



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI  
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI  
ȘI PROTECȚIEI SOCIALE  
AMPOSDRU



Fondul Social European  
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale  
2007-2013



MINISTERUL  
EDUCAȚIEI  
CERCETĂRII  
TINERETULUI  
ȘI SPORTULUI  
OIPOSDRU



UNIVERSITAS  
GALATIENSIS

Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați  
Școala Doctorală de Inginerie



TEZĂ DE DOCTORAT

**CONTRIBUȚII PRIVIND EVALUAREA  
PERFORMANȚEI DE MEDIU A UNOR  
BIOCOMBUSTIBILI PENTRU MOTOARELE  
DIESEL**

REZUMAT

Doctorand

Ing. Dipl. Raluca-Cristina BUȚURCĂ

Conducător de doctorat

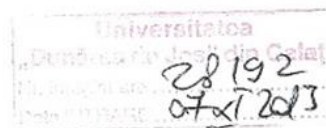
Prof. Dr. Ing. Dan SCARPETE



**ROMÂNIA**  
Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați



MINISTERUL  
EDUCAȚIEI  
NAȚIONALE



Către \_\_\_\_\_

Universitatea “Dunărea de Jos” din Galați vă face cunoscut că, în data de **15.11.2013 ora 11.00, în sala Senatului Universității „Dunărea de Jos” din Galați**, va avea loc susținerea publică a tezei de doctorat intitulată: **„CONTRIBUȚII PRIVIND EVALUAREA PERFORMANȚELOR DE MEDIU A UNOR BIOCOMBUSTIBILI PENTRU MOTOARELE DIESEL”**, elaborată de doamna/domnul **BUȚURCĂ RALUCA-CRISTINA**, în vederea conferirii titlului științific de doctor în domeniul de doctorat **Inginerie mecanică**.

Comisia de doctorat are următoarea componență :

- 1. Președinte** : **Prof.univ.dr.ing. Ionel CHIRICĂ**  
Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați
- 2. Conducător de doctorat** : **Prof.univ.dr.ing. Dan SCARPETE**  
Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați
- 3. Referent oficial** : **Prof.univ.dr. Xavier GABARRELL DURANY**  
Universitat Autònoma de Barcelona, Spania
- 4. Referent oficial** : **Prof.univ.dr.ing. Corneliu COFARU**  
Universitatea TRANSILVANIA Brașov
- 5. Referent oficial** : **Conf.univ.dr.ing. Ion V. ION**  
Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați

Cu această ocazie vă transmitem rezumatul tezei de doctorat, și vă invităm să participați la susținerea publică. În cazul în care doriți să faceți eventuale aprecieri sau observații asupra conținutului lucrării, vă rugăm să le transmiteți în scris pe adresa universității, str. Domnească nr. 47, 800008 Galați, Fax 0236 / 461353, e-mail [rectorat@ugal.ro](mailto:rectorat@ugal.ro).

**Recto-r**

Prof. univ. dr. ing. Iulian Gabriel BÎRSAN



\* numerotarea paginilor capitolelor rezumatului nu corespund tezei

\* numerotarea figurilor și tabelelor din rezumat corespund tezei de doctorat.

## Mulțumiri

În primul rând aș dori să mulțumesc domnului Prof. Dr. Ing. Dan SCARPETE care, prin îndrumare atentă, realizată cu profesionalism, a contribuit într-un mod determinant la finalizarea acestei teze de doctorat. În această perioadă importantă din pregătirea mea profesională domnia sa mi-a acordat mult sprijin, sugestii și timp, fapt pentru care îi sunt recunoscătoare.

Deosebită recunoștință datorez domnului Prof. Dr. Ing. Xavier GABARRELL DURANY, pentru amabilitatea de a ma primi în echipa de cercetare a domniei sale și pentru tot sprijinul, susținerea și sugestiile acordate în toată perioada în care am efectuat stagiul extern. De asemenea, aș dori să mulțumesc echipei domnului profesor GABARRELL DURANY (întreg departamentul de Inginerie Chimică din cadrul Universității Autonome din Barcelona și echipei de cercetători din cadrul Institutului de Știință și Tehnologie de Mediu (ICTA)) pentru tot ajutorul acordat în realizarea cercetărilor mele.

În mod deosebit aș dori să mulțumesc domnului Dr. Ing. Carles MARTÍNEZ GASOL care mi-a facilitat accesul în laboratoarele IRTA din Cabrils, Barcelona și mi-a pus la dispoziție infrastructura de cercetare și materiale bibliografice și care a avut răspuns la toate întrebările mele. Doresc să mulțumesc tuturor colegilor din cadrul Inèdit Innovació pentru tot sprijinul acordat pe întreaga perioadă a stagiului extern.

Calde mulțumiri adresez întregului departament Sisteme Termice și Ingineria Mediului care au contribuit la formarea mea profesională. Țin să menționez câteva nume: Prof. Dr. Ing. Tănase PANAIT, Prof. Dr. Ing. Viorel POPA, Conf. Dr. Ing. Mugurel-Salvadore BURCIU, Conf. Dr. Ing. Ion ION.

Pentru înțelegere și suport doresc să mulțumesc colegelor și prietenelor Gina Georgiana ROLEA, Marinela GHEORGHE și Daniela TASMA.

Pentru punerea la dispoziție a dosarelor contabile ale SC AGROFIN INVEST SRL precum și pentru oferirea tuturor informațiilor necesare pentru buna derulare a cercetărilor mele, doresc să mulțumesc domnului director Dan CIUHUREANU.

Pentru suportul financiar acordat pe perioada derulării studiilor doctorale, doresc să mulțumesc echipei de implementare a proiectului POSDRU TOP ACADEMIC 76822/2010.

În final doresc să adresez cele mai calde mulțumiri părinților mei Nela și Mihail BUȚURCĂ pentru tot suportul, dragostea și încurajările oferite. De asemenea, doresc să mulțumesc Prof. Philippe HENRY pentru încrederea, suportul și încurajările acordate.

Mulțumiri speciale acord studenților și în același timp prietenilor internaționali, care au fost un sprijin extraordinar de important.

# Cuprins rezumat

Mulțumiri .....	iii
Cuprins rezumat .....	v
Introducere.....	vii
Politica energetică și de mediu a Uniunii Europene.....	vii
Biocombustibili .....	viii
Obiectivele tezei.....	ix
Structura tezei.....	x
Introduction .....	xii
Energy and environmental policies of the European Union .....	xii
Biofuels .....	xiii
Objectives .....	xiv
Structure of the thesis .....	xv
1. Biocombustibili pentru motoarele diesel .....	1
1.1. Metode de obținere a biocombustibililor pentru motoarele diesel .....	1
1.1.1. Uleiul vegetal .....	1
1.1.2. Biodieselul.....	4
2. Emisiile motoarelor diesel alimentate cu biocombustibili.....	6
2.1. Emisiile motoarelor diesel și efectele acestora .....	6
2.2. Rezultate obținute experimental la utilizarea biodieselului în motoarele diesel .....	7
3. Metodologia de evaluare a ciclului de viață .....	11
Cuprins rezumat	

3.1. Definirea scopului și a domeniului de aplicare.....	12
3.2. Analiza inventarului.....	13
3.3. Evaluarea impactului.....	13
3.4. Interpretarea rezultatelor.....	13
3.5. Softul utilizat în evaluarea ciclului de viață .....	14
4. Evaluarea ciclului de viață la producerea uleiului de rapiță pentru motoarele diesel .....	16
4.1. Definirea scopului și a domeniului de aplicare.....	17
4.2. Unitatea funcțională .....	17
4.3. Descrierea sistemului.....	17
4.4. Analiza inventarului pentru elementele relevante de intrare și ieșire ale unui sistem-produs 18	
4.5. Rezultatele evaluării impactului potențial asupra mediului.....	19
4.6. Interpretarea rezultatelor analizei inventarului și evaluarea impactului .....	21
4.7. Utilizarea ca și combustibil a uleiului de rapiță .....	26
4.7.1. Arderea uleiului de rapiță .....	26
4.7.2. Arderea motorinei.....	27
4.8. Analiza comparativă a uleiului de rapiță și a motorinei .....	27
5. Evaluarea ciclului de viață la producerea biodieselului din ulei de rapiță .....	31
5.1. Definirea scopului și a domeniului de aplicare.....	32
5.2. Unitatea funcțională .....	32
5.3. Descrierea sistemului.....	32
5.4. Analiza inventarului pentru elementele relevante de intrare și ieșire ale unui sistem-produs 33	
5.5. Rezultatele evaluării impactului potențial asupra mediului.....	33
5.6. Interpretarea rezultatelor analizei inventarului și evaluarea impacturilor.....	35
6. Concluzii generale, contribuții originale și perspective .....	43
6.1. Concluzii generale .....	43
6.2. Contribuții originale .....	48
6.3. Perspective .....	49
Lista lucrărilor publicate și prezentate .....	50
Bibliografie selectivă .....	52

# Introducere

Schimbările climatice reprezintă una din cele mai mari provocări pe care umanitatea le va întâmpina în următorii ani [1]. Riscurile colosale la care este expusă întreaga planetă și generațiile viitoare impun luarea de măsuri cât mai urgent.

## ***Politica energetică și de mediu a Uniunii Europene***

În ultimii ani, Uniunea Europeană și-a luat angajamentul de a combate schimbările climatice, atât intern cât și internațional, acest scop fiind foarte important pentru EU-27 așa cum reflectă politicile Europene cu privire la schimbările climatice [1]. Unul dintre cele cinci obiective pe care Uniunea Europeană și le-a propus în acest scop este crearea unor modalități de transport mai curate.

Europa 2020: Strategia pentru o economie inteligentă, durabilă și incluzivă [2] are cinci obiective majore, privind ocuparea forței de muncă, inovarea, educația, incluziunea socială și mediul/energia - care urmează să fie îndeplinite până în anul 2020.

Pentru o creștere durabilă a Europei, UE și-a propus următoarele obiective specifice:

- Reducerea cu 20%, până în anul 2020, a emisiilor de gaze cu efect de seră față de nivelul din 1990 - UE este dispusă să reducă emisiile chiar și cu 30%, cu condiția ca și alte țări dezvoltate să își asume angajamente similare și ca țările în curs de dezvoltare să contribuie, în măsura posibilităților, în cadrul unui acord global;
- Creșterea ponderii surselor de energie regenerabile până la 20%;
- Creșterea cu până la 20% a eficienței energetice.

Îndeplinirea primelor două obiective este necesară pentru a reduce dependența excesivă de combustibilii fosili (petrol, gaz și cărbune) care expune consumatorii și întreprinderile la fluctuațiile de preț, amenință securitatea economică, contribuie la schimbările climatice. Politica de dezvoltare durabilă a UE poate contribui la diminuarea presiunilor asupra mediului exercitate de intensificarea, la nivel global, a concurenței pentru resursele naturale [2]. Pentru a atinge obiectivele de combatere

a schimbărilor climatice, trebuie accelerat ritmul de reducere a emisiilor și utilizare noilor tehnologii (instalații eoliene și solare, captarea și stocarea carbonului etc.).

Strategiile utilizate pentru atingerea obiectivelor propuse pun accentul pe rolul biomasei, atribuind o importanță maximă bioenergiei ca un amestec de energii regenerabile [3]. Printre sursele de energie alternativă disponibile, pentru a atenua emisiile de gaze cu efect de seră, biomasa este singura opțiune durabilă pe bază de carbon. Pe de o parte, caracterul versatil al biomasei îi permite să fie utilizată în toate părțile lumii, iar pe de altă parte, această diversitate face ca biomasa să fie un combustibil complex și dificil [4]. Astfel, se prevede ca după dublarea cantității de energie regenerabilă în Europa, jumătate din energia suplimentară produsă din biomasă să fie acoperită de energia din culturi. Importanța energiei lichide pentru transport este subliniată de Directiva 92/81 [5], care prevede o reducere de taxe pentru proiectele pilot pe piața combustibililor.

### ***Biocombustibili***

În Europa, sectorul transporturilor este responsabil pentru 20% din întreaga cantitate de gaze cu efect de seră emise în UE, care contribuie la schimbările climatice [6], cu 6,4% mai mult față de valorile raportate în anul 2006 și cu 11,4% mai mult față de nivelul anului 1990. Mai mult, creșterea emisiilor de gaze cu efect de seră este amplificată de creșterea prognozată a consumului de energie pentru EU-27 [7]. Din acest motiv îndeplinirea obiectivului Protocolului de la Kyoto [8] depinde esențial de găsirea soluțiilor pentru a reduce, în transporturi, emisiile de gaze cu efect de seră. În Protocolul de la Kyoto, țările dezvoltate și-au luat angajamentul de a reduce, până în anul 2012, emisiile de CO<sub>2</sub> cu 5% (8% în țările UE) față de nivelul corespunzător anului 1990. Pentru anul 2020, ținta este de a reduce emisiile cu 20% față de nivelul anului 1990, în toate țările EU-27.

În acest scop, măsuri precum scăderea consumului de energie prin creșterea eficienței energetice, decarbonizarea rezervelor de energie prin utilizarea largă a energiilor regenerabile sunt considerate soluții viabile pentru un sector durabil al transporturilor [9]. O utilizare sporită a biocombustibililor poate contribui la reducerea emisiilor de CO<sub>2</sub> în transportul rutier. Mai mult decât atât, biocombustibilii proveniți din reziduuri – având proprietăți similare combustibililor fosili – pot fi folosiți, utilizând infrastructura și motoarele existente nu doar în amestecuri combustibile ci și ca atare (în deosebi biodieselul).

Biocombustibilii pot oferi o contribuție importantă pe termen scurt și mediu, iar Comisia Europeană a luat măsurile necesare pentru promovarea biocombustibililor [10]. Astfel, Comisia a adoptat Planul de Acțiune pentru Biomasă [11] și strategia Uniunii Europene pentru biocombustibili [12] și acordă o prioritate deosebită pentru cercetarea și dezvoltarea în acest domeniu în cadrul Programelor Cadru de Cercetare.

Pentru anul 2030, Uniunea Europeană va acoperi mai mult de un sfert din necesarul de combustibili pentru transport prin utilizarea de biocombustibili curați și eficienți ce reduc emisiile globale de CO<sub>2</sub> [10]. Acest lucru va conduce la reducerea dependenței UE de importul de combustibili fosili. Biocombustibilii vor fi în special utilizați în motoare cu ardere internă pe bază de benzină sau motorină.

Directiva 2003/30/CE, modificată, completată și mai apoi abrogată de Directiva 2009/28/CE [13] a Parlamentului European și a Consiliului, de promovare a utilizării biocombustibililor și a altor combustibili regenerabili pentru transport, cere Statelor Membre să se asigure că un procent minim de biocombustibili și alți combustibili regenerabili este plasat pe piețele lor.



Ca urmare a acestei directive, Guvernul României a lansat în data de 22/12/2005 HG 1844 [14], o hotărâre ce are ca scop promovarea utilizării biocarburanților și a altor carburanți regenerabili în transporturi, în vederea înlocuirii parțiale a benzinei sau motorinei, pentru a contribui la unele obiective, cum ar fi: îndeplinirea angajamentelor privind schimbările climatice, asigurarea securității în aprovizionarea compatibilă cu mediul și promovarea utilizării surselor regenerabile de energie. Prevederile Directivei 2003/30/CE, respectiv ale Directivei 2009/28/CE a Parlamentului European și a Consiliului [13] au fost transpuse în legislația națională în HG 935 (tabelul 1) [15] care abrogă HG 1844.

**Tabelul 1. Conținutul minim obligatoriu de biocarburant în combustibil și datele introducerii lor pe piață.**

Data	Conținutul de biocarburant în benzină	Conținutul de biocarburant în motorină
21 septembrie 2011	minimum 4% în vlm maximum 5% în volum	minimum 5% în volum
1 ianuarie 2013	minimum 6% în volum	minimum 6% în volum
1 ianuarie 2015	minimum 8% în volum	minimum 7% în volum
1 ianuarie 2017	minimum 9% în volum	–
1 ianuarie 2019	minimum 10% în volum	–

De asemenea, biocarburanții pot fi introduși pe piață numai dacă îndeplinesc următoarele condiții [15]:

- Sunt produși din materii prime care îndeplinesc criteriile de durabilitate, indiferent dacă materia primă provine dintr-o zonă agricolă a Uniunii Europene sau din afara acesteia;
- Reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră datorate utilizării biocarburanților și a biolichidelor față de emisiile de gaze cu efect de seră datorate utilizării combustibililor fosili este de:
  - minimum 35%, începând cu data de 1 ianuarie 2012;
  - minimum 50%, începând cu data de 1 ianuarie 2017;
  - minimum 60%, începând cu data de 1 ianuarie 2018, în cazul biocarburanților produși în instalații în care producția a început la data de 1 ianuarie 2017 sau după această dată.
- Satisfac specificațiile tehnice impuse de Uniunea Europeană, ținând cont de prevederile reglementărilor sociale și de mediu.

Crearea cadrului legislativ privind promovarea utilizării energiei din surse regenerabile poate contribui la asigurarea dezvoltării social-economice prin asigurarea eficiență, stabilă și inofensivă cu energie, cu cheltuieli minime și cu un nivel de impact convenabil asupra mediului.

### **Obiectivele tezei**

Obiectivul general al acestei teze de doctorat este acela de a determina performanța de mediu la producerea de biocombustibili pentru motoarele diesel din uleiuri vegetale provenite din zona Moldovei, România, prin utilizarea metodologiei de evaluare a ciclului de viață.

În vederea realizării obiectivului general au fost formulate următoarele obiective specifice:

- Analiza stadiului actual privind performanța de mediu și emisiile motoarelor diesel alimentate cu biocombustibili;

- Colectarea și compilarea datelor sistemului agricol al rapiței de iarnă cultivate în zona Moldovei, România, destinată producerii de biocombustibili;
- Cuantificarea performanței de mediu la cele 10 categorii de impact considerate, inclusiv potențialul de încălzire globală (GWP(100)), a uleiului de rapiță și a biodieselului din ulei de rapiță produse în zona agricolă a Moldovei, România;
- Compararea performanței de mediu a celor 2 biocombustibili studiați cu performanța combustibilului fosil pe care aceștia îl înlocuiesc, respectiv motorina.

### **Structura tezei**

Teza de doctorat intitulată “Contribuții privind evaluarea performanței de mediu a unor biocombustibili pentru motoarele diesel”, a fost elaborată în cadrul departamentului Sisteme Termice și Ingineria Mediului din Facultatea de Mecanică a Universității “Dunărea de Jos” din Galați. Partea de prelucrare a datelor și cea de obținere și interpretare a rezultatelor evaluării ciclului de viață a biocombustibililor studiați a fost realizată în cadrul Universitat Autònoma de Barcelona din Spania și în cadrul spin off-ului Inèdit Innovació SL din Barcelona, Spania.

Structura tezei include șase capitole fiecare cu subcapitolele aferente:

1. Biocombustibili pentru motoarele diesel;
2. Emisiile motoarelor diesel alimentate cu biocombustibili;
3. Metodologia de evaluare a ciclului de viață;
4. Evaluarea ciclului de viață la producerea uleiului de rapiță pentru motoarele diesel;
5. Evaluarea ciclului de viață la producerea biodieselului din ulei de rapiță;
6. Concluzii finale, contribuții personale și perspective.

În cadrul primului capitol s-a realizat un studiu al literaturii de specialitate asupra biocombustibililor pentru motoarele diesel, aici fiind prezentate o serie de materii prime pentru obținerea acestora și metodele de obținere a uleiului vegetal și a biodieselului. Tot în cadrul acestui capitol au fost prezentate și standardele de calitate pentru biocombustibilii studiați dar și al motorinei fosile.

Cel de-al doilea capitol prezintă emisiile motoarelor diesel alimentate cu biocombustibili și efectele acestora asupra sănătății umane și mediului ambiental. Acest capitol conține și analiză cantitativă a emisiilor motoarelor diesel alimentate cu ulei de rapiță și biodiesel pur sau în amestec cu motorina fosilă. Se constată că utilizarea biocombustibililor conduce la reducerea emisiilor de CO, HC, PM. Totuși, sunt destul de ambigue, existând în literatura de specialitate rezultate contrarii, unele ce arată creșterea emisiilor de NO<sub>x</sub>, altele ce arată scăderea acestor emisii.

În cel de-al treilea capitol este prezentată pe scurt metodologia de evaluare a ciclului de viață, cu toate etapele aferente unui astfel de studiu. Cele 10 categorii de impact considerate în prezentul studiu sunt descrise în cea de-a doua parte a acestui capitol.

Capitolele 4 și 5 sunt dedicate evaluării performanței de mediu a biocombustibililor pentru motoarele diesel produși în zona Moldovei, România, respectiv uleiul de rapiță și biodieselul obținut din acest ulei vegetal. Astfel este definit scopul realizării studiului de evaluare a ciclului de viață, sunt prezentate condițiile de climă din zona de unde a fost selectat lotul analizat, este definită unitatea funcțională aleasă și este descris sistemul de producere al celor doi biocombustibili studiați. Aceste capitole cuprind și inventarul pentru elementele relevante de intrare și ieșire ale celor două sisteme.

În urma prelucrării datelor și a calculelor efectuate, au fost obținute rezultate care sunt descrise și interpretate în secțiuni dedicate din cadrul acestor capitole.

Rezultatele obținute la ECV a uleiului de rapiță ca și combustibil pentru motoarele diesel arată că extracția acestuia din semințele de rapiță este activitatea cu cel mai mare impact asupra mediului în toate cele 10 categorii de impact considerate.

Cea de a doua activitate cu o importantă contribuție asupra a 6 din cele 10 categorii de impact este activitatea de irigare a terenului agricol, urmată fiind de activitatea de aplicare a îngrășământului.

Rezultatele obținute la ECV a biodieselului provenit din ulei de rapiță arată că, din toate activitățile desfășurate pentru producerea biodieselului din ulei de rapiță, extracția uleiului din semințe este activitatea cu cel mai mare impact asupra mediului în toate cele 10 categorii de impact considerate.

Cea de a doua activitate cu un impact semnificativ asupra a 5 din cele 10 categorii de impact este cea de irigare a terenului agricol, urmată de activitatea de aplicare a îngrășământului pe solul cultivat. De menționat este că reacția de transesterificare a uleiului vegetal a obținut rezultate importante la 3 dintre categoriile de impact

Au fost determinate activitățile cu impact semnificativ asupra performanței de mediu la producerea biodieselului din ulei de rapiță. Astfel se pot considera metode de îmbunătățire a rezultatelor prin utilizarea altor tipuri de îngrășământ, utilizarea altor tehnologii de extracție a uleiului din semințele oleaginoase, reducerea cantității de apă utilizată la irigarea terenului agricol, etc.

Tot în aceste capitole sunt comparate rezultatele obținute la ECV a biocombustibililor studiați cu cele ale motorinei clasice și mai apoi cu cele prezentate în literatura de specialitate.

Cel de-al șaselea capitol conține concluziile finale ale tezei, contribuțiile personale și perspective.

# Introduction

Climate change is one of the biggest challenges facing mankind in the coming years [1]. The risks for the whole planet and for future generations are colossal and we need to take urgent action.

## ***Energy and environmental policies of the European Union***

In the last years, European Union has been committed to tackling climate change both internally and internationally, this scope being very important for EU-27, as reflected in European climate change policy [1]. One of the five priority objectives proposed by the European Union is creating a cleaner better-balanced transport.

In Europe 2020 [2]: The strategy for an intelligent, sustainable and inclusive economy has five major objectives regarding employment, research and innovation, climate change and energy, education and combating poverty – that ought to be accomplished by 2020.

For a sustainable growth, EU has set the following specific objectives:

- To reduce greenhouse gas emissions by at least 20% compared to 1990 levels – the EU is willing to reduce GHG emissions by 30%, if other developed countries commit themselves to similar targets and if developing countries will contribute, according to their possibilities, under a global agreement;
- To increase the share of renewable energy sources by 20%;
- To increase in energy efficiency by 20%.

The accomplishment of the first two objectives is needed to reduce the strong dependence on fossil fuels such as oil and inefficient use of raw materials that expose consumers and businesses to harmful and costly price shocks, threatening our economic security and contributing to climate change. EU sustainable growth policy can contribute at diminishing the environmental pressure caused by the intensification, at a global level, of competition for natural resources [2]. To reach the objective of tackling climate change, the pace of emissions reduction and use of new technologies (wind and sun installations, carbon capture and storage (CCS) etc.) should be accelerated.

Strategies used to reach the proposed objectives focus on the role of biomass, attributing a maximum importance to bioenergy as a mix of renewable energies [3]. Among the alternative sources of energy available, to diminish GHG emissions, biomass is the only sustainable carbon based option. On one side, biomass versatile nature allows it to be used all over the world, and, on the other side, this diversity makes it a complex fuel [4]. Thus, it is expected that after doubling the quantity of renewable energy in Europe, half of the extra energy from biomass to be produced from energy crops. The importance of liquid energy for transport is highlighted by the Directive 92/81 [5], which provides a tax cut for pilot projects on fuel market.

## **Biofuels**

In Europe, the transport sector is responsible for 20% of greenhouse gas emissions in EU, which contributes to climate change [6], 6,4% more than values reported for year 2006 and 11,4% more when compared to 1990 levels. Moreover, the increase of GHG emissions is amplified by the increase of energy consumption forecasted for EU-27 [7]. For this reason, meeting Kyoto Protocol requirements [8] depends on finding solutions to reduce GHG emissions in transport sector. In Kyoto Protocol, developed countries have made a commitment to reduce CO<sub>2</sub> emissions by 5% (8% in the European Union) compared to 1990 levels, by 2012. For 2020, the target is to reduce the emissions by 20% compared to 1990 levels, in all EU countries.

To this purpose, measures like the reduction of energy consumption through the increase in energy efficiency, decarbonisation of energy reserves through large use of renewable energies, are considered viable solutions for a sustainable transportation sector [9]. An increased use of biofuels can contribute to the reduction of CO<sub>2</sub> emissions in road transport. Moreover, biofuels from wastes – having similar properties as fossil fuels – can be used by current infrastructure and engines not only in fuel blends (especially biodiesel).

Biofuels can be a short and medium term solution, and the European Commission took appropriate measures to promote biofuels [10]. Therefore, the EC adopted Biomass Action Plan [11] and the EU Strategy for Biofuels [12] and gives high priority to research and development in this field in the Seventh Framework Programme.

For year 2030, the European Union will cover more than a quarter of the needed fuels for transport by using clean and efficient biofuels that reduce CO<sub>2</sub> emissions [10]. This will lead to reduced EU dependency on imported fossil fuels. Biofuels will be especially used in internal combustion engines based on petrol or diesel fuel.

The Directive 2003/30/CE, modified, completed and then abolished by the Directive 2009/28/CE [13] of the European Parliament and of the Council, on promoting biofuels use and other renewable fuels for transport, asks Member States to insure that a minimum percentage of biofuels and other renewable fuels is placed on their markets.

Following this directive, the Romanian Government passed on 22/12/2005 the HG 1844 [14], a governmental decision aiming at promoting the use of biofuels and other renewable fuels for transport, to partly replace petrol or diesel fuels, contributing to the accomplishment of some objectives, as the following: meeting climate change commitments, security of fuel supply and promoting environmentally compatible use of renewable sources of energy. The provisions of the Directive 2003/30/CE and the Directive 2009/28/CE of the European Parliament and of the Council [13] have been transposed into national law in HG 935 (table 1) [15] that abolishes HG 1844.

**Tabel 1.** Minimum percentage of biofuels and the dates of their placement on the market.

Date	Percentage of biofuel in petrol	Percentage of biofuel in diesel
21 September 2011	minimum 4% in volume maximum 5% in volume	minimum 5% in volume
1 January 2013	minimum 6% in volume	minimum 6% in volume
1 January 2015	minimum 8% in volume	minimum 7% in volume
1 January 2017	minimum 9% in volume	–
1 January 2019	minimum 10% in volume	–

Likewise, biofuels can be placed on the market if they satisfy the following conditions [15]:

- Are produced from feedstock that meet sustainability criteria, whether they come from an agricultural area of the EU or outside it;
- Reduce GHG emissions when biofuels are used, when compared to fossil fuels, by:
  - minimum 35%, starting with the 1<sup>st</sup> of January 2012;
  - minimum 50%, starting with the 1<sup>st</sup> of January 2017;
  - minimum 60%, starting with the 1<sup>st</sup> of January 2018, for biofuels produced in installations in which production started on 1<sup>st</sup> of January 2017 or after.
- Meet the technical specifications required by the EU, taking into account social and environmental legal regulations.

Creating the legal framework on promoting the use of energy from renewable sources can contribute to ensure social and economic growth by ensuring efficient, stable and harmless energy, at minimum expense and an acceptable impact level on the environment.

### **Objectives**

The overall objective of this doctoral thesis is to determine the environmental performance of diesel type biofuels production from vegetable oils from Moldavia region, Romania, using Life Cycle Assessment methodology.

To achieve the overall objective, the following specific objectives are formulated:

- Analysing the state-of-art on environmental performance and emissions of diesel engines using biofuels;
- Collection and compilation of agricultural system data of winter rape grown for the production of biofuels in Moldavia region, Romania;
- Quantifying the environmental performance of rapeseed oil and biodiesel from rapeseed oil produced in Moldavia region, Romania, in all ten impact categories, including global warming potential (GWP(100));
- Comparing the environmental performance of the two studied biofuels with the environmental performance of conventional diesel fuel.

## ***Structure of the thesis***

Doctoral thesis entitled “Contributions regarding the assessment of environmental performance of biofuels for diesel engines”, was elaborated in the Department of Thermal Systems & Environmental Engineering, Faculty of Mechanical Engineering, “Dunărea de Jos” University of Galați. Data processing, and obtaining and interpretation of life cycle assessment study of biofuels results were conducted at Universitat Autònoma de Barcelona from Spain and at the spin-off Inèdit Innovació SL from Barcelona, Spain.

The thesis is divided into six chapters, each of them with corresponding subchapters:

1. Biofuels for diesel engines;
2. Emissions of diesel engines using biofuels;
3. The Life Cycle Assessment Methodology;
4. Life Cycle Assessment of rapeseed oil as fuel for diesel engines;
5. Life Cycle Assessment of biodiesel production from rapeseed oil;
6. Final conclusions, personal contributions and perspectives.

In the first chapter the state-of-art on biofuels for diesel engines was analyzed and a series of raw materials for biofuels production and methods for obtaining vegetable oil and biodiesel were presented. There were exposed the quality standards for the selected biofuels but also for fossil diesel.

The second chapter presents the emissions of diesel engines using biofuels and their effect on human health and on the environment. This chapter also contains a quantitative analysis of the emissions of diesel engines fueled with pure rapeseed oil or biodiesel, or different blends of fossil diesel and biofuel. It is shown that the use of biofuels leads to the reduction of CO, HC and PM emissions. However, the results are rather ambiguous, the studied references showing opposing results, some of them pointing out an increase of NO<sub>x</sub> emissions while others reveal the decrease of these emissions.

In the third chapter the methodology used to evaluate the life cycle of the studied biofuels is described, with all its stages. The ten impact categories considered are described in the second part of this chapter.

Chapters 4 and 5 are dedicated to the evaluation of environmental performance of biofuels for diesel engines produced in Moldaviaregio of Romania, respectively rapeseed oil and biodiesel from rapeseed oil. The scope of the present study is defined, climate conditions of the area that contains the selected plot are described, the selected functional unit is defined and the production system of both studied biofuels is described. These chapters contain the inventory for relevant inputs and outputs for both systems.

After processing the data and the calculations were made, the obtained results were described and interpreted in dedicated sections of these chapters.

The LCA results of rapeseed oil as fuel for diesel engines show that oil extraction stage is the activity with the biggest impact in all ten impact categories considered.

The second most impacting activity, with an important contribution to six of the ten impact categories, is irrigation of the land, followed by fertilizer application.

The LCA results of biodiesel from rapeseed oil show that for biodiesel production from rapeseed oil, oil extraction remains the one having the biggest weight in all ten considered impact categories.

The second most impacting activity, with important contribution to five of the ten impact categories, is irrigation of the crop. The third one is fertilizer application. Transesterification reaction has an important contribution to three out of the ten categories.

Activities that have a significant impact on the environmental performance of rapeseed oil and biodiesel from rapeseed oil production were determined in these chapters. Therefore, methods to improve the environmental performance can be considered, such as the use of organic fertilizers, eco-friendly technologies for oil extraction, the reduction of water used for irrigation stage, etc.

In these chapters the LCA of biofuels results were compared with fossil diesel and then with similar results shown in literature.

The sixth chapter presents the final conclusions of the doctoral thesis, personal contributions and perspectives.



# 1. Biocombustibili pentru motoarele diesel

## 1.1. Metode de obținere a biocombustibililor pentru motoarele diesel

Numeroase surse de energie regenerabilă pot fi utilizate pentru atingerea scopului principal, acela de reducere a impactului asupra mediului prin scăderea emisiilor de gaze cu efect de seră și de creștere a calității vieții prin reducerea poluării aerului atmosferic, precum și pentru asigurarea securității economice și energetice.

Pot fi utilizate cu succes în condițiile tehnologice actuale următoarele forme de energie regenerabilă: energia eoliană, energia solară, energia apei (energia hidroelectrică, energia valurilor și a mareelor), energia geotermică, energie derivată din biomasă: biodiesel, bioetanol, biogaz.

Dintre acestea, formele de energie derivate din biomasă au potențialul cel mai mare de reducere a emisiilor de gaze cu efect de seră în sectorul transporturilor.

Biomasa reprezintă resursa regenerabilă cea mai abundentă de pe planetă, ea incluzând absolut toată materia organică produsă prin procesele metabolice ale organismelor vii. Biomasa este partea biodegradabilă a produselor, deșeurilor și reziduurilor din agricultură, inclusiv substanțele vegetale și animale, silvicultură și industriile conexe, precum și partea biodegradabilă a deșeurilor industriale și urbane [14].

### 1.1.1. Uleiul vegetal

Ideea de a utiliza uleiul vegetal ca și combustibil este aproape tot așa de veche ca și motorul diesel însuși [17]. Disponibilitatea limitată a materiei prime, competiția privind utilizarea sa ca aliment, dezvoltarea industriei petroliere și interesele economice ale bancherilor ar putea fi motivele care au împiedicat dezvoltarea unui sistem de transport bazat pe uleiuri vegetale. Procesul de producere a uleiului vegetal din plante oleaginoase este prezentat în figura 1.1.

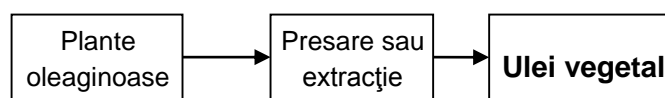


Fig. 1.1. Procesul de producere a uleiului de rapiță din plante oleaginoase [18].

### Materia primă

Cele mai utilizate materii prime pentru obținerea de ulei ca și combustibil pentru motoarele diesel sunt semințele plantelor oleaginoase și uleiurile uzate. Din multitudinea de materii prime disponibile pentru producerea biocombustibililor pentru motoarele diesel, precum rapița, soia, canola, grășimea galbenă/uleiuri uzate, a fost selectată cultura de rapiță,

### **Rapița [17]**

În prezent, cea mai importantă plantă pentru producerea de combustibil pe bază de ulei vegetal este rapița. Rapița este o plantă cruciferă și este cultivată în Europa ca rapiță de vară și rapiță de iarnă. Conținutul de ulei al rapiței este între 39% și 50%, variind considerabil în acord cu diferențele genetice și cu influențele mediului. Potențialul de producție al rapiței de iarnă este între 2,8 și 4,8 t/ha. Aceasta corespunde la 1,1 – 2,0 t ulei. Pentru rapița de vară producția este de 2,0 – 2,8 t/ha.

### Caracteristicile uleiului de rapiță

Uleiul de rapiță este o gliceridă, care se compune din alcool propantriol trivalent (glicerină) și trei acizi grași [17]. Acizii grași sunt compuși din lanțuri de carbon cu un număr egal de atomi de carbon și ei pot fi saturați, mono-saturați și polinesaturați. Saturați înseamnă că nu există legături duble între atomii de carbon adiacenți. De aceea, acizii grași diferă în primul rând prin lungimea lanțului și prin gradul de saturare.

Acizii grași dintr-un ulei sunt fixați genetic, iar distribuția este numită profilul acizilor grași (tabelul 1.2). Caracteristicile acizilor grași influențează considerabil caracteristicile fizice ale uleiurilor (tabelul 1.3).

**Tabelul 1.2.** Compoziția chimică a uleiului de rapiță obținut prin diferite procese [20].

Acid gras	HLRO	SLRO	CLRO	HMRO	SMRO	CMRO	Media [%]
Palmitic	3,79	3,87	3,70	3,26	3,51	3,22	3,558
Stearic	2,17	2,16	2,10	1,45	1,57	1,52	1,828
Oleic	63,57	63,30	63,38	45,01	46,00	47,67	54,821
Linoleic	17,99	18,31	17,44	15,64	16,31	15,44	16,855
Linolenic	9,12	9,37	9,52	7,08	7,36	7,36	8,301
Arahidic	2,66	2,16	2,50	7,99	7,34	7,26	4,985
Erucic	0,67	0,67	0,72	19,57	17,91	17,05	9,431

HLRO = Ulei rapiță cu conținut scăzut de acid erucic, obținut prin presare la cald;

SLRO = Ulei rapiță cu conținut scăzut de acid erucic, cu extragerea solventului;

CLRO = Ulei rapiță cu conținut scăzut de acid erucic, obținut prin presare la rece;

HMRO = Ulei rapiță cu conținut mediu de acid erucic, obținut prin presare la cald;

SMRO = Ulei rapiță cu conținut mediu de acid erucic, cu extragerea solventului;

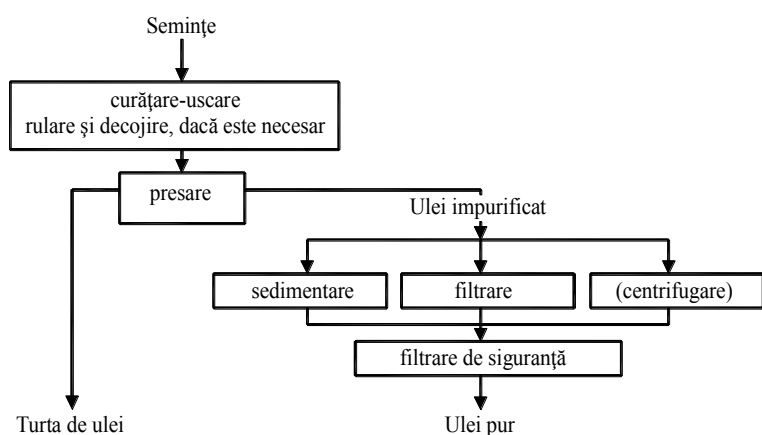
CMRO = Ulei rapiță cu conținut mediu de acid erucic, obținut prin presare la rece.

**Tabelul 1.3.** Caracteristicile acizilor grași conținuți în uleiul de rapiță [21].

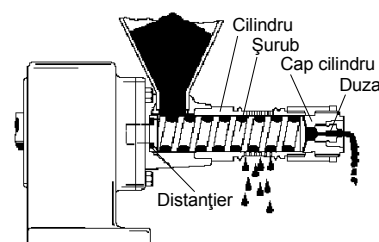
Acid gras	Formula chimică	Masa molară [g/mol]
Palmitic	$C_{16}H_{32}O_2$	256,42
Stearic	$C_{18}H_{36}O_2$	284,48
Oleic	$C_{18}H_{34}O_2$	282,46
Linoleic	$C_{18}H_{32}O_2$	280,45
Linolenic	$C_{18}H_{30}O_2$	278,43
Arahidic	$C_{20}H_{40}O_2$	312,53
Erucic	$C_{22}H_{42}O_2$	338,57

### Producerea uleiului de rapiță

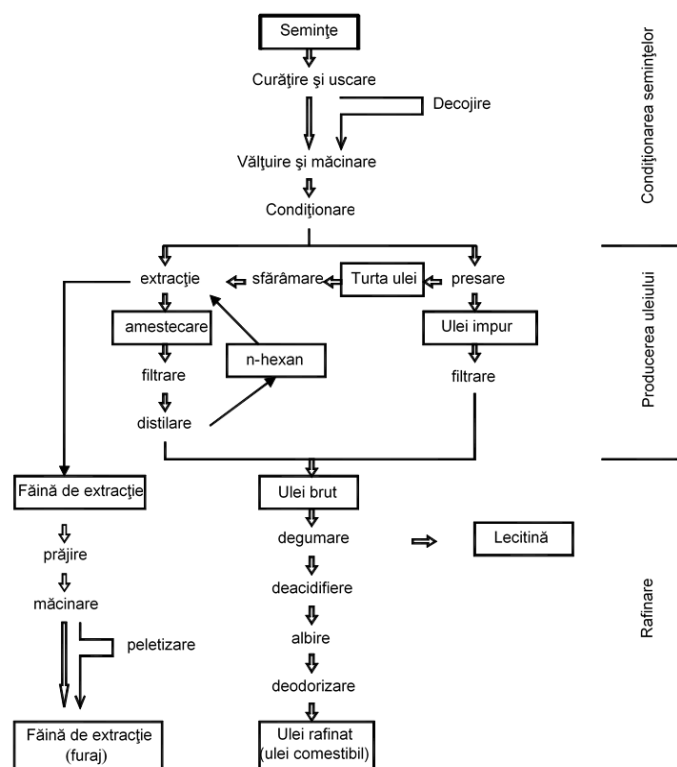
Uleiul de rapiță poate fi produs în instalații de mici dimensiuni descentralizate (fig. 1.2) cu o capacitate de prelucrare a semințelor de aproximativ 0,5 la 25 t/zi sau în instalații centralizate de mari dimensiuni (fig. 1.4) cu o capacitate de până la 4000 t/zi [17]. Energia consumată în instalațiile centralizate este de aprox. 1,7 GJ/t de semințe; 0,7GJ sunt utilizați pentru rafinare. Consumul de energie pentru producerea de ulei de rapiță în instalațiile mici este de 0,1 până la 0,5 GJ/t de semințe. De cele mai multe ori, uleiul este extras în prese cu șurub (figura 1.3). Avantaje suplimentare la prelucrarea în instalații descentralizate sunt logistica și costuri reduse pentru transport. În plus, astfel de instalații mici favorizează din punct de vedere economic tranzacțiile privind ciclul materialelor regionale.



**Fig. 1.2.** Producerea de ulei vegetal: procesul într-o instalație descentralizată [17].



**Fig. 1.3.** Secțiune transversală a presei cu șurub Komet® S87G [22].



**Fig. 1.4.** Producerea de ulei vegetal: procesul într-o instalație descentralizată [17].

### 1.1.2. Biodieselul

Agenția de Protecție a Mediului din Anglia [23] definește biodieselul ca fiind „un combustibil lichid având calitatea motorinei, produs din biomasă, uleiuri de gătit uzate sau chiar grăsimi animale, având un conținut de esteri nu mai mic de 96,5% din masă și un conținut de sulf nu mai mare de 0,0001% (1mg/kg) sau chiar nul”.

În prezent, principalii producători de biocombustibil lichid sunt: Europa, Brazilia și S.U.A. Biodieselul este produs în principal din uleiuri vegetale, dar poate fi produs și din uleiuri de gătit uzate și grăsimi animale [24].

Deoarece biodieselul este un combustibil regenerabil, care poate fi produs din surse vegetale sau animale, există posibilitatea de a reduce emisiile de gaze cu efect de seră (GHG) în comparație cu combustibilul diesel neregenerabil [24]. Biodieselul are de asemenea potențialul de a reduce dependența de petrolul din import.

#### Materia primă

Biodieselul poate fi obținut prin reacția de transesterificare dintre orice tip de grăsime, ulei vegetal, grăsimi din industria alimentară. Sursa de ulei vegetal cel mai frecvent utilizată este uleiul de rapiță, semințele acestei plante având un conținut ridicat de ulei. De asemenea, planta se dezvoltă bine chiar și în zone cu climat rece. Totuși, există și alte varietăți cu randament mai mare la hectar cum ar fi palmierul de ulei, jatropha curcas etc. În plus există și alte materii prime din care se poate extrage ulei. În selva amazoniană sunt folosite ca materie primă: piñón, sacha inchi, mamona, și palmierul de ulei [25].

În tabelul 1.4 este prezentat profilul acizilor grași conținuți de biodieselul obținut prin transesterificarea diferitelor materii prime, iar în tabelul 1.5 sunt prezentate formula chimică și masa molară a acizilor grași din compoziția biodieselului.

**Tabelul 1.4.** Compoziția chimică a biodieselului obținut prin diferite procese [30-69].

Acid gras	%±0,03%	Acid gras	%±0,03%	Acid gras	%±0,03%
Capric	0,6018	Heptadecanoic	0,1003	Linolenic	8,4252
Lauric	0,1003	Stearic	1,6048	Arahidic	0,4012
Palmitic	4,2126	Oleic	59,6785	Gondoic	2,1063
Palmitoleic	0,1003	Linoleic	21,5645	Eicosadienic	0,1003
Behenic	0,3009	Lignoceric	0,1003	Nervonic	0,1003
		Erucic	0,5015		

**Tabelul 1.5.** Caracteristicile acizilor grași conținuți în biodiesel [21].

Acid gras	Formula chimică	Masa molară [g/mol]
Capric	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	176,26
Lauric	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	200,32
Palmitic	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	256,42
Palmitoleic	C <sub>16</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	254,40
Heptadecanoic	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	270,45
Stearic	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	284,48
Oleic	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	282,46
Linoleic	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	280,45
Linolenic	C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	278,43
Arahidic	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	312,53
Gondoic	C <sub>20</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	310,51
Eicosadienic	C <sub>20</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	310,51
Behenic	C <sub>22</sub> H <sub>44</sub> O <sub>2</sub>	340,58
Erucic	C <sub>22</sub> H <sub>42</sub> O <sub>2</sub>	338,57
Lignoceric	C <sub>24</sub> H <sub>48</sub> O <sub>2</sub>	368,63
Nervonic	C <sub>24</sub> H <sub>46</sub> O <sub>2</sub>	366,62

## 1.2. Concluzii

Sursele de energie regenerabilă pot fi utilizate pentru reducerea impactului asupra mediului prin scăderea emisiilor de gaze cu efect de seră și pentru creșterea calității vieții prin reducerea poluării aerului atmosferic, precum și pentru asigurarea securității economice și energetice.

Dintre toate sursele de energie regenerabilă, formele de energie derivate din biomasă au potențialul cel mai mare de reducere a emisiilor de gaze cu efect de seră în sectorul transporturilor. Biomasă reprezintă resursa regenerabilă cea mai abundentă de pe planetă.

Uleiurile vegetale sunt esteri ai acizilor grași și ai glicerinei. Transesterificarea este studiată ca un proces de alcooliză unde glicerina, componentă a unui ulei vegetal, este înlocuită de un alcool.

Uleiul de rapiță poate fi produs în instalații de mici dimensiuni descentralizate cu o capacitate de prelucrare a semințelor sau în instalații centralizate de mari dimensiuni cu o capacitate.

Biodieselul este un combustibil lichid având calitatea motorinei, produs din biomasă, uleiuri de gătit uzate sau chiar grăsimi animale, cu un conținut de sulf foarte mic sau chiar nul. Astfel, utilizarea biodieselului conduce la reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră în comparație cu motorina minerală. Biodieselul are de asemenea potențialul de a reduce dependența de petrolul din import.

Biodieselul poate fi obținut prin reacția de transesterificare dintre orice tip de grăsime, ulei vegetal, grăsimi din industria alimentară. Sursa de ulei vegetal cel mai frecvent utilizată este uleiul de rapiță, semințele acestei plante având un conținut ridicat de ulei. De asemenea, planta se dezvoltă bine chiar și în zone cu climat rece. Ca materie primă pentru obținerea biodieselului mai pot fi utilizate și uleiurile folosite (ex. uleiul uzat de la bucătărie); acesta este ieftin, în plus în acest mod se reciclează ceea ce altfel ar fi fost reziduu.

Combustibilii tip biodiesel sunt produși printr-un proces numit transesterificare, în care diferite uleiuri (trigliceride) sunt convertite în metil ester printr-o reacție chimică cu metanol în prezența unui catalizator, precum hidroxid de sodiu sau de potasiu. Produsele secundare ale acestei reacții chimice sunt glicerina și apa. Combustibilii biodiesel conțin în mod natural oxigen, iar sulful poate fi prezent datorită contaminării în timpul procesului de transesterificare și în timpul depozitării (sulful nu este conținut în materia primă).

Există trei metode de bază binecunoscute pentru a produce metil ester din ulei și grăsime și anume:

- transesterificarea uleiului pe baza unui catalizator cu metanol;
- esterificarea acidă directă cu catalizator a uleiului cu metanol;
- conversia uleiului la acizi grași și apoi la metil esteri cu catalizatori acizi.

Majoritatea metil esterilor produși astăzi sunt elaborați prin reacții pe bază de catalizator deoarece este modul cel mai eficient din următoarele motive:

- temperatură joasă (până la 65,5°C) și presiune redusă (137,9 kPa);
- randament ridicat (98%) cu reacții colaterale minime și timp de reacție redus;
- conversie directă la metil ester fără etape intermediare;
- nu sunt necesare materiale de construcție deficitare.

Denumirea combustibilului provine de la planta (sau animalul) sursă și de la alcoolul utilizat. Biodieselul produs din ulei de rapiță și metanol este denumit Rape Methyl Ester (RME), din ulei de canola și etanol, Canola Ethyl Ester (CEE), și din ulei de gătit uzat de la McDonald's și etanol sau metanol, ("McDiesel").

## 2. Emisiile motoarelor diesel alimentate cu biocombustibili

Beneficiile uleiurilor vegetale și ale biodieselului privind impactul asupra mediului sunt multiple [28]:

- Uleiul vegetal și biodieselul nu este toxic. Este mai puțin toxic decât sarea de masă și mai puțin iritant decât săpunul de piele;
- Comparate cu combustibilul fosil pe care îl înlocuiesc, uleiurile vegetale și biodieselul sunt inofensive pentru viața acvatică, putând fi utilizate în special în ape dulci sau în mediul marin;
- Biodieselul este biodegradabil în apă. În trei săptămâni se biodegradează în proporție de până la 98%, adică în acest timp el dispare inofensiv;
- Biodieselul conține urme de sulf, și spre deosebire de combustibilii fosili nu contribuie la formarea ploilor acide. În special, lipsa sulfului face biodieselul potrivit ca aditiv în combustibilul cu sulf redus pentru a îmbunătăți ungerea și pentru a fi folosit în reacția catalitică de oxidare;
- Folosirea uleiurilor vegetale și a biodieselului determină reduceri semnificative la majoritatea emisiilor de evacuare nocive, ceea ce le face corespunzătoare pentru utilizare în spații închise sau în medii sensibile;
- Producția de biocombustibili poate crește activitatea economică în mediul rural și poate lărgi scopul productiv al agriculturii;

În plus, uleiurile vegetale și biodieselul determină reducerea riscului privind [77]:

- Poluarea zonelor de alimentare cu apă potabilă;
- Organismele acvatice din lacuri și râuri.

Combustibilul nu este solubil în apă, nu pătrunde în sol și se degradează [77]. Teste care să compare efectul deversării în mediu sunt în stadiul de planificare. Uleiurile vegetale nu conțin sulf fapt care reduce problemele cauzate de ploaia acidă.

### **2.1. Emisiile motoarelor diesel și efectele acestora**

În urma combustiei biodieselului rezultă următorii poluanți atmosferici [78]:

- N<sub>2</sub> – azot;

- CO<sub>2</sub> – dioxid de carbon;
- H<sub>2</sub>O – vapori de apă;
- CO – monoxid de carbon;
- HC – hidrocarburi nearse;
- COV – compuși organici volatili;
- NO<sub>x</sub> – oxizi de azot
- PM – particule materiale în suspensie.

Cu toate că în urma combustiei biodieselului rezultă mai mulți poluanți atmosferici, norma de poluare Euro 5b [79], care a intrat în vigoare în septembrie 2012, reglementează, în cazul emisiilor mașinilor diesel noi, limita maximă doar pentru:

- Monoxid de carbon (CO): 0,5 g/km;
- Particule: 0,0045 g/km;
- Numărul de particule:  $6 \cdot 10^{11}$  #/km;
- Oxizi de azot (NO<sub>x</sub>): 0,18 g/km.

## **2.2. Rezultate obținute experimental la utilizarea biodieselului în motoarele diesel**

În literatura de specialitate există un număr relativ mare de lucrări care conțin rezultate ale testelor efectuate pe motoarele cu aprindere prin comprimare alimentate cu biodiesel provenit din diferite materii prime, pentru a determina modul în care acest tip de combustibil influențează emisiile de particule materiale în suspensie (PM), monoxid de carbon (CO), hidrocarburi nearse (HC) și de oxizi de azot (NO<sub>x</sub>).

O sinteză a unor lucrări care arată variația emisiilor de PM, CO, HC și NO<sub>x</sub> la utilizarea biodieselului în locul motorinei este prezentată în tabelul 2.1.

Majoritatea cercetărilor au arătat că utilizarea biodieselului la motoarele diesel conduce la o scădere importantă a emisiilor de PM [83-87, 91, 92, 97]. Wu și al. [91] a investigat emisiile rezultate în urma utilizării a 5 tipuri de biodiesel într-un motor diesel Cummins ISBe6 și a arătat că prin utilizarea acestui biocombustibil emisiile de PM sunt reduse cu 53 – 69% față de motorina clasică.

Lin și al. [92] au obținut rezultate similare la investigarea a 8 tipuri de biodiesel; în cadrul studiului prezentat s-a observat o reducere a emisiilor de PM de 50 – 72,73% față de combustibilul diesel fosil. Totuși, câțiva cercetători nu au obținut nicio diferență la utilizarea biodieselului în locul motorinei fosile [93, 94] sau au observat chiar o ușoară creștere a emisiilor de PM [95, 96]. Din figura 2.1 se poate observa variația concentrației de PM în gazele de ardere, aceasta scăzând odata cu creșterea concentrației de biodiesel în amestecul carburant.

În ceea ce privește emisiile de CO majoritatea studiilor arată că acestea ar putea fi reduse prin înlocuirea motorinei cu biodiesel [84-87, 98-100]. Krahl și al. [98] a obținut o reducere cu 50% a emisiilor de CO prin înlocuirea motorinei cu conținut scăzut de sulf cu biodieselul din ulei de rapiță. O reducere a acestor emisii a fost raportată și de Raheman și Phadatare (73-94%) [99] dar și de Ozsezen (86,89% pentru biodieselul din ulei de palmier și de 72,68 pentru biodieselul din ulei de

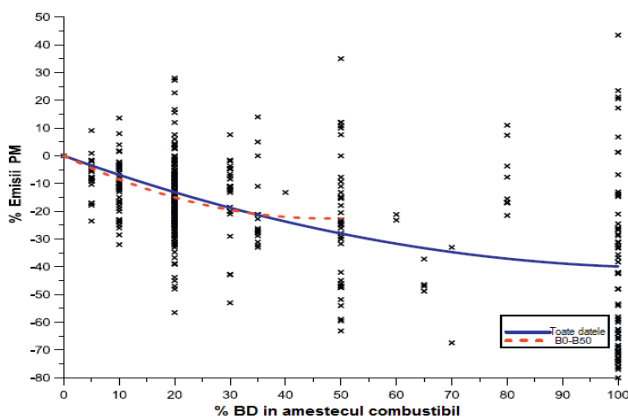
**Tabelul 2.1. Variația emisiilor de PM, CO, HC și NO<sub>x</sub> la utilizarea biodieselului în locul motorinei.**

Autorul și anul	PM	CO	HC	NO <sub>x</sub>
Murari Mohon Roy și al. 2013 [83]	--	ND	ND	ND
Kannan GR și al. 2011 [84]	--	-	ND	ND
Di Y și al. 2009 [85]	--	-	ND	ND
Buyukkaya E. 2010 [86]	--	-	ND	ND
Ng JH și al. 2012 [87]	--	-	-	ND
Hazar H. 2010 [88]	ND	ND	ND	+
Sun JF și al. 2010 [89]	ND	ND	ND	+
Xue JL și al. 2011 [90]	ND	ND	ND	+
Wu și al. 2009 [91]	--	ND	--	ND
Lin și al. 2009 [92]	--	ND	-	+
Turrio-Baldassarri și al. 2004 [93]	=	ND	ND	ND
Qi DH și al. 2010 [94]	=	ND	ND	ND
Aydin și al. 2010 [95]	+	ND	ND	ND
Armas și al. 2010 [96]	+	ND	ND	ND
Evanghelos Giakoumis și al. 2010 [97]	--	ND	-	ND
Krahl și al. 2003 [98]	ND	--	ND	ND
Raheman și Phadatar 2004 [99]	ND	--	ND	ND
Ozsezen și al. 2009 [100]	ND	--	ND	+
Utlu și Kocak 2008 [101]	ND	-	ND	ND
Banapurmatha și al. 2008 [102]	ND	ND	+	-
Puhan și al. 2005 [103]	ND	ND	--	-
Macor și al. 2011 [104]	ND	ND	+	ND
Dorado și al. 2003 [105]	ND	ND	ND	-

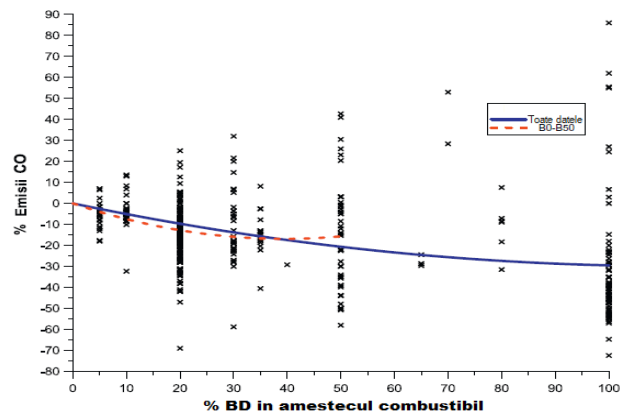
Notații: + + da, creștere semnificativă; + da, creștere neînsemnată; = la fel; - nu, scădere neînsemnată; -- nu, scădere semnificativă; NC-datele obținute nu sunt concludente; ND-nu sunt date disponibile;

rapiță) [100]. Alți cercetători au obținut rezultate mai puțin impresionante; astfel Utlu și Kcak [101] au obținut o reducere a emisiilor de CO de doar 17,13% față de motorină.

Din figura 2.2 se poate observa variația concentrației de CO în gazele de ardere, aceasta scăzând odată cu creșterea concentrației de biodiesel în amestecul carburant.

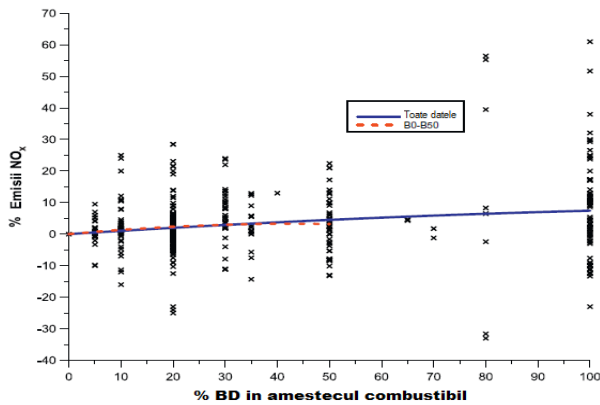


**Fig. 2.1. Variația emisiilor de PM funcție de concentrația de BD în amestecul combustibil (adaptare după [97]).**

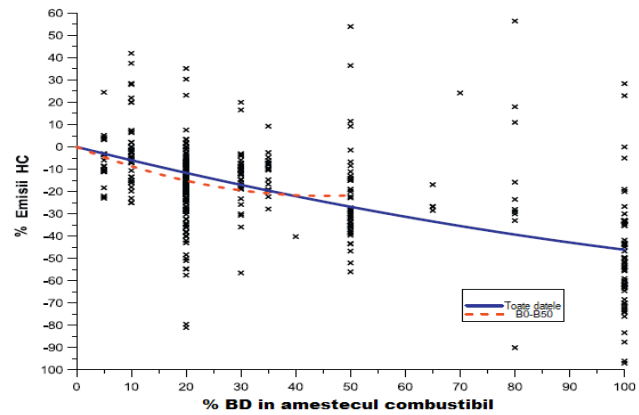


**Fig. 2.2. Variația emisiilor de CO funcție de concentrația de BD în amestecul combustibil (adaptare după [97]).**





**Fig. 2.4.** Variația emisiilor de NO<sub>x</sub> funcție de concentrația de BD în amestecul combustibil (adaptare după [97]).



**Fig. 2.3.** Variația emisiilor de HC funcție de concentrația de BD în amestecul combustibil (adaptare după [97]).

Și în cazul emisiilor de HC au fost raportate reduceri ale acestora la înlocuirea motorinei cu biodiesel pur [87, 91, 92, 103]. Astfel Wu și al. [91] a raportat că toate cele 5 tipuri de biodiesel investigate au condus la o scădere a emisiilor de HC de 45 – 67% față de motorină. O reducere de 63% a acestor emisii a fost detectată și de Puhan și al. [103] prin substituirea motorinei cu biodiesel. Totuși sunt autori care au raportat o scădere mai mică a acestor emisii; în [92] cele 8 tipuri de biodiesel studiate au condus la o reducere de doar 22,47 – 33,15% , iar în [87] se arată o reducere de 26,2%. Chiar și o creștere a emisiilor de HC a fost raportată de Banapurmatha și al. [102] și de Macor și al. [104]. În figura 2.3 se poate observa variația concentrației de HC în gazele de ardere, aceasta scăzând odată cu creșterea concentrației de biodiesel în amestecul carburant.

La înlocuirea motorinei convenționale cu biodiesel, în analiza comparativă a gazelor de ardere, majoritatea studiilor publicate arată o creștere a emisiilor de NO<sub>x</sub> [88 – 90, 92, 100]. Ozesen și al. [100] au observat că la utilizarea biodieselului din ulei uzat de palmier sau rapiță emisiile de NO<sub>x</sub> cresc cu 22,13%, respectiv 6,48%. În urma studiului a 8 tipuri de biodiesel Lin și al. [92] utilizate în motoare diesel s-a obținut o creștere față de diesel de 5,58 – 25,97% a emisiilor de NO<sub>x</sub>.

Multe alte studii [102, 103, 105] au arătat o scădere a acestor emisii când au fost comparate cu rezultatele obținute de motorina fosilă. La utilizarea biodieselului în locul motorinei Puhan și al. [103] a observat o reducere de 12% a emisiilor de NO<sub>x</sub>.

Dorado și al. [105] au obținut o reducere de peste 20% la utilizarea biodieselului din ulei uzat de măsline. Banapurmatha și al. [102] au raportat o reducere a emisiilor de NO<sub>x</sub> la înlocuirea motorinei cu biodiesel.

În figura 2.4 se poate observa variația concentrației de NO<sub>x</sub> în gazele de ardere, aceasta scăzând odată cu creșterea concentrației de biodiesel în amestecul carburant.

Prin prisma rezultatelor prezentate se poate concluziona că utilizarea biodieselului ca și combustibil în locul motorinei fosile, indiferent de materia primă folosită la producerea sa, conduce la reduceri semnificative ale emisiilor de PM, CO și HC. Totuși, în majoritatea studiilor disponibile, emisiile de NO<sub>x</sub> au valori mai mari.

### 2.3. Concluzii

Beneficiile uleiurilor vegetale și ale biodieselului privind impactul asupra mediului sunt numeroase. Astfel, comparate cu combustibilul fosil pe care îl înlocuiesc, uleiurile vegetale și biodieselul sunt

inofensive pentru viața acvatică, putând fi utilizate în special în ape dulci sau în mediul marin. Biodieselul este biodegradabil în apă, în doar trei săptămâni acesta se biodegradează în proporție de până la 98%.

Biodieselul conține doar urme de sulf, și spre deosebire de combustibilii fosili nu contribuie la formarea ploilor acide. În special, lipsa sulfului face biodieselul potrivit ca aditiv în combustibilul cu sulf redus pentru a îmbunătăți ungerea și pentru a fi folosit în reacția catalitică de oxidare.

Totodată, producerea de biocombustibili conduce la creșterea activității economice în mediul rural și poate lărgi scopul productiv al agriculturii.

În urma combustiei biodieselului în motoarele diesel rezultă următorii poluanți atmosferici:  $N_2$  – azot,  $CO_2$  – dioxid de carbon,  $H_2O$  – vapori de apă, CO – monoxid de carbon, HC – hidrocarburi neare, COV – compuși organici volatili,  $NO_x$  – oxizi de azot și PM – particule materiale în suspensie.

Numeroase experimente efectuate până în prezent au arătat că utilizarea biodieselului ca și combustibil pentru motoarele diesel conduce la reduceri substanțiale ale emisiilor de PM, HC și CO. Totuși o ușoară creștere a emisiilor de  $NO_x$  a fost observată de cercetători la înlocuirea combustibilului fosil cu biodiesel.

În ceea ce privește emisiile de CO majoritatea studiilor arată că acestea ar putea fi reduse prin înlocuirea motorinei cu biodiesel.

Majoritatea cercetărilor au arătat că utilizarea biodieselului la motoarele diesel conduce la o scădere importantă a emisiilor de PM. Totuși sunt studii care nu arată rezultate diferite în ceea ce privește emisiile de particule materiale în suspensie dar și studii care arată o creștere a acestor emisii la utilizarea biodieselului în locul motorinei.

Și în cazul emisiilor de HC au fost raportate reduceri ale acestora la înlocuirea motorinei cu biodiesel pur. Totuși, sunt autori care au raportat o ușoară creștere a acestor emisii.

La înlocuirea motorinei convenționale cu biodiesel, în analiza comparativă a gazelor de ardere, majoritatea studiilor publicate arată o creștere a emisiilor de  $NO_x$ . Totuși, multe alte studii au arătat o scădere a acestor emisii când au fost comparate cu rezultatele obținute de motorina fosilă.

Prin prisma rezultatelor prezentate în numeroase studii se poate concluziona că utilizarea biodieselului ca și combustibil în locul motorinei fosile, indiferent de materia primă folosită la producerea sa, conduce la reduceri semnificative ale emisiilor de PM, CO și HC. Totuși, în majoritatea studiilor disponibile, emisiile de  $NO_x$  obțin valori mai mari.

Prin utilizarea amestecurilor carburante cu conținut de biocombustibil de până la 5% în amestec, nu au fost observate variații ale emisiilor de NO,  $NO_2$  și  $NO_x$ ; în unele cazuri a fost observată chiar o reducere a acestor emisii. Totuși, în cazul utilizării unor amestecuri combustibile cu conținut crescut de biocarburant, s-au observat creșteri de 12 – 26% ale emisiilor de  $NO_x$ , izolat de 58% față de motorina fosilă.

Se poate concluziona că utilizarea biocombustibililor puri sau în amestec cu motorina fosilă conduce la reducerea emisiilor de CO, HC, PM. Totuși, emisiile de  $NO_x$  cresc, fapt ce obligă la cercetări asidue pentru găsirea de soluții pentru reducerea acestui tip de emisie poluantă.

## 3. Metodologia de evaluare a ciclului de viață

Evaluarea ciclului de viață (ECV) este o metodă de comparare a impactului asupra mediului a produselor, tehnologiilor sau serviciilor având în vedere întreg ciclul de viață, așa numit de la leagăn la mormânt [108]. Sunt luate în considerare toate emisiile cu impact asupra mediului din cadrul etapelor de producere, utilizare și eliminare; sunt incluse și emisiile din cadrul etapelor de extragere a materiei prime, producere a materialelor și energiei, precum și toate procesele și subprocesele auxiliare.

ECV este o metodă cu structură fixă în concordanță cu standardul internațional ISO 14040. Pentru elaborarea eficientă a unui studiu ECV sunt disponibile numeroase baze de date comerciale ce conțin informații despre procese, fluxuri de materiale și de energie.

Cele mai cunoscute și utilizate baze de date sunt ELCD, ecoinvent, SimaPro, Umberto, GaBi, utilizate de programe specializate precum Gabi, SimaPro, Umberto și Boustead Model. O prezentare a bazelor de date pentru ECV sunt prezentate în tabelul 3.1.

Metoda de evaluare a ciclului de viață este una dintre cele mai importante instrumente de informare ale politicii de produs orientate către mediu.

Un studiu de ECV constă din 4 faze principale [109]:

- Definirea scopului și a domeniului de aplicare;
- Analiza inventarului;
- Evaluarea impactului;
- Interpretarea rezultatelor.

Acest tip de studiu poate fi utilizat în dezvoltarea de produse (ecodesign), la îmbunătățirea acestora, pentru planificarea strategică și luarea deciziilor, la elaborarea de politici și reglementări, în marketing, pentru obținerea etichetei verzi, etc [108].

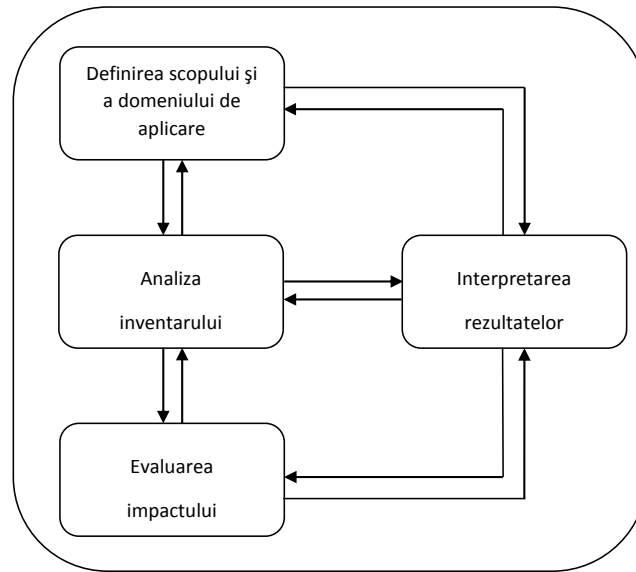


Fig. 3.1. Etapele studiului de evaluare a ciclului de viață [109].

Etapele realizării unui studiu de evaluare a ciclului de viață, precum și legăturile dintre acestea sunt prezentate în figura 3.1.

### 3.1. Definirea scopului și a domeniului de aplicare

În acest prim pas al realizării unui studiu de Evaluare a Ciclului de Viață se definesc scopul pentru care se întocmește studiul, domeniul în care se vor utiliza rezultatele obținute precum și principalele ipoteze considerate.

Definirea scopului studiului este primul element de descris, precum și motivele ce au condus la acesta, tipul de decizii ce vor fi luate în urma analizei rezultatelor obținute și dacă acestea vor fi de uz intern (în cadrul companiei) sau extern (pentru informarea opiniei publice) [111]. Evaluarea ciclului de viață Well-to-wheel este specifică evaluării combustibililor auto și este descrisă în figura de mai jos.

În al doilea rând se definește sistemul considerat pentru studiu, limitele lui (geografice, conceptuale și temporale), calitatea datelor de prelucrat și limitele studiului. Unul dintre cele mai importante elemente definite este unitatea funcțională [109], adică unitatea de măsură a produsului sau serviciului al cărui impact asupra mediului se evaluează. De cele mai multe ori este exprimată în bucăți de produs, însă este necesar să se considere cantitatea de produse necesare pentru a realiza o anumită funcție [111].

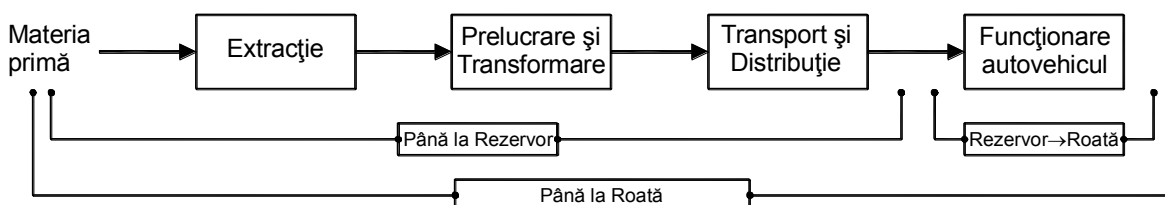


Fig. 3.2. Scopul analizei Până-la-roată (Well-to-Wheel) pentru lanțul de alimentare cu combustibil și sistemele cu autovehicule [112].

### **3.2. Analiza inventarului**

Analiza inventarului este tehnic un proces de colectare a datelor pentru a cuantifica intrările și ieșirile sistemului studiat, așa cum au fost definite în scopul analizei [109]. Sunt inventariate consumurile de materie primă, energie, utilaje și echipamente, consumabile, etc., emisiile în aer, apă, sol și deșeurile solide rezultate în cadrul sistemului studiat și sunt divizate în subsisteme și procese unitare și datele rezultate sunt grupate în diferite categorii ale Inventarului Ciclului de Viață (ICV) [111].

### **3.3. Evaluarea impactului**

Prin Evaluarea Impactului Ciclului de Viață (EICV) sunt identificate și caracterizate potențialele efecte asupra mediului ale sistemului studiat [109]. EICV constă din 4 etape [111, 113]:

- Clasificarea fluxurilor inventarului pe categorii de impact (de exemplu, încălzire globală, poluarea aerului, a apei și a solului, epuizarea resurselor naturale, sănătate umană, impact asupra ecosistemelor etc.). În acest scop, datele din tabelul-inventar sunt grupate împreună într-un număr de categorii de impact. Categoriile de impact includ cele din emisii în mediu și prin consumul de resurse naturale, precum și alte intervenții asociate cu obținerea produselor care apar când se extrag resurse minerale, combustibili fosili etc.;
- Modelarea datelor inventarului în interiorul categoriilor de impacturi de mediu potențiale; sunt calculate rezultatele indicatorilor pe categorii (caracterizare). Indicatorii pe categorii reflectă emisiile agregate sau utilizarea resurselor pentru fiecare categorie de impact. Se analizează și se estimează magnitudinea impacturilor potențiale asupra sănătății umane, ecologice, epuizării resurselor pentru fiecare categorie de impact. Rezultatele indicatorilor pentru diferitele categorii de impact reprezintă împreună profilul evaluării impacturilor pentru sistemul-produs;
- Normalizarea și ponderarea fiecărei categorii de impact. Normalizarea oferă baza pentru compararea diferitelor categorii de impact asupra mediului (toate impacturile sunt exprimate cu aceeași unitate). Ponderarea implică alocarea unui factor de pondere pentru fiecare categorie de impact, în funcție de importanța relativă. Dacă este necesar, impacturile individuale pot fi agregate într-un indice compozit unic de mediu. Această etapă nu este totdeauna necesară.

Principalele rezultate ale acestei faze sunt: profilul de mediu, profilul normalizat al mediului și profilul ponderat [113].

### **3.4. Interpretarea rezultatelor**

În această etapă sunt prezentate rezultatele finale ale studiului, în care constatările din analiza inventarului și din evaluarea impactului sunt combinate, pentru a ajunge la concluzii și recomandări. Se efectuează o analiză a contribuțiilor majore, o analiză de sensibilitate și de incertitudine care pot conduce la concluzii asupra satisfacerii scopului și obiectivelor studiului de evaluare a ciclului de viață. Constatările acestei interpretări pot lua forma unor recomandări finale, referitoare la domeniile în care va trebui să se acționeze cu prioritate, pentru prevenirea consecințelor ecologice și prejudicierii sănătății umane. În mod tipic, această fază va genera decizii sau un plan de acțiuni [114].

### **3.5. Softul utilizat în evaluarea ciclului de viață**

Pentru a realiza studiul de Evaluare a Ciclului de Viață al uleiului de rapiță ca și combustibil pentru motoarele diesel și al biodieselului obținut din acest ulei vegetal s-a utilizat softul SimaPro versiunea academică 7.3.3. Acesta a fost pusă la dispoziție de domnul profesor Xavier GABARRELL DURANY și domnul dr. Carles MARTÍNEZ GASOL și utilizat în cadrul laboratorului de specialitate (UAB – Barcelona) precum și în laboratorul IRTA din Cabriels, Barcelona.

Softul SimaPro este un soft dedicat pentru realizarea de studii ECV în acord cu specificațiile ISO 14040 [115]. Acesta este util și pentru calcularea amprentei de carbon, proiectarea produselor și eco-proiectare, întocmirea declarațiilor de mediu pentru produse (EPD), calculul impactului asupra mediului al produselor sau serviciilor, întocmirea rapoartelor de mediu (GRI), stabilirea de indicatori cheie de performanță din ciclul de viață al produsului sau serviciului studiat.

Bazele de date utilizate de SimaPro v7.3.3. conțin informații despre 12.228 de procese din următoarele domenii: energie, transport, materiale de construcții, produse chimice, agenți de spălat, materiale plastice, metale, lemn, hârtie și carton, agricultură, mâncare și gestionarea deșeurilor.

Pentru evaluarea impactului pe durata ciclului de viață a produselor și serviciilor pot fi utilizate diferite metode oferite de soft, în funcție de scopul în care rezultatele obținute vor fi folosite dar și de gradul de conștientizare al publicului țintă. Astfel, rezultatele obținute utilizând metodele ReCiPe, Eco-indicator 99, Impact 2002+ sau EPS 2000 sunt prezentate într-o formă relativ simplă de înțeles, în detrimentul preciziei informației comunicate. Celelalte metode ce pot fi folosite pentru realizarea unui studiu ECV USEtox, IPCC 2007, CML IA, Traci 2, BEES, EDIP 2003, Ecological scarcity 2006, Greenhouse Gas Protocol, Ecological footprint oferă informații detaliate cu privire la proveniența impactului și arată activitățile cu cel mai mare aport.

În prezentul studiu a fost utilizată metoda CML IA 2000, impactul obținut fiind defalcat pe 10 categorii.

### **3.6. Concluzii**

Evaluarea ciclului de viață (ECV) ca metodă cu structură fixă, în concordanță cu standardul ISO 14040, are scopul de a compara impactul asupra mediului a produselor, tehnologiilor sau serviciilor având în vedere întreg ciclul de viață. Sunt luate în considerare toate emisiile cu impact asupra mediului din cadrul etapelor de producere, utilizare și eliminare; sunt incluse și emisiile din cadrul etapelor de extragere a materiei prime, producere a materialelor și energiei, precum și toate procesele și subprocesele auxiliare.

Acest tip de studiu poate fi utilizat în dezvoltarea de produse (ecodesign), la îmbunătățirea acestora, pentru planificarea strategică și luarea deciziilor, la elaborarea de politici și reglementări, în marketing, pentru obținerea etichetei verzi, etc.

Într-o primă etapă se definesc scopul pentru care se întocmește studiul, domeniul în care se vor utiliza rezultatele obținute precum și principalele ipoteze considerate.

Definirea scopului studiului este primul element de descris, precum și motivele ce au condus la acesta, tipul de decizii ce vor fi luate în urma analizei rezultatelor obținute și dacă acestea vor fi de uz intern (în cadrul companiei) sau extern (pentru informarea opiniei publice). Evaluarea ciclului de viață Well-to-wheel este specifică evaluării combustibililor auto.

În al doilea rând se definește sistemul considerat pentru studiu, limitele lui (geografice, conceptuale și temporale), calitatea datelor de prelucrat și limitele studiului. Unul dintre cele mai importante elemente definite este unitatea funcțională, adică unitatea de măsură a produsului sau serviciului al cărui impact asupra mediului se evaluează.

Analiza inventarului este tehnic un proces de colectare a datelor pentru a cuantifica intrările și ieșirile sistemului studiat, așa cum au fost definite în scopul analizei.

Prin Evaluarea Impactului Ciclului de Viață (EICV) sunt identificate și caracterizate potențialele efecte asupra mediului ale sistemului studiat. EICV constă din 4 etape [111, 113]:

- Clasificarea fluxurilor inventarului pe categorii de impact;
- Modelarea datelor inventarului în interiorul categoriilor de impacturi de mediu potențiale; sunt calculate rezultatele indicatorilor pe categorii (caracterizare);
- Normalizarea și ponderarea fiecărei categorii de impact. Normalizarea oferă baza pentru compararea diferitelor categorii de impact asupra mediului (toate impacturile sunt exprimate cu aceeași unitate). Ponderarea implică alocarea unui factor de pondere pentru fiecare categorie de impact, în funcție de importanța relativă.

Principalele rezultate ale acestei faze sunt: profilul de mediu, profilul normalizat al mediului și profilul ponderat.

În cadrul etapei de interpretare a rezultatelor, acestea sunt comparate cu rezultate privind analiza ciclului de viață pentru produse sau tehnologii considerate convenționale în domeniul studiat. Constatările din analiza inventarului și din evaluarea impactului sunt combinate, pentru a ajunge la concluzii și recomandări.

Se efectuează o analiză a contribuțiilor majore, o analiză de sensibilitate și de incertitudine care pot conduce la concluzii asupra satisfacerii scopului și obiectivelor studiului de Evaluare a Ciclului de Viață.

Constatările acestei interpretări pot lua forma unor recomandări finale, referitoare la domeniile în care va trebui să se acționeze cu prioritate, pentru prevenirea consecințelor ecologice și prejudicierii sănătății umane. În mod tipic, această fază va genera decizii sau un plan de acțiuni.

## 4. Evaluarea ciclului de viață la producerea uleiului de rapiță pentru motoarele diesel

Confruntându-se cu necesitatea de a reduce emisiile de gaze cu efect de seră și, în același timp, dorindu-se diversificarea surselor de energie pentru reducerea supradependenței de combustibilii fosili, Uniunea Europeană re-examinează modul în care agricultura poate contribui la satisfacerea acestor provocări [116].

În UE, transportul este responsabil pentru aproape un sfert din emisiile de gaze cu efect de seră; este esențial să se găsească modalități de reducere a emisiilor provenite din transporturi. Biocombustibilii oferă cea mai bună opțiune pe termen scurt/mediu pentru a înlocui o parte semnificativă a combustibililor fosili. Biocombustibilii, o resursă regenerabilă, sunt produși din biomasă; pot fi integrați cu ușurință în sisteme de alimentare cu combustibil.

Astfel este necesară realizarea de studii pentru a evalua impactul asupra mediului, performanța energetică și economică a biocombustibililor produși în România.

În lucrarea de față este demonstrată superioritatea utilizării uleiului de rapiță din punct de vedere al protecției mediului față de motorina minerală, în condițiile de climă și sol specifice zonelor propice agriculturii din România.

Mai mult, sunt prezentate etapele cu cel mai mare impact asupra mediului sau cu cel mai mare consum de energie, ceea ce oferă informații despre posibile îmbunătățiri ale sistemului analizat, putându-se crește potențialul acestei culturi ca și sursă de energie regenerabilă.

Pentru evaluarea performanței de mediu a rapiței (*Brassica Napus Oleifera*) ca și cultură energetică au fost colectate informațiile necesare întocmirii studiului de Evaluare a Ciclului de Viață din dosarele contabile ale SC AGROFIN INVEST SRL din anul agricol 2011 – 2012, cu amabilitatea domnului director Dan CIUHUREANU. Astfel a fost considerat un lot de 1 hectar, selectat din totalul de 150 hectare, cultivată în zona lacului Brateș, județ Galați (45,53°N, 28,08°E). În acest studiu au fost considerate:

- Cantitatea de utilaje și mașini agricole utilizate, precum și materialele necesare întreținerii acestora;
- Cantitatea de fertilizatori aplicată pe întreaga suprafață cultivată;



- Cantitatea de erbicide și insecticide aplicată pe întreaga suprafață cultivată;
- Cantitatea de apă utilizată la irigarea terenului;
- Cantitatea de biomasă produsă în t/ha·an (biomasă solidă și ulei vegetal).

Trebuie menționat că zona de sud a Podișului Moldovei are soluri propice culturii de rapiță și este caracterizată de o temperatură medie anuală este de 10,7°C [121].

Cantitatea medie a precipitațiilor anuale este de 420 – 430 mm [122] iar în semestrul cald (1 Aprilie – 30 Septembrie) este de 600 mm iar numărul de zile de îngheț este de 92 zile.

#### **4.1. Definierea scopului și a domeniului de aplicare**

Scopul cercetărilor efectuate este de a evalua impactul asupra mediului a producerii uleiului de rapiță, considerat biocombustibil, în zona de Sud a Moldovei, România. De asemenea, în cadrul acestui studiu sunt evidențiate procesele cu cel mai mare impact asupra mediului, putându-se astfel îmbunătăți rezultatele obținute prin aplicarea de măsuri corective. Un alt scop este acela de a demonstra calitatea superioară din punct de vedere al protecției mediului a uleiului de rapiță în comparație cu combustibilul fosil pe care îl înlocuiește.

#### **4.2. Unitatea funcțională**

Pentru simplificarea calculelor, în acest studiu a fost aleasă ca unitate funcțională cultivarea a 1 hectar cu rapiță de iarnă pe o perioadă de 1 an, urmând a se calcula, în funcție de productivitatea recoltei, impactul asupra mediului avut de obținerea a 1 kilogram ulei de rapiță.

#### **4.3. Descrierea sistemului**

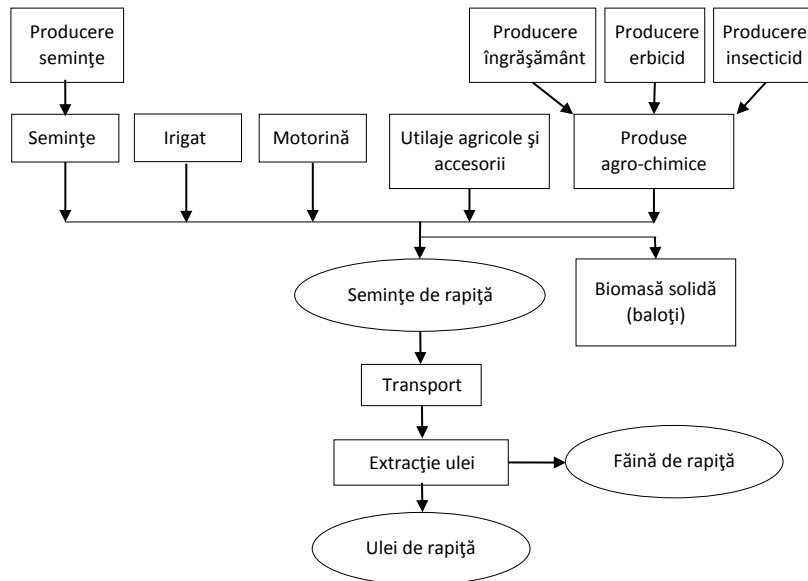
În sistemul studiat sunt incluse subsistemul de cultivare, subsistemul de transport și extragerea uleiului de rapiță, acestea fiind prezentate schematic în figura 4.2.

În afară de lucrările agricole, sunt luate în calcul diferite intrări, precum: combustibil, produsele agro-chimice: erbicid, insecticid, îngrășământ și emisiile acestora în aer și sol, semințe, mașinile și utilajele agricole precum și transportul de la fermă la terenul cultivat a muncitorilor, a substanțelor aplicate pe sol și a semințelor dar și transportul de la fermă a baloților de biomasă și a semințelor obținute la fabrica de producere a uleiului de rapiță. Pentru toate lucrările agricole precum și pentru supravegherea culturii au fost considerate un număr total de 5 călătorii a câte 5 km fiecare.

A fost totuși exclus impactul asupra mediului avut de producerea instalației de extracție și rafinare a uleiului datorită impactului foarte redus pe care aceasta îl are luând în considerare cantitatea de ulei produsă pe durata de viață a instalației [123,124].

Randamentul de extracție a uleiului este considerat a fi de 97%, ținând cont de conținutul de 45,67% de ulei în semințele de rapiță [120, 126, 127, 128], iar impactul acestuia a fost determinat prin scăderea impactului corespunzător biomasei solide din impactul total calculat. Extracția uleiului s-a realizat în două etape, prin presare și extracția hexanului. Prin utilizarea tehnicii de extracție cu hexan crește cantitatea de ulei extrasă din semințe [129 – 131].

Au fost considerate ca inputuri în sistemul studiat, cantitatea de hexan necesară extracției uleiului, apa consumată, energia electrică și gazul metan.



**Fig. 4.2.** Descrierea sistemului de obținere a biodieselului din ulei de rapiță [125].

Utilizarea, ca și combustibil, a uleiului de rapiță, nu a fost inclusă în această etapă a studiului, rezultatele experimentale fiind prezentate în capitole viitoare.

#### **4.4. Analiza inventarului pentru elementele relevante de intrare și ieșire ale unui sistem-produs**

Datele cu privire la sistemul agricol studiat au fost colectate din teren și obținute de la producător, ele corespunzând anului agricol 2011 – 2012. Astfel au fost colectate date despre tipul și cantitatea de îngrășământ, insecticid și erbicid aplicate suprafeței cultivate cu rapiță (kg/ha-an), cantitatea de semințe utilizate (kg/ha-an) precum și numărul de ore de funcționare a mașinilor agricole și utilizarea accesoriilor lor (h/ha-an).

Datele cu privire la consumul de apă utilizată pentru irigarea recoltei au fost colectate din registrele contabile ale SC AGROFIN INVEST SRL pe anul agricol 2011-2012. Nu au fost considerate impacturile asociate producerii instalației de irigare. Datele cu privire la procesele de producere a îngrășământului, insecticidului și erbicidului, a tractoarelor și accesoriilor acestora precum și datele despre producerea, distribuția și consumul combustibilului fosil folosit au fost luate din baza de date ecoinvent [120, 132].

Toate informațiile colectate și prelucrate pentru a evalua faza agricolă sunt prezentate în tabelul 4.1.

Producția obținută de pe lotul luat în studiu a fost de 4.000 kg semințe rapiță și 4.000 kg substanță uscată de resturi de tulpini, silicve și frunze. Biomasa solidă obținută este păstrată în baloți, putând fi utilizată ca și combustibil; se va considera aportul biomasei la totalul impactului la cultivarea a 1 hectar rapiță.

Metodele utilizate în realizarea Inventarului Ciclului de Viață al uleiului de rapiță sunt bazate pe metodologia descrisă în [132] și în EU Concerted Action AIR-CT94-2028 [134].

**Tabelul 4.1. Lucrările agricole efectuate pe lotul analizat [133].**

Operațiunea	Tractor masa [kg]	Accesoriu utilizat			Intrări	
		denumire	masa [kg]	timp de utilizare [h/ha]	combustibil [l/ha·an]	alte substanțe
Arat	9.000	plug	800	2	20	
Frezat	9.000	freză	1.500	1	10,50	
Discuit	9.000	grapa cu discuri	3.000	0,50	6	
Aplicare îngrășământ	4.000	echipament aplicare îngrășământ	1.200	0,50	2	500 kg/ha·an NPK 15-15-15
Semănat	9.000	semănătoare	800	0,75	7,50	3.500 kg sr/ha·an
Irigat						600 l/ha
Aplicare erbicid	4.000	pulverizator	3.000	0,25	2	1 kg/ha·an Fusilade Forte (fluazifop-p-butil)
Aplicare insecticid	4.000	pulverizator	3.000	0,25	2	0.15 kg/ha·an Karate-Zeon
Recoltat	10.000			1	10	

#### 4.5. Rezultatele evaluării impactului potențial asupra mediului

În tabelul 4.3 sunt prezentate rezultatele obținute la cultivarea a 1 hectar cu rapiță de iarnă. Producția obținută la cultivarea rapiței de iarnă pe suprafață studiată în anul agricol 2011 – 2012 este de 4.000 kg semințe de rapiță și aproximativ 4.000 kg biomasă solidă, rezultate utilizate pentru determinarea performanței de mediu a culturii.

**Tabelul 4.3. Impactul asupra mediului a sistemului de producție a rapiței (etapa agricolă și transport).**

Categoria de impact	Unitatea de măsură	Etapă agricolă	Emisiile în aer la aplicarea îngrășământului	Transport	TOTAL/ha
Potențialul de epuizare a resurselor abiotice (ADP)	kgSbeq	9,735	0	1,203	10,939
Potențialul de acidificare (AP)	kgSO <sub>2</sub> eq	8,227	0,794	1,482	10,503
Potențialul de eutrofizare (EP)	kgPO <sub>4</sub> eq	3,019	0,177	0,334	3,532
Potențialul de încălzire globală (GWP100)	kgCO <sub>2</sub> eq	1556,734	2,900	184,868	1744,502
Potențialul de distrugere a ozonului (ODP)	kgCFC11eq	0,119E <sup>-03</sup>	0	2,328E <sup>-05</sup>	1,419E <sup>-04</sup>
Potențialul de toxicitate umană (HTP)	kg1,4-DBeq	1377,029	0,289	118,262	1495,580
Potențialul de ecotoxicitate a apelor dulci (FWAEP)	kg1,4-DBeq	513,635	0	4,171	517,806
Potențialul de ecotoxicitate a apelor sărate (MAEP)	kg1,4-DBeq	1063875	0	18453,567	1082,328E <sup>+03</sup>
Potențialul de ecotoxicitate a solului (TEP)	kg1,4-DBeq	22,877	0	0,111	22,988
Potențialul de formare a ozonului foto-chimic (POCP)	kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	0,366	0	0,026	0,393

Pentru a determina impactul avut la obținerea a 1 kg ulei de rapiță, impactul total se alocă proporțional cu Puterea Calorifică Inferioară (LHV) a produselor rezultate în urma recoltării: biomasă solidă (paie, frunze, silicve) și ulei de rapiță. Astfel, conform [146] LHV pentru paie este de 14,6 MJ/kg și conform [147] LHV pentru uleiul de rapiță este de 37,2 MJ/kg; se ține cont și de conținutul de 45,67% ulei în semințele de rapiță [128]. Este inclus și impactul generat de transportul semințelor la fabrica de ulei precum și cel generat de procesul de extracție a uleiului. Alte inputuri considerate la obținerea a 1 kilogram ulei de rapiță au fost: apă (1 kg); hexan (0,0045 kg); gaz metan (2,79 MJ); Energie electrică (2,63 MJ).

Astfel, în tabelul 4.4 se descrie impactul avut la producerea a 1 kg ulei de rapiță și 3,38 kg biomasă solidă.

**Tabelul 4.4. Alocarea impactului asupra mediului la biomasa solidă și la uleiul de rapiță.**

Categoria de impact	Unitatea de măsură	Biomasă solidă (3,38 kg)	Ulei rapiță (1 kg)	TOTAL
Potențialul de epuizare a resurselor abiotice (ADP)	kgSbeq	3,415E <sup>-03</sup>	8,426E <sup>-03</sup>	11,841E <sup>-03</sup>
Potențialul de acidificare (AP)	kgSO <sub>2</sub> eq	3,279E <sup>-03</sup>	5,092E <sup>-03</sup>	8,370E <sup>-03</sup>
Potențialul de eutrofizare (EP)	kgPO <sub>4</sub> eq	1,102E <sup>-03</sup>	3,767E <sup>-03</sup>	4,870E <sup>-03</sup>
Potențialul de încălzire globală (GWP100)	kgCO <sub>2</sub> eq	0,544	1,038	1,582
Potențialul de distrugere a ozonului (ODP)	kgCFC11eq	0,443E <sup>-07</sup>	1,093E <sup>-07</sup>	1,536E <sup>-07</sup>
Potențialul de toxicitate umană (HTP)	kg1,4-DBeq	0,466	0,834	1,300
Potențialul de ecotoxicitate a apelor dulci (FWAEP)	kg1,4-DBeq	0,161	0,616	0,778
Potențialul de ecotoxicitate a apelor sărate (MAEP)	kg1,4-DBeq	337,844	1.338,227	1.676,071
Potențialul de ecotoxicitate a solului (TEP)	kg1,4-DBeq	7,176E <sup>-03</sup>	16,183E <sup>-03</sup>	23,359E <sup>-03</sup>
Potențialul de formare a ozonului foto-chimic (POCP)	kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	0,123E <sup>-03</sup>	0,213E <sup>-03</sup>	0,335E <sup>-03</sup>

Impactul asupra mediului asociat producerii a 1 kg ulei de rapiță, după alocare, este prezentat în tabelul următor.

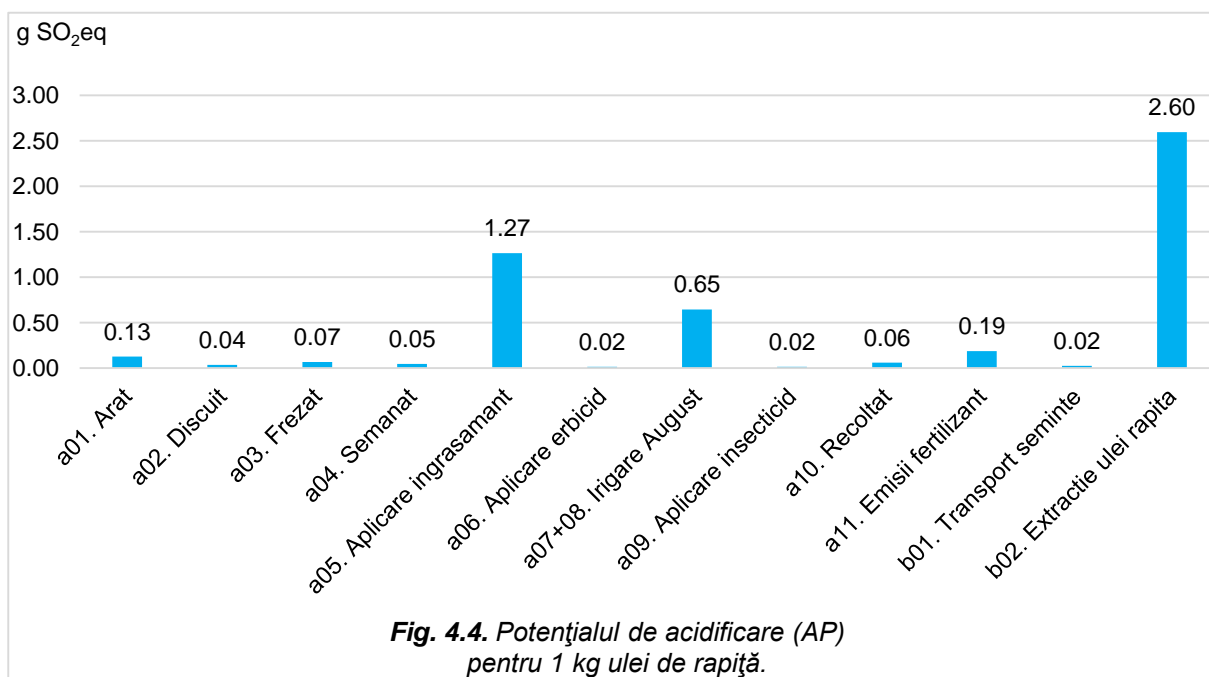
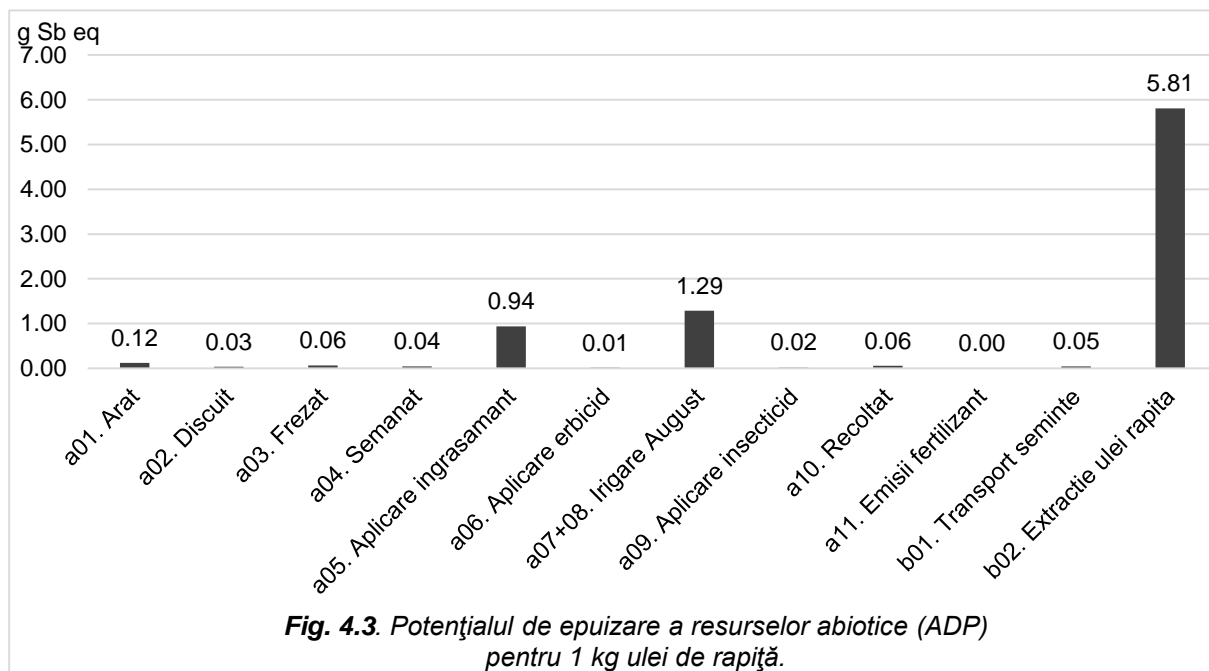
**Tabelul 4.5. Impactul asupra mediului la obținerea uleiului de rapiță [148].**

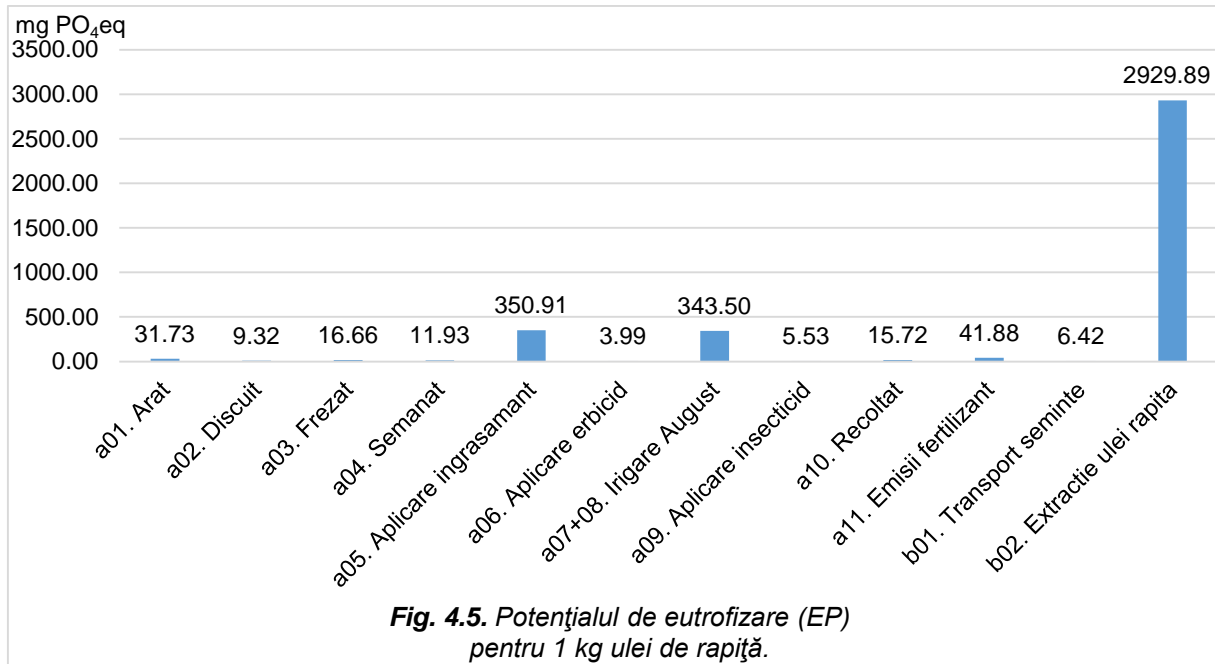
Categoria de impact	UM [kg]	Ulei rapiță (1 kg)			TOTAL
		Etapă agricolă	Transport semințe	Extracție ulei	
Potențialul de epuizare a resurselor abiotice (ADP)	Sbeq	2,574E <sup>-03</sup>	0,045E <sup>-03</sup>	5,807E <sup>-03</sup>	8,426E <sup>-03</sup>
Potențialul de acidificare (AP)	SO <sub>2</sub> eq	2,472E <sup>-03</sup>	0,024E <sup>-03</sup>	2,596E <sup>-03</sup>	5,092E <sup>-03</sup>
Potențialul de eutrofizare (EP)	PO <sub>4</sub> eq	0,831E <sup>-03</sup>	0,006E <sup>-03</sup>	2,930E <sup>-03</sup>	3,767E <sup>-03</sup>
Potențialul de încălzire globală (GWP100)	CO <sub>2</sub> eq	0,410	0,006	0,621	1,038
Potențialul de distrugere a ozonului (ODP)	CFC11eq	3,430E <sup>-08</sup>	1,000E <sup>-09</sup>	6,200E <sup>-08</sup>	9,730E <sup>-08</sup>
Potențialul de toxicitate umană (HTP)	1,4-DBeq	0,351	0,001	0,480	0,834
Potențialul de ecotoxicitate a apelor dulci (FWAEP)	1,4-DBeq	0,121	0,554E <sup>-03</sup>	0,494	0,616
Potențialul de ecotoxicitate a apelor sărate (MAEP)	1,4-DBeq	254,703	1,201	1082,322	1.338,227
Potențialul de ecotoxicitate a solului (TEP)	1,4-DBeq	5,410E <sup>-03</sup>	0,013E <sup>-03</sup>	0,010	0,016
Potențialul de formare a ozonului foto-chimic (POCP)	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	0,093E <sup>-03</sup>	7,74E <sup>-07</sup>	0,119 E <sup>-03</sup>	0,213E <sup>-03</sup>

#### 4.6. Interpretarea rezultatelor analizei inventarului și evaluarea impactului

Aportul fiecărei activități agricole și industriale, necesare pentru producerea a 1 kilogram ulei rapiță, asupra fiecărei dintre cele 10 categorii de impact studiate este prezentat în graficele următoare.

În ceea ce privește potențialul de epuizare a resurselor abiotice (ADP) se observă că cea mai importantă contribuție o are extracția uleiului, reprezentând 68,91% din totalul potențialului. Pe cea de-a doua poziție se situează activitatea de irigare a culturii având un aport de 15,28%, iar cea de-a treia activitate ca potențial de epuizare a resurselor neregenerabile este aplicarea îngrășământului.

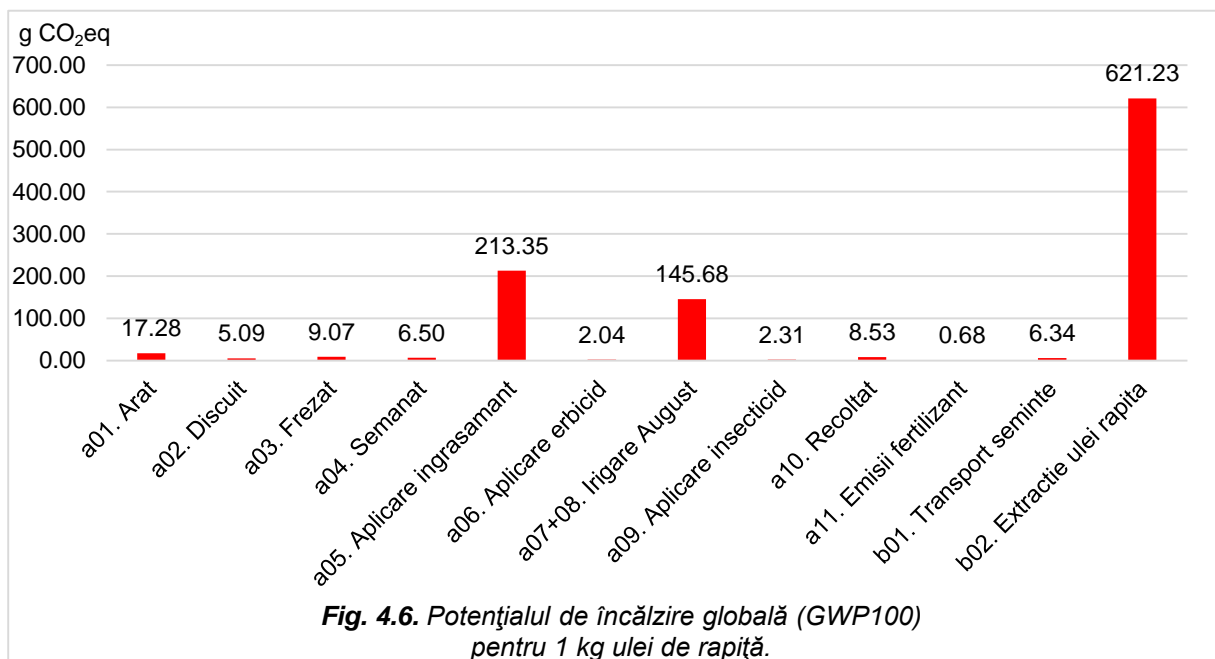


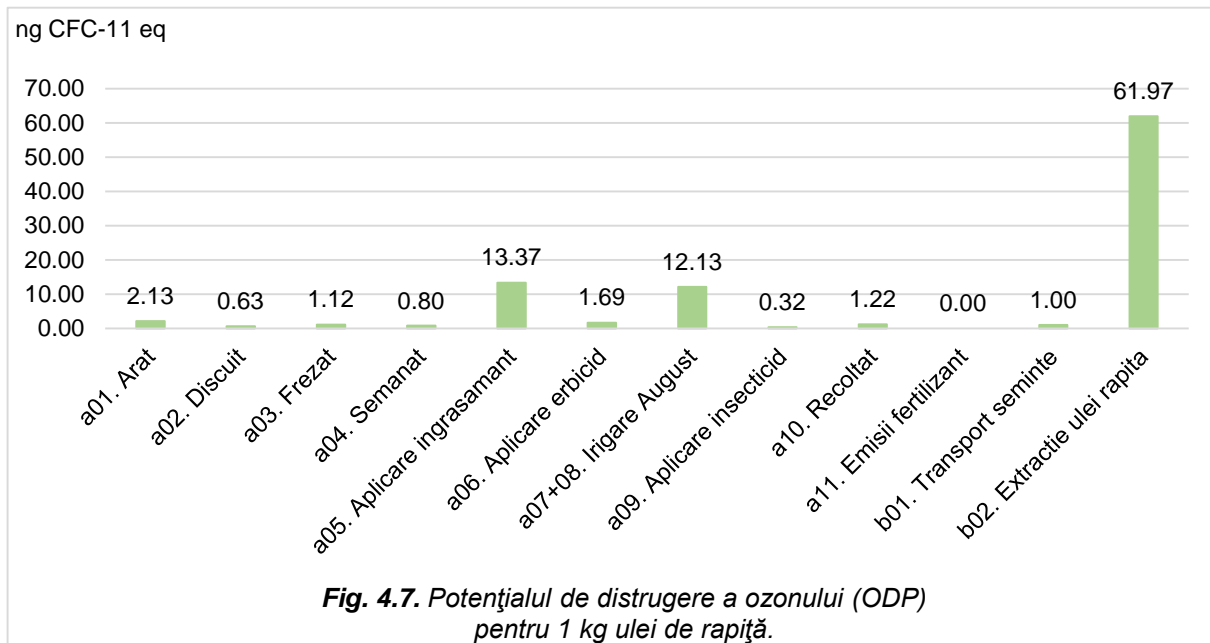


În figura 4.4 sunt prezentate activitățile cu cel mai mare impact asupra potențialului de acidificare (AP). Se observă că extracția uleiului de rapiță este, și în acest caz, activitatea cu cel mai mare impact (50,98%) fiind urmată de activitatea de aplicare a îngrășământului (24,84 %) și de activitatea de irigare a solului (12,68%).

Cu privire la potențialul de eutrofizare a apei, extracția uleiului este activitatea cu cel mai mare impact (77,78%), urmată fiind de activitățile de aplicare a îngrășământului și de irigare, activități cu impact aproape egal (figura 4.5).

În cazul potențialului de încălzire globală (figura 4.6), ca și în cazul potențialului de acidificare, activitatea de extracție a uleiului de rapiță este activitatea cu cel mai mare impact (59,84%) fiind

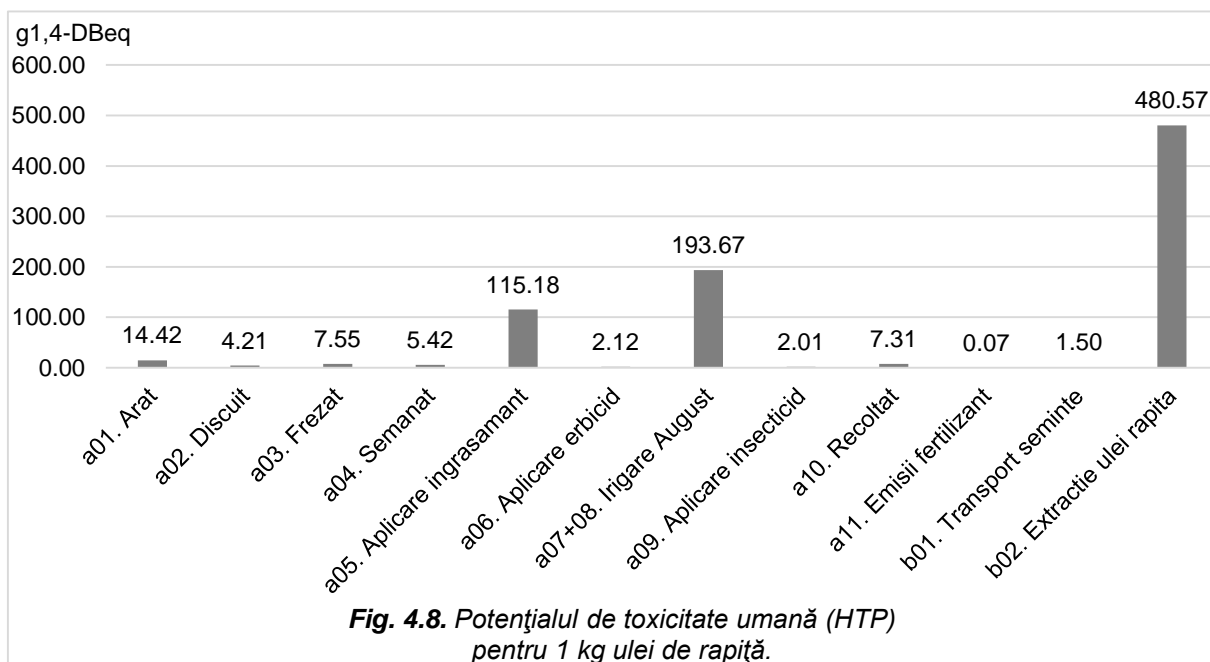


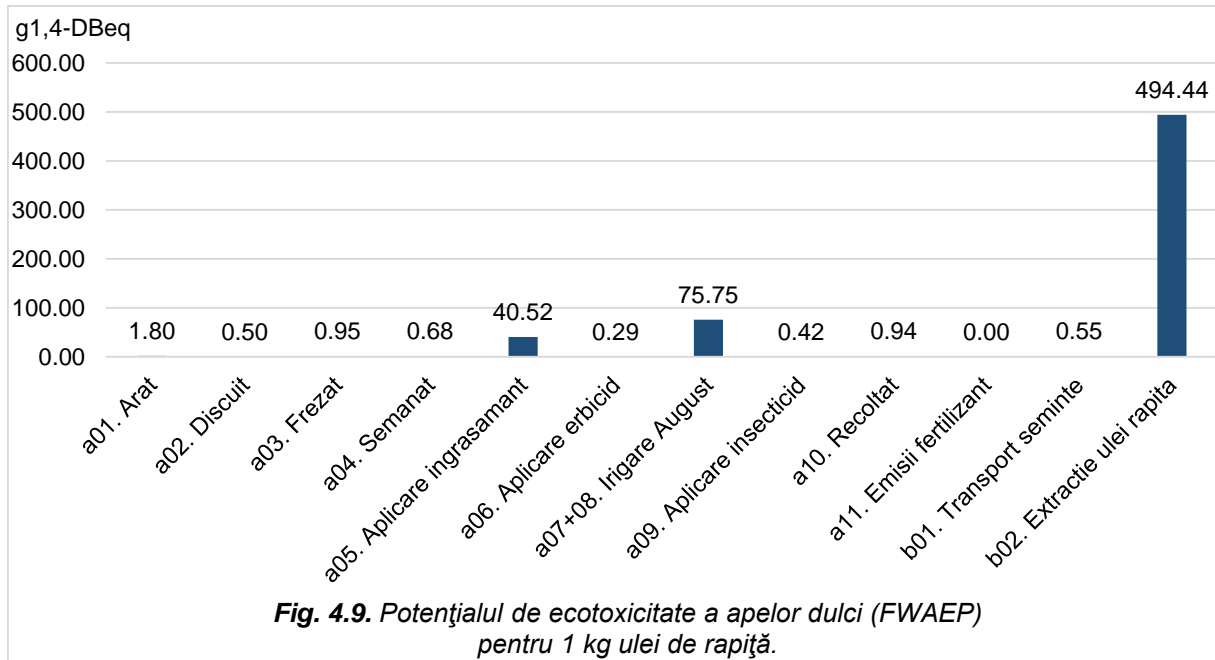


urmată de activitatea de aplicare a îngrășământului (20,55%) și de activitatea de irigare a solului (14,03%).

Rezultatele obținute arată că potențialul de distrugere a ozonului (ODP) a activității de producere a uleiului de rapiță este cel mai crescut (64,29%), urmat fiind de activitatea de aplicare a îngrășământului (13,87%) și apoi de activitățile de irigare a solului (12,58%).

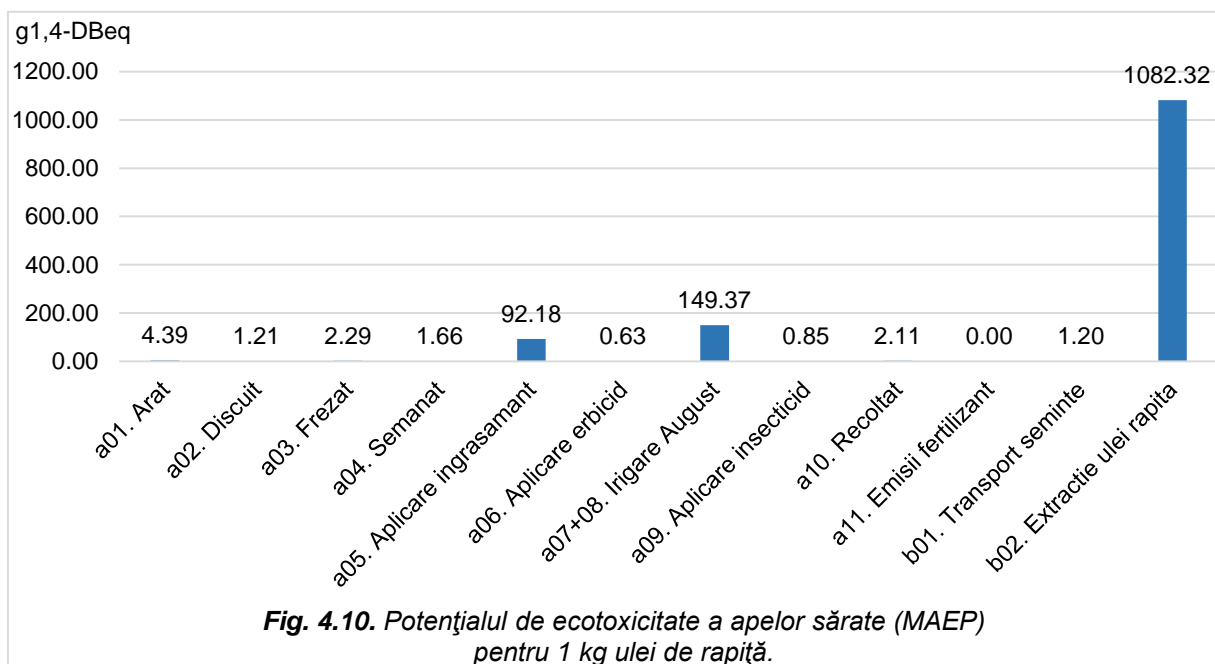
Din figura 4.8 observăm că cel mai important impact îl are activitatea de extracție a uleiului de rapiță (57,62%). Activitatea de irigare a solului contribuie la această categorie de impact cu 23,22%, iar aplicarea îngrășământului cu 13,81%.



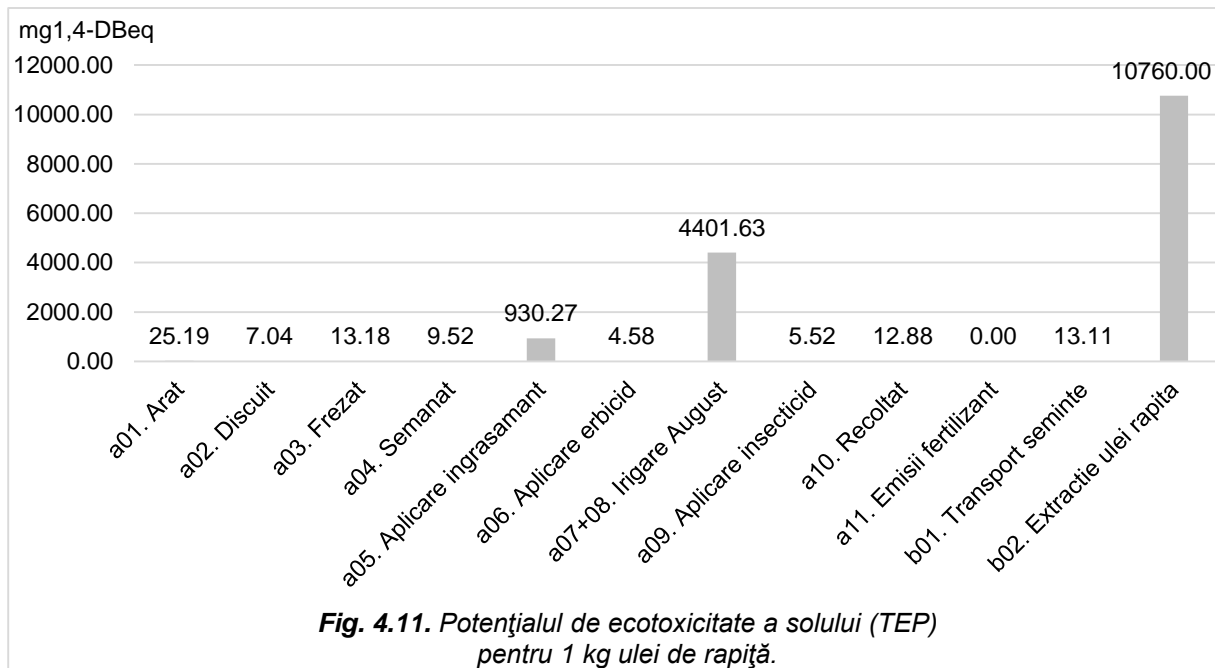


În figura 4.9 este prezentată contribuția tuturor activităților realizate pentru obținerea a 1 kilogram ulei de rapiță la potențialul de ecotoxicitate a apelor dulci (FWAEP). Astfel, activitatea cu cel mai mare impact este cea de extracție a uleiului, de 80,15%. Cea de-a doua activitate ca importanță în potențialul de ecotoxicitate a apelor dulci este cea de irigare a solului (12,28%), iar cea de a treia este activitatea de aplicare a îngrășământului (6,57%).

Cea mai importantă activitate din punct de vedere al potențialului de ecotoxicitate a apelor sărate este cea de extracție a uleiului de rapiță, cu o contribuție de 80,88%. A doua cea mai importantă activitate este cea de irigare (11,16%), iar a treia este activitatea de aplicare a îngrășământului (6,89%).



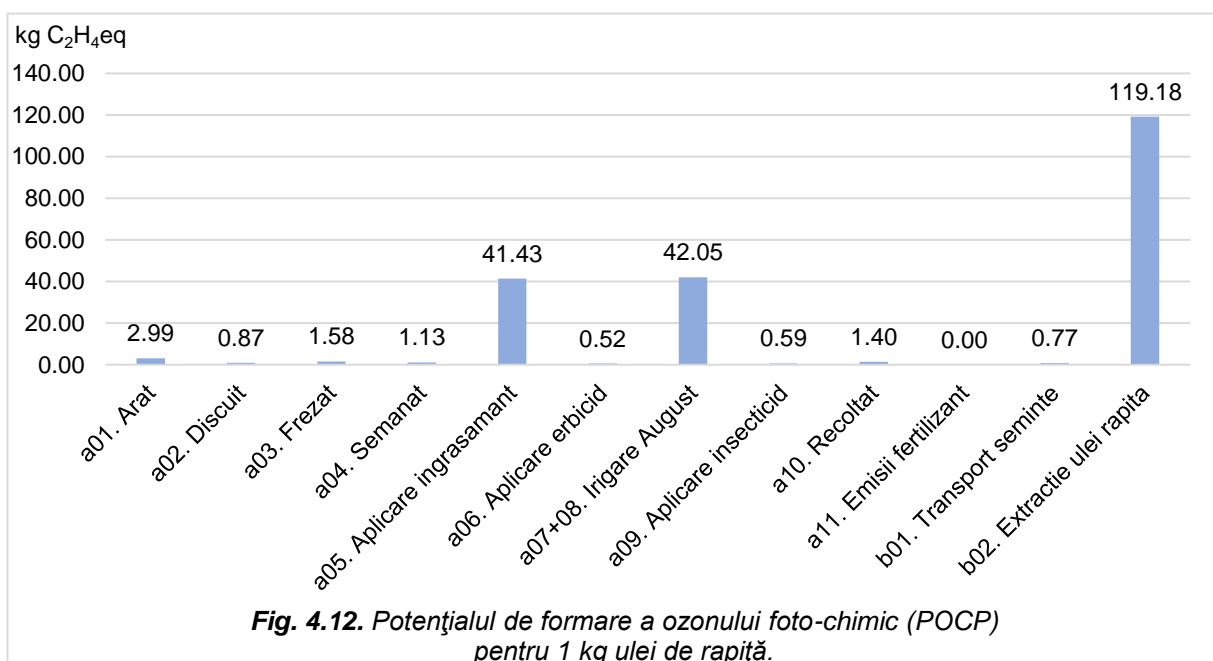




Potențialul de ecotoxicitate a solului (TEP) este determinat în proporție de 66,49% de extracția uleiului, 27,20% de irigația solului și 5,75% de aplicarea îngrășământului. Graficul de mai jos prezintă valorile tuturor activităților cu impact asupra toxicității solului.

Potențialul de formare a ozonului foto-chimic este cauzat în proporție de 55,86% de activitatea de extracție a uleiului de rapiță și în mod egal de aplicarea îngrășământului și irigarea terenului agricol (19,20%).

Din toate activitățile desfășurate pentru producerea uleiului vegetal, extracția acestuia din semințele de rapiță este activitatea cu cel mai mare impact asupra mediului în toate cele 10 categorii de impact.



Cea de a doua activitate cu un important impact asupra a 6 din cele 10 categorii de impact (potențialul de epuizare a resurselor abiotice (ADP), potențialul de toxicitate umană (HTP), potențialul de ecotoxicitate a apelor dulci (FWAEP), potențialul de ecotoxicitate a apelor sărate (MAEP), potențialul de ecotoxicitate a solului (TEP), potențialul de formare a ozonului foto-chimic (POCP)) este activitatea de irigare a terenului agricol. În celelalte categorii de impact (potențialul de acidificare (AP), potențialul de eutrofizare (EP), potențialul de încălzire globală (GWP100), potențialul de distrugere a ozonului (ODP)) activitatea de aplicare a îngrășământului este cauza principală.

În ceea ce privește emisiile în aer la aplicarea îngrășământului, acestea au fost considerate ca parte a activității de aplicare a fertilizatorului, ele având o contribuție însemnată la potențialul de încălzire globală (GWP100).

Datorită determinării activităților cu cel mai mare impact asupra mediului se poate face o analiză pentru creșterea performanței de mediu la producerea uleiului de rapiță în România, prin:

- Folosirea de materiale eco-friendly la producerea instalației de extracție a uleiului din semințe oleagionase;
- Utilizarea altor tipuri de îngrășământ de origine animal sau vegetală;
- Reducerea cantității de apă utilizată la irigarea terenului agricol, etc.

#### 4.7. Utilizarea ca și combustibil a uleiului de rapiță

##### 4.7.1. Arderea uleiului de rapiță

Ținând cont de compoziția chimică a uleiului de rapiță [20] și masa molară a acizilor grași ce îl compun [21], se poate determina cantitatea de carbon conținută în combustibilul studiat.

În tabelul 4.10 este prezentată contribuția, în grame de carbon a fiecărui acid gras constituent al biocombustibilului studiat, la cantitatea totală de carbon conținută de uleiul de rapiță.

**Tabelul 4.10.** Conținutul de carbon al uleiului de rapiță.

Acid gras	Formula chimică	Masa molară [g/mol]	Conținut acizi grași în 1 kg RO [g acid gras/kg RO]	Conținut carbon în 1 kg RO [g C/kg RO]
Palmitic	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	256,42	35,583	26,667
Stearic	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	284,48	18,283	13,894
Oleic	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	282,46	548,216	419,600
Linoleic	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	280,45	168,550	129,931
Linolenic	C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	278,43	83,016	64,459
Arahidic	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	312,53	49,850	38,315
Erucic	C <sub>22</sub> H <sub>42</sub> O <sub>2</sub>	338,57	94,316	73,609

Astfel, cantitatea totală de carbon conținută de uleiul de rapiță este suma contribuțiilor fiecărui acid gras, adică de 766,478 g C/kg ulei rapiță. Dacă reacția de ardere a carbonului conținut de uleiul de rapiță este considerată stoechiometrică, atunci ea are loc conform relației (4.5):



Considerând arderea perfectă, cantitatea de CO<sub>2</sub> eliberată în atmosferă la arderea uleiului de rapiță este de 2,808 kg, cantitate fixată de plantă în timpul creșterii acesteia.

Pentru a calcula Potențialul de încălzire globală (GWP100) a uleiului de rapiță pe durata întregului ciclu de viață trebuie considerate ambele etape, producerea și utilizarea acestuia. Astfel, în cadrul etapei de producere a uleiului de rapiță este emisă în atmosferă o cantitate de 1,038 kg CO<sub>2</sub> eq. și în cadrul etapei de utilizare a acestuia se eliberează în atmosferă 2,808 kg CO<sub>2</sub> eq. iar cantitatea totală de CO<sub>2</sub> eq. este evidențiată în tabelul 4.11.

**Tabelul 4.11.** Emisiile de CO<sub>2</sub> eq. a uleiului de rapiță pe întreg ciclul de viață [125, 152].

Producere RO [kg CO <sub>2</sub> eq]	Utilizare RO [kg CO <sub>2</sub> eq]	TOTAL [kg CO <sub>2</sub> eq/kg RO]
1,038	2,808	-1,770

Se observă că, incluzând în calcule și etapa utilizării uleiului de rapiță, acesta obține rezultate deosebit de bune din punct de vedere al Potențialului de încălzire globală (GWP100), prin utilizarea sa ca și combustibil reducându-se cantitatea de CO<sub>2</sub> existentă în atmosferă.

#### 4.7.2. Arderea motorinei

Ținând cont de compoziția chimică a motorinei [151] și masa molară a acizilor grași ce o compun [20] prezentate în tabelul 4.12, se poate determina cantitatea de carbon conținută în combustibilul analizat.

**Tabelul 4.12.** Conținutul de carbon al motorinei minerale [20, 151].

Combustibilul	Formula chimică	Masa molară [g/mol]	Conținut acizi grasi în 1 kg motorină [g acid/gras·kg D]	Conținut carbon în 1 kg motorină [g C/kg D]
Motorină	C <sub>12</sub> H <sub>23</sub>	167,31	1000	861,445

Cantitatea de CO<sub>2</sub> corespunzătoare arderii stoichiometrice a motorinei minerale este, conform relației (4.5), de 3,156 kg având astfel o importantă contribuție asupra categoriei de impact Potențialul de încălzire globală.

Pentru a calcula Potențialul de încălzire globală (GWP100) a motorinei pe durata întregului ciclu de viață trebuie considerate ambele etape, producerea și utilizarea acesteia. Astfel, în cadrul etapei de producere a motorinei este emisă în atmosferă o cantitate de 0,471kg CO<sub>2</sub> eq. și în cadrul etapei de utilizare a acesteia se eliberează în atmosferă 3,156 kg CO<sub>2</sub> eq. iar cantitatea totală de CO<sub>2</sub> eq. este evidențiată în tabelul 4.13.

**Tabelul 4.13.** Emisiile de CO<sub>2</sub> eq. a motorinei pe întreg ciclul de viață [152].

Producere D [kg CO <sub>2</sub> eq]	Utilizare D [kg CO <sub>2</sub> eq]	TOTAL [kg CO <sub>2</sub> eq/kg D]
0,471	3,156	3,627

Incluzând în calcule și etapa utilizării motorinei, aceasta obține rezultate deosebit de slabe din punct de vedere al Potențialului de încălzire globală (GWP100) în comparație cu biocombustibilul studiat.

#### 4.8. Analiza comparativă a uleiului de rapiță și a motorinei

Pentru a putea evalua ciclul complet de viață al uleiului de rapiță și a-l compara cu rezultatele motorinei, trebuie considerate ambele etape, cea de producere a combustibilului precum și cea de utilizare a acestuia respectiv arderea lui pentru obținerea de energie termică.

Astfel, în tabelul 4.14 sunt prezentate rezultatele comparative ale celor doi combustibili studiați, ținând cont și de puterea calorică inferioară a motorinei de 42,8 MJ/kg [153].

**Tabelul 4.14.** Evaluarea comparativă a Ciclului de Viață a uleiului de rapiță și motorină [133, 148].

Categoria de impact	Unitatea de măsură	Ulei rapiță 1,15 kg	Motorină 1 kg	Avantajul relativ al uleiului de rapiță față de motorină [%]
Potențialul de epuizare a resurselor abiotice (ADP)	kgSb eq	9,690E <sup>-03</sup>	22,990E <sup>-03</sup>	+57,85
Potențialul de acidificare (AP)	kgSO <sub>2</sub> eq	5,856E <sup>-03</sup>	5,750E <sup>-03</sup>	-1,74
Potențialul de eutrofizare (EP)	kgPO <sub>4</sub> eq	4,332E <sup>-03</sup>	0,575E <sup>-03</sup>	-653,39
Potențialul de încălzire globală (GWP100)	kgCO <sub>2</sub> eq	-2,035	3,627	+156,10
Potențialul de distrugere a ozonului (ODP)	kgCFC-11eq	1,120E <sup>-07</sup>	4,597E <sup>-07</sup>	+75,63
Potențialul de toxicitate umană (HTP)	kg1,4-DB eq	0,959	0,459	-108,93
Potențialul de ecotoxicitate a apelor dulci (FWAEP)	kg1,4-DB eq	0,709	0,034	-1.985,29
Potențialul de ecotoxicitate a apelor sărate (MAEP)	kg1,4-DB eq	1.538,961	310,931	-394,95
Potențialul de ecotoxicitate a solului (TEP)	kg1,4-DB eq	18,610E <sup>-03</sup>	1,950E <sup>-03</sup>	-854,35
Potențialul de formare a ozonului foto-chimic (POCP)	kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	0,245E <sup>-03</sup>	0,344E <sup>-03</sup>	+28,77

Notații: + potențial îmbunătățit/avantaj; - potențial diminuat/dezavantaj

Prin evaluarea comparativă a ciclului de viață “from cradle to gate” a uleiului de rapiță și a motorinei fosile se observă că în 4 categorii de impact, uleiul studiat obține rezultate mai bune decât combustibilul diesel. Astfel, prin utilizarea uleiului de rapiță la motoarele diesel, următoarele categorii de impact sunt reduse cantitativ:

- Potențialul de epuizare a resurselor abiotice (ADP) este redus cu 57,85%;
- Potențialul de încălzire globală (GWP100) este redus cu 156,10%;
- Potențialul de distrugere a ozonului (ODP) este redus cu 75,63%;
- Potențialul de formare a ozonului foto-chimic (POCP) este redus cu 28,77%.

Totuși potențialul de acidificare, potențialul de eutrofizare, potențialul de toxicitate umană, potențialul de ecotoxicitate a apelor dulci, potențialul de ecotoxicitate a apelor sărate și potențialul de ecotoxicitate a solului prezintă valori mai ridicate la obținerea uleiului de rapiță. Trebuie menționat că în cazul potențialului de toxicitate umană performanța sa de mediu este mai scăzută datorită utilizării motorinei la toate lucrările agricole și la transportul semințelor de rapiță la fabrica de extracție a uleiului, fapt ce ar putea fi mult îmbunătățit prin utilizarea uleiului de rapiță pur sau a biodieselului ca și combustibil. Potențialul de ecotoxicitate a solului prezintă valori ridicate datorită procesului de producere a îngrășământului. În ceea ce privește Potențialul de acidificare și Potențialul de eutrofizare, acestea sunt crescute datorită emisiilor în aer la aplicarea îngrășământului pe suprafața cultivată.

Rezultatele obținute pot fi îmbunătățite prin reducerea cantității de apă utilizată pentru irigarea suprafeței arabile dar și prin folosirea tehnologiilor eco-friendly la extracția uleiului din semințele de rapiță.

Metodologia prezentată în acest studiu arată beneficiile clare ale utilizării uleiului de rapiță ca și combustibil pentru motoarele diesel precum și potențialul agroclimatic al României în producția de rapiță ca și cultură energetică.

#### **4.9. Concluzii**

Datorită necesității de a reduce emisiile de gaze cu efect de seră, în același timp cu diversificarea surselor de energie pentru a reduce supradependența de combustibilii fosili, Uniunea Europeană re-examinează modul în care agricultura poate contribui la satisfacerea acestor provocări, mai ales datorită faptului că sectorul transporturilor este responsabil pentru aproape un sfert din emisiile de gaze cu efect de seră. Biocombustibilii oferă cea mai bună opțiune pe termen scurt/mediu pentru a înlocui o parte semnificativă a combustibililor fosili. Biocombustibilii, o resursă regenerabilă, sunt produși din biomasă; pot fi integrați cu ușurință în sisteme de alimentare cu combustibil.

În acest capitol s-a evaluat impactul asupra mediului privind producerea uleiului de rapiță, considerat biocombustibil, în zona de Sud a Moldovei, România. De asemenea, sunt evidențiate procesele cu cel mai mare impact asupra mediului, putându-se astfel îmbunătăți rezultatele obținute prin aplicarea de măsuri corective.

Pentru evaluarea performanței de mediu a rapiței (*Brassica Napus Oleifera*) ca și cultură energetică au fost colectate și compilate informațiile necesare întocmirii studiului de Evaluare a Ciclului de Viață din dosarele contabile ale SC AGROFIN INVEST SRL din anul agricol 2011 – 2012.

În sistemul studiat sunt incluse subsistemul de cultivare, subsistemul de transport și extragerea uleiului de rapiță. În afară de lucrările agricole, sunt luate în calcul diferite intrări, precum: combustibil, produsele agro-chimice: erbicid, insecticid, îngrășământ și emisiile acestora în aer și sol, semințe, mașinile și utilajele agricole precum și transportul de la fermă la terenul cultivat a muncitorilor, a substanțelor aplicate pe sol și a semințelor dar și transportul de la fermă a baloților de biomasă și a semințelor obținute la fabrica de producere a uleiului de rapiță. Pentru toate lucrările agricole precum și pentru supravegherea culturii au fost considerate un număr total de 5 călătorii a câte 5 km fiecare.

A fost totuși exclus impactul asupra mediului avut de producerea instalației de extracție și rafinare a uleiului datorită impactului foarte redus pe care aceasta îl are luând în considerare cantitatea de ulei produsă pe durata de viață a instalației.

Randamentul de extracție a uleiului este considerat a fi de 97%, ținând cont de conținutul de 45,67% de ulei în semințele de rapiță, iar impactul acestuia a fost determinat prin scăderea impactului corespunzător biomasei solide din impactul total calculat. Extracția uleiului s-a realizat în două etape, prin presare și extracția hexanului.

Au fost considerate ca inputuri în sistemul studiat, cantitatea de hexan necesară extracției uleiului, apa consumată, energia electrică și gazul metan.

Datele cu privire la procesele de producere a îngrășământului, insecticidului și erbicidului, a tractoarelor și accesoriilor acestora precum și datele despre producerea, distribuția și consumul combustibilului fosil folosit au fost luate din baza de date ecoinvent.

Metodele utilizate în realizarea Inventarului Ciclului de Viață al uleiului de rapiță sunt bazate pe metodologia descrisă în ecoinvent și în EU Concerted Action AIR-CT94-2028.

S-a calculat consumul de energie și materiale necesare pentru fabricarea fracțiunii proporționale de tractoare și utilaje agricole folosită în faza agricolă și au fost incluse în inventarul ciclului de viață.

De asemenea au fost considerate materialele necesare reparației și întreținerii tractoarelor. Materialele necesare mentenanței și reparațiilor tractorului și a utilajelor agricole pe toată durata de viață a acestora sunt de asemenea luate în calcul, ca parte din valoarea fracțiunii de tractor și utilaje agricole necesare. Informații despre materiale, consumul de energie și emisiile la producerea tractorului și a utilajelor agricole au fost colectate din baza de date ecoinvent.

Datele referitoare la consumul de energie și emisiile implicate în procesul de producție a îngrășământului, erbicidului și insecticidului utilizat au fost obținute din baza de date ecoinvent. Inventarul îngrășământului utilizat ia în considerare utilizarea de resurse pentru toate fazele de producție, de la extracția materiilor prime pentru producerea intermediarilor și produsul final, așa zis „from cradle to grave”.

Pentru a determina impactul avut la obținerea a 1 kg ulei de rapiță, impactul total se alocă produselor rezultate în urma recoltării: biomasă solidă (paie, frunze, silicve) și ulei de rapiță, proporțional cu Puterea Calorifică Inferioară (LHV).

Din toate activitățile desfășurate pentru producerea uleiului vegetal, extracția acestuia din semințele de rapiță este activitatea cu cel mai mare impact asupra mediului în toate cele 10 categorii de impact.

Cea de a doua activitate cu un important impact asupra a 6 din cele 10 categorii de impact activitatea de aplicare a îngrășământului este cauza principală.

În ceea ce privește emisiile în aer la aplicarea îngrășământului, acestea au fost considerate ca parte a activității de aplicare a fertilizatorului, ele având o contribuție însemnată la potențialul de încălzire globală (GWP100).

Pentru a calcula Potențialul de încălzire globală (GWP100) a uleiului de rapiță pe durata întregului ciclu de viață au fost considerate ambele etape de producere și utilizare a uleiului. Astfel, în cadrul etapei de producere a uleiului de rapiță este emisă în atmosferă o cantitate de 1,038 kg CO<sub>2</sub> eq. și în cadrul etapei de utilizare a acestuia se eliberează în atmosferă 2,808 kg CO<sub>2</sub> eq., care corespunde la 766,478 g C/kg ulei rapiță, în funcție de contribuția fiecărui acid gras din compoziția chimică a uleiului.

Se constată că, incluzând în calcule și etapa utilizării uleiului de rapiță, se obține o reducere semnificativă a Potențialului de încălzire globală (GWP100).

Prin evaluarea comparativă a ciclului de viață “from cradle to gate” a uleiului de rapiță și a motorinei fosile se observă că în 4 categorii de impact, uleiul vegetal conduce la rezultate mai bune decât combustibilul diesel. Astfel, prin utilizarea uleiului de rapiță la motoarele diesel, următoarele categorii de impact sunt reduse cantitativ: Potențialul de epuizare a resurselor abiotice (ADP) este redus cu 57,85%; Potențialul de încălzire globală (GWP100) este redus cu 156,10%; Potențialul de distrugere a ozonului (ODP) este redus cu 75,63%; Potențialul de formare a ozonului foto-chimic (POCP) este redus cu 28,77%.

Rezultatele obținute în evaluarea ciclului de viață a uleiului de rapiță ca și combustibil în transporturi pot fi îmbunătățite prin reducerea cantității de apă utilizată pentru irigarea suprafeței arabile dar și prin folosirea tehnologiilor eco-friendly la extracția uleiului din semințele de rapiță.

Metodologia prezentată în acest studiu evidențiază beneficiile utilizării uleiului de rapiță ca și combustibil pentru motoarele diesel precum și potențialul agroclimatic al României în producția de rapiță ca și cultură energetică.

## 5. Evaluarea ciclului de viață la producerea biodieselului din ulei de rapiță

În cadrul legislativ actual, dar și ca o consecință a creșterii prețurilor carburanților, există un interes crescut în utilizarea metil esterilor acizilor grași ca alternativă la motorina clasică. Totuși, producția de biocombustibili în România este încă scăzută în comparație cu producția europeană, însă în creștere [24].

Este de așteptat ca în următorii ani producția de biodiesel prin transesterificarea uleiurilor vegetale și a uleiurilor uzate a României să crească pentru a respecta normele europene, respectiv Directiva 2009/23/CE [13] transpusă în legislația națională prin HG 935/2011 [15]. În acest context este necesară evaluarea performanței de mediu la producerea biodieselului în România.

În acest capitol este evaluată performanța de mediu a biodieselului obținut din ulei vegetal extras din semințe de rapiță.

Pentru evaluarea performanței energetice și de mediu a rapiței (fig. 5.1) ca și cultură energetică au fost realizat inventarul necesar întocmirii studiului de ECV din dosarele contabile ale SC AGROFIN INVEST SRL din anul agricol 2011 – 2012, cu acordul domnului director Dan CIUHUREANU. Astfel, a fost considerat un lot de 1 hectar, selectat din totalul de 150 hectare cultivate în zona lacului Brateș (45,53°N, 28,08°E).

Astfel, în acest studiu au fost considerate:

- Cantitatea de utilaje și mașini agricole utilizate, precum și materialele necesare întreținerii acestora;
- Cantitatea de fertilizatori aplicată pe întreaga suprafață cultivată;
- Cantitatea de erbicide și insecticide aplicată pe întreaga suprafață cultivată;
- Cantitatea de apă utilizată la irigarea terenului;
- Cantitatea de biomasă produsă în t/ha·an (biomasă solidă și ulei vegetal).

Trebuie menționat că zona de sud a Podișului Moldovei are soluri propice culturii de rapiță, caracterizată de:

- Temperatura medie anuală este de 10,7°C [121];

- Cantitatea medie a precipitațiilor anuale este 420 – 430 mm [122] iar în semestrul cald (1 Aprilie – 30 Septembrie) este de 600 mm;
- Numărul mediu de zile de îngheț este de 92 zile.

Mai mult, compoziția elementară a biomasei solide obținute este folosită pentru obținerea datelor cu ajutorul cărora s-au evaluat emisiile în aer la aplicarea îngrășământului [120].

### 5.1. Definirea scopului și a domeniului de aplicare

Scopul cercetărilor efectuate este de a evalua impactul asupra mediului a producerii de biodiesel din ulei de rapiță în zona de Sud a Moldovei, România. De asemenea, în cadrul acestui studiu sunt evidențiate procesele cu cel mai mare impact asupra mediului. Prin aplicarea de măsuri corective se pot îmbunătăți rezultatele obținute. Un alt scop este acela de a demonstra performanța superioară din punct de vedere al protecției mediului a biodieselului în comparație cu motorina fosilă.

### 5.2. Unitatea funcțională

Pentru simplificarea calculelor, în acest studiu am ales ca unitate funcțională cultivarea a 1 hectar cu rapiță de iarnă pe o perioadă de 1 an, urmând a se calcula, în funcție de productivitatea recoltei, impactul asupra mediului avut de obținerea a 1 kilogram biodiesel.

### 5.3. Descrierea sistemului

În sistemul studiat sunt incluse subsistemul de cultivare, subsistemul de transport, extragerea și rafinarea uleiului de rapiță și reacția de transesterificare a acestuia, etape prezentate schematic în figura 5.2.

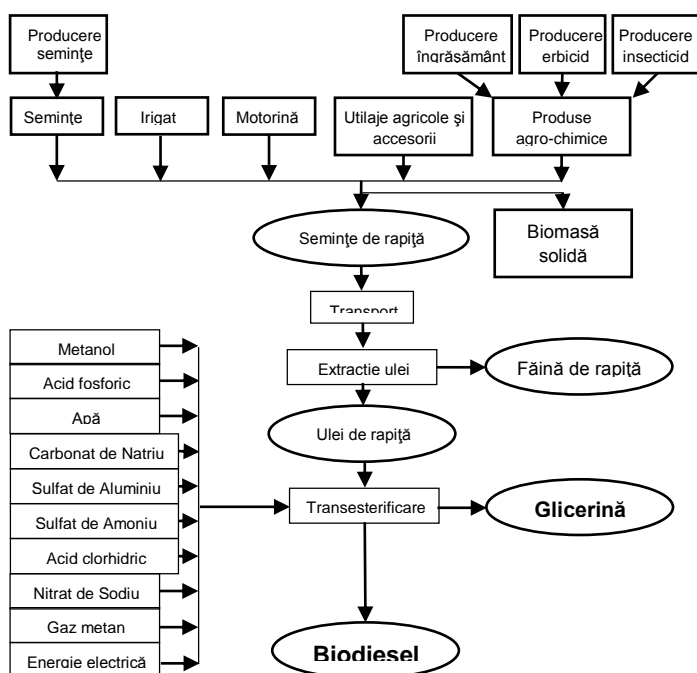


Fig. 5.2. Descrierea sistemului de obținere a biodieselului din ulei de rapiță [155].

Evaluarea ciclului de viață la producerea biodieselului din ulei de rapiță



#### 5.4. Analiza inventarului pentru elementele relevante de intrare și ieșire ale unui sistem-produs

Datele cu privire la sistemul agricol studiat au fost colectate din teren și obținute de la producător, ele corespunzând anului agricol 2011 – 2012.

În afară de lucrările agricole, sunt luate în calcul diferite intrări, precum: combustibil, produsele agro-chimice: erbicid, insecticid, îngrășământ și emisiile acestora în aer și sol, semințele de rapiță pentru însămânțat, mașinile și utilajele agricole precum și transportul de la fermă la terenul cultivat a muncitorilor, a substanțelor aplicate pe sol și a semințelor, activități necesare obținerii uleiului de rapiță, material primă pentru producerea biodieselului.

Transportul de la fermă a baloților de biomasă și a semințelor obținute la fabrica de producere a uleiului de rapiță a fost considerat.

Acestea au fost descrise în detaliu în capitolul 4 și sunt luate în considerare la producerea biodieselului.

Transportul uleiului la fabrica de producere a biodieselului și toate inputurile necesare realizării reacției de transesterificare au fost cuantificate și considerate în studio și sunt enumerate în tabelul 5.1.

A fost totuși exclus impactul asupra mediului avut de producerea instalației de extracție și rafinare a uleiului datorită impactului foarte redus pe care aceasta îl are luând în considerare cantitatea de ulei produsă pe durata de viață a instalației [123, 124]. Din același motiv a fost exclus și impactul avut de instalația necesară prelucrării uleiului la biodiesel.

**Tabelul 5.1. Consum de materii prime și energie la obținerea 1 kg biodiesel [131].**

Substanța utilizată	Cantitate	UM
Ulei rapiță rafinat	1,020	kg
Metanol	0,060	kg
Acid fosforic	38,500E <sup>-06</sup>	kg
Apă	0,877	kg
Carbonat de natriu	1,100E <sup>-03</sup>	kg
Acid clorhidric	5,200E <sup>-03</sup>	kg
Sulfat de Al	73,281E <sup>-06</sup>	kg
Sulfat de amoniu	635,250E <sup>-06</sup>	kg
Nitrat de sodiu	818,125E <sup>-06</sup>	kg
Gaz metan	1,440	MJ
Energie electrică	0,060	MJ

#### 5.5. Rezultatele evaluării impactului potențial asupra mediului

În tabelul 5.4 sunt prezentate rezultatele obținute la producerea a 1 kg biodiesel și 0,096 kg glicerină în condițiile de climă ale României, în anul agricol 2011 – 2012.

Evaluarea ciclului de viață la producerea biodieselului din ulei de rapiță

**Tabelul 5.4. Impactul asupra mediului la obținerea biodieselului din ulei de rapiță.**

Categoria de impact	UM	Ulei rapiță	Transesterificare	Total
ADP	kgSb eq	8,590E <sup>-03</sup>	2,082E <sup>-03</sup>	1,070E <sup>-02</sup>
AP	kgSO <sub>2</sub> eq	5,190E <sup>-03</sup>	0,263E <sup>-03</sup>	5,460E <sup>-03</sup>
EP	kgPO <sub>4</sub> eq	3,840E <sup>-03</sup>	0,122E <sup>-03</sup>	3,960E <sup>-03</sup>
GWP100	kgCO <sub>2</sub> eq	1,060	83,804E <sup>-03</sup>	1,140
ODP	kgCFC11eq	9,920E <sup>-08</sup>	2,880E <sup>-08</sup>	1,280E <sup>-07</sup>
HTP	kg1,4-DB eq	8,490E <sup>-01</sup>	32,131E <sup>-03</sup>	8,810E <sup>-01</sup>
FWAEP	kg1,4-DB eq	6,280E <sup>-01</sup>	20,571E <sup>-03</sup>	6,480E <sup>-01</sup>
MAEP	kg1,4-DB eq	1,360E <sup>+03</sup>	47,537	1,410E <sup>+03</sup>
TEP	kg1,4-DB eq	1,570E <sup>-02</sup>	4,004E <sup>-04</sup>	1,610E <sup>-02</sup>
POCP	kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	2,170E <sup>-04</sup>	2,500E <sup>-05</sup>	2,420E <sup>-04</sup>

Alocarea impactului la toate cele 3 produse rezultate în procesul de transesterificare se face în acest studiu ținând cont de aportul masic al fiecăruia dintre ele, date evidențiate în tabelul următor.

**Tabelul 5.5. Alocarea masică a impactului asupra mediului la producerea biodieselului [131].**

Produs	Aport masic [%]
Biodiesel	91,24
GF	8,34
GI	0,42

GF = glicerină farmaceutică

GI = glicerină industrială

**Tabelul 5.6. Alocarea impactului la biodiesel, GF și GI.**

Categoria de impact	Unitatea de măsură	Biodiesel [1 kg]	GF [0,0914 kg]	GI [0,0046 kg]
Potențialul de epuizare a resurselor abiotice (ADP)	kgSb eq	9,741E <sup>-03</sup>	8,904E <sup>-04</sup>	4,484E <sup>-05</sup>
Potențialul de acidificare (AP)	kgSO <sub>2</sub> eq	4,978E <sup>-03</sup>	4,551E <sup>-04</sup>	2,291E <sup>-05</sup>
Potențialul de eutrofizare (EP)	kgPO <sub>4</sub> eq	3,617E <sup>-03</sup>	3,306E <sup>-04</sup>	1,665E <sup>-05</sup>
Potențialul de încălzire globală (GWP100)	kgCO <sub>2</sub> eq	1,041	9,520E <sup>-02</sup>	4,794E <sup>-03</sup>
Potențialul de distrugere a ozonului (ODP)	kgCFC-11eq	1,168E <sup>-07</sup>	1,067E <sup>-08</sup>	5,377E <sup>-10</sup>
Potențialul de toxicitate umană (HTP)	kg1,4-DB eq	8,036E <sup>-01</sup>	7,345E <sup>-02</sup>	3,699E <sup>-03</sup>
Potențialul de ecotoxicitate a apelor dulci (FWAEP)	kg1,4-DB eq	5,916E <sup>-01</sup>	5,407E <sup>-02</sup>	2,723E <sup>-03</sup>
Potențialul de ecotoxicitate a apelor sărate (MAEP)	kg1,4-DB eq	1,288E <sup>+03</sup>	1,178E <sup>+02</sup>	5,932E <sup>+00</sup>
Potențialul de ecotoxicitate a solului (TEP)	kg1,4-DB eq	1,471E <sup>-02</sup>	1,345E <sup>-03</sup>	6,775E <sup>-05</sup>
Potențialul de formare a ozonului fotochimic (POCP)	kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	2,208E <sup>-04</sup>	2,018E <sup>-05</sup>	1,016E <sup>-06</sup>

Ținând cont de aportul fiecărui produs rezultat în urma reacției de transesterificare, performanța de mediu a biodieselului este prezentată în tabelul 5.6.

### 5.6. Interpretarea rezultatelor analizei inventarului și evaluarea impacturilor

În graficele următoare este prezentat aportul activităților agricole și industriale necesare pentru producerea a 1 kilogram biodiesel asupra fiecărei categorii de impact studiate.

Din capitolul anterior s-a observat că în cadrul etapei agricole, activitățile cu cel mai mare aport asupra celor 10 categorii de impact studiate sunt:

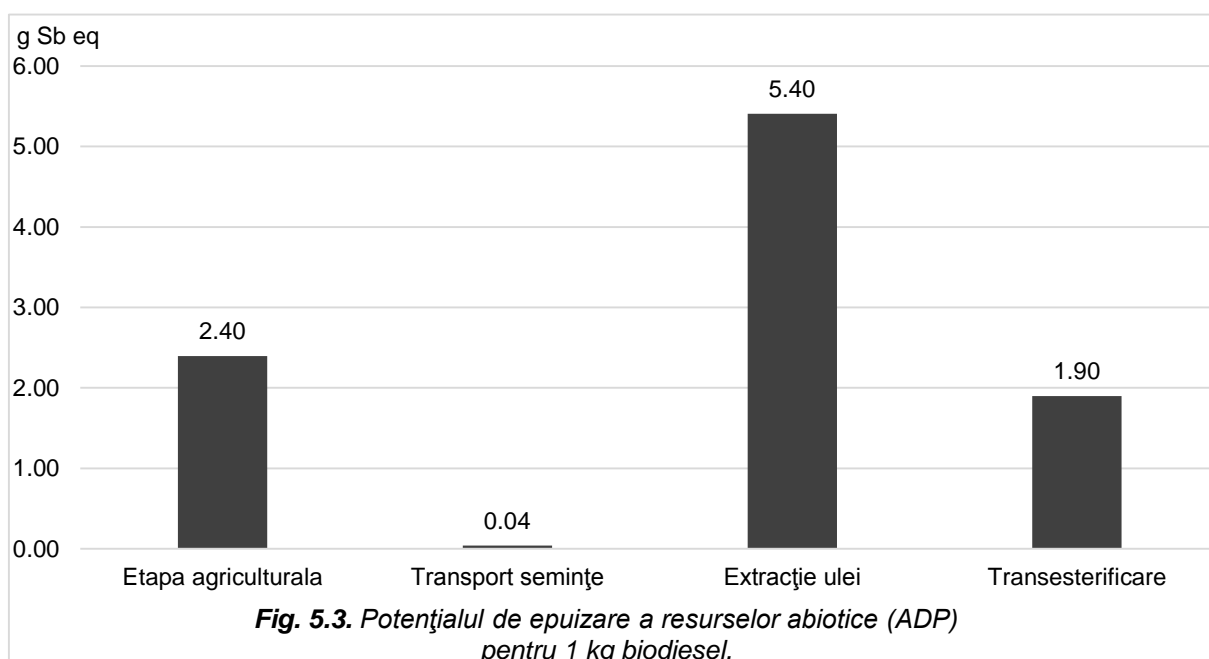
- Aplicarea îngrășământului;
- Irigarea solului.

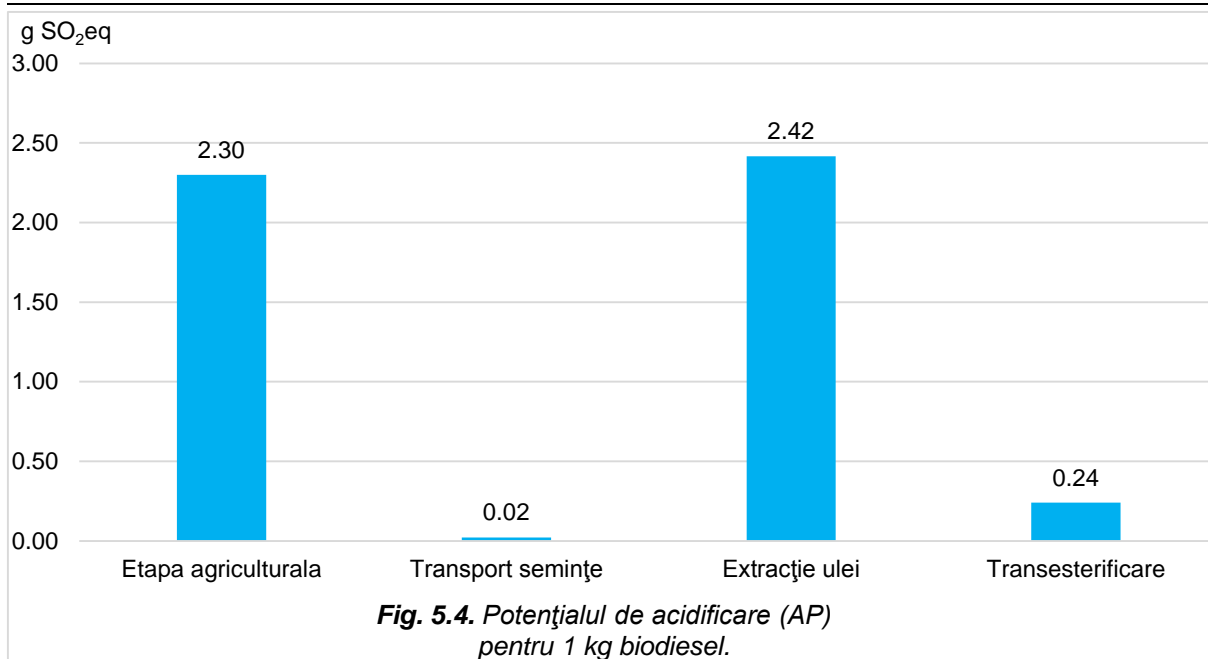
Extracția uleiului din semințele de rapiță este activitatea din fluxul tehnologic de producere al uleiului vegetal cu cel mai mare impact asupra mediului la 6 din cele 10 categorii de impact analizate.

În ceea ce privește categoria de impact potențialul de epuizare a resurselor abiotice (ADP) activitatea de extracție a uleiului este cea cu contribuția cea mai mare, de 55,48%. Un impact mai scăzut îl are etapa agricolă, de 24,59%, procent determinat în principal de activitatea de irigare a culturii dar și de aplicarea îngrășământului pe solul cultivat. Consumul de energie electrică și metan dar și metanol, acid fosforic, apă, carbonat de sodiu, acid clorhidric, sulfat de aluminiu, sulfat de amoniu, nitrat de sodiu necesare reacției de transesterificare contribuie substanțial la această categorie de impact.

În figura 5.4 este prezentat aportul activităților asupra potențialului de acidificare (AP). Extracția uleiului, cu o contribuție de 48,52% este activitatea cu cel mai important impact. Etapa agricolă are un impact de 46,20%, valoare foarte apropiată de extracția uleiului, impact generat de aplicarea îngrășământului și irigarea solului. Reacția de transesterificare a uleiului nu are un impact semnificativ asupra acestei categorii de impact.

Consumul de energie electrică și metan contribuie substanțial la categoria de impact potențialul de acidificare.

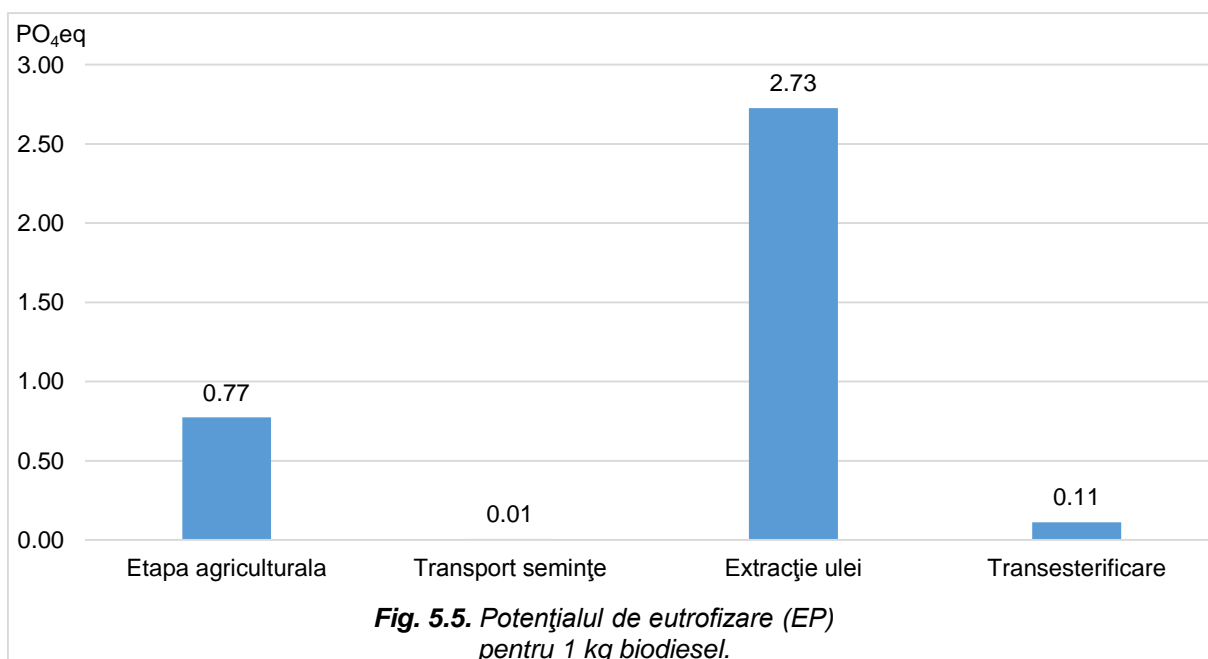


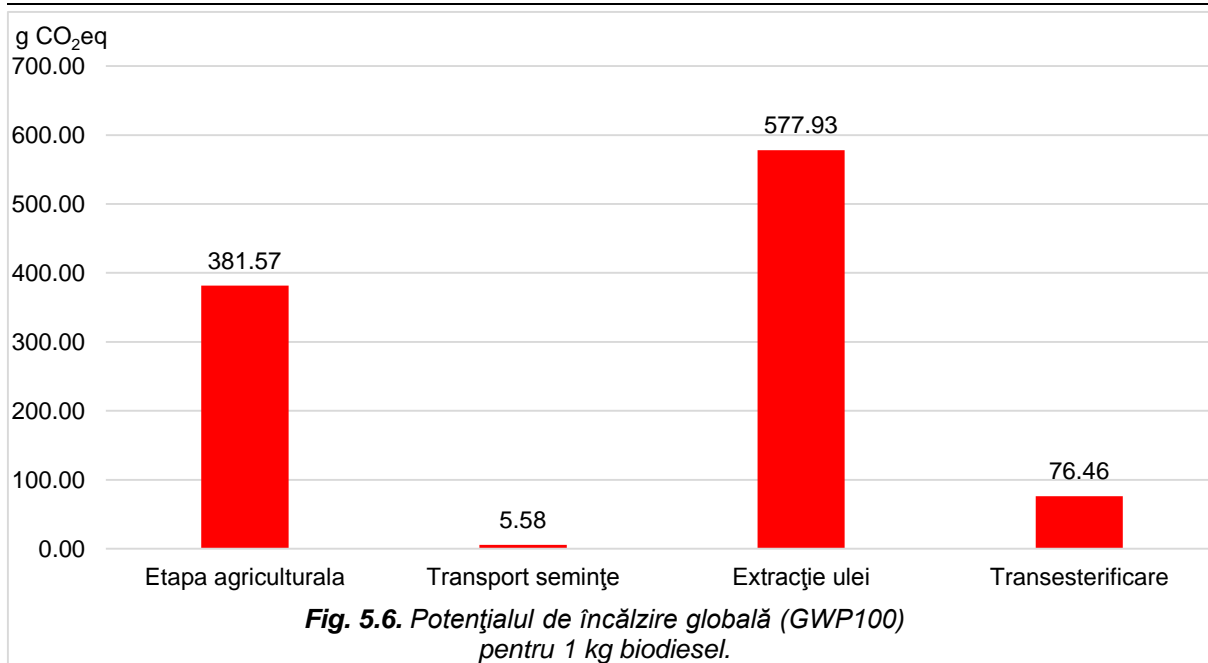


Se observă că transportul semințelor precum și reacția de transesterificare nu au un impact major asupra potențialului de acidificare.

În figura 5.5 este arătat impactul activităților asupra potențialului de eutrofizare a apelor (EP), impact determinat în proporție de 75,38% de extracția uleiului din semințele de rapiță și 21,38% de activitățile din etapa agricolă.

Reacția de transesterificare a uleiului de rapiță precum și transportul semințelor au un impact nesemnificativ la această categorie de impact.

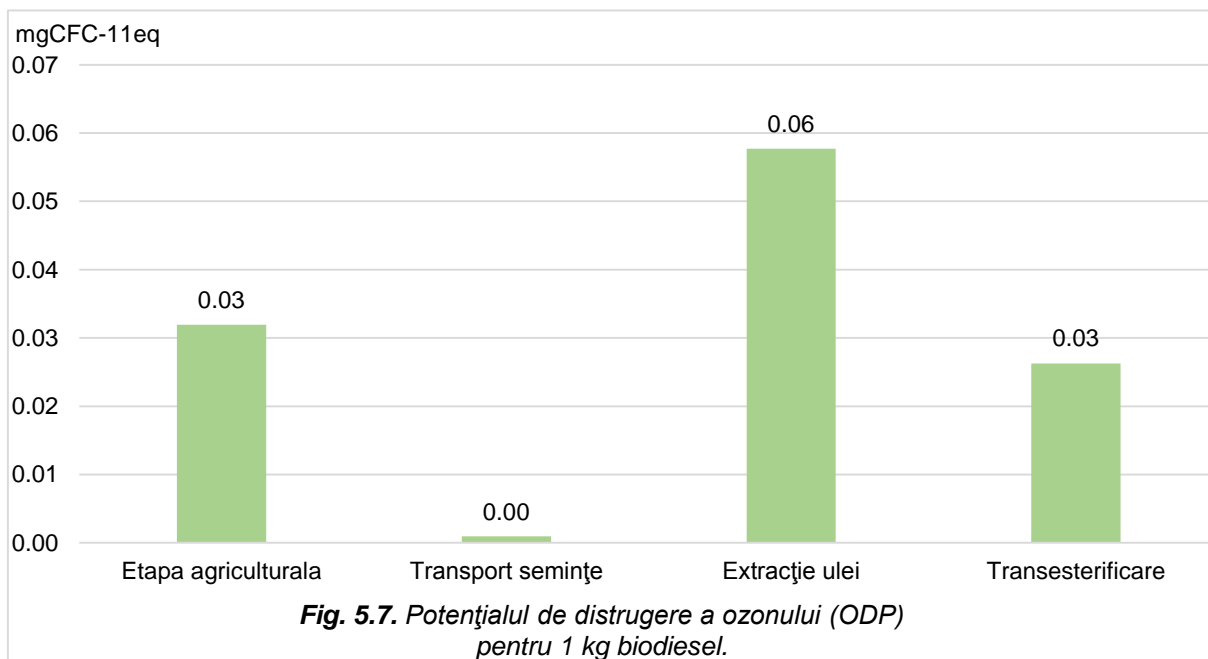


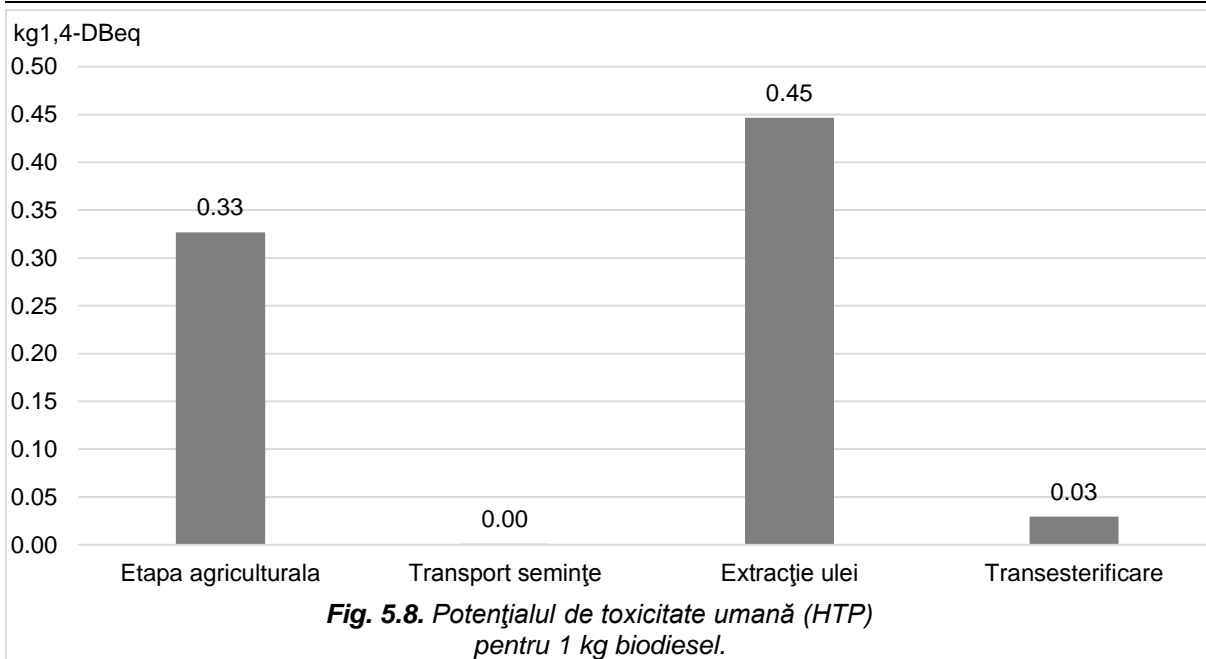


La formarea potențialului de încălzire globală (GWP100) contribuie semnificativ extracția uleiului, cu un aport de 55,48% și etapa agricolă, cu un aport de 36,63%.

De asemeni, transportul semințelor precum și reacția de transesterificare nu au un impact major asupra potențialului de încălzire globală.

În cazul potențialului de distrugere a ozonului (ODP), 49,38% este cauzat de extracția uleiului de rapiță; 27,32% este determinat de activitățile desfășurate în cadrul etapei agricole, iar 22,49% de reacția de transesterificare. Transportul semințelor de rapiță nu are o contribuție semnificativă asupra potențialului de distrugere a ozonului.

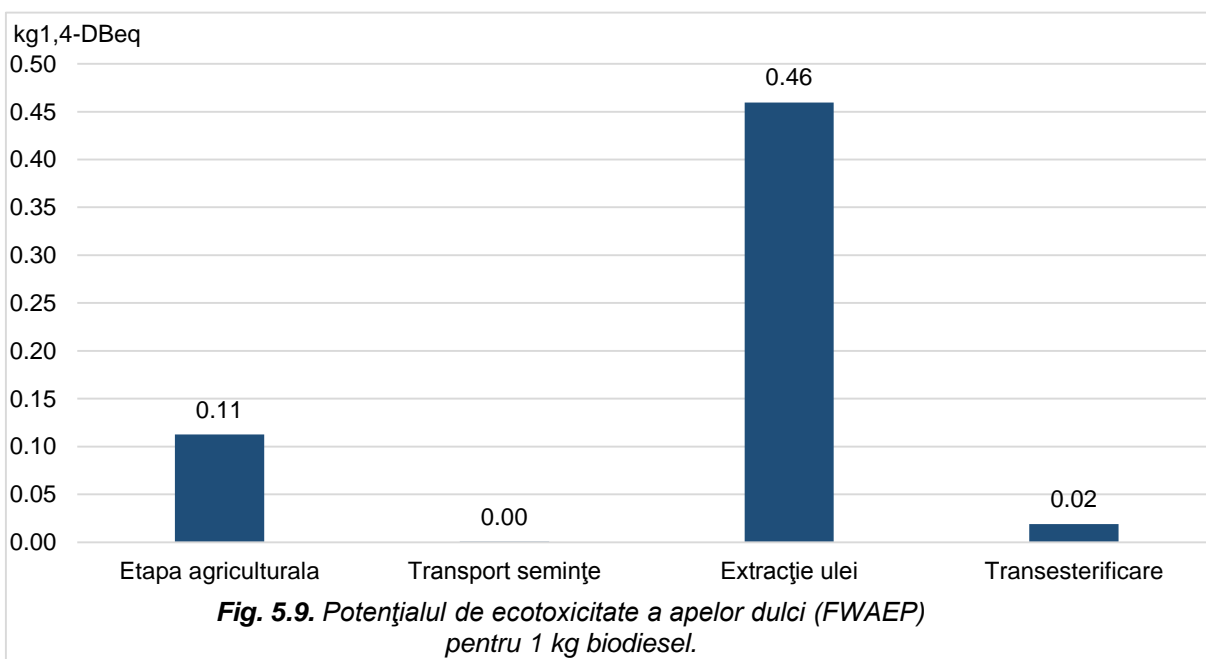


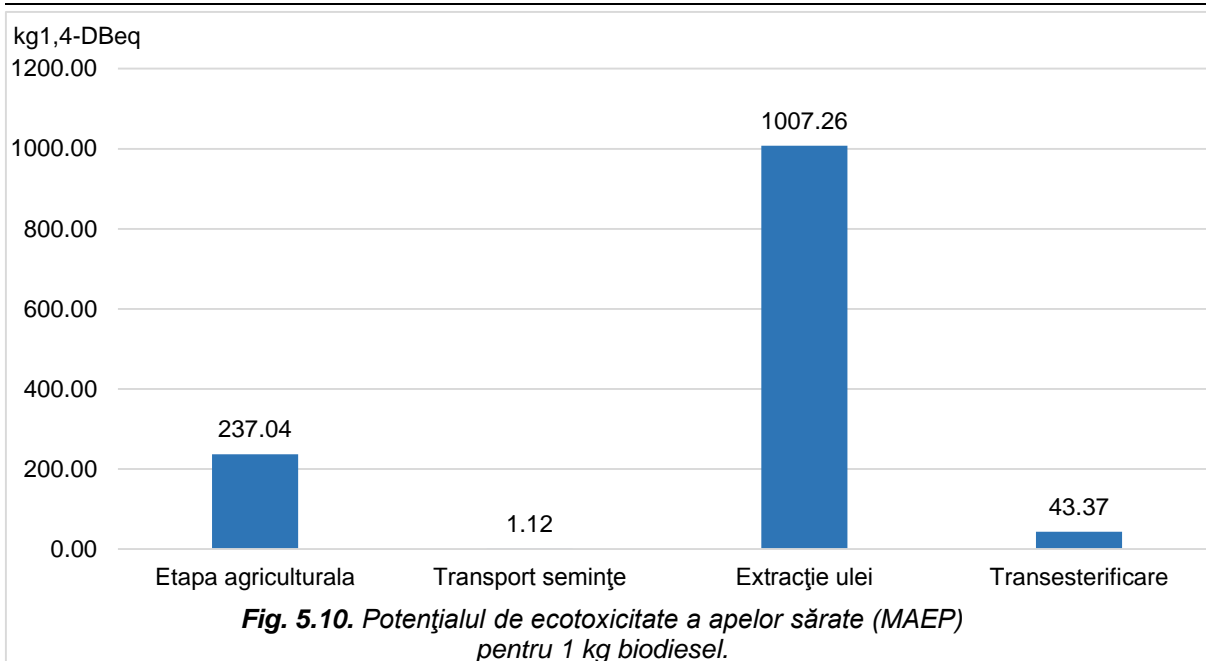


Din figura 5.8 se observă că principalul contributor la formarea potențialului de toxicitate umană este activitatea de extracție a uleiului, cu un aport de 55,58% urmată de etapa agricolă cu o contribuție de 40,64%.

Transportul semințelor precum și reacția de transesterificare nu au un impact major asupra potențialului de toxicitate umană.

La formarea potențialului de ecotoxicitate a apelor dulci contribuie semnificativ activitatea de extracție a uleiului din semințe, cu 77,70% din impactul total.

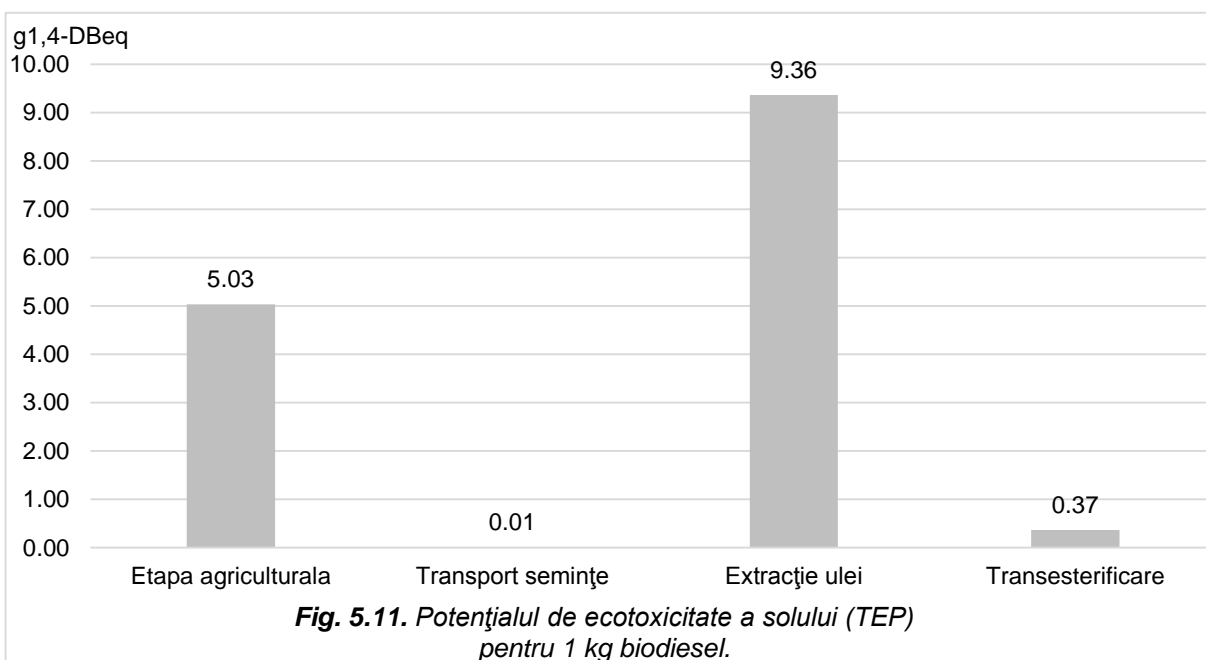


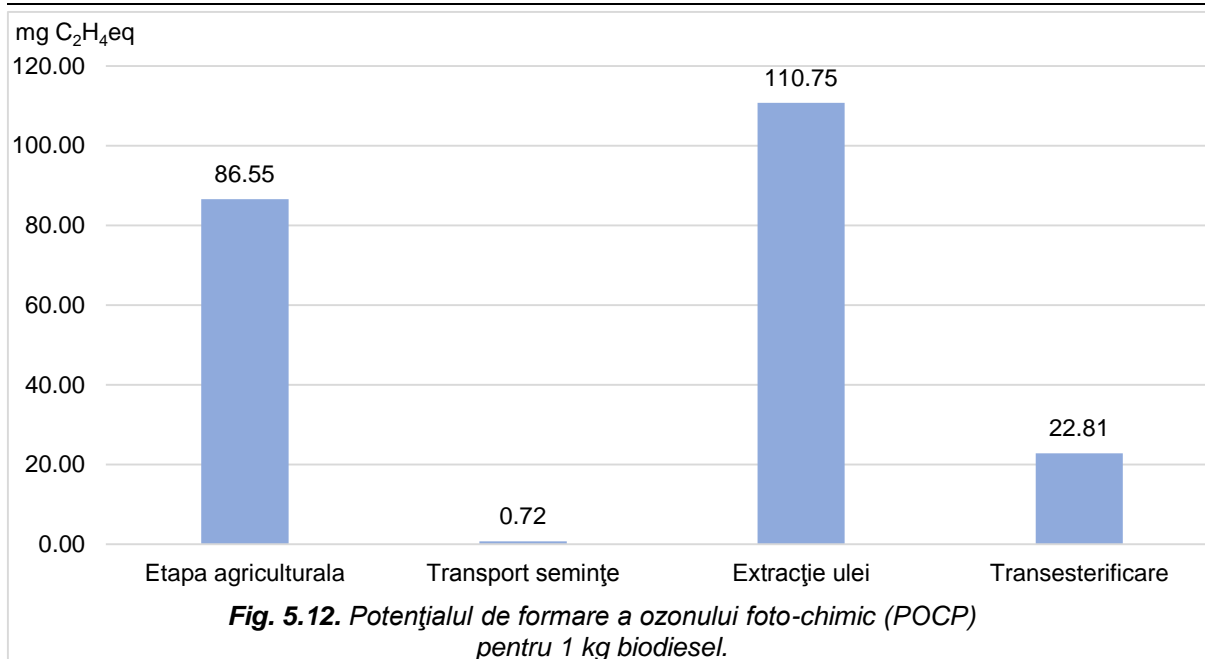


La ambele categorii de ecotoxicitate a apelor impactul avut de transportul semințelor și reacția de transesterificare este unul nesemnificativ.

Potențialul de ecotoxicitate a apelor sărate (MAEP) este determinat de extracția uleiului, în proporție de 78,15%. Etapa agricolă are un impact mult mai mic, deși pe locul 2 ca importanță, de 18,39%.

La categoria de impact potențialul de ecotoxicitate a solului contribuie semnificativ extracția uleiului cu 63,22% din impact și etapa agricolă cu 34,20% din impact. Celelalte activități au un impact neglijabil în ceea ce privește această categorie de impact.





Ozonul foto-chimic este generat în principal de extracția uleiului – 50,15% și de activitățile din cadrul etapei agriculturale – 39,19%. Reacția de transesterificare a uleiului vegetal studiat are un impact important asupra categoriei de impact prezentate pe când transportul semințelor are un impact neglijabil.

Din toate activitățile desfășurate pentru producerea biodieselului din ulei de rapiță, extracția uleiului din semințe este activitatea cu cel mai mare impact asupra mediului în toate cele 10 categorii de impact considerate.

Cea de a doua activitate cu un impact semnificativ asupra a 6 din cele 10 categorii de impact (Potențialul de epuizare a resurselor abiotice (ADP), Potențialul de toxicitate umană (HTP), Potențialul de ecotoxicitate a apelor dulci (FWAEP), Potențialul de ecotoxicitate a apelor sărate (MAEP), Potențialul de ecotoxicitate a solului (TEP), Potențialul de formare a ozonului foto-chimic (POCP)) este cea de irigare a terenului agricol.

În celelalte categorii de impact (Potențialul de acidificare (AP), Potențialul de eutrofizare (EP), Potențialul de încălzire globală (GWP100), Potențialul de distrugere a ozonului (ODP)) cel mai mare impact îl are activitatea de aplicare a îngrășământului. În ceea ce privește emisiile în aer la aplicarea îngrășământului, acestea au fost considerate ca parte a activității de aplicare a fertilizatorului, ele având o contribuție însemnată la Potențialul de încălzire globală (GWP100).

Au fost determinate activitățile cu impact semnificativ asupra performanței de mediu la producerea biodieselului din ulei de rapiță. Astfel se pot considera metode de îmbunătățire a rezultatelor prin utilizarea altor tipuri de îngrășământ, utilizarea altor tehnologii de extracție a uleiului din semințele oleaginoase, reducerea cantității de apă utilizată la irigarea terenului agricol, etc.

## 5.7. Concluzii

În acest capitol s-a evaluat performanța de mediu a biodieselului obținut din ulei vegetal extras din semințe de rapiță și s-au evidențiat activitățile și procesele cu un impact important

Evaluarea ciclului de viață la producerea biodieselului din ulei de rapiță



asupra mediului, astfel putând fi luate măsuri corective pentru îmbunătățirea rezultatelor obținute.

Pentru evaluarea performanței de mediu a biodieselului din ulei de rapiță au fost colectate și compilate informațiile necesare întocmirii studiului de Evaluare a Ciclului de Viață din dosarele contabile ale SC AGROFIN INVEST SRL din anul agricol 2011 – 2012.

În sistemul studiat au fost incluse subsistemul agricol de producere al semințelor de rapiță, transportul acestora la fabrica de ulei, etapa de extracție a uleiului, care au fost tratate în capitolul 4, și reacția de transesterificare.

Sunt luate în calcul toate intrările aferente producerii uleiului de rapiță, dar și transportul uleiului la fabrica de producere a biodieselului și toate inputurile necesare realizării reacției de transesterificare. Pentru transportul uleiului la fabrica de biodiesel a fost luată în calcul o distanță totală de 10 km. A fost totuși exclus impactul asupra mediului avut de producerea instalației necesară transesterificării uleiului datorită impactului foarte redus pe care aceasta îl are luând în considerare cantitatea de biodiesel produsă pe durata de viață a instalației.

Metodele utilizate în realizarea Inventarului Ciclului de Viață al uleiului de rapiță sunt bazate pe metodologia descrisă în ecoinvent și în EU Concerted Action AIR-CT94-2028.

Din toate activitățile desfășurate pentru producerea biodieselului din ulei de rapiță, extracția uleiului din semințe este activitatea cu cel mai mare impact asupra mediului în toate cele 10 categorii de impact considerate. Cea de a doua activitate cu un impact semnificativ asupra a 6 din cele 10 categorii de impact este cea de irigare a terenului agricol.

În celelalte categorii de impact cel mai mare impact îl are activitatea de aplicare a îngrășământului. În ceea ce privește emisiile în aer la aplicarea îngrășământului, acestea au fost considerate ca parte a activității de aplicare a fertilizatorului, ele având o contribuție însemnată la Potențialul de încălzire globală (GWP100).

Au fost determinate activitățile cu impact semnificativ asupra performanței de mediu la producerea biodieselului din ulei de rapiță. Astfel se pot considera metode de îmbunătățire a rezultatelor prin utilizarea altor tipuri de îngrășământ, utilizarea altor tehnologii de extracție a uleiului din semințele oleaginoase, reducerea cantității de apă utilizată la irigarea terenului agricol, etc.

Pentru a calcula Potențialul de încălzire globală (GWP100) a biodieselului pe durata întregului ciclu de viață trebuie considerate ambele etape, producerea și utilizarea acestuia. Astfel, în cadrul etapei de producere a biodieselului este emisă în atmosferă o cantitate de 1,041 kg CO<sub>2</sub> eq. și în cadrul etapei de utilizare a acestuia se eliberează în atmosferă 2,808 kg CO<sub>2</sub> eq. iar cantitatea totală de CO<sub>2</sub> eq. Prin includerea în calcule a rezultatelor obținute în etapa utilizării biodieselului, Potențialului de încălzire globală (GWP100) se reduce în mod semnificativ.

Prin compararea biodieselului cu motorina fosilă se observă că în 4 categorii de impact, biocombustibilul studiat obține rezultate mai bune decât combustibilul diesel. Astfel, prin utilizarea biodieselului din uleiul de rapiță la motoarele diesel, 4 categorii de impact sunt reduse cantitativ: Potențialul de epuizare a resurselor abiotice (ADP), redus cu 51,72%; Potențialul de încălzire globală (GWP100), redus cu 156,024%; Potențialul de distrugere a ozonului (ODP), redus cu 71,94%; Potențialul de formare a ozonului foto-chimic (POCP), redus cu 18,02%.

Această reducere la categoriile de impact menționate arată că biodieselul luat în studio poate fi introdus pe piață deoarece îndeplinește cerința Directivei 2009/28/CE, anume conduce la o reducere de minimum 35% a emisiei de CO<sub>2</sub> pe durata ciclului de viață, față de carburanții convenționali.

În cazul celorlalte 6 categorii de impact, biodieselul prezintă valori mai ridicate decât motorina. Trebuie menționat că în cazul potențialului de toxicitate umană impactul este mai crescut datorită utilizării motorinei la toate etapele ce implică transport, fapt ce ar putea fi mult îmbunătățit prin utilizarea uleiului de rapiță pur sau a biodieselului ca și combustibil pentru transport, în procesul de producere al biodieselului, așa cum a fost evidențiat și în capitolul 4. Potențialul de ecotoxicitate a solului prezintă valori ridicate datorită procesului de producere a îngrășământului. În ceea ce privește potențialul de acidificare și potențialul de eutrofizare, acestea sunt crescute datorită emisiilor în aer la aplicarea îngrășământului pe suprafața cultivate. Astfel, potențialul de ecotoxicitate, potențialul de acidificare și potențialul de eutrofizare pot fi îmbunătățite prin utilizarea unui alt tip de îngrășământ.

Metodologia prezentată în acest studiu de evaluare a ciclului de viață al biodieselului din ulei de rapiță arată beneficiile utilizării biodieselului ca și combustibil pentru motoarele diesel precum și potențialul agroclimatic al României în producția de rapiță ca și cultură energetică.

## 6. Concluzii generale, contribuții originale și perspective

### 6.1. Concluzii generale

Sursele de energie regenerabilă pot fi utilizate pentru reducerea impactului asupra mediului prin scăderea emisiilor de gaze cu efect de seră și pentru creșterea calității vieții prin reducerea poluării aerului atmosferic, precum și pentru asigurarea securității economice și energetice. Dintre toate sursele de energie regenerabilă, formele de energie derivate din biomasă au potențialul cel mai mare de reducere a emisiilor de gaze cu efect de seră în sectorul transporturilor. Biomasă reprezintă resursa regenerabilă cea mai abundentă de pe planetă.

Oleiurile vegetale sunt esteri ai acizilor grași și ai glicerinei. Biodieselul se obține prin reacția de transesterificare a uleiurilor vegetale. Această reacție este studiată ca un proces de alcooliză unde glicerina, componentă a unui ulei vegetal, este înlocuită de un alcool.

Oleiul vegetal poate fi utilizat ca atare ca și combustibil pentru motoarele diesel puțin pretențioase, însă datorită disponibilității limitate a materiei prime, a competiției privind utilizarea sa ca aliment și dezvoltarea industriei petroliere nu a fost dezvoltat un sistem de transport bazat pe uleiuri vegetale.

Biodieselul este un combustibil lichid având calitatea motorinei, produs din biomasă, uleiuri de gătit uzate sau chiar grăsimi animale, cu un conținut de sulf foarte mic sau chiar nul.

Combustibilii tip biodiesel sunt produși printr-un proces numit transesterificare, în care diferite uleiuri (trigliceride) sunt convertite în metil ester printr-o reacție chimică cu metanol în prezența unui catalizator, precum hidroxid de sodiu sau de potasiu. Produsele secundare ale acestei reacții chimice sunt glicerina și apa.

Beneficiile uleiurilor vegetale și ale biodieselului privind impactul asupra mediului sunt numeroase. Astfel, comparate cu combustibilul fosil pe care îl înlocuiesc, uleiurile vegetale și biodieselul sunt inofensive pentru viața acvatică. Biodieselul conține doar urme de sulf și, spre deosebire de combustibilii fosili, nu contribuie la formarea ploilor acide. În special, lipsa sulfurului face biodieselul potrivit ca aditiv în combustibilul cu sulf redus pentru a îmbunătăți ungerea și pentru a fi folosit în reacția catalitică de oxidare.

Producerea de biocombustibili conduce la creșterea activității economice în mediul rural și poate lărgi scopul productiv al agriculturii.

Studiul literaturii de specialitate a arătat că utilizarea biodieselului, ca și combustibil pentru motoarele diesel, conduce la reduceri substanțiale ale emisiilor de particule materiale în suspensie (PM), hidrocarburi nearse (HC) și monoxid de carbon (CO). Totuși, la înlocuirea combustibilului fosil cu biodiesel, a fost observată o ușoară creștere a emisiilor de oxizi de azot (NO<sub>x</sub>). Utilizarea carburanților cu diferite concentrații de ulei de rapiță, biodiesel din ulei de rapiță și biodiesel din ulei uzat conduc, de asemenea, la reducerea semnificativă a emisiilor de CO și HC.

Evaluarea ciclului de viață (ECV), ca metodă cu structură fixă, în concordanță cu standardul ISO 14040, are scopul de a compara impactul asupra mediului a biocombustibililor având în vedere întreg ciclul lor de viață și a fost selectată ca metodă de analiză în prezentul studiu. Sunt luate în considerare toate emisiile cu impact asupra mediului din cadrul etapelor de producere, utilizare și eliminare; sunt incluse și emisiile din cadrul etapelor de extragere a materiei prime, producere a materialelor și energiei, precum și toate procesele și subprocesele auxiliare.

Pentru ECV sunt disponibile numeroase baze de date comerciale ce conțin informații despre procese, fluxuri de materiale și de energie. În lucrarea de față, au fost adoptate bazele de date ecoinvent și ELCD, utilizate în cadrul softului SimaPro v7.3.3, în baza căruia a fost evaluat ciclul de viață pentru biocombustibilii pe bază de ulei de rapiță.

Un studiu de ECV constă din 4 faze principale: definirea scopului și a domeniului de aplicare; analiza inventarului; evaluarea impactului; interpretarea rezultatelor.

Într-o primă etapă se definesc scopul pentru care se întocmește studiul, domeniul în care se vor utiliza rezultatele obținute precum și principalele ipoteze considerate. În al doilea rând, se definește sistemul considerat pentru studiu, limitele lui (geografice, conceptuale și temporale), calitatea datelor de prelucrat și limitele studiului. Unul dintre cele mai importante elemente definite este unitatea funcțională, adică unitatea de măsură a produsului sau serviciului al cărui impact asupra mediului se evaluează. Se întocmește inventarul de intrări și ieșiri ale sistemului studiat și datele compilate sunt introduse și prelucrate de softul SimaPro v7.3.3.

Pentru Evaluarea Impactului Ciclului de Viață (EICV) sunt identificate și caracterizate potențialele efecte asupra mediului ale sistemului studiat. EICV constă din 4 etape:

- Clasificarea fluxurilor inventarului pe categorii de impact;
- Modelarea datelor inventarului în interiorul categoriilor de impacturi de mediu potențiale; sunt calculate rezultatele indicatorilor pe categorii (caracterizare);
- Normalizarea și ponderarea fiecărei categorii de impact. Normalizarea oferă baza pentru compararea diferitelor categorii de impact asupra mediului (toate impacturile sunt exprimate cu aceeași unitate). Ponderarea implică alocarea unui factor de pondere pentru fiecare categorie de impact, în funcție de importanța relativă.

Principalele rezultate ale acestei faze sunt: profilul de mediu, profilul normalizat al mediului și profilul ponderat.

În cadrul etapei de interpretare a rezultatelor, acestea sunt comparate cu rezultate privind analiza ciclului de viață pentru produse sau tehnologii considerate convenționale în domeniul  
Concluzii generale, contribuții originale și perspective

studiat. Constatările din analiza inventarului și din evaluarea impactului sunt combinate, pentru a se ajunge la concluzii și recomandări.

În lucrare s-a evaluat impactul asupra mediului privind producerea uleiului de rapiță, considerat biocombustibil, și a biodieselului din ulei de rapiță, în zona de Sud a Moldovei, România. De asemenea, sunt evidențiate procesele cu cel mai mare impact asupra mediului, putându-se astfel îmbunătăți rezultatele obținute prin aplicarea de măsuri corective.

Pentru evaluarea performanței de mediu a rapiței (*Brassica Napus Oleifera*) ca și cultură energetică, a uleiului de rapiță și a biodieselului, au fost colectate și compilate informațiile necesare întocmirii studiului de Evaluare a Ciclului de Viață din dosarele contabile ale SC AGROFIN INVEST SRL din anul agricol 2011 – 2012.

În sistemul studiat sunt incluse subsistemul de cultivare, subsistemul de transport și extragerea uleiului de rapiță. În afară de lucrările agricole, sunt luate în calcul diferite intrări, precum: combustibil, produsele agro-chimice: erbicid, insecticid, îngrășământ și emisiile acestora în aer și sol, semințe, mașinile și utilajele agricole precum și transportul de la fermă la terenul cultivat a muncitorilor, a substanțelor aplicate pe sol și a semințelor, dar și transportul de la fermă a baloților de biomasă și a semințelor obținute la fabrica de producere a uleiului de rapiță. Pentru ECV a biodieselului s-a luat în considerare transportul uleiului la fabrica de producere a biodieselului și toate inputurile necesare realizării reacției de transesterificare.

A fost totuși exclus impactul asupra mediului avut de producerea instalației necesară transesterificării uleiului, datorită impactului foarte redus pe care aceasta îl are luând în considerare cantitatea de biodiesel produsă pe durata de viață a instalației.

Datele cu privire la procesele de producere a îngrășământului, insecticidului și erbicidului, a tractoarelor și accesoriilor acestora precum și datele despre producerea, distribuția și consumul combustibilului fosil folosit au fost luate din baza de date ecoinvent.

Metodele utilizate în realizarea Inventarului Ciclului de Viață al uleiului de rapiță și a biodieselului sunt bazate pe metodologia descrisă în ecoinvent și în EU Concerted Action AIR-CT94-2028.

S-a calculat consumul de energie și materiale necesare pentru fabricarea fracțiunii proporționale de tractoare și utilaje agricole folosită în faza agricolă și au fost incluse în inventarul ciclului de viață. De asemenea, au fost considerate materialele necesare reparației și întreținerii tractoarelor.

Producerea semințelor semănate pe lotul analizat este considerată în același mod ca și în producția culturii. Pentru a cuantifica impactul asupra mediului avut de producerea acestor semințe, s-a ținut cont de suprafața de teren agricol necesar pentru a produce aceste semințe și se adaugă la suprafața utilizată pentru cultura studiată. A fost luată în calcul și energia electrică consumată la procesarea semințelor.

Pentru a determina impactul avut la obținerea a 1 kg ulei de rapiță, impactul total se alocă produselor rezultate în urma recoltării, biomasă solidă (paie, frunze, silicve) și ulei de rapiță, proporțional cu Puterea Calorifică Inferioară (LHV).

În ceea ce privește potențialul de epuizare a resurselor abiotice (ADP) la producerea uleiului de rapiță, se observă că cea mai importantă contribuție o are extracția uleiului, care reprezintă 68,91% din totalul potențialului. Pe cea de-a doua poziție se situează activitatea de irigare a culturii având un aport de 15,28%, iar cea de-a treia, ca pondere în cadrul potențialului de

Concluzii generale, contribuții originale și perspective

epuizare a resurselor neregenerabile este activitatea de aplicare a îngrășământului. La producerea biodieselului, la categoria de impact ADP, activitatea de extracție a uleiului are cea mai mare contribuție, de 55,48%. Un impact mai scăzut îl are etapa agricolă, de 24,59%, procent determinat în principal de activitatea de irigare a culturii dar și de aplicarea îngrășământului pe solul cultivat. Consumul de energie electrică și metan, dar și metanol, acid fosforic, apă, carbonat de sodiu, acid clorhidric, sulfat de aluminiu, sulfat de amoniu, nitrat de sodiu necesare reacției de transesterificare, contribuie substanțial la această categorie de impact.

Se observă că extracția uleiului de rapiță, ca etapă din producerea uleiului de rapiță ca și combustibil pentru motoarele diesel, este activitatea cu cel mai mare impact asupra potențialului de acidificare (AP) (50,98%) fiind urmată de activitatea de aplicare a îngrășământului (24,84 %) și de activitatea de irigare a solului (12,68%). Pentru biodiesel, extracția uleiului are o contribuție de 48,52% și este activitatea cu cel mai important impact asupra AP. Etapa agricolă are un impact de 46,20%, valoare foarte apropiată de extracția uleiului, impact generat de aplicarea îngrășământului și irigarea solului. Consumul de energie electrică și metan contribuie substanțial la categoria de impact potențialul de acidificare.

Cu privire la potențialul de eutrofizare a apei (EP) la producerea uleiului de rapiță, extracția uleiului este activitatea cu cel mai mare impact (77,78%). La producerea biodieselului, extracția uleiului rămâne, de asemenea, activitatea cu cel mai mare impact (75,38%). Activitățile de aplicare a îngrășământului și de irigare sunt activități cu impact aproape egal la producerea uleiului de rapiță.

În cazul potențialului de încălzire globală (GWP100), atât la producerea uleiului de rapiță cât și a biodieselului, activitatea de extracție a uleiului de rapiță este activitatea cu cel mai mare impact, 59,84%, respectiv 55,48%. În cazul uleiului de rapiță, activitatea de extracție a uleiului este urmată ca și pondere de activitatea de aplicare a îngrășământului (20,55%) și de activitatea de irigare a solului (14,03%). La producerea biodieselului, etapa agricolă este considerată a doua etapă ca importanță, cu un aport de 36,63%.

La producerea uleiului de rapiță, potențialul de distrugere a ozonului (ODP) este influențat în principal de activitatea de producere a uleiului de rapiță (64,29%) în comparație cu celelalte activități, urmat fiind de aplicarea îngrășământului (13,87%) și apoi de activitatea de irigare a solului (12,58%). În cazul ODP la producerea biodieselului, 49,38% este cauzat de extracția uleiului de rapiță; 27,32% este determinat de activitățile desfășurate în cadrul etapei agricole, iar 22,49% de reacția de transesterificare.

Cel mai important impact asupra potențialului de toxicitate umană (HTP) îl are activitatea de extracție a uleiului de rapiță, atât la producerea uleiului cât și a biodieselului (57,62%, respectiv 55,58%). Pentru uleiul de rapiță, activitatea de irigare a solului contribuie la această categorie de impact cu 23,22% iar aplicarea îngrășământului cu 13,81%. La producerea biodieselului, a doua ca importanță este etapa agricolă, care contribuie cu 40,64% din impactul total.

La producerea uleiului de rapiță, activitatea cu cel mai mare impact asupra potențialului de ecotoxicitate a apelor dulci (FWAEP) este cea de extracție a uleiului, de 80,15%. Cea de-a doua activitate ca importanță este cea de irigare a solului (12,28%), iar cea de a treia este activitatea de aplicare a îngrășământului (6,57%). Pentru biodiesel, activitatea de extracție a uleiului din semințe are o contribuție semnificativă, 77,70% din impactul total.

Cea mai importantă activitate din punct de vedere al potențialului de ecotoxicitate a apelor sărate (MAEP) la producerea uleiului de rapiță este activitatea de extracție a uleiului, cu o contribuție de 80,88%. Urmează, în ordine, activitatea de irigare, cu o contribuție de 11,16%, și activitatea de aplicare a îngrășământului, cu o contribuție de 6,89%. În cazul biodieselului, MAEP este determinat în principal de extracția uleiului, în proporție de 78,15%. Etapa agricolă are un impact mult mai mic (18,39%), deși se situează pe locul al doilea ca importanță în raport cu celelalte activități.

La producerea uleiului de rapiță, potențialul de ecotoxicitate a solului (TEP) este determinat în proporție de 66,49% de activitatea de extracție a uleiului, în proporție de 27,20% de irigarea solului și în proporție de 5,75% de activitatea de aplicare a îngrășământului. Pentru biodiesel, la această categorie de impact, extracția uleiului contribuie în mod semnificativ (63,22%), iar etapa agricolă cu 34,20% din impact.

Potențialul de formare a ozonului foto-chimic (POCP) pentru producerea uleiului de rapiță, este cauzat în proporție de 55,86% de activitatea de extracție a uleiului de rapiță și în mod egal de aplicarea îngrășământului și irigarea terenului agricol (19,20%). În cazul biodieselului, ozonul foto-chimic este generat în principal de extracția uleiului (50,15%) și de activitățile din cadrul etapei agricole (39,19%). Reacția de transesterificare a uleiului vegetal studiat are un impact important asupra POCP, pe când transportul semințelor are un impact neglijabil.

Din toate activitățile desfășurate pentru producerea uleiului vegetal, dar și pentru producerea biodieselului, extracția uleiului din semințele de rapiță este activitatea cu cel mai mare impact asupra mediului în toate cele 10 categorii de impact.

La producerea uleiului de rapiță, cea de a doua activitate cu un important impact asupra a 6 din cele 10 categorii de impact este activitatea de aplicare a îngrășământului. La producerea biodieselului, irigarea terenului are un impact major asupra a 6 din cele 10 categorii de impact.

În celelalte categorii de impact, la producerea ambilor biocombustibili, cel mai mare impact îl are activitatea de aplicare a îngrășământului. În ceea ce privește emisiile în aer la aplicarea îngrășământului, acestea au fost considerate ca parte a activității de aplicare a fertilizatorului, ele având o contribuție însemnată la Potențialul de încălzire globală (GWP100).

Pentru a calcula Potențialul de încălzire globală (GWP100) a uleiului de rapiță și a biodieselului pe durata întregului ciclu de viață au fost considerate ambele etape de producere și utilizare a biocombustibililor. Astfel, în cadrul etapei de producere a uleiului de rapiță este emisă în atmosferă o cantitate de 1,038 kg CO<sub>2</sub> eq., iar în cadrul etapei de utilizare a acestuia se eliberează în atmosferă 2,808 kg CO<sub>2</sub> eq., care corespunde la 766,478 g C/kg ulei rapiță, în funcție de contribuția fiecărui acid gras din compoziția chimică a uleiului. Pentru biodiesel, în cadrul etapei de producere este emisă în atmosferă o cantitate de 1,041 kg CO<sub>2</sub> eq., iar în cadrul etapei de utilizare a acestuia se eliberează în atmosferă 2,808 kg CO<sub>2</sub> eq., care corespunde la 766,509 g C/kg biodiesel.

Se constată că, incluzând în calcule și etapa utilizării a uleiului de rapiță și a biodieselului, se obține o reducere semnificativă a Potențialului de încălzire globală (GWP100).

Incluzând în calcule și etapa utilizării motorinei, s-a obținut o creștere importantă a Potențialului de încălzire globală (GWP100) în comparație cu biocombustibilul studiat.

Prin evaluarea comparativă a ciclului de viață "from cradle to gate" a uleiului de rapiță, a biodieselului și a motorinei fosile se observă că în 4 categorii de impact, biocombustibilii

conduc la rezultate mai bune decât combustibilul diesel. Astfel, prin utilizarea uleiului de rapiță la motoarele diesel, următoarele categorii de impact sunt reduse cantitativ:

- Potențialul de epuizare a resurselor abiotice (ADP) este redus cu 57,85%;
- Potențialul de încălzire globală (GWP100) este redus cu 156,10%;
- Potențialul de distrugere a ozonului (ODP) este redus cu 75,63%;
- Potențialul de formare a ozonului foto-chimic (POCP) este redus cu 28,77%.

La producerea și utilizarea biodieselului, aceleași categorii de impact înregistrează reduceri de 51,72% pentru ADP, 156,024% pentru GWP100, 17,94% pentru ODP, respective 18,02% în cazul POCP.

În cazul celorlalte 6 categorii de impact, uleiul de rapiță și biodieselul prezintă valori mai ridicate decât motorina. Trebuie menționat că în cazul potențialului de toxicitate umană impactul este mai crescut datorită utilizării motorinei la toate etapele ce implică transport, fapt ce ar putea fi mult îmbunătățit prin utilizarea uleiului de rapiță pur sau a biodieselului ca și combustibil pentru transport, în procesul de producere al biocombustibililor. Potențialul de ecotoxicitate a solului prezintă valori ridicate datorită procesului de producere a îngrășământului. În ceea ce privește potențialul de acidificare și potențialul de eutrofizare, acestea sunt crescute datorită emisiilor în aer la aplicarea îngrășământului pe suprafața cultivată. Astfel, potențialul de ecotoxicitate, potențialul de acidificare și potențialul de eutrofizare pot fi îmbunătățite prin utilizarea unui alt tip de îngrășământ. Prin reducerea cantității de apă folosită pentru irigarea culturii,

Metodologia prezentată în acest studiu evidențiază beneficiile utilizării uleiului de rapiță și a biodieselului ca și combustibili pentru motoarele diesel. Se mai arată că biocarburanții pot fi introduși pe piață, ei îndeplinind cerințele Directivei 2009/28/CE, prin conducerea la o reducere de minimum 35% a emisiei de CO<sub>2</sub> pe durata ciclului de viață față de carburanții convenționali.

Acest studiu confirmă faptul că zona de Sud a Moldovei are un potențial important în producția de rapiță ca și cultură energetică pentru producerea biocombustibililor pentru motoarele diesel.

## **6.2. Contribuții originale**

Realizarea tezei de doctorat, intitulată “Contribuții privind evaluarea performanței de mediu a unor biocombustibili pentru motoarele diesel”, a fost posibilă prin contribuțiile personale ale autorului, dintre care cele mai importante sunt:

- ✓ Realizarea unui studiu al literaturii de specialitate asupra biocombustibililor pentru motoarele diesel și analiza cantitativă a emisiilor acestora la alimentarea cu biocombustibili;
- ✓ Realizarea unui studiu al literaturii de specialitate privind cercetările efectuate pentru evaluarea ciclului de viață al biocombustibililor; din acest studiu au rezultat obiectivele și direcțiile de cercetare ale tezei de doctorat;
- ✓ Colectarea și analiza datelor obținute din teren pentru întocmirea inventarului pentru elementele relevante de intrare și ieșire ale culturii de rapiță;
- ✓ Prelucrarea datelor în vederea introducerii lor în softul SimaPro;

Concluzii generale, contribuții originale și perspective



- ✓ Utilizarea softului SimaPro versiunea 7.3.3. pentru întocmirea studiului de evaluare a ciclului de viață a uleiului de rapiță ca și combustibil pentru motoarele diesel;
- ✓ Realizarea etapelor de clasificare și caracterizare a rezultatelor studiului ECV la producerea a 1 kg ulei de rapiță pentru motoarele diesel;
- ✓ Compararea rezultatelor obținute la ECV a uleiului de rapiță cu cele ale motorinei fosile;
- ✓ Utilizarea softului SimaPro versiunea 7.3.3. pentru întocmirea studiului de evaluare a ciclului de viață a biodieselului din ulei de rapiță;
- ✓ Realizarea etapelor de clasificare și caracterizare a rezultatelor studiului ECV la producerea a 1 kg biodiesel din ulei de rapiță;
- ✓ Compararea rezultatelor obținute la ECV a biodieselului din ulei de rapiță cu cele ale motorinei fosile;
- ✓ Interpretarea rezultatelor obținute în urma calculelor efectuate.

### **6.3. Perspective**

În contextul actual privind resursele energetice și poluarea mediului, precum și în urma elaborării aceste teze, doctorandul are în vedere o serie de perspective ale tezei de doctorat:

- Evaluarea ciclului de viață a biocombustibililor pentru motoarele diesel proveniți din alte materii prime produse în diferite zone agricole din România;
- Întocmirea unei hărți cu zonele din România propice culturilor energetice pentru producerea de biocombustibili tip diesel;
- Evaluarea ciclului de viață pentru bioetanolul produs din porumb, grâu, cartofi, trestie și alte materii prime produse în condițiile agroclimatice ale României;
- Întocmirea unei hărți cu zonele din România propice culturilor energetice pentru producerea de biocombustibili tip benzină.

Acest tip de studiu poate fi utilizat în dezvoltarea de produse (ecodesign), la îmbunătățirea acestora, pentru planificarea strategică și luarea deciziilor, la elaborarea de politici și reglementări, în marketing, pentru obținerea etichetei verzi, etc.

## Lista lucrărilor publicate și prezentate

1. **R.-C. Buțurcă**, D. Scarpete, M. Gheorghe. Environmental benefits of using vegetable oils as fuel for diesel engine. THE ANNALS OF “DUNAREA DE JOS” UNIVERSITY OF GALATI. FASCICLE IX. METALLURGY AND MATERIALS SCIENCE. SPECIAL ISSUE – 2011, ISSN 1453 – 083X. **BDI B+** [http://www.fmet.ugal.ro/Anale/TEME\\_2012/Cop%20TEME.pdf](http://www.fmet.ugal.ro/Anale/TEME_2012/Cop%20TEME.pdf)
2. M. Gheorghe, D. Scarpete, **R.-C. Buțurcă**. Effect of some alternative fuels on diesel engine emissions. THE ANNALS OF “DUNAREA DE JOS” UNIVERSITY OF GALATI. FASCICLE IX. METALLURGY AND MATERIALS SCIENCE. SPECIAL ISSUE – 2011, ISSN 1453 – 083X. **BDI B+** [http://www.fmet.ugal.ro/Anale/TEME\\_2012/Cop%20TEME.pdf](http://www.fmet.ugal.ro/Anale/TEME_2012/Cop%20TEME.pdf)
3. M. Gheorghe, D. Scarpete, **R.-C. Buțurcă**. A review on effect of some alternative fuels on diesel engine emissions. Journal of Environmental Protection and Ecology. Vol. 14, nr. 2, ISSN 1311-5065, 2013. **Articol ISI** <http://www.jepe-journal.info/journal-content/vol14-no-2-2013>
4. **R.-C. Buțurcă**, C. M. Gasol, X. Gabarrell, D. Scarpete. Comparative Life Cycle Assessment of Rapeseed Oil and Biodiesel from Winter Rape Produced in Romania. World Academy of Science, Engineering and Technology (WASET Paris, Franța) 2013. **Articol BDI** <http://www.waset.org/journals/waset/v80/v80-159.pdf>
5. **R.-C. Buturca**, C. Gasol, D. Scarpete, X. Gabarrell. A Carbon Footprint analysis of rapeseed oil and rapeseed methyl ester produced in Romania as fuels for diesel engines. International Journal of Environmental Science and Engineering Vol:7 No:9, 2013 2013. **Articol BDI** <http://waset.org/publications/16876/a-carbon-footprint-analysis-of-rapeseed-oil-and-rapeseed-methyl-ester-produced-in-romania-as-fuels-for-diesel-engines>
6. **R.-C. Buturca**, D. Scarpete, D. Tasma, C. B. Mocanu. Environmental benefits of rapeseed methyl ester use. THE ANNALS OF “DUNAREA DE JOS” UNIVERSITY OF GALATI. FASCICLE IX. METALLURGY AND MATERIALS SCIENCE. No. 2 – 2012, ISSN 1453 – 083X. **BDI B+** <http://www.fmet.ugal.ro/Anale/Anale%202-2012.pdf>
7. D. Tasma, T. Panait, K. Uzuneanu, C. Mocanu, **R.-C. Buțurcă**. The syngas composition produced by gasification of agricultural residues briquette. THE ANNALS OF “DUNAREA DE JOS” UNIVERSITY OF GALATI. FASCICLE IX. METALLURGY AND MATERIALS SCIENCE. No. 1 – 2012, ISSN 1453 – 083X. **BDI B+** <http://www.fmet.ugal.ro/Anale/Anale%201-2012.pdf>

8. **R-C. Buțurcă**, C. Gasol, D. Scarpete, X. Gabarrell, A. Chiosa. Carbon footprint analysis of rapeseed oil production in Romania. 14th EuCheMS International Conference on Chemistry and the Environment (ICCE Barcelona, Spania) 2013. <http://www.icce2013.org/docs/BookOfAbstracts.pdf>
9. **R-C. Buțurcă**, C. Gasol, D. Scarpete, X. Gabarrell. A Life Cycle Assessment of rapeseed oil produced in Romania as fuel for diesel engines. 3rd European GCxGC Symposium, Nisa, Franța 2013. <http://www.events-gcxgc.eu/>
10. **R-C. Buțurcă**, C. Gasol, X. Gabarrell, D. Scarpete. Carbon footprint analysis of biodiesel from rapeseed oil production in Romania. International Congress on Energy, Environment Engineering and Management – CIEM 2013. Lisabona, Portugalia. 2013. <http://ciem.info/wp-content/uploads/2013/07/Scientific-program.pdf>
11. **R.-C. Buțurcă**, C. Gasol, D. Scarpete, X. Gabarrell. Comparative LCA study for biodiesel production in Romania and Spain. Catalysis for renewable sources: fuel, energy, chemicals – CRS-2. Lund, Suedia 2013. [http://conf.nsc.ru/files/styles/142695/Program%20Final\\_CRS-2.pdf](http://conf.nsc.ru/files/styles/142695/Program%20Final_CRS-2.pdf)
12. **R-C. Buțurcă**, C. Gasol, D. Scarpete, X. Gabarrell. Life Cycle Assessment of biodiesel from rapeseed oil produced in Romania. 11th INTECOL Congress, Ecology: Into the next 100 years. Londra, UK 2013. <http://eventmobi.com/INTECOL2013/>

## Bibliografie selectivă

- [1] European Commission. Summaries of EU legislation. Tackling climate change. Noiembrie 2013. [http://europa.eu/legislation\\_summaries/environment/tackling\\_climate\\_change/](http://europa.eu/legislation_summaries/environment/tackling_climate_change/)
- [6] Eurostat Pocketbooks, Energy, transport and environment indicators, Part 4 Environment indicators. 2012. [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY\\_OFFPUB/KS-DK-12-001/EN/KS-DK-12-001-EN.PDF](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-DK-12-001/EN/KS-DK-12-001-EN.PDF)
- [9] Evanthia A. Nanaki, Christopher J. Koroneos, Comparative LCA of the use of biodiesel, diesel and gasoline for transportation, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 20, January 2012.
- [20] Liu, Changsheng, Yang, Mei, Huang, Fenghong. Influence of Extraction Processing on Rheological Properties of Rapeseed Oils, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, Volume 89, 01/2012.
- [25] Anaildes L. Carvalho, Sarah M. F. Santana, Cristiane S. Silva, Iuri M. Pepe, Marcos A. Bezerra, Leandro M. Aragão, Cristina M. Quintella and Leonardo S. G. Teixeira. Evaluation of the Oxidative Stability of Biodiesel Blends from Soybean, Tallow and Castor Bean using Experimental Mixture Design, *J. Braz. Chem. Soc.*, Vol. 24, No. 8, 2013.
- [30] S. Kent Hoekman, Amber Broch, Curtis Robbins, Eric Cenicerros, Mani Natarajan. Review of biodiesel composition, properties, and specifications, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16, 2012.
- [66] Zhu L, Zhang W, Liu W, Huang Z. Experimental study on particulate and NOx emissions of a diesel engine fueled with ultra low sulfur diesel, RMEdiesel blends and PME-diesel blends. *Science of the Total Environment* 2010.
- [74] German Institute for Standardization. DIN 51605. 2010.
- [75] EN14214. 2008.
- [76] OMV PETROM SA. Decembrie 2012  
[http://www.omv.ro/SecurityServlet/secure?cid=1255748529817&lang=ro&swa\\_id=424383782748.1216&swa\\_site=wps.vp.ro](http://www.omv.ro/SecurityServlet/secure?cid=1255748529817&lang=ro&swa_id=424383782748.1216&swa_site=wps.vp.ro)
- Bibliografie selectivă

[78] A.J. Torregrosa, A. Broatch, B. Plá, L.F. Mónico. Impact of Fischer–Tropsch and biodiesel fuels on trade-offs between pollutant emissions and combustion noise in diesel engines. *Biomass and Bioenergy*, 2013.

[83] Murari Mohon Roy, Wilson Wang, Justin Bujold, Biodiesel production and comparison of emissions of a DI diesel engine fueled by biodiesel–diesel and canola oil–diesel blends at high idling operations. *Applied Energy* 106, 2013.

[90] Xue JL, Grift TE, Hansen AC. Effect of biodiesel on engine performances and emissions. *Renew Sust Energy Rev* 2011.

[97] Evangelos G. Giakoumis, A statistical investigation of biodiesel effects on regulated exhaust emissions during transient cycles. *Applied Energy*, 2012.

[110] Roy MM. Performance and emissions of a diesel engine fueled by diesel– biodiesel blends with special attention to exhaust odor. *Can J Mech Sci Eng* 2011.

[112] Vahid Aryanpur , Ehsan Shafiei. Evaluating Alternative Fuel Vehicles from Technical, Environmental and Economic Perspectives: Case of Light-Duty Vehicles in Iran. *World Academy of Science, Engineering and Technology (WASET)* 2012.

[120] Gasol C. Environmental and economic integrated assessment of local energy crops production in southern Europe. Teză doctorală. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona, 2009.

**[125] R-C. Buțurcă, C. Gasol, D. Scarpete, X. Gabarrell, A. Chiosa. Carbon footprint analysis of rapeseed oil production in Romania. 14<sup>th</sup> EuCheMS International Conference on Chemistry and the Environment (ICCE Barcelona, Spania) 2013.**

[128] MENA Report Netherlands: OIL CONTENT OF RAPESEED. 2013.  
<http://search.proquest.com/docview/1266257880?accountid=15533>

**[133] R-C. Buțurcă, C. Gasol, D. Scarpete, X. Gabarrell. A Life Cycle Assessment of rapeseed oil produced in Romania as fuel for diesel engines. 3<sup>rd</sup> European GCxGC Symposium, Nisa, Franța 2013.**

**[148] R.-C. Buțurcă, Carles M. Gasol, Xavier Gabarrell, Dan Scarpete. Comparative Life Cycle Assessment of Rapeseed Oil and Biodiesel from Winter Rape Produced in Romania. World Academy of Science, Engineering and Technology (WASET Paris, Franța) 2013.**

[149] Alfredo Iriarte, Joan Rieradevall, Xavier Gabarrell, Life cycle assessment of sunflower and rapeseed as energy crops under Chilean conditions. *Journal of Cleaner Production* 18, 2010.

**[152] R-C. Buțurcă, C. Gasol, D. Scarpete, X. Gabarrell. A Carbon Footprint analysis of rapeseed oil and rapeseed methyl ester produced in Romania as fuels for diesel engines. World Academy of Science, Engineering and Technology (WASET Roma, Italia) 2013.**

**[155] R-C. Buțurcă, C. Gasol, X. Gabarrell, D. Scarpete. Carbon footprint analysis of biodiesel from rapeseed oil production in Romania. International Congress on Energy, Environment Engineering and Management – CIIEM 2013. Lisabona, Portugalia. 2013.**

**[156] R.-C. Buțurcă, C. Gasol, D. Scarpete, X. Gabarrell. Comparative LCA study for biodiesel production in Romania and Spain. Catalysis for renewable sources: fuel, energy, chemicals – CRS-2. Lund, Suedia 2013.**

**[157] R.-C. Buțurcă, C. Gasol, D. Scarpete, X. Gabarrell. Life Cycle Assessment of biodiesel from rapeseed oil produced in Romania. 11<sup>th</sup> INTECOL Congress, Ecology: Into the next 100 years. Londra, UK 2013.**

[161] Carles M. Gasol et. al. A life cycle assessment of biodiesel production from winter rape grown in Southern Europe. Biomass and bioenergy, 2012.

[163] M.F. Milazzo, F. Spina, A. Vinci, C. Espro, J.C.J. Bart, Brassica biodiesels: Past, present and future. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2013.