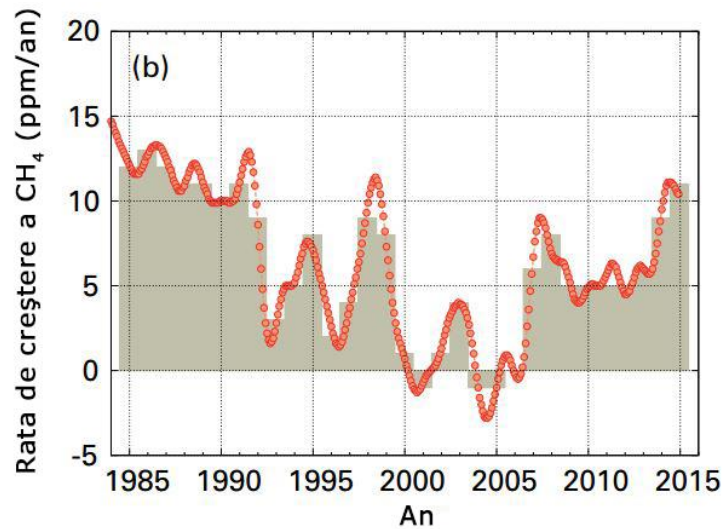


Figura 2. 14. Rata de creștere medie anuală a concentrației globale de CH<sub>4</sub>, [24]

Topirea calotei glaciare, ar putea degaja cantități importante din această rezervă de CH<sub>4</sub> cu consecințe considerabile privind modificările climatice.

### 2.3.3. Protoxidul de azot (N<sub>2</sub>O)

Protoxidul de azot, gazul ilariant denumit și "gazul rasului", contribuie la sporirea efectului de seră cu circa 6%, iar o moleculă de N<sub>2</sub>O produce un efect de încălzire globală de 298 ori mai mare decât o moleculă de CO<sub>2</sub>.

La fel ca și în cazul metanului, concentrația atmosferică de N<sub>2</sub>O a fost constantă în epoca preindustrială când a început să crească de la 275 ppm la 311 ppm, rata de creștere anuală fiind de aproximativ 0,25%.

Concentrația de N<sub>2</sub>O a crescut începând cu anul 1985, în special datorită proceselor de fabricare a îngrășămintelor chimice și arderii biomasei (vezi figura 2.15), iar rata de creștere medie anuală a concentrației globale este reprezentată în figura 2.16, [24].

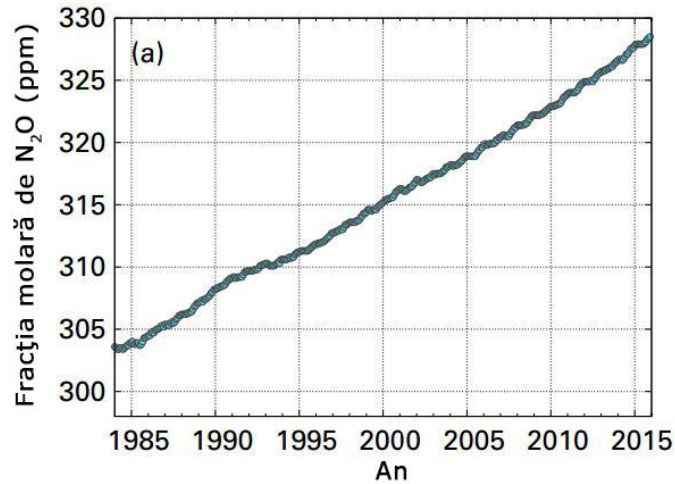


Figura 2. 15. Evoluția concentrației medii globale a fracției molare de  $N_2O$ , în părți per miliard, [24]

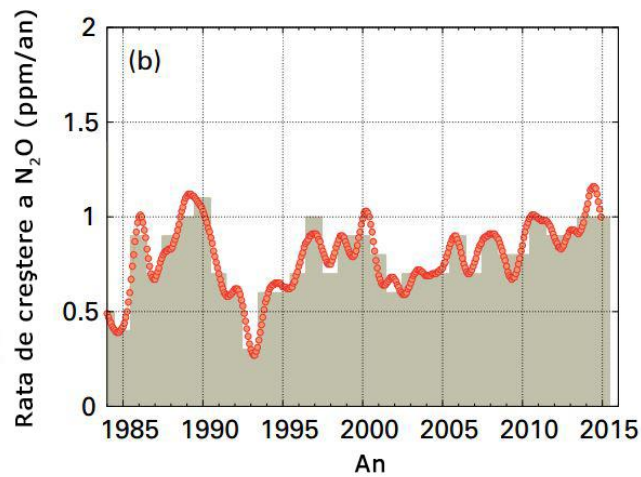


Figura 2. 16. Rata de creștere medie anuală a concentrației globale de  $N_2O$ , [24]

#### 2.3.4. Hidrofluorcarburi și perfluorcarburi (HFC, PFC)

Emisiile antropice de HFC-uri (hidrofluorcarburi) și PFC-uri (perfluorcarburi) rezultate din emanațiile substanțelor de tip freon folosit în instalațiile frigorifice și de aer condiționat, industria spumantilor și spray-urilor, au un important potențial de încălzire globală. Potențialul de încălzire globală pentru aceste emisii, conform UNFCCC sunt prezentate în anexa A3.

Emisiile acestor GES sunt controlate de Protocolul de la Montreal (1987) la care România este țară semnatară.

### 2.3.5. Hexafluorura de sulf (SF<sub>6</sub>)

Din punct de vedere al potențialului de încălzire globală, o moleculă de SF<sub>6</sub> sporește efectul de seră de 22.800 de ori mai mult decât o moleculă de CO<sub>2</sub>. Datorită timpului mare de reziliență în atmosferă și a potențialului său distructiv, chiar și o cantitate foarte mică de SF<sub>6</sub> are un aport semnificativ la sporirea efectului de seră.

Cea mai frecventă utilizare a SF<sub>6</sub> este aceea de izolator electric în echipamentele de transmisie și distribuție a energiei electrice. Industria energetică îl utilizează încă din anii 1950 datorită proprietăților sale excelente însă, în timp, datorită factorilor climatici, integritatea echipamentelor electrice prezente în stațiile electrice este afectată rezultând astfel cantități importante de SF<sub>6</sub> în atmosferă.

## 2.4. Potențialul de încălzire globală

După cum am precizat deja în capitolele anterioare, pentru a se putea echivala contribuțiile diferitelor GES la sporirea efectului de seră, se utilizează un coeficient numit potențial de încălzire globală (GWP).

Acesta se calculează pentru un anumit interval de timp (de obicei 20, 100 sau 500 de ani) și depinde de capacitatea de absorbție a radiației luminoase și de durata de viață a gazului în atmosferă.

Astfel, o valoare mare a GWP este corelată cu o capacitate sporită de absorbție a căldurii și reziliență îndelungată a gazului în atmosferă. Potențialul de încălzire globală specific fiecărui gaz, este calculat în raport cu cel al CO<sub>2</sub>, care este considerat gaz de referință, [25, 26].

Conform IPCC, indicatorul GWP poate fi determinat utilizând formula (ii):

$$GWP_i = \frac{\int_{TR}^{TH} a_i c_i(t) dt}{\int_{TR}^{TH} a_{CO_2} c_{CO_2}(t) dt}$$

(ii) Calculul potențialului de încălzire globală

Unde:

$a_i$  – forța instantanee de radiație, datorată degajării în atmosferă a unei unități de masă a urmelor de gaz,  $i$ , la momentul de timp TR

$C_i$  – cantitatea de poluant rămasă în atmosferă la momentul t

TH – TR la care se adaugă orizontul de timp în care se realizează calculul (20, 100 și 500 de ani), [27, 28].

În tabelul 2.2. sunt prezentate informații detaliate referitoare la durata de reziliență în atmosferă și sursele antropice pentru principalele GES, precum și valori ale indicatorului GWP, utilizate în calcule.

Tabel 2. 2. Caracteristicile principalelor GES, [5,44]

GES	Concentrația în atmosferă în perioada pre-industrială, [ppm]	Concentrația în atmosferă în 1994, [ppm]	Durata de viață în atmosferă, [ani]	Surse antropice	GWP, [CO <sub>2</sub> eq]
CO <sub>2</sub>	278000	358000	120	Arderea combustibililor fosili Utilizarea terenurilor Producția cimentului	1
CH <sub>4</sub>	700	1721	12+/-3	Arderea combustibililor fosili Culturi de orez Deșeuri menajere	25
N <sub>2</sub> O	275	311	120	Fabricarea îngrășămintelor chimice Procese de ardere	298
SF <sub>6</sub>	0,000	0,032	3200	Fabricare dielectrice fluide	22800

În anexa A3 este prezentată lista detaliată cu toate GES identificate până în prezent și valorile GWP aferente, conform ultimului Inventar Național de Emisii de Gaze cu Efect de Seră (INEGES) disponibil (august 2016).

## 3.ACTIUNI ÎNTREPRINSE ÎN DOMENIUL SCHIMBĂRILOR CLIMATICE

### 3.1. Acțiuni derulate la nivel global

În urma semnalării unor motive de îngrijorare legate de creșterea gradului de conștientizare la nivel politic și public asupra problematicei schimbărilor climatice, la inițiativa comună a Programului Națiunilor Unite pentru Mediu și a OMM, în 1988 a fost creat forumul internațional responsabil cu evaluarea dovezilor științifice ale schimbărilor climatice și a consecințelor acestora, IPCC.

Acest forum evaluează informațiile de natură științifică, tehnică și socio-economică relevante pentru înțelegerea riscului schimbărilor climatice datorate activității umane. Redactarea acestor evaluări implică numeroși experți de renume internațional.

IPCC a estimat efectele schimbărilor climatice, pentru perioada 2071-2100, pe baza datelor DMI/PRUDENCE procesate de Centrul Comun de Cercetare în cadrul studiului PESETA, din punct de vedere al variațiilor de temperatură (vezi anexa A1) și precipitații (vezi anexa A2), [29].

Experții IPCC au realizat începând cu anul 1988 cinci rapoarte de sinteză, care au un rol determinant în înțelegerea potențialelor riscuri generate de schimbările climatice. Ultimul raport, publicat în noiembrie 2014, propune diverse scenarii alarmante, dintre care cel mai pesimist prevede o creștere globală a temperaturilor la finele secolului XXI, între 3,7 și 4,8°C, comparativ cu nivelul anilor 1850-1900.

De asemenea, pentru a iniția măsuri preventive la nivel global, la sfârșitul anilor 1980, au fost puse bazele Convenției-cadru a Națiunilor Unite asupra schimbărilor climatice. Aceasta a fost semnată la Rio de Janeiro în anul 1992 și are ca obiectiv principal stabilizarea concentrațiilor GES în atmosferă la un nivel care să împiedice perturbarea antropică periculoasă a sistemului climatic.

Convenția furnizează un cadru legal internațional și un set de principii acceptate și asumate de toate țările semnatare, accentuând faptul că schimbările climatice reprezintă o problemă serioasă, care afectează securitatea globală.

UNFCCC a intrat în vigoare în martie 1994, a fost ratificată de 197 de state, numite "Părți ale Convenției" și are la bază patru piloni:

- 1) Echitatea distribuirii sarcinii de reducere a emisiilor de GES între state, având în vedere faptul că până acum emisiile au provenit, în principal, din statele industrializate ale Europei, Americii de Nord și Chinei;
- 2) Acțiunea preventivă: climatologia folosește prognoze ce presupun anumite nivele de incertitudine. Părțile semnatare ale convenției au obligația să acționeze pentru a proteja clima, fără a mai aștepta până la apariția unei dovezi științifice absolute asupra impactului schimbărilor climatice;
- 3) Eficiența politicilor și măsurilor de abordare a schimbărilor climatice în ceea ce privește costurile, pentru a asigura beneficii globale la cel mai mic cost posibil;
- 4) Dezvoltarea durabilă definită, conform declarației de la Rio de Janeiro, în 1992, ca: *"proces de dezvoltare care răspunde nevoilor societății actuale fără a periclita capacitatea generațiilor viitoare de a răspunde propriilor nevoi."*

Protocolul de la Kyoto este un instrument subsidiar UNFCCC, a cărei negocierea a fost inițiată la a treia conferință a Părților (Berlin în 1995), urmare a constatării faptului că măsurile prevăzute deja în Convenție nu erau eficiente. După îndelungi negocieri, la 11 decembrie 1997, a fost adoptat, Protocolul de la Kyoto. Principala caracteristică a Protocolului este aceea că stabilește angajamente ferme de reducere a emisiilor față de anul de bază (1990), pentru țările industrializate.

În prima perioadă de angajament a Protocolului de la Kyoto (2008-2012), România și-au asumat ca țintă de reducere a emisiilor de GES, 8% față de anul 1989 – an de referință considerat pentru România.

Pentru cea de a doua perioadă de angajament a Protocolului de la Kyoto (2013-2020), Uniunea Europeană (UE) și-a luat angajamentul de a reduce emisiile cu 20 % față de anul 1990. Acest lucru a fost stabilit prin „Amendament de la Doha” în data de 8 decembrie 2012.

În 12 decembrie 2015, 195 de reprezentanți ai țărilor participante la cea de-a XXI-a Conferință a Părților (COP 21) la Convenția-cadru a Națiunilor Unite asupra schimbărilor climatice, au adoptat Acordul de la Paris, primul instrument multilateral obligatoriu din punct de vedere juridic și cu participare globală în domeniul schimbărilor climatice, începând cu anul 2020, [30].

Elementele principale ale Acordului de la Paris:

- menținerea nivelului de creștere a temperaturii medii globale sub 1,5 °C, comparativ cu nivelurile preindustriale, [31];
- realizarea planurilor naționale de acțiune privind clima, în vederea identificării mijloacelor de reducere a emisiilor de GES;
- publicarea periodică a contribuțiilor fiecărui stat, pentru a putea seta obiective mai ambițioase;
- asigurarea transparenței prin informarea periodică privind rezultatul eforturilor de atingere a obiectivelor propuse;
- UE și țările dezvoltate vor continua să ofere finanțare pentru combaterea schimbărilor climatice, ca instrument de sprijin pentru țările aflate în curs de dezvoltare, pentru ca acestea să poată pune în aplicare măsurile de reducere a emisiilor de GES, [32].

Notă: În data de 1 iunie 2017, președintele Donald Trump, a anunțat retragerea SUA din Acordul climatic de la Paris, considerând că acesta nu este în interesul economic al țării, dar s-a declarat deschis în eventualitatea unei renegocieri.

Totuși, având în vedere principiul neregresiunii care stă la baza angajamentelor asumate privind protecția mediului, din punct de vedere juridic poziția actuală SUA privind Acordul de la Paris rămâne incertă.

Legislația internațională referitoare la schimbările climatice este prezentată în anexa A4.

### **3.2. Acțiuni desfășurate la nivelul Uniunii Europene**

În vederea îndeplinirii angajamentelor asumate prin Protocolul de la Kyoto, UE a introdus schema europeană de comercializare a emisiilor de GES (EU ETS), un mecanism bazat pe principii comerciale, menit să încurajeze reducerile emisiilor de GES, într-o manieră eficientă din punct de vedere tehnic și economic, [33].

La Consiliul European din 17 iunie 2010, a fost prezentată Comunicarea privind analiza trecerii la un obiectiv de reducere a emisiilor de GES mai mare de

20%, în perspectiva unui angajament suplimentar al UE, care să impulsioneze și alte state care au o responsabilitate importantă în privința poluării la nivel global.

Analiza Comisiei, din punct de vedere politic și economic, evidențiază avantajele trecerii la un obiectiv de reducere de 30%. De asemenea, în cadrul Consiliului European din 23-24 octombrie 2014, a fost agreat Cadru 2030 privind politicile în domeniul energiei și schimbărilor climatice, care vizează, [34]:

- o țintă de reducere la nivel UE a emisiilor de GES de 40% față de nivelul din 1990, care va implica o reducere cu 43% a emisiilor aferente sectoarelor industriale care intră sub incidența ETS (producerea energiei, petro-chimia, siderurgia, producerea cimentului, etc.) și, respectiv, cu 30% pentru sectoarele din afara schemei (transporturi, agricultură, eficiența energetică a clădirilor, gestionarea deșeurilor), comparativ cu anul 2005, [35];
- un nivel minim obligatoriu la nivel UE de 27% pentru ponderea energiei din surse regenerabile (SRE) în totalul consumului de energie, ce urmează să fie atins prin angajamente corespunzătoare ale SM;
- țintă indicativă pentru îmbunătățirea eficienței energetice (EE) cu cel puțin 27% la nivel UE ce va fi revizuită până în 2020 în eventualitatea unui nivel crescut la 30% în 2030, [35].

Noul pachet în domeniul energiei și schimbărilor climatice lansat de Comisia Europeană în ianuarie 2014 este o continuare a pachetului 2020, bazându-se pe experiența acumulată din aplicarea acestuia. Pachetul Cadru 2030 se înscrie în perspectiva pe termen lung a politicii UE cu orizont 2050 fiind în acord cu viziunea prezentată de Comisie în „Foaia de parcurs privind tranziția până în 2050 către o economie cu un conținut scăzut de carbon”, în „Foaia de parcurs privind energia în orizont 2050” și în „Cartea Albă în domeniul transporturilor”, [36].

Toate aceste documente reflectă obiectivului UE de reducere a emisiilor de GES cu 80-95% până în 2050 ca parte a angajamentului de reducere a emisiilor cumulate ale țărilor dezvoltate cu cel puțin 80-95%, până în 2050.

Pentru a transpune decizia șefilor de stat și de guvern de la Consiliul European din octombrie 2014 privind viitorul Cadru 2030 în iulie 2015, Comisia Europeană a lansat propunerea legislativă referitoare la revizuirea Directivei 87/2003/CE privind schema UE de comercializare a certificatelor de emisii de GES. Totodată, în iulie 2016, pentru a completa măsurile care asigură punerea în practică a deciziei șefilor de stat și de guvern din octombrie 2014 privind Cadru 2030, CE a lansat inițiativele care compun Pachetul non-ETS, [37].

Problematika schimbărilor climatice se menține pe agenda de priorități a Uniunii Europene, subiectul revenind în atenția șefilor de state și de guverne în cadrul reuniunii Consiliului European din luna martie 2016. Concluziile Consiliului European din martie 2016 subliniază necesitatea ratificării acordului de către UE și SM cât mai curând posibil, [38].

Legislația europeană aplicabilă în domeniul schimbărilor climatice este prezentată detaliat în anexa A5.

### **3.3. Acțiuni întreprinse la nivel național**

Analiza rezultatelor experimentelor numerice, realizate cu ajutorul modelelor climatice globale arată pentru România o creștere progresivă a temperaturii medii a aerului pe parcursul secolului XXI, în toate anotimpurile, dar mai pronunțată în sezonul de vară și iarnă.



Estimările IPCC indică faptul că, cel puțin în conformitate cu estimările globale, climatul se va încălzi în acest secol, iar precipitațiile din regiunea din care face parte și România se vor modifica, astfel încât iernile vor deveni mai umede și verile mai uscate, [39]. Conform Raportului al V-lea IPCC, datele arată o creștere a temperaturii la nivelul României de aprox. 0,8° C în ultimul secol, [1].

Schimbările în temperatura medie a aerului la nivel național specifice fiecărui anotimp, pentru intervalul 2020-2030 față de 1965-1975, obținute din simulările modelului climatic regional RegCM3, în condițiile scenariului de emisie IPCC A1B, sunt prezentate în figura 3.1., [93].

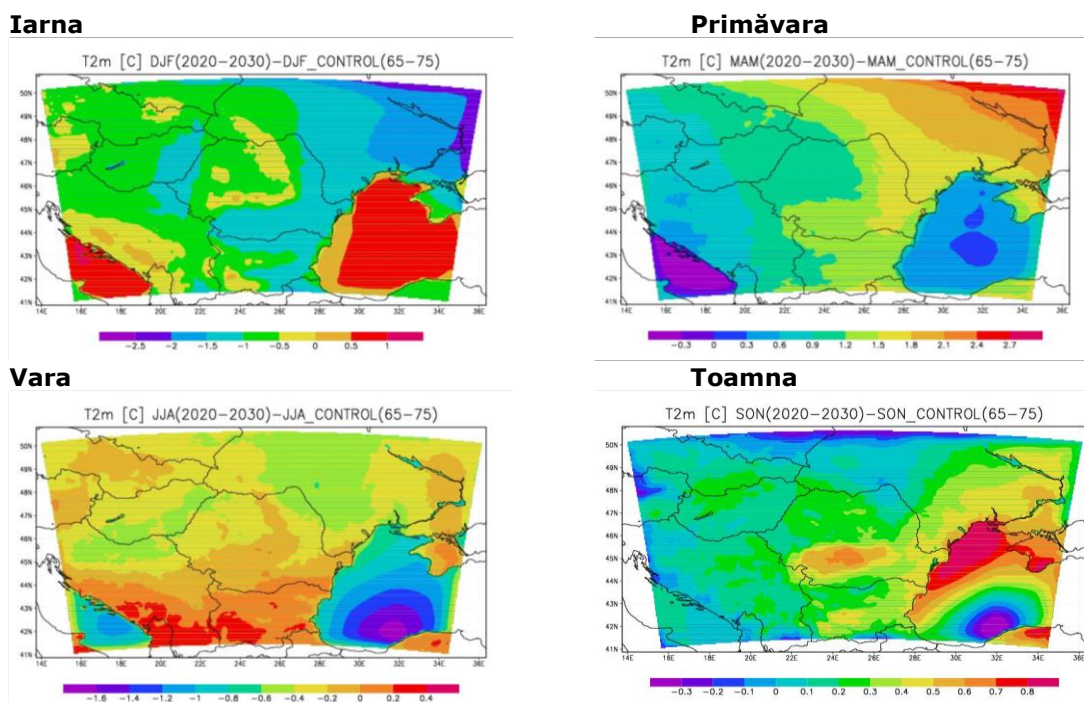


Figura 3. 1. Schimbări înregistrate în temperatura medie anuală, pe teritoriul României, [93]

Conform simulărilor numerice realizate în baza celor mai recente scenarii climatice, intensitatea și frecvența valurilor de căldură precum și intensitatea precipitațiilor se așteaptă să crească în România în deceniile care urmează, [40].

În 1992 România a semnat UNFCCC, ratificată prin Legea nr. 24/1994, angajându-se să acționeze pentru stabilizarea concentrațiilor GES în atmosferă la un nivel care să împiedice perturbarea antropică a sistemului climatic.

De asemenea, România a semnat Protocolul de la Kyoto în 1999 fiind prima Parte aflată pe Anexa I a UNFCCC și l-a ratificat prin Legea nr. 3/2001.

În timpul procesului de aderare la UE, România a transpus și a implementat acquis-ul comunitar privind protecția mediului, în legislația sa națională. Acesta include o gamă largă de reglementări și politici UE privind măsurile de reducere și adaptare, asigurarea capacității instituționale, monitorizarea și raportarea emisiilor de GES, [1].

Începând cu data aderării la UE (1 ianuarie 2007), România participă la EU ETS, fiind implementată Directiva 2003/87/CE privind stabilirea schemei de comercializare a certificatelor de emisii de GES, iar în anul 2013 a fost aprobată prin Hotărâre a Guvernului, Strategia națională a României privind schimbările climatice 2013–2020, [106].

De asemenea, la nivel național au fost elaborate o serie de documente și strategii sectoriale care au ca principal obiectiv reducerea impactului asociat schimbărilor climatice, inclusiv referitoare la promovarea eficienței energetice și a utilizării surselor regenerabile de energie. La nivel național s-au adoptat politici și măsuri de reducere a emisiilor de GES pentru sectoarele vulnerabile, precum și măsuri relevante de adaptare la schimbările climatice.

Un inventar detaliat al legislației naționale privind schimbările climatice, este prezentat în anexa A6.

Instrumentul național de raportare în conformitate cu prevederile UNFCCC, ale Protocolului de la Kyoto și cu mecanismul UE pentru monitorizarea și raportarea emisiilor de GES, este INEGES. Ministerul Mediului și Schimbărilor Climatice are obligația și responsabilitatea administrării INEGES, care cuprinde estimarea nivelurilor de emisii GES precum și date și informații asociate sectoarelor: energie, procese industriale, agricultură, folosința terenurilor, schimbarea folosinței terenurilor și silvicultură, deșeuri. INEGES se elaborează în conformitate cu elementele metodologice prevăzute în liniile directoare privind elaborarea inventarelor naționale de GES elaborate de către IPCC în anul 2006, [41].

Începând cu anul 2002, România transmite anual Secretariatului UNFCCC, INEGES-ul, utilizând formatul de raportare comun tuturor țărilor, [42].

Obiectivele naționale privind implementarea Pachetului Energie – Schimbări Climatice, în concordanță cu angajamentele UE, sunt prezentate în Tabelul 3.1. [43].

Tabel 3. 1. Situația obiectivelor politice asumate de România, conform țărilor UE stabilite în Pachetului Energie-Schimbări Climatice [43]

	<b>Reducere GES</b>	<b>Cota SRE</b>	<b>EE</b>
Ținta UE 2020	20%	20%	20%
<b>Ținta pentru România 2020</b>	<b>20%</b>	<b>24%</b>	<b>19%</b>

Lista ministerelor, comisiilor naționale și autorităților de resort cu roluri cheie în abordarea schimbărilor climatice la nivel național, este prezentată în anexa A7.

## 4.CONTRIBUȚIA SECTORIALĂ A GES ÎN ROMÂNIA

Cea mai mare contribuție la valoarea totală a emisiilor de GES înregistrate la nivel național o reprezintă emisiile de CO<sub>2</sub>, urmate de emisiile de CH<sub>4</sub> și N<sub>2</sub>O.

Pentru analiza tendințelor de creștere, emisiile de GES aferente fiecărui sector au fost transformate în CO<sub>2</sub>echivalent folosind valorile potențialului de încălzirea globală prezentate în anexa A3.

Evoluția emisiilor totale de GES la nivel național, este prezentată în figura 4.1. , [44].

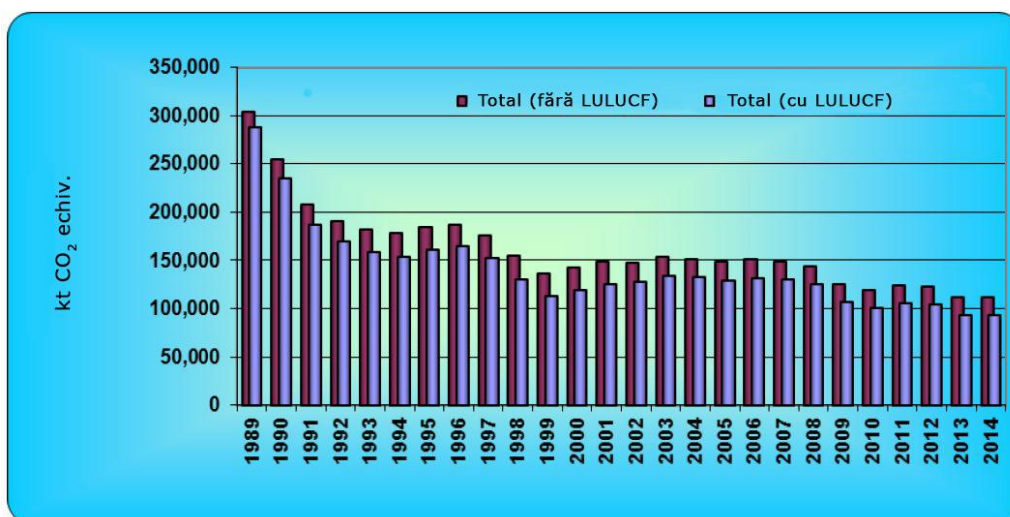


Figura 4. 1. Evoluția emisiilor de GES la nivel național, [44]

Din figura 4.1. se poate observa că tendința emisiilor de GES reflectă principalele tendințe în dezvoltarea economică a țării. Declinul activităților economice și a consumului de energie în perioada 1989-1994 a condus la reducerea emisiilor totale de GES. Datorită economiei aflate într-un proces de tranziție, unele industrii mari consumatoare de energie și-au redus activitatea, acest lucru reflectându-se în scăderea emisiilor de GES. În perioada următoare emisiile au început să crească până în anul 1996, datorită revitalizării economiei.

Având în vedere punerea în funcțiune a primului reactor nuclear al centralei de la Cernavodă (1996), emisiile au scăzut din nou începând cu anul 1997.

Tendința de creștere observată în perioada 1999-2009, reflectă o etapă de dezvoltare economică. Scăderea nivelului emisiilor de GES în anul 2005, comparativ cu anii 2004 și 2006, a fost cauzată de anul hidrologic record care a influențat pozitiv energia produsă în centrale hidroelectrice.

Începând cu anul 2008, datorită crizei economice, emisiile totale GES au suferit iar o scădere considerabilă.

Scăderea emisiilor de CO<sub>2</sub> (de la 211.193,69 Gg în 1989 la 74.009,94 Gg în anul 2014), se datorează în principal declinului activităților de ardere a combustibililor fosili în sectorul energetic (în special în domeniul producției de energie electrică și termică, industriei prelucrătoare și construcțiilor).

Emisiile de CH<sub>4</sub> în România, provin îndeosebi din emanațiile fugitive din procesele de extracție și distribuție a combustibililor fosili. Acestea au scăzut în anul 2014 cu 59,20%, comparativ cu nivelul din anul 1989. Scăderea emisiilor de CH<sub>4</sub> în agricultură se datorează scăderii activităților legate de creștere animalelor.

Emisiile de N<sub>2</sub>O în România, sunt generate în principal în cadrul activităților de utilizare a terenurilor agricole și în cadrul activităților din industria chimică. Emisiile de N<sub>2</sub>O în anul 2014 au scăzut cu 61,81% comparativ cu nivelul din anul de referință, datorită declinului acestor activități.

Emisiile de PFC generate în producerea aluminiului primar au scăzut cu 99,84% în anul 2014 comparativ cu nivelul din anul 1989.

Tendențele GES indirecte sunt similare cu tendințele GES directe, cu excepția emisiilor de CO, care au crescut începând cu anul 1995, datorită creșterii cantității de lemn de foc folosite în gospodărie. Scăderea emisiilor de SO<sub>2</sub> este cauzată de declinul combustibililor fosili utilizați în sectorul de producere a energiei și reducerea conținutului de sulf din combustibilii, [44].

Tendența emisiilor de GES pentru fiecare sector în perioada 1989-2014, exprimată în Gg CO<sub>2</sub> echivalent, sunt prezentate în figura 4.2.

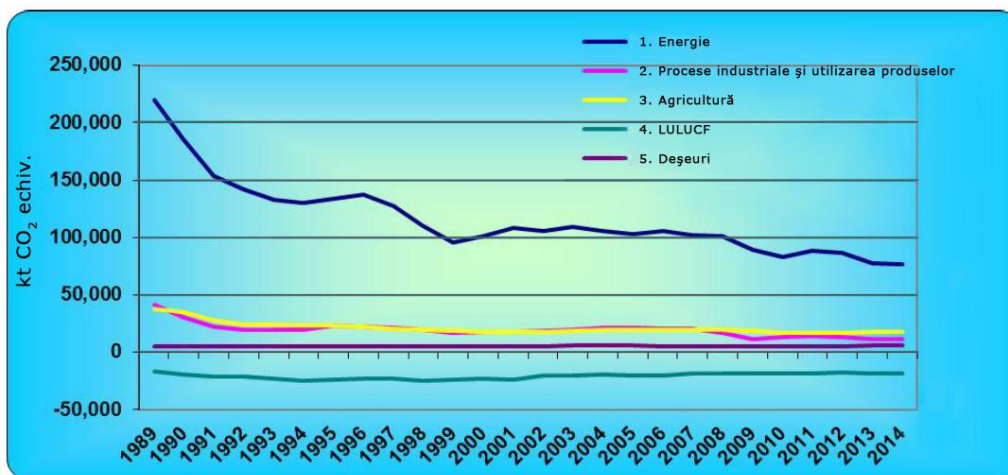


Figura 4. 2. Tendința emisiilor de GES, pe sectoare de activitate, [44]

Sectorul *Energie* - are cea mai mare contribuție, din punct de vedere al cantității totale de emisii de GES, generând 68,81% din totalul emisiilor de GES naționale, în anul 2014. GES provenite din sectorul energie au scăzut cu 65,13% comparativ cu anul de referință. Sectorul Energie cuprinde subsectoarele: industria energetică, industria prelucrătoare și construcții, transport, sectorul comercial/instituțional și emisii fugitive.

Sectorul *Procese industriale și utilizarea produselor* - contribuie la emisiile totale de GES cu 10,33%. O scădere semnificativă a emisiilor de GES a fost înregistrată în acest sector în 2014, cu 72,11% comparativ cu nivelul din 1989 din cauza declinului activităților de producție.

Sectorul *Agricultură* - emisiile de GES în 2014 sunt cu 54,14% mai mici comparativ cu emisiile din 1989 datorită declinului activităților legate de creșterea animalelor, scăderea suprafeței de cultivare a orezului, scăderea culturilor agricole și declinului utilizării îngrășămintelor chimice. În anul 2014, 15,71% din totalul emisiilor de GES au provenit din sectorul agricol.

Sectorul *Folosința terenului, schimbarea folosinței terenurilor și silvicultură (LULUCF)* a generat în anul 2014 cu 11,83% mai multe emisii de GES, comparativ cu anul de referință.

Sectorul *Deșeuri* - emisiile au crescut în anul 2014 cu 11,88%, comparativ cu anul 1989. Contribuția acestui sector la emisiile totale de GES în anul 2014 este de 5,15%, [44].

Participarea sectoarelor economiei naționale la emisiile totale de GES (excluzând LULUCF), pentru anul 2014, se prezintă în figura 4.3.

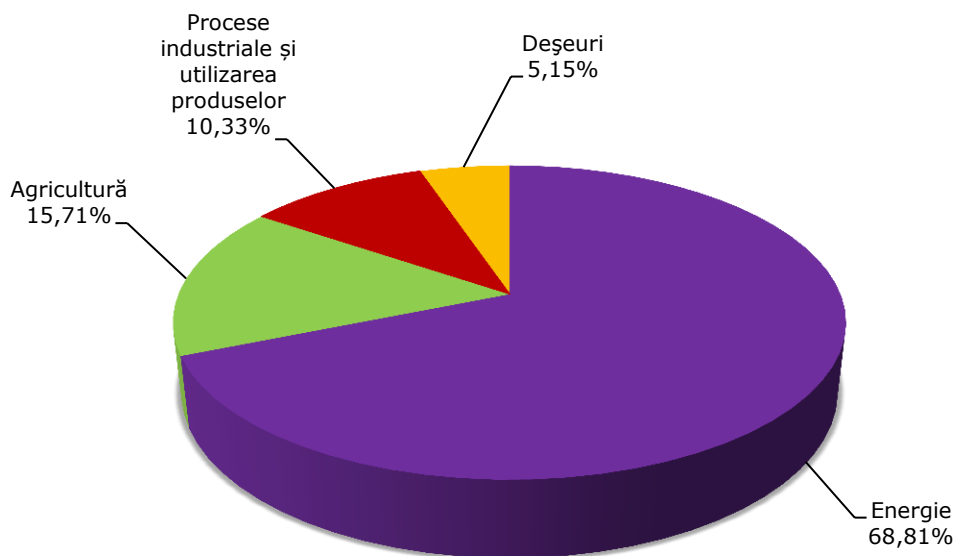


Figura 4. 3. Emisiile sectoriale de GES în 2014 [%], [44]

Conform OMM, o reprezentare schematică a efectelor schimbărilor climatice asupra aprovizionării cu energie, este prezentată în figura 4.4, [45].

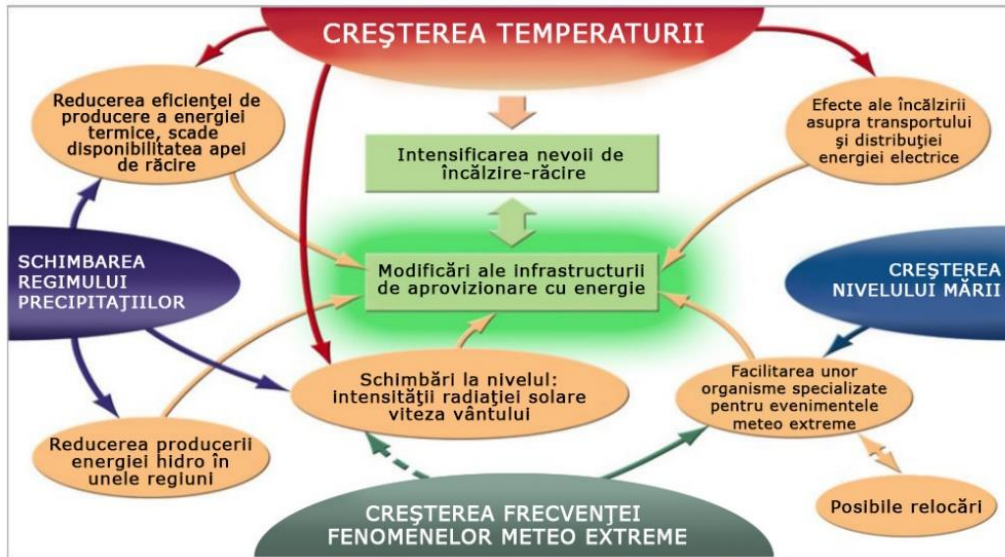


Figura 4. 4. Efectul emisiilor de GES în economia unei țări, [45]

Riscurile asociate schimbărilor climatice sunt evaluate ca fiind mai mari în comunitățile vulnerabile din toate țările. Se așteaptă în viitor apariția unor efecte semnificative asupra sănătății populației, a securității regionale și chiar o migrației masivă a populației, [46, 47].

## **5. METODE DE ESTIMARE A PROGNOZELOR EMISIILOR DE GES**

### **5.1. Introducere**

Procesul de adoptare a politicilor și măsurilor de reducere a emisiilor de GES la nivel internațional include estimarea periodică a efectelor acestora, respectiv evaluarea emisiilor de GES la diferite orizonturi de timp.

Estimarea și raportarea prognozelor de emisii de GES constituie o obligație prevăzută atât prin implementarea UNFCCC, cât și prin politica europeană în domeniul schimbărilor climatice.

Obiectivele de reducere a emisiilor de GES care se prefigurează în perioada post Kyoto, impun o atenție deosebită procesului de prognoză a emisiilor cu scopul de a asigura un proces permanent de evaluare și ajustare a politicilor și măsurilor adoptate anterior în vederea atingerii țintei asumate.

Obiectivul general al acestui capitol constă în analiza metodologiilor de estimare a prognozelor GES utilizate la nivel global, în scopul selectării modelului optim de prognoză care poate fi aplicat la nivel național și care să permită identificarea principalelor sectoare poluante pentru orizontul de timp 2050, în corelație cu diferite portofolii de politici de mediu.

### **5.2. Modele de analiză și prognoză**

Modelarea sistemelor constituie un principiu de bază în inginerie și oferă un cadru coerent pentru testarea anumitor ipoteze, pornind de la stabilirea cu claritate a necesității și scopului modelării și luând în considerare analiza anumitor variabile relevante, [48], vezi figura 5.1.

Modelele de analiză și prognoză conțin un set de relații utilizate pentru a simula o situație sau un sistem, pornind de la o serie de ipoteze inițiale.

Sectoarele analizate în această teză (gospodării, agricultură, servicii, industrie, transport, energie) cuprind multiple sub-sectoare, caracteristici și elemente dinamice, iar pentru analiza acestora apare necesitatea utilizării modelelor care să descrie, să organizeze și să ofere predicția comportării acestora, în diferite scenarii privind politicile în domeniul schimbărilor climatice.

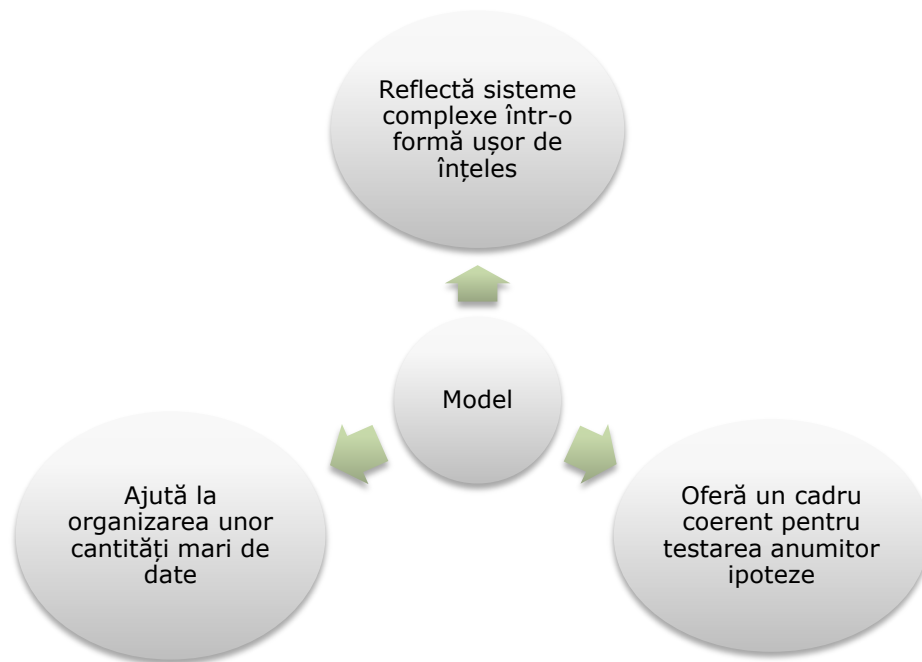


Figura 5. 1. Caracteristicile unui model de prognoză

La nivel global, modelele integrate de analiză ce cuprind structurile sectoriale ale sistemului energetic au devenit frecvent utilizate ținând cont de nevoile de adaptare a factorilor de decizie la noile tendințe privind liberalizarea pieței de energie, dezvoltarea durabilă și atenuarea efectelor schimbărilor climatice, [48].

Structura modulară permite rularea atât ca modele integrate complete cât și utilizarea altor modele prin exportul bazelor de date sau a rezultatelor obținute.

Încă din anii 1970 (odată cu apariția crizei energetice) politicile energetice, atât din UE cât și din SUA, au fost îmbunătățite utilizând modelele computerizate ca instrumente de decizie.

De-a lungul ultimelor trei decenii, CE a promovat dezvoltarea a numeroase modele cu un nivel ridicat de complexitate constituind instrumente de decizie pentru dezvoltarea de politici strategice, energetice și de protecția mediului.

Modelele care înglobează aspecte ale sectoarelor energie-economie-mediul sunt fundamentale în elaborarea politicilor climatice naționale, [49].

Din punct de vedere al modului de abordare, în procesul de modelare apar două noțiuni distincte: prognozare și „BK” (prognozare inversă), vezi figura 5.2.

Prognozele sunt instrumente utilizate în mod curent în elaborarea scenariilor energetice care pornesc de la estimări privind evoluția situației actuale într-o anumită perioadă de timp (ex: proiecții BAU - ce au la bază continuarea tendințelor istorice) și scenarii alternative). Acestea se concentrează în general asupra continuării tendințelor actuale și în viitor. În scenariile de prognoză conceptele de risc și incertitudine au un rol central, exemple de astfel de scenarii fiind cele în care analiștii aduc în discuție apariția eventualelor situații de avarii și/sau crize, [50].



Care sunt tendințele viitoare de evoluție?

„PROGNOZĂ”



Unde dorim să ajungem?  
Prin ce mijloace putem ajunge?

„BK”

Figura 5. 2. Prognoză vs „BK”, [50]

A doua categorie o reprezintă scenariile tip „BK” care sunt instrumente strategice utile pentru determinarea celui mai favorabil scenariu de evoluție și pentru identificarea etapelor necesare atingerii rezultatelor așteptate. Acestea diferă de previziuni prin faptul că încep cu o imagine asupra viitorului. Aceste modele sunt foarte utile pentru studiile de dezvoltare durabilă, [50].

După modul de abordare a sistemului analizat, modelele se clasifică în Modele „TD” și Modele „BU”.

Modelele „TD” aplică teoria macroeconomică, econometria și tehnici de optimizarea pentru a cumula variabile economice, vezi figura 5.3.

Modelele tip „TD” evaluează cererea finală pentru sectoarele analizate, folosind date istorice privind consumul de energie și costurile pentru diferite sectoare analizate, [48].

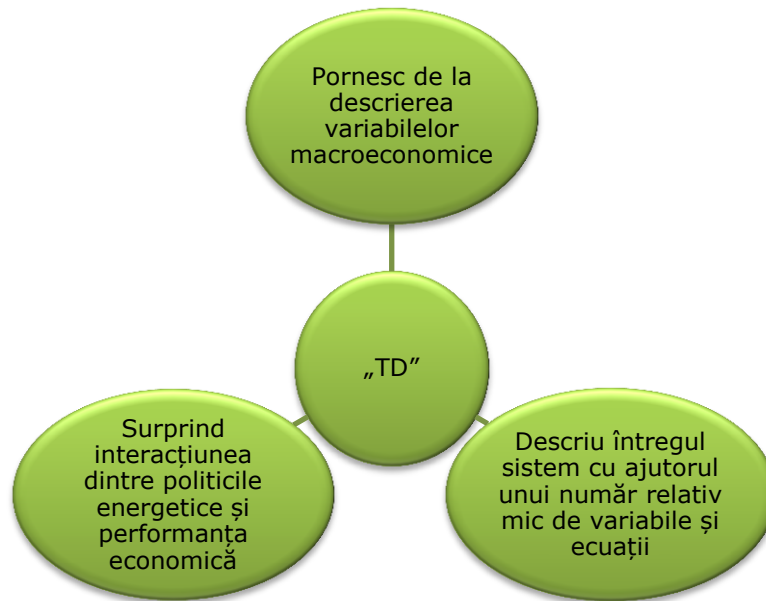


Figura 5. 3. Caracteristicile modelelor „TD”

Modelele „BU” sunt tehnici explicite care se concentrează asupra unui sector al economiei, stabilindu-se detaliat intrările, ieșirile, costurile unitare, precum și o serie de alte caracteristici tehnice și economice, vezi figura 5.4.

Pentru sectorul energetic, modelele „BU” pornesc de la descrierea tehnologiilor disponibile în prezent, pentru a satisface cererea viitoare de energie, [48, 51].

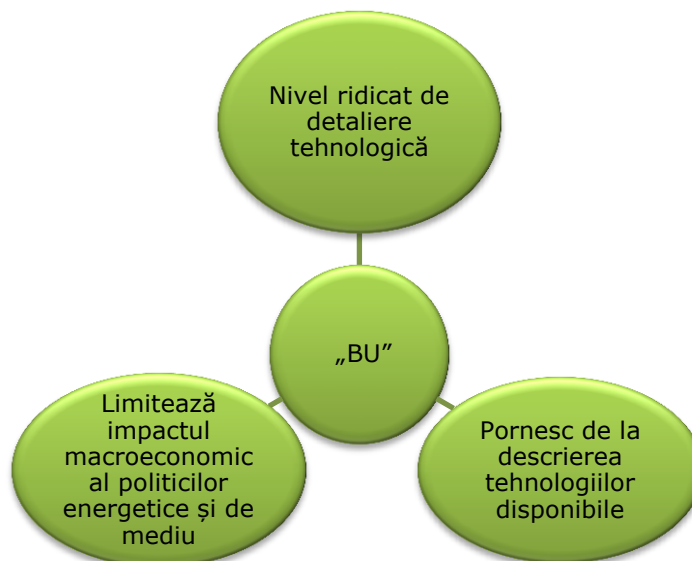


Figura 5. 4. Caracteristicile modelelor „BU”

Din punct de vedere al tehnicilor de modelare, modelele de politică energetică utilizate la nivel global se clasifică în: modele de optimizare, modele de simulare, modele tip „AF” și modele hibrid, [109].

Modelele de optimizare sunt utilizate pentru a genera configurații ale sistemelor energetice cu costuri minime bazate pe diferite tipuri de constrângeri (de exemplu: obiectivele privind reducerea emisiilor de CO<sub>2</sub>, disponibilitate tehnologică, cerere de energie).

Exemple de modele de optimizare sunt: MARKAL, MESSAGE, EFOM, WASP. Detalii referitoare la aceste modele, sunt prezentate în anexa A8.

Cel mai important avantaj al modelelor de optimizare este acela că au la bază o abordare puternică și coerentă de tip „BK” și pot fi utilizate cu succes în cazul în care se urmărește analiza mai multor opțiuni (de exemplu, utilizarea diferitelor tipuri de combustibili pentru limitarea emisiilor).

Dezavantaje modelelor de optimizare sunt: pornesc de la ipoteza unei concurențe perfecte (fără monopol, fără subvenții), tind să fie complexe, necesită o cantitate mare de date de intrare și sunt greu de aplicat pentru utilizatorii mai puțin experimentați, necesitând o perioadă îndelungată de instruire, [48].

Modelele de simulare reproduc comportamentul consumatorilor și producătorilor în diferite ipoteze de prețuri sau politici, fără a considera un comportament "optim". Acestea pot modela cu ușurință un sistem care nu este guvernat exclusiv de profit sau maximizare costurilor.

Exemple de modele de simulare sunt: ENPEP, IMAGE, LEAP, Energy 20/20. Detalii referitoare la aceste modele, sunt prezentate în anexa A8.

Avantajele modelelor de simulare, sunt: nu se limitează la un comportament "optim", generează rezultate de o precizie foarte bună, generează rezultatele în diferite portofolii de politici de mediu.

Dezavantajele principale ale modelelor de simulare constau în dificultatea de a stabili parametri cheie, prognozele fiind foarte sensibile la condițiile de pornire și parametrii inițiali selectați, [48].

Cu ajutorul modelelor de tip „AF” putem descrie cu precizie sistemul energetic și putem genera costurile asociate anumitor tehnologii și impactul generat asupra mediului pentru anumite scenarii energetice. Acestea sunt utile cu precădere factorilor de decizie și mai puțin consumatorilor și producătorilor de energie.

Exemple de modele tip „AF”: LEAP, MEDEE, MESAP. Detalii referitoare la aceste modele, sunt prezentate în anexa A8.

Avantajele modelelor de tip „AF”: sunt metode simple transparente și flexibile care nu necesită date complexe, capabile să analizeze o situație existentă în anumite scenarii de dezvoltare.

Dezavantajul major al modelelor de tip „AF” este acela că sunt neadevrate în cazul sistemelor complexe unde se urmărește determinarea unei soluții cu costuri minime, [48].

Modelele hibrid combină elemente de optimizare, simulare și „AF”. Exemple de modele hibrid, sunt:

- Modelul LEAP – funcționează pe două nivele: sunt introduse ipotezele și parametri de bază, iar utilizatorii pot adăuga scenarii de simulare proprii.
- Modelul MERCI – model de echilibru care descrie simultan situația economică, precum și aspecte referitoare la sectorul energetic la un nivel tehnologic detaliat.

- Modelul NEMS – include module de optimizare pentru sectorul energetic, împreună cu ipotezele de simulare pentru fiecare sector al cererii formând un sistem general de echilibru, [48].

O listă orientativă cu modele de prognoză utilizate la scară largă în momentul de față la nivel global, este prezentată în anexa A8, [52].

Instrumentele software care utilizează modelele de analiză și prognoză, în diferite regiuni de pe glob, sunt centralizate în tabelul 5.1.:

Tabel 5. 1. Instrumente de planificare și analiză utilizate în diferite state, [52]

Tara	Organizația	Instrument planificare
Algeria	Companii consultanță	ENPEP, MAED, WASP, LEAP
Cipru	Universitatea Tehnică	PRIMES, GEM-E3
Egipt	Ministerul Energiei	ENPEP, LEAP
Israel	Ministerul Energiei și Resurselor Minerale	LEAP
Iordania	Ministerul Energiei și Resurselor Minerale	ENPEP, LEAP
Liban	Asociația Libaneză pentru Eficiență Energetică	LEAP
Maroc	Companii consultanță	LEAP
Siria	Ministerul Energiei, Comisia pentru Energie Atomică	LEAP, WASP
Tunisia	Ministerul Energiei, Agenția de Mediu	LEAP, MARKAL
Turcia	Ministerul Energiei	ENPEP, MAED, WASP, MARKAL

Considerând o serie de criterii precum disponibilitatea modelelor, utilizarea lor în țările europene în curs de dezvoltare și posibilitatea realizării prognozelor emisiilor de GES în diferite scenarii, am ales pentru o evaluare detaliată următoarele modele reprezentative: ENPEP, MARKAL, MERCI, LEAP și MESSAGE.

Pentru evaluările ulterioare, modelele PRIMES și EnergyPLAN (modele utilizate la scară largă la nivel global) nu au fost selectate deoarece folosesc baze de date complexe, utile în cazul studiilor agregate la nivel European.

ENPEP - a fost dezvoltat începând cu anul 1985 în cadrul Departamentului Energie, SUA [53]. ENPEP este un model iterativ, de tip „BU”, care are un modul dedicat realizării prognozelor de emisii de GES [48]. Mai multe detalii despre acest model, sunt prezentate în capitolul 5.3.

MARKAL - a fost dezvoltat la sfârșitul anilor 1970 de Laboratorul Național Brookhaven [55]. Acesta este un model dinamic de tip „BU”, care facilitează prognozarea pe termen mediu și lung, prin integrarea factorilor energetici, ecologici și economici [48].

MERCI - a fost elaborat în anul 2009 de Institutul pentru Studii Avansate, Viena. Este un model hibrid, dinamic, construit în scopul de a realiza diferite prognoze ale sectoarelor industriale din punct de vedere economic și ecologic [48].

LEAP - a fost dezvoltat în anul 1980 în SUA [54] - este un model hibrid de tip „BU”, utilizat la scară largă pentru analiza politicilor energetice și evaluarea metodelor de atenuare a schimbărilor climatice [48]. Mai multe detalii despre acest model, sunt prezentate în capitolul 5.4.

MESSAGE - a fost elaborat în anii 1980 de Institutul Internațional pentru Analiza Sistemelor Aplicate (IIASA), Austria [56]. Este un instrument de optimizare a sistemelor tehnologice, dotat cu module de prognoză economică și ecologică [48]

### 5.3 - Studiu de caz 1. Adaptare Modelului ENPEP în scopul estimării emisiilor GES 45

Toate modelele prezentate anterior, servesc ca mijloc de estimare a costurilor și beneficiilor opțiunilor de politică climatică, corelate cu evoluția economico-socială a țării.

Selectarea modelului ce va fi utilizat la nivel național, ridică problema evaluării comparative a modelelor prezentate anterior, în scopul alegerii alternativei optime.

A doua etapă a evaluării s-a realizat prin metoda matriceală, [77], considerând criteriile A-F cuantificate în tabelul 5.2.: A - Utilizare la nivel UE, B - Transparență, C - Necesare date de intrare, D - Flexibilitatea în construirea scenariilor, E - Cost, F - Recunoaștere internațională.

Punctajul folosit a fost următorul:

- Nivel scăzut: 1 punct
- Nivel moderat: 2 puncte
- Nivel ridicat: 3 puncte

Tabel 5. 2. Matricea de evaluare a modelelor de prognoză

	A	B	C	D	E	F	TOTAL
<b>ENPEP</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>15</b>
MARKAL	3	1	1	1	1	3	10
MERCI	1	2	2	3	3	1	12
<b>LEAP</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>18</b>
MESSAGE	2	2	2	1	3	2	12

*Notă: Pentru criteriile precum „cost” și „necesare date de intrare”, punctajele utilizate au fost nivel scăzut: 3 puncte, nivel ridicat: 1 punct*

În urma evaluării utilizând metoda matriceală, au rezultat modelele ENPEP și LEAP ca fiind cele mai potrivite pentru estimarea emisiilor GES în diferite scenarii privind politicile de mediu la nivel național.

În următoarele capitole vor fi detaliate aceste modele în scopul selectării modelului optim cu care se va realiza prognoza pe termen lung la nivel național.

### 5.3. Studiu de caz 1. Adaptare modelului ENPEP în scopul estimării emisiilor GES la nivel național

ENPEP este un pachet de programe realizat pentru elaborarea unor studii de planificare energetică pe termen mediu și lung, care are peste 1000 de utilizatori în peste 80 de țări din întreaga lume.

ENPEP a fost realizat în anul 1985 în cadrul Laboratorului Național Argonne al Departamentului Energiei din SUA, a fost preluat în anul 1987 de Agenția Internațională pentru Energie Atomică (AIEA) de la Viena și distribuit unui număr important de țări din întreaga lume printre care se numără și România.

O serie de specialiști din cadrul Institutului de Studii și Proiectări Energetice din România, au participat la cursurile de specializare din cadrul Laboratorului Argonne sau de la Viena și au fost elaborate câteva studii de planificare energetică în comun.

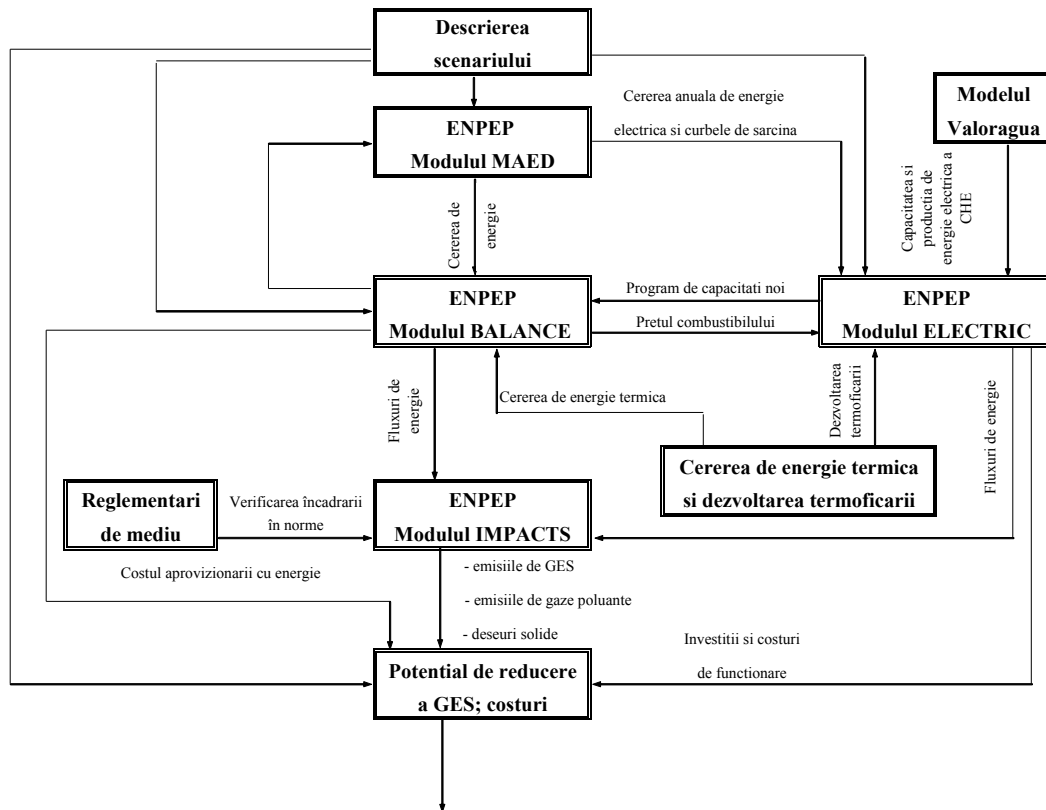


Figura 5. 5. Schema sistemului integrat de modelare ENPEP pentru prognoza și evaluarea opțiunilor de reducere a GES la nivel național

Principalele module conținute de pachet de programe ENPEP sunt următoarele, vezi figura 5.5:

Modulul MACRO - formează proiecția evoluției macroeconomice utilizate în dezvoltarea energetică.

Modulul DEMAND - determină necesarul de energie utilă și combustibil în funcție de ritmul de creștere macroeconomică produs în MACRO și generează un set de date privind ritmuri de creștere a necesarului de energie care este utilizat în modulul BALANCE.

Modulul PLANTDATA este o bibliotecă a informațiilor referitoare la centralele termoenergetice și hidroenergetice utilizate ca date de intrare în modulele ELECTRIC, ICARUS și BALANCE.

Modulul BALANCE are ca scop determinarea balanței dintre disponibilul și necesarul de energie în ipoteza modelării unui echilibru generalizat pentru o țară cu sectoare cu diferite caracteristici economice. Acest modul se bazează pe realizarea unei rețele de energie formată din noduri și linii care modelează sectoarele de producere și de consum de energie specifice unei țări.

Modulul BALANCE calculează pentru toate activitățile definite de utilizator fluxurile anuale de energie și prețul energiei.

### 5.3 - Studiu de caz 1. Adaptare Modelului ENPEP în scopul estimării emisiilor GES 47

---

Modulul LCD are ca obiectiv pregătirea datelor de intrare privind cererea de energie electrică, în funcție de necesarul de date ale modulului ELECTRIC (WASP) și anume: consumul anual de energie electrică și pe perioade (maxim 12 perioade/an), puterea de vârf anuală și pe perioade și curbe clasate de sarcină pe perioade.

Modulul MAED este un model de simulare care calculează necesarul final de energie în funcție de indicatorii macroeconomici (populație, PIB etc.) și modul de evoluție tehnologică a economiei, incluzând și modificarea stilului de viață al populației.

Rezultatele rulării modulului MAED îl constituie necesarul de energie pentru fiecare categorie de utilizări finale definite de utilizator și pentru fiecare an al perioadei analizate.

Modulul ELECTRIC determină dezvoltarea optimă (cu costuri minime) a capacităților de producere a energiei electrice pentru un anumit grad de siguranță în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor. În utilizarea lui separată, (nu în pachetul ENPEP) este cunoscut ca modelul WASP.

Modulul ICARUS este un model de simulare a costurilor de producție pentru un număr maxim de 600 de unități din sistemul de producere a energiei electrice și calculul gradului de siguranță al întregului sistem pentru perioade de timp de la o săptămână până la un an.

Modulul IMPACTS are ca obiectiv calcularea emisiilor cu impact asupra mediului (GES, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, particule). Datele de intrare pentru acest modul sunt importate din modulele BALANCE și ELECTRIC.

Baza de date necesară pentru aplicarea acestui pachet de programe la nivel național poate fi realizată pornind de la resursele de energie primară din balanța energetică națională.

În figura 5.6. se prezintă necesarul de date sub forma unei balanțe de energie simplificată având patru elemente importante:

- resursele de energie primară;
- tehnologii de conversie a resurselor de energie primară;
- transportul și distribuția produselor energetice;
- consumatorii de energie clasificați conform ghidului IPCC.

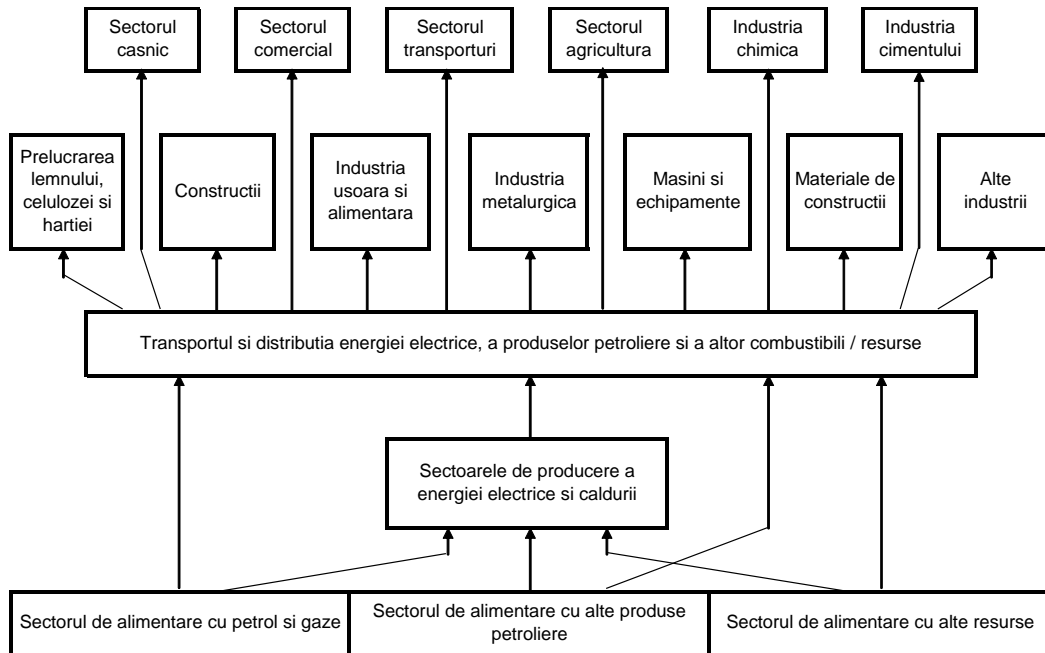


Figura 5. 6. Structura necesarului de date a modelului ENPEP, pentru realizarea prognozei emisiilor GES la nivel național [57]

Cu ajutorul pachetului de programe ENPEP fiecare sector identificat la nivel național este modelat în detaliu considerându-se procesele tehnologice și factorii de emisie conform IPCC, [58].

În urma analizei implicațiilor utilizării modelului ENPEP pentru determinarea evoluției emisiilor de GES la nivel național, au fost identificate restricții privind utilizarea datelor din anuarul statistic național care conține valorile brute ale principalilor parametri, în situația în care modelul ENPEP este conceput să realizeze procesul de optimizare a sistemelor pentru date nete.

De asemenea, în contextul politic actual la nivel național, în care nu există perspective clare privind dezvoltarea fiecărui sector al economiei și nici o strategie privind politica de dezvoltare macroeconomică pe termen lung, utilizarea modelului ENPEP devine destul de dificilă.

Exemple de aplicații ENPEP:

- Bulgaria: Evaluări energie-mediu;
- Slovacia: Analiza opțiunilor de reducere a emisiilor GES pentru raportarea la UNFCCC;
- Columbia: Raport anual privind prognozarea pieței electricității, [53].



## 5.4. Studiu de caz 2. Adaptarea modelului LEAP în scopul estimării emisiilor la nivel național

Modelul LEAP este un instrument software utilizat pe scară largă pentru analiza politicilor energetice și evaluarea mijloacelor de atenuare a efectelor generate de schimbările climatice, conceput în 1980 în USA și mai târziu preluat și dezvoltat de Institutul pentru Mediu din Stockholm (SEI) cu sprijinul Programului Națiunilor Unite privind Mediul.

Modelul LEAP are peste 5000 de utilizatori din 190 de țări. Printre aceștia se numără agențiile guvernamentale, mediul academic, organizații non-guvernamentale, companii de consultanță și utilități energetice.

### Caracteristicile modelului LEAP:

- Este un instrument tip „AF” care oferă posibilități de simulare și optimizare, pe termen mediu și lung (cu pas de timp anual), pentru diferite sectoare și tehnologii pentru un orizont de timp între 20 și 50 de ani, care poate fi extins pentru o perioadă de analiză nelimitată.
- Este un model integrat energie-mediu care pornește de la un scenariu de bază, pentru a descrie măsurile individuale de politică și pentru a crea o ierarhie de scenarii.
- Nu necesită o bază de date de pornire foarte elaborată, permițând astfel evaluarea sistemelor energetice și emisiile de GES, fără informații suplimentare cu privire la costurile tehnologice.
- Este flexibil, robust, transparent și permite adaptarea cu ușurință a rezultatelor preluate din alte modele de prognoză, [54].

Acest model este cunoscut ca fiind cel mai potrivit pentru abordarea caracteristicilor țărilor în curs de dezvoltare, cum sunt: performanța sectorului energetic, electrificarea, utilizarea biocombustibililor, divizarea urban-rural, utilizarea sistemului de subvenții, comercializarea certificatelor de emisii de GES, mecanismul de dezvoltare curată, utilizarea SRE și programele energetice rurale, permițând introducerea ipotezelor individuale pentru fiecare țară, [79].

LEAP este recomandat țărilor care urmăresc planificarea integrată a resurselor, realizarea evaluărilor privind atingerea țintelor emisiilor GES și celor care nu au încă stabilită o strategie de reducere a emisiilor. Multe țări au ales să utilizeze LEAP ca parte a elaborării documentațiilor necesare angajamentului de raportare la UNFCCC.

Fluxul de calcul utilizat de modelul LEAP este schematizat în figura 5.7.

În manualul de instruire, UNFCCC descrie calculele care stau la baza modelului LEAP drept „non-controversate”, pentru ca verificarea lor este simplă și au un grad ridicat de transparență.

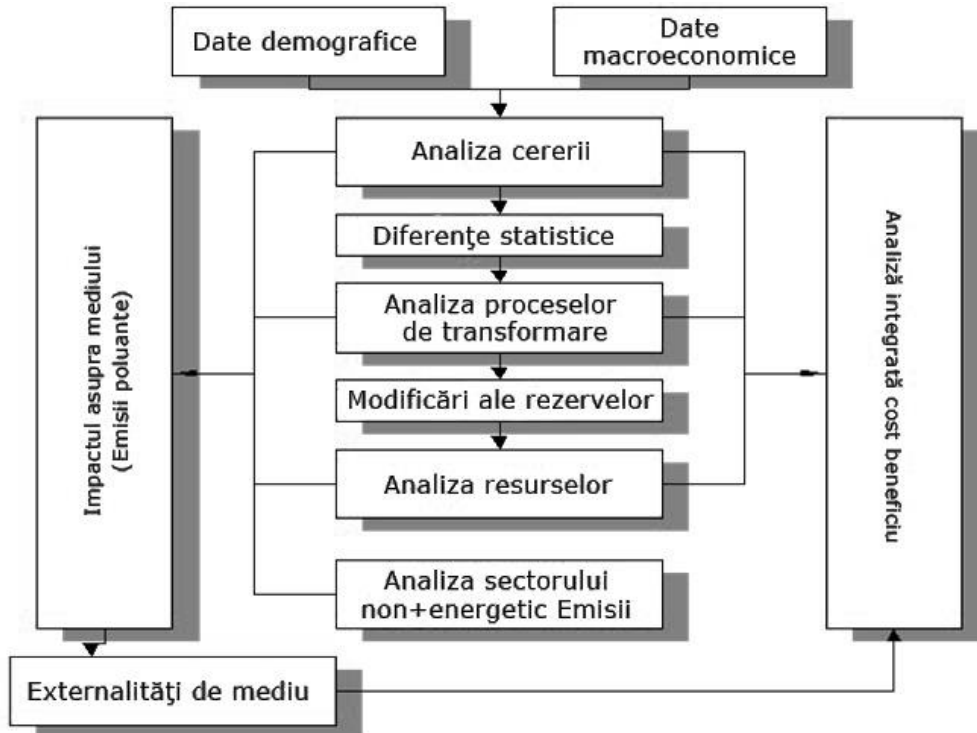


Figura 5. 7. LEAP - Fluxul de calcul, [59]



Figura 5. 8. Harta aplicațiilor LEAP, [60]

Așa cum se poate observa și în figura 5.8., modelul LEAP este folosit în instituții din țări precum:

- China: Institutul energetic de cercetare – *Scenarii energetice și impactul asupra mediului, Scenarii privind reducerea emisiilor de sulf*;
- SUA: Centrul pentru energie – *Consumul de energie și generarea emisiilor pentru vehiculele utilitare ușoare din 7 state*;
- Islanda: *Planul de acțiune privind GES*;
- Argentina, Bolivia, Cambodgia, Ecuador, El Salvador, Libanul, Mali, Mongolia, Korea, Senegal, Tanzania: *Studii privind emisiile GES*;
- Korea, Mongolia, Rusia, Japonia: *Prognoze privind sectorul energetic*;
- Malaezia, Indonezia, Ghana: *Planificarea integrată a resurselor*, [61];
- Tailanda: *Studii privind sectorul transporturi*;
- Texas: *Studiu integrat pentru sectorul transporturi*;
- Grecia: Bellona Foundation, 2011 - *Evaluarea tehnologiei CSC*;
- Moldova: *Comunicării a doua Naționale a Republicii Moldova la UNFCCC*.
- Estonia: *Analiza modelelor de planificare energetica și adaptabilitatea acestora pentru sectorul energetic*;
- Studiu la nivel european privind schimbările climatice, SEI, 2009
- Studii la nivel Global realizate de Tellus Institute & Greenpeace.

Un alt studiu notabil a fost pregătit de către IES, analizând modul în care Europa poate demonstra leadershipul în menținerea schimbărilor climatice globale sub limita de 2°C încălzire.

Alte țări care mai folosesc modelul de analiză și prognoză LEAP: Algeria, Egipt, Israel, Iordania, Liban, Malta, Maroc, Palestina, Siria, Tunisia.

Detalii privind cerințele minime Hardware și Software cât și prezentarea interfeței grafice utilizate de modelul LEAP sunt prezentate în anexa A9.

Modelul LEAP permite crearea ierarhiilor de scenarii pornind de la scenariul de bază definit. Scenariile se elaborează pornind de la estimarea evoluției în timp a componentelor sistemului energetic, într-un anumit context socio-economic și în conformitate cu politicile sectoriale adoptate la nivel național. Funcția Manage Scenarios (vezi figura 5.9.) este utilizată pentru a organiza scenariile și a specifica succesiunea acestora. În modulul View Analysis, în funcție de codul culorilor se pot identifica scenariile și apartenența lor la cel de bază.

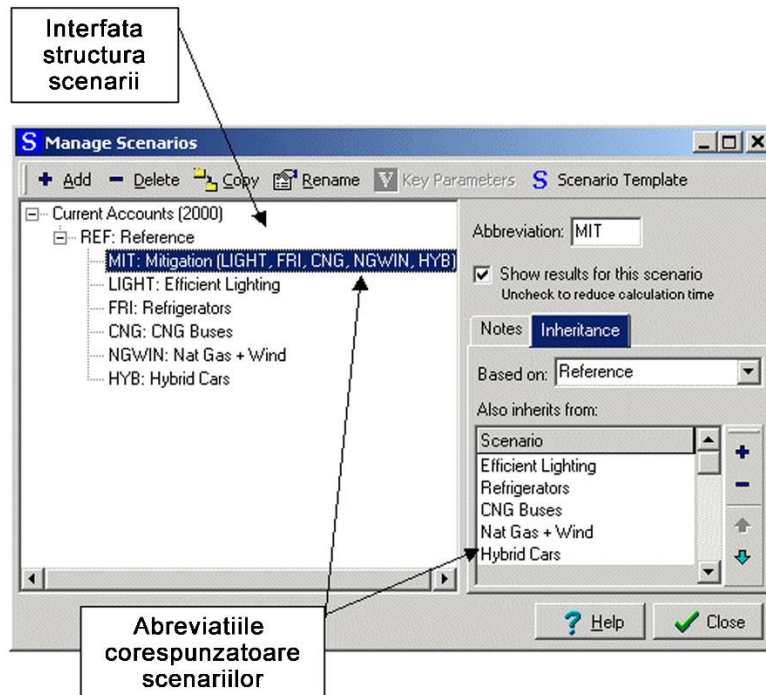


Figura 5. 9. Realizarea scenariilor în modelul LEAP

În urma analizei posibilității utilizării modelului LEAP, pentru prognozarea emisiilor GES la nivel național, au rezultat următoarele avantaje:

- Este recunoscut pentru flexibilitate, transparență și ușurința în utilizare (nu necesită training îndelungat și are o interfață de lucru prietenoasă);
- Utilizează o interfața grafică foarte bună;
- Poate fi folosit la diferite niveluri geografice (oraș, stat, țară, regiune sau la nivel global);
- Necesită o cantitate relativ scăzută de date de intrare comparativ cu alte instrumente de modelare care se bazează pe optimizare și care tind să aibă cerințe mult mai complexe privind datele de intrare;
- Se pretează pentru o analiză iterativă, datorită faptului că bazele de date de intrare sunt relativ adaptabile și transparente. Astfel utilizatorul pornește de la o simplă bază de date, iar în iterațiile următoare poate adăuga altele și poate relua analiza într-o formă mai complexă;
- Analizând toate sectoarele energetice, utilizarea modelului LEAP conduce la o înțelegere completă a întregului sistem a cărei structură poate fi cu ușurință adaptată fiecărui scenariu analizat, [48].

Pentru aplicarea modelului LEAP la nivel național, au fost identificate o serie de date de intrare, prezentate în figura 5.10. Toate acestea sunt date publice, ceea ce constituie un mare avantaj din punct de vedere al etapei inițiale de elaborare a bazei de date, conform cerințelor modelului.

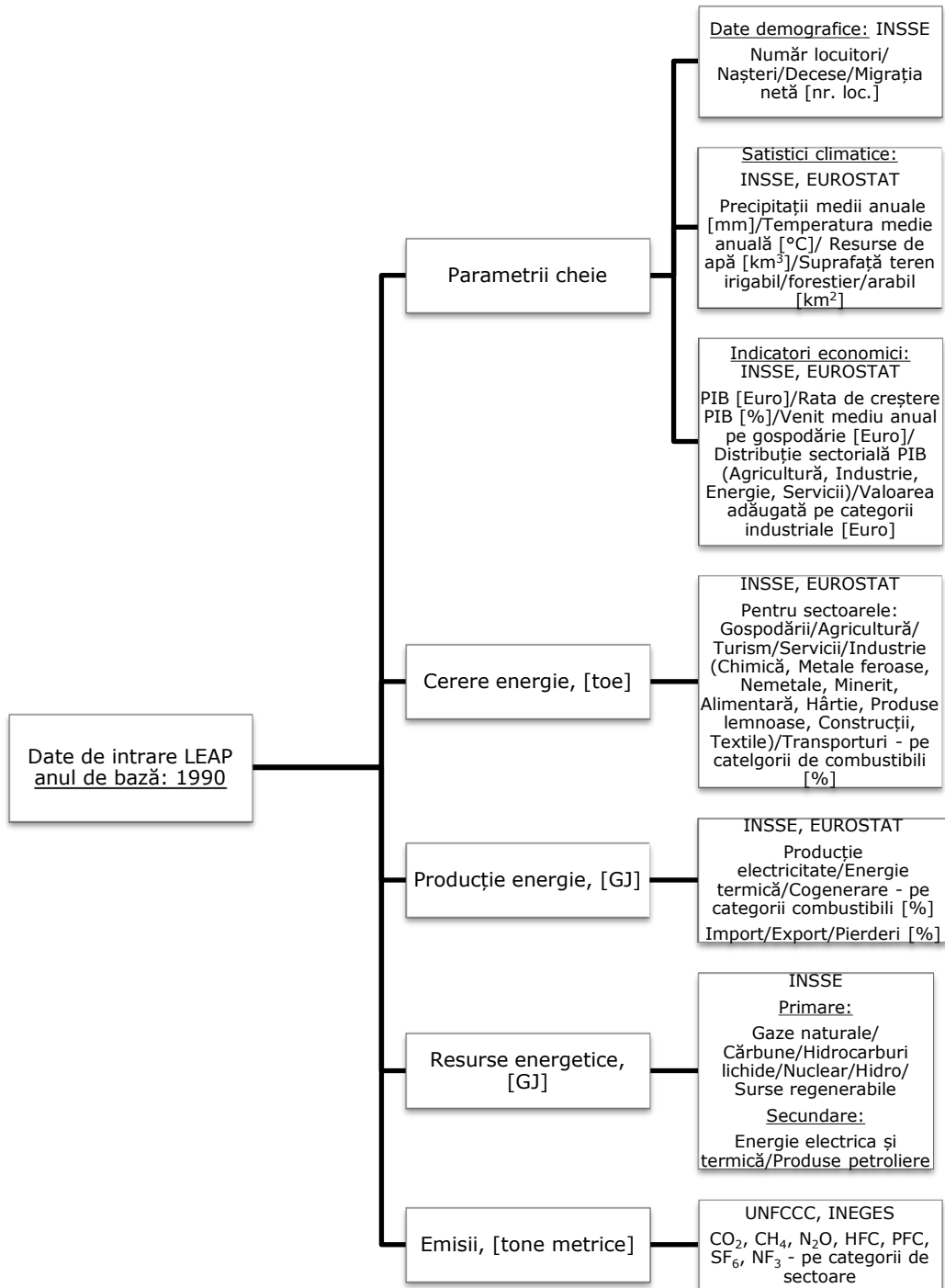


Figura 5. 10. Baza de date de intrare, utilizată pentru realizarea prognozei GES la nivel național cu ajutorul modelului LEAP

*PIB – Produs intern brut/ INSSE – Institutul Național de Statistică/ EUROSTAT – Biroul de statistică al Uniunii Europene*

Pe lângă aceste date au fost folosite și reglementări naționale din domeniul industriei, energiei și protecției mediului, din surse precum: Guvernul României, Ministerul Mediului, Autoritatea Națională de Reglementare în domeniul Energiei (ANRE), Centrul de Cercetări Demografice al Academiei Române și Comisia Națională de Prognoză (CNP).

Rezultatele modelării cu ajutorul programului LEAP sunt prezentate în figura 5.11.

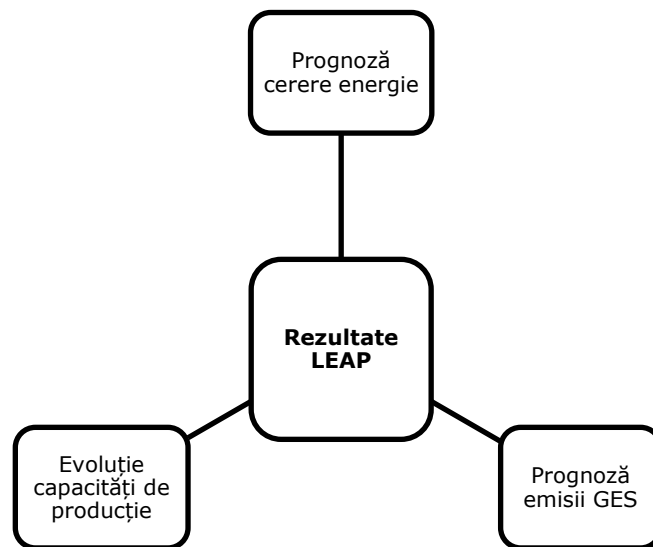


Figura 5.11. Prognozele generate de modelul LEAP

## 6. ANALIZA MULTICRITERIALĂ A MODELELOR DE PROGNOZĂ

Noțiunea de analiza multicriterială a apărut în anii 1960 din necesitatea conceperii unui instrument viabil în scopul luării deciziilor. Recent a devenit din ce în ce mai utilizată în cadrul activităților din sfera managementului de proiect, [62].

Analiza multicriterială se bazează pe o abordare structurată pentru a determina preferințele unor opțiuni alternative selectate, care conduc la îndeplinirea unui număr predefinit de obiective.

Pornind de la ipoteza conform căreia criteriile selectate sunt independente unul de celălalt, pentru prioritizarea modelelor propuse s-a utilizat metoda însumării ponderilor (denumită și metoda modelelor liniare cumulative), folosită frecvent în cazul deciziilor multicriteriale.

Modelul liniar descris în relația (iii) prezintă modul în care valorile anumitor criterii aferente unui model pot fi combinate într-o valoare de ansamblu.

Acest lucru se realizează prin înmulțirea punctajelor fiecărui criteriu cu ponderea adecvată, urmată de însumarea punctajelor ponderate ale tuturor criteriilor de selecție, [63].

Calcularea punctajului total pentru fiecare model propus se realizează conform relației:

$$A_i = \sum_{j=1}^n w_j * r_{i,j}$$

(iii) Analiza multicriterială – metoda însumării ponderilor

în care:

$A_i$  – modelul propus, unde  $i$  este numărul modelului;

$w_j$  – ponderea criteriului  $j$ , unde  $j$  ia valori între 1 și numărul de criterii  $n$ ;

$r_{i,j}$  – punctajul acordat criteriului  $j$ , pentru modelul  $i$ , [63].

Modelele de acest tip au furnizat în repetate rânduri un sprijin solid și eficient factorilor de decizie pentru diverse probleme și în circumstanțe variate [64]. De exemplu, în Olanda, Comisia pentru Evaluarea Impactului asupra Mediului (EIA) a recomandat aplicarea metodei însumării ponderilor pentru evaluarea unui set de soluții alternative, [65].

Pentru prioritizarea modelelor propuse în cadrul matricei, fiecare criteriu de selecție are o anumită pondere, iar fiecare model a fost punctat corespunzător fiecărui criteriu.

Criteriul reprezintă norma în funcție de care se realizează evaluarea și compararea opțiunilor pentru a se stabili modul în care acestea conduc la îndeplinirea obiectivelor. Fiecare criteriu este necesar să definească un aspect relevant și trebuie să fie independent de celelalte.

Pentru ca etapa de selecție să fie cât mai eficientă, criteriile alese au ținut cont de următoarele caracteristici, [62]:

- Sunt capabile să poată face distincția clară între alternative și să poată susține comparația dintre performanțele acestora;
  - Sunt complete, incluzând toate aspectele relevante;
  - Sunt operaționale, non-redundante și limitate la număr.
- Punctajul acordat fiecărui model din cele două analizate (ENPEP și LEAP) s-a realizat conform categoriilor de impact prezentate în tabelul 6.1.

Tabel 6. 1. Indicatori de ierarhizare

Descriere	Punctaj
Criteriu cu impact major	4
Criteriu cu impact mare	3
Criteriu cu impact mediu	2
Criteriu cu impact redus	1
Criteriul fără impact	0

Trebuie specificat faptul că procesul de standardizare și aplicarea ponderilor fiecărui indicator, pot implica un grad ridicat de subiectivism.

Luând în considerare caracteristicile prezentate anterior, criteriile de selecție identificate pentru selecția modelului optim de prognoza a GES la nivel național, sunt:

- C1: Flexibilitate: permite utilizatorilor să realizeze cu ușurință diferite scenarii de analiză (pentru diverse portofolii de politici de mediu)
- C2: Robustețe: ia în considerare incertitudinile și generează cele mai bune rezultate pentru cele mai nesigure ipoteze privind perspectiva analizată
- C3: Complexitate: reflectată în gradul de pregătire al utilizatorilor
- C4: Necesare date de intrare
- C5: Transparența: accesibilitatea interfeței grafice garantată utilizatorilor, [66]

Ponderile atribuite fiecărui indicator, funcție de importanța lor în procesul de selecție, sunt prezentate în tabelul 6.2.

Tabel 6. 2. Ponderile criteriilor de selecție

CRITERII	PONDERE
C1: Flexibilitate	0,30
C2: Robustețe	0,25
C3: Complexitate	0,20
C4: Necesare date de intrare	0,15
C5: Transparența	0,10
<b>TOTAL</b>	<b>1,00</b>

După aplicarea metodei de prioritizare a modelelor propuse a rezultat ierarhizarea acestora în cadrul matricei prezentate în tabelul 6.3.



Tabel 6. 3. Matricea cadru de evaluare multicriterială a modelelor de prognoză LEAP și ENPEP

Modele	Criterii de selecție	C1	C2	C3	C4	C5	Punctaj final pe categorii de criterii	Punctaj final pe model	Ierarhizare modele
	<b>Ponderele criteriilor</b>	<b>0,3</b>	<b>0,25</b>	<b>0,2</b>	<b>0,15</b>	<b>0,1</b>			
<b>ENPEP</b>	<i>Permite realizarea diferitelor scenarii de analiză</i>	3	3	3	2	3	2,00	<b>1,96</b>	<b>II</b>
	<i>Include analize multisectoriale</i>	2	4	2	1	1	1,70		
	<i>Poate fi utilizat fără training îndelungat</i>	3	3	4	2	2	2,15		
	<i>Date de intrare limitate</i>	2	3	3	4	0	1,95		
	<i>Ușor de accesat /preluat /interpretat rezultatele</i>	3	3	3	2	4	2,00		
<b>LEAP</b>	<i>Permite realizarea diferitelor scenarii de analiză</i>	4	3	1	3	2	2,05	<b>2,05</b>	<b>I</b>
	<i>Include analize multisectoriale</i>	3	4	1	3	2	2,00		
	<i>Poate fi utilizat fără training îndelungat</i>	3	2	4	3	1	2,05		
	<i>Date de intrare limitate</i>	3	2	3	4	1	2,00		
	<i>Ușor de accesat /preluat /interpretat rezultatele</i>	4	2	3	3	4	2,15		

În urma aplicării analizei multicriteriale, modelul LEAP a obținut punctajul maxim, ceea ce înseamnă că poate fi utilizat cu succes pentru prognoza evoluției emisiilor de GES, precum și determinarea impactul asupra mediului al politicilor guvernamentale, la nivel național, așa cum va fi detaliat în capitolul 7.

## 7. PROGNOZA EMISIILOR DE GES

Proгноza emisiilor de GES la nivel național și sectorial prezentată în acest capitol s-a realizat cu ajutorul modelului LEAP (selectat în urma analizei multicriteriale) pe baza prognozelor indicatorilor macroeconomici avuți în vedere în strategiile Guvernului României și în politicile adoptate pentru dezvoltarea economico-socială a țării în corelație cu Directivele UE privind schimbările climatice.

### 7.1. Date de intrare utilizate pentru realizarea prognozelor de emisii la nivel național, utilizând modelul LEAP

O etapă importantă în realizarea prognozei pe termen lung a emisiilor GES corelată cu necesarul de energie electrică, o constituie construirea ipotezelor privind evoluția principalilor indicatori care influențează nivelul consumului final de energie și identificarea portofoliului de politici naționale privind schimbările climatice.

Primul pas realizat în definirea scenariilor a fost analiza evoluției principalilor indicatori macroeconomici, sociali și energetici cuprinși în prognozele oficiale, precum și a documentelor politice în vigoare și de perspectivă.

Datele de intrare considerate pentru elaborarea prognozei, după cum am arătat și în figura 5.10, au fost următoarele:

- Variabile macroeconomice: date demografice, economice (PIB, VAB, ritm de creștere);
- Cererea de energie: sectoare, resurse;
- Producția de energie: tip tehnologii, caracteristici, combustibili, pierderi, preț;
- Statistici climatice: temperatură, precipitații;
- Tendințe globale: preț combustibili, preț CO<sub>2</sub>;
- Politici și măsuri: eficiență energetică, surse regenerabile, emisii;
- Strategiile și planurile de dezvoltare elaborate la nivel național și sectorial.

Principalele surse de date utilizate pentru realizarea prognozelor au fost:

- Institutul Național de Statistică, [85];
- EUROSTAT, [86];
- Comisia Națională de Prognoză, [88];
- Autoritatea Națională de Reglementare în domeniul Energiei: Rapoarte anuale, [87];
- UNFCCC, [44];
- INEGES, [44];
- Guvernul României: Strategia energetică a României 2016-2030, cu perspectiva anului 2050, [78];
- Ministerul Mediului: Strategia Națională privind schimbările climatice, [1].

Pe lângă documentele enumerate mai sus, s-au avut în vedere și date din Balanța Energetică a României (precum: surse primare de energie, producție și consum de energie) pentru diverse sectoare, [89].

De asemenea, au fost utilizate și documente strategice ale diverselor entități naționale și internaționale care conțin prognoze demografice pentru România, cum sunt: Centrul de Cercetări Demografice al Academiei Române și ONU (Organizația Națiunilor Unite).

Cu ajutorul modelului LEAP, fiecare sector a fost modelat în detaliu așa cum se observă în figura 7.1. , luându-se în considerare procesele tehnologice și factorii de emisie definiți în documentele oficiale IPCC.

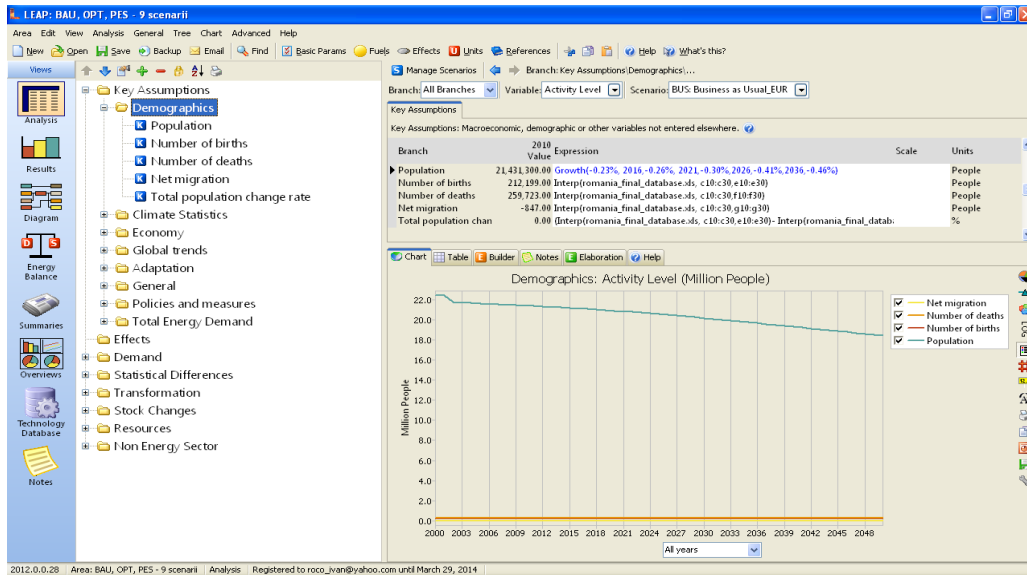


Figura 7. 1. Structura datelor utilizate de modelul LEAP

Pentru dezvoltarea și evaluarea portofoliilor de politică în domeniul reducerii impactului schimbărilor climatice pentru România, primul pas a fost analiza obiectivelor sectoriale în acest domeniu, evidențiindu-se principalele direcții și strategii naționale privind schimbările climatice.

## 7.2. Sectoare analizate

În subcapitolele următoare voi descrie situația principalelor sectoarele analizate. Aceste informații trasează o direcție în vederea elaborării scenariilor propuse pentru prognozarea emisiilor la nivel național, până în 2050.

### 7.2.1. Gospodăria

Ipotezele considerate pentru sectorul gospodăriei pornesc de la performanța energetică a clădirilor existente, exprimată prin indicatorul consumului final de energie, care variază în intervalul 120 - 400 kWh/m<sup>2</sup> an, în funcție de tipul de construcție, anul construcției, instalațiile existente și regiunea climatică [67].

Cel mai important factor cheie pentru cererea de energie în sectorul rezidențial este venitul mediu pe gospodărie. Potrivit Institutului Național de Statistică, aproximativ 25% din cheltuielile lunare ale unei familii sunt necesare pentru asigurarea utilităților (electricitate și căldură), [68].

Ipotezele cu privire la rata de creștere a cererii de energie pentru sectorul gospodării urmăresc rata de creștere a PIB-ului.

Pentru sectorul rezidențial se consideră următoarele perspective pe termen mediu și lung:

- Reabilitarea termică a clădirilor
- Creșterea eficienței sistemelor de încălzire și iluminat.

### **7.2.2. Sectorul Agricultură**

Strategia Națională pentru Dezvoltare Durabilă a României - Orizontul 2013 – 2020 – 2030, [80], pune accent în special pe asigurarea securității alimentare și siguranței alimentelor.

Se pornește de la premisa că agricultura va avea un rol important pentru asigurarea veniturilor unei părți semnificative din populația activă.

Perspectiva este promovarea unui model de producție durabil cu protejarea ecosistemelor care asigură sustenabilitatea producției alimentare, reducerea și eliminarea dezechilibrelor de pe piața agricolă generate de modul de utilizare a resurselor naturale, asigurând o mai bună valorificare a avantajelor de care dispune agricultura românească.

Strategia națională de management al riscului la inundații pe termen mediu și lung stabilește ținte cuantificabile cu privire la:

- Reducerea cu 80% până în 2035 a infrastructurilor deteriorate datorită inundațiilor, comparativ cu anul 2006;
- Creșterea capacității de transport pe albiile minore ale râurilor cu cel puțin 30% până în anul 2035;
- Reabilitarea a cel puțin 80% din diguri până în 2035;
- Reducerea zonelor cu eroziune puternică cu 50% până în 2035.

### **7.2.3. Servicii**

Pentru realizarea prognozelor de emisii GES, datele privind cererea de energie pentru sectorul servicii includ: comerțul angro și cu amănuntul, servicii guvernamentale, financiare, educația, sănătatea, serviciile imobiliare, taxele suportate de serviciul bancar, plata drepturilor de import, precum și diferențele statistice.

Ipotezele cu privire la rata de creștere a cererii de energie pentru sectorul servicii urmăresc rata de creștere a PIB-ului.

### **7.2.4. Industrie**

Industria României a fost puternic afectată de tranziția de la economia planificată la economia de piață, în perioada 1990-2005 realizându-se restructurarea și privatizarea unor întreprinderi industriale. După 2008 ca urmare a crizei economice și-au încetat activitatea întreprinderi care nu aveau piață de desfacere (întreprinderi metalurgice, întreprinderi pentru utilaje grele etc.).

De asemenea, au fost luate în considerare prevederile Strategiei Naționale pentru Dezvoltare Durabilă a României în care se precizează că politica în domeniul dezvoltării industriale urmărește obiectivele generale ale dezvoltării economice durabile în concordanță cu politicile industriale ale UE, [80].

### **7.2.5. Transporturi**

În conformitate cu Cartea Albă a Transporturilor în perspectiva anului 2050 se preconizează o reducere cu 20% a emisiilor de GES până în 2030 comparativ cu anul 2008 și cu 60% în anul 2050 comparativ cu nivelul din 1990, [81].

Dezvoltarea sectorului transporturi în România are în vedere facilitarea includerii sistemelor urbane în mediul european prin îmbunătățirea serviciilor rutiere, feroviare, maritime, fluviale și aeriene, vizând principalele destinații europene.

Pentru îmbunătățirea comportamentului în raport cu mediul, se dorește diminuarea progresivă a impactul global al emisiilor poluante datorate sectorului transporturi în vederea încadrării în obiectivele stabilite pentru România privind plafoanele naționale de emisii.

Pentru sectorul transporturi se consideră următoarele perspective pe termen mediu și lung:

- Extinderea utilizării mijloacelor de transport în comun;
- Creșterea eficienței traficului și parcarilor;
- Stabilirea criteriilor minime de eficiență a vehiculelor de transport;
- Utilizarea biocombustibililor și a mașinilor electrice.

### **7.2.6. Energie**

Pentru sectorul energie s-a considerat ca obiectiv strategic la nivel național satisfacerea necesarului de energie, atât în prezent cât și pe termen mediu și lung la un preț cât mai scăzut, adecvat unei economii moderne de piață și unui standard de viață civilizată în condiții de calitate și siguranță în alimentare și cu respectarea principiilor dezvoltării durabile.

Conform Raportului ANRE privind rezultatele monitorizării pieței de energie electrică, publicat în noiembrie 2016, la nivel național 24% din energia electrică produsă, provine din arderea cărbunelui (cel mai poluant combustibil), iar emisiile de GES sunt preconizate să crească odată cu dezvoltarea economică, [69].

Structura de producție a sistemului energetic național pe tipuri de resurse, este prezentată în figura 7.2.

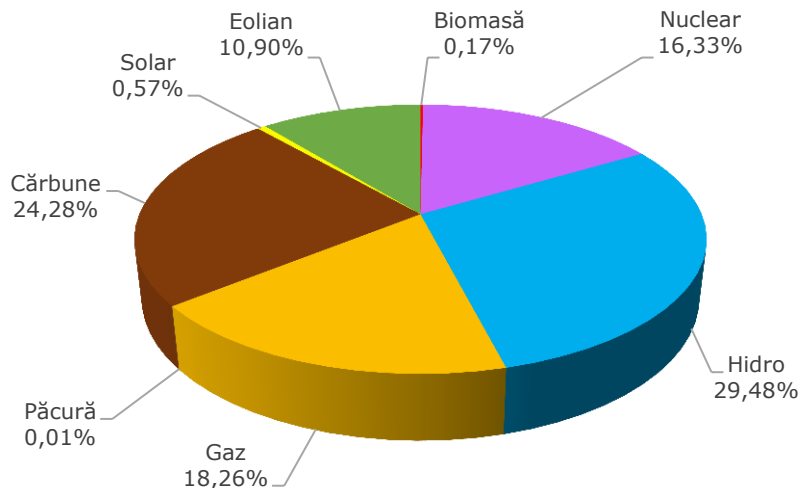


Figura 7. 2. Structura energiei electrice pe tipuri de resurse – 2016, [69]

Circa 80% din grupurile termoelectrice din România au fost instalate în perioada 1970 - 1980, în prezent depășindu-și practic durata de viață normală.

Grupurile energetice din termocentrale au performanțe reduse, datorită tehnologiilor anilor 1960 - 1970 și a uzurilor, randamentele ajungând în jurul valorii de 30% - cu excepția unor grupuri pe cărbune reabilitate ale căror randamente ating valoarea de 33%. Aceste randamente reprezintă 65% - 70% din randamentul grupurilor moderne, care funcționează în prezent în cele mai multe țări europene dezvoltate, [70].

Data fiind situația actuală, se remarcă necesitatea unor investiții în re tehnologizarea instalațiilor existente din centralele electrice pe combustibili fosili, pentru a îndeplini cerințele privind eficiența și mediul.

Obiectivele specifice pe termen mediu și lung identificate pentru sectorul energie sunt:

- Continuarea dezvoltării capacităților nucleare – 1400 MW până în 2020;
- Instalarea de noi capacități de producere a energiei – 17300 MW (inclusiv SRE) până în 2035;
- Închiderea capacităților de producție cu durata de viață depășită – 5500 MW până în 2020;
- Retehnologizarea centralelor termoelectrice existente;
- Promovarea cogenerării de înaltă eficiență;
- Reabilitarea sistemelor de termoficare.

De asemenea se consideră următoarele ipoteze de lucru:

- creșterea temperaturilor pe timpul iernii va conduce la o scădere a consumului de energie cu până la 8% până în anul 2050
- datorită temperaturilor ridicate, pentru orizontul de timp 2030 se consideră o creștere a necesarului de energie pentru răcire de 28%.

### 7.3. Scenarii analizate

Utilizând modelul LEAP, rezultat în urma selecției, s-a realizat prognoza emisiilor de GES pentru orizontul de timp până în 2050, în ipotezele a trei scenarii (vezi figura 7.3.), și anume, [66], [107]:

- Scenariul de referință BAU – în care se pornește de la ipoteza că factorii cheie se dezvoltă pe baza tendințelor istorice;
- Scenariul optimist (OPT) – în cadrul căruia se stabilesc obiective de reducere în toate sectoarele, orientate spre principiile politicii UE privind schimbările climatice și adaptate în funcție de contextul național;
- Scenariul pesimist (PES) – în care se pornește de la ipoteza că factorii cheie se dezvoltă pe baza tendințelor istorice, considerând doar instrumentele politice UE deja aplicate la nivel național, nu și cele de perspectivă.

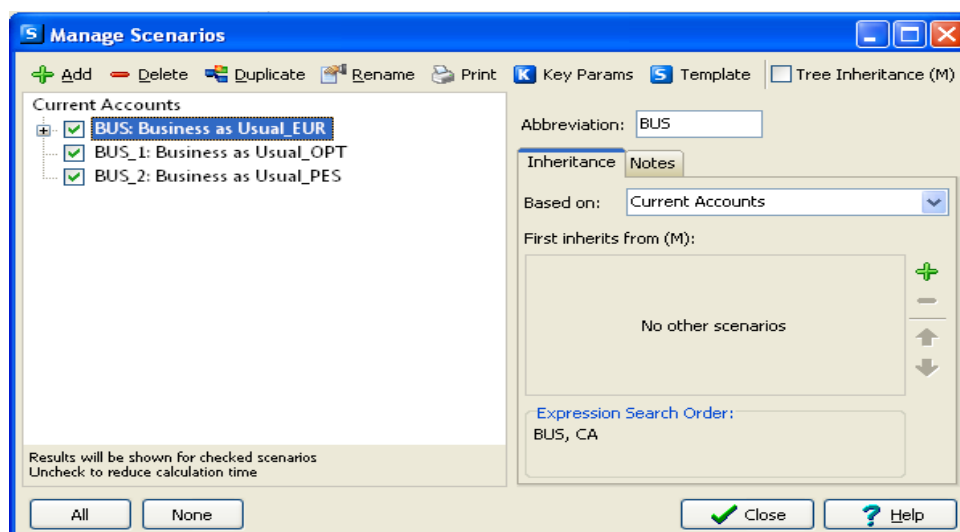


Figura 7. 3. Scenariile analizate cu ajutorul modelului LEAP

#### 7.3.1. Scenariul BAU

Principalele ipoteze privind portofoliul de politici ale acestui scenariu sunt:

- Cadrul legislativ național privind promovarea SRE este în vigoare;
- Investițiile în SRE sunt foarte mari și au o tendință rapidă de dezvoltare;
- Cadrul legal necesar pentru promovarea EE este deja în vigoare.

Dezvoltarea economică a României până în 2050 va fi corelată cu dezvoltarea economică globală cât și cu cea preconizată pentru UE.

Pentru determinarea evoluția emisiilor de GES la nivel național și sectorial, s-a analizat evoluția principalilor indicatori macroeconomici care influențează emisiile, aceștia fiind în principal datele demografice și produsul intern brut.

Pentru realizarea prognozelor, a fost utilizat un scenariu mediu privind evoluția populației, considerând proiecțiile naționale prezentate în documentul "World Population Prospects" realizat de Organizației Națiunilor Unite (tabel 7.1.).

Tabel 7. 1. Proiecțiile Națiunilor United privind evoluția populației din România, [71]

	Rata medie anuală (%)					
<b>Interval timp</b>	2015-2020	2020-2025	2030-2035	2040-2045	2045-2050	2050-2055
<b>Varianta medie</b>	-0,26	-0,30	-0,41	-0,46	-0,46	-0,58

PIB-ul este un alt indicator cheie al cererii de energie și se consideră o creștere la nivel mondial cu 3,2% pe an în medie, pe orizontul de timp 2035. În general în țările non-OECD ritmul de creștere este mai accelerat, [72].

Evoluția parametrilor cheie considerați (populația, PIB, distribuția sectorială a PIB și venitul mediu anual pe gospodărie) este comună pentru toate cele trei scenarii analizate și este prezentată în anexa A10.

Pentru scenariul BAU se consideră că temperatura și precipitațiile vor urma evoluția istorică.

### 7.3.2. Scenariul Optimist (OPT)

În cadrul scenariului optimist au fost considerate următoarele ipoteze:

- Sunt considerate instrumentele de politică privind schimbările climatice, care au fost adoptate la nivel național, după 1 ianuarie 2011;
- Se iau în calcul instrumente politice de perspectivă, în conformitate cu politica UE privind schimbările climatice, care pot fi adaptate la nivel național;
- Se consideră exploatarea maximă a potențialului țării în domeniul EE și SRE.

Principalele caracteristici ale acestui portofoliu de politică sunt promovarea SRE, continuarea programului nuclear (finalizarea reactoarelor 3 și 4 ale Centralei nucleare de la Cernavodă, cu o capacitate instalată de circa 1400 MW, ambele până în 2020), realizarea Planului Național de Investiții pentru sectorul energetic, [90], introducerea măsurilor de EE în toate sectoarele, utilizarea resurselor interne, în scopul de a asigura securitatea aprovizionării, încurajarea investițiilor prin intermediul mecanismului ETS și punerea în aplicare a măsurilor de adaptare, [68].

Acest portofoliu de politici stabilește obiective de reducere în toate sectoarele fiind orientat spre principiile politicii UE privind schimbările climatice, aplicate la nivel național.

Obiectivele ambițioase considerate în acest scenariu pot fi atinse în ipoteza unei creșteri economico-financiare, cu rate de creștere a PIB-ului de peste 5%/an. Numai în aceste condiții economia poate susține intens investițiile în EE pe întregul lanțul exploatare-transport-producere energie, promovarea SRE și reducerea emisiilor de GES, [68].

Pentru scenariul OPT se pornește de la ipotezele că precipitațiile vor înregistra o scădere cu 3% până în anul 2050, iar temperatura medie anuală va ajunge la 13,5 °C până în anul 2050.

De asemenea se consideră să pierderile în rețeaua de transport și distribuție vor scădea cu 1% până în anul 2050.



### **7.3.3. Scenariul Pesimist (PES)**

În cadrul scenariului pesimist au fost luate în calcul următoarele ipoteze:

- Sunt considerate instrumentele politice privind schimbările climatice, adoptate la nivel național după 1 ianuarie 2011;
- Niciun alt instrument politic nu este luat în calcul, în afară de cele deja decise a fi puse în aplicare, în conformitate cu politica UE privind schimbările climatice;
- Se consideră exploatarea minimă a potențialului național în domeniul EE și a SRE, prin limitarea opțiunilor tehnologice posibile numai pentru sectorul energetic și transporturi.

În scenariul PES ipotezele privind obiectivele de reducere a emisiilor de GES, de utilizare a SRE și obiectivele privind EE rămân aceleași ca și în scenariul BAU.

Pentru acest scenariu se consideră o creștere economică mult mai redusă, ce implică reducerea fondurilor pentru investiții în energia hidroelectrică și biomasă.

Cererea de energie va fi considerată mai mică, astfel încât capacitățile existente vor satisface această cerere, fără a fi nevoie de investiții în capacități noi.

Valoarea scăzută privind rata de creștere economică va conduce și la limitarea fondurilor necesare pentru adaptarea la schimbările climatice, în special pentru sectoarele: energie, industrie și agricultură, [68].

Pentru scenariul PES se pornește de la ipotezele că precipitațiile vor înregistra o scădere cu 5% până în anul 2050, iar temperatura medie anuală va ajunge la 15,5 °C până în anul 2050.

## **7.4. Prognozele emisiilor GES pentru România realizate cu ajutorul modelului LEAP**

Modelul LEAP generează ca date de ieșire prognoza cererii de energie, evoluția capacităților de producție și prognoza emisiilor de GES, până în 2050.

Comparativ, pentru cele trei scenarii, cererea de energie pentru orizontul de timp 2050 este prezentată în figura 7.4.

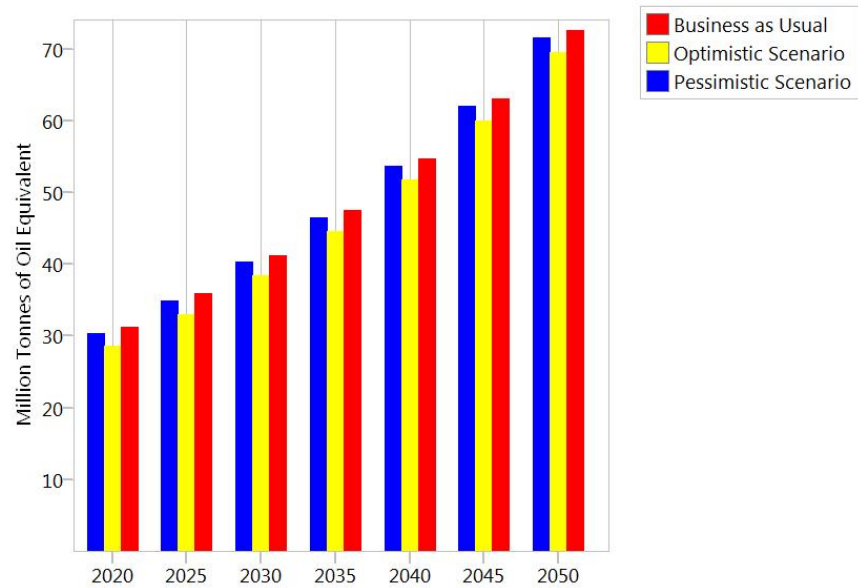


Figura 7. 4. Evoluția cererii de energie electrică pentru cele trei scenarii analizate

Se constată o dublare a cererii de energie pentru toate cele trei scenarii analizate, în perioada 2025-2050, de la aproximativ 35 mil. tep la 70 mil. tep.

Proгноza producției de energie, pentru cele trei scenarii analizate, pe orizontul de timp 2050, este prezentată în figura 7.5.

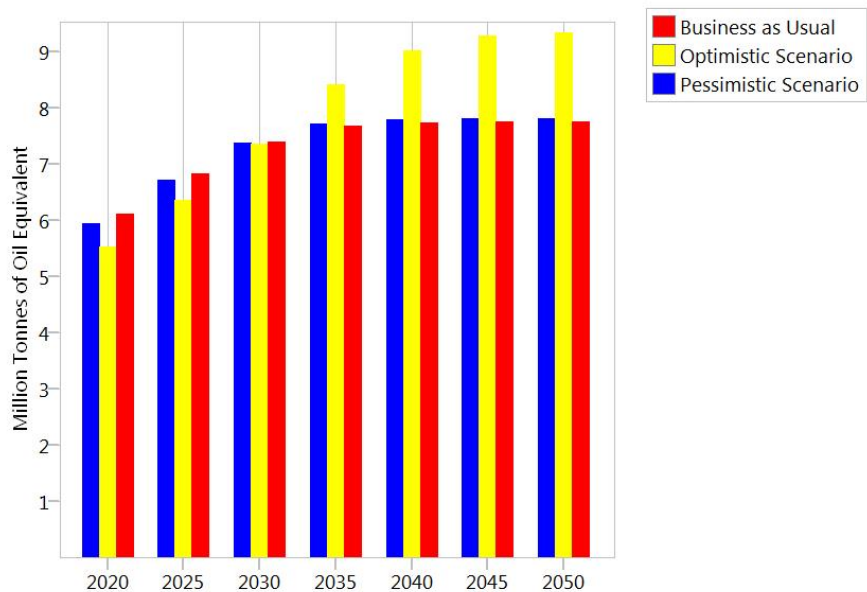


Figura 7. 5. Evoluția producției de energie electrică pentru cele trei scenarii analizate

#### 7.4 -Proгноzele emisiilor GES pentru România realizate cu ajutorul modelul LEAP 67

Se poate observa că datorită ipotezelor favorabile de creștere economică, considerate pentru scenariul optimist, producția de energie electrică prezintă o creștere semnificativă, începând cu anul 2035.

Centralizarea rezultatelor privind emisiile totale de GES în cele trei scenarii analizate, sunt prezentate în tabelul 7.2.

Tabel 7. 2. Emisii naționale de GES

Scenariu	Emisii totale de GES (in MtCO <sub>2eq</sub> )		
	2000	2020	2050
BAU	81,66	91,23	163,24
OPT	81,66	75,21	163,79
PES	81,66	85,72	155,45

Emisiile sectoriale de GES, prognozate pentru 2020 și 2050 sunt prezentate în tabelul 7.3.

Tabel 7. 3. Emisiile naționale de GES repartizate pe sectoare

Scenariu	Emisii sectoriale de GES (in MtCO <sub>2eq</sub> )		
	2000	2020	2050
<b>Gospodări</b>			
BAU	7,53	9,27	23,36
OPT	7,53	8,37	22,30
PES	7,53	8,93	22,94
<b>Agricultură</b>			
BAU	0,85	1,13	2,51
OPT	0,85	1,12	2,50
PES	0,85	1,12	2,50
<b>Servicii</b>			
BAU	1,75	3,44	7,64
OPT	1,75	3,34	7,54
PES	1,75	3,40	7,60
<b>Industrie</b>			
BAU	18,41	16,54	36,78
OPT	18,41	13,98	34,01
PES	18,41	15,60	35,84
<b>Transport</b>			
BAU	9,31	17,06	37,94
OPT	9,31	15,91	36,60
PES	9,31	16,90	37,77
<b>Producere energie electrică</b>			
BAU	29,46	31,95	42,62
OPT	29,46	20,64	48,45
PES	29,46	27,93	36,40

În figura 7.6. este prezentată evoluția emisiilor de GES pe fiecare sector analizat, în scenariul BAU.

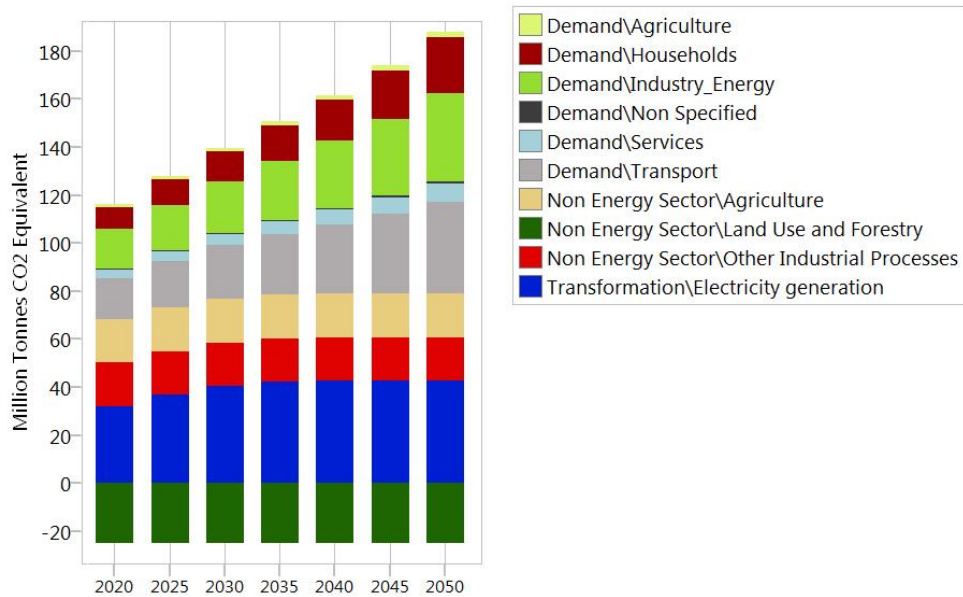


Figura 7. 6. Emisii sectoriale de GES, scenariul BAU

Se poate observa că, în ipotezele scenariului BAU, până în 2050 emisiile de GES vor ajunge la 163,24 mil. tone CO<sub>2</sub>echivalent, această valoare fiind mai mică decât valoarea emisiilor de GES din 1989 (anul de bază pentru România, în contextul Protocolului de la Kyoto), care este 278,3 mil. tone CO<sub>2</sub>echivalent.

De asemenea, se observa că sectorul de producere a energiei electrice și sectorul transporturilor vor continua să aibă principalele contribuții la emisiile totale de GES.

Sectoarele non-energetice, prezentate mai sus, se referă la sursele de emisie și la rezervoarele atribuite sectorului LULUCF.

În figura 7.7. este prezentată evoluția emisiilor de GES aferente fiecărui sector, în ipotezele scenariului optimist.

7.4 -Prognozele emisiilor GES pentru România realizate cu ajutorul modelul LEAP 69

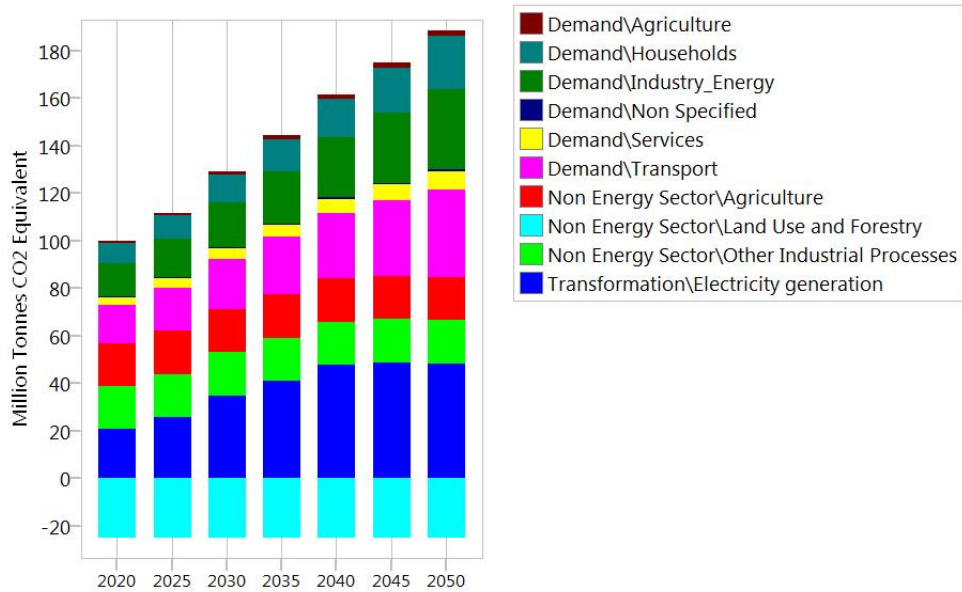


Figura 7. 7. Emisii sectoriale de GES, scenariul OPT

Se poate observa că, în ipotezele scenariului OPT, emisiile de GES până în anul 2050 vor crește la 163,80 mil. tone de CO<sub>2</sub>echivalent.

În figura 7.8. este prezentată evoluția emisiilor de GES aferente fiecărui sector, pentru scenariul pesimist.

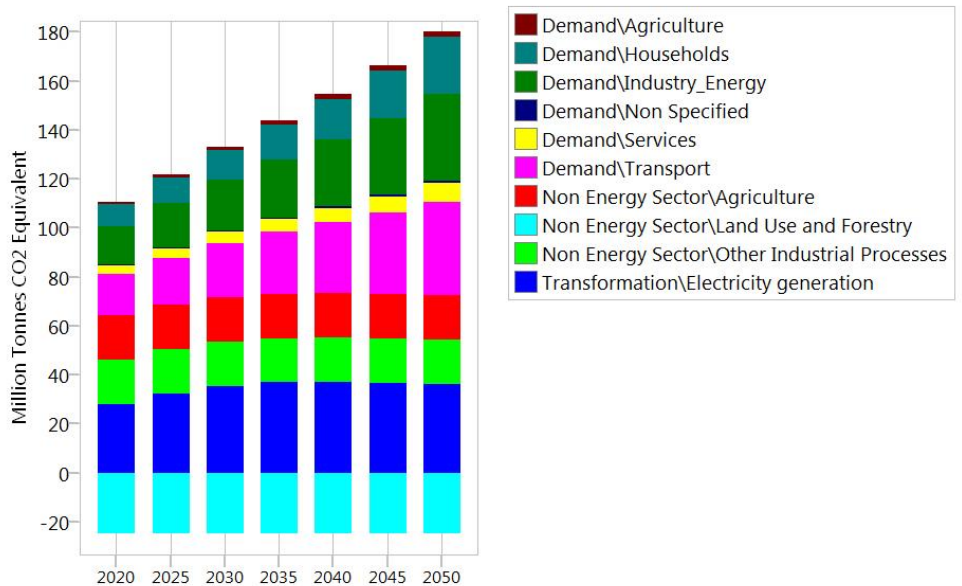


Figura 7. 8. Emisii sectoriale de GES, scenariul PES

În ipotezele scenariului pesimist, emisiile de GES până în anul 2050 vor ajunge la 155,45 mil. tone de CO<sub>2</sub>echivalent, dar această valoare este mai mică decât valoarea emisiilor de GES din 1989 (anul de bază pentru România, în contextul Protocolului de la Kyoto, care este 278,3 mil. tone CO<sub>2</sub>echivalent).

În urma determinării evoluției emisiilor GES în toate cele 3 scenarii se poate menționa faptul că acestea urmăresc trendul generat de parametrii cheie și perspectivele politice considerate în ipotezele inițiale, pentru fiecare scenariu analizat.

În ceea ce privește obiectivele naționale asumate privind țintele pentru anul 2020 situația poate fi descrisă astfel:

- Reducerea emisiilor GES se va realiza în toate cele trei scenarii;
- Cota SRE în consumul final brut de energie electrică ajunge la 17,7% în toate cele trei scenarii;
- Din punct de vedere al creșterii eficienței energetice, scenariul BAU ajunge la un procent de 9,4%, scenariul PES 14,9%, iar scenariul OPT depășește valoarea asumată ajungând la 25,5%.

Așadar în urma procesului de evaluare din punct de vedere al performanțelor privind protecția mediului, acceptabilitatea politică și fezabilitatea implementării, scenariul OPT a generat cele mai bune rezultate din punct de vedere al cererii de energie și a politicilor privind reducerea emisiilor.

Chiar dacă obiectivul de reducere a emisiilor de gaze cu efect de seră nu este pe deplin atins, acest portofoliu de politici este mai aproape de realizarea angajamentelor naționale în comparație cu scenariile PES și BAU și este orientat către principiile politicii UE privind schimbările climatice generând beneficii precum: creșterea economică, sporirea măsurilor de eficiență energetică aplicate în toate sectoarele, încurajarea utilizării resurselor energetice naționale și scăderea dependenței de importuri, așadar în urma analizei reiese a fi scenariul favorabil de dezvoltare la nivel național.

## 7.5. Evaluarea incertitudinilor

Abordarea metodelor de evaluare a emisiilor de GES, utilizând modele de prognoză, pornește de la descrierea calitativă și cantitativă a proceselor, fenomenelor și parametrilor avuți în vedere în cadrul analizei.

Pe lângă parametrii de bază prezentați în Figura 5.10., pentru elaborarea scenariilor au fost considerate de asemenea toate țintele cuantificabile preluate din legislația relevantă cu privire la emisiile de GES, precum legislația privind Sursele Regenerabile de Energie, Eficiența Energetică și Schema Europeană de Tranzacționare a Certificatelor de Emisii de Gaze cu Efect de Seră.

Toate aceste date și estimări ridică problema evaluării gradului de incertitudine privind rezultatele prognozei realizate, [103].

Pornind de la formula de calcul a emisiilor de CO<sub>2</sub> care stă la baza prognozei, descrisă de formula (iv), [97]:

$$Emisii\ CO_2 = DA \times FE \times FO$$

(iv) Formula de calcul a emisiilor de CO<sub>2</sub>

unde:

DA – Date de activitate

FE – Factor de emisie

FO – Factor de oxidare

#### 7.4 -Proгноzele emisiilor GES pentru România realizate cu ajutorul modelul LEAP 71

se observă că datele de intrare ale modelului utilizat au ca sursă măsurarea unor mărimi fizice care ineluctabil pot fi însoțite de erori precum erori datorate aparatelor de măsură, rezultate din introducerea de date eronate sau prelucrarea defectuoasă a datelor, [98].

Incertitudinea rezultată în urma procesului de măsurare ( $\Delta$ ) reprezintă intervalul în care se estimează a se afla valoarea variabilei  $y$ , cu o anumită probabilitate (figura 7.9), [105].

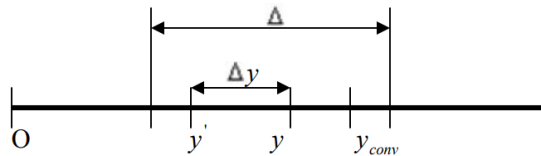


Figura 7.9. Erori de măsurare, [105]

$\Delta$  – incertitudine de măsurare  
 $y$  – valoare reală  
 $Y'$  – valoare aproximativă (măsurată)  
 $Y_{conv}$  – valoare convențională  
 $\Delta y$  – eroare reală

În realitate precizia valorilor mărimilor nu poate fi cu exactitate cunoscută, din acest motiv se adoptă o valoare de referință care are caracter convențional ( $Y_{conv}$ ), definindu-se astfel eroarea convențională, cu ajutorul formulei (v).

$$\Delta Y_{conv} = Y_{conv} - Y'$$

(v) Formula de calcul a valorii de referință a erorii cu caracter convențional, [105]

Pragurile de incertitudine pentru datele de activitate utilizate în calculul emisiilor de CO<sub>2</sub> sunt cuprinse în intervalul  $\pm 1,5 \% \div \pm 7,5 \%$ , [102].

Valorile utilizate pentru a determina factorul de emisie și factorul de oxidare, prezentate în formula (iv), au respectat normele EN ISO 17025:2005, conform „Ghidului de exprimare a incertitudinii în măsurare”, ISO/TAG 4, publicat de către Organizația Internațională de Standardizare (ISO), [97].

Pe lângă aceste erori mai sus menționate se suprapun și cele din cadrul algoritmilor numerici care stau la baza rezultatelor generate de modelul matematic utilizat, care contribuie la o categorie suplimentară de erori, deoarece rezultatele operațiilor iterative din spatele modelului nu pot fi reținute decât sub forma unui număr finit de zecimale, astfel generându-se erori de trunchiere și rotunjire.

Etapa de colectare a datelor de intrare a fost un proces laborios care a implicat mai multe etape de verificare, prezentate în figura 7.9, [99].

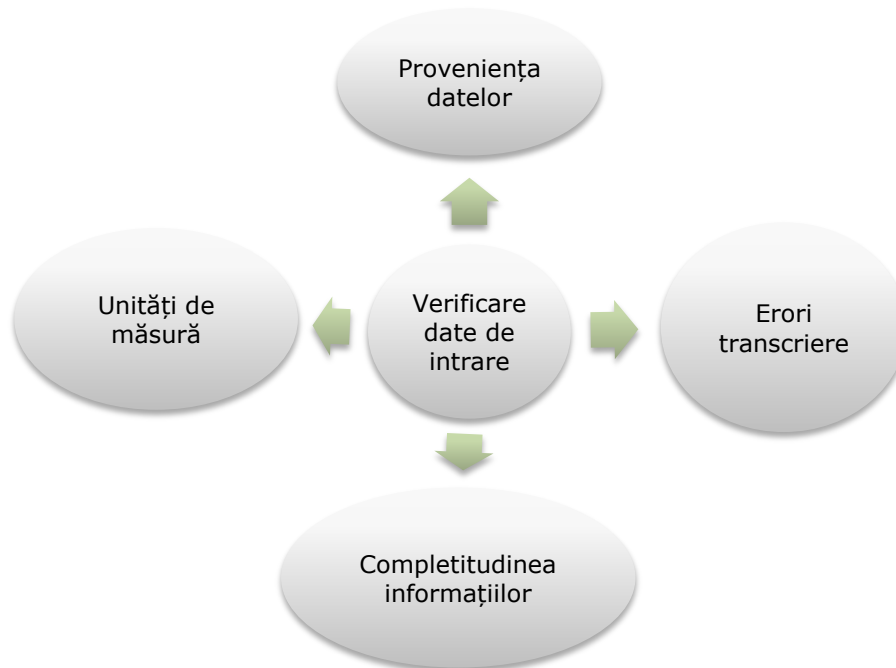


Figura 7.10. Etapele de verificare a datelor de intrare

Conform Agenției Internaționale pentru Sectorul Energie incertitudinile privind datele necesare estimării emisiilor de CO<sub>2</sub> la nivel național au valori în intervalul 5-10%, [101].

Componentele calității datelor pe baza cărora au fost obținute rezultatele acestei lucrări se pot măsura în termenii specifici prezentați în figura 7.10., [100].

Pe lângă incertitudinile prezentate anterior, situațiile de criza economică, instabilitate politică și legislativă la nivel național precum și ritmul de migrație a populației, sunt parametri care pot modifica într-un mod considerabil prognoza emisiilor de GES la nivel național pe orizont de timp 2050.



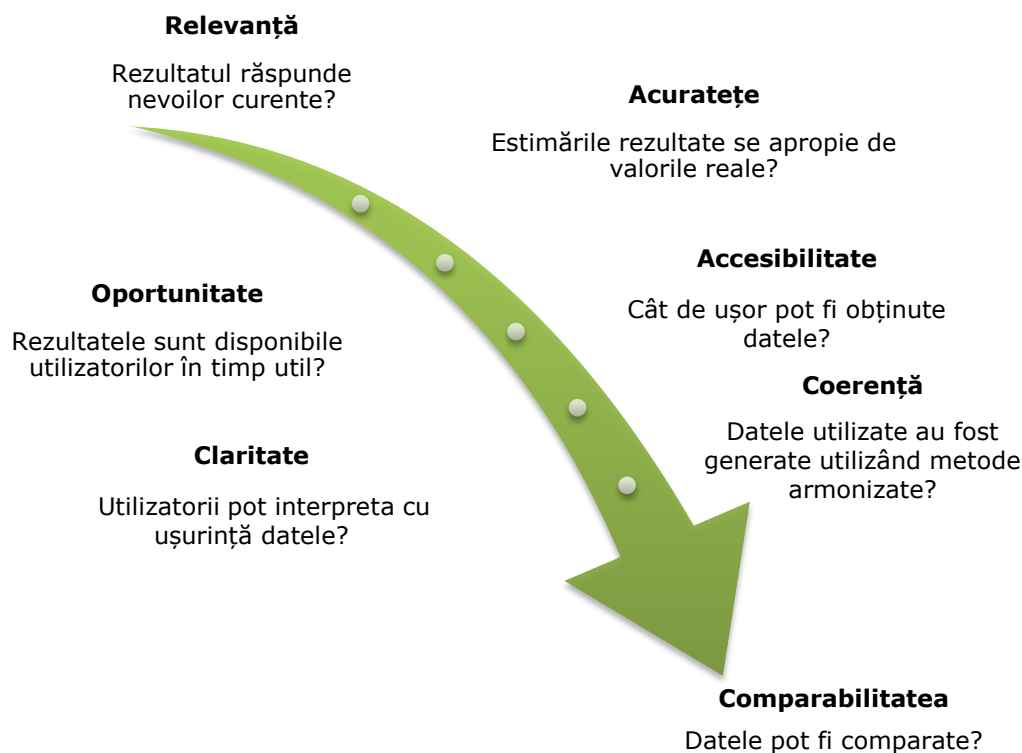


Figura 7. 11. Caracteristici privind calitatea datelor de intrare

Pornind de la această evaluare se poate preciza că referitor la etapa de prognoză, dificultatea majoră a fost legată de colectarea datelor de intrare. Lipsa de transparență în ceea ce privește raportarea datelor de către operatori, lacunele și punctele slabe identificate în infrastructura statistică, precum și accesul la date din surse dezagregate, au ridicat mari dificultăți în această etapă.

De asemenea, legislația ambiguă și diviziunea neclară a responsabilității între instituții/operatori, complică și compromite realizarea unei baze de date cât mai complete, corecte, care să reflecte cât mai bine situația reală. Pentru a înlesni acest proces este necesar ca legislația națională privind raportarea datelor să faciliteze cooperarea eficientă între diferite organisme abilitate.

În urma realizării etapei de prognoză s-a constatat că modelul LEAP nu ia în calcul perioadele de întreruperi planificate ale grupurilor energetice și nu realizează o analiză a competitivității în ceea ce privește utilizarea SRE în comparație cu combustibilii fosili.

Astfel, din punct de vedere al utilizării modelelor de prognoză, se poate preciza că este util ca pentru realizarea unor previziuni privind emisiile GES la nivel național cu o precizie cât mai ridicată, să se realizeze un soft specializat care să includă o mai bună definiție a parametrilor mai sus menționați și care să se pleze pe modul în care datele sunt agregate la nivel național.

## 8.SPECTRUL OPȚIUNILOR PRIVIND REDUCEREA EMISIILOR GES

În acest capitol, sunt descrise acțiunile cheie ce pot fi aplicate în diferite sectoare economice, în vederea reducerii emisiilor GES la nivel național.

Măsurile de atenuare a impactului schimbărilor climatice sunt definite ca acțiuni de limitare sau control a emisiilor de GES.

Prin gestionarea surselor generatoare de emisii GES, măsurile de reducere contribuie la limitarea acumulării acestora în atmosferă. Acțiunile de diminuare a emisiilor au în mod ineluctabil o dimensiune globală, deoarece măsurile aplicate la nivel local reduc în mod inerent cantitatea totală de emisii globale GES generând un impact asupra climatului proporțional cu contribuția lor la ținta globală, [1].

Luând în considerare obiectivele strategiei energetice a Guvernului României, și anume securitatea energetică, dezvoltarea durabilă și competitivitatea, se evidențiază următoarele măsuri necesare pentru dezvoltarea sectorului energetic în următorii ani în contextul reducerii emisiilor de GES, [68]:

- creșterea eficienței energetice pe tot lanțul: resurse – producere – transport – distribuție – consum;
- diversificarea resurselor de energie având în vedere dependența de import a României;
- continuarea dezvoltării nucleare;
- promovarea utilizării SRE prin explorarea potențialului existent.

De asemenea măsurile de extindere a spațiilor verzi și cele legate de reîmpădurirea teritorială la nivel național, pot contribui semnificativ la sporirea calității vieții populației.

O evaluare a costurilor privind reducerea emisiilor de GES pentru diferite economii ne conduc la următoarele valori procentuale: 1% din PIB, la nivel global, 2,1% din PIB, la nivel UE, iar pentru SUA sunt așteptate variații de la 1% până la 4% din PIB, în funcție de tipul de măsuri ce vor fi luate în perioada imediat următoare, [1].

Adițional beneficiilor evidente care pot decurge din aplicarea măsurilor ambițioase de reducere a emisiilor de GES, care sunt evitarea instabilității, insecurității și a creșterii costurilor cu schimbările climatice, apar și beneficii majore de natură economico-strategică și socială, [76].

Riscurile asociate acestui fenomen, în cazul ignorării semnalelor de alarmă, sau în cazul întârzierii aplicării măsurilor de reducere, au o componentă directă (legată de efectele fiziologice ale căldurii și frigului, asupra organismului) și o componentă indirectă legată de modificarea comportamentelor umane (amintind aici migrația forțată și creșterea frecvenței îmbolnăvirilor datorate bolilor infecțioase cu transmitere prin alimente sau inundații), [91].

De asemenea, studiile atestă faptul că schimbările climatice contribuie la alterarea condițiilor de viață și vor genera aproximativ 60.000 de decese la nivel global în anul 2030 și 260.000 de decese în anul 2100, [94, 96].

Un infografic privind riscul asociat schimbărilor climatice pentru diferite state, elaborat în cadrul proiectului Global Adaptation Initiative (ND-GAIN) de cercetători din cadrul University of Notre Dame este prezentat în anexa A11, [95].

O altă acțiune cheie identificată, cu efecte considerabile pe termen lung, este conștientizarea populației privind riscurilor ce ar putea fi evitate prin însușirea unui comportament conștient care să genereze cât mai puține amprente asupra

mediului. Astfel, introducerea în programele școlare a noțiunilor de schimbări climatice dar și evidențierea metodelor de economisire a energiei sau o informare temeinică privind utilizarea resurselor într-o maniera cat mai eficientă, poate fi o metodă propice de a educa populația în spiritul protecției mediului înconjurător.

Având în vedere obiectivele României în domeniul politicii schimbărilor climatice și necesitățile dezvoltării sectorului energetic, opțiunile de reducere a efectelor schimbărilor climatice aplicate deja la nivel național sunt descrise detaliat în capitolele 8.1 și 8.2.

## 8.1. Eficiența energetică

Este unanim acceptat faptul că eficiența energetică este cea mai accesibilă, mai ieftină și mai puțin poluantă alternativă. Eficiența energetică poate fi considerată orice măsură care are ca rezultat furnizarea unui anumit serviciu cu o reducere semnificativă a energiei utilizate.

Măsurile identificate pentru promovarea eficienței energetice la nivel național sunt următoarele, [75, 82, 83]:

Pentru sectorul energetic se recomandă închiderea capacităților de producție care au durata de viață depășită sau re tehnologizarea centralelor energetice existente (dacă acest lucru se justifică din punct de vedere tehnico-economic), promovarea cogenerării de înaltă eficiență și reabilitarea sistemelor de termoficare în vederea reducerii pierderilor în rețelele de transport și distribuție, [68].

Pentru sectorul rezidențial măsurile identificate sunt: reabilitarea termică a clădirilor, creșterea eficienței sistemelor de încălzire și a echipamentelor de iluminat și promovarea programelor de educare a consumatorilor în ceea ce privește economisirea energiei, [68].

În sectorul transporturi, măsurile de eficientizare identificate sunt: reabilitarea transporturilor de mărfuri și pasageri pe calea ferată, sporirea calității transportului în comun, creșterea eficienței traficului și parcarilor, creșterea eficienței energetice a vehiculelor, încurajarea vehiculelor curate și utilizarea combustibililor gazeși și bio-combustibililor, [68].

Pentru sectorul deșeuri, instrumentele identificate sunt monitorizarea consumului de apă și implementarea unui sistem integrat pentru valorificarea energetică a deșeurilor colectate selectiv.

Măsurile de reducere identificate necesită o abordare integrată pentru asigurarea unei implementări eficiente, astfel încât va fi necesară o coordonare intersectorială robustă, [1].

## 8.2. Exploatarea SRE

Exploatarea SRE oferă garanția unor premise reale de realizare a obiectivelor strategice privind creșterea siguranței în alimentarea cu energie pe baza diversificării surselor și diminuării ponderii importului de resurse energetice, însă este necesară utilizarea acestora pe baza a trei premise: accesibilitate, disponibilitate și acceptabilitate, [110].

Resursele regenerabile de energie și potențialul acestora pe teritoriul României sunt prezentate în tabelul 8.1.

Tabel 8. 1 Sursele regenerabile de energie disponibile pe teritoriul României, [44, 68, 73, 74, 108]

SRE	Cota în producția de energie în anul 2016, [%]	Potențial energetic anual	Echivalent economic energie, [mii tep]	Localizare
<b>Hidro</b> - Energie electrică	28,86	40.000 GWh	3.440	Podișul Transilvaniei, Câmpia Română, Dobrogea
<b>Eolian</b> - Energie electrică	10,13	23.000 GWh	1.978	Dobrogea, Moldova
<b>Solar</b> - Energie termică	2,60	60x10 <sup>6</sup> GJ	1.433	Delta Dunării, Dobrogea, Câmpia Română
<b>Fotovoltaic</b> - Energie electrică		1.200 GWh	103	Dobrogea, Moldova, Câmpia Română
<b>Biomasă</b> - Energie termică	0,75	318x10 <sup>6</sup> GJ	7.597	Carpații de Est de Sud și de Vest, Subcarpați, Câmpia Română, Câmpia de Vest, Moldova
<b>Geotermal</b> - Energie termică	0,0	7x10 <sup>6</sup> GJ	167	Câmpia de Vest, Câmpia Română (regiunea Bucureștiului)

Valorile potențialului energetic și ale echivalentului economic energie, prezentate în tabelul 8.1, nu reflectă valoarea potențialului tehnic amenajabil ci a potențialului teoretic existent, prin urmare nu pot fi utilizate în alt scop decât teoretic.

După cum se poate observa în tabelul 8.1, 42,38% din producția de energie electrică a României în anul 2016 a fost realizată din SRE.

Pentru România, cota de SRE în consumul final brut de energie electrică asumată până în 2020 este de la 24%.

În iunie 2016, Parlamentul European a adoptat o rezoluție referitoare la raportul intermediar privind progresele înregistrate în domeniul energiei obținute din SRE prin care se dorește realizarea unui pachet mai ambițios privind clima și energia pentru 2030, care să crească la 30% obiectivul UE privind energia din SRE și să fie pus în aplicare prin intermediul obiectivelor naționale individuale.

Obiectivele deja convenite pentru 2020 trebuie luate ca bază minimă de referință în momentul revizuirii Directivei privind energia din SRE.

## 9.CONCLUZII FINALE ȘI APORT PERSONAL

### 9.1. Concluzii punctuale ale cercetării

Schimbarea regimului climatic este considerată amenințarea principală pentru stabilitatea și securitatea globală de către mulți experți în domeniul protecției mediului. Această lucrare aduce în discuție analiza riscului privind schimbările climatice, asociate cu lipsa unor măsuri ferme de atenuare în perioada de timp imediat următoare.

Una dintre prioritățile majore identificate la nivel național este sporirea calității vieții populației, în primul rând prin reducerea riscului privind dezastrele naturale, lucru care poate fi realizat prin aplicare principiilor dezvoltării durabile în toate politicile sectoriale.

Lucrarea tratează principalele aspecte referitoare la fenomenul schimbărilor climatice, în cuprinsul ei fiind descris spectrul activităților antropice care contribuie la sporirea acestui proces, cu implicații directe asupra alterării calității vieții.

Deși efectul de seră este un fenomen natural fără de care pe pământ nu ar fi existat condiții prielnice dezvoltării vieții, așa cum s-a arătat în capitolul 2.2., amploarea acestuia, datorată factorilor naturali și ai celor antropici (cu influențe considerabile începând cu revoluția industrială) pot genera perturbări cu efecte grave asupra condițiilor de viață.

Gazele cu efect de seră care absorb și emit radiații cu lungimi de undă specifice spectrului radiațiilor termice infraroșii, identificate până în prezent sunt detaliate în figura 9.1.

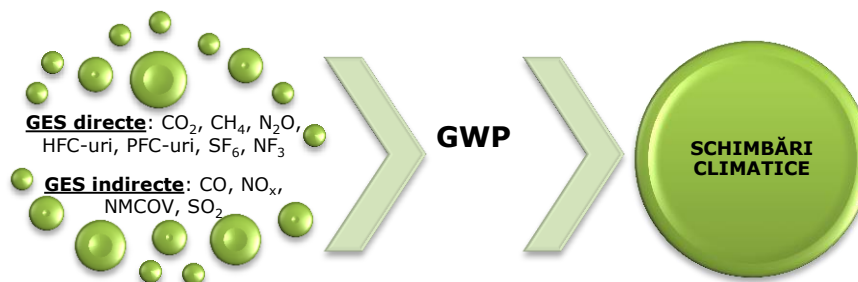


Figura 9. 1. Gaze cu efect de seră

Pentru a putea fi echivalat efectul de seră produs de fiecare GES, se utilizează indicatorul GWP (definit în capitolul 2.4), care ține cont atât de gradul de interacțiune a gazului cu radiația infraroșie, cât și de durata de viață a gazului în atmosferă.

Evenimentele semnificative în istoria științei schimbărilor climatice și acțiunile întreprinse pentru stabilizarea GES în atmosferă în decursul timpului, sunt prezentate în figura 9.2.

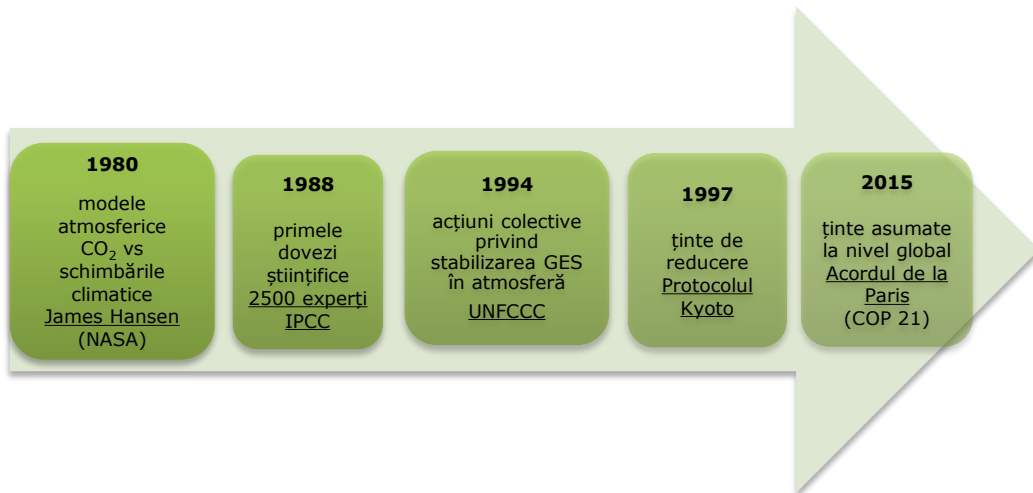


Figura 9. 2. Momente cheie privind efortul diplomatic de reducere a GES la nivel global

Pentru a evalua contribuția factorilor antropici la sporirea acestui proces, este necesară în primul rând identificarea activităților responsabile de emisiile de GES la nivel național și urmărirea evoluției în timp a acestora în corelație cu diferitele anomalii climatice observate pe teritoriul României.

Cea mai mare contribuție la cantitatea totală a emisiilor naționale de GES o au emisiile de CO<sub>2</sub>, urmate de CH<sub>4</sub> și N<sub>2</sub>O, iar sectorul energie este responsabil de emiterea a aprox. 70% din cantitatea totală de GES. Celelalte sectoare, precum procese industriale și utilizarea produselor, agricultură, LULUCF și deșeuri, însumează aprox. 30% din emisiile totale GES înregistrate la nivel național.

Sectoarele analizate în această teză (gospodării, agricultură, servicii, industrie, transport, energie) cuprind multiple sub-sectoare, caracteristici și elemente dinamice, iar pentru analiza acestora apare necesitatea utilizării modelelor care să descrie, să organizeze și să ofere predicția comportării acestora, în diferite scenarii privind politicile în domeniul schimbărilor climatice.

Teza are ca obiectiv de bază analiza principalelor modele utilizate la nivel internațional pentru prognoza emisiilor de GES, în scopul selectării metodei optime ce poate fi aplicată la nivel național. Modelele de prognoză sunt utilizate în procesul de elaborare a cadrului legislativ și regulamentelor adoptate la nivel național dar pot fi utilizate și ca instrumente de planificare (elaborarea planurilor de investiții sectoriale).

În capitolul 5, s-a realizat o sinteză documentară a celor mai relevante metode de prognoză a emisiilor GES.

În funcție de diferitele moduri de abordare, modelele identificate au fost clasificate și descrise detaliat, pentru a permite evidențierea principalelor caracteristici specifice, utilizate în etapa de selecție (figura 9.3).

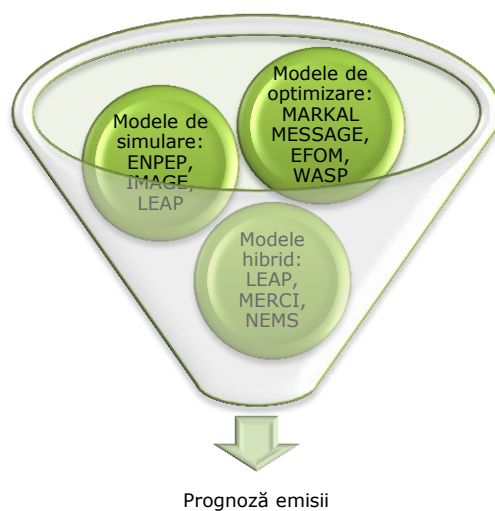


Figura 9. 3. Tipuri de modele de prognoză analizate

Considerând criteriile de selecție precum accesibilitatea modelelor, utilizarea lor în țările europene în curs de dezvoltare și posibilitatea realizării prognozelor emisiilor de GES în diferite scenarii de evoluție socio-economică, s-au ales pentru o evaluare detaliată modelele: ENPEP, LEAP, MARKAL, MESSAGE și MERCI.

După această primă etapă de evaluare a alternativelor optime, au rezultat modelele LEAP și ENPEP ca fiind cele mai potrivite pentru estimarea emisiilor GES la nivel național.

Cele două modele rezultate în urma primei proceduri de selecție, au fost evaluate în cadrul unei analize multicriteriale, prezentate în capitolul 6, pe baza următoarelor criterii: flexibilitate, robustețe, complexitate, necesarul de date disponibile și transparență (vezi figura 9.4.).

În urma aplicării analizei multicriteriale, modelul LEAP a obținut punctajul maxim, așadar acesta a fost utilizat mai departe în capitolul 7, pentru prognoza evoluției emisiilor de GES, precum și pentru determinarea impactului asupra mediului al politicilor guvernamentale pentru orizontul de timp 2050.

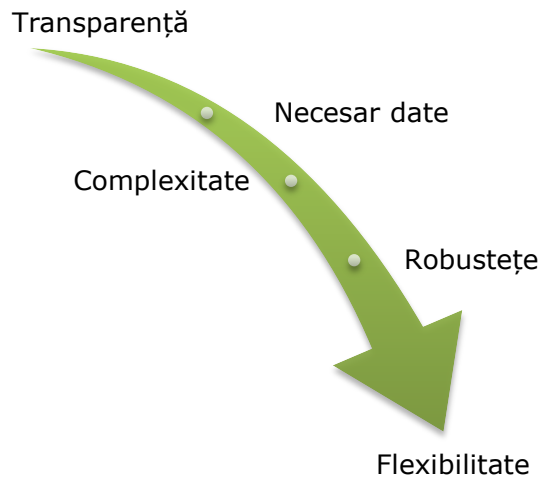


Figura 9. 4. Criteriile de selecție utilizate în cadrul analizei multicriteriale

Modelul selectat este cunoscut ca fiind cel mai potrivit pentru abordarea țărilor în curs de dezvoltare, caracteristicile lui de bază fiind prezentate în figura 9.5.



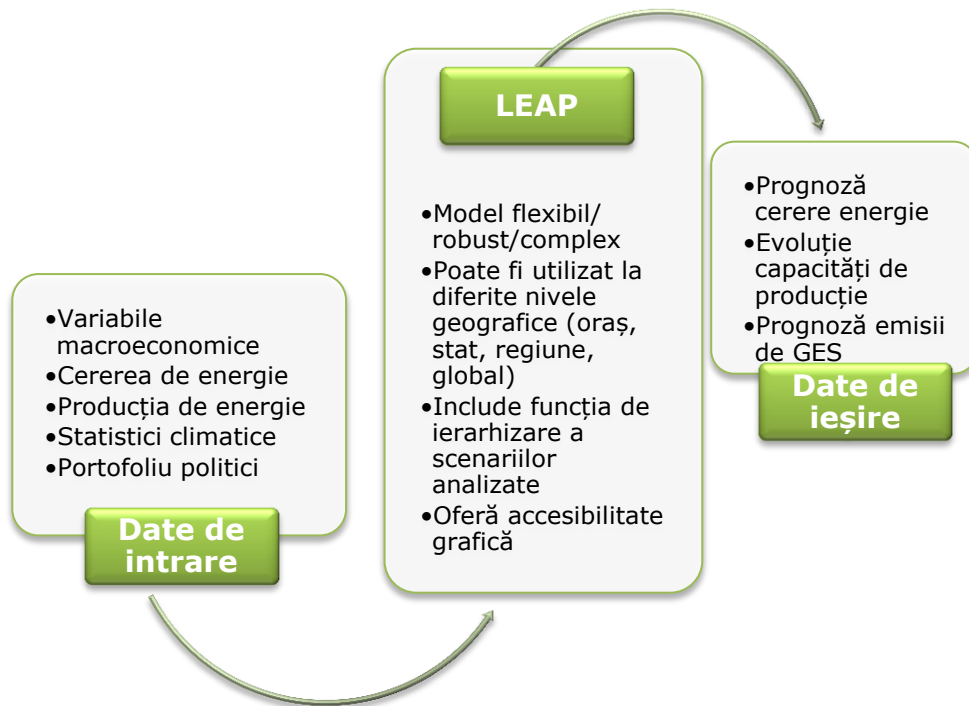


Figura 9. 5. Descrierea modelului LEAP

LEAP este un instrument util pentru realizarea studiilor strategice pe baza unor scenarii integrate energie-mediu, cum sunt: prognoze pentru sectorul energetic, analiza metodelor de reducere a gazelor cu efect de seră, balanțe energetice și inventare de mediu.

Principalele surse de date utilizate pentru realizarea prognozelor cu ajutorul modelului LEAP, au fost: INSSE, EUROSTAT, ANRE, UNFCCC, CNP, Guvernul României, INEGES și IPCC.

În urma adaptării modelului LEAP contextului național, a rezultat prognoza emisiilor de GES în ipotezele a trei scenarii elaborate în diferite perspective privind politicile din domeniul schimbărilor climatice (detaliat în capitolul 7.3). Acestea sunt prezentate în figura 9.6.

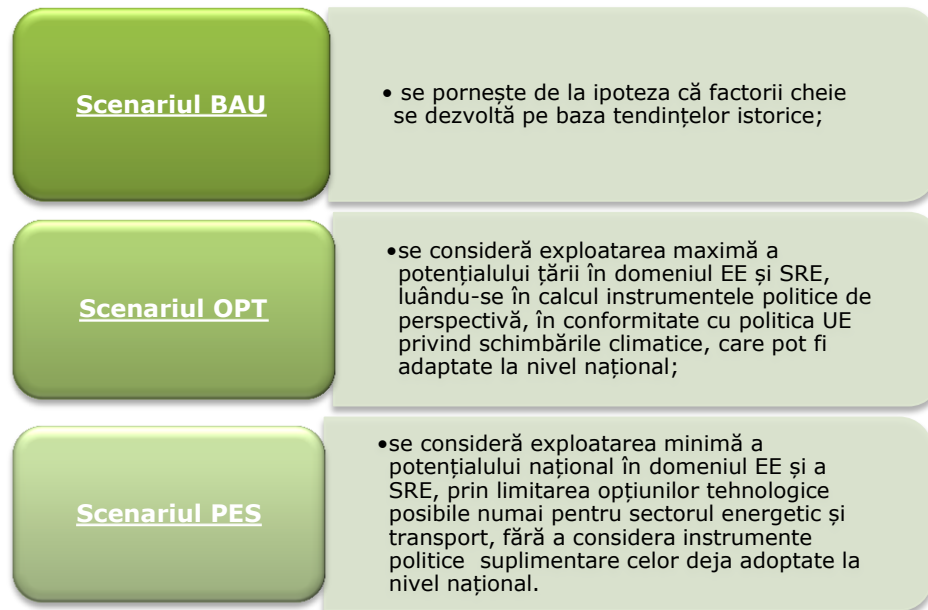


Figura 9. 6. Descrierea scenariilor utilizate în cadrul modelului de prognoză

În graficul cumulativ prezentat în Figura 9.7, sunt centralizate prognozele emisiilor de GES la nivel național, pentru orizontul de timp 2050, în ipoteza celor trei scenarii de evoluție analizate.

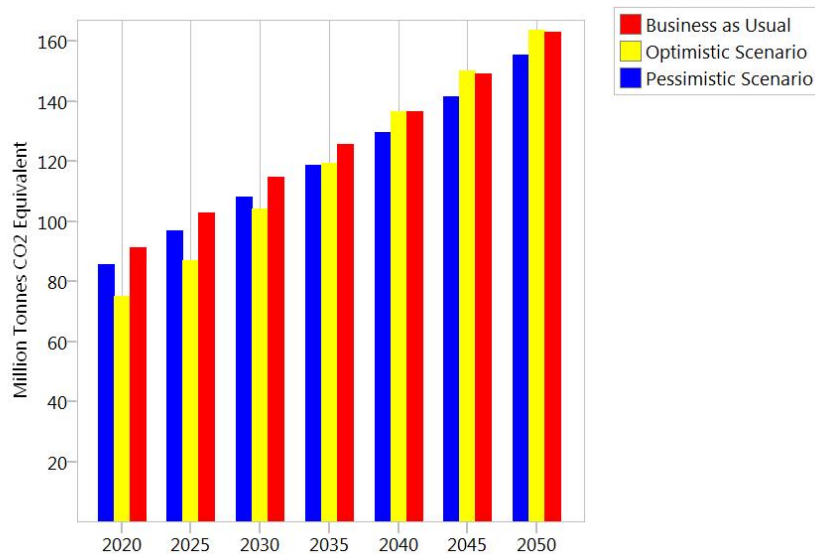


Figura 9. 7. Evoluția emisiilor de GES pentru cele trei scenarii analizate

Graficul cumulativ reprezentat prin Figura 9.7 a evidențiat faptul că în scenariul PES se regăsesc cele mai mici valori ale GES. Acest lucru se datorează ritmurilor de creștere economică și a consumurilor aferente de combustibil, considerabil mai mici, luate în calcul în ipotezele inițiale ale acestui scenariu.

În scenariul OPT datorită ipotezelor considerate, privind ritmurile de creștere economică, se observă că producția de energie crește considerabil (vezi figura 7.5), conducând la necesitatea unor investiții în noi grupuri energetice.

Chiar dacă valorile emisiilor sunt sensibil mai mici în scenariul PES, portofoliul de politici utilizat în scenariul OPT este orientat către principiile politicii UE privind schimbările climatice generând beneficii precum: creșterea economică, sporirea măsurilor de eficiență energetică aplicate în toate sectoarele, încurajarea utilizării resurselor energetice naționale și scăderea dependenței de importuri, așadar în urma analizei reiese a fi scenariul favorabil de dezvoltare la nivel național.

În ultimul capitol sunt evidențiate măsurile de limitare a emisiilor de GES, aplicabile la nivel național și sunt prezentate potențialele riscuri identificate în cazul ignorării semnalelor de alarmă cu privire la schimbările climatice, sau în cazul întârzierii aplicării măsurilor de reducere. Cele mai potrivite opțiuni de reducere a emisiilor de gaze cu efect de seră, identificate pentru România, sunt prezentate în figura 9.8.

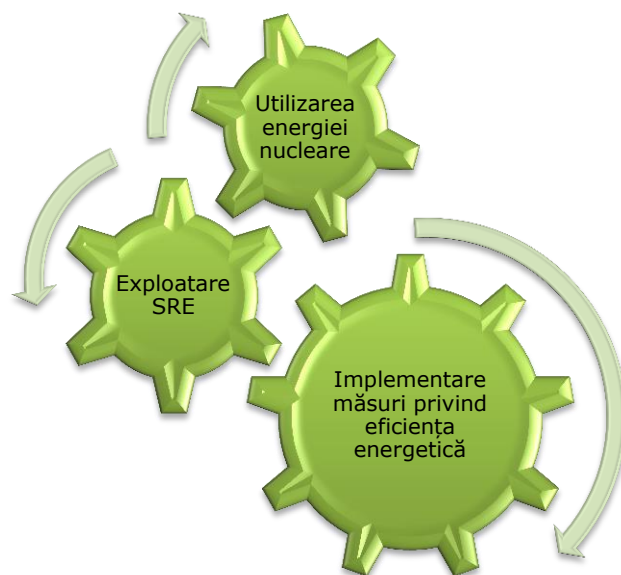


Figura 9. 8. Metode de reducere a GES la nivel național

Teza abordează pentru prima dată subiectul identificării celui mai potrivit model privind prognoza emisiilor de GES la nivel național și de asemenea generează ipotezele de bază pentru realizarea unui model nou de prognoză, specific contextului tehnico-economic, statistic și politic al României.

Se așteaptă ca sectoarele economice să se dezvolte sub imperiul nemijlocit al efectelor generate de schimbările produse la nivelul managementului resurselor, precum și sub efectele indirecte ale schimbării în comportamentul și nevoile populației, [1].

## 9.2. Comentarii ale autorului

Ipotezele utilizate în elaborarea tezei au fost structurate în principal pe baza documentelor strategice și științifice disponibile la nivel global, european și național, cu privire la fenomenul schimbări climatice, la modelele de prognoză GES și la politicile de mediu.

În urma cercetării efectuate pe tot parcursul procesului de elaborare a tezei, s-au observat câteva neconcordanțe care au generat o serie de incertitudini cu privire la analiza legislației de mediu din perspectiva respectării principiilor etice, și anume:

- Implicarea politică în grupurile de cercetare create la nivel global, pentru studierea diferitelor aspecte privind schimbările climatice.
- Aplicarea preferențială și gestionarea într-o manieră subiectivă a politicilor privind schimbările climatice, la nivel global, nerespectându-se principiul proporționalității mai ales în cazul grupurilor vulnerabile.
- Promovarea utilizării RES la scară largă, ca și alternativă optimă, fără a fi luată în considerare lipsa capacității de absorbție a sistemului electroenergetic național în acest moment, emisiile rezultate în procesul de producție a instalațiilor utilizate, dependența de importul acestor echipamente, dar și aspecte privind impactul asupra utilizării terenurilor agricole, habitatelor naturale, precum și modificarea microclimatului.

De asemenea, este neglijat faptul că pentru a permite injectarea energiei electrice produse din SRE în Sistemul Electroenergetic Național, sunt necesare capacități de back-up flexibile, pe gaze naturale, fiind astfel înlocuit un grup nuclear (care nu produce emisii de CO<sub>2</sub>). Astfel, per total, emisiile de CO<sub>2</sub> cresc.

Așadar, trendul ecologist promovat puternic în ultima perioadă la nivel internațional nu respectă la modul imperativ principiile etice fundamentale, pentru fiecare stat în parte.

Utilizarea rațională, într-o manieră echitabilă a tuturor resurselor de energie, disponibile la nivel național, într-o manieră eficientă, cu impact redus asupra mediului și cu un cost rezonabil, luând în considerare și parametri sociali precum migrația populației și gradul de ocupare al forței de muncă (incluzând aici și recalificarea/relocarea forței de muncă), reprezintă cea mai sustenabilă abordare privind gestionarea emisiilor provenite din energie, cel mai poluator sector identificat la nivel național.

Pentru realizarea acestui deziderat trebuie în primul rând acordată o atenție deosebită stimulării inovării și a dezvoltării de noi tehnologii precum și încurajarea investițiilor pentru îmbunătățirea eficienței energetice pe întregul lanț: resurse – producție – transport – distribuție – consum, având în vedere faptul că energia rămâne un parametru important de creștere economică și de asigurare a unui nivel de trai ridicat.

Aceste noi provocări identificate constituie baza unor noi preocupări și posibile direcții viitoare de studiu.

### 9.3. Concluzii finale și revendicări

Secolul XX a fost marcat de o serie de schimbări spectaculoase datorate progresului tehnologic, care a favorizat accelerarea dezvoltării tuturor domeniilor științifice, toate acestea generând însă și o presiune imensă asupra mediului natural precum și dezechilibre ce pot determina, în viitorul nu foarte îndepărtat, o criză ecologică fără precedent.

Schimbările climatice reprezintă una din provocările majore ale secolului nostru – un domeniu complex în care trebuie să ne îmbunătățim cunoașterea și înțelegerea, pentru a lua măsuri imediate și eficiente, respectând principiul precauției. Acest fenomen influențează diverși parametri printre care și resursele de apă, aceasta constituind o variabilă critică privind siguranța populației.

Încă din anul 1988, IPCC – organismul internațional care coordonează activitățile științifice în domeniul schimbărilor climatice – recomandă ca și direcții prioritare de acțiune, dezvoltarea unor modele avansate de prognoză a emisiilor GES cu ajutorul cărora să poată fi elaborate strategii coerente de răspuns la efectele generate de schimbările climatice.

Analiza compatibilității utilizării metodologiilor de prognoză a emisiilor GES identificate la nivel internațional a relevat faptul că deși modelul LEAP a putut fi adaptat pentru contextul României, există câțiva indicatori ai căror omisiune pot genera modificări ale rezultatelor finale.

Astfel, realizarea unui model nou dedicat contextului național, care să țină seama de disponibilitatea și de modul de agregare a datelor la nivel național, dar și de parametrii cheie cu impact asupra rezultatelor finale, ar genera o imagine de perspectivă mult mai precisă.

Revendicările acestei teze de doctorat sunt următoarele:

- S-a ales o bibliografie recentă pentru realizarea unei documentări actualizate privind subiectul schimbări climatice abordată în context național și internațional.
- S-a analizat contextul global privind acțiunile derulate în vederea diminuării impactului antropic asupra schimbărilor climatice.
- S-a realizat un studiu documentar detaliat privind metodele de prognoză a emisiilor de gaze cu efect de seră utilizate la nivel internațional.
- S-au ales criterii de selecție relevante pentru aprecierea corectă a celui mai potrivit model de prognoză ce poate fi aplicat la nivel național.
- S-a elaborat o bază de date complexă utilizată pentru rularea modelului selectat ce poate fi exportată și adaptată cu ușurință altor programe specifice de prognoză.
- S-au analizat politicile naționale și europene în vigoare pe orizont de timp 2050.
- S-au elaborat trei scenarii privind politicile cu impact asupra schimbărilor climatice pe orizont de timp 2050, la nivel național.
- S-au analizat parametrii naționali specifici, necesari a fi considerați pentru realizarea unui model național de prognoză.
- S-au analizat riscurile asociate schimbărilor climatice la nivel național.
- S-au analizat cele mai potrivite metode de reducere a emisiilor GES, în context național.

În concluzie s-au analizat rezultatele obținute în cele trei scenarii și s-au abordat problematici legate de etică în elaborarea politicilor de protecția mediului la nivel global.

Fenomenele meteorologice extreme cu care România se confruntă în ultima perioadă, corelate cu perspectivele de evoluție a emisiilor de GES la nivel național rezultate în etapa de prognoză, ne conduc la o concluzie clară în direcția semnalării unor viitoare provocări privind siguranța populației.

Schimbarea economică și comportamentală precum și aplicarea imediată a măsurilor de reducere a emisiilor în paralel cu aplicarea măsurilor de adaptare, deja disponibile în documentele strategice naționale, ar putea diminua considerabil consecințele schimbărilor climatice la nivel național precum creșterea frecvenței valurilor de căldură, intensificarea fenomenului de secetă, reducerea stratului de zăpadă, toate acestea cu un impact puternic asupra calității vieții populației.

Recomandări generale ce rezultă din concluziile tezei de doctorat:

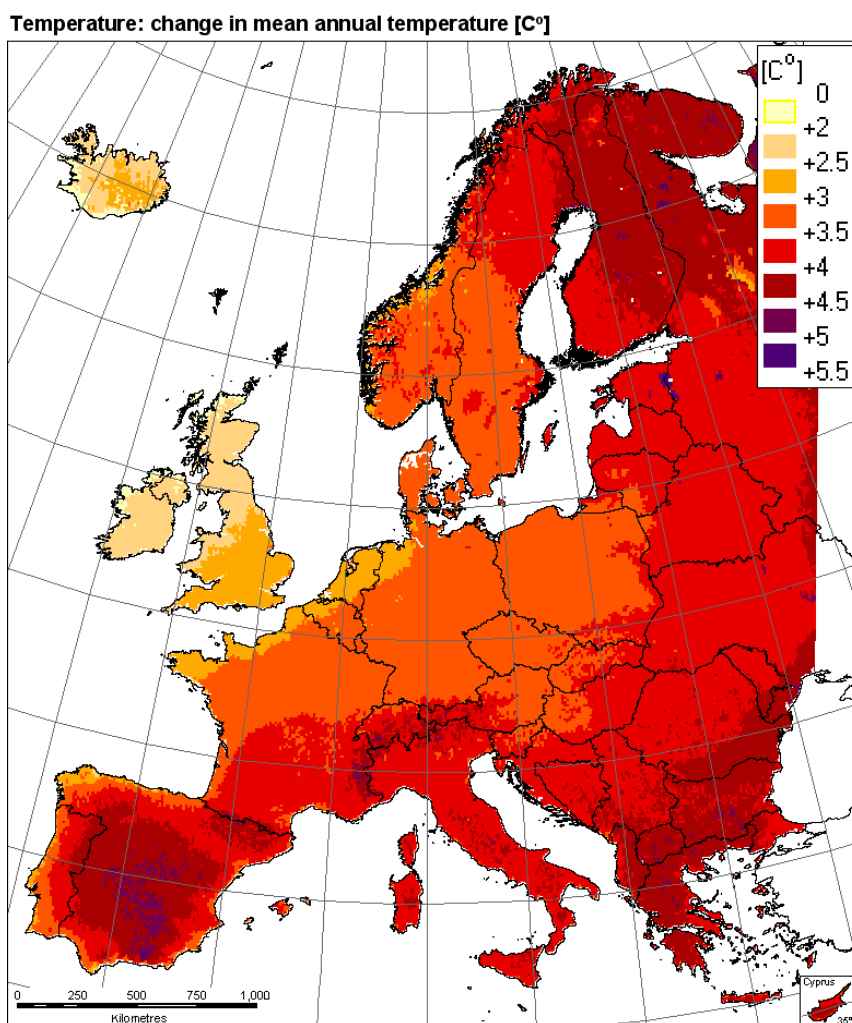
- Obiectivele de reducere a emisiilor de GES care se prefigurează în perioada post Kyoto, impun o atenție deosebită asupra procesului de prognoză a emisiilor cu scopul de a asigura un proces permanent de evaluare și ajustare a politicilor și măsurilor adoptate anterior în vederea atingerii țintei asumate. În acest context se evidențiază importanța utilizării unor modele corecte și complete de prognoză, elaborate pe specificul fiecărei regiuni.
- Rezultatele acestui studiu pot contribui la creionarea unei imagini de perspectivă privind emisiile de GES, ce poate fi luată în calcul de factorii de decizie, dar pot constitui și punct de pornire pentru realizarea unui model propriu de prognoză la nivel național.
- Pentru facilitarea aplicării metodelor de prognoză la nivel național este important să se realizeze strategii sectoriale având la bază resurse și opțiuni de dezvoltare, astfel ca România să poată atinge convergența la valorile UE: durabilitate, competitivitate și securitate.

## ANEXE

### A1. ESTIMĂRI PRIVIND MODIFICAREA TEMPERATURII MEDII ANUALE ÎN PERIOADA 2071-2100

Graficul privind modificarea temperaturii medii anuale a fost elaborat pe baza scenariul A2 al raportului IPCC privind scenariile de emisii. Efectele schimbărilor climatice au fost evaluate pentru perioada 2071-2100, comparativ cu intervalul de referință 1961-1990.

Harta a fost întocmită pe baza datelor preluate din cadrul proiectului DMI/PRUDENCE (<http://prudence.dmi.dk>) și procesate de Centrul Comun de Cercetare în cadrul studiului PESETA, [27].

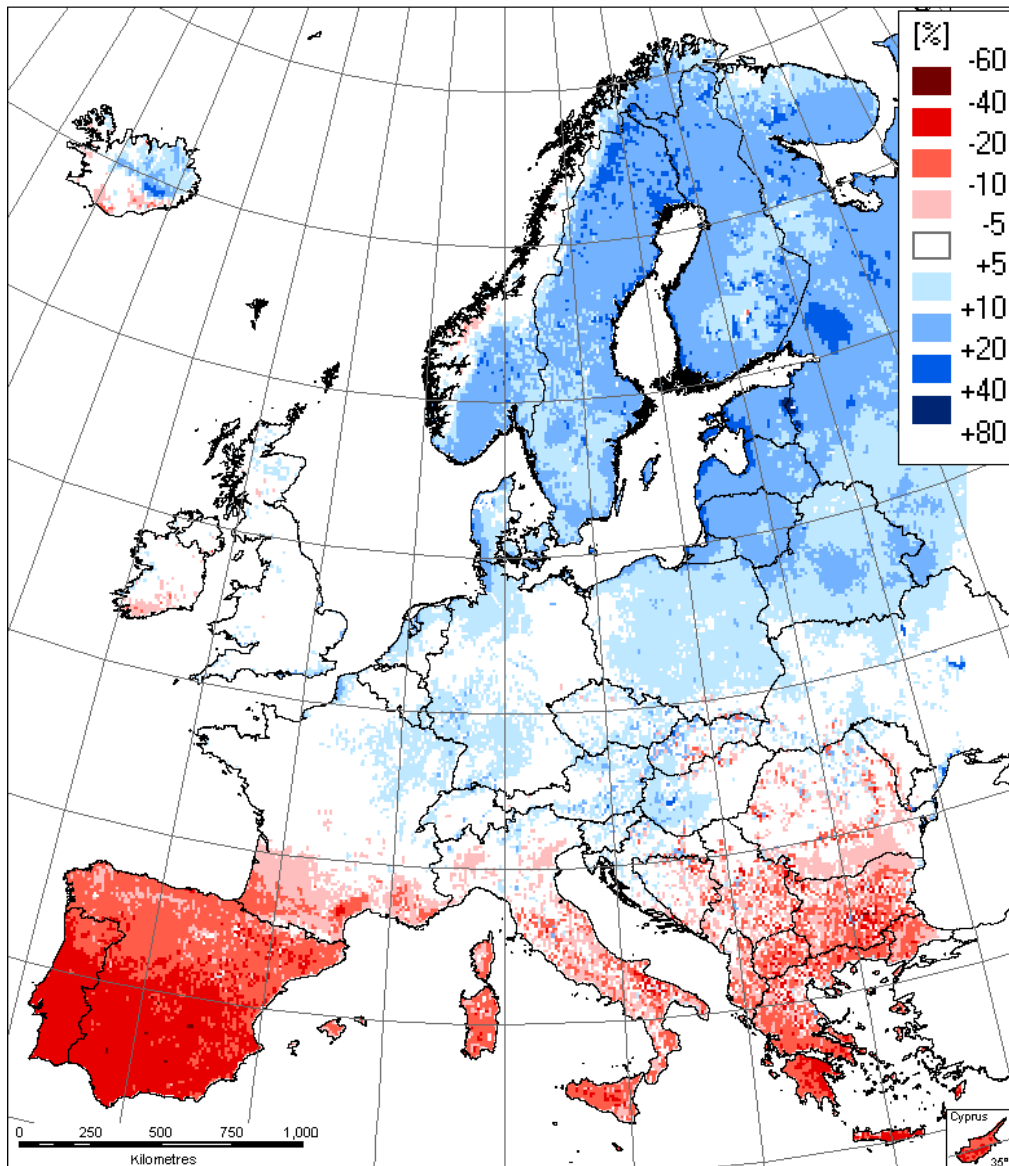


## A2. EVOLUȚIA PRECIPITAȚIILOR MEDII ANUALE PÂNĂ LA SFÂRȘITUL SECOLULUI

Graficul privind evoluția precipitațiilor medii anuale a fost elaborat pe baza scenariului A2 al raportului IPCC privind scenariile de emisii.

Efectele schimbărilor climatice au fost evaluate pentru perioada 2071-2100, comparativ cu intervalul de referință 1961-1990, [27].

**Precipitation: change in annual amount [%]**





### A3. GAZELE CU EFECT DE SERĂ ȘI VALORILE INDICATORULUI GWP

<i>Gazele cu efect de seră, [39]</i>	<i>Formula chimică</i>	<i>Potențialul de încălzire globală</i>
Dioxid de carbon	CO <sub>2</sub>	1
Metan	CH <sub>4</sub>	25
Protoxid de azot	N <sub>2</sub> O	298
<b>Hidrofluorcarburi (HFC)</b>		
HFC-23	CHF <sub>3</sub>	14 800
HFC-32	CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	675
HFC-41	CH <sub>3</sub> F	92
HFC-43-10mee	CF <sub>3</sub> CHFCHFCF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	1 640
HFC-125	C <sub>2</sub> HF <sub>5</sub>	3 500
HFC-134	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F <sub>4</sub> (CHF <sub>2</sub> CHF <sub>2</sub> )	1 100
HFC-134a	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F <sub>4</sub> (CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub> )	1 430
HFC-143	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> F <sub>3</sub> (CHF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> F)	353
HFC-143a	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> F <sub>3</sub> (CF <sub>3</sub> CH <sub>3</sub> )	4 470
HFC-152	CH <sub>2</sub> FCH <sub>2</sub> F	53
HFC-152a	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> F <sub>2</sub> (CH <sub>3</sub> CHF <sub>2</sub> )	124
HFC-161	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> F	12
HFC-227ea	C <sub>3</sub> HF <sub>7</sub>	3 220
HFC-236cb	CH <sub>2</sub> FCF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	1 340
HFC-236ea	CHF <sub>2</sub> CHFCF <sub>3</sub>	1 370
HFC-236fa	C <sub>3</sub> H <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	9 810
HFC-245ca	C <sub>3</sub> H <sub>3</sub> F <sub>5</sub>	693
HFC-245fa	CHF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	1 030
HFC-365mfc	CH <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	794
<b>Perfluorcarburi</b>		
PFC-14	CF <sub>4</sub>	7 390
PFC-116	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	12 200
PFC-218	C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	8 830
PFC-3-1-10	C <sub>4</sub> F <sub>10</sub>	8 860
PFC-318	c-C <sub>4</sub> F <sub>8</sub>	10 300
PFC-4-1-12	C <sub>5</sub> F <sub>12</sub>	9 160
PFC-5-1-14	C <sub>6</sub> F <sub>14</sub>	9 300
PFC-9-1-18 <sup>b</sup>	C <sub>10</sub> F <sub>18</sub>	>7 500
Perfluorciclopropan <sup>c</sup>	c-C <sub>3</sub> F <sub>6</sub>	>17 340
<b>Hexafluorura de sulf (SF<sub>6</sub>)</b>		
	SF <sub>6</sub>	22 800
<b>Trifluorură de azot (NF<sub>3</sub>)</b>		
	NF <sub>3</sub>	17 200

Eteri fluorurați		
HFE-125	$\text{CHF}_2\text{OCF}_3$	14 900
HFE-134	$\text{CHF}_2\text{OCHF}_2$	6 320
HFE-143a	$\text{CH}_3\text{OCF}_3$	756
HCFE-235da2	$\text{CHF}_2\text{OCHClCF}_3$	350
HFE-245cb2	$\text{CH}_3\text{OCF}_2\text{CF}_3$	708
HFE-245fa2	$\text{CHF}_2\text{OCH}_2\text{CF}_3$	659
HFE-254cb2	$\text{CH}_3\text{OCF}_2\text{CHF}_2$	359
HFE-347mcc3	$\text{CH}_3\text{OCF}_2\text{CF}_2\text{CF}_3$	575
HFE-347pcf2	$\text{CHF}_2\text{CF}_2\text{OCH}_2\text{CF}_3$	580
HFE-356pcc3	$\text{CH}_3\text{OCF}_2\text{CF}_2\text{CHF}_2$	110
HFE-449sl (HFE-7100)	$\text{C}_4\text{F}_9\text{OCH}_3$	297
HFE-569sf2 (HFE-7200)	$\text{C}_4\text{F}_9\text{OC}_2\text{H}_5$	59
HFE-43-10pccc124 (H-Galden 1040x)	$\text{CHF}_2\text{OCF}_2\text{OC}_2\text{F}_4\text{OCHF}_2$	1870
HFE-236ca12 (HG-10)	$\text{CHF}_2\text{OCF}_2\text{OCHF}_2$	2800
HFE-338pcc13 (HG-01)	$\text{CHF}_2\text{OCF}_2\text{CF}_2\text{OCHF}_2$	1500
	$(\text{CF}_3)_2\text{CFOCH}_3$	343
	$\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CH}_2\text{OH}$	42
	$(\text{CF}_3)_2\text{CHOH}$	195
HFE-227ea	$\text{CF}_3\text{CHFOCF}_3$	1540
HFE-236ea2	$\text{CHF}_2\text{OCHF}_2\text{CF}_3$	989
HFE-236fa	$\text{CF}_3\text{CH}_2\text{OCF}_3$	487
HFE-245fa1	$\text{CHF}_2\text{CH}_2\text{OCF}_3$	286
HFE-263fb2	$\text{CF}_3\text{CH}_2\text{OCH}_3$	11
HFE-329mcc2	$\text{CHF}_2\text{CF}_2\text{OCF}_2\text{CF}_3$	919
HFE-338mcf2	$\text{CF}_3\text{CH}_2\text{OCF}_2\text{CF}_3$	552
HFE-347mcf2	$\text{CHF}_2\text{CH}_2\text{OCF}_2\text{CF}_3$	374
HFE-356mec3	$\text{CH}_3\text{OCF}_2\text{CHFCF}_3$	101
HFE-356pcf2	$\text{CHF}_2\text{CH}_2\text{OCF}_2\text{CHF}_2$	265
HFE-356pcf3	$\text{CHF}_2\text{OCH}_2\text{CF}_2\text{CHF}_2$	502
HFE-365mcfI'II t3	$\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CH}_2\text{OCH}_3$	11
HFE-374pc2	$\text{CHF}_2\text{CF}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$	557
	$-(\text{CF}_2)_4\text{CH}(\text{OH})-$	73
	$(\text{CF}_3)_2\text{CHOCHF}_2$	380
	$(\text{CF}_3)_2\text{CHOCH}_3$	27
Perfluoropolieteri		
Perfluoropolimetilizopropileter (PFPMIE)	$\text{CF}_3\text{OCF}(\text{CF}_3)\text{CF}_2\text{OCF}_2\text{OCF}_3$	10300
Pentafluorură de sulf-trifluorometil ( $\text{SF}_5\text{CF}_3$ )	$\text{SF}_5\text{CF}_3$	17700

## A4. LEGISLAȚIA INTERNAȚIONALĂ RELEVANTĂ PRIVIND SCHIMBĂRILE CLIMATICE

Nr. Crt.	Angajamente internaționale privind schimbările climatice	Anul adoptării	Implementare la nivel național
1	UNFCCC	semnată la Rio de Janeiro în 5 iunie 1992	Legea nr. 24 din 6 mai 1994 pentru ratificarea Convenției-cadru a Națiunilor Unite asupra schimbărilor climatice
2	Protocolul de la Kyoto	adoptată la 11 decembrie 1997	Legea nr. 3 din 2 februarie 2001 pentru ratificarea Protocolului de la Kyoto la Convenția-cadru a Națiunilor Unite asupra schimbărilor climatice
3	Amendamentul de la Doha	adoptat la 8 decembrie 2012	Legea nr. 251/2015 pentru acceptarea Amendamentului de la Doha

## A5. LEGISLAȚIA EUROPEANĂ APLICABILĂ DOMENIULUI SCHIMBĂRILOR CLIMATICE

Nr. Crt.	Angajamente asumate la nivel european	Implementare la nivel național
<b>1</b>	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 Comunității și de modificare a Directivei 96/61/CE a Consiliului, Directiva IPPC – din 13 octombrie 2003	transpusă în legislația națională prin HG 780/2006 privind stabilirea schemei de comercializare a certificatelor de emisii de gaze cu efect de seră cu modificările și completările ulterioare.
<b>2</b>	Directiva 2004/101/CE a Parlamentului European și a Consiliului de modificare a Directivei 2003/87/CE, și de punere în aplicare a Protocolului de la Kyoto	transpusă în legislația națională prin Hotărârea Guvernului nr. 204/2013 pentru modificarea și completarea Hotărârii Guvernului nr.780/2006 privind stabilirea schemei de comercializare a certificatelor de emisii de gaze cu efect de seră, cu completările și modificările ulterioare
<b>3</b>	Directiva 2008/101/CE de modificare a Directivei 2003/87/CE pentru a include activitățile de aviație în sistemul de comercializare a cotelor de emisie de gaze cu efect de seră în cadrul Comunității	transpusă în legislația națională prin HG 780/2006 privind stabilirea schemei de comercializare a certificatelor de emisii de gaze cu efect de seră cu modificările și completările ulterioare
<b>4</b>	Directiva 2009/29/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 23 aprilie 2009 de modificare a Directivei 2003/87/CE în vederea îmbunătățirii și extinderii sistemului comunitar de comercializare a cotelor de emisie de gaze cu efect de seră	transpusă în legislația națională prin Hotărârea Guvernului nr. 204 /2013 pentru modificarea și completarea Hotărârii Guvernului nr. 780/2006 privind stabilirea schemei de comercializare a certificatelor de emisii de gaze cu efect de seră cu completările și modificările ulterioare.
<b>5</b>	Directiva 2009/31/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 23 aprilie 2009 privind stocarea geologică a dioxidului de carbon și de modificare a Directivei 85/337/CEE a Consiliului, precum și a Directivelor 2000/60/CE, 2001/80/CE, 2004/35/CE, 2006/12/CE, 2008/1/CE și a Regulamentului (CE) nr. 1013/2006 ale Parlamentului European și ale Consiliului, versiunea în limba română	transpusa in legislația națională prin OUG 64/2011 privind stocarea geologica a dioxidului de carbon.
<b>6</b>	Directiva 2009/28/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 23 aprilie 2009 privind promovarea utilizării energiei din surse regenerabile, de modificare și ulterior de abrogare a Directivelor 2001/77/CE și 2003/30/CE	transpusă în legislația națională prin Legea 220/2008 pentru stabilirea sistemului de promovare a producerii energiei din surse regenerabile de energie

## **A6. LEGISLAȚIA NAȚIONALĂ APLICABILĂ DOMENIULUI SCHIMBĂRILOR CLIMATICE**

- a) Hotărârea Guvernului nr. 780/2006 privind stabilirea schemei de comercializare a certificatelor de emisii de gaze cu efect de seră, cu modificările și completările ulterioare – transpune Directiva Consiliului nr. 2003/87/CE din 13 octombrie 2003 de stabilire a unui sistem de comercializare a cotelor de emisie de gaze cu efect de seră în cadrul Comunității și de modificare a Directivei 96/61/CE a Consiliului;
- b) Ordonanța de urgență a Guvernului nr. 64/2011 privind stocarea geologică a dioxidului de carbon, aprobată cu modificări și completări prin Legea nr. 114/2013;
- c) Ordonanța de urgență a Guvernului nr. 115/2011 privind stabilirea cadrului instituțional și autorizarea Guvernului, prin Ministerul Finanțelor Publice, de a scoate la licitație certificatele de emisii de gaze cu efect de seră atribuite României la nivelul Uniunii Europene, aprobată prin Legea nr. 163/2012, cu modificări și completări ulterioare;
- d) Hotărârea Guvernului nr. 1570/2007 privind înființarea Sistemului național pentru estimarea nivelului emisiilor antropice din surse sau al reținerilor prin sechestrare a tuturor gazelor cu efect de seră, reglementate prin Protocolul de la Kyoto, cu modificări și completări ulterioare;
- e) Hotărârea Guvernului nr. 1026/2014 privind reorganizarea Comisiei Naționale privind Schimbările Climatice;
- f) Ordinul ministrului mediului și dezvoltării durabile nr. 1170/2008 pentru aprobarea Ghidului privind adaptarea la efectele schimbărilor climatice – GASC;
- g) Ordonanță de urgență a Guvernului nr. 196/2005 privind Fondul pentru mediu, aprobată prin Legea nr. 105/2006, cu modificările și completările ulterioare;
- h) Ordinul ministrului mediului și dezvoltării durabile nr. 1474/2007 pentru aprobarea Regulamentului privind gestionarea și operarea Registrului național al emisiilor de gaze cu efect de seră, cu modificările ulterioare;
- i) Ordinul ministrului mediului și pădurilor nr. 3420/2012 pentru aprobarea procedurii de emisie a autorizației privind emisiile de gaze cu efect de seră pentru perioada 2013-2020, cu modificări și completări ulterioare;
- j) Hotărârea Guvernului nr. 38/2015 pentru organizarea și funcționarea Ministerului Mediului, Apelor și Pădurilor, cu modificări și completări ulterioare.

## A7. CADRUL INSTITUȚIONAL AL ROMÂNIEI CU PRIVIRE LA SCHIMBĂRILE CLIMATICE

Lista ministerelor, comisiilor și autorităților de resort naționale cu anumite roluri în gestionarea schimbărilor climatice (la nivelul anului 2016) sunt prezentate în schema următoare:

### Ministere:

- **Ministerul Mediului, Apelor și Pădurilor MMAP** - autoritatea publică centrală responsabilă pentru coordonarea generală a politicilor, strategiei și acțiunilor de adaptare și atenuare a SC. MMAP este de asemenea coordonatorul Comisiei Naționale pentru Schimbări Climatice CNSC.
- **Ministerul Fondurilor Europene**
- **Ministerul Economiei, Comerțului și Relațiilor cu Mediul de Afaceri**
- **Ministerul Finanțelor Publice**
- **Ministerul Energiei**
- **Ministerul Transporturilor**
- **Ministerul Dezvoltării Regionale și Administrației Publice**
- **Ministerul Agriculturii și Dezvoltării Rurale**
- **Ministerul Educației Naționale și Cercetării Științifice**
- **Ministerul Muncii, Familiei, Protecției Sociale și Persoanelor Vârstnice**
- **Ministerul Dezvoltării Regionale și Administrației Publice**
- **Ministerul Afacerilor Externe**



### Institute:

- Institutul Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor**
- **Institutul Național de Statistică**
- **Institutul Național pentru Fizica Pământului**
- **Institutul Național de Sănătate Publică**
- **Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Silvicultură "Marin Drăcea"**
- **Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Pedologie, Agrochimie și Protecția Mediului**
- **Institutului de Geografie al Academiei Române**
- **Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare Marină „Grigore Antipa”**
- **Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare GeoEcoMar**
- **Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Protecția Mediului:**

### Alte organisme relevante:

- **Administrația Fondului pentru Mediu**
- **Administrația Națională „Apele Române”**
- **Administrația Națională de Meteorologie**
- **Inspectoratul General pentru Situații de Urgență**
- **Regia Națională a Pădurilor**
- **Autoritatea Națională de Reglementare în domeniul Energiei**
- **Autoritatea Națională de Reglementare pentru Serviciile Comunitare de Utilități Publice**
- **Agențiile locale pentru protecția mediului**
- **ONG urile care activează în domeniul schimbărilor climatice**



## A8. DESCRIEREA PRINCIPALELOR MODELE DE PROGNOZĂ A EMISIILOR DE GES UTILIZATE LA NIVEL GLOBAL

Modele utilizate de Agenția Internațională privind Energia Atomică (International Atomic Energy Agency - IAEA)	ENPEP	Dezvoltat de <i>Centre for Energy, Environmental and Economic Systems Analysis (CEEESA - ANL in the USA)</i> și <i>U.S. Department of Energy</i>	Set de instrumente analitice utilizate în planificarea integrată energie-mediu.	<a href="http://www.dis.anl.gov/projects/Enpepwin.html">http://www.dis.anl.gov/projects/Enpepwin.html</a>
	MAED	Dezvoltat de <i>B. Chateau și B. Lapillonne</i> în cadrul <i>Institute Economique et Juridique de l'Energie (IEJE) of the University of Grenoble, France</i>	Model utilizat pentru prognoza cererii de energie electrică, în concordanță cu obiectivele de dezvoltare economică a țării.	<a href="http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/CM/S-18_web.pdf">http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/CM/S-18_web.pdf</a>
	WASP	Dezvoltat în anul 1972, în cadrul <i>Tennessee Valley Authority and the Oak Ridge National Laboratory in the USA</i>	Instrument utilizat în studiile de planificare a sistemului energetic.	<a href="http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/CM/S-16.pdf">http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/CM/S-16.pdf</a>
	GTMAX	Dezvoltat în anul 1995, în cadrul <i>ANL</i>	Instrument de analiză utilizat pentru piețele de energie nereglementate.	<a href="http://www.energyplan.eu/othertools/national/gtmax/">http://www.energyplan.eu/othertools/national/gtmax/</a>
	EMCAS	Dezvoltat de <i>ANL - The Center for Energy, Environmental, and Economic Systems Analysis</i>	Model bazat pe simularea pe termen lung a piețelor competitive de energie electrică.	<a href="http://ceeesa.es.anl.gov/projects/emcas.html">http://ceeesa.es.anl.gov/projects/emcas.html</a>
Modele utilizate de Comisia Europeană	PRIMES	Dezvoltat în anul 1994, de <i>National Technical University of Athens</i>	Model de echilibru care simulează cererea și producția din sectorul energetic.	<a href="http://www.e3mlab.ntua.gr/e3mlab/index.php?option=com_content&amp;view=category&amp;id=35&amp;Itemid=80&amp;lang=en">http://www.e3mlab.ntua.gr/e3mlab/index.php?option=com_content&amp;view=category&amp;id=35&amp;Itemid=80&amp;lang=en</a>
	POLES	Dezvoltat în anii 1990, de <i>Institute of Energy Policy and Economics IEPE (now EDDEN-CNRS) in Grenoble, France</i>	Model energetic global care acoperă întregul sistem energetic, de la producător la consumatorul final.	<a href="https://ec.europa.eu/jrc/en/scientific-tool/poles-prospective-outlook-long-term-energy-systems">https://ec.europa.eu/jrc/en/scientific-tool/poles-prospective-outlook-long-term-energy-systems</a>
	GEM-E3	Dezvoltat de <i>Institute of Computers and Communications Systems National Technical University of Athens</i>	Model macroeconomic de echilibru pentru studierea interacțiunilor dintre sectoarele economiei-energie-mediu.	<a href="http://www.climat.be/2050/files/3013/8323/6620/9_GEM-E3.pdf">http://www.climat.be/2050/files/3013/8323/6620/9_GEM-E3.pdf</a>
	MEDEE	Dezvoltat în anul 1978 de <i>B. Chateau and B. Lapillonne, Institut Economique et Juridique de l'Energie (IEJE) in Grenoble, France</i> și preluat de <i>IIASA</i>	Model de simulare realizat în scopul de a evalua cererea de energie pe termen lung ținând cont de aspectele sociale, și economice dar și de detaliile tehnologice.	<a href="http://pure.iiasa.ac.at/826/">http://pure.iiasa.ac.at/826/</a>

Alte modele	MARKAL	Dezvoltat în anii 1970, de <i>Brookhaven National Laboratory</i>	Model care facilitează analiza sistemului energetic pe termen mediu și lung, prin integrarea factorilor energetici, de mediu și economici.	<a href="http://www.etsap.org">www.etsap.org</a>
	LEAP	Dezvoltat de <i>Stockholm Environment Institute Boston Center &amp; UNEP</i>	Instrument software utilizat pe scară largă pentru analiza politicilor energetice și evaluarea mijloacelor de atenuare a schimbărilor climatice.	<a href="http://www.energycommunity.org/">http://www.energycommunity.org/</a>
	IMAGE	Dezvoltat în anul 1980, de <i>National Institute for Public Health and the Environment (RIVM) in the Netherlands</i>	Model care încorporează un număr mediu de caracteristici ale țărilor în curs de dezvoltare (electrificarea, biocombustibilii tradiționali, împărțirea urban-rural, mecanismul de dezvoltare curată, comercializarea emisiilor și energiile regenerabile).	<a href="http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/500110002.pdf">http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/500110002.pdf</a>
	MERCI	Dezvoltat în anul 2009, de <i>Institute for Advanced Studies (IHS) Vienna</i>	Model care descrie simultan circumstanțele economice, precum și cele energetice la un nivel tehnologic detaliat.	IHS, Vienna, Austria
	MESSAGE	Dezvoltat în anul 1980, de <i>IIASA</i>	Modelul se bazează pe scenariul de minimizare a costurilor totale ale sistemului energetic, de la extracția resurselor până la utilizarea finală.	<a href="http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/modelsData/MESAGE/MESAGE.en.html">http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/modelsData/MESAGE/MESAGE.en.html</a>
	NEMS	Dezvoltat în anul 1993, de <i>Energy Information Administration (EIA) of the U.S. Department of Energy</i>	Model de echilibru al interacțiunilor dintre piețele de energie și economie, utilizat cu precădere în SUA.	<a href="http://www.energyplan.eu/othertools/national/nems/">http://www.energyplan.eu/othertools/national/nems/</a>
	MESAP	Dezvoltat în 1997 în cadrul <i>Institute for Energy Economics and the Rational Use of Energy (IER) at the University of Stuttgart</i>	Instrument de simulare a cererii și producției de energie care înglobează aspecte privind costurile precum și impactul asupra mediului la nivel local, regional și global.	<a href="http://www.energyplan.eu/othertools/national/mesap-planet/">http://www.energyplan.eu/othertools/national/mesap-planet/</a>



## A9. INTERFAȚA ȘI CERINȚELE MODELULUI LEAP

Cerințe minime Hardware/Software pentru utilizarea modelului LEAP:

- Windows 98 sau mai recent
- Pentium PC 400 Mhz
- 64 MB RAM
- Internet Explorer 4.0 sau o versiune ulterioară
- Rezoluție minimă a ecranului: 800 x 600
- Opțional: conexiune la Internet, Microsoft Office

### Interfața LEAP:

The screenshot shows the LEAP software interface with the following components and annotations:

- Meniul de bază:** Points to the menu bar at the top of the window.
- Organizarea datelor:** Points to the tree view on the left side of the interface.
- Selecția scenariilor:** Points to the 'Scenario: REF: Reference' dropdown menu.
- Editarea datelor:** Points to the 'Manage Scenarios' button.
- Selectarea unităților de măsură și factorilor de scară:** Points to the 'Units' column in the data table.
- Vizualizarea datelor sub forma de grafice și tabele:** Points to the chart and table view at the bottom of the interface.

Name	2000 Value	Expression	Scale	Units	Per
Household	8.00	Interp(2030,45)	Million	Household	of Hou
Urban	30.00	Interp(2030,45)	Percent	Share	

The chart displays 'Demand: Activity Level (Million Household)' from 2000 to 2030, showing a steady increase from approximately 8.00 million households in 2000 to about 15.00 million households in 2030.

## Bara vizualizare



**Analysis View:** ajută la crearea structurilor de date pentru construcția modelelor și scenariilor

**Results View:** permite examinarea rezultatelor pe scenarii sub formă de diagrame și tabele.

**Diagram View:** prezintă fluxurile energetice

**Energy Balance:** tabel standard care prezintă producția / consumul de energie într-un anumit an.

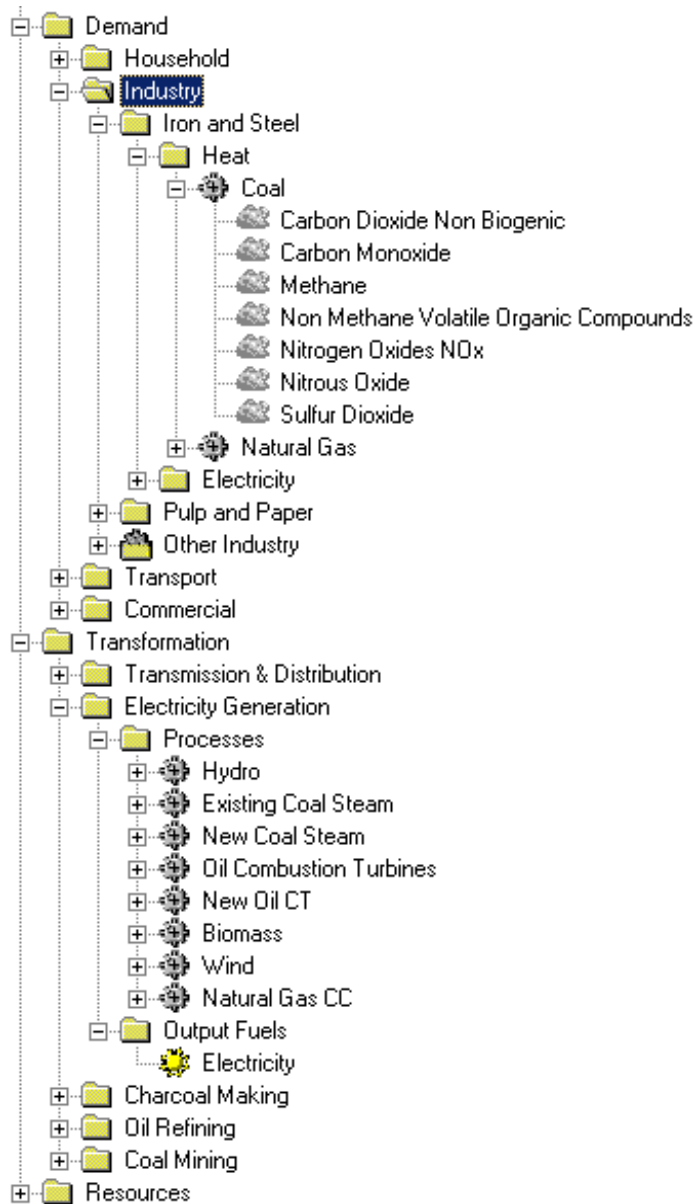
**Summary View:** comparații cost-beneficiale ale scenariilor

**Overviews:** ajută la gruparea mai multor tipuri de grafice în scopul de a putea fi prezentate cu ușurință

**TED:** Bază de date tehnologice și de mediu - caracteristici tehnologice, costurile și impactul asupra mediului al aproximativ 1000 de tehnologii energetice.

**Note:** informații suplimentare privind datele de referință

### Structura datelor în LEAP



Structura utilizată pentru organizarea datelor, modelelor și rezultatelor

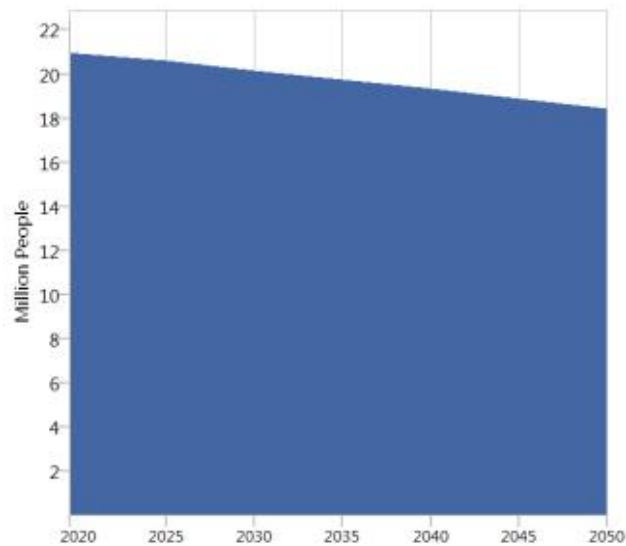
Pictogramele indică tipul datelor utilizate (tipuri de tehnologii, combustibili, efecte)

Utilizatorul poate edita structura de date

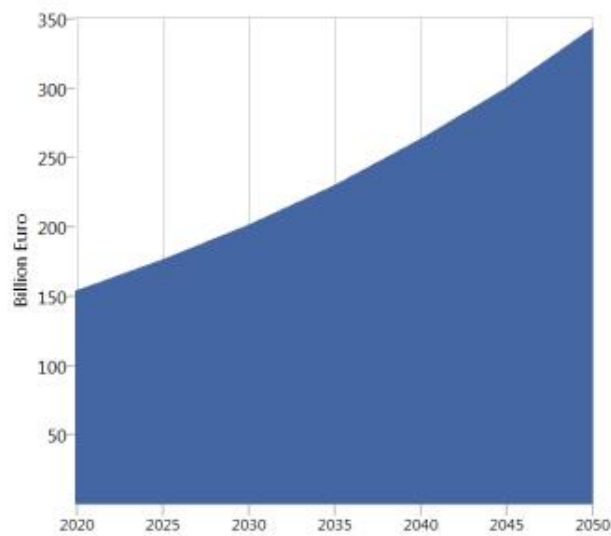
Suportă funcții standard de editare (copiere, lipire, drag & drop)

## A10. EVOLUȚIA VARIABILELOR MACROECONOMICE CONSIDERATE ÎN MODELUL LEAP – LA NIVEL NAȚIONAL

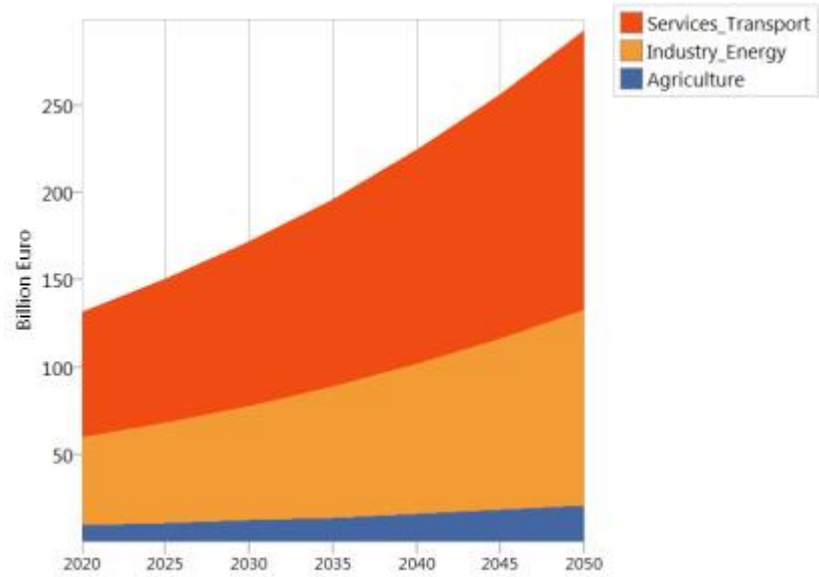
Evoluția populației



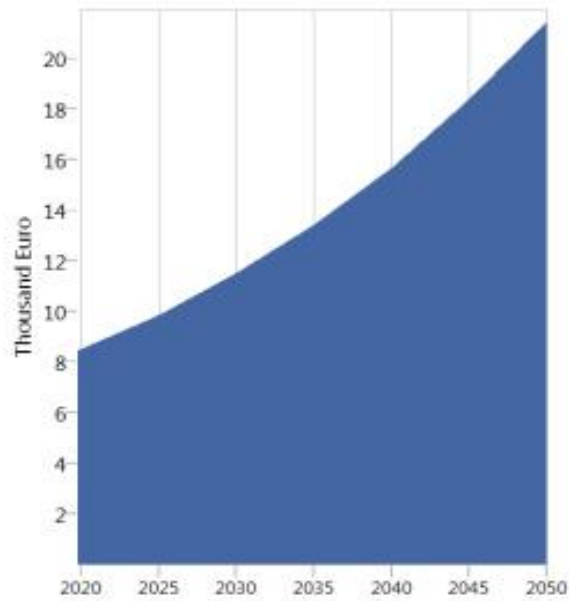
Evoluție PIB



## Distribuție PIB pe sectoare de activitate



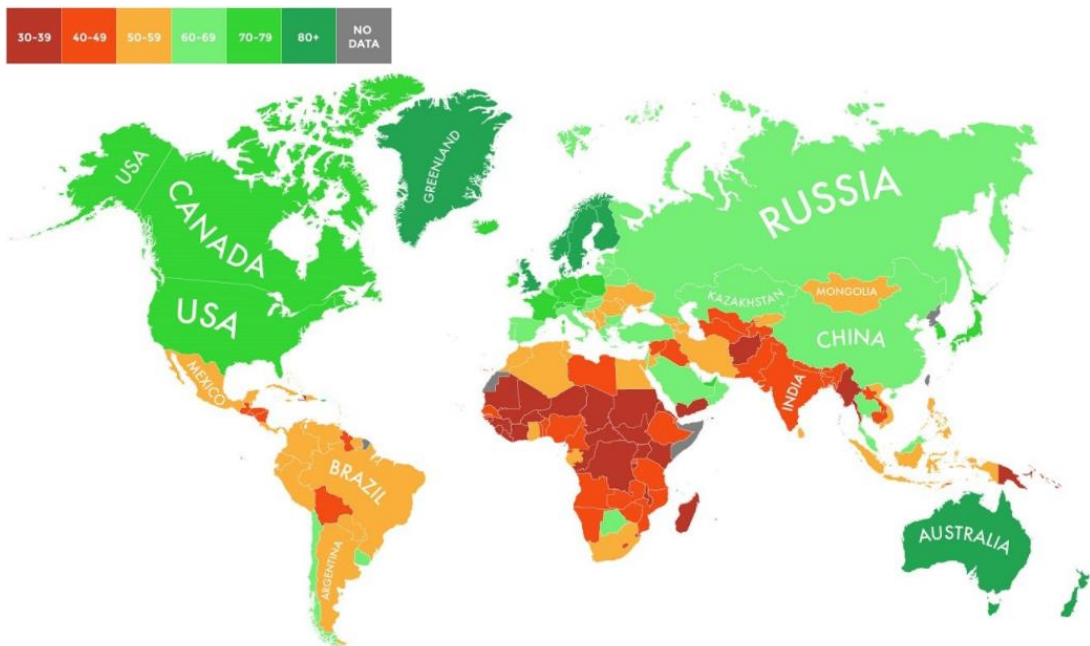
## Venitul mediu anual pe gospodărie



## A11. INFOGRAFIC PRIVIND RISCUL ASOCIAT SCHIMBĂRILOR CLIMATICE

În anul 2015 cercetătorii din cadrul Universității Notre Dame au reunit cel mai mare infografic privind vulnerabilitatea legată de fenomenele asociate schimbărilor climatice, utilizând indicatorul de adaptare al fiecărei țări la potențialele efecte generate de schimbările climatice, ND-GAIN.

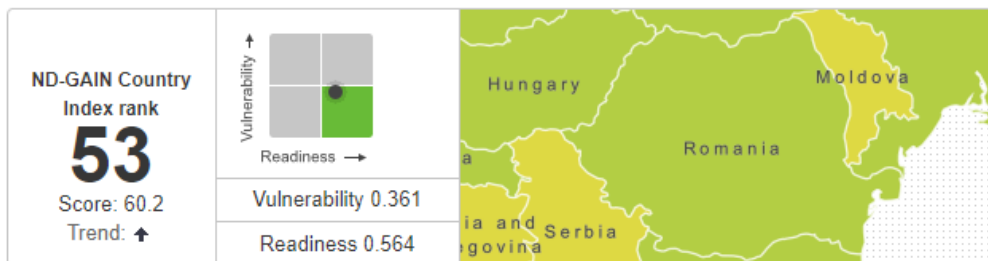
Acest model descrie nivelul de vulnerabilitate identificat pentru fiecare regiune la nivel global, reprezentat prin culorile verde (risc scăzut) și roșu (risc semnificativ) precum și disponibilitatea măsurilor de adaptare din regiunile analizate, [95].



La nivelul Uniunii Europene, situația este descrisă în următorul grafic, [95].



După cum se observă, România se află într-o regiune cu risc moderat asociat efectelor generate de schimbările climatice.



<http://index.gain.org/country/romania>

Conform indicatorului ND-GAIN, România are un scor de vulnerabilitate scăzut însă un scor acceptabil privind măsurile de adaptare la efectele schimbărilor climatice în clasamentul anului 2015.

Din 185 de țări analizate cu ajutorul matricei NG-GAIN, România se află pe locul 59 din punct de vedere al vulnerabilității și pe locul 48 din punct de vedere al măsurilor de adaptare. Indicatorul NG-GAIN punctează măsurile de adaptare luând în considerare trei componente: cadrul legislativ, situația economică și contextul social.



<http://index.gain.org/matrix>

Un grafic ce ilustrează vulnerabilitatea și capacitatea de adaptare a României, conform matricei ND-GAIN, comparativ cu state precum: Bulgaria, Serbia, Ungaria, Moldova, Ucraina și Polonia, este prezentat în graficul de mai sus. Axa verticală prezintă scorul de vulnerabilitate iar axa orizontală prezintă scorul privind capacitatea de adaptare, [95].



## BIBLIOGRAFIE

1. Strategia națională privind schimbările climatice și creșterea economică bazată pe emisii reduse de carbon pentru perioada 2016-2020, publicată în Anexa nr.1 a H.G. nr 739/2016, <http://mmediu.ro/categorie/strategia-nationala-privind-schimbarile-climatice-rezumat/171>, 12.04.2016
2. World Meteorological Organization Website <https://www.wmo.int>, 22.04.2016
3. Gridan, T., Țicleanu, N., *Încălzire globală sau glaciațiune*, Editura didactică și pedagogică, R.A., București, 2006
4. IPCC Report Working Group I: The Scientific Basis, *Schematic view of the components of the global climate system (bold), their processes and interactions (thin arrows) and some aspects that may change (bold arrows)* <https://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/fig1-1.htm>, 03.05.2016
5. Mureșanu C., *Apocalipsa eco-climatică și factorii generatori – descriere, cauzistică, modele, proiecte, implicații socio-umane*, Editura Academic Press, Cluj-Napoca, 2007
6. Cubasch, U., Voss, R., Hegerl, G. C., Waszkewitz, J., Crowley, T. J., *Simulation of the Influence of Solar Radiation Variations on the Global Climate with an Ocean-atmosphere General Circulation Model, Climate Dyn.*, 1997
7. Dahl-Jensen, D., Mosegaard, K., *Past Temperatures Directly from the Greenland Ice Sheet, Science*, 1998
8. Crutzen, P. J., Ramanathan V., *The ascent of atmospheric science, Science*, 13 octombrie 2001, pp. 299-304
9. Museo Nazionale dell' Antartide Website <http://www.mna.it/content/il-buco-nell%E2%80%99ozonofera>, 19.09.2016
10. Dumitran, G. E., *Elemente de ecologie pentru ingineri*, Editura Politehnica Press, București, 2008
11. Hardy, J. T., *Climate Change: Causes, Effects, and Solutions*, Department of Environmental Sciences Huxley Collage of the Environment Western Washington University Bellingham, Washington, SUA, 2003
12. Reeves, H., Lenoir, F., *Pământul e bolnav, ce șanse avem să supraviețuim*, Editura Humanitas, București, 2005
13. Vasiliu, D., *Monitorizarea mediului*, Editura Tehnică, București, 2007
14. World Meteorological Organization  
Statement on the state of the global climate in 2016,  
[http://library.wmo.int/opac/index.php?lvl=notice\\_display&id=19835#.WNE0zfIEkDU](http://library.wmo.int/opac/index.php?lvl=notice_display&id=19835#.WNE0zfIEkDU), 17.06.2017
15. World Meteorological Organization, UK Met Office Hadley Centre,  
[http://library.wmo.int/opac/doc\\_num.php?explnum\\_id=3414](http://library.wmo.int/opac/doc_num.php?explnum_id=3414), 19.06.2017
16. Mélières, M. A., Marèchal C., *Climate Change - Past, Present and Future*, International Journal for Rapid Communication in Chromatography, Electrophoresis and Associated Techniques , February 2016, Volume 79, Issue 3-4, pp 267-267

17. Sawkar, R. H., *Global Water Meet: Dharwad Declaration 2016 on Climate Change, Water and Agriculture*, Journal of the Geological Society of India, January 2017, Volume 89, Issue 1, pp 108–108  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s12594-017-0567-1>, 23.07.2017
18. IPCC Website, *Glossary of Terms*  
[http://www.ipcc-data.org/guidelines/pages/glossary/glossary\\_fg.htm](http://www.ipcc-data.org/guidelines/pages/glossary/glossary_fg.htm),  
29.06.2017
19. IPCC Website, *Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 2014,  
<https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>,  
23.06.2016
20. EPA Website, <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>, 23.06.2017
21. Boden, T.A., Marland, G., Andres, R.J., *National CO<sub>2</sub> Emissions from Fossil-Fuel Burning, Cement Manufacture, and Gas Flaring: 1751-2011*, Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, doi 10.3334/CDIAC/00001\_V2015.  
<https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>,  
14.11.2016
22. Worldwatch Institute, *L'Etat de la planete*, Paris, Economica, 2001, pag. 24.
23. Lăzăroiu, G., *Impactul CTE asupra mediului*, Editura Politehnica Press, București, 2005
24. World Meteorological Organization Global Atmospheric Watch  
[http://library.wmo.int/opac/doc\\_num.php?explnum\\_id=3414](http://library.wmo.int/opac/doc_num.php?explnum_id=3414), 13.06.2017
25. UNFCCC Climate Change, *The Science of Climate Change: Summary for Policymakers and Technical Summary of the Working Group I Report*, pag. 22., 1995, [http://unfccc.int/ghg\\_data/items/3825.php](http://unfccc.int/ghg_data/items/3825.php), 10.05.2016
26. IPCC Climate Change 1995, *The Science of Climate Change: Summary for Policymakers and Technical Summary of the Working Group I Report*, pag. 22
27. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M., Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller, *IPCC Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge United Kingdom and New York, NY, USA
28. Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P. M. Midgley, *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I IPCC to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.  
[http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5\\_TS\\_FINAL.pdf](http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_TS_FINAL.pdf)  
24.11.2015
29. Website <http://prudence.dmi.dk> 24.11.2015
30. Website <http://terramileniultrei.ro/en/conventia-cadru-a-natiunilor-unite/>  
27.05.2017

31. Manzanares, F. J., *The Green Climate Fund – a beacon for climate change action*, Incheon South Korea, Asian Journal of Sustainability and Social Responsibility, January 2017, pp 1-5  
<https://link.springer.com/article/10.1186/s41180-016-0012-1>, 24.11.2015
32. Website <http://www.consilium.europa.eu/ro/policies/climate-change/timeline/>, 23.02.2017
33. *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 Comunității și de modificare a Directivei 96/61/CE a Consiliului*, 13 octombrie 2003
34. *Directiva 2009/29/CE a Parlamentului European și a Consiliului de modificare a Directivei 2003/87/CE în vederea îmbunătățirii și extinderii sistemului comunitar de comercializare a cotelor de emisie de gaze cu efect de seră*, 23 aprilie 2009
35. *Directiva 2009/28/CE a Parlamentului European și a Consiliului privind promovarea utilizării energiei din surse regenerabile, de modificare și ulterior de abrogare a Directivelor 2001/77/CE și 2003/30/CE*, 23 aprilie 2009
36. *Foia de parcurs privind tranziția până în 2050 către o economie cu un conținut scăzut de carbon*, 2011  
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/TXT/?uri=celex:52011DC0112>, 20.02.2016
37. Pachetul cadru 2030, 3 februarie 2014  
<http://register.consilium.europa.eu/doc/srv?l=EN&f=ST%205644%202014%20OREV%201>, 18.04.2017
38. Ministerul Administrației și internelor, Direcția Piață Internă și Politici Sectoriale,  
<https://www.mae.ro/node/1663>, 17.11.2016
39. UNFCCC  
[http://unfccc.int/files/national\\_reports/annex\\_i\\_natcom/submitted\\_natcom/application/pdf/6th\\_nccc\\_and\\_1st\\_br\\_of\\_romania\[1\].pdf](http://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_natcom/submitted_natcom/application/pdf/6th_nccc_and_1st_br_of_romania[1].pdf), 17.10.2016,
40. Raport ANM, anul 2014  
<http://www.meteoromania.ro/anm/images/clima/Schimbariclimatice2014.pdf>, 19.11.2015
41. Ministerul Mediului  
<http://www.mmediu.gov.ro/articol/descrierea-inventarului-national-de-emisii-de-gaze-cu-efect-de-sera/377>, 19.11.2015
42. ANPM, *Raport anual privind Starea Mediului în România pe anul 2015*  
[http://www.anpm.ro/documents/12220/2209838/RSM\\_2015%27.pdf/924aa8b6-429c-46f6-ac75-45f2fdd03e41](http://www.anpm.ro/documents/12220/2209838/RSM_2015%27.pdf/924aa8b6-429c-46f6-ac75-45f2fdd03e41), 17.10.2016,
43. Raport Banca Mondială, *România, Program privind schimbările climatice și o creștere economică „verde” cu emisii reduse de carbon, Raport de sinteză a componentei B, Rezumatul evaluărilor rapide de sector și recomandări pentru încorporarea acțiunilor climatice în Programele Operaționale Sectoriale 2014-2020 din România, ianuarie 2014*

44. Ministerul Mediului, *Inventarul naționala de Emisii de Gaze cu Efect de Seră raportat de România la UNFCCC în anul 2016 - August 2016* [http://unfccc.int/national\\_reports/annex\\_i\\_ghg\\_inventories/national\\_inventories\\_submissions/items/9492.php](http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/9492.php), 3.06.2017
45. World Meteorological Organization, Wilbanks, 2014 [http://library.wmo.int/pmb\\_ged/bulletin\\_64-2\\_en.pdf](http://library.wmo.int/pmb_ged/bulletin_64-2_en.pdf), 3.06.2017
46. Saraswat, C., Kumar, P., *Climate justice in lieu of climate change: a sustainable approach to respond to the climate change injustice and an awakening of the environmental movement*, Institute for the Advanced Study of Sustainability (UNU-IAS) United Nations University Tokyo Japan, Energy, Ecology and Environment journal, April 2016, Volume 1, Issue 2, pp 67-74 <https://link.springer.com/article/10.1007/s40974-015-0001-8>, 5.06.2017
47. Safi, A. S., Smith, W. J., Liu, Z., *Vulnerability to climate change and the desire for mitigation*, Journal of Environmental Studies and Sciences, September 2016, Volume 6, Issue 3, pp 503-514 <https://link.springer.com/article/10.1007/s13412-016-0384-7>, 5.06.2017
48. Felderer, B., *Overview of Models in Use for Mitigation/Adaptation Policy*, PROMITHEAS-4: "Knowledge transfer and research needs for preparing mitigation/adaptation policy portfolios", Institute of Advanced Studies (IHS), Vienna, August 2011
49. Simoesa, S., Fortesa, P., Seixasa, J., Huppessb, G., *Assessing effects of exogenous assumptions in GHG emissions forecasts - a 2020 scenario study for Portugal using the Times energy technology model*, CENSE, Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Campus de Caparica, 2829-516 Caparica, Portugal, CML - Institute of Environmental Sciences of the Leiden University, Netherlands <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162514002868> <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2014.09.016> [Get](#)
50. Heaps, C., *Integrated Energy-Environment Modeling and LEAP*, SEI-Boston and Tellus Institute, 2002
51. Herbst, A., Toro, F., Reitze, F., Jochem, E., *Introduction to Energy Systems Modelling*, Swiss Journal of Economics and Statistics, 2012, Vol. 148 (2), [http://irees.eu/irees-wAssets/docs/publications/journal-reviewed/Herbst-et-al-2012\\_Introduction-to-Energy-Systems-Modelling\\_SJES.pdf](http://irees.eu/irees-wAssets/docs/publications/journal-reviewed/Herbst-et-al-2012_Introduction-to-Energy-Systems-Modelling_SJES.pdf), 8.11.2015
52. Raport, *Support the Ad Hoc Groups of the Euro-Mediterranean Energy Forum Economic Analysis Report - Examination of Existing Analysis & Planning Tools*
53. Center for Energy, Environmental, and Economic Systems Analysis (CEEESA) - ANL, <http://ceeesa.es.anl.gov/projects/Enpepwin.html>, 5.06.2017
54. Long-range Energy Alternatives Planning System User Guide for Version 2011, Stockholm Environmental Institute, [www.energycommunity.org](http://www.energycommunity.org), 5.06.2017
55. International Energy Agency - Energy Technology Systems Analysis Program website, [http://en.openei.org/wiki/MARKet\\_ALlocation\\_\(MARKAL\)](http://en.openei.org/wiki/MARKet_ALlocation_(MARKAL)), 5.06.2017

56. International Institute for Applied Systems Analysis website, <http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/Energy/MESSAGE.en.html>, 12.06.2017
57. Center for Energy, Environmental, and Economic Systems Analysis (CEEESA) - ANL - Decision and Information Sciences Division, *ENPEP Software manual - Version 2.25*, septembrie 2007
58. Hamilton, B. P., Energy and Power Evaluation Program (ENPEP), *The Ultimate In Strategic Analysis*, Adica Consulting, Llc
59. Heaps, C., *Directions in Energy and Climate Mitigation Planning*, Stockholm Environment Institute
60. Website: <http://www.seib.org/leap>, 12.06.2017
61. Azam, M., Othman J., *Energy consumption and emission projection for the road transport sector in Malaysia: an application of the LEAP model*, Environment, Development and Sustainability, August 2016, Volume 18, Issue 4, pp 1027–1047
62. Beria, P., Maltese, I., Mariotti, I., *Comparing cost benefit and multi-criteria analysis: the evaluation of neighbourhoods' sustainable mobility*, Società Italiana degli Economisti dei Trasporti - XIII Riunione Scientifica, Messina 2011
63. Roman, M., *Analiza multi-criterială - Manual, Proiect co-finanțat din FEDR*, ianuarie 2012
64. Department for Communities and Local Government: London, Multi-criteria analysis: manual, January 2009
65. Beinart, E., Nijkamp, P., *Multi-criteria analysis for land-use management*, Kluwer, Dordrecht, 1998
66. Ivan, R., Falup, O., Mircea, I., Ionel, I., Vasilescu, M., D., *Greenhouse gases emissions forecasts for different climate change policy portfolios. Romanian case study*, Journal of Environmental Protection and Ecology 16, No 4, 1227–1236 (2015) [https://23fc9e25-a-b7e9b206-s-sites.googlegroups.com/a/jepe-journal.info/jepe-journal/journal-content/https-sites-google-com-a-jepe-journal-info-jepe-journal-vol-15-no-3-2014/807.pdf?attachauth=ANoY7coEHeFqPG844jfx2HlrfhAPWnlCAyoQ10LhvISgZYVGuhylZm1MrwSDrD8wP5P3RmtJFp0ul\\_DLLzGTRv4qJJ4d1QI7v3wemTXsWEz5pWG\\_Wnpz95IT2adfjqrHr0BtIE1DRfaNDCnX\\_IEPradBf5a8QRjsKKnyfkNzkzFKO874RVvzjNs3PeFiSuU4MbFgU27X9a6hjuOUEi2UXd53N4nwMGsH20FQxwnj1kR9VJMaQjPxHgrOLS78uqEPnrFJomwutWYXJB4\\_DjEttscDh26qLi4YQwTe2CUtY3wmI5XINz7v2axlf8SHIeTYRqHmWPIGizHLBLan4cNY2HLUr8quSUPQ%3D%3D&attredirects=0](https://23fc9e25-a-b7e9b206-s-sites.googlegroups.com/a/jepe-journal.info/jepe-journal/journal-content/https-sites-google-com-a-jepe-journal-info-jepe-journal-vol-15-no-3-2014/807.pdf?attachauth=ANoY7coEHeFqPG844jfx2HlrfhAPWnlCAyoQ10LhvISgZYVGuhylZm1MrwSDrD8wP5P3RmtJFp0ul_DLLzGTRv4qJJ4d1QI7v3wemTXsWEz5pWG_Wnpz95IT2adfjqrHr0BtIE1DRfaNDCnX_IEPradBf5a8QRjsKKnyfkNzkzFKO874RVvzjNs3PeFiSuU4MbFgU27X9a6hjuOUEi2UXd53N4nwMGsH20FQxwnj1kR9VJMaQjPxHgrOLS78uqEPnrFJomwutWYXJB4_DjEttscDh26qLi4YQwTe2CUtY3wmI5XINz7v2axlf8SHIeTYRqHmWPIGizHLBLan4cNY2HLUr8quSUPQ%3D%3D&attredirects=0), 21.06.2017
67. Legea energiei electrice 13/2007 (Monitorul Oficial - Partea I, nr. 51 din 23/01/2007), [http://www.minind.ro/domenii\\_sectoare/leg\\_armonizata/energie/EnergyLAW13\\_2007\\_27\\_07.pdf](http://www.minind.ro/domenii_sectoare/leg_armonizata/energie/EnergyLAW13_2007_27_07.pdf), 21.06.2017

68. Bardici, A., Vasile, C., Vodă, I., Pîslaru M., Ivan., R., Raport *Dezvoltarea și evaluarea portofoliului de politici pentru REDUCEREA / ADAPTAREA la schimbări climatice în România, în cadrul proiectului PROMITHEAS – 4 Knowledge transfer and research needs for preparing mitigation/adaptation policy portfolios*, București 2012
69. Raport ANRE privind rezultatele monitorizării pieței de energie electrică, noiembrie 2016
70. Bardici, A., Ivan, R., *Politica României în domeniul schimbărilor climatice – priorități de reducere și adaptare*, Bultin ISPE, 2014
71. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, *World Population Prospects – Revizie 2010, Volume I: Date disponibile pe site-ul*, 2011
72. AIE, *World Energy Outlook 2010*
73. Ministerul Economiei, Comerțului și Mediului de Afaceri, *Planul Național de acțiune în domeniul Surselor Regenerabile de Energie*  
[http://www.minind.ro/pnaer/PNAER\\_29%20iunie\\_2010\\_final\\_Alx.pdf](http://www.minind.ro/pnaer/PNAER_29%20iunie_2010_final_Alx.pdf), 21.06.2017
74. BERD, Romania Country Profile, 2009  
<http://ws223.myloadspring.com/sites/renew/Shared%20Documents/2009%20Country%20Profiles/Romania.pdf>, 21.06.2017
75. Planul Național de Acțiune în domeniul Eficienței Energetice:  
[http://ec.europa.eu/energy/efficiency/end-use\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/efficiency/end-use_en.htm), 21.06.2017
76. Ministerul Mediului,  
<http://mmediu.ro/articol/riscurile-schimbarilor-climatice-si-beneficiile-masurilor-de-combatere-a-acestora/1404>, 21 iunie 2017
77. Baker, D., Bridges, D., Hunter, R., Johnson, G., Krupa, J., Murphy, J. Sorenson, K. *Guidebook to Decision-Making Methods*, WSRC-IM-2002-00002, Department of Energy, USA, 2002.  
[http://emiweb.inel.gov/Nissmg/Guidebook\\_2002.pdf](http://emiweb.inel.gov/Nissmg/Guidebook_2002.pdf), 20.05 2017
78. Strategia energetică a României 2016-2030, cu perspectiva anului 2050, decembrie 2016  
[http://www.mmediu.ro/app/webroot/uploads/files/2017-03-02\\_Strategia-Energetica-a-Romaniei-2016-2030.pdf](http://www.mmediu.ro/app/webroot/uploads/files/2017-03-02_Strategia-Energetica-a-Romaniei-2016-2030.pdf), 20.05 2017
79. Bhattacharyya, C., S., Timilsina, G., R., *A review of energy system models*, International Journal of Energy Sector Management, Vol. 4 Issue: 4, pp.494-518, <https://doi.org/10.1108/17506221011092742>, 20.05 2017
80. Strategia Națională pentru Dezvoltare Durabilă la orizontul anilor 2013–2020–2030. <http://www.mmediu.ro/beta/domenii/dezvoltare-durabila/strategia-nationala-a-romaniei-2013-2020-2030/>, 23.05 2017
81. Foaie de parcurs pentru un spațiu european unic al transporturilor - către un sistem de transport competitiv și eficient din punctul de vedere al resurselor COM (2011) 144 final, Hotărârea nr. 38/2011  
<https://lege5.ro/Gratuit/gi2tooitge/hotararea-nr-38-2011-cu-privire-la-cartea-alba-intitulata-foaie-de-parcurs-pentru-un-spatiu-european-unic-al-transporturilor-catre-un-sistem-de-transport-competitiv-si-eficient-din-punctul-de-vedere-a>, 14.03 2016
82. Strategia energetică a României pentru perioada 2007 - 2020 actualizată pentru perioada 2011 - 2020,  
[http://www.minind.ro/energie/STRATEGIA\\_energetica\\_actualizata.pdf](http://www.minind.ro/energie/STRATEGIA_energetica_actualizata.pdf), 14.03 2016

83. Planul național de acțiune în domeniul eficienței energetice  
<http://www.escom.ro/images/Planul%20national%20de%20actiune%20in%20domeniul%20eficienței%20energetice-2020.pdf>, 14.03.2016
84. Griffin, P., Raport „The Carbon Major Database”, iulie 2017  
<https://b8f65cb373b1b7b15feb-c70d8ead6ced550b4d987d7c03fcdd1d.ssl.cf3.rackcdn.com/cms/reports/documents/000/002/327/original/Carbon-Majors-Report-2017.pdf>, 02.08.2017
85. INSSE  
<http://www.insse.ro>, 03.05.2015
86. EUROSTAT  
<http://epp.eurostat.ec.europa.eu> 03.05.2015
87. ANRE  
<http://www.anre.ro/>, 12.06.2015
88. Comisia Națională de Prognoză  
<http://www.cnp.ro/>, 03.05.2015
89. Balanța energetică și structura utilajului energetic, anii 1990 -2014
90. Institutul Național de Statistică,  
<http://www.insse.ro/cms/ro/tags/balanța-energetică-si-structura-utilajului-energetic>, 03.05.2015
91. Planului Național de Investiții în Sectorul Energetic  
[http://www.mmediu.ro/beta/wp-content/uploads/2013/11/2013-11-01\\_PNI\\_Notificare\\_2013\\_octombrie.pdf](http://www.mmediu.ro/beta/wp-content/uploads/2013/11/2013-11-01_PNI_Notificare_2013_octombrie.pdf), 15.11.2016
92. Comisia Europeană, Cartea albă a Comisiei: „Adaptarea la schimbările climatice: către un cadru de acțiune la nivel european”  
<http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+REPORT+A7-2010-0057+0+DOC+XML+V0//RO>, 02.08.2017
93. Busuioc, A., Caian, M., Bojariu, R., *Scenarii de schimbare a regimului climatic în România pe perioada 2001-2030*, Administrația Națională de Meteorologie
94. Raquel, A., Silva, J., Jason, W., *Future global mortality from changes in air pollution attributable to climate change*. Nature Climate Change, 2017; DOI: 10.1038/nclimate3354  
<http://index.gain.org/>, 16.09.2017
95. Weihua, D., Zhao, L., Hua, L., *New climate and socio-economic scenarios for assessing global human health challenges due to heat risk Climatic Change*, 2015, Volume 130, <https://citations.springer.com/item?doi=10.1007/s10584-015-1372-8>, 07.10.2017
96. Decizia Comisiei din 18 iulie 2007 de stabilire a unor orientări privind monitorizarea și raportarea emisiilor de gaze cu efect de seră în conformitate cu Directiva 2003/87/CE a Parlamentului European și a Consiliului (2007/589/CE)  
[http://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/TXT/?uri=CELEX%3A32007D0589#ntr5-L\\_2007229RO.01000501-E0005](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/TXT/?uri=CELEX%3A32007D0589#ntr5-L_2007229RO.01000501-E0005), 24.11.2017
97. Institutul Național de Statistică,  
Politica de tratare a erorilor a Institutului de Statistică din România, iunie 2016  
[http://www.insse.ro/cms/files/eurostat/Politica\\_Tratere\\_erori\\_v1.pdf](http://www.insse.ro/cms/files/eurostat/Politica_Tratere_erori_v1.pdf), 24.11.2017

99. Procedura de asigurare și control al calității inventarelor de emisii, Anexa 2  
[http://www.anpm.ro/anpm\\_resources/migrated\\_content/files/APM%20BRASOV/2013/Inventar%202012/Ordin-emisiiAnexa2.pdf](http://www.anpm.ro/anpm_resources/migrated_content/files/APM%20BRASOV/2013/Inventar%202012/Ordin-emisiiAnexa2.pdf), 24.11.2017
100. Ghidul de calitate al statisticii oficiale din România  
<http://www.insse.ro/cms/files/eurostat/Ghid%20de%20calitate%20al%20statisticii%20oficiale.pdf>, 24.11.2017
101. Pulles, T., Meijer, J.,  
Estimating Uncertainties in GHG Emissions from Fuel Combustion  
[http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/bgp/2\\_8\\_Uncertainties\\_Fuel\\_Combustion.pdf](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/bgp/2_8_Uncertainties_Fuel_Combustion.pdf),  
24.11.2017
102. Comisia Europeană - Regulament de monitorizare și raportare –  
Linii directe privind evaluarea incertitudinii  
[http://www.mmediu.ro/app/webroot/uploads/files/2015-09-08\\_GD\\_4\\_Evaluarea\\_incetitudinii.pdf](http://www.mmediu.ro/app/webroot/uploads/files/2015-09-08_GD_4_Evaluarea_incetitudinii.pdf), 26.11.2017
103. Saikawa, E., Trail, M., Zhong, M., *Uncertainties in emissions estimates of greenhouse gases and air pollutants in India and their impacts on regional air quality*, Environmental Research Letters, Volume 12, Number 6  
<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aa6cb4>, 26.11.2017
104. EUROSAT  
[http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Greenhouse\\_gas\\_emissions\\_by\\_industries\\_and\\_households](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Greenhouse_gas_emissions_by_industries_and_households), 26.11.2017
105. Vlada, M., *Elemente de teoria erorilor si incertitudinilor - Calcule statistice si modele de aproximare*, Universitatea din București, 2012  
[http://www.unibuc.ro/prof/vlada\\_m/docs/2012/ian/16\\_20\\_37\\_19C3-C5-Informatica.pdf](http://www.unibuc.ro/prof/vlada_m/docs/2012/ian/16_20_37_19C3-C5-Informatica.pdf), 26.11.2017
106. Falup, O., Ivan, R., Mircea, I., Ionel, I., *Novel Approach for the Current State of Greenhouse Gases Emissions. Romanian Case Study*, *Journal of Environmental Protection and Ecology* 15, No. 3, 807–818, 2014
107. Mircea, I., Ivan, R., Falup, O., Samoilă, I., Ionel, I., *Romanian Projections for Certain Atmospheric Pollutants by 2030, as a Result of Implementation the Environmental Legislation*, *Revista de chimie*, Vo. 66, no. 2, 247-251, February, 2015
108. Mircea, I., Falup, O., Ivan, R., Ionel, I., *Reducing GHG Emissions with SRC*, *Revista de chimie*, Vol. 66, no. 1, 115-119, January, 2015
109. Ivan, R., *Estimation Methodologies for National Greenhouse Gas Emission Projections*, ARA Journal, 2017
110. Ivan, R., Ionel, I., Vodă, I., *The Evolution of Green Certificate Support Scheme for Promoting Renewable Energy in Romania*, IEEE Conference Publications, 359-362, 2017



## **SUMMARY OF PHD THESIS**

Title

# **COMPARATIVE ANALYSIS OF SOME FORECASTING METHODOLOGIES FOR GREENHOUSE GAS EMISSIONS PROJECTIONS**

by

Roxana IVAN

Scientific advisor:

Prof.dr.ing.habil Ioana IONEL  
"Politehnica" University of Timișoara

## **Introduction**

Climate change is a major challenge of our days – a complex domain which require to increase our knowledge and understanding in order to immediately undertake proper mitigation measures. Significant changes have occurred in climate regime over the past hundred years. Records show that mean temperature on Earth rose by approximately 0.6°C during the 20th century. Climate change is a long-term challenge, that can be addressed successfully only through long-term actions and international cooperation at both regional and global levels (detailed in Chapter 2).

This research bring into discussion the analysis of climate change risk associated with the lack of firm mitigation measures in the near future. One of the major priorities identified at national level is to increase the life quality by reducing the risk of natural disasters, which can be achieved by applying the principles of sustainable development in all sectoral policies. Also, the research treats the main issues relating to climate change and describe the spectrum of anthropogenic activities that contribute to the enhancing of this process, with direct impact on the quality life.

Although the greenhouse effect, as a natural phenomenon allows life development on the Earth, (as shown in chapter 2.2), its increasing magnitude, due to the natural and the anthropogenic factors (with considerable influence starting with the industrial revolution) can cause serious disturbances in life conditions.

Greenhouse gases absorb and emit radiation with specific wavelengths to the infrared radiation spectrum. Burning fossil fuels, such as coal and oil, and deforestation have caused an ever-growing concentration of GHGs in the atmosphere.

Due to the above reasons, the rise in the Earth's surface temperature is accelerating and, hence, visible results are generated, especially on climate change, equilibrium in main ecosystems and human security.

Global warming potential (GWP) of the main GHGs, are detailed in Figure 1.A.

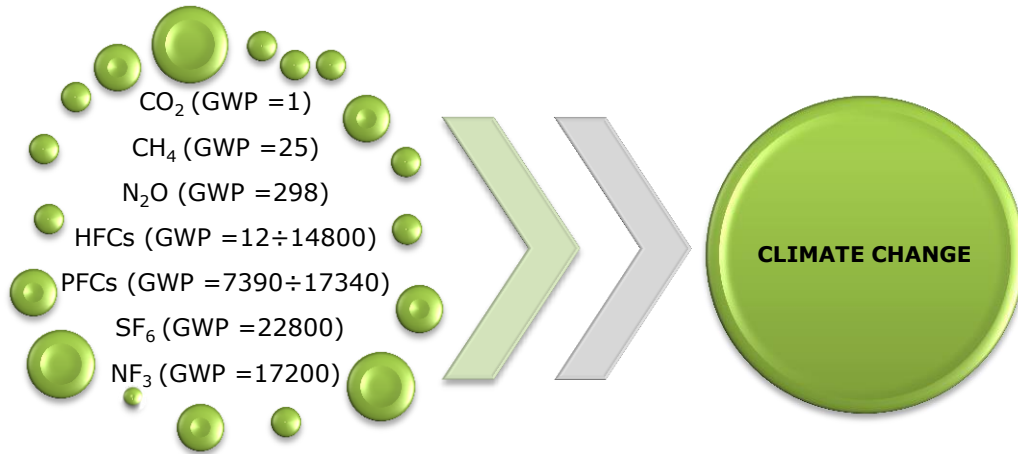


Figure 1. A. Greenhouse gases (GHGs) – corresponding to figure 9.1 from the research study

In order to allow comparisons of the global warming impact of the individual GHGs, a Global Warming Potential indicator was developed (defined in Chapter 2.4), which takes into account both the level of gas interaction with infrared radiation and the lifetime of the gas in the atmosphere.

Some significant events in the history of climate change science and some diplomatic actions taken to stabilize the concentrations of GHGs in the atmosphere over time are presented in Figure 2.A.

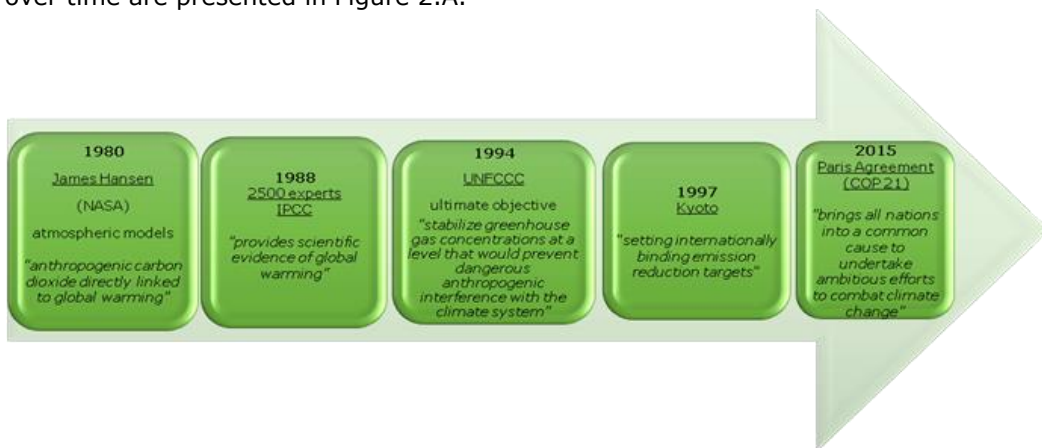


Figure 2. A. Key moments in the diplomatic efforts to reduce global warming – corresponding to figure 9.2. from the research study

The research study aims to analyze the main models used for the GHG emissions projections at international level in order to select the optimal with the highest probability to be suited for Romania context.

### GHG emission evolution at national level

Romania ratified the UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) by Law 24/1994 and the Kyoto Protocol to the UNFCCC by Law 3/2001.

In addition, Romania initiated and completed the process of setting national targets for all objectives of the strategy, which was validated by the High Level Working Group on 8 June 2010. Agreed national objectives related to the implementation of the Energy Package - climate change, congruent with the provisions of the European Commission are presented in Table 1.A.

Table 1.A. Climate change policy objectives of Romania in accordance to the EU Energy- Climate Change Package –  
*corresponding to table 3.1 from the research study*

<b>2020 Objectives</b>	<b>Reducing GHG emissions</b>	<b>Share of Renewable Energy Sources- Energy in gross final consumption</b>	<b>Increasing energy efficiency</b>
<b>EU 27 (%)</b>	20	20	20
<b>National objectives (%)</b>	<b>20</b>	<b>24</b>	<b>19</b>

In order to assess the anthropogenic contribution to climate change, it is necessary to identify the responsible activities of GHG emissions at national level and to monitor their evolution in time in association with the climatic variations observed in Romania.

CO<sub>2</sub> has the largest contribution to the total amount of national GHG emissions, followed by CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O, and the energy sector is responsible for an approx. 70% of the total GHG emissions. Other sectors, such as industrial processes and products use, agriculture, LULUCF (Land Use, Land-Use Change and Forestry) and waste, summarizes to an approx. 30% of the total GHG emissions at national level.

Trends of the national GHG emissions for the period 1998-2014 are presented in the figure 3.A.

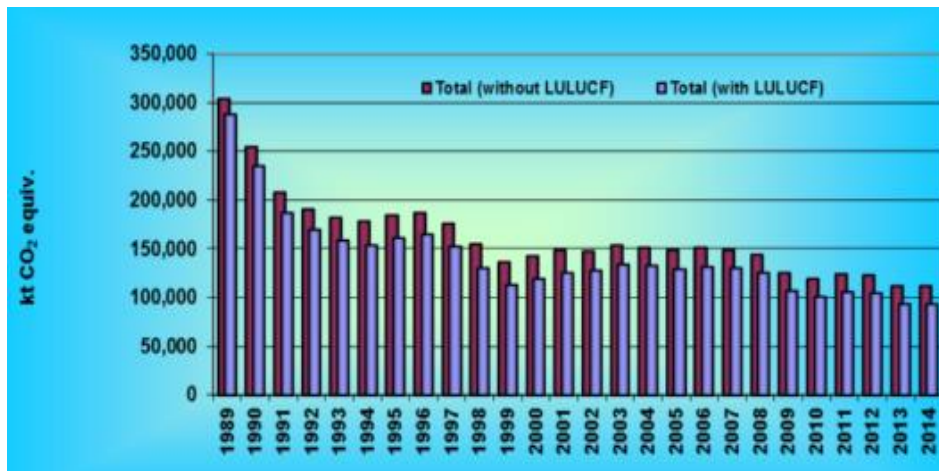


Figure 3.A. Trends of the national GHG emissions – corresponding to figure 4.1. from the research study

The emissions trend at national level reflects the changes in this period characterized by a transition process to a market economy and can be divided in the following relevant periods:

- 1989-1992: decline of economic activities and energy consumption
- 1992-1999: economy revitalization  
(1997: starting operation of the first reactor - Cernavoda nuclear power plant)
- 1999-2008: economic development
- 2008-2014: the emissions show a decrease due to the economic crisis

According to the latest National Inventory Report submitted to UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) in August 2016, the total GHG emissions in Romania decreased with 63,40% in 2014 compared to 1989.

The sectors analyzed in this research study (households, agriculture, services, industry, transport and energy) contain multiple sub-sectors, characteristics and dynamic elements, and for their analysis there is a need to use models to describe, organize and predict their behaviour, in different scenarios on climate change policies.

### Projection models

Forecasting models are generally used in the process of elaboration of the legislative framework and regulations adopted at national level but can also be used as planning tools. In Chapter 5, a documentary summary of the most representative GHG emission projection models has been achieved.

The identified models were classified (according to the different approaches) and described in detail to allow the highlighting of the main specific criteria used in the selection stage (Figure 4.A.).

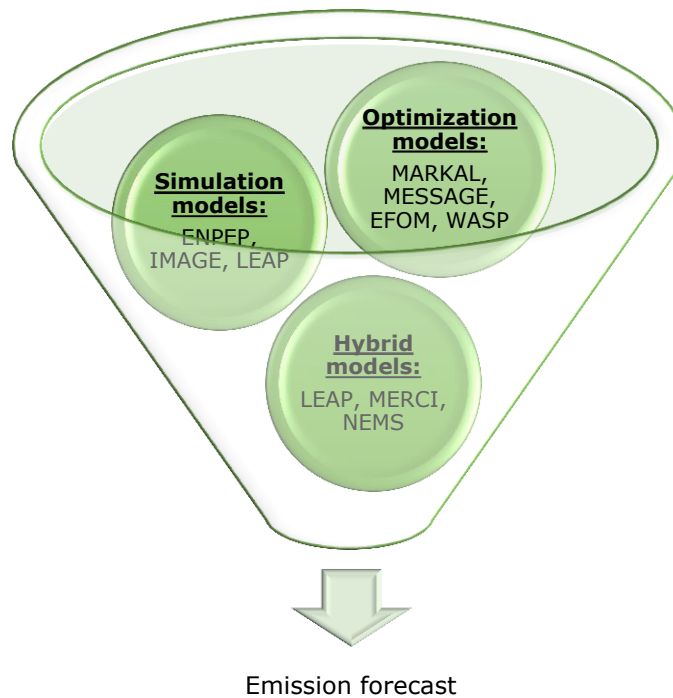


Figure 4.A. Projection models – corresponding to figure 9.3. from the research study

Considering criteria such as accessibility, the applicability in developing European countries, and the projections possibility in different socio-economic scenarios, the models ENPEP, LEAP, MARKAL, MESSAGE and MERCI have been selected for a forward evaluation.

ENPEP (Energy and Power Evaluation Program) - developed in 1999 by the Centre for Energy, Environmental and Economic Systems Analysis (CEEESA - Argonne National Laboratory in the USA) and the U.S. Department of Energy:

- determines the response of various segments of the energy system to changes in energy prices and demand levels;
- bottom-up/non-linear/equilibrium model.

USA: LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning) - developed in 1980 in the

- is a widely-used software tool for energy policy analysis and climate change mitigation assessment;
- bottom-up/accounting model.

MARKAL (MARKet Allocation) - developed in the late 1970's by the Brookhaven National Laboratory (USA):

- facilitates the analysis of different future energy system pathways over a medium to long term, by integrating energy, environmental, and economic factors;
- bottom-up/dynamic/partial equilibrium model.

MESSAGE (Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impact) - developed in 1980s by the International Institute for Applied Systems Analysis:

- technology-rich energy systems model with economic and environmental modules;
- bottom-up model;
- systems engineering optimization tool.

MERCI (Model for Evaluating Regional Climate change Impacts) - developed in 2009 by the Institute for Advanced Studies (IHS) Vienna:

- designed to assess different possible future developments in a complex economic and ecological sense, and to evaluate them with respect to the criteria important to the user;
- hybrid/dynamic/general equilibrium model.

These models are used to estimate costs and benefits of climate policy options, always related to a possible future development of the social, economical and environmental system.

The selection of the optimal model for climate change mitigation for Romania, from the list of the models previously presented, raises the issue of their comparative evaluation and through them, the selection of the optimum alternative (presented in Table 5.2.).

Table 2.A. Evaluation matrix – *corresponding to Table 5.2. from the research study*

	UE applicability	Transparency	Required data intensity	Flexibility in building scenarios	Cost	International recognition	TOTAL
<b>ENPEP</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>15</b>
<b>MARKAL</b>	3	1	1	1	1	3	10
<b>MERCI</b>	1	2	2	3	3	1	12
<b>LEAP</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>18</b>
<b>MESSAGE</b>	2	2	2	1	3	2	12

The meaning of the marks in the above table was as follows:

- Low level: 1 point
- Moderate level: 2 points
- High level: 3 points

After this first evaluation stage, the LEAP and ENPEP models were generated to be best suited to estimating GHG emissions at national level.

LEAP and ENPEP software models have been analyzed in detail (in the Chapters 5.3 and 5.4.) in order to identify a number of relevant selection criteria to differentiate the appropriate model to be used for the national greenhouse gas emissions projection.

The two models resulting from the first selection procedure were evaluated in a multi-criteria analysis, presented in Chapter 6, based on the following relevant selection criteria: flexibility, robustness, complexity, data availability and transparency (see Figure 5.A.).

Following the multi-criteria analysis, LEAP achieved the maximum score, so this model can be successfully used to predict the evolution of GHG emissions and to determine the environmental impact of government policies at national level over the 2050 time horizon.

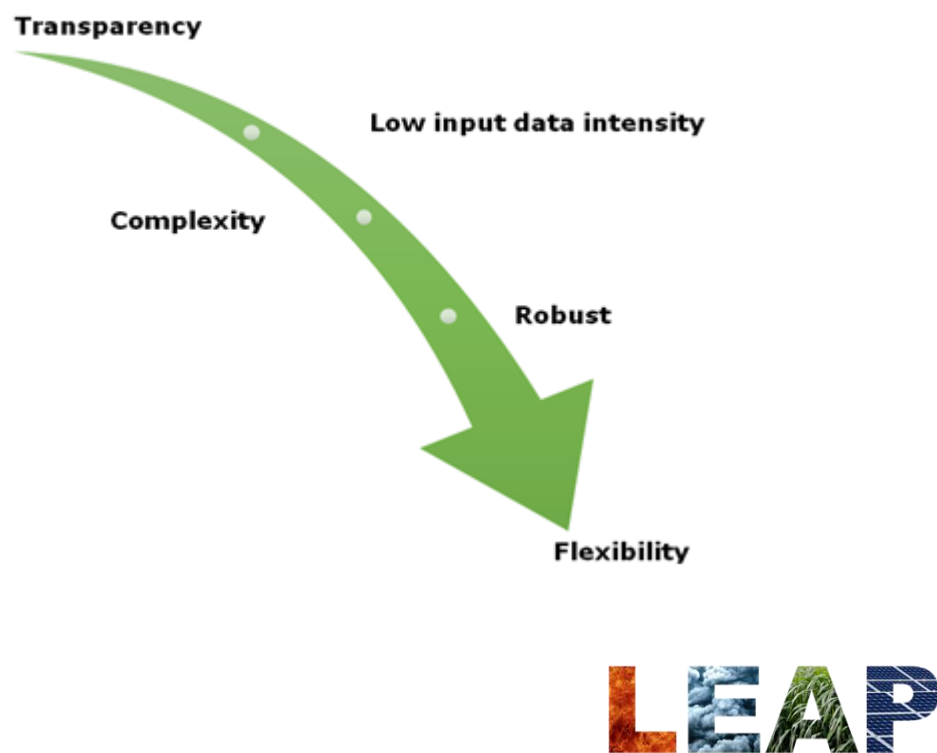


Figure 5.A. Criteria selection used in the multi-criteria analysis – corresponding to figure 9.4. from the research study

The LEAP model is the most suited for addressing developing countries characteristics and the main features are shown in Figure 6.A.



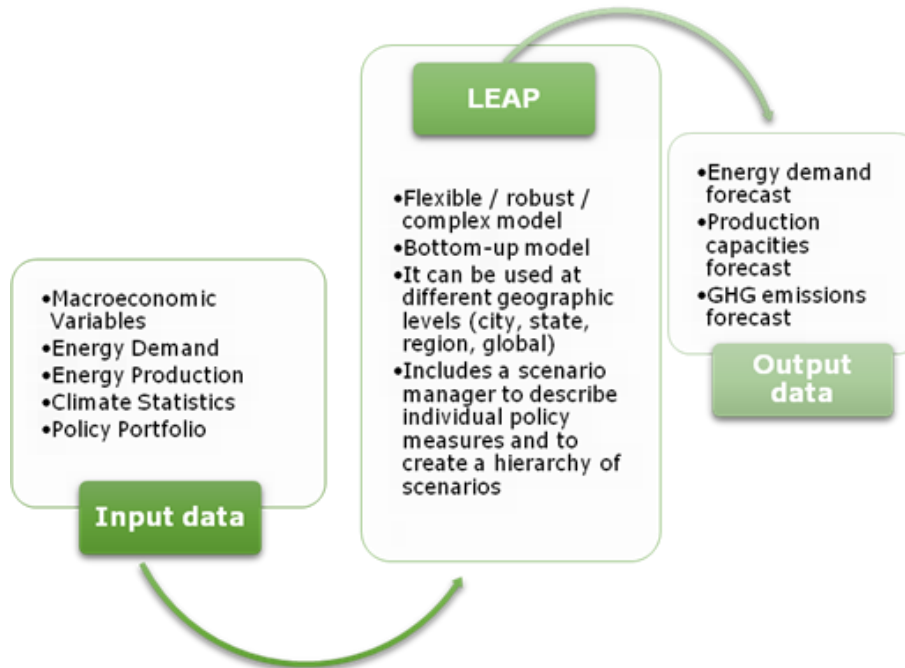


Figura 6.A. Model description – corresponding to figure 9.5. from the research study

LEAP is a useful tool for conducting strategic studies based on energy-environment integrated scenarios, such as: energy sector projections, greenhouse gas reduction methods analysis, energy balances and GHG inventories.

### **National GHG emissions projection using LEAP model**

LEAP presents complex energy analysis concepts in a transparent and intuitive way. It is flexible enough for users with a wide range of expertise: from leading global experts who wish to design policies and demonstrate their benefits to decision-makers to trainers who want to build capacity among analysts who are learning to understand the complexity of energy systems.

To elaborate the national GHG emission projection, using LEAP model, three scenarios were developed by comparing their energy requirements, their social costs and benefits, and their environmental impacts, under various assumptions (detailed in chapter 7.3).

These scenarios are described in Figure 7.A.

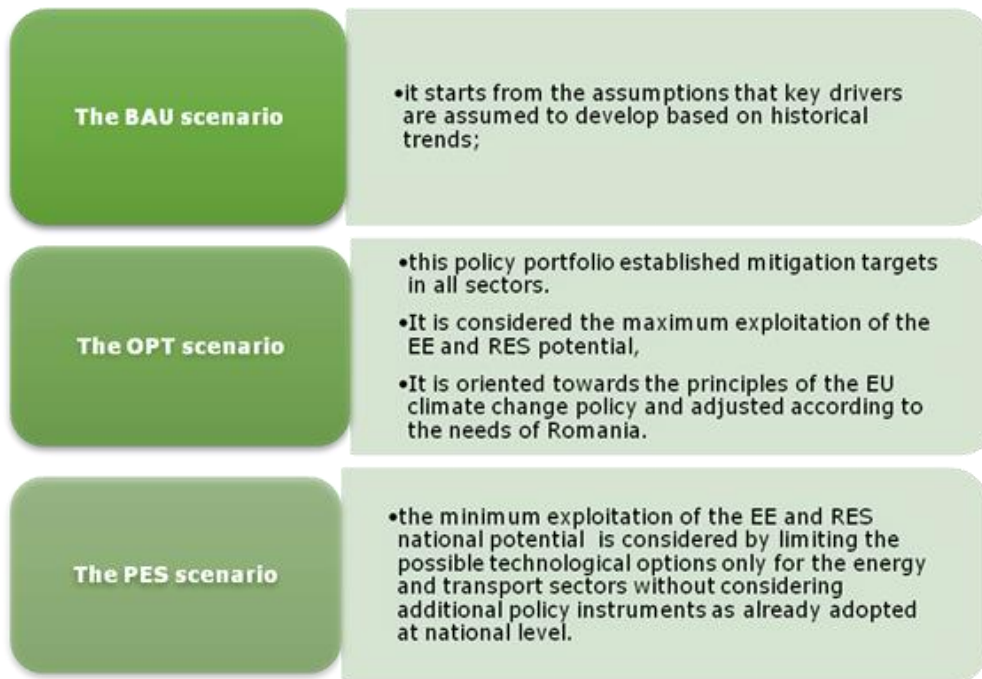


Figure 7.A. Scenarios Description – corresponding to figure 9.6. from the research study

The main sources for input data used for LEAP projections were INSSE (National Institute of Statistics), EUROSTAT (Statistical Office of the European Communities), ANRE (Romanian Energy Regulatory Authority), UNFCCC, CNP (Romania's National Prognosis Commission), the Romanian Government, INEGES (National Inventory of Greenhouse Gas Emissions) and the IPCC.

GHG emissions projections generated using LEAP model at the national level are centralized for the time horizon 2050 for three analysis scenarios assumptions, in the cumulative diagram presented in Figure 8.A.

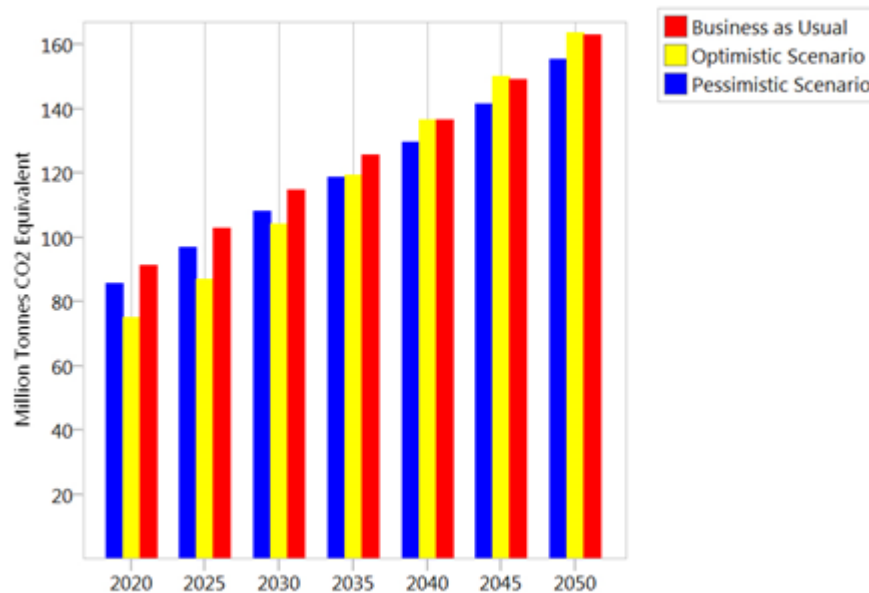


Figure 8.A. The evolution of the GHG emissions for the three analysed scenarios – corresponding to figure 9.7. from the research study

The diagram (presented in figure 8.A.) highlighted the lowest GHG values for PES Scenario. This is due to the low values of growth economic rates associated with fuel consumption values taken into account in the initial assumptions of this scenario.

Due to the considered assumptions regarding the economic growth rates, the energy production in the OPT scenario increased considerably, leading to the need for investments in energy sector.

Even if emission values are lower in the PES scenario. The policy portfolio used in the OPT scenario is oriented towards the principles of EU climate change policy, generating benefits such as: economic growth, increasing energy efficiency measures across all sectors, encouraging the use of national energy resources and the decrease in import dependence. So, following the environmental impact assessment process, political acceptability and feasibility of implementation, the OPT scenario generated the best results in terms of energy demand and emissions reduction policies.

### **National GHG emissions reduction measures**

The last chapter highlights GHG emissions reduction measures identified at national level and presents the potential risks identified in case of ignoring the climate change alert signals or in case of delayed the reduction measures implementation.

The best options for reducing greenhouse gas emissions identified for Romania are presented in figure 9.8.

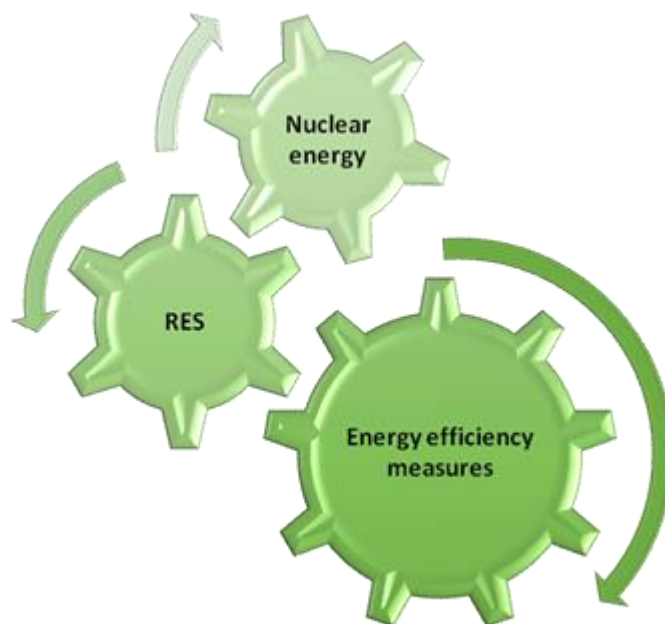


Figure 9.A. Reduction measures for GHG emissions at national level – *corresponding to figure 9.8. from the research study*

Economic and behavioral changes, as well as the immediate implementation of mitigation measures in parallel with the implementation of adaptation measures (already available in national strategic documents), could considerably decrease the consequences of climate change at national level, such as increasing the frequency of heat waves and intensifying the drought phenomenon, reducing the snow thickness, all with a strong final impact on the quality of life.

### **Research study conclusions**

The 20<sup>th</sup> century has been marked by a series of environmental and social changes due to technological progress, which has brought forward the acceleration of the development of all scientific fields and, hence, generating enormous pressure on the natural environment that can lead to an unprecedented ecological crisis in the near future.

Climate change is one of the major challenges of our century - a complex term, on which we need to improve our knowledge and understanding, in order to take immediate and effective actions, respecting the precautionary principle. This phenomenon influences various components, including water resources, which is one of the critical variables regarding the safety of the population.

The extreme meteorological phenomena facing Romania in the last period, associated with the evolution perspectives of the GHG emissions at the national level resulting from the projection, lead us to a clear conclusion related to the future challenges on population safety.

Since 1988, the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, the international body that coordinates climate change scientific activities) recommends as priority action directions, to develop advanced GHG emissions projection models that can be used to develop coherent strategies to respond to the effects of climate change.

This research study addresses the topic of identifying the most suitable model for the GHG emissions projections at national level for the first time and also generates the basic assumptions for the elaboration of a novel projection model, specific to the technical, economical, statistical and political national context.

### **General remarks resulting from the conclusions of the research study:**

- GHG reduction national targets that occur in the post-Kyoto period requires special attention to the emission forecasting process, in order to ensure a permanent process of assessment and adjustment of policies and measures previously adopted to achieve the assumed target. In this context, the importance of using accurate and complete forecasting models, developed to the specifics of each region is highlighted.
- This research study presents the current status of GHG national emissions, and provides an overview of the models that should be considered for developing GHG projections at national level and for quantifying adaptation and mitigation scenarios.

Regarding the GHG projections conducted, the major difficulty was the collection of input data. The lack of transparency in data reporting by operators, the gaps and weaknesses, identified in the statistical infrastructure, as well as access to data from disaggregated sources, have raised great difficulties at this research stage.

The input data collection, was a laborious process that involved several verification steps, as: data source examination, measurement units coherence, transcription errors and completeness of data.

Starting from the calculation formula for CO<sub>2</sub> emissions, which is at the base of the forecast process (CO<sub>2</sub> emissions = Activity Data x Emission Factor x Oxidation Factor), it can be concluded that some of the input data used by the forecasting model come from the measurement of physical quantities that can inevitably have errors such as errors due to measuring devices, resulting from the introduction of erroneous data or the defective data processing.

- Following the GHG national projection phase, it was found that the LEAP model does not take into account the planned interruptions of the energy groups and does not perform a competitive analysis regarding the use of RES (Renewable Energy Sources) compared to fossil fuels.
- Therefore, in the future, it may be useful to carry out a new GHG projection model at national level with the highest accuracy, a specialized software that includes a better definition of the above-mentioned parameters, appropriate to the aggregated data at national level. Thus, the development of a new model dedicated to the national context, taking into account the availability and aggregation approach of data at national level, as well as the key parameters with impact on the final results, would generate a more accurate image perspective.
- To facilitate the implementation of GHG forecasting models at national level, it is important to develop sectoral strategies based on resources and development options so that Romania can achieve convergence to EU values: sustainability, competitiveness and security.
- The results of this research study can help to generate a GHG emissions perspective, which can be taken into account by decision-makers.

This research study:

- used a recent bibliography to provide updated documentation on the climate change topic;
- achieved a detailed documentary study on GHG emission forecasting models used at international level;
- identified/used relevant criteria to select the most appropriate forecasting model that can be applied at national level;
- developed a complex database to run the selected model that can be easily customized and exported;
- analyzed and presented the most appropriate methods, in order to reduce GHG emissions at national level;
- highlighted the national and European policies in force for the 2050 time horizon;
- developed three scenarios on Climate Change Impact Policies (BAU, OPT and PES) over the 2050 time horizon;
- identified specific national parameters, which must be considered for the elaboration process of a dedicated national forecasting model;
- identified risks, associated with climate change at national level;
- addressed ethics issues, related to the international environmental protection policies elaboration process.

### **Author Comments**

The research assumptions were mainly structured based on the strategic and scientific documents on climate change, GHG projection models and environmental policies available at global, European and national levels.

As a result of the research conducted (during the study elaboration), a number of inconsistencies were observed which generated a series of uncertainties regarding the analysis of the environmental legislation from the ethical principles perspective:

- Political involvement in global research groups created at the global level to study different aspects related to the climate change phenomenon.
- Preferential implementation and subjective approach of climate change policies at international level, not following the proportionality principle, especially for vulnerable groups/countries.
- Promoting large-scale RES use as the optimal alternative, without taking into account the lack of absorption capacity of the national electricity system at this point, the emissions resulting from the installations production process used, the dependence on the import of these equipments, and the issues related to impacts on land use, natural habitats, and microclimate change.

It is also neglected the fact that, in order to allow the injection of E-RES (electricity produced from Renewable Energy Resources) into the National Electricity System, flexible back-up capacities (on natural gas) are required, thus replacing a nuclear group (non-CO<sub>2</sub>). Thus the overall amount of CO<sub>2</sub> at national level increases.

Therefore, the ecologist trend promoted internationally in the last period does not necessarily comply with the imperative fundamental ethical principles.

Rational use of all available energy resources at national level in a fair, efficient, environmentally-friendly and cost-effective manner, taking into account social components such as migration and the employment rates (including professional reconversion/relocation), is the most sustainable approach to manage emissions from energy field, the most polluting sector identified at national level.

In order to achieve this goal, particular attention should be taken to stimulate innovation and to develop new technologies, as well as encouraging investments to improve energy efficiency across the energy resources - production - transport - distribution - consumption trajectory, given that energy continues to be the most important component of the economic growth for ensuring a high standard of living.

These new challenges identified are the bases for new pursuit subjects and possible future study directions.