

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

### Teză de doctorat – Rezumat

pentru obținerea titlului științific de doctor la  
Universitatea Politehnica Timișoara  
în domeniul de doctorat Inginerie mecanică

**autor ing. Roxana IVAN**

conducător științific Prof.univ.dr.ing.habil. Ioana IONEL

luna decembrie anul 2017

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.

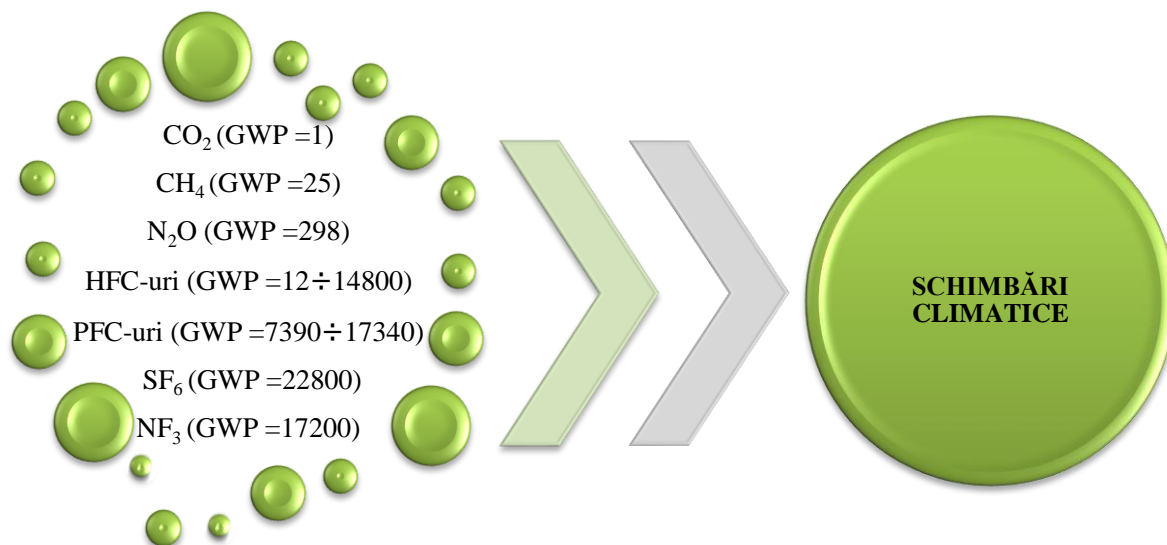
Lucrarea tratează principalele aspecte referitoare la fenomenul schimbărilor climatice, în cuprinsul ei fiind descris spectrul activităților antropice care contribuie la sporirea acestui proces, cu implicații directe asupra alterării calității vieții.

Teza abordează pentru prima dată subiectul identificării celui mai potrivit model privind prognoza emisiilor de gaze cu efect de seră (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.

În **capitolul 1.**<sup>[1]</sup> este prezentat scopul cercetării și sunt prezentate obiectivele principale și motivația alegerii temei.

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.**<sup>[5], [6], [7], [8], [14], [16], [19], [21], [25]</sup> 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.

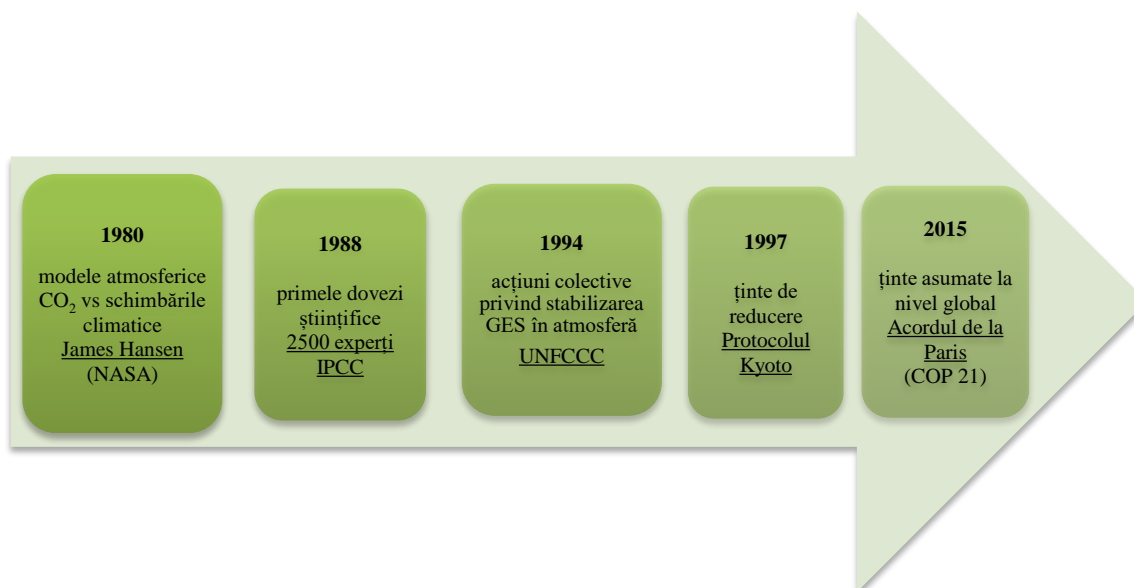
În **capitolul 2.** au fost prezentate detaliat și principalele gaze cu efect de seră care absorb și emit radiații cu lungimi de undă specifice spectrului radiațiilor termice infraroșii, identificate până în prezent, descrise în figura 1.



*Figura 1. Gaze cu efect de seră*  
 $\text{CO}_2$  – dioxid de carbon,  $\text{CH}_4$  – metan,  $\text{N}_2\text{O}$  – protoxid de azot, HFC-uri – hidrofluorcarburi,  
 PFC-uri – perfluorcarburi,  $\text{SF}_6$  – hexafluorură de sulf,  $\text{NF}_3$  – trifluorură de azot

Pentru a putea fi echivalat efectul de seră produs de fiecare GES, se utilizează indicatorul „potențial de încălzire globală” (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 2.



*Figura 2. Momente cheie privind efortul diplomatic de reducere a GES la nivel global*  
 IPCC - Comitetului Interguvernamental pentru Schimbări Climatice  
 UNFCCC - Convenției-cadru a Națiunilor Unite privind schimbărilor climatice  
 COP – Conferința părților

În cadrul **capitolului 3.**<sup>[29], [31], [32], [39], [42], [43]</sup> au fost prezentate acțiunile întreprinse în domeniul schimbărilor climatice la nivel global, european și național, cu punctarea țintelor de reducere asumate de România conform țintelor UE stabilite în Pachetului Energie-Schimbări Climatice pentru orizontul imediat următor. De asemenea în **capitolul 3.3.** au fost semnalate și schimbările în temperatura medie a aerului la nivel național specifice fiecărui anotimp, pentru intervalul 2020-2030 față de perioada 1965-1975, obținute din simulările modelului climatic regional.

Pentru a evalua contribuția factorilor antropici la sporirea fenomenelor asociate schimbărilor climatice, 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. În **capitolul 4.**<sup>[44], [45], [46], [47]</sup> au fost prezentate evoluția emisiilor totale de GES la nivel național, pentru perioada 1989-2014 precum și tendința emisiilor de GES pentru fiecare sector în perioada 1989-2014. De asemenea, a fost evidențiată și contribuția sectorială a GES în România în anul 2014.

Așadar, 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, folosința terenului, schimbarea folosinței terenurilor și silvicultură 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.**<sup>[48], [49], [51], [54]</sup> 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 3).

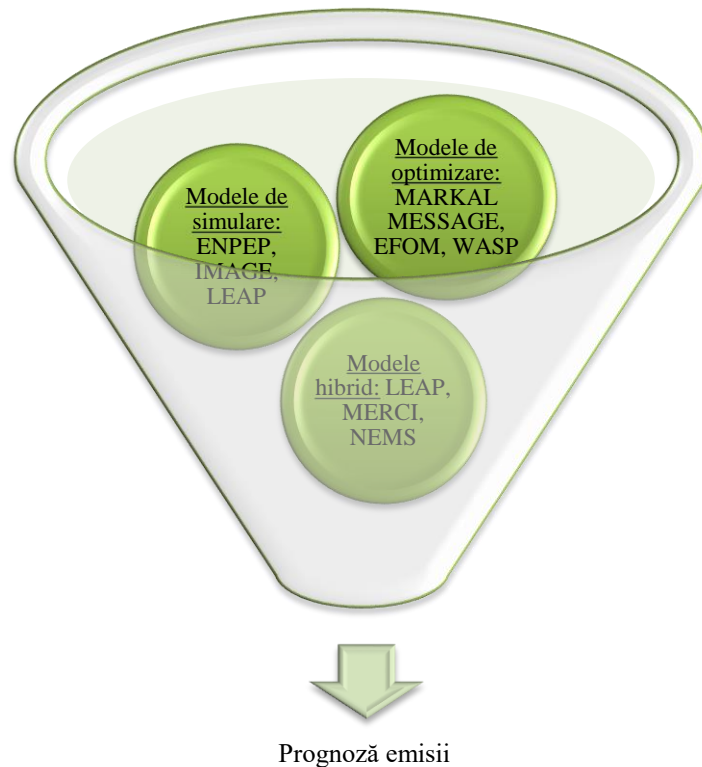


Figura 3. Tipuri de modele de prognoză analizate

(ENPEP - Energy and Power Evaluation Program/ Pachet de programe de planificare energetică,  
 IMAGE - Integrated Model to Assess the Global Environment/ Model integrat de evaluare a stării mediului la nivel global, LEAP - Long-range Energy Alternatives Planning/ Planificarea alternativelor energetice pe termen lung,  
 MARKAL - MARKet Allocation/ Model de alocare privind piața de energie,  
 MESSAGE - Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impact/ Modelul alternativelor strategiei de furnizare a energiei și impactul asupra mediului,  
 EFOM - Energy Flow Optimisation Model/ Model de optimizare a fluxului energetic,  
 WASP - Wien Automatic System Planning Package/ Sistem automat de planificare energetică,  
 MERCI - Model for Evaluating Regional Climate change Impacts/ Model privind evaluarea schimbărilor climatice la nivel regional,  
 NEMS - National Energy Modeling System/ Program de modelare a sistemului energetic național)

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 – model iterativ, de tip „BU” (Abordare a modelelor de prognoză de jos în sus/ Bottom Up), dezvoltat începând cu anul 1999 în cadrul Departamentului Energie, SUA, care are un modul dedicat realizării prognozelor de emisii de GES;
- MARKAL – model dinamic de tip „BU”, care facilitează prognozarea pe termen mediu și lung, prin integrarea factorilor energetici, ecologici și economici, dezvoltat la sfârșitul anilor 1970 de Laboratorul Național Brookhaven;
- MERCI – model hibrid, dinamic, construit în scopul de a realiza diferite prognoze ale sectoarelor industriale din punct de vedere economic și ecologic, elaborat în anul 2009 de Institutul pentru Studii Avansate, Viena;
- LEAP – model hibrid, utilizat la scară largă pentru analiza politicilor energetice și evaluarea metodelor de atenuare a schimbărilor climatice, dezvoltat în anul 1980 în SUA;
- MESSAGE – instrument de optimizare a sistemelor tehnologice, dotat cu module de prognoză economică și ecologică, elaborat în anii 1980 de Institutul Internațional pentru Analiza Sistemelor Aplicate, Austria.

A doua etapă a evaluării s-a realizat prin metoda matriceală, considerând criteriile A÷F cantificate în tabelul 1 (corespondent tabelului 5.2. în teză): 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 1. Matricea de evaluare a modelelor de prognoză

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

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

După această 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 evaluării criteriilor A÷F, au fost evaluate în cadrul unei analize multicriteriale, prezentate în **capitolul 6.**<sup>[62], [63], [64], [65]</sup> pe baza următoarelor criterii: flexibilitate, robustețe, complexitate, necesarul de date disponibile și transparență (figura 4.).

În urma aplicării analizei multicriteriale, modelul LEAP a obținut punctajul maxim, așadar acesta a fost utilizat mai departe în **capitolul 7.**<sup>[68], [85], [86], [89]</sup> pentru prognoza evoluției emisiilor de GES, precum și pentru determinarea impactului asupra mediului al politicilor guvernamentale pentru orizontul de timp 2050.

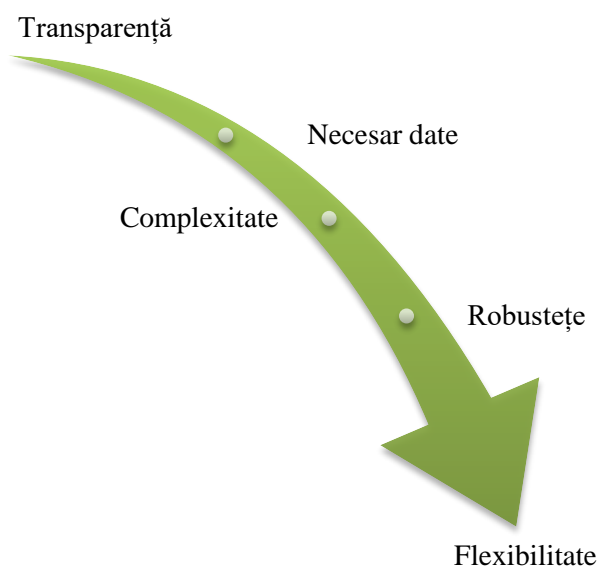


Figura 4. Criteriile de selecție utilizate în cadrul analizei multicriteriale

Modelul selectat este cunoscut ca fiind cel mai potrivit pentru abordarea țărilor în curs de dezvoltare, caracteristicile lui de bază fiind prezentate în figura 5.

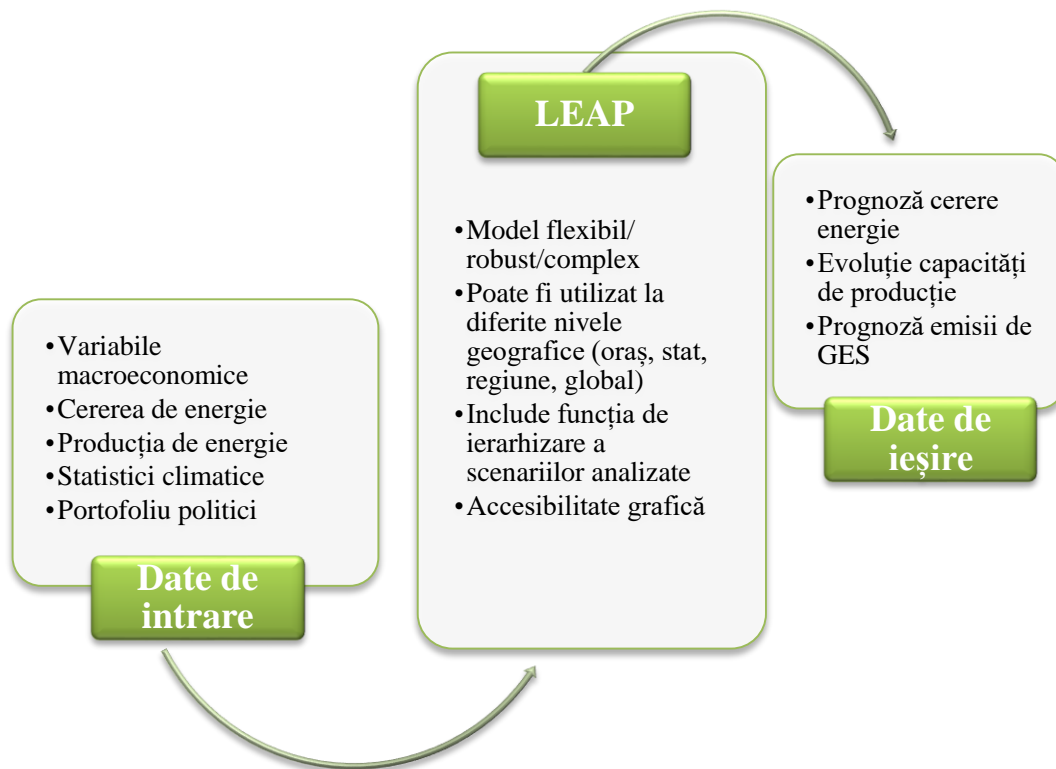


Figura 5. Descriere model LEAP

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: Institutul Național de Statistică (INSSE), Biroul de statistică al Uniunii Europene (EUROSTAT), Autoritatea Națională de Reglementare în domeniul Energiei (ANRE), Convenției-cadru a Națiunilor Unite privind schimbările climatice (UNFCCC), Comisia Națională de Prognoză (CNP), Guvernul României, Inventarul Național de Emisii de Gaze cu Efect de Seră (INEGES) și Comitetului Interguvernamental pentru Schimbări Climatice (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 (detaliate în **capitolul 7.3.**).

Acestea sunt prezentate în figura 6.

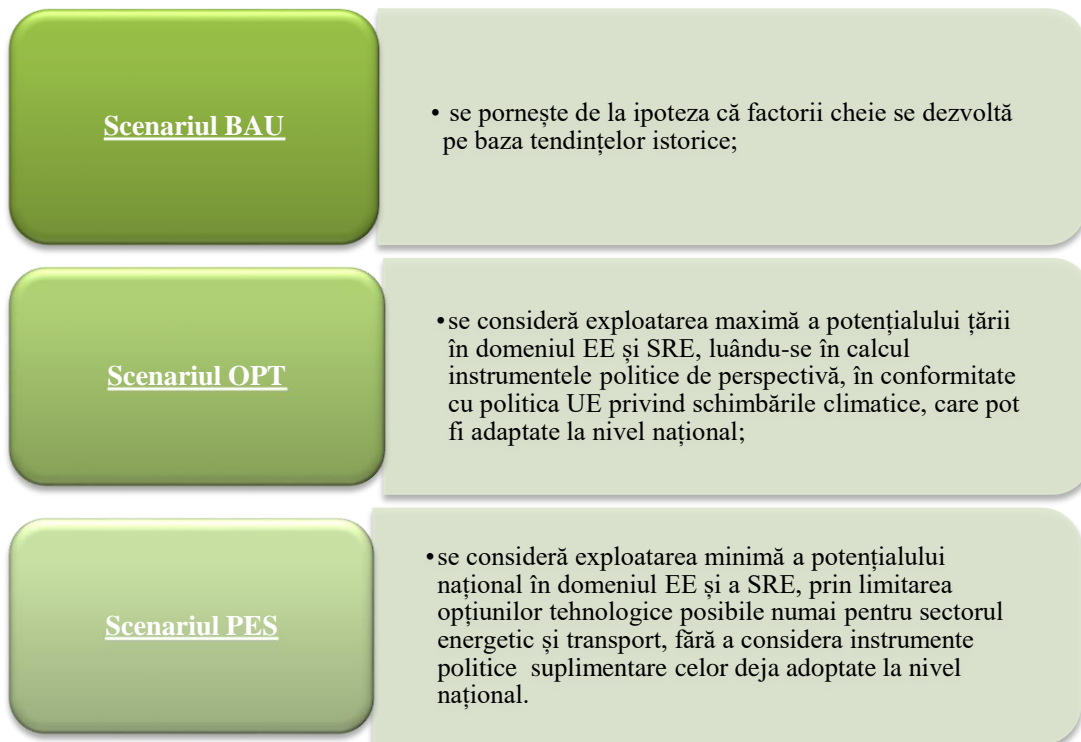


Figura 6. Descrierea scenariilor utilizate în cadrul modelului de prognoză  
 BAU – Scenariul „Business As Usual”/ Menținerea trendului istoric  
 OPT – Scenariul Optimist  
 PES – Scenariul Pesimist

În graficul cumulativ prezentat în Figura 7, sunt centralizate prognozele emisiilor de GES la nivel național, pentru orizontul de timp 2050, în ipoteza celor trei scenarii de evoluție analizate.

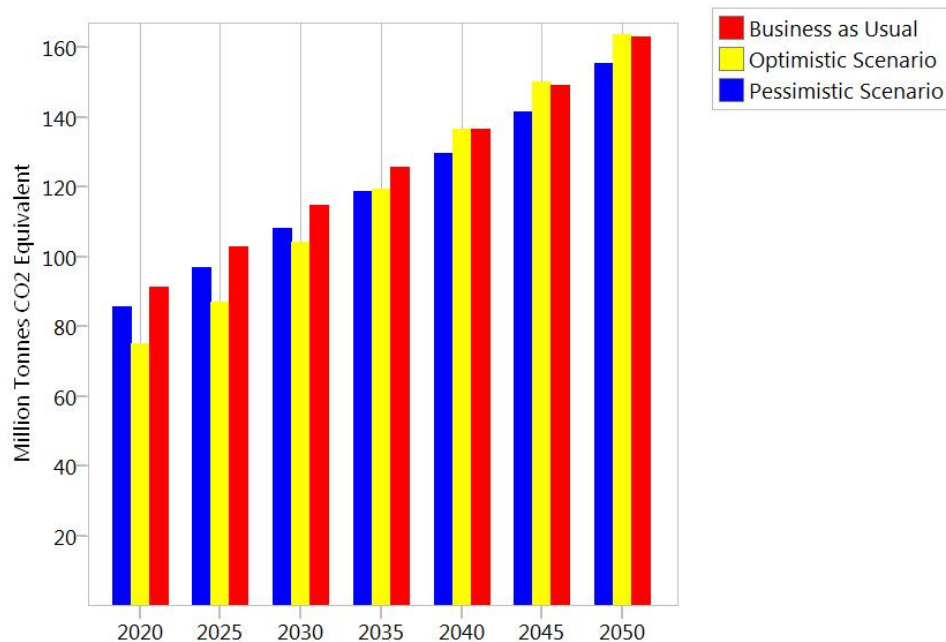


Figura 7. Evoluția emisiilor de GES pentru cele trei scenarii analizate

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 este greu de realizat 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.

În cadrul **capitolului 7.5.**<sup>[103], [105]</sup> s-au evidențiat câteva aspecte privind evaluarea incertitudinilor în cazul abordării metodelor de evaluare a emisiilor de GES utilizând modele de prognoză.

În **capitolul 8.**<sup>[75], [82], [83]</sup> 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 8.



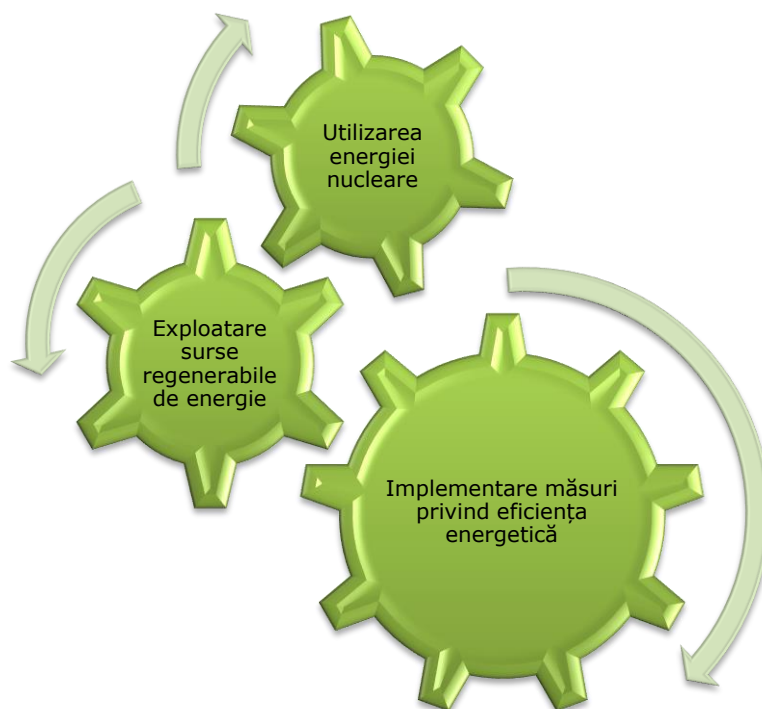


Figura 8. Metode de reducerea a GES la nivel național

**Capitolul 9** conține concluzii, comentarii și revendicările 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 schimbării 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.

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.

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 organismele 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 combustibili 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.

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 realizat unui studiu documentar detaliat privind metodele de prognoză a emisiilor GES utilizate la nivel internațional.

- S-au ales și argumentat 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 adaptată și exportată cu ușurință.
- S-au evidențiat politicile naționale și europene în vigoare pentru orizontul de timp următor.
- S-au elaborat trei scenarii (BAU, OPT și PES) privind politicile cu impact asupra schimbărilor climatice pe orizont de timp 2050.
- S-au identificat parametrii naționali specifici, necesari a fi considerați pentru realizarea unui eventual model național de prognoză.
- S-au identificat riscurile asociate schimbărilor climatice la nivel național.
- S-au analizat și prezentat cele mai potrivite metode de reducere a emisiilor GES, pentru contextul național.
- 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.

## 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
- [5]. Mureșanu C., *Apocalipsa eco-climatică și factorii generatori – descriere, cazuistică, 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
- [14]. [World Meteorological Organization](http://www.wmo.int)
- 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
- [16]. Mélières, M. A., Maréchal 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
- [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

- [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
- [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
- [29]. Website <http://prudence.dmi.dk> 24.11.2015
- [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
- [39]. UNFCCC: [http://unfccc.int/files/national\\_reports/annex\\_i\\_natcom/submitted\\_natcom/application/pdf/6th\\_nc\\_cc\\_and\\_1st\\_br\\_of\\_romania\[1\].pdf](http://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_natcom/submitted_natcom/application/pdf/6th_nc_cc_and_1st_br_of_romania[1].pdf), 17.10.2016,
- [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\\_inventori.es\\_submissions/items/9492.php](http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventori.es_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.2014.09.016Get>
- [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

- [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
- [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]. Beinat, E., Nijkamp, P., *Multi-criteria analysis for land-use management*, Kluwer, Dordrecht, 1998
- [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
- [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
- [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.escorom.ro/images/Planul%20national%20de%20actiune%20in%20domeniul%20eficientei%20energetice-2020.pdf>, 14.03 2016
- [85]. INSSE <http://www.insse.ro>, 03.05.2015
- [86]. EUROSTAT <http://epp.eurostat.ec.europa.eu> 03.05.2015
- [89]. Balanța energetică și structura utilajului energetic, anii 1990-2014
- [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, 2017 <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aa6cb4>, 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