



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



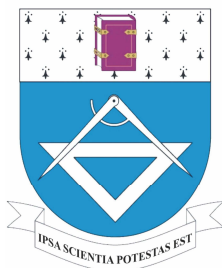
Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
CERCETĂRII
TINERETULUI
ȘI SPORTULUI
OIPOSDRU



UNIVERSITATEA TEHNICĂ
"GHEORGHE ASACHI"
DIN IAȘI



UNIVERSITATEA TEHNICĂ
"GHEORGHE ASACHI" DIN IAȘI
Facultatea de Inginerie Chimică și Protecția
Mediului



STUDII PRIVIND EVALUAREA CICLULUI DE VIAȚĂ CU APLICAȚII ÎN MANAGEMENTUL RESURSELOR DE APĂ

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

Conducător de doctorat:

Prof. univ. dr. ing. Carmen Teodosiu

Doctorand:

Ecolog Iulia Maria Comandaru



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



OIPOSDRU



UNIVERSITATEA TEHNICĂ
"GHEORGHE ASACHI"
DIN IAȘI

Teza de doctorat a fost realizată cu sprijinul financiar al proiectului „Burse Doctorale pentru Performanța în Cercetare la Nivel European (EURODOC)”.

Proiectul „Burse Doctorale pentru Performanța în Cercetare la Nivel European (EURODOC)”, POSDRU/88/1.5/S/59410, ID 59410, este un proiect strategic care are ca obiectiv general „Dezvoltarea capitalului uman pentru cercetare prin programe doctorale pentru îmbunătățirea participării, creșterii atractivității și motivației pentru cercetare. Dezvoltarea la nivel european a tinerilor cercetători care să adopte o abordare interdisciplinară în domeniul cercetării, dezvoltării și inovării.”.

Proiect finanțat în perioada 2009 - 2012.

Finanțare proiect: 18.943.804,97 RON

Beneficiar: Universitatea Tehnică “Gheorghe Asachi” din Iași

Partener: Universitatea „Babeș Bolyai” din Cluj-Napoca

Director proiect: Prof. univ. dr. ing. Mihaela-Luminița LUPU

Responsabil proiect partener: Prof. univ. dr. ing. Alexandru
OZUNU



UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE ASACHI" DIN IAȘI RECTORATUL

Către.....

Vă facem cunoscut că, în data de **12 Octombrie 2012** la ora **10.00** în **Sala de Consiliu a Facultății de Inginerie Chimică și Protecția Mediului**, va avea loc susținerea publică a tezei de doctorat intitulată:

„STUDII PRIVIND EVALUAREA CICLULUI DE VIAȚĂ CU APLICAȚII ÎN MANAGEMENTUL RESURSELOR DE APĂ”

elaborată de domnișoara ecolog **IULIA MARIA COMANDARU** în vederea conferirii titlului științific de doctor în Ingineria Mediului.

1. Prof.univ.dr.ing. Silvia CURTEANU

Universitatea Tehnică Gheorghe Asachi din Iași

președinte

2. Prof.univ.dr.ing. Carmen TEODOSIU

Universitatea Tehnică Gheorghe Asachi din Iași

conducător de doctorat

3. Prof.univ.dr. Alexandru OZUNU

Universitatea Babeș-Bolyai, Cluj-Napoca

referent oficial

4. Prof.univ.dr.ing. Maria GAVRILESCU

Universitatea Tehnică Gheorghe Asachi din Iași

referent oficial

5. Conf. univ.dr.ing. Florica MANEA

Universitatea "Politehnica" din Timisoara

referent oficial

Vă trimitem rezumatul tezei de doctorat cu rugămintea de a ne comunica, în scris, aprecierile dumnevoastră.

Cu această ocazie vă invităm să participați la susținerea publică a tezei de doctorat.

RECTOR
Prof.univ.dr.ing. ION GURMA

Secretar universitate
ing. Cristina Nagiț



Mulțumiri

Doresc să îi mulțumesc în primul rând doamnei Prof.univ.dr.ing. **Carmen Teodosiu**, coordonatorul științific al acestei lucrări, pentru încrederea și sprijinul acordat pe parcursul acestor trei ani. Vreau să îi mulțumesc pentru că mi-a oferit posibilitatea de a mă forma în cadrul grupului său de cercetare. Îi mulțumesc de asemenea, pentru contribuția semnificativă pe care a avut-o la formarea mea profesională și personală. Apreciez în mod deosebit susținerea sa morală în toate momentele dificile.

Alese mulțumiri vreau să îi adresez colegului dr.ing **George Bârjoveanu** pentru tot sprijinul acordat în perioada programului doctoral. Îi mulțumesc pentru disponibilitatea și pasiunea sa pentru cercetarea interdisciplinară de care a dat dovadă, pe care reușește să o insuflă cu succes și altora. Calde mulțumiri îi adresez pentru încurajările sale în timpul acestor ani.

Mulțumesc doamnei dr.ing. **Almudena Hospido** și drd.ing. **Gonzalo Rodrigo-Garcia**, pentru atenta lor îndrumare în timpul stagiului de cercetare extern efectuat în cadrul **Universității Santiago de Compostela**, Spania contribuind astfel substanțial la cercetările prezentate în această teză de doctorat.

Aș dori să mulțumesc doamnelor și domnilor profesori din cadrul Departamentului de Ingineria și Managementul Mediului pentru aleasa pregătire acordată în timpul studiilor universitare de Master.

Întregul demers științific prezentat în teza de doctorat nu ar fi fost posibil fără suportul financiar al proiectului **EURODOC** (ID 59410) „Burse doctorale pentru performanță în cercetare la nivel european”, finanțat de către Fondul Social European și Guvernul României.

De asemenea, țin să mulțumesc din tot sufletul grupului de cercetare din care fac parte, pentru că mi-au fost mai întâi prieteni și apoi colegi. Vă mulțumesc pentru susținerea morală pe parcursul acestor ani dificili, dar cu ajutorul vostru, trei ani frumoși.

Calde mulțumiri le adresez prietenilor mei pentru susținerea morală în momente grele.

Nu în ultimul rând, țin să îmi exprim profunda recunoștință familiei mele pentru înțelegerea de care a dat dovadă în această perioadă. Îi mulțumesc în special mamei mele pentru iubirea sa necondiționată și pentru că îmi este alături în tot ceea ce fac.

CUPRINS

Introducere.....	1
Scopul și obiectivele tezei de doctorat.....	4
Structura tezei de doctorat.....	6
 CAPITOLUL 1. Stadiul actual al cercetărilor științifice în domeniul evaluării ciclului de viață (ECV) cu aplicații în managementul resurselor de apă.....	 10
1.1 Provocări actuale în managementul integrat al resurselor de apă.....	10
1.2. Instrumente utilizate în managementul integrat al resurselor de apă.....	17
1.3. Evaluarea ciclului de viață.....	23
1.3.1. Obiectivele evaluării ciclului de viață.....	24
1.3.2. Direcțiile de cercetare ale domeniului evaluării ciclului de viață.....	25
1.3.3. Utilizările și limitele abordării studiilor de evaluare a ciclului de viață.....	27
1.3.4. Avantajale și dezavantajele evaluării ciclului de viață.....	30
1.4. Evaluarea ciclului de viață utilizată în managementul resurselor de apă.....	33
1.4.1. Evaluarea ciclului de viață pentru sistemele de tratare a apei.....	35
1.4.2. Evaluarea ciclului de viață pentru sistemele de epurare a apelor uzate.....	38
1.4.3. Aplicațiile evaluării ciclului de viață pe sisteme de tratare-epurare a apei (ciclul antropic al resurselor de apă).....	44
 CAPITOLUL 2. Metodologie și colectarea datelor.....	 50
2.1. Metodologia evaluării ciclului de viață.....	50
2.1.1. Definirea scopului și a domeniului de aplicare.....	51
2.1.2. Analiza inventarului ciclului de viață.....	54
2.1.3. Evaluarea impactului ciclului de viață (EICV).....	57
2.1.4. Interpretarea rezultatelor.....	64
2.2. Metode de evaluare a impactului ciclului de viață.....	65
2.2.1. Metode de evaluare a impactului ciclului de viață în punctul mediu al lanțului cauză-efect.....	67
2.2.2. Metode de evaluare a impactului ciclului de viață în punctul final al lanțului cauză-efect.....	68
2.3. Baze de date și instrumente software pentru evaluarea ciclului de viață.....	72
2.3.1. Baze de date.....	72
2.3.2. Instrumente software: SimaPro 7.3.2.....	75
 CAPITOLUL 3. Dezvoltarea metodelor de evaluare a impactului ciclului de viață pentru îmbunătățirea managementului resurselor de apă în industrie.....	 84
3.1. Abordări tradiționale ale utilizării resurselor de apă în studiile de evaluare a ciclului de viață.....	84
3.1.1. Apa ca mediu de transport pentru poluanți.....	86
3.1.2. Metode tradiționale privind cuantificarea utilizării resurselor de apă în ECV...	87
3.1.3. Limitări conceptuale ale abordărilor tradiționale privind resursele de apă în studiile ECV.....	93
3.1.4. Limitări metodologice ale abordărilor privind resursele de apă în studiile ECV.....	94
3.2. Dezvoltarea metodelor de evaluare a impactului ciclului de viață pentru considerarea impactului utilizării resurselor de apă.....	96
3.2.1. Cadrul conceptual.....	96
3.2.2. Utilizarea apei pentru consum.....	97
3.2.3. Utilizarea apei cu modificări ale calității.....	100

3.3.	Evaluarea ciclului de viață în industria viti-vinicolă.....	105
3.3.1.	Definirea scopului și a domeniului de aplicare.....	106
3.3.1.1.	Stabilirea și descrierea limitelor sistemului.....	106
3.3.1.2.	Unitatea funcțională (UF).....	107
3.3.1.3.	Cerințele de calitate a datelor.....	107
3.3.2.	Inventarul ciclului de viață (ICV).....	108
3.3.3.	Evaluarea impactului ciclului de viață (EICV).....	110
3.4.	Analiza comparativă între metoda Eco-Indicator 99 clasic vs. metoda Eco-Indicator 99 actualizată.....	113
3.4.1.	Etapa de Caracterizare.....	113
3.4.2.	Etapa de Normalizare.....	126
3.4.3.	Etapa de Ponderare.....	127
3.5.	Concluzii parțiale.....	131
CAPITOLUL 4. Evaluarea ciclului de viață ca instrument pentru îmbunătățirea managementului resurselor de apă în orașul Iași.....		134
4.1.	Managementul resurselor de apă în orașul Iași.....	134
4.1.1.	Sistemul de alimentare cu apă.....	135
4.1.2.	Tratarea apei.....	136
4.1.3.	Sistemul de distribuție a apei.....	138
4.1.4.	Sistemul de colectare a apelor uzate.....	139
4.1.5.	Stația de epurare Dancu.....	139
4.2.	Definirea scopului evaluării ciclului de viață și a domeniului de aplicare.....	144
4.2.1.	Stabilirea și descrierea limitelor sistemului.....	144
4.2.2.	Unitatea funcțională (UF).....	145
4.3.	Inventarul ciclului de viață.....	147
4.3.1.	Inventarul ciclului de viață pentru faza de producție.....	147
4.3.2.	Inventarul ciclului de viață pentru etapele de post utilizare.....	151
4.4.	Evaluarea impactului ciclului de viață.....	153
4.4.1.	Evaluarea impactului ciclului de viață pentru ciclul antropic al resurselor de apă.....	155
4.4.2.	Evaluarea impactului ciclului de viață pentru sistemul de alimentare cu apă.....	155
4.4.3.	Evaluarea impactului ciclului de viață pentru stația de tratare.....	158
4.4.4.	Evaluarea impactului ciclului de viață pentru sistemul de colectare și epurare a apelor uzate municipale.....	160
4.4.5.	Evaluarea impactului ciclului de viață pentru stația de epurare.....	162
4.5.	Evaluarea performanțelor de mediu ale sistemului de servicii de apă prin intermediul scenariilor de îmbunătățire a situației actuale.....	166
4.5.1.	Scenarii alternative privind îmbunătățirea sistemului de alimentare cu apă.....	167
4.5.2.	Scenarii alternative privind îmbunătățirea sistemului de colectare și epurare a apelor uzate municipale.....	170
4.6.	Concluzii parțiale.....	172
CONCLUZII GENERALE.....		175
BIBLIOGRAFIE.....		180
ANEXA 1 - Lista de figuri.....		196
ANEXA 2 - Lista de tabele.....		199
ANEXA 3 - Lista de termeni.....		201
ANEXA 4 - Lista de abrevieri.....		204
ACTIVITATE ȘTIINȚIFICĂ.....		207

Introducere

Apa reprezintă o resursă critică, esențială pentru susținerea vieții cât și pentru o gamă largă de activități umane. Creșterea populației, dezvoltarea economică și globalizarea sunt principalele probleme responsabile de crearea modificărilor în ciclul de utilizare a apei la nivel mondial, ca urmare a utilizării terenului, captării, tratării și utilizării apei, poluării prin deversarea de ape uzate insuficient epurate, eutrofizării și schimbărilor climatice (Hoff, 2009).

Necesitatea de a aborda și rezolva toate aceste aspecte într-o manieră corespunzătoare și eficientă, a condus la dezvoltarea și implementarea conceptului de **Management integrat al resurselor de apă (MIRA)**, care combină aspecte diferite ale utilizării resurselor de apă și o multitudine de obiective asociate cu conservarea resurselor de apă, cu disponibilitatea și cu calitatea acestora, contribuind astfel pentru crearea premiselor pentru utilizarea durabilă a resurselor de apă (GWP, 2004; Teodosiu și colab., 2007).

Obiectivele managementului resurselor de apă, așa cum sunt exprimate în Directiva Europeană Cadru privind Apa și în Rezoluția Conferinței Națiunilor Unite pentru Mediu și Dezvoltare (RIO+20) sunt orientate spre dezvoltarea și implementarea instrumentelor tehnologice și de management în vederea atingerii *stării bune* a apelor, care trebuie să limiteze cât mai mult posibil impacturile asupra resurselor de apă generate de activitățile umane. Aceasta este o sarcină foarte dificilă, deoarece resursele de apă sunt o parte componentă importantă în multe sisteme complexe, iar monitorizarea și managementul diverselor impacturi generate de utilizarea apei, pot prezenta dificultăți în implementarea la nivel național/internațional (Teodosiu și colab., 2011). Presiunile puternice cu privire la resursele limitate de apă, la distribuția lor inegală și, de asemenea, la schimbările climatice, au condus la apariția unui interes major pentru dezvoltarea unor instrumente de management de mediu care să se adreseze clar problemelor emergente și să contribuie la asigurarea resurselor de apă pentru generațiile viitoare (Teodosiu, 2007; Koehler, 2008; Bârjoveanu și colab., 2010).

Deși la nivel global există preocupări și eforturi considerabile în acest sens, majoritatea problemelor legate de managementul resurselor de apă se manifestă la nivel local. De aceea, răspunsurile trebuie să pornească de la nivelul local, al comunităților mici sau al utilizatorilor industriali individuali, către nivelul bazinului hidrografic (Bârjoveanu și colab., 2010b). Pe lângă implementarea unor măsuri de natură legislativă și a unor instrumente economice (mecanisme financiare, instrumente de marketing), este necesară conceperea și implementarea unor instrumente, capabile să cuantifice și să explice complet impactul activităților umane asupra resurselor de apă și care să elimine sau măcar să minimizeze aceste impacturi.

Controlul poluării resurselor de apă se realizează prin implementarea **tehnologiilor de tratare/epurare a apei**, însă înainte de implementarea acestora este necesară identificarea și cuantificarea clară a tuturor impacturilor suferite de resursele de apă (sau a altor componente de mediu conexe). Pentru aceasta este disponibilă o serie de instrumente de management de mediu care se pot aplica activităților economice și în special celor industriale: Auditul de mediu, Evaluarea impactului de mediu, Evaluarea riscului de mediu, Analiza fluxurilor materiale, etc (Teodosiu și Bârjoveanu, 2011a). Între acestea se regăsește și **Evaluarea ciclului de viață (ECV)** care este un instrument de cuantificare a impacturilor asupra mediului în diverse categorii și care se distinge de celelalte instrumente de evaluare a impactului prin faptul că abordează toate etapele prin care trece un produs, de la producție, la utilizare și apoi în fazele de post utilizare.

Din punctul de vedere al utilizării în managementul integrat al resurselor de apă, ECV este un instrument care permite analiza utilizării apei în procesele de producție atât din punct de vedere cantitativ cât și calitativ. Astfel, ECV a fost utilizat în MIRA, fiind aplicat în studiile privind tehnologiile de producție a apei potabile, în evaluarea performanței de mediu a stațiilor de epurare (tehnologii de epurare convenționale și avansate), și pentru câteva studii care au considerat sistemele de servicii de apă (întreg ciclul de utilizare a apei), acest tip de evaluare dovedindu-se a fi complexă din cauza dificultății stabilirii limitelor sistemului, caracterului multidisciplinar al metodologiei ECV și a unui aspect esențial, reprezentat de problema disponibilității datelor necesare studiului.

În acest context complex, prezenta lucrare abordează studiul și dezvoltarea unui instrument specific managementului de mediu - evaluarea ciclului de viață al produselor (ECV), pentru analiza impacturilor utilizării resurselor de apă în ciclul de viață al produselor, cât și ca instrument suport în managementul integrat al resurselor de apă. Cercetările efectuate în teza de doctorat au abordat o nouă dimensiune a resurselor de apă în studiile ECV, și anume aceea de resursă cu importanță economică (similară „produselor”), studiile prezentate în această lucrare abordând atât aspectele cantitative ale utilizării apei, dar și pe cele calitative.

Scopul și obiectivele tezei de doctorat

În conformitate cu aspectele expuse mai sus, această lucrare vizează două direcții de cercetare principale, corelate cu obiectivul general al lucrării și anume acela **de a studia modul în care evaluarea ciclului de viață (ECV) poate fi utilizată ca instrument suport pentru managementul integrat al resurselor de apă**. Aceste două direcții principale de cercetare sunt următoarele:

1. Investigarea posibilității de a îmbunătăți metodele curente de evaluare a impactului în evaluarea ciclului de viață prin definirea și considerarea tuturor impacturilor suferite de resursele de apă în utilizarea lor pentru fabricarea (ciclul de viață) al diverselor produse;
2. Utilizarea evaluării ciclului de viață pentru analiza performanțelor de mediu ale sistemelor de furnizare a serviciilor de apă, considerând ciclul antropic al apei (captare, tratare, distribuție, utilizare, colectare și epurare ape uzate).

Pentru urmărirea direcțiilor de cercetare, în prezenta lucrare sunt definite următoarele **obiective cu activitățile aferente:**

1. **Realizarea unui studiu de literatură critic referitor la abordările studiilor de ECV prin prisma utilizării resurselor de apă pentru identificarea limitărilor conceptuale și metodologice existente în cadrul studiilor ECV privind impacturile asociate cu utilizarea resurselor de apă;**
2. **Studiul posibilităților de dezvoltare a metodelor de evaluare a impactului ciclului de viață (EICV) pentru includerea într-un mod corespunzător a impactului utilizării apei în studiile ECV;**
3. **Elaborarea și testarea a doi noi indicatori de impact în cadrul unei metodei de evaluare a impactului ciclului de viață Eco-indicator 99 care să includă impacturile generate de consumul de apă, respectiv de schimbările în calitatea resurselor de apă;**
4. **Dezvoltarea unui studiu ECV considerând impacturile asupra resurselor de apă în industria viti-vinicola:**
 - colectarea datelor de inventar și compilarea inventarului ciclului de viață pentru fiecare etapă a procesului de producție,
 - evaluarea impacturilor asociate cu intrările și ieșirile sistemului analizat prin intermediul SimaPro software,
 - considerarea modificărilor în calitatea apei din cadrul studiilor ECV clasice prin calcularea factorilor de caracterizare necesari pentru a cuantifica impacturile utilizării resurselor de apă,
 - elaborarea unui indicator ECV care vizează cuantificarea impactului generat de evacuarea apelor uzate cu referire la disponibilitatea apei pentru utilizatorii de apă din aval, integrarea acestui indicator, împreună cu un alt indicator de utilizare a apei în metoda selectată **Eco-Indicator 99**, cu scopul de a prezenta o imagine completă și precisă a impacturilor legate de utilizarea apei într-un studiu de caz ECV,

- studiul posibilității stabilirii unei conexiuni cu alte instrumente specifice managementului resurselor de apă, în special *amprenta de apă* (WF).
- 5. Evaluarea impacturilor asupra mediului asociate cu întregul ciclu de utilizare a resurselor de apă-servicii de alimentare cu apă, canalizare și epurare a apelor uzate în orașul Iași, prin intermediul evaluării ciclului de viață:**
 - identificarea, delimitarea și descrierea elementelor ciclului de utilizare a resurselor de apă: captare, tratare, transport și distribuție apă, utilizare, colectare și epurare ape uzate;
 - colectarea datelor de inventar referitoare la diferitele etape ale sistemului de servicii de apă a orașului Iași,
 - compilarea inventarului ciclului de viață pentru întreg sistemul de servicii de apă în orașul Iași.
- 6. Cuantificarea impacturilor asociate întregului sistem al serviciilor de apă, identificarea principalelor etape responsabile de crearea impactului de mediu (parțiale și globale), având în vedere:**
 - identificarea etapelor cu impact semnificativ asupra mediului și a elementului de inventar care contribuie cel mai mult în diferite categorii de impact,
 - interpretarea rezultatelor caracterizării respectiv normalizării și formularea de concluzii și recomandări privind situația actuală a profilului de mediu al sistemului de servicii de apă.
- 7. Evaluarea performanțelor de mediu ale sistemului de servicii de apă prin intermediul unor scenarii alternative de îmbunătățire considerând:**
 - dezvoltarea și simularea de scenarii privind îmbunătățirea sistemului de alimentare cu apă prin modificarea profilului de mediu al acestuia și prin scăderea pierderilor în sistemul de distribuție al apei,
 - dezvoltarea de scenarii privind îmbunătățirea sistemului de colectare și epurare a apelor uzate și prin considerarea unei rate crescute de conectivitate la rețeaua de canalizare și prin simularea unei capacități de epurare a tuturor apelor uzate atât prin etapa mecanică și cea biologică.

Structura tezei de doctorat

Teza de doctorat este structurată pe 4 capitole, însumând 208 pagini, 54 de figuri, 46 tabele, 4 anexe și 346 referințe bibliografice.

În **Introducere** sunt prezentate pe scurt câteva aspecte referitoare la disponibilitatea resurselor de apă la nivel global, cu evidențierea necesității implementării și dezvoltării de instrumente de management cuprinzătoare capabile să abordeze complexitatea resurselor de apă

într-o manieră integrată și coerentă, în special a **evaluării ciclului de viață**, care poate fi un instrument adecvat de cuantificare a impactului utilizării resurselor de apă în procesele de producție, atât din punct de vedere cantitativ cât și calitativ. De asemenea, s-au enumerat direcțiile de cercetare corelate cu obiectivul general al lucrării, obiectivele specifice și activitățile aferente.

Capitolul 1, intitulat *Stadiul actual al cercetărilor științifice în domeniul evaluării ciclului de viață (ECV) cu aplicații în managementul resurselor de apă*, debutează cu prezentarea provocărilor actuale în managementul integrat al resurselor de apă (MIRA), descrierea instrumentelor de management de mediu utilizate în MIRA și continuă cu detalierea conceptelor de bază ale evaluării ciclului de viață și relația acestora cu celelalte instrumente. De asemenea, sunt prezentate demersurile științifice pentru dezvoltarea metodelor de evaluare a impactului ciclului de viață care să abordeze într-un mod corespunzător impacturile utilizării resurselor de apă, cât și studiile efectuate pe plan internațional în vederea evaluării performanței de mediu a sistemelor de servicii de apă (tratare, epurare) și a întregului ciclu de utilizare a apei (captare, tratare, transport și distribuție apă, utilizare, colectare și epurare ape uzate), prin intermediul ECV.

Capitolul 2, prezintă aspectele metodologice ale evaluării ciclului de viață utilizate în prezenta teză de doctorat, în care sunt discutate în detaliu etapele metodologiei adoptată de către comunitatea științifică internațională din acest domeniu. Modelarea și analiza ciclurilor de viață complexe s-a realizat prin intermediul SimaPro 7.3 software, în vederea evaluării performanței de mediu a produselor și serviciilor, ale cărui caracteristici sunt prezentate de asemenea în acest capitol. În ultima parte a capitolului sunt descrise metodele de evaluare a impactului ciclului de viață: *metode clasice de evaluare a impactului* (orientate spre probleme) și *metode orientate spre impacturi*, bazele de date și instrumentele software pentru realizarea studiilor de ECV. Trebuie menționat că pentru elaborarea studiilor de caz din cadrul tezei de doctorat a fost necesar un volum mare de date detaliate furnizate de către operatorul regional de apă și industria viti-vinicolă.

Capitolele 3 și 4 prezintă **contribuțiile originale** în domeniul utilizării evaluării ciclului de viață în managementul integrat al resurselor de apă.

Prima direcție de cercetare este prezentată în **capitolul al treilea** intitulat *Dezvoltarea metodelor de evaluare a impactului ciclului de viață pentru îmbunătățirea managementului resurselor de apă în industrie*, și este abordată în cadrul unui studiu dezvoltat pe industria viti-vinicolă. În cadrul acestui studiu a fost investigată posibilitatea de actualizare a metodelor de evaluare a impactului ciclului de viață pentru includerea într-un mod corespunzător a tuturor

impacturilor asociate utilizării resurselor de apă în cadrul studiilor de ECV. Unul din obiectivele studiului a constat în elaborarea unui nou indicator de impact (**Utilizarea apei cu modificări ale calității - UAM**) (engl. *Degradative water use*), care să considere impactul generat de deversarea apelor uzate insuficient epurate asupra posibilității de utilizare ulterioară a resurselor de apă. În vederea includerii impacturilor generate de consumul de apă în studiile de ECV, s-a testat un indicator existent în metodele de evaluare a impactului ciclului de viață (**Utilizarea apei pentru consum - UAC**) (engl. *Consumptive water use*). Ambii indicatori au fost incluși în clasa de impact **Resurse naturale** (MJ/Surplus) în cadrul metodei de evaluare a impactului ciclului de viață **Eco-Indicator 99**. Demonstrarea utilității celor doi noi indicatori de impact a fost realizată prin efectuarea unui studiu pentru ciclul de viață al vinului, considerând utilizarea apei în toate etapele ciclului de viață al acestui produs. Astfel, acest studiu a vizat cuantificarea impacturilor asupra mediului generate de producerea vinului și identificarea etapelor ciclului de viață în procesele de vinificație, care generează impact semnificativ pe întregul ciclu de viață al acestuia. Studiul a fost elaborat pentru o unitate de producție situată în județul Iasi. Pentru calculul factorilor de caracterizare al impactului deversării de ape uzate asupra disponibilității ulterioare a resurselor de apă s-a apelat la conceptul de **energie echivalentă pentru epurare**. Aceasta reprezintă un surplus virtual de energie necesar epurării a unui metru cub de apă uzată până la concentrații ale poluanților care să nu pericliteze utilizarea ulterioară a resursei de apă. Rezultatele prezentate în acest capitol se bazează pe un scenariu în care apele uzate deversate în etapa de producție sunt puternic poluate cu specii care se elimină prin procese de epurare avansată.

Integrarea celor doi indicatori (UAM și UAC) în metoda Eco-Indicator 99 prezintă o imagine completă și de noutate științifică a impacturilor legate de utilizarea apei într-un studiu de caz de ECV. Un alt aspect important al studiului constă în posibilitatea stabilirii unei conexiuni între noul indicator **Utilizarea apei cu modificări ale calității (UAM)** cu alte instrumente specifice managementului resurselor de apă, în special amprenta de apă (WF).

În **Capitolul 4**, intitulat **Evaluarea ciclului de viață ca instrument pentru îmbunătățirea managementului resurselor de apă în orașul Iași**, este prezentată a doua direcție de cercetare abordată în cadrul tezei de doctorat. Această direcție este dezvoltată pe un studiu în care este analizată performanța de mediu a sistemului de servicii de apă în orașul Iași cu ajutorul metodologiei evaluării ciclului de viață, în vederea identificării principalelor probleme de mediu generate de acest sistem.

În acest studiu, apa nu mai este considerată doar ca mediu de transport sau de reacție, ci ca „un produs” cu valoare economică, contribuind astfel în mod real la implementarea

conceptului de management integrat al resurselor de apă, considerând atât aspectele calitative cât și pe cele cantitative asociate utilizării acestei resurse naturale.

Elementul de originalitate al acestui capitol constă în faptul că s-a luat în considerare întreg ciclul de utilizare a resurselor de apă: captarea, tratarea, transportul și distribuția apei, utilizarea, colectarea, epurarea și deversarea apelor uzate, această evaluare fiind prima de acest gen în România.

Analiza în acest studiu se bazează pe o metodă de evaluare a impactului ciclului de viață existentă, **CML 2000 de bază**, care are în vedere identificarea și cuantificarea impacturilor induse asupra mediului și sănătății umane de toate etapele utilizării resurselor de apă. Astfel, sunt evidențiate impacturile asupra tuturor componentelor de mediu (apă, aer, sol), asupra biosferei (eutrofizare, eco-toxicitate), dar și potențialele efecte asupra sănătății umane. Pentru a putea facilita comparația cu puținele studii similare, metoda de evaluare nu consideră impacturile generate de captarea apei, fie din surse de apă subterane sau de suprafață, nici disponibilitatea resurselor de apă.

Evaluarea performanțelor de mediu s-a realizat prin dezvoltarea unor scenarii privind îmbunătățirea sistemului de alimentare cu apă și sistemului de colectare și epurare a apelor uzate din orașul Iași. Rezultatele au arătat că, prin îmbunătățirea sistemului de alimentare cu apă, impacturile se vor reduce comparativ cu situația actuală, în timp ce îmbunătățirea managementului apelor uzate ar reduce impactul în categoria **Eutrofizare (EU)**, în schimb ar crește impactul în alte categorii.

Un aspect important al studiului constă în generarea unui studiu de referință în ceea ce privește performanțele tehnice și de mediu ale sistemului de servicii de apă a orașului Iași, în vederea identificării alternativelor de îmbunătățire a situației actuale. Acesta reprezintă un punct de plecare pentru analiza perspectivelor de dezvoltare ale orașului, și celor ale sistemului său de apă.

Teza de doctorat se finalizează cu concluziile generale referitoare la cercetările realizate cu evidențierea elementelor de originalitate, precum și a aspectelor practice privind utilizarea acestui instrument.

Rezultatele originale ale tezei de doctorat au fost diseminate astfel: **2** articole în reviste cotate ISI Web of Science (**1** articol publicat și **1** articol în curs de evaluare), **1** articol publicat în reviste indexate BDI, **3** lucrări prezentate sub formă de comunicări orale la conferințe internaționale și **1** lucrare prezentată sub formă de poster la o conferință națională.

Capitolul 2. Metodologie și colectarea datelor

2.1. Metodologia evaluării ciclului de viață

Realizarea unui studiu de evaluare a ciclului de viață se realizează de cele mai multe ori conform unei metodologii adoptată tacit de către comunitatea științifică internațională din acest domeniu. Această metodologie este definită și descrisă de către Organizația Internațională pentru Standardizare (ISO) și oferă un cadru unitar de reguli și ghiduri pentru toate etapele care trebuie parcurse pentru a realiza un astfel de studiu. Conform SR EN ISO 14040:2006, ECV se realizează prin parcurgerea a 4 faze (Figura 2.1):

1. Definirea scopului și a domeniului de aplicare;
2. Analiza inventarului pentru fluxurile relevante unui sistem-produș;
3. Evaluarea potențialelor impacturi asupra mediului;
4. Interpretarea rezultatelor analizei inventarului și a fazei de evaluare a impacturilor.

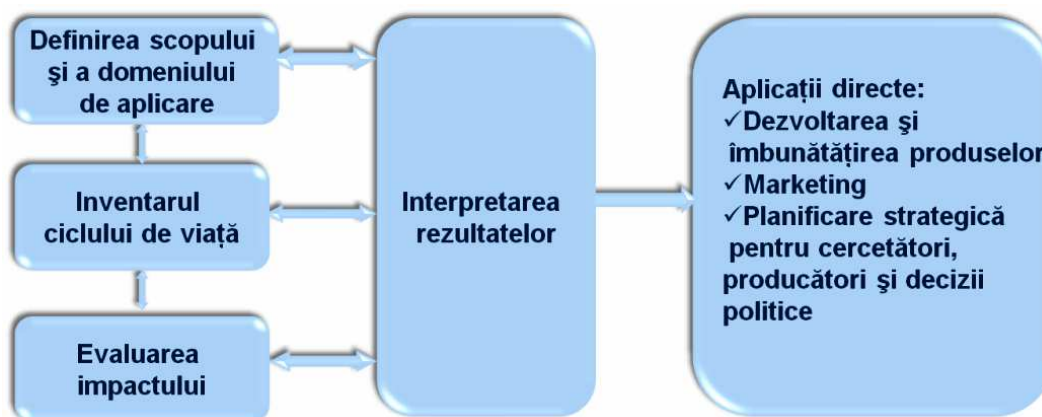


Figura 2.1. Fazele ECV (sursa STANDARD ISO 14040/2006)

2.3.2. Instrumente software: SimaPro 7.3.2

Instrumentele software au fost dezvoltate pentru prelucrarea și calculul evaluării ciclului de viață ale produselor și serviciilor. Industria utilizează instrumente software ECV pentru a îmbunătăți performanțele sale de mediu, pentru optimizarea proceselor și dezvoltarea produselor. Programul SimaPro, unul dintre cele mai răspândite în rândul comunității ECV, a fost selectat pentru a fi aplicat în studiile de caz din cadrul prezentei teze de doctorat.

➤ Programul SimaPro

SimaPro este un instrument comercial de colectare, analiză și monitorizare a datelor privind performanța de mediu a produselor și serviciilor. Dintre toate instrumentele specifice ECV, SimaPro este unul dintre cele mai flexibile și intuitive ca și modalitate de operare. Pentru a putea demara proiectele referitoare la ciclul de viață a produsului, programul SimaPro oferă

diferite baze de date cu mii de procese și cele mai importante metode de evaluare a impactului (<http://www.pre.nl/simapro/>).

Caracteristicile programului SimaPro:

- utilizează procese și substanțe predefinite;
- realizează diagrama de flux a proceselor reprezentate prin diagrame Sankey;
- analizează scenarii complexe de management și reciclare a deșeurilor;

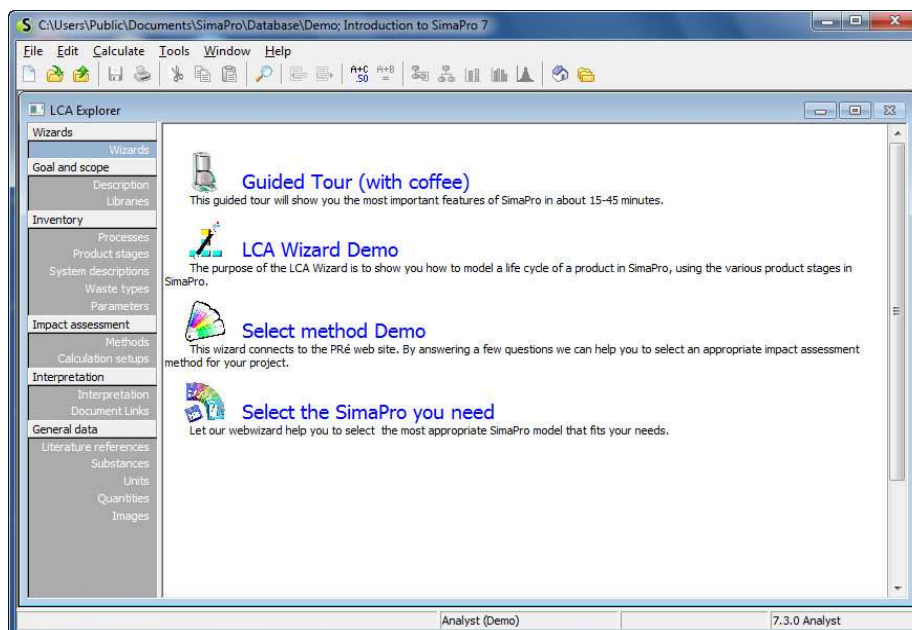


Figura 2.3. Interfața SimaPro

Capitolul 3. Dezvoltarea metodelor de evaluare a impactului ciclului de viață pentru îmbunătățirea managementului resurselor de apă în industrie

Considerând necesitatea de a dezvolta metode ECV compatibile cu obiectivele actuale ale managementului resurselor de apă, precum și pentru a include toate impacturile utilizării apei existente în categoriile de impact ECV, **obiectivul general al studiului prezentat în acest capitol este acela de a evalua potențialul impact asupra mediului generat de diferitele etape din ciclul de viață al producerii vinului.**

Obiectivele specifice ce au rezultat din obiectivul principal au fost:

1. Realizarea unei analize critice referitoare la abordările resurselor de apă existente în studiile de evaluare a ciclului de viață;
2. Studiul posibilităților de dezvoltare a metodologiilor de evaluare a impactului ciclului de viață pentru includerea într-un mod corespunzător a impactului utilizării apei

în studiile ECV. Acest obiectiv a constat în realizarea următoarelor activități specifice, care contribuind astfel la originalitatea prezentei lucrări de doctorat:

- Elaborarea unui nou indicator (**Utilizarea apei cu modificări ale calității - UAM**) pentru a considera aspectele calitative ale utilizării resurselor de apă în studiile ECV,
- Testarea unui indicator existent în literatura de specialitate pentru a cuantifica impacturile induse de consumul de apă în studiile ECV (**Utilizarea apei pentru consum - UAC**),
- Integrarea acestor indicatori în metoda **Eco-Indicator 99**, cu scopul de a prezenta o imagine completă și precisă și de noutate științifică a impacturilor legate de utilizarea apei într-un studiu de caz de ECV.

3. Realizarea unui studiu de caz de ECV pentru considerarea impacturilor asociate utilizării resurselor de apă în industria viti-vinicolă.

- Testarea noului indicator ECV (**Utilizarea apei cu modificări ale calității - UAM**) aplicat într-un studiu dezvoltat pentru industria producătoare de vin, care contribuie la o gamă largă de impacturi asupra mediului generate de utilizarea în cantități mari a apei și energiei (Benedetto, 2010).

3.2. Dezvoltarea metodelor de evaluare a impactului ciclului de viață pentru considerarea impactului utilizării resurselor de apă

3.2.1. Cadrul conceptual

Pentru a clasifica conceptele, metodologiile și indicatorii referitori la considerarea utilizării resurselor de apă în studiile ECV, în Figura 3.2. sunt prezentate sintetic principalele abordări privind mecanismele de mediu care descriu conceptele și metodologiile prezentate anterior. Principalele eforturi de a include toate impacturile asociate utilizării resurselor de apă s-au referit până în prezent fie la considerarea apei ca un mediu de transport pentru diversele specii generatoare de impact în alte categorii de impact (săgețile portocalii din Figura 3.2.), fie la considerarea impacturile cantitative ale utilizării resurselor de apă, în special prin multitudinea de indici de stres hidric (săgeata albastră în Figura 3.2.).

Din acest motiv, în prezenta lucrare s-a propus un nou indicator de impact denumit **Utilizarea apei cu modificări ale calității (UAM)**, care exprimă reducerea disponibilității resurselor de apă pentru o utilizare normală (datorită degradării calitative a unei părți a acestora). Acesta a fost inclus (clasificat) în clasa de impact **Resurse naturale** a metodologiei **Eco-Indicator 99** și testat în cadrul studiului privind industria viti-vinicolă. În paralel, aspectele cantitative ale impacturilor resurselor de apă au fost de asemenea considerate prin intermediul

indicatorului *Utilizarea apei pentru consum (UAC)* inclus în aceeași categorie a metodologiei **Eco-indicator 99**.

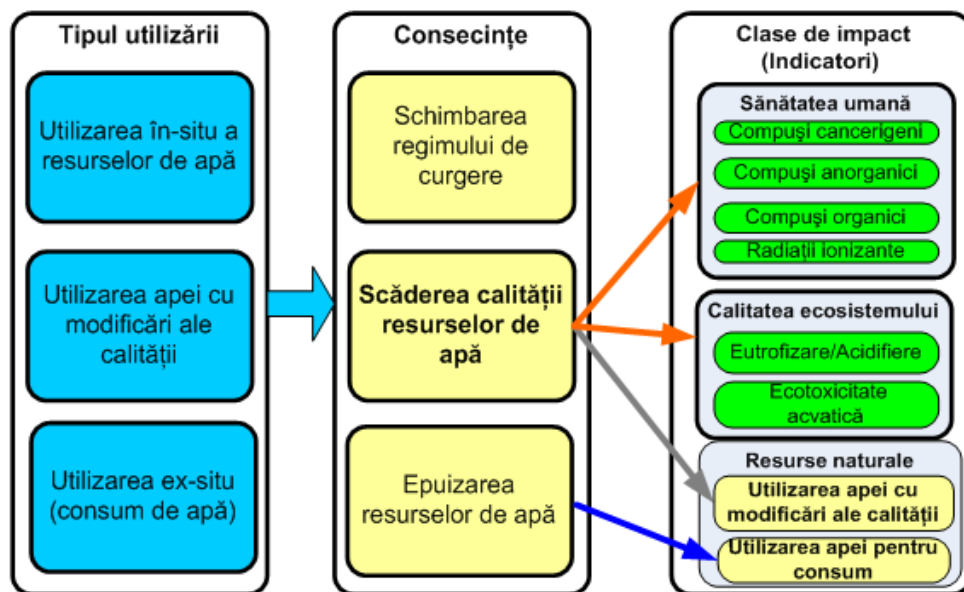


Figura 3.2. Conceptul de integrare a impacturilor legate de utilizarea apei asupra mediului în ECV (adaptată după Pfister și colab., 2009)

3.2.2. Utilizarea apei pentru consum (UAC)

Indicatorul *Utilizarea apei pentru consum (UAC)* (engl. *Consumptive water use*) reprezintă toate **intrările** de apă în ciclul de viață al produselor și sistemelor fiind cel mai des utilizat în practica ECV privind resursele de apă (Pfister și colab., 2009).

Ca factor de caracterizare a fost considerat *Indicele de deficit hidric, WSI* (engl. *Water Stress Index*), dezvoltat de către Smakhtin și colab., (2005). **WSI** reprezintă raportul dintre volumul de apă utilizat $WU[m^3]$ și volumul de apă disponibil în mediu $WR[m^3]$ minus volumul de apă minim necesar ecosistemelor naturale $EWR[m^3]$. Acest indice a fost calculat la nivel global și național; pentru România are valoarea de 0.0093 (Pfister și colab., 2009).

Factorii de normalizare existenți în SimaPro software sunt calculați la nivel global, de aceea în acest caz a fost necesar să se utilizeze factori de normalizare specifici pentru România. Ca factori de normalizare s-au introdus factorii de caracterizare regionali dezvoltați de Pfister și colab., (2009). Pentru clasa de impact **Resurse naturale** (MJ surplus) conform Pfister, (2009) energia necesară pentru desalinare $E_{desalinare}$ este $11 MJ/m^3$, pe baza tehnologiilor existente de desalinare pentru apă potabilă (Fritzman, 2007).

În vederea obținerii factorilor de ponderare specifici pentru România, factorii de normalizare existenți în SimaPro, incluși în metodologia **Eco-Indicator 99** varianta de bază, au fost raportați la 0.00119 (factor ce reprezintă raportul dintre PIB global și PIB pentru România).

3.2.3. Utilizarea apei cu modificări ale calității (UAM)

În studiile ECV tradiționale, utilizarea apei este de obicei raportată în inventarul ciclului de viață (ICV) alături de materii prime și energie, ca o intrare în procese și produse, și deci, este evaluată de cele mai multe ori din punct de vedere al consumului (Pfister și colab., 2009; Bayart și colab., 2010), prin generarea de impacturi legate de deficitul de apă, asupra mediului și a sănătății umane, așa cum este prezentat în Figura 3.2.

Indicatorul **“Utilizarea apei cu modificări ale calității” (UAM)** denotă utilizarea apei atunci când este evacuată înapoi în același bazin hidrografic din care a fost captată după ce calitatea apei a suferit modificări (Pfister și colab., 2009). Impacturile asupra resurselor sunt evaluate prin potențialul surplus de energie necesar utilizatorilor în viitor (Goedkoop, 2001).

Studiul de față este dezvoltat pe această abordare și introduce un nou indicator de impact în punctul final al lanțului cauză-efect, denumit **Utilizarea apei cu modificări ale calității (UAM)**, engl. *Degradative water use* (în conformitate cu terminologia propusă de Bayart și colab., 2010). Acest nou indicator evaluează impactul deversării apei uzate insuficient epurate asupra disponibilității de apă de suprafață în vederea utilizărilor ulterioare. **Utilizarea apei cu modificări ale calității (UAM) cuantifică energia necesară pentru a elimina poluanții din apele uzate la un nivel astfel încât să nu împiedice utilizatorii de apă din aval să folosească resursele de apă.**

Acest indicator calculat conform ec. 4 , și prezintă următoarele caracteristici:

$$UAM = E_{treatment} \cdot WU_{degradative} \quad (4)$$

unde **UAM** - Utilizarea apei cu modificări ale calității (MJ)

$E_{treatment}$ - energia specifică etapelor de eliminare a poluanților (MJ/m³)

$WU_{degradative}$ - Volumul de apă uzată (m³)

- Deoarece calitatea apei este multidimensională (în sensul utilizării unei multitudini de indicatori fizici, chimici, biologici, bacteriologici pentru caracterizare), iar fiecare specie de poluant are o cerință de energie diferită pentru a fi eliminat, și, în plus trebuie să fie redus la diferite niveluri acceptabile din punct de vedere al indicatorilor de calitate, indicatorul „*Degradative water use*”, în **Utilizarea apei cu modificări ale calității UAM** (ec. 4), ar trebui să fie calculat pentru fiecare specie de poluant în parte (pe baza diferenței dintre concentrația speciei poluante și nivelurile acceptabile sau impuse de legislație, pentru deversare). Datorită faptului că mai multe specii de poluanți sunt prezente în același volum fizic de apă uzată iar mai multe specii de poluanți pot fi eliminate într-un singur proces de epurare, calculul a câte

unui factor de caracterizare pentru fiecare specie poluantă prezentă în apele uzate în parte, ar conduce la erori mari (la energii virtuale foarte mari), fapt ce ar contrazice realitatea;

- Pentru a elimina acest neajuns, în cazul noului indicator de impact propus, factorul de caracterizare este chiar $E_{treatment}$. Acesta este utilizat ca factor de caracterizare pentru indicatorul **Utilizarea apei cu modificări ale calității (UAM)** fiind definit ca surplusul de energie necesar pentru a epura 1 m³ de apă uzată până la un nivel la care utilizatorii din aval să poată utiliza resursele de apă. Selectarea acestui indicator ca factor de caracterizare elimină problema multidimensionalității calității apei (în sensul explicat anterior).

$E_{treatment}$ - Se bazează pe 2 procese generice de epurare, considerând necesitatea de a elimina poluanții până la concentrații acceptabile.

Noul indicator de impact a fost introdus în clasa de impact (arie de protecție) **Resurse naturale** (MJ/Surplus).

3.3. Evaluarea ciclului de viață în industria viti-vinicolă

3.3.1. Definirea scopului și a domeniului de aplicare

Prezentul studiu de caz a considerat o producție medie de vin cu o capacitate de 75,000 hl/an, într-o unitate situată în județul Iași. Ciclul de viață al vinului este organizat în șapte etape: înființarea plantației, cultură și recoltare struguri, vinificația, îmbutelierea, transport la distribuitor (58 km), transportul și preluarea de către consumator (5 km), depozitare și reciclare deșeuri.

3.3.1.1. Stabilirea și descrierea limitelor sistemului

Limitele sistemului studiat, cât și procesele de bază și etapele ciclului de viață sunt prezentate în Figura 3.3. Studiul prezentat în cadrul acestei teze de doctorat urmărește principalele procese din industria vinului, faza de utilizare și managementul sfârșitului ciclului de viață. Dat fiind faptul că obiectivele studiului nu au vizat și celelalte cicluri de viață conectate la ciclul de viață al vinului (ciclul de viață al producției de sticlă și a dopului de plută), acestea nu au fost luate în considerare în această lucrare.

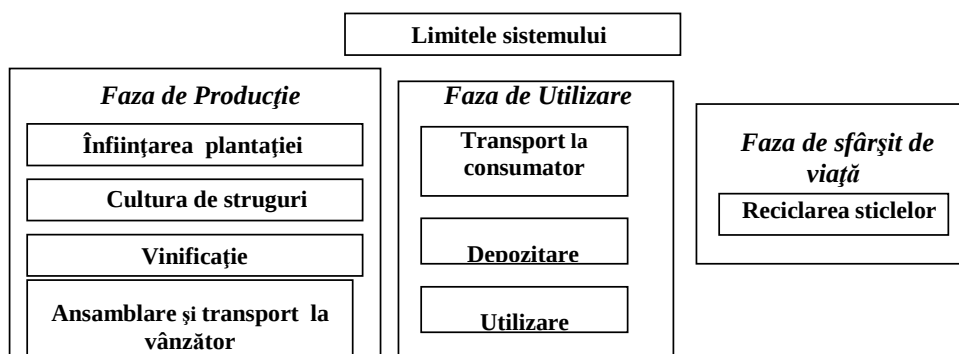


Figura 3.3. Limitele sistemului de studiu viti-vinicol

3.3.1.2. Unitatea funcțională (UF)

Unitatea funcțională reprezintă unitatea de referință la care se raportează toate intrările și ieșirile în/din sistem (ISO, 14040: 2006). UF considerată în acest studiu este o sticlă de vin alb de 0.75 L produsă în anul 2005.

3.3.2. Inventarul ciclului de viață (ICV)

Inventarul ciclului de viață s-a elaborat considerându-se toate resursele și emisiile conectate la diferite procese raportate la unitatea funcțională. Toate cerințele de energie și materii prime, emisiile în aer, apă, sol, deșeurile solide și alte aspecte de mediu au fost cuantificate pentru etapele întregului ciclu de viață al vinului.

3.3.3. Evaluarea impactului ciclului de viață (EICV)

Metoda selectată pentru realizarea etapei de evaluare a impactului a fost EcoIndicator 99 H/A. Categoriile de impact incluse în EI99 clasic sunt: *Compuși cancerigerni (CC)*, *Compuși organici nocivi pentru aparatul respirator (CO)*, *Compuși anorganici nocivi pentru aparatul respirator (CA)*, *Schimbări climatice (SC)*, *Radiații ionizante (RI)*, *Epuizarea stratului de ozon (ESO)*, *Ecotoxicitate (EC)*, *Acidifiere/Eutrofizare (AC/EU)*, *Minerale (MI)*, *Utilizarea terenului (UT)*, *Combustibili fosili (CF)*.

3.4. Analiza comparativă între metoda Eco-Indicator 99 clasic vs. metoda Eco-Indicator 99 actualizată

3.4.1. Etapa de caracterizare

Evaluarea impactului ciclului de viață, poate fi interpretată prin exprimarea comparativă a distribuirii impacturilor diferitelor etape ale ciclului de viață în categoriile de impact specifice EI99. Trebuie făcută precizarea ca în această etapă a EICV, comparația valorilor impacturilor

Între categoriile de impact nu este posibilă, acestea fiind exprimate în unitățile lor de măsură specifice. Din acest motiv, în etapa de caracterizare, impacturile sunt de obicei reprezentate prin contribuția relativă a diferitelor procese (sau etape ale ciclului de viață) la impactul total într-o anumită categorie de impact. În Figura 3.5. se poate observa faptul că impactul proceselor de producție contribuie semnificativ la toate categoriile de impact. Impacturile sensibil mai scăzute sunt generate de producția de energie și de transportul materialelor și produselor finite.

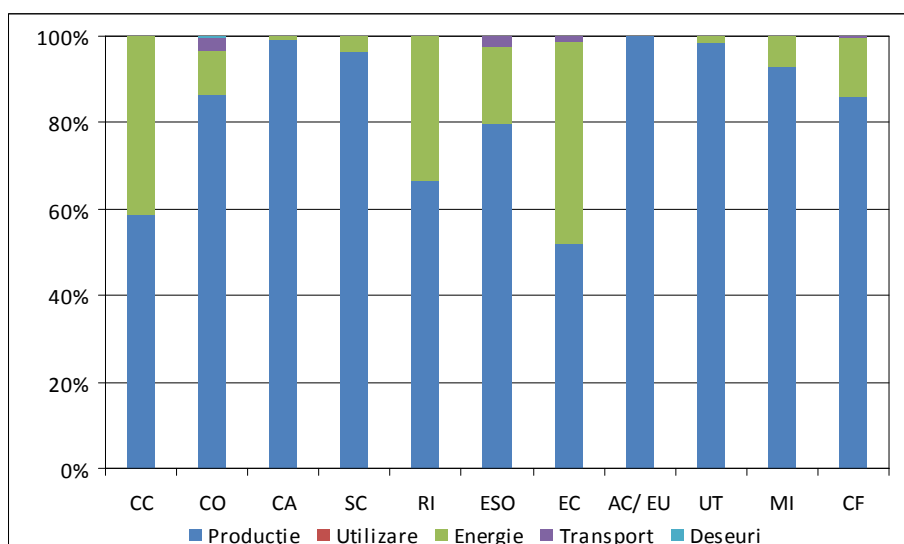


Figura 3.5. Distribuția etapelor grupurilor de procese în categoriile de impact specifice metodei EI99 clasic aplicată pentru producția de vin

Notă: În abscisă sunt prezentate categoriile de impact; În ordonată este prezentat impactul relativ, %

Metoda **Eco-Indicator 99 actualizată** include impacturile legate de apă: **Utilizarea apei pentru consum (UAC)** și **Utilizarea apei cu modificări ale calității (UAM)**. În Figura 3.6., poate fi observată distribuția impacturilor diferitelor etape ale ciclului de viață, în categorii de impact specifice pentru etapa de producție a studiului analizat. Procesele din cadrul grupului *producție* contribuie în mod semnificativ la crearea impactului în toate categoriile, în special în **Utilizarea apei pentru consum (UAC)** și utilizarea apei (**Utilizarea apei cu modificări ale calității (UAM)**). Impactul referitor la aceasta din urmă este generat de consumul de energie necesară pentru eliminarea poluanților existenți în apele uzate, mai ales cei eliminați prin procese de epurare avansate. S-a observat că impacturile semnificative sunt generate de procesele de producție, energie, transport și utilizare.

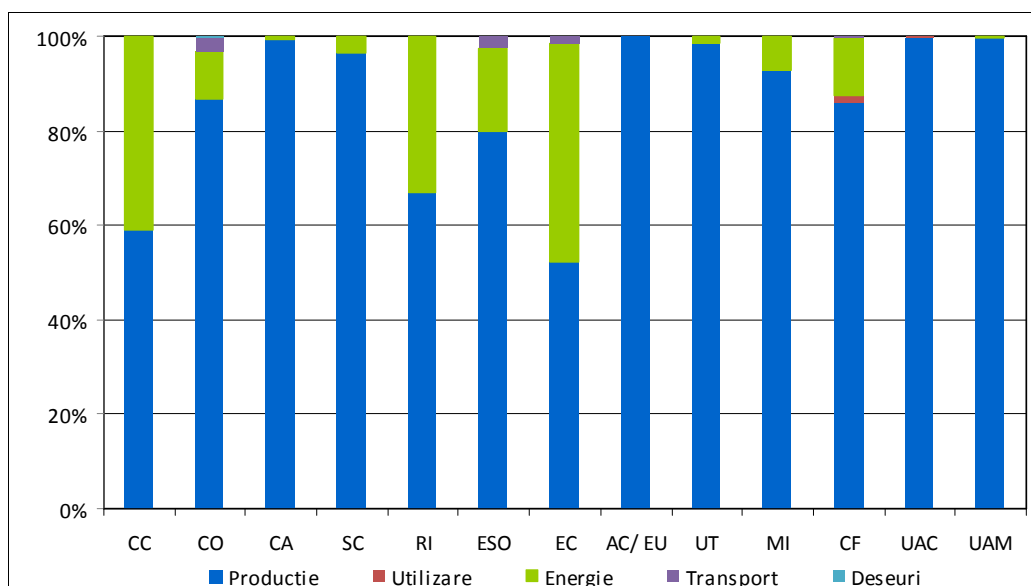


Figura 3.6. Distribuția impacturilor grupurilor de procese în categoriile de impact specifice metodei actualizate EI99 aplicată pentru producția de vin

Figura 3.7 prezintă distribuția tipurilor de resurse de apă care generează impact în categoria *Utilizarea apei pentru consum (UAC)*. Aceste volume de apă sunt raportate la unitatea funcțională. Se poate observa că **apa de proces** este cea care contribuie mai ales la impacturile asociate consumului de apă, urmată de apa necesară în etapa de creștere a strugurilor. **Alte tipuri de apă** se referă la surse naturale de apă nespecificate și apă „verde” (engl. green water).

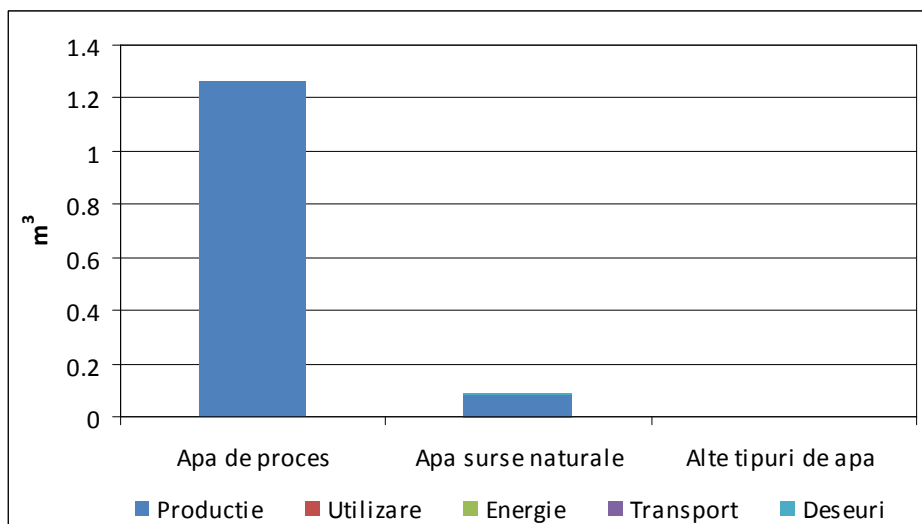


Figura 3.7. Contribuția tipurilor de apă la impacturile generate de consumul de apă în categoria de impact *Utilizarea apei pentru consum (UAC)*

Referitor la contribuția proceselor la impacturile generate în categoria **Utilizarea apei pentru consum (UAC)**, în Figura 3.8. se poate observa că procesele de producție (**Cultura de struguri** respectiv procesul de **Vinificație**) sunt responsabile de crearea unui impact semnificativ. În cadrul grupului **Alte procese**, care în acest caz generează un impact nesemnificativ, sunt incluse printre altele și fabricarea și utilizarea materialelor de construcție.

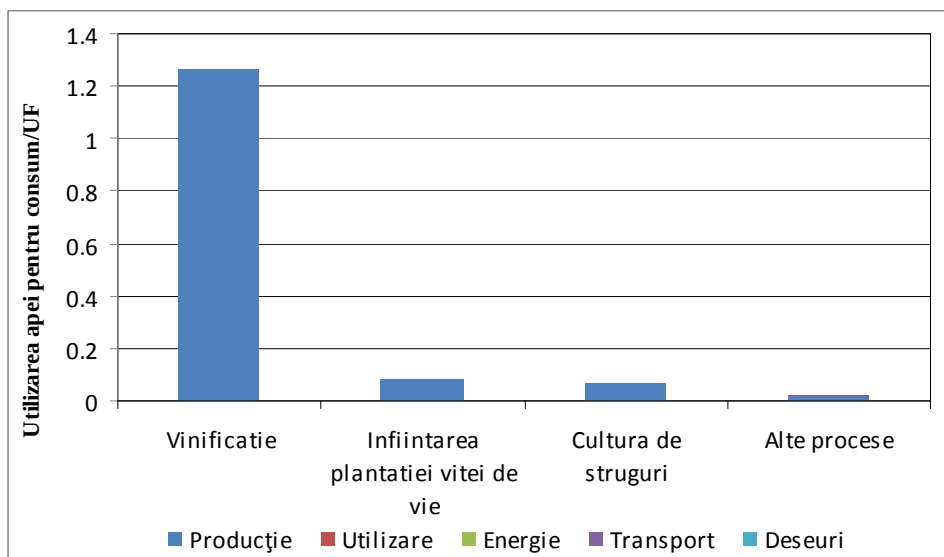


Figura 3.8. Contribuția proceselor de producție la impacturile generate de consumul de apă în categoria **Utilizarea apei pentru consum (UAC)**

Figura 3.9, prezintă contribuția proceselor la categoria **Utilizarea apei cu modificări ale calității (UAM)** procesul de vinificație are cea mai mare contribuție, deoarece în acest proces sunt generate cele mai mari volume de apă uzată (legate de unitatea funcțională), pe tot parcursul ciclului de viață al produsului. Mai mult, consumul de energie este ridicat, deoarece, pe baza indicatorilor de calitate a apei care depășesc limitele de deversare, s-a considerat necesitatea introducerii unei etape de epurare avansate virtuale, și prin urmare, un consum de energie virtual mare pentru eliminarea poluanților până la limite acceptabile. Grupul **Alte procese** cuprinde procesele de background din cadrul producției de combustibili și a etapei de ambalare.

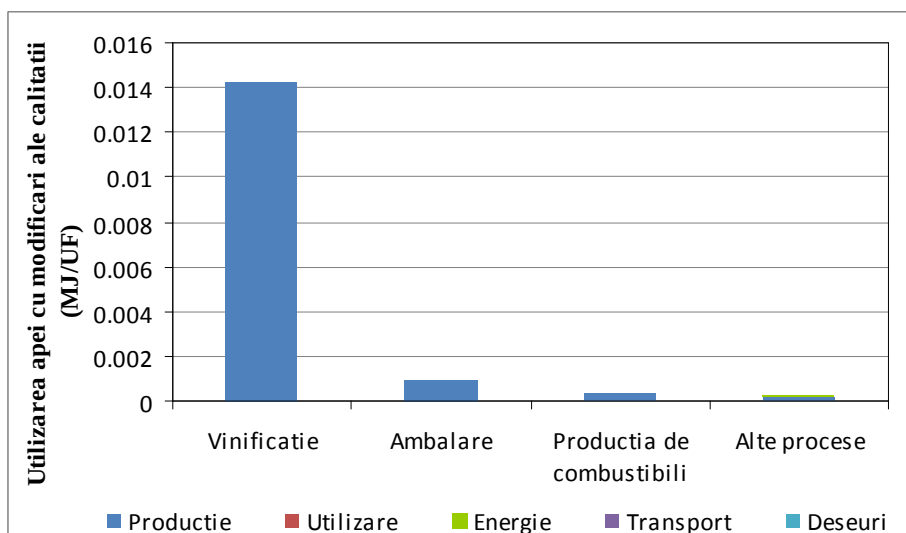


Figura 3.9. Contribuția proceselor de producție la impacturile generate de consumul de apă în categoria *Utilizarea apei cu modificări ale calității (UAM)*

Având în vedere faptul că în urma prezentării rezultatelor grupate pe grupuri de procese și etape ale ciclului de viață al vinului, **Producția**, în comparație cu **Utilizarea**, **Energia**, **Transportul** și **Deșeurile**, a înregistrat impact semnificativ în toate categoriile, atât în cazul metodei clasice **Eco-Indicator 99** cât și al celei actualizate, în continuare rezultatele sunt redată fără a fi grupate în grupuri de procese, ci la un nivel standard, pe categorii de impact.

În Figura 3.10 se observă că etapa **Cultura de struguri** generează impact semnificativ în categoriile **Acidifiere/Eutrofizare (AC/EU)** (99%), urmată de **Compuși anorganici cu efecte negative asupra aparatului respirator (CA)** (95%) și **Schimbări climatice (SC)** (86%). **Ambalarea** generează impact considerabil în majoritatea categoriilor, cea mai evidentă fiind **Utilizarea terenului (UT)**, în proporție de 94%. Etapa de **Vinificație** este responsabilă de crearea impacturilor în toate categoriile cu excepția categoriilor **Compuși anorganici cu efecte negative asupra aparatului respirator (CA)**, **Schimbări climatice (SC)** și **Acidifiere/Eutrofizare (AC/EU)**. Totodată, sensibil mai mici sunt impacturile generate de **Utilizare**, cu specificația că, în acest caz, reciclarea sticlelor nu este inclusă. Înființarea plantației de viță de vie nu înregistrează impacturi semnificative, datorită faptului că impacturile acestei activități sunt raportate la întreaga durată de viață a plantației (30 de ani).

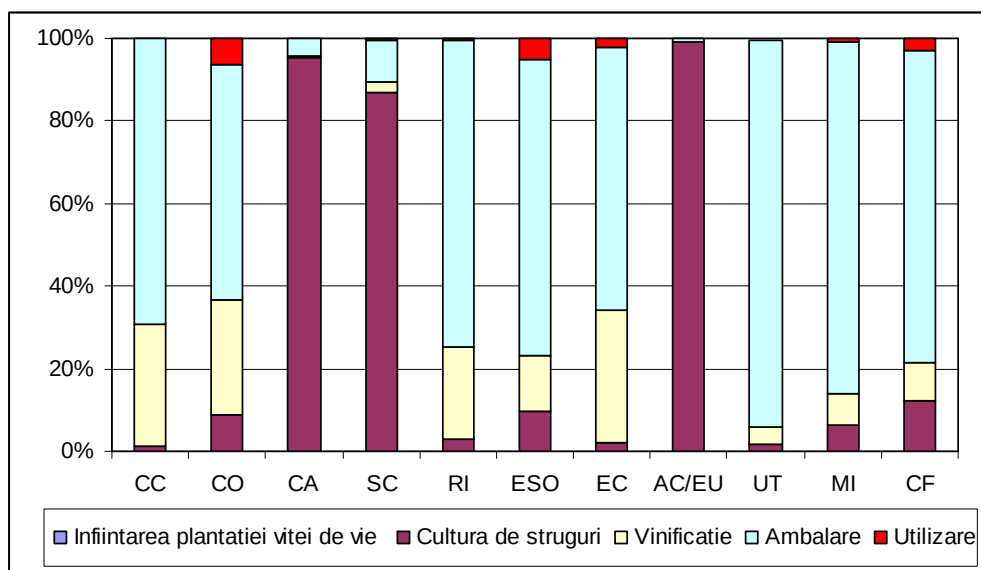


Figura 3.10. Distribuția impacturilor fazelor de producție în categoriile de impact specifice metodei clasice EI99

În Figura 3.11 este prezentată o analiză a distribuției impacturilor etapelor ciclului de viață în cazul în care se elaborează un scenariu care implică reciclarea sticlelor (20%) inclusă în etapa de **Utilizare**. Distribuția impacturilor este similară cu cea din Figura 3.11, diferența între cele două scenarii o face etapa de **Utilizare**, observându-se că, în cazul reciclării sticlelor, impactul acestei etape este vizibil mai mic în toate categoriile. Așadar, după cum se poate observa **Utilizarea** generează impact pozitiv în toate categoriile de impact în proporție de -13% **Minerale (MI)** și -3.3% **Compuși organici cu efecte negative asupra aparatului respirator (CO)**, cu excepția categoriilor **Compuși anorganici cu efecte negative asupra aparatului respirator (CA)**, **Schimbări climatice (SC)** și **Acidifiere/Eutrofizare (AC/EU)**.

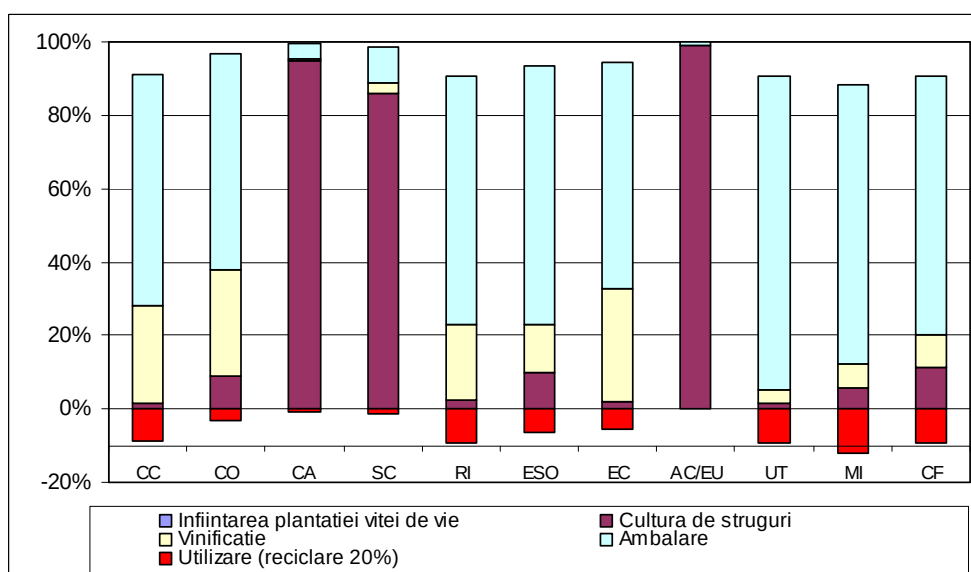


Figura 3.11. Analiza scenariului privind reciclarea sticlelor (20%) în etapa de Utilizare

În Figura 3.12 este redată o comparație între cele două scenarii privind reciclarea sticlelor în cadrul ciclului de viață al vinului. Varianta de bază care nu prevede reciclarea sticlelor inclusă în etapa de **Utilizare**, generează impacturi considerabil mai mari în toate categoriile de impact. Prin urmare reciclarea sticlelor de vin (20%), reduce vizibil impactul întregului ciclu de viață al vinului în medie cu 10-15% în toate categoriile de impact.

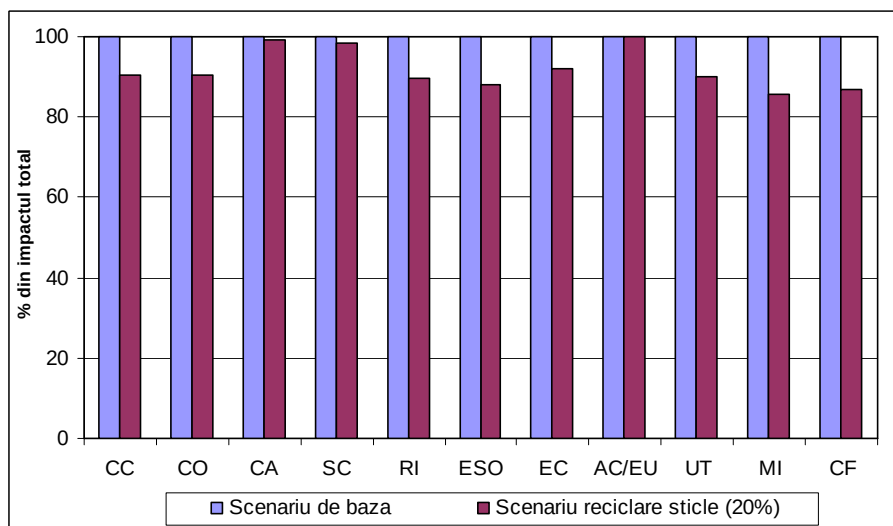


Figura 3.12. Comparație între scenarii privind reciclarea sticlelor

În Figura 3.13 se observă că distribuția impacturilor fazelor de producție în categoriile de impact specifice metodei **Eco-Indicator 99** actualizate este similară în toate categoriile cu distribuția celor rezultate în urma evaluării cu metoda **Eco-Indicator 99** clasică (Figura 3.10), cu excepția categoriilor **Utilizarea apei pentru consum (UAC)** și **Utilizarea apei cu modificări ale calității (UAM)**, cele două noi categorii propuse în cadrul studiului de caz. De impactul acestor categorii este responsabilă etapa de vinificație (95%), și într-o măsură mai mică (5%) cultura de struguri, în cazul categoriei **Utilizarea apei pentru consum (UAC)**. Etapa de vinificație generează impact semnificativ (100%) în categoria **Utilizarea apei cu modificări ale calității (UAM)**, datorită emisiilor în apă rezultate în urma procesului de vinificație. Acest lucru se datorează consumului mare de energie necesar epurării apelor uzate.

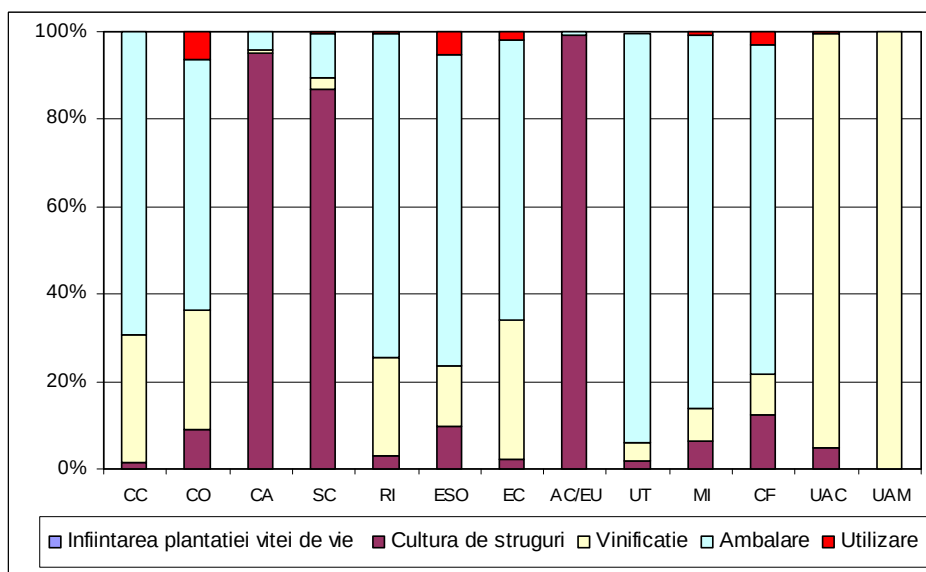


Figura 3.13. Distribuția impacturilor fazelor de producție în categoriile de impact specifice metodei EI99 actualizate

Dat fiind faptul că grupul de procese **Producție**, în comparație cu celelalte grupuri de procese analizate, a înregistrat impact semnificativ pe întregul ciclu de viață al vinului, în continuare sunt prezentate în detaliu etapele ciclului de viață incluse în acest grup de procese, care au generat impacturi în majoritatea categoriilor. Rezultatele sunt prezentate în urma analizării utilizând metoda **Eco-Indicator 99** clasic în paralel cu cele specifice metodei **Eco-Indicator 99** actualizate.

Prin urmare, în Figura 3.14 este redată o distribuție a impacturilor induse de etapa de *Ambalare*, considerată etapa ce înregistrează cel mai mare impact în majoritatea categoriilor (a se vedea Figura 3.10). Procesul de ambalare a sticlelor este responsabil de generarea unui impact semnificativ, într-o mai mică măsură în categoria **Utilizarea terenului (UT)** în proporție de 53%. De asemenea, procesul de ambalare a cutiilor de carton contribuie la crearea impactului în categoria **Utilizarea terenului (UT)** (32%). Un aport considerabil la crearea impactului în toate categoriile (5% - 30%) îl are consumul de energie, cu excepția categoriei **Utilizarea terenului (UT)**, unde este nesemnificativ.

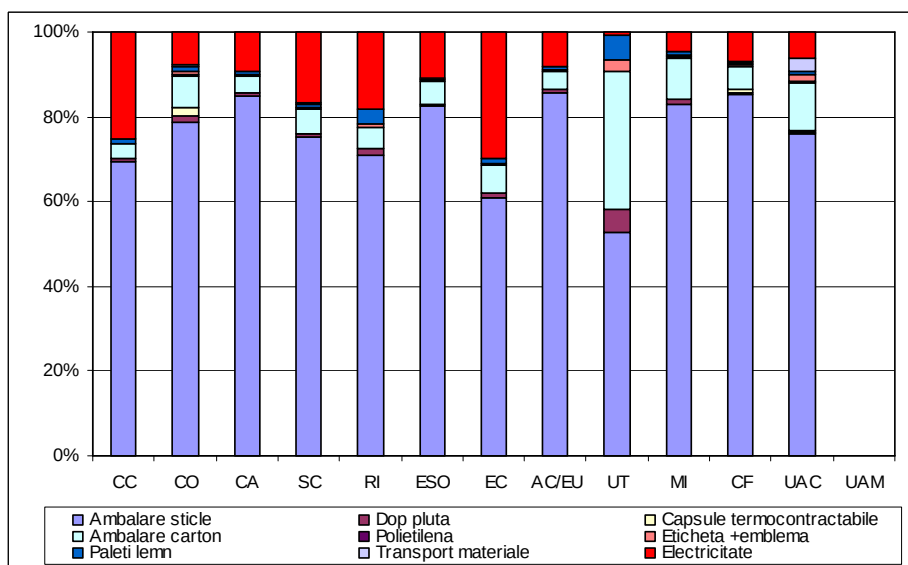


Figura 3.14. Distribuția impacturilor proceselor incluse în etapa de Ambalare analizată cu metoda clasică EI99

După cum se poate observa distribuția impacturilor generate de procesele incluse în etapa de ambalare sunt similare cu cele prezentate mai sus (Figura 3.14.). În Figura 3.15 este vizibilă diferența rezultatelor obținute în urma analizei cu metoda **Eco-Indicator 99** actualizată, care în cazul de față este dată de impactul categoriei **Utilizarea apei pentru consum (UAC)** (70%) generat de ambalarea sticlelor de vin. Acest fapt se datorează tipului de sursă de apă (apă de lac, apă de râu și din surse nespecificate). Noua categorie de impact propusă în studiul de caz, reprezentată de **Utilizarea apei cu modificări ale calității (UAM)**, în etapa ciclului de viață **Ambalare** nu prezintă impact.

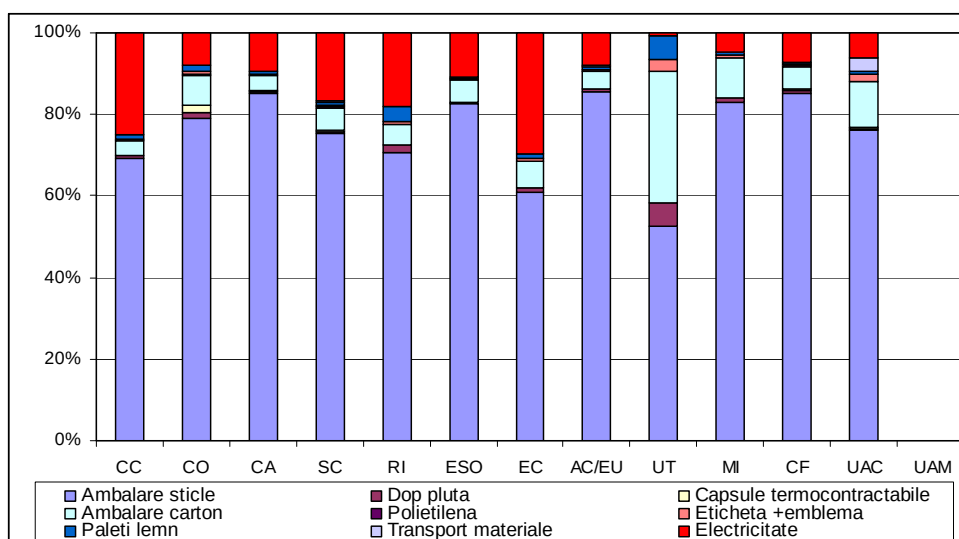


Figura 3.15. Distribuția impacturilor proceselor incluse în etapa de Ambalare analizată cu metoda EI99 actualizată

Figura 3.16 prezintă distribuția impacturilor în categoriile de impact a proceselor incluse în etapa de vinificație, se observă că energia consumată este responsabilă de 96% din impactul total înregistrat de procesul de vinificație în sine. Impactul generat în categoria **Compuși organici cu efecte negative asupra aparatului respirator (CO)** (70%), se datorează emisiilor în aer. **Materialele auxiliare** utilizate în procesul de vinificație (bentonită, dioxid de sulf, perlit expandat, fosfat de sodiu, cherestea, etc.) generează impact în proporție de 67% în categoria **Utilizarea terenului (UT)**.

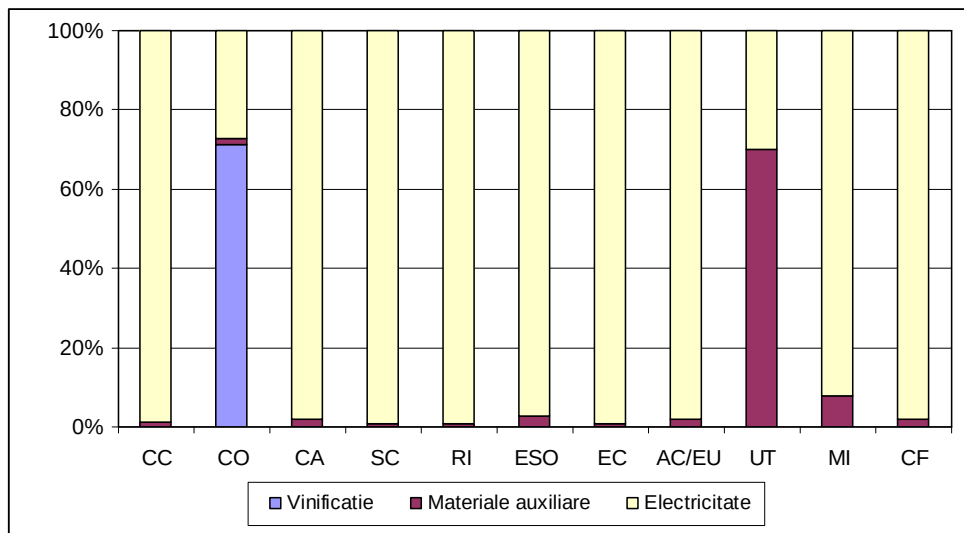


Figura 3.16. Distribuția impacturilor proceselor incluse în etapa de Vinificație analizată cu metoda clasică EI99

În urma analizei impacturilor generate de etapa de vinificație, utilizând metoda EI99 actualizată (Figura 3.17), noile categorii **Utilizarea apei pentru consum (UAC)** și **Utilizarea apei cu modificări ale calității (UAM)**, înregistrează impacturi semnificative (100%). În cazul categoriei **Utilizarea apei pentru consum (UAC)**, acestea sunt induse de tipurile de surse de apă care intră în procesul de vinificație, mai exact apa de proces și într-o mai mică măsură apa din surse naturale. Referitor la categoria **Utilizarea apei cu modificări ale calității (UAM)**, impacturile sunt generate de surplusul de energie necesar epurării apelor uzate.

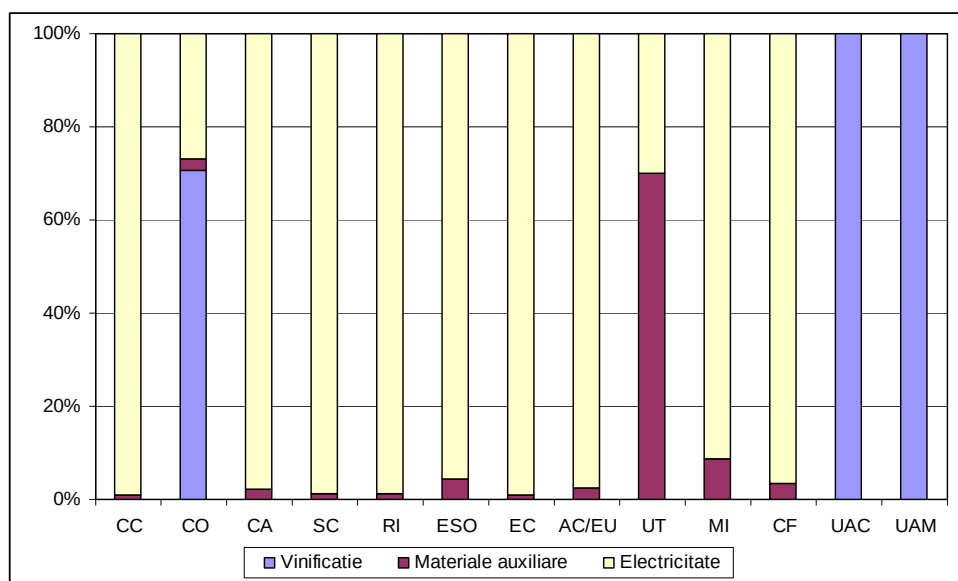


Figura 3.17. Distribuția impacturilor proceselor incluse în etapa de Vinificație analizată cu metoda EI99 actualizată

În Figura 3.18 este detaliată distribuția impacturilor proceselor din cadrul culturii de struguri. Consumul de combustibili contribuie într-o măsură considerabilă în special la crearea impactului în categoriile **Epuizarea stratului de ozon (ESO)** (80%), **Utilizarea terenului (UT)** (73%) și **Combustibili fosili (CF)** (64%). Fertilizantii (K și P_2O_5), utilizați pentru cultura de struguri generează de asemenea impact în categoriile **Compuși organici nocivi pentru aparatul respirator (CO)** și **Combustibili fosili (CF)** în proporție de 20%. **Cultura de struguri** include emisiile în aer care contribuie în totalitate doar în categoriile de impact **Compuși organici nocivi pentru aparatul respirator (CO)**, **Compuși anorganici nocivi pentru aparatul respirator (CA)** și **Acidifiere/Eutrofizare (AC/EU)**. În cazul insecticidelor, utilizarea acestora înregistrează impact în majoritatea categoriilor cu excepția categoriilor **Compuși anorganici nocivi pentru aparatul respirator (CA)**, **Schimbarea climatului (SC)** și **Acidifiere/Eutrofizare (AC/EU)**, după cum urmează: **Radiații ionizante (RI)** (60%), **Compuși cancerigeni (CC)** (50%), **Ecotoxicitate (EC)** (34%), **Minerale (MI)** (26%), urmate de **Epuizarea stratului de ozon (ESO)** (14%), **Compuși organici nocivi pentru aparatul respirator (CO)** (10%), **Combustibili fosili (CF)** (6%) (Comandaru și colab., 2012a).

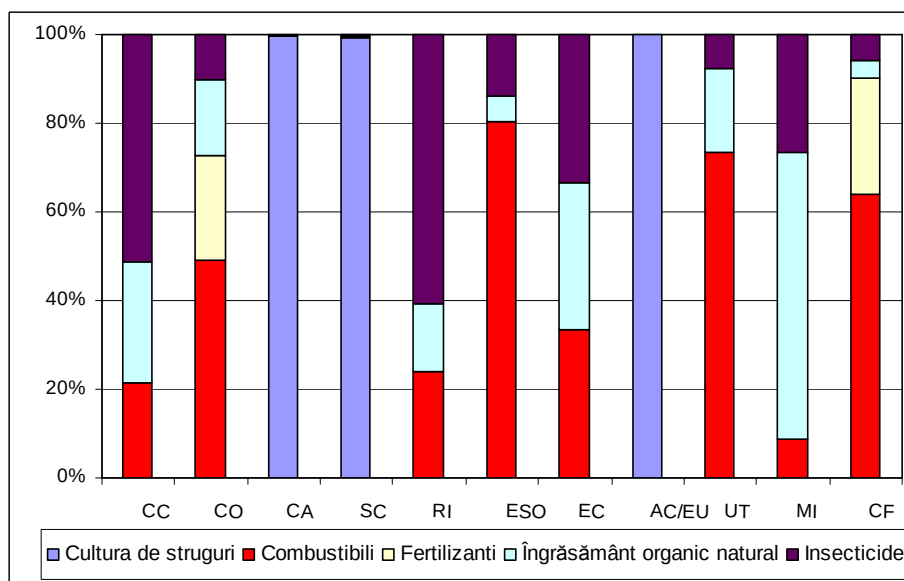


Figura 3.18. Distribuția impacturilor proceselor incluse în etapa Cultura de struguri analizată cu metoda clasică EI99

Figura 3.19 prezintă distribuția impacturilor generate de procesele incluse în cultura de struguri analizate cu metoda **Eco-Indicator 99** actualizată (Bârjoveanu și colab., 2012). Ca și în cazul etapei de ambalare (Figura 3.16), categoria *Utilizarea apei cu modificări ale calității (UAM)* nu prezintă impact în comparație cu categoria *Utilizarea apei pentru consum (UAC)*. Referitor la impactul creat în categoria *Utilizarea apei pentru consum (UAC)* (100%), acesta este indus de toate tipurile de apă utilizate în etapa de cultura de struguri și anume de *apa verde* (engl. „green water”), apă de lac, de râu și din surse naturale nespecificate.

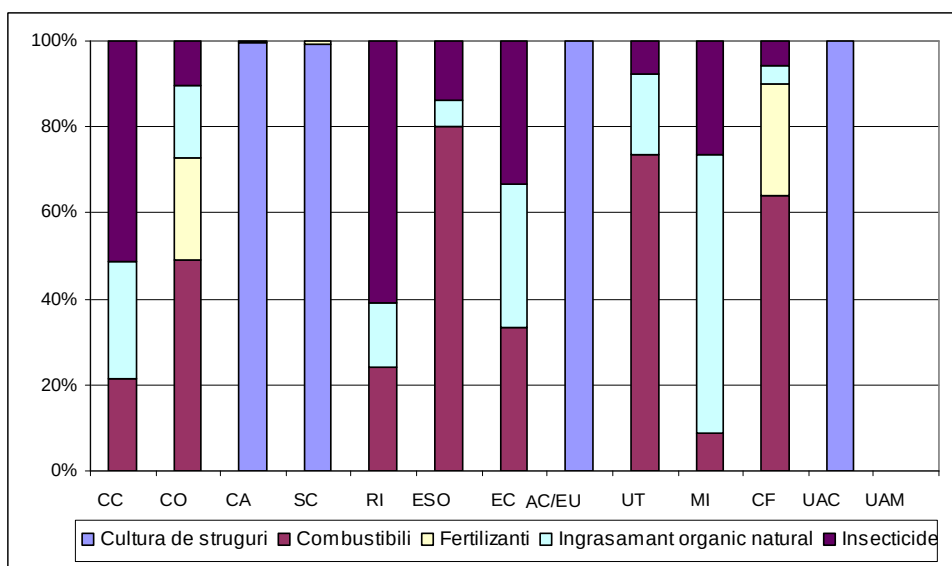


Figura 3.19. Distribuția impacturilor proceselor incluse în etapa Cultura de struguri analizată cu metoda EI99 actualizată

3.4.2. Etapa de Normalizare

Compararea valorilor de impact din cadrul diferitelor categorii de impact poate fi posibilă doar prin intermediul etapei de normalizare. O astfel de comparație este prezentată în Figura 3.20., unde se observă că impacturile semnificative sunt generate în categoria de impact **Compuși anorganici nocivi pentru aparatul respirator (CA)**, urmată de **Acidifiere/ Eutrofizare (AC/EU)** și într-o proporție mai mică în categoriile de impact **Combustibili fosili (CF)** și de **Schimbări climatice (SC)**.

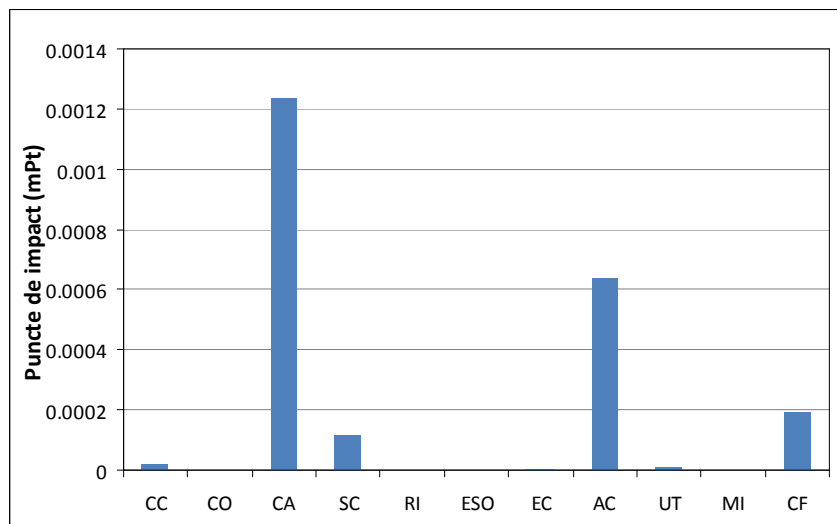


Figura 3.20. Distribuția impactului total în categoriile de impact incluse în metoda EI99 clasică aplicată pentru producția de vin

Notă: În abscisă sunt prezentate categoriile de impact; În ordonată este prezentat impactul exprimat în puncte de impact (mPt)

În Figura 3.21 se poate observa că impacturile semnificative sunt generate în categoriile de impact **Acidifiere/Eutrofizare (AC/EU)** și **Utilizarea apei de consum (UAC)** urmată de **Combustibili fosili (CF)** și într-o proporție mai mică **Utilizarea apei cu modificări ale calității**. Utilizarea îngrășămintelor pentru înființarea plantației viței de vie și, respectiv, pentru cultivare, în special a celor pe bază de azot, generează impact semnificativ în categoria **Acidifiere/Eutrofizare (AC/EU)**. Din moment ce impactul generat de emisiile în apă se măsoară în alte categorii de impact incluse în metoda clasică **Eco-Indicator 99**, diminuarea calității apei trebuie să fie cuantificată ca o pierdere a resurselor de apă pentru utilizările ulterioare.

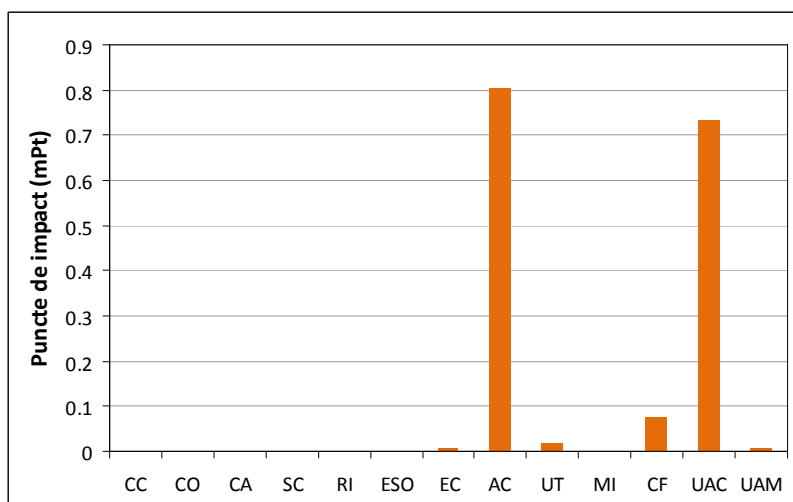


Figura 3.21. Normalizarea categoriilor de impact specifice incluse în metoda EI99 actualizată aplicată pentru producția de vin

3.4.3. Etapa de Ponderare

Rezultatele prezentate în Figura 3.22. reprezintă compararea impacturilor totale în toate clasele de impact calculate prin intermediul celor două metode aplicate pentru studiul de caz. În metoda **Eco-Indicator 99** clasică, clasa de impact **Sănătatea umană**, are o valoare mare (64% din impactul total), urmată de **Calitatea ecosistemelor** și clasa de impact **Resurse naturale**. Acest profil este modificat atunci când se utilizează metoda **Eco-Indicator 99** actualizată, majoritatea impacturilor fiind generate, în acest caz, de clasele de impact **Calitatea ecosistemelor** și **Resurse naturale**.

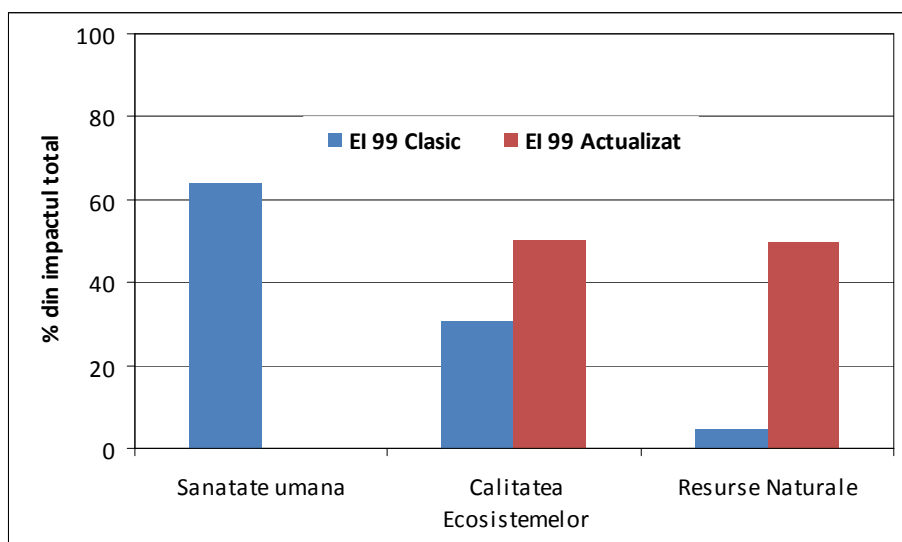


Figura 3.22. Comparare între impactul total în metodele EI 99 clasică și EI99 actualizată

Nivelul de detaliere al analizei EICV poate fi crescut, în Figura 3.23. fiind prezentată contribuția impacturilor (exprimate în puncte de impact) în diferite categorii de impact ale diverselor etape și procese principale ale ciclului de viață al sticlei de vin. Astfel, se poate observa că procesele din grupul **Producție** generează cele mai mari impacturi în categoriile de **Compuși anorganici nocivi pentru aparatul respirator (CA)** și respectiv **Acidifiere/Eutrofizare (AC/EU)**, ca urmare a utilizării de îngrășăminte la înființarea culturii viței de vie și respectiv a cultivării acesteia.

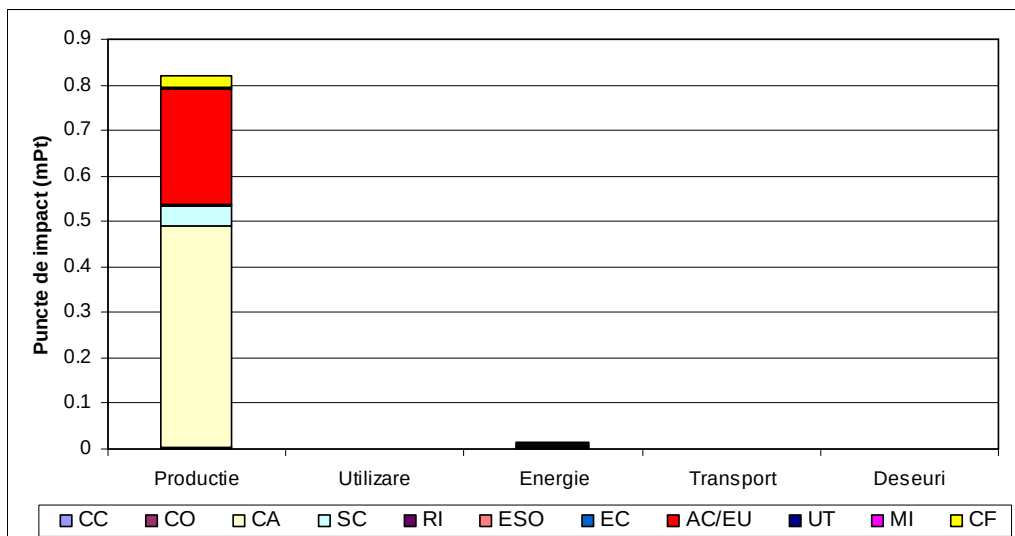


Figura 3.23 Analiză indice global pe categorii de impact specifice metodei EI99 clasică

Figura 3.24 prezintă contribuția impacturilor (exprimate în puncte de impact - mPt) ale grupurilor de procese principale, în diferite categorii de impact specifice metodei **Eco-Indicator 99** actualizată. Se observă că noua categorie propusă, **Utilizarea apei pentru consum (UAC)**, înregistrează impact semnificativ (614 puncte de impact - mPt), indus de grupul de procese **Producție**, mai exact de tipurile de surse de apă care intră în proces. Ca și în cazul analizei rezultatelor obținute utilizând metoda **Eco-Indicator 99** clasică (Figura 3.23), **Producția** generează impact în categoria **Acidifiere/Eutrofizare (AC/EU)** indus de emisiile în aer (675 puncte de impact - mPt).

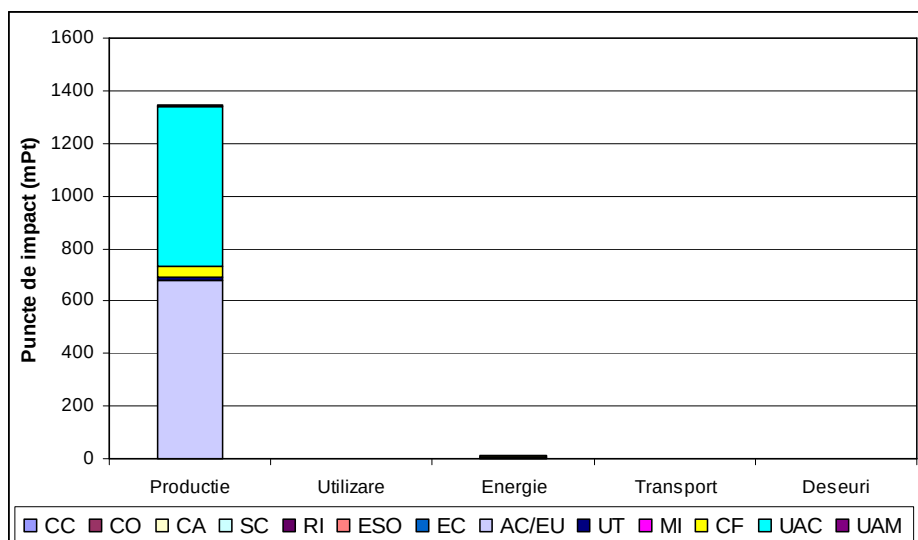


Figura 3.24. Analiză indice global pe categorii de impact specifice metodei EI99 actualizată

În Figura 3.25 este redată distribuția impacturilor de mediu în clasele de impact specifice metodologiei **Eco-Indicator 99** clasice, pe etape și procese principale ale ciclului de viață. Se poate observa din nou faptul că producția contribuie majoritar la crearea impactului cel mai ridicat pe întreg ciclul de viață, cele mai semnificative impacturi fiind înregistrate asupra clasei de impact **Sănătatea umană**, respectiv **Calitatea ecosistemelor**, și într-o măsură mai mică asupra clasei **Resurse naturale**. Prin comparație, procesele consumatoare de energie generează impacturi mult mai mici în toate clasele de impact.

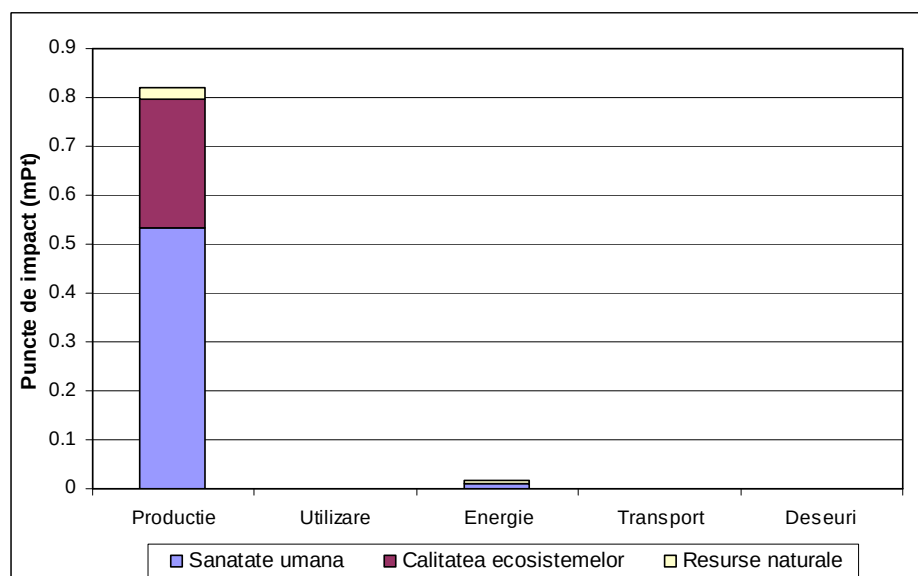


Figura 3.25. Analiză indice global pe clase de impact specifice metodei EI99 clasică

Figura 3.26 prezintă distribuția impacturilor de mediu în clasele de impact analizate cu metoda **Eco-Indicator 99** actualizată, pe etape și procese principale ale ciclului de viață. **Producția** generează și în acest caz, impactul semnificativ pe întreg ciclul de viață, cele mai

ridicate impacturi fiind înregistrate asupra clasei de impact **Resurse naturale** (659 puncte de impact - mPt), respectiv clasa **Calitatea ecosistemelor** (689 puncte de impact - mPt), și nici un impact sesizabil asupra clasei **Sănătatea umană**.

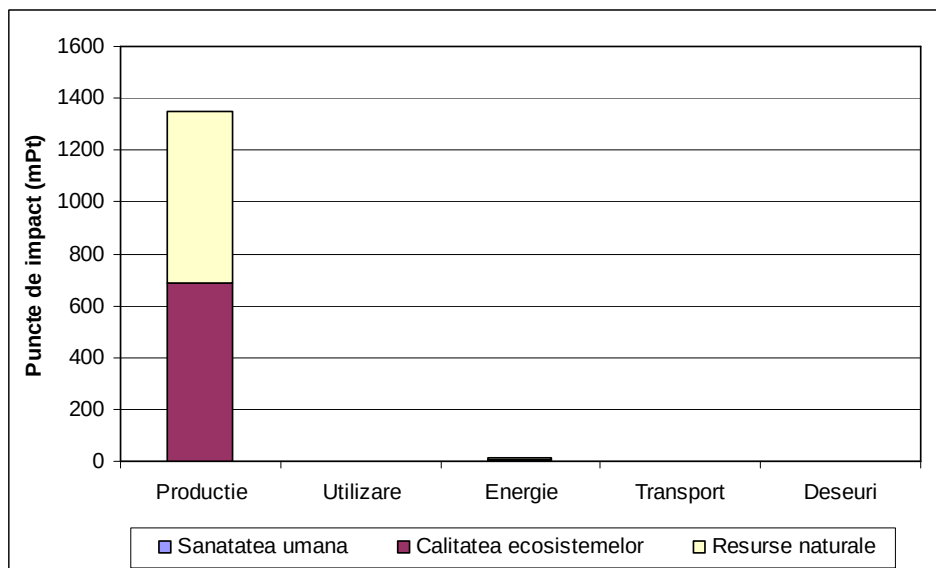


Figura 3.26. Indice global pe clase de impact specifice metodei EI99 actualizată

Etapă de producție a vinului generează impact semnificativ asupra mediului în toate categoriile sau clasele de impact. Deși **Eco-Indicator 99** este o metodă dezvoltată în practica ECV, poate fi aplicată cu succes în vederea realizării unor analize complexe și detaliate a etapelor ciclului de viață al produselor și serviciilor, precum și aplicarea sa pentru analize referitoare la impactul resurselor de apă. Cu toate acestea **Eco-Indicator 99** clasică are următoarele limitări:

- Din definirea categoriilor de impact specifice **Eco-Indicator 99**, precum și din analiza de mai sus, se poate observa faptul că impactul referitor la consumul de apă nu este luat în considerare în cuantificarea impactului din clasa de impact **Resurse naturale**;

- Aspectele calitative ale resurselor de apă sunt incluse în clasa de impact **Sănătatea umană** și **Calitatea ecosistemelor**, dar ele sunt "ascunse", în indicatori specifici acestor categorii care nu sunt direct exprimați în acest studiu ECV, pentru a sugera măsuri referitoare la managementul resurselor de apă în cultivarea viței de vie sau în cadrul producției de vin.

Din aceste considerente actualizarea metodei **Eco-Indicator 99**, prin considerarea tuturor tipurilor de impact referitoare la consumul de apă, în special a aspectelor calitative ale resurselor de apă, precum și o abordare științifică în acest sens este pe deplin justificată. În ceea ce privește resursele de apă, utilizarea metodei clasice **Eco-Indicator 99**, nu oferă informații detaliate cu privire la impacturile referitoare la utilizarea resurselor de apă.

Capitolul 4. Evaluarea ciclului de viață ca instrument pentru îmbunătățirea managementului resurselor de apă în orașul Iași

4.2. Definirea scopului evaluării ciclului de viață și a domeniului de aplicare

Studiul de caz prezentat în această teză este dezvoltat pentru Iași, care este al treilea oraș ca mărime din România. Sistemul de servicii de apă din Iași prezintă problemele operaționale, economice și de mediu tipice celor mai multor sisteme de apă din țară: conectivitate scăzută la sistemul de alimentare cu apă cât și la cel de colectare și epurare a apelor uzate municipale, infrastructură de transport și tratare învechită, care se traduce în eficiență economică și de mediu precară (Bârjoveanu și colab., 2011b).

Acest studiu își propune să evalueze situația actuală a sistemului de apă în orașul Iași și prezintă o serie de scenarii de îmbunătățire a performanței de mediu a serviciilor de apă: o comutare între sursele de apă, îmbunătățirea sistemului de distribuție și modernizarea stației de epurare a apelor uzate. Studiul oferă un caz de referință în ceea ce privește performanțele tehnice și de mediu ale sistemului de servicii de apă a orașului Iași, și demonstrează utilitatea abordării ECV ca instrument de management important în evaluarea alternativelor și luarea deciziilor în managementul resurselor de apă. Obiectivul general al studiului este analiza impacturilor asupra mediului asociate ciclului de utilizare a apei în orașul Iași, utilizând ca metodologie evaluarea ciclului de viață. Acest obiectiv a fost îndeplinit prin realizarea activităților asociate următoarelor obiective:

- **Compilarea inventarelor ciclului de viață referitoare la diferite etape ale sistemului de apă a orașului Iași: *captare, tratare, transport și distribuție, utilizare, colectare și epurare ape uzate*;**
- **Cuantificarea impacturilor asociate întregului sistem, identificarea principalilor responsabili de crearea impactului de mediu (parțiale și globale);**
- **Evaluarea performanțelor de mediu ale sistemului de servicii de apă prin intermediul scenariilor alternative de îmbunătățire al acestuia.**

4.2.1. Stabilirea și descrierea limitelor sistemului

Orașul Iași este situat în partea de Nord-est a României, în regiunea istorică Moldova și are o populație de 350.000 locuitori (263.410 orașul propriu-zis), conform recensământului din 2011. Sistemul de apă al orașului este administrat de o singură companie cu responsabilități regionale (SC APAVITAL SA, Iași), care furnizează serviciile de alimentare cu apă, precum și serviciile de management al apelor uzate în orașul Iași.

4.2.2. Unitatea funcțională (UF)

Prezentul studiu are ca obiectiv evaluarea profilului de mediu al sistemului de apă pentru orașul Iași, prin urmare, **ca unitate funcțională s-a considerat 1 m³ de apă furnizată utilizatorilor (la robinet) în Iași, în anul 2010**, pentru toate tipurile de utilizări (interne, publice și industriale). Limitele sistemului includ toate fazele de procesare a apei cum sunt prezentate în Figura 4.7, împreună cu volumele respective de apă, raportate la unitatea funcțională. Deci, se poate observa că, pentru livrarea (distribuirea) 1 m³ apă la robinet, în orașul Iași, sunt necesari 1.695 m³ de apă captați, tratați și distribuiți. Mai mult, deoarece orașul Iași are un sistem unitar de colectare a apelor uzate, stația de epurare Dancu epurează un volum de 2.087 m³ apă uzată/1 m³ apă la robinet.

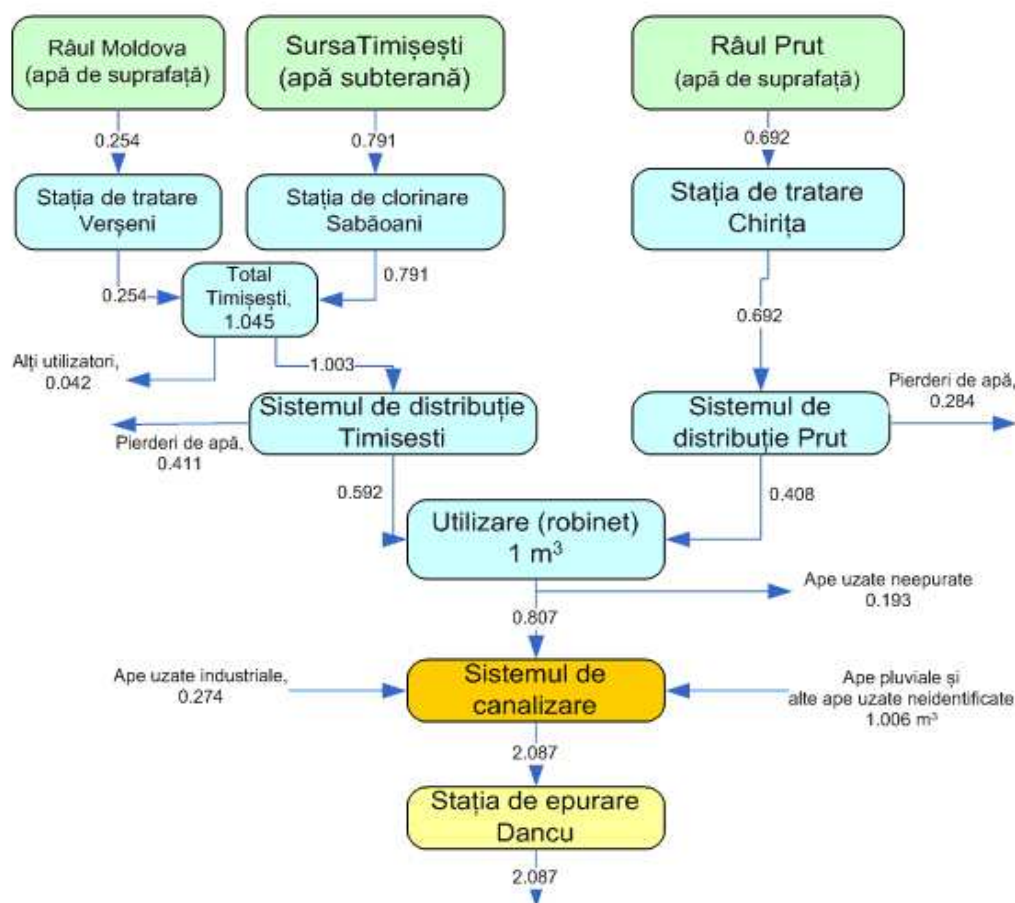


Figura 4.7. Bilanțul de apă pentru orașul Iași, raportat la 1 m³ de apă la robinet (Bârjoveanu și colab., 2012)

4.3. Inventarul ciclului de viață

Inventarul ciclului de viață (ICV) pentru sistemul de apă al orașului Iași a fost organizat considerând componentele sistemului de apă, precum și funcția lor legată de ciclul de viață al apei (de exemplu, sistemul „înainte de robinet” = **faza de producție** și, secțiunea „după robinet”

= **faza post - utilizare**). Inventarul ciclului de viață a fost elaborat într-un mod detaliat, având în vedere datele disponibile, precum și caracteristicile sistemului și ale componentelor individuale, împreună cu tipul și sursa de date, precum și cu estimările și ipotezele simplificatoare utilizate pentru alocarea (delimitarea) proceselor studiate.

4.4. Evaluarea impactului ciclului de viață

Metoda **CML 2000 de bază** (Guinee și colab., 2001) a fost selectată pentru evaluarea impactului ciclului de viață, deoarece aceasta este una dintre cele mai utilizate metode de evaluare a impactului în studiile ECV referitoare la managementul resurselor de apă (Hospido și colab., 2008, Renou și colab., 2008, Godin și colab., 2011) și permite comparația în cazul în care celelalte elemente coincid (de exemplu: unitatea funcțională, limitele sistemului, etc). Metoda **CML 2000 de bază** consideră următoarele categorii de impact: *Epuizarea resurselor abiotice (ERA)*, *Acidifiere (AC)*, *Eutrofizare (EU)*, *Potențialul de încălzire globală (PÎG)*, *Epuizarea ozonului stratosferic (EOS)*, *Toxicitatea umană (TU)*, *Ecotoxicitate acvatică (EA)*, *Ecotoxicitatea acvatică marină (EAM)*, *Ecotoxicitate terestră (ET)*, și *Potențialul de formare de ozon fotochimic (POF)* (Bârjoveanu și colab., 2012).

4.4.1. Evaluarea impactului ciclului de viață pentru ciclul antropic al resurselor de apă

Rezultatele prezentate în Figura 4.8. arată că între 70 și 78% din impactul total în toate categoriile, este generat în etapele din secțiunea înainte de robinet, cu excepția categoriei *Eutrofizare (EU)* caz în care secțiunea post-utilizare a ciclului apei generează cea mai mare parte din impact. Impacturile cele mai ridicate sunt induse de sistemul de distribuție a apei, în special datorită eficienței sale scăzute și mai puțin datorită emisiilor produse în această fază a ciclului de utilizare al apei. Următoarea fază din acest ciclu în ceea ce privește valorile de impact o reprezintă sistemele de tratare a apei. Colectarea și epurarea apelor uzate au generat un impact mai mare doar în categoria *Eutrofizare (EU)*, în principal datorită nutrienților prezenți în apele uzate epurate insuficient, precum și din depozitarea nămolului.

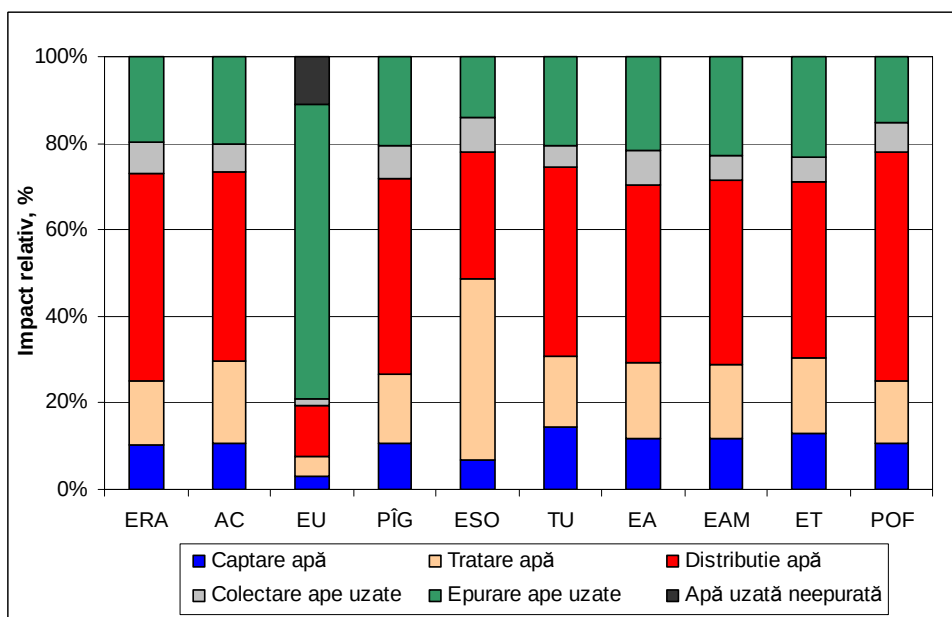


Figura 4.8. Profilul de mediu al sistemului de apă în orașul Iași

4.4.2. Evaluarea impactului ciclului de viață pentru sistemul de alimentare cu apă

Sistemul de alimentare cu apă al orașului Iași, este analizat luând în considerare cele două subsisteme majore ale sale:

- **Sistemul Timișești**, care cuprinde sursele de ape subterane și cele de suprafață ale râului Moldova, care ulterior sunt supuse etapei de clorinare la stația Săbăoani și sunt distribuite în principal în partea deluroasă a orașului.
- **Sistemul Prut**, aprovizionează orașul cu apă de suprafață din râul Prut, care este tratată la stația de tratare Chirița, și apoi distribuită în tot orașul prin intermediul a 2 stații de pompare.

În Figura 4.9 este prezentată o comparație între impacturile asociate cu diferitele componente ale sistemului de alimentare cu apă. Cele mai mari impacturi în toate categoriile sunt generate de sistemul de alimentare Prut, în care stația de tratare Chirița prezintă impact semnificativ, urmată de captarea apei din râul Prut și de sistemul de distribuție. Impacturile sistemului de alimentare cu apă Timișești sunt sensibil mai mici comparativ cu cele ale sistemului de alimentare Prut, doar sistemul de distribuție, care este alimentat cu apă din Timișești prezintă impacturi cu valori comparabile cu cele ale sistemului Prut. Acest lucru se datorează sistemului de apă Timișești care transportă gravitațional apa de la sursă la porțile orașului (doar 3.35% din consumul total de energie este utilizat pentru transportul apei în acest sistem), în timp ce toate etapele de producție ale sistemului Prut se bazează pe pompare activă.

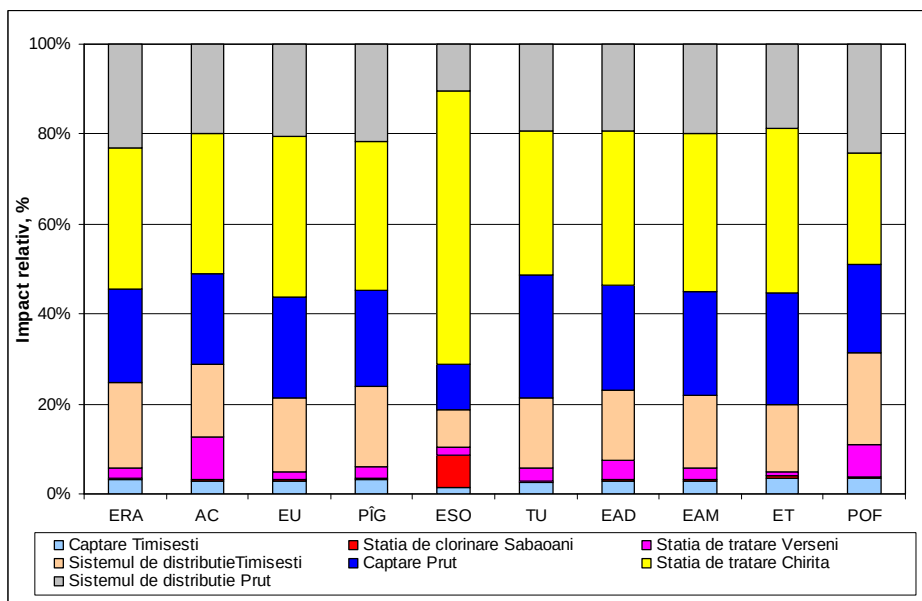


Figura 4.9. Contribuția relativă a componentelor fazei de producție la impactul total

După cum se poate observa în Figura 4.8, sistemul de distribuție al orașului Iași, care cuprinde cele 2 sub-sisteme (Prut și Timișești) generează impacturi similare în toate categoriile.

Sub-sistemele de distribuție prezintă același profil energetic, cu o medie de 0.170 - 0.181 de kWh/m³ apă distribuită, generat în principal de faptul că orașul Iași prezintă un teren deluros cu diferențe mari de nivel. Așa cum reiese din Figura 4.8, sistemul de distribuție al orașului Iași prezintă cel mai ridicat impact dintre toate componentele sistemului de servicii de apă. După cum se poate observa în Figura 4.10., unde este prezentată o analiză comparativă privind contribuția componentelor sistemului de distribuție, la crearea impactului, consumul de energie este responsabil de generarea unui impact considerabil în toate categoriile analizate. De aici reiese faptul că sistemul Prut prezintă impact vizibil mai mare indus de consumul mare de energie necesar pompării a apei, spre deosebire de subsistemul Timișești care generează impacturi mai mici, datorită transportului gravitațional al apei. **Materialele de construcție** (beton, țevi din PVC, polietilenă, fontă și oțel) sunt responsabile de generarea impactului în special în categoria **Potențialul de formare de ozon fotochimic (POF)** (43%) indus de procesele de fundal (background) de producție ale acestora; mai ales cele de producție a fontei și oțelului. **Activitățile de mentenanță** (consum de combustibili: motorină, benzină, ulei pentru motoare) contribuie într-o mai mică măsură la crearea impacturilor, contribuția acestora fiind neglijabilă în comparație cu celelalte componente ale sistemului de distribuție, cu excepția categoriei **Epuizarea stratului de ozon (ESO)** (15%), induse de procesele secundare de producție a combustibililor.

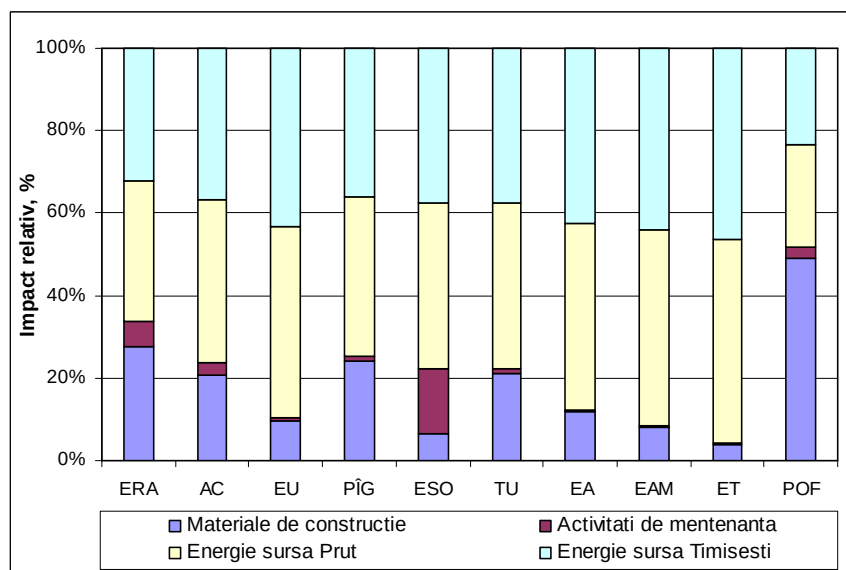


Figura 4.10. Profilul de mediu al sistemului de distribuție a apei

După cum se poate observa în Figura 4.9, stația de tratare Chirița, în comparație cu celelalte componente ale sistemului de alimentare cu apă, generează impact în toate categoriile în proporție de 30%, cu excepția categoriei **Epuizarea stratului de ozon (ESO)** unde impactul este considerabil (60%). Acest fapt se datorează consumului ridicat de energie și de agenți chimici auxiliari, în special a clorului gazos utilizat la dezinfecție. Prin urmare, în secțiunea următoare va fi discutat în detaliu profilul de mediu al stației de tratare Chirița pentru perioada 2009-2010.

4.4.3. Evaluarea impactului ciclului de viață pentru stația de tratare Chirița

În Figura 4.11. este prezentat profilul de mediu al stației de tratare pentru anul 2009. Valoarea impactului a fiecărei etape de tratare este exprimată ca un procent din impactul total al procesului de tratare al apei. Consumul de energie electrică este elementul dominant în impactul relativ al stației, mai puțin în categoria **Epuizarea stratului de ozon (ESO)**. În comparație cu alte etape de tratare, etapa de floculare generează impact semnificativ în toate categoriile asociate cu producția agentului de floculare, FeCl_3 .

Într-o mai mică măsură, consumul de combustibili în stația de tratare are impact în categoriile **Epuizarea resurselor abiotice (ERA)**, **Epuizarea stratului de ozon (ESO)** și **Potențialul de formare de ozon fotochimic (POF)**. Într-o proporție mică, etapa de dezinfecție, generează impact în categoria **Epuizarea stratului de ozon (ESO)**, de asemenea, indus de producția de Cl_2 .

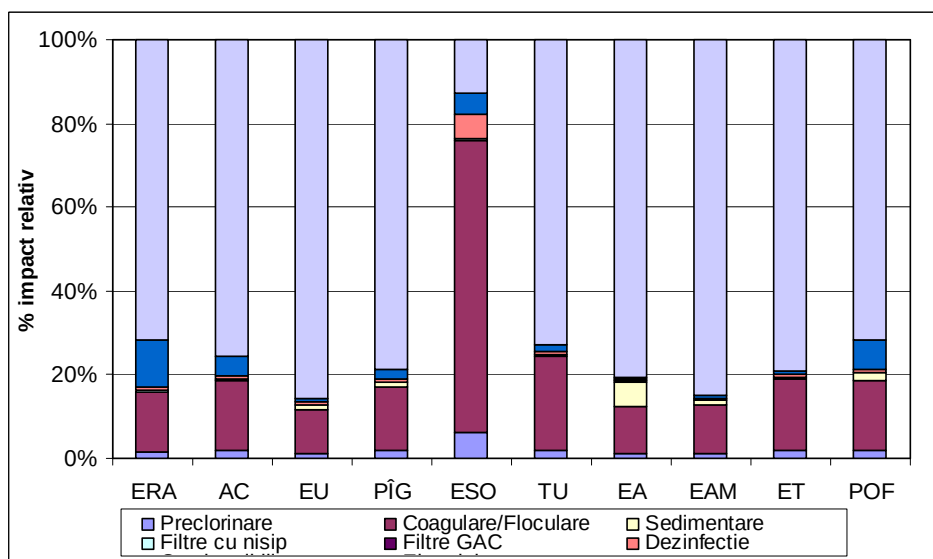


Figura 4.11. Profilul de mediu al stației de tratare Chirița pentru anul 2009

În Figura 4.12 este redat profilul de mediu al stației de tratare pentru anul 2010. Consumul de energie continuă și în acest caz să fie sursa principală de impact pentru toate categoriile, în pofida unei reduceri cu 10% a consumului de electricitate. Ca și pentru 2009, categoria **Epuizarea stratului de ozon (ESO)** este o excepție, impactul fiind dat în principal de treapta de floculare, care, în anul 2010, a înregistrat un consum mai mare de FeCl_3 . Polielectrolitul a fost adăugat în etapa de floculare în anul 2010, dar impactul acestuia este minim în comparație cu impactul asociat FeCl_3 . Creșterea impactului asociat consumului de combustibili este legată de un consum mai mare de motorină.

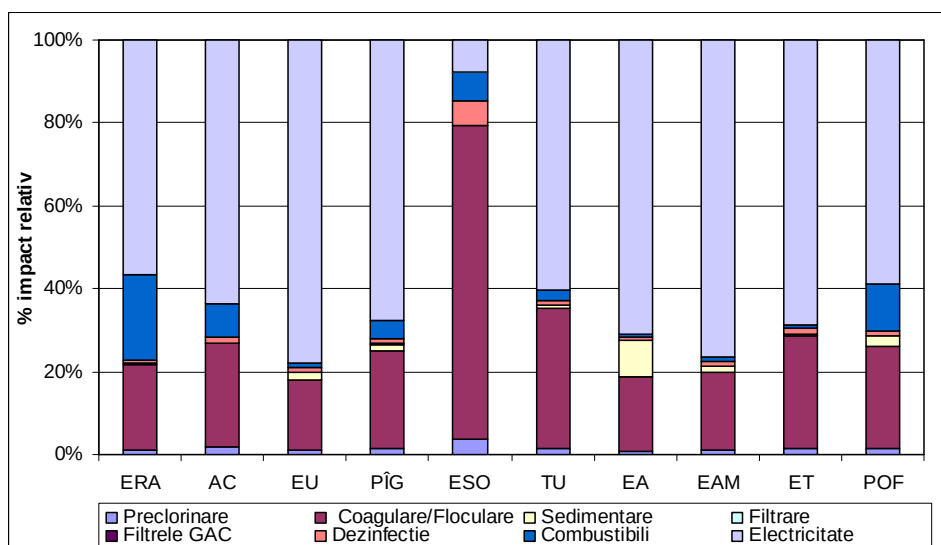


Figura 4.12. Profilul de mediu al stației de tratare Chirița pentru anul 2010

După cum se poate observa în Tabelul 4.14, impactul stației de tratare în 2010 este mai mare decât în anul 2009, pentru toate categoriile specifice metodei **CML 2000 de bază**. Acest fapt se datorează în special consumului mare de FeCl_3 (responsabil în medie de 75% din creștere), de motorină (17%), și, într-o mai mică măsură Cl_2 (3%). Excepția de la acest lucru, este reprezentată de categoria **Ecotoxicitate acvatică (EA)**, unde 27% din creșterea impactului este asociată cu volumul mare de nămol produs și astfel, cu deversările crescute de metale grele (Tabel 4.14). Este de remarcat faptul că impactul pe anul 2010 ar fi fost mai mare dacă nu ar fi existat nici o reducere în consumul de energie electrică, al cărui impact este cu 2% mai mic decât în anul precedent.

Tabel 4.14 Valori globale specifice profilului de mediu pentru perioada 2009-2010

Categorie de impact	Unitate de măsură	2009	2010
ERA	kg Sb eq	0.000759	0.000938
AC	kg SO_2 eq	0.000437	0.000508
EU	kg PO_4^{3-} eq	0.000452	0.000487
PÎG	kg CO_2 eq	0.099548	0.112894
ESO	kg CFC-11 eq	3.74E-08	6.08E-08
TU	kg 1,4-DB eq	0.085683	0.101011
EAD	kg 1,4-DB eq	0.081467	0.090451
EAM	kg 1,4-DB eq	167.7826	182.2371
ET	kg 1,4-DB eq	0.00179	0.002015
POF	kg C_2H_4	1.86E-05	2.22E-05

Notă: kg Sb eq - kg stibiu echivalenți; kg SO_2 eq- kg dioxid de sulf echivalenți; kg PO_4^{3-} eq – kg fosfat echivalenți; kg CO_2 eq- kg dioxid de carbon echivalenți; kg CFC-11 eq – kg clorofluorocarburi echivalenți, kg 1,4-DB eq- kg diclorbenzen echivalenți; kg C_2H_4 - kg etilenă;

4.4.4. Evaluarea impactului ciclului de viață pentru sistemul de colectare și epurare a apelor uzate municipale

Faza de post-utilizare (etapele de „după robinet”) din cadrul sistemului de servicii de apă în orașul Iași generează doar aproximativ 20 - 25% din totalul impactului (Figura 4.8.) Contribuția fazelor post-utilizare din ciclul de utilizare al resurselor de apă este prezentată în detaliu în Figura 4.13. Se poate observa că stația de epurare a apelor uzate generează cele mai mari impacturi, urmate de sistemul de colectare a a apelor uzate și de apele uzate neepurate care generează impact numai în categoria **Eutrofizare (EU)**. Așadar profilul de mediu al stației de epurare pentru 2009 și 2010 este prezentat în detaliu în secțiunea următoare (4.4.5.).

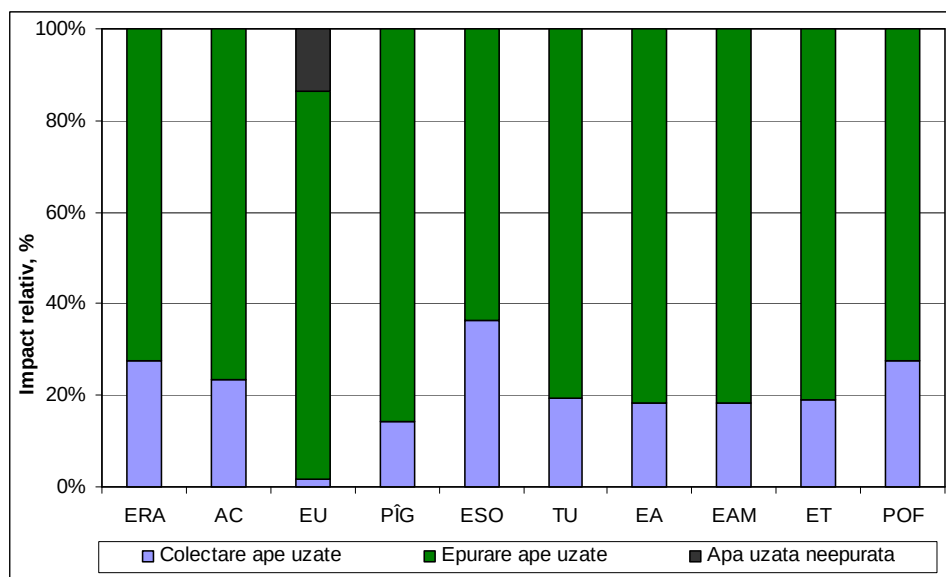


Figura 4.13. Contribuția etapelor **post-utilizare** la profilul de mediu sistemul de colectare și epurare a apelor uzate

Apa uzată neepurată (apa uzată care nu ajunge la stația de epurare Dancu) (industrială și menajeră) a generat impact doar în categoria **Eutrofizare (EU)**, după cum se poate observa în Figura 4.14. Acest aspect se datorează prezenței poluanților în apa neepurată care se deversează în corpurile de apă, fiind vorba în special de compuși organici și nutrienți.

S-a efectuat o analiză suplimentară, în vederea identificării anumitor substanțe responsabile de crearea acestor impacturi. În Figura 4.15 este redată contribuția substanțelor prezente în apa uzată neepurată, la categoria **Eutrofizare (EU)**, exprimată în kg eq PO_4^{3-} se poate observa că ionul amoniu ($0.0065 \text{ kg PO}_4^{3-} \text{ eq}$) și compușii organici biodegradabili exprimat ca CBO_5 ($0.006 \text{ kg PO}_4^{3-} \text{ eq}$) contribuie semnificativ la valoarea totală a impactului în categoria **Eutrofizare (EU)**. Contribuția nitriților și nitraților la impactul indus în **Eutrofizare (EU)**, este neglijabilă în comparație cu cea a amoniului și a compușilor organici exprimați prin CBO_5 .

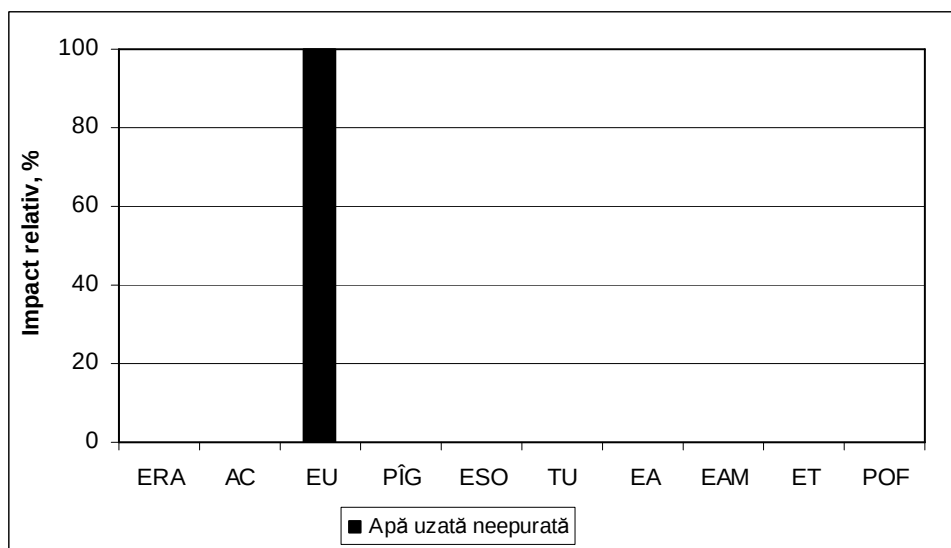


Figura 4.14. Impactul apei uzate neepurate în categoriile de impact specifice metodei CML 2000 de bază

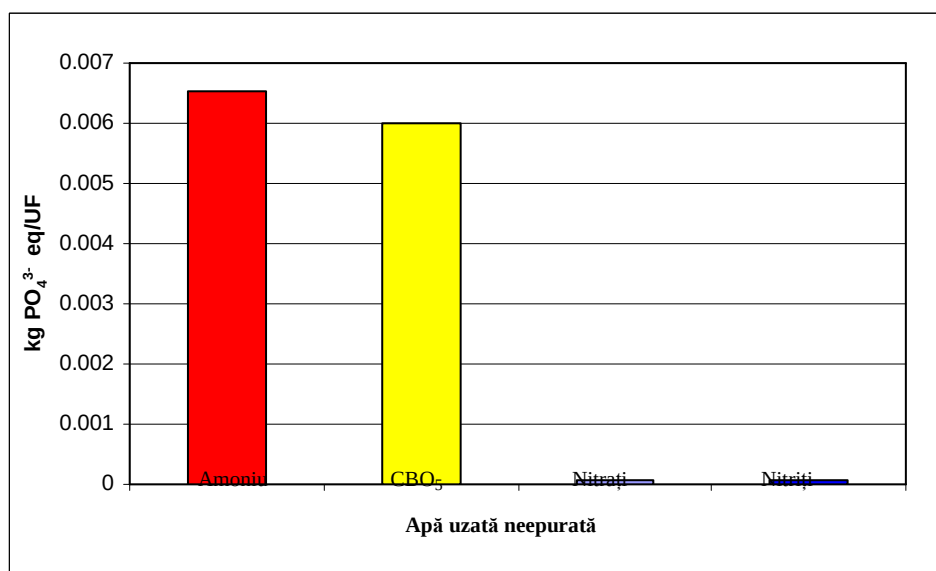


Figura 4.15. Analiza contribuției poluanților implicați în categoria **Eutrofizare**

Sub-sistemul de colectare a apelor uzate contribuie de asemenea la crearea impactului total al etapelor de post-utilizare, prin urmare acesta fiind analizat în detaliu în Figura 4.16. Se poate observa că predomină din nou impactul indus de consumul de energie în toate categoriile. Activitățile de mentenanță se referă în special la lucrări de decolmatare a sistemului de canalizare fiind exprimate în inventarul ciclului de viață ca și consumul de combustibili. Acestea generează impact în categoria **Epuizarea stratului de ozon (ESO)**, datorită proceselor de producție ale combustibililor, în special a motorinei. Materialele de construcție (fontă, beton, oțel) contribuie semnificativ la generarea impactului în categoria **Potențialul de încălzire globală (PÎG)** (25%), indus de procesele secundare ale producției de beton și oțel, urmate de

categoria **Potențialul de formare de ozon fotochimic (POF)** (23%). În componenta **Gestiunea deșeurilor** sunt incluse deșeurile provenite din decolmatarea sistemului de canalizare, care sunt depozitate într-un depozit controlat de deșeuri municipale. Astfel se explică generarea impactului considerabil în categoriile **Ecotoxicitate acvatică (EA)**, **Ecotoxicitate acvatică marină (EAM)** și **Eutrofizare (EU)**, cauzat de emisiile în apă rezultate în urma depozitării deșeurilor.

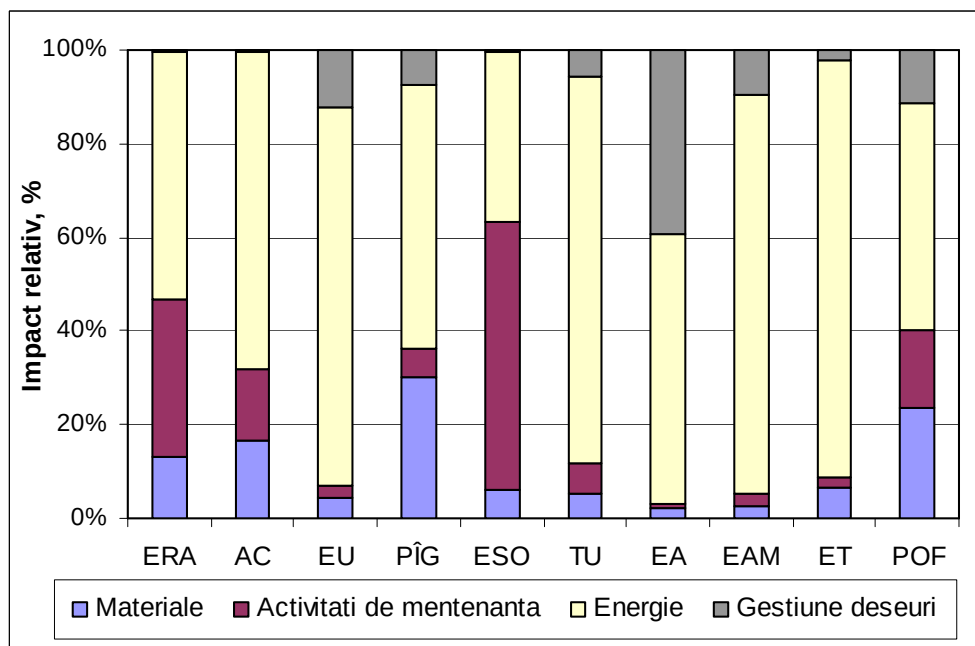


Figura 4.16. Profilul de mediu al subsistemului de colectare a apelor uzate

4.4.5. Evaluarea impactului ciclului de viață pentru stația de epurare Dancu

Așa cum reiese din Figura 4.17 impactul pentru toate cele patru etape este distribuit în mod egal în fiecare categorie de impact, în acest caz responsabilă de acesta fiind utilizarea energiei electrice. Deoarece procesul de aerare din etapa de epurare biologică înregistrează 84% din energia electrică consumată în stație, aproximativ 84% din toate impacturile sunt asociate cu treapta de epurare biologică. Deși categoria **Eutrofizare (EU)** prezintă o distribuție similară cu celelalte categorii, în acest caz, cea mai mare parte a impactului este asociată cu deversările de apă după etapele mecanică și biologică. Pe de altă parte, într-o mai mică măsură, la generarea acestui impact contribuie infiltrațiile de fosfor provenite din depozitarea nămolului. Impactul asociat cu consumul de combustibili este irelevant în comparație cu etapele de epurare și de management al nămolului.

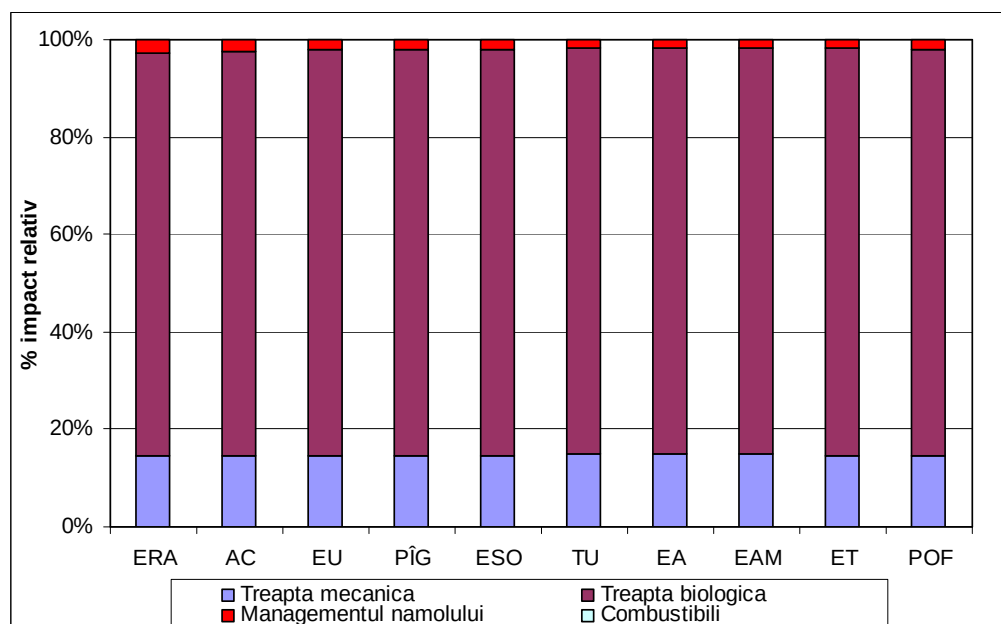


Figura 4.17. Profilul de mediu pentru stația de epurare în 2009

Profilul de mediu al stației de epurare pentru anul 2010 este prezentat în Figura 4.18, unde se poate observa contribuția fiecărei etape de epurare în categoriile de impact pentru întreaga stație de epurare. Epurarea biologică a apelor uzate generează cele mai mari impacturi. Acest lucru se datorează faptului că impacturile semnificative în majoritatea categoriilor, sunt legate de utilizarea energiei electrice, aproximativ 84% din consumul total de energie în stația de epurare se înregistrează la bazinele de aerare a nămolului activ. Schimbarea în categoria **Eutrofizare (EU)**, față de 2009, este dată de reducerea volumului de apă epurată în etapa biologică (7% mai puțin în 2009), în timp ce volumul de apă epurată în etapa mecanică este menținut constant (<1% creștere) și eficiențele de eliminare nu sunt substanțial diferite. Totodată, impactul în categoria **Eutrofizare (EU)** este asociat cu deversările de apă după etapele mecanice și biologice (în special nutrienți) și, într-o proporție mai mică, datorită contaminărilor cu fosfor în etapa de depozitare a nămolului. Cu toate acestea, tratarea și depozitarea nămolului prezintă o fracție mică din impactul total, în timp ce consumul de combustibili continuă să fie irelevant pentru impactul total al stației de epurare Dancu.

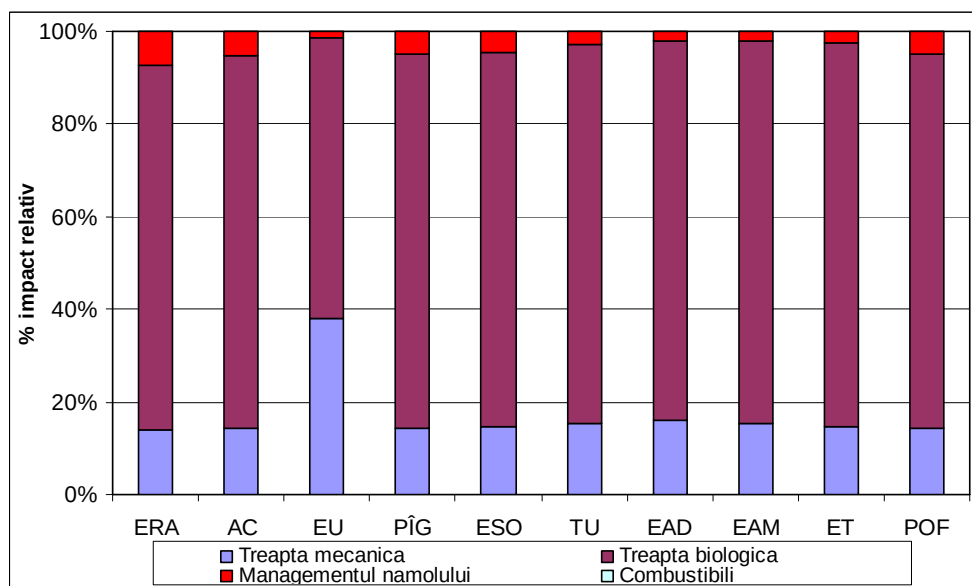


Figura 4.18. Profilul de mediu pentru stația de epurare în 2010

În Tabelul 4.15 este prezentată o comparație între impacturile totale pentru fiecare an, observându-se că sunt aproximativ identice în fiecare categorie, cu excepția categoriei **Eutrofizare (EU)**.

Tabel 4.15 Comparație între profilurile de mediu ale stației de epurare pentru 2009 și 2010

Categorie de impact	Unitate de măsură	2009	2010
ERA	kg Sb eq	0.00095	0.00099
AC	kg SO ₂ eq	0.000569	0.000582
EU	kg PO ₄ ³⁻ eq	0.00695	0.00731
PÎG	kg CO ₂ eq	0.13590	0.13856
ESO	kg CFC-11 eq	8.51E-09	8.69E-09
TU	kg 1,4-DB eq	0.109	0.110
EAD	kg 1,4-DB eq	0.114	0.115
EAM	kg 1,4-DB eq	247	247
ET	kg 1,4-DB eq	0.00248	0.00247
POF	kg C ₂ H ₄	2.31E-05	2.35E-05

Notă: kg Sb eq - kg stibiu echivalenți; kg SO₂ eq- kg dioxid de sulf echivalenți; kg PO₄³⁻ - eq – kg fosfat echivalenți; kg CO₂ eq- kg dioxid de carbon echivalenți; kg CFC-11 eq – kg clorofluorocarburi echivalenți; kg 1,4-DB eq- kg diclorbenzen echivalenți; kg C₂H₄ - kg etilenă;

În cazul stației de epurare, pentru ambii ani studiați 2009 și 2010, diferențele între impacturile create în toate categoriile sunt puțin sesizabile, cu excepția categoriei de impact **Eutrofizare (EU)**. Conform Hellstrom și colab., (2000), categoria **Eutrofizare (EU)** este considerată una din categoriile cele mai relevante pentru evaluarea durabilității stațiilor de epurare. Datorită acestor considerente, în Figura 4.19 este prezentată contribuția substanțelor responsabile de crearea impactului în categoria **Eutrofizare (EU)** exprimată în kg PO₄³⁻ eq.

În cazul de față, în cea mai mare parte, impactul este generat de epurarea parțială a apei uzate (treapta mecanică) și de prezența compușilor organici și a nutrienților. După cum se observă, nitrații contribuie semnificativ pentru ambii ani considerați în acest studiu, în comparație cu compușii organici (exprimați prin CBO_5), amoniu și fosfați. În cazul anului 2010 se observă o scădere a conținutului în compuși organici și nitrați în treapta biologică față de anul 2009, datorită faptului că în acest an nu a mai avut loc deversarea apelor uzate după epurarea mecanică. Se poate observa că impactul semnificativ se înregistrează spre finalul procesului de epurare mai ales în etapa biologică, fapt ce demonstrează necesitatea echipării stației de epurare cu o treaptă de epurare terțiară ce implică eliminarea N și P, în vederea obținerii unei calități mai bune a efluentului și pentru conformarea cu cerințele legislației europene.

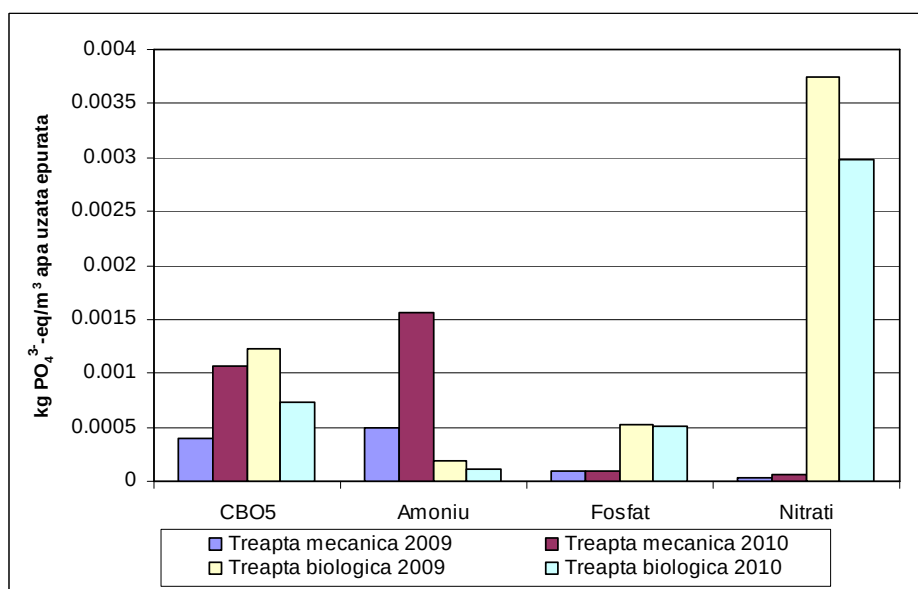


Figura 4.19. Analiza contribuției poluanților implicați în categoria *Eutrofizare*

În urma analizării rezultatelor prezentate fie pentru întregul sistem al apei, fie pentru cele 2 subsisteme cu **etapele de „înainte de robinet”** sau **etapele post-utilizare**, consumul de energie a fost responsabil de generarea impacturilor în majoritatea categoriilor, iar acest lucru se reflectă, conform metodologiei **CML 2000 de bază** în categoria de impact **Potențialul de încălzire globală (PÎG)**. Drept urmare, în Figura 4.20., este redată contribuția componentelor pentru întregul sistem de servicii de apă analizat la această categorie de impact. Componentele sistemului care contribuie semnificativ la emisiile gazelor cu efect de seră sunt sistemul de distribuție apă, stația de epurare Dancu și tratarea apei (stația de tratare Verșeni, stația de clorinare Săbăoani și stația de tratare Chirița), urmate de captarea apei (sursa Prut și sursa Timișești) și sistemul de colectare a apelor uzate. **Sistemul de distribuție** generează cel mai mare impact dintre toate componentele sistemului de apă, ca urmare a consumului ridicat de

energie necesar pentru a pompa apa și ca urmare a operațiunilor de mentenanță. Stația de epurare Dancu contribuie semnificativ la impactul creat în categoria **Potențialul de încălzire globală (PÎG)** datorită consumului mare de energie electrică din etapa de epurare biologică (peste 80% din energia electrică consumată în stație). În ceea ce privește componenta **Tratare apă**, procesele de back-ground specifice producției de agenți chimici auxiliari, generează impact în **Potențialul de încălzire globală (PÎG)** în special în cazul stației de **tratare Chirița**, care, în comparație cu celelalte sub-componente (stația de tratare Verșeni și stația de clorinare Săbăoani), procesează un volum mai mare de apă iar tehnologia de tratare este mult mai complexă. Pentru componenta **Captare apă** se înregistrează impact în categoria **Potențialul de încălzire globală (PÎG)** generat de consumul de energie necesar pentru captarea apei din sursa Prut, sper deosebire de sursa Timișești unde consumul de energie pentru captarea apei este mult mai mic.

În cazul sistemului de colectare al apelor uzate, responsabil de emisiile gazelor cu efect de seră este consumul de energie din cadrul proceselor de background ale producției de materiale de construcție, oțel și beton în special.

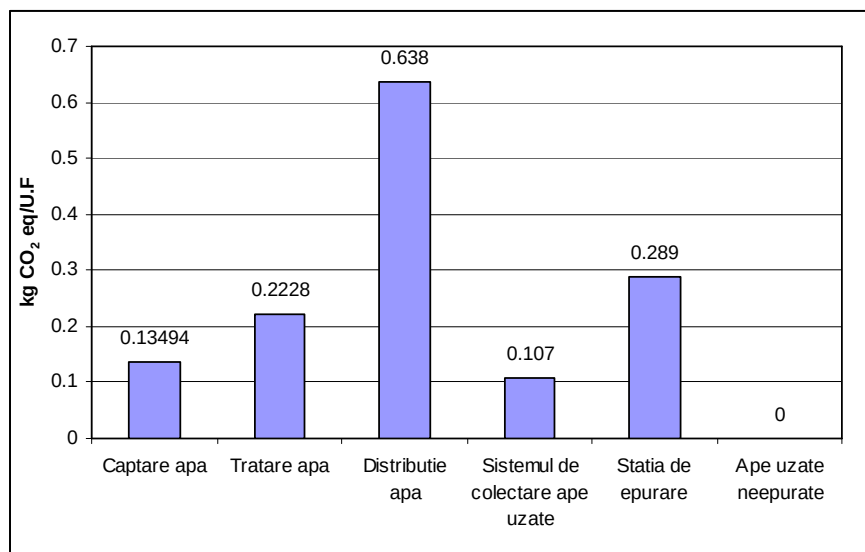


Figura 4.20. Potențialul de încălzire globală pentru sistemul de servicii de apă Iași

4.5. Evaluarea performanțelor de mediu ale sistemului de servicii de apă prin intermediul scenariilor de îmbunătățire a situației actuale

Profilul de impact prezentat anterior al sistemului de alimentare cu apă Iași este o consecință directă a configurației acestuia, precum și a caracteristicilor sale de performanță: starea tehnică (pe alocuri precară) și cerințele sale energetice. Acesta reprezintă o situație de referință pentru care pot fi sugerate unele alternative de îmbunătățire. O observație importantă este că metoda de evaluare a impactului selectată nu consideră impacturile legate de utilizarea resurselor de apă. Alte metode de evaluare a impactului, cum ar fi amprenta de apă (WF) sau

metoda deficitului ecologic (Ecological Scarcity) (Berger și Finkbeiner, 2010), pot include impacturi asociate disponibilității resurselor de apă, însă utilizarea acestora în studiul de ECV prezentat în acest capitol, ar reduce posibilitatea de interpretare și comparație cu alte studii existente în literatura de specialitate. Prezentul studiu se concentrează și asupra modalității în care sistemul de apă prezintă impacturi în toate categoriile de impact (impactul indus de consumul ridicat de energie, de agenți chimici auxiliari, etc), fără a acorda o importanță deosebită impacturilor legate de **utilizarea resurselor de apă** și asupra modului în care profilul de mediu al acestuia, poate fi suferi modificări.

Având două surse diferite de apă (apă subterană și apă de suprafață) (Figura 4.9), fracția provenită de la fiecare poate afecta semnificativ profilul de mediu al întregului sistem de servicii de apă. În afară de aceasta, două dintre principalele caracteristici ale sistemului de apă al orașului Iași sunt pierderile mari de apă semnalate în rețeaua de distribuție și o rată scăzută de conectivitate la sistemul de canalizare (Figura 4.7.). În conformitate cu Figurile 4.8 și 4.13., fracția de colectare a apelor uzate neepurate, 12%, generează impacturi semnificative în categoria **Eutrofizare (EU)**.

Considerând aceste aspecte, o serie de 5 scenarii de îmbunătățire, prezentate în Tabelul 4.16. sunt analizate în următoarele secțiuni.

Tabel 4.16. Scenarii alternative privind îmbunătățirea sistemului de servicii de apă Iași

Nr.	Scenarii alternative	Descriere	Modificări în scenariul de referință (2010)
S.1.1/ S.1.2	Sistemul de alimentare cu apă	Modificări în ponderea de exploatare a surselor de alimentare cu apă	S.1.1. 80% Timișești; 20% sistemul Prut S.1.2. 20% Timișești; 80% sistemul Prut
S.2	Sistemul de distribuție al apei	Scăderea pierderilor în sistemul de distribuție a apei	Pierderile reale de apă în sistem descresc până la 28.7%
S.3	Sistemul de colectare a apelor uzate	Îmbunătățirea ratei de conectivitate la sistemul de canalizare	100% rata de conectivitate la sistemul de canalizare (0 apă uzată neepurată)
S.4	Epurarea apelor uzate	Îmbunătățirea performanței de mediu a stației de epurare	100% din efluentul stației de epurare este epurat în ambele trepte de epurare (mecanic și biologic)

4.5.1. Scenarii alternative privind îmbunătățirea sistemului de alimentare cu apă

➤ Sursele de apă

Așa cum s-a discutat anterior, cele mai mari impacturi generate de serviciile de apă în orașul Iași sunt induse de sistemul de alimentare cu apă. Acestea sunt în principal generate de consumul de energie necesar pentru captarea și tratarea apei, și cel mai important, pentru sistemul de distribuție al apei. După cum se poate observa în Figura 4.9, sistemul de alimentare cu apă din râul Prut furnizând apă de suprafață tratată, generează un impact considerabil mai

mare decât sistemul de alimentare Timișești (bazat pe surse de apă subterană și de suprafață).

În Figura 4.21., sunt prezentate două scenarii în ceea ce privește unele modificări în proporțiile de alimentare cu apă în Iași, comparativ cu situația de referință (2010), în cazul în care sursa de ape subterane reprezintă 60% din volumul total de apă distribuită, iar sursele de apă de suprafață sunt responsabile pentru 40%. În situația în care cantitatea de apă din sursa Timișești se ridică la 80% din total (scenariul S.1.1), acest lucru ar conduce la o scădere de 5-20% a impactului asupra mediului, în timp ce creșterea proporției apei de suprafață la 80% (scenariul S 1.2.) ar genera impacturi semnificativ mai mari, în special în categoriile legate de consumul de energie (37% în *Epuizarea stratului de ozon - ESO*).

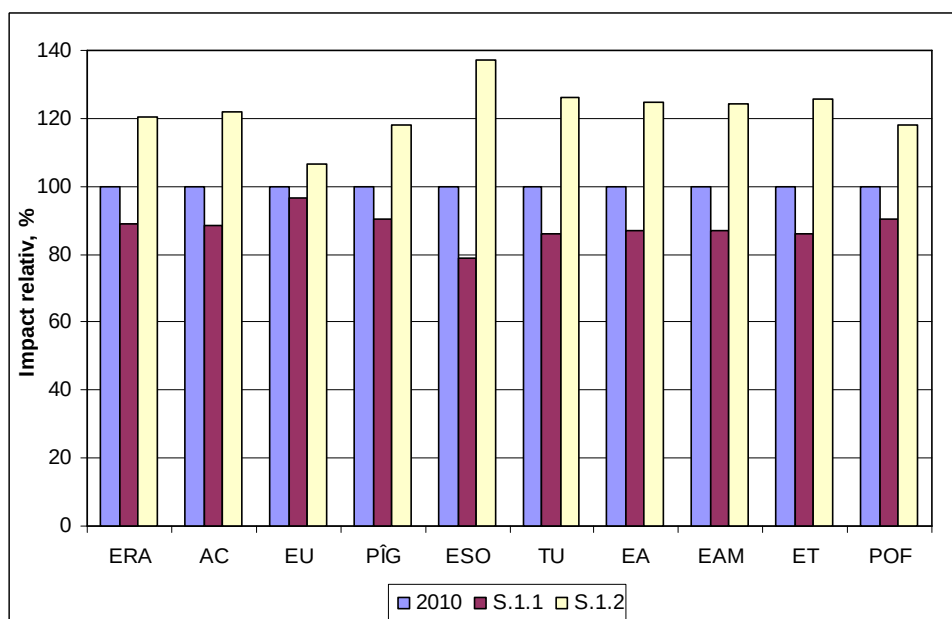


Figura 4.21. Scenarii cu privire la sursele de apă

Această analiză arată că sursa de apă subterană este foarte valoroasă pentru orașul Iași, datorită calității sale ridicate și pentru că necesită procese de tratare limitate, precum și din punct de vedere energetic, datorită sistemului său de distribuție gravitațional. Astfel, această evaluare indică faptul că bazându-se mai mult pe sursele de ape subterane, sistemul de servicii de apă și-ar îmbunătăți performanțele de mediu. Cu toate acestea, o astfel de optimizare ar trebui să considere, de asemenea, impacturile asupra mediului generate de captarea apelor subterane și de disponibilitatea resurselor de apă utilizând amprenta de apă sau alte metodologii similare.

➤ **Sistemul de distribuție a apei**

Sistemul de distribuție a apei din Iași a generat cele mai mari impacturi dintre toate componentele sistemului de apă în general, ca urmare a consumului ridicat de energie necesar pentru a pompa apa (77% din impactul total), și ca urmare a operațiunilor de mentenanță (23%). Cel mai important aspect legat de sistemul de distribuție este reprezentat de pierderile mari de

apă, care reprezintă 41% din cantitatea totală de apă produsă. Această situație este cauzată de durata de viață a sistemului, în unele zone ale orașului Iași, rețeaua de distribuție datează de peste 100 de ani și are un factor de pierderi reale de peste 75%. Operatorul de apă din Iași a efectuat un studiu intern care arată, că este posibil să se reducă pierderile de apă reale până la 28-29%, dacă s-ar reamenaja aproximativ 15% din rețeaua de distribuție.

În Figura 4.22 este redată o comparație între situația de referință (2010) și scenariul conform căruia pierderile de apă din sistemul de distribuție a apei scade la 28.7% (pierderile curente sunt diminuate cu 30%). Scenariul nu consideră lucrările necesare pentru a putea pune în practică schimbările în rețea, dar consideră o scădere cu 50% din efortul activităților de mentenanță (calculat ca o scădere de 50% în consumul de motorină). Se poate observa că acest fapt ar conduce la reduceri ale impactului cu 3.33% în categoria **Eutrofizare (EU)** și 16.31% în categoria **Epuizarea stratului de ozon (ESO)**.

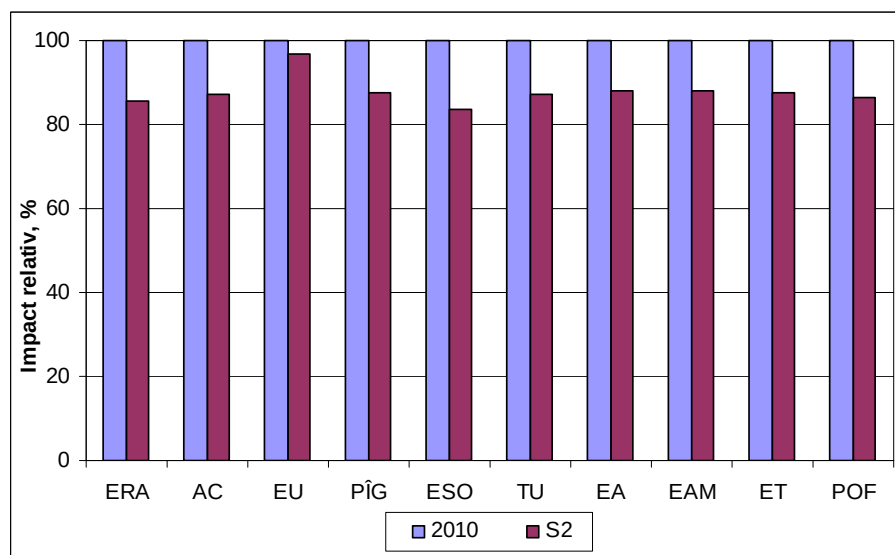


Figura 4.22. Comparație între impacturile asupra mediului

4.5.2 Scenarii alternative privind îmbunătățirea sistemului de colectare și epurare a apelor uzate municipale

Secțiunea „după robinet” (post-utilizare) a ciclului de utilizare a apei în orașul Iași a fost prezentată în Figura 4.8., este responsabilă pentru aproximativ 25-30% din impactul total, cu excepția categoriei **Eutrofizare (EU)**, unde este responsabilă de 80% din impact. Impactul sistemului de colectare a apelor uzate se datorează energiei utilizate pentru pomparea apelor uzate (77%), precum și operațiunilor de mentenanță (23%), în special pentru decolmatarea sistemului de canalizare. Aceste valori se bazează doar pe faza operațională în sistemul de colectare a apelor uzate, deoarece lucrările de construcție și reabilitare, nu sunt luate în considerare în acest studiu. Roux și colab., (2011), au arătat că aceste procese pot contribui la o

creștere a contribuției sistemului de colectare a apelor uzate la impactul general al sistemului **post-utilizare**, în diferite categorii, cu excepția categoriei **Eutrofizare (EU)** în cazul în care stația de epurare a generat impact semnificativ.

Posibilitățile de îmbunătățire pentru sistemul de colectare a apelor uzate consideră o rată de conectivitate la sistemul de canalizare mai mare (100%, scenariul S.3, Figura 4.23.) și de epurare a tuturor apelor uzate atât prin etapa mecanică cât și prin cea biologică (scenariul S.4, Figura 4.23.). Scenariul prezentat în Figura 4.23., arată că atunci când toate apele uzate menajere sunt colectate și epurate, se observă o reducere a impactului de 4.44% în categoria **Eutrofizare (EU)**, dar pe de altă parte, acest lucru a dus la generarea unor impacturi mai mari în alte categorii de impact, datorită efortului suplimentar necesar pentru a procesa extra volumul de ape uzate. Acest fapt este mai evident atunci când se aplică scenariul S.4, conform căruia influența este epurată atât mecanic cât și biologic, așa cum reiese din Figura 4.23. În acest caz, respectarea standardelor de calitate a apelor uzate pentru toate tipurile de ape uzate ar putea duce la o scădere 12.66% din impact în categoria **Eutrofizare (EU)**, dar s-ar înregistra un impact mai mare în alte categorii, de la 3.5% pentru **Epuizarea stratului de ozon (ESO)** la 9.40% pentru **Potențialul de încălzire globală (PÎG)**.

După cum s-a prezentat mai sus, pentru sistemul de apă al orașului Iași, sunt disponibile mai multe opțiuni pentru soluționarea problemelor de eficiență specifice. Datele prezentate în Figura 4.24., descriu o comparație între scenariile studiate în acest capitol, și sugerează că, pe termen scurt și din punct de vedere al mediului, considerând aspectele referitoare la sistemul de alimentare cu apă, s-ar putea obține beneficii, mai mult decât s-ar aborda doar soluționarea problemelor semnalate în secțiunea **post-utilizare a apei**.

Pe termen lung, implementarea treptată a acestor scenarii ar conduce la o scădere globală a impactului asupra mediului în toate categoriile, așa cum este prezentat în Figura 4.24. Această analiză nu ia în considerare perspectivele de dezvoltare ale orașului Iași, iar din acest punct de vedere, prezentul studiu este doar un punct de plecare în vederea studierii impactului asupra mediului generate de dezvoltarea orașului Iași.

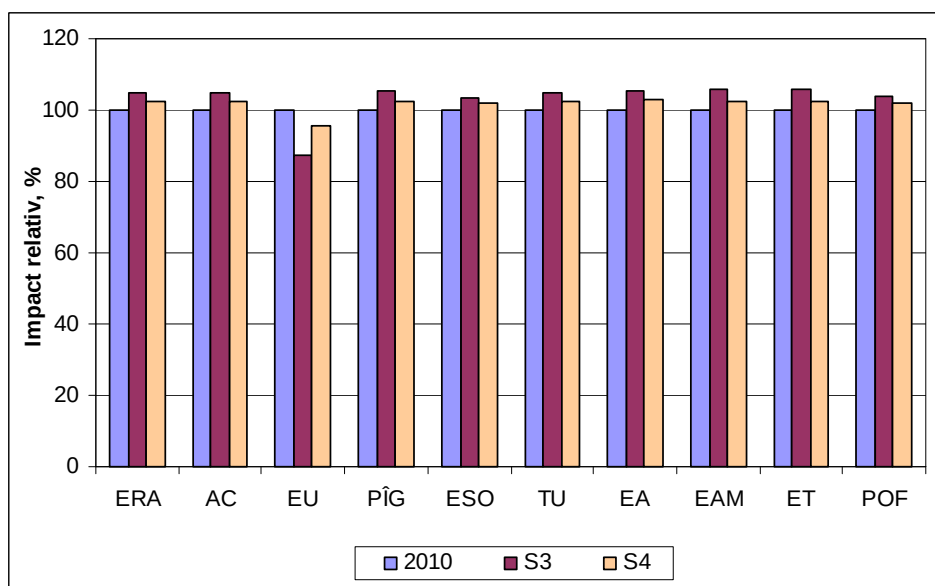


Figura 4.23. Comparație între situația actuală și Scenariul S.3 (toate apele uzate sunt colectate) și Scenariul S.4 (toate apele uzate colectate sunt epurate atât mecanic cât și biologic)

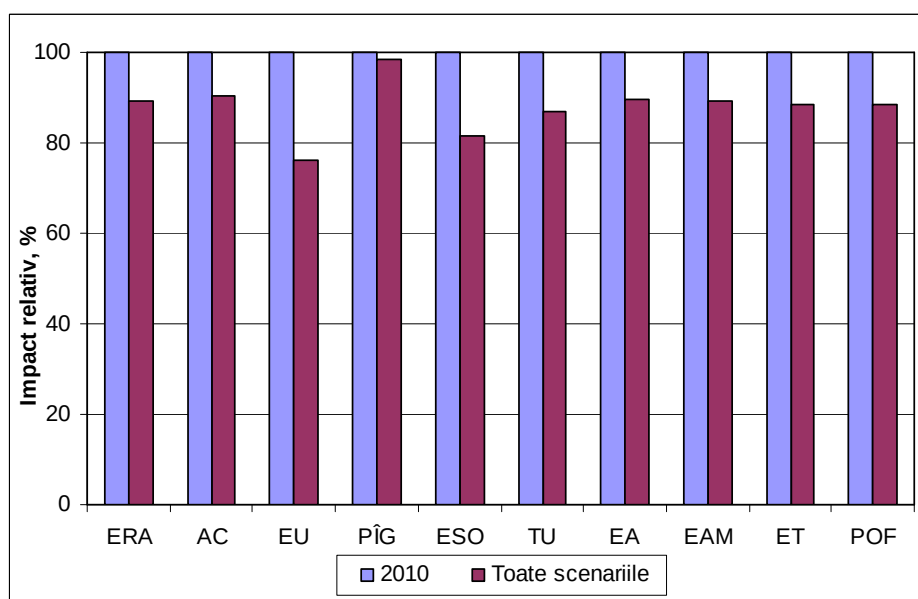


Figura 4.24. Comparație între situația actuală și implementarea tuturor scenariilor de îmbunătățire (S1.1 + S2 + S3 + S4)

Concluzii generale

Obiectivul general al tezei de doctorat a constat în studierea modului în care evaluarea ciclului de viață (ECV) poate fi utilizată ca instrument suport pentru managementul integrat al resurselor de apă. **Întregul concept al tezei de doctorat se bazează pe considerarea apei ca resursă (“produs”) cu valoare economică și nu doar ca mediu de transport sau mediu de reacție pentru diverse alte specii poluante.**

În Capitolele 3 și 4 sunt prezentate **contribuțiile originale** în domeniul utilizării evaluării ciclului de viață în managementul integrat al resurselor de apă.

Capitolul 3 a tratat investigarea posibilităților de actualizare a metodelor de evaluare a impactului ciclului de viață pentru includerea într-un mod corespunzător a impactului utilizării resurselor de apă în cadrul studiilor de ECV. Principalele elemente de originalitate în această direcție de cercetare au constat în: elaborarea unui nou indicator de impact (**Utilizarea apei cu modificări ale calității - UAM**) **pentru a considera aspectele calitative ale utilizării resurselor de apă în studiile ECV**, și în testarea unui indicator de impact existent în literatura de specialitate, **pentru a cuantifica impacturile induse de consumul de apă în studiile ECV (Utilizarea apei pentru consum - UAC)**. Acești indicatori au fost incluși în metoda de evaluare a impactului ciclului de viață **Eco-Indicator 99** și testați prin intermediul unui studiu din industria viti-vinicolă.

Noii indicatori de impact (**Utilizarea apei cu modificări ale calității - UAM și Utilizarea apei pentru consum - UAC**) s-au implementat în clasa de impact **Resurse naturale**. *Modalitatea în care s-au calculat factorii de caracterizare ai impactului deversării de ape uzate asupra disponibilității ulterioare a resurselor de apă, reprezintă un aspect de noutate pe plan național.* În acest sens, s-a apelat la conceptul de **energie echivalentă pentru epurare**, care reprezintă un surplus virtual de energie necesar epurării a unui metru cub de apă uzată până la concentrații care să nu pericliteze utilizarea ulterioară a resursei de apă. Prin intermediul acestui concept s-a eliminat problema multidimensionalității calității apei, dat fiind faptul că este aproape imposibil de caracterizat o apă (uzată) printr-un singur indicator de calitate.

În urma cuantificării impacturilor asupra mediului generate de consumul de apă necesar pentru producerrea unei sticle de vin alb, utilizând două metode de evaluare a impactului ciclului de viață, mai exact **Eco-Indicator 99 clasic** și **Ecoindicator 99 actualizată** (care include cei doi indicatori de impact referitori la resursele de apă: **Utilizarea apei cu modificări ale calității (UAM)** și **Utilizarea apei pentru consum (UAC)**), rezultatele au demonstrat că pentru acest studiu de ECV, impacturile semnificative s-au înregistrat în timpul fazei de producție a vinului, deși profilurile de impact generate prin cele două metodologii au fost diferite.

Prin intermediul unei interpretări rezonabile a gradului de severitate a impactului utilizând etapa de ponderare, s-a constatat că în metoda **Eco-Indicator 99 clasică**, clasa de impact **Sănătatea umană**, are o valoare mare (64% din impactul total), urmată de **Calitatea ecosistemelor** și clasa de impact **Resurse naturale**. Acest profil s-a modificat atunci când s-a utilizat metoda **Eco-Indicator 99 actualizată**, majoritatea impacturilor fiind generate, în acest caz, în clasele de impact **Calitatea ecosistemelor** și **Resurse naturale**. Metoda **Eco-Indicator 99 clasică** a prezentat impact în cadrul clasei **Sănătatea umană**, **Calitatea ecosistemelor** (în special din cauza categoriilor de impact **Compuși anorganici nocivi pentru aparatul respirator** și **Acidifiere**), în timp ce metodologia **Eco-Indicator 99 actualizată** a înregistrat impact semnificativ în clasa resurselor de apă datorită valorilor ridicate ale utilizării apei pentru consum și utilizării apei cu modificări ale calității.

În urma prezentării rezultatelor grupate pe grupuri de procese și etape ale ciclului de viață al vinului, grupul de procese **Producție**, în comparație cu grupele de procese **Utilizare, Energie, Transport, și Deșeuri**, a înregistrat impact semnificativ în toate categoriile de impact, atât în cazul metodei **Eco-Indicator 99 clasică** cât și al metodei **Eco-Indicator 99 actualizate**. O analiză mai profundă a rezultatelor a evidențiat faptul că etapa de **Ambalare** generează impact considerabil în majoritatea categoriilor de impact, urmată de etapa de vinificație și cultura de viță de vie. Prin utilizarea metodologiei actualizate **Eco-Indicator 99 actualizată**, a fost posibilă identificarea proceselor și etapelor din ciclul de viață al vinului, care au generat impacturi asupra resurselor de apă și mai mult, având posibilitatea de a putea fi cuantificate și comparate, **fapt ce a demonstrat utilitatea indicatorilor de impact propuși (Utilizarea apei cu modificări ale calității - UAM și Utilizarea apei pentru consum - UAC)**.

Din analiza rezultatelor privind acești doi noi indicatori, s-a constatat că etapa de vinificație a fost responsabilă de impactul înregistrat și într-o măsură mai mică, Cultura de struguri, în cazul categoriei **Utilizarea apei pentru consum (UAC)** Etapa de vinificație a generat impact semnificativ în categoria **Utilizarea apei cu modificări ale calității (UAM)**, datorită emisiilor în apă rezultate în urma procesului de vinificație. Acest lucru s-a datorat consumului mare de energie necesar epurării apelor uzate.

Integrarea acestor doi indicatori în metoda Eco-Indicator 99 prezintă o imagine completă și de noutate științifică a impacturilor legate de utilizarea apei într-un studiu de evaluare a ciclului de viață al produselor.

Cea mai importantă contribuție originală a tezei de doctorat este evidențiată în **Capitolul 4**, și a constatat în **evaluarea impacturilor asupra mediului în Iași considerând întreg ciclul de utilizare a resurselor de apă: captarea, tratarea, transportul și distribuția apei, utilizarea,**

colectarea, epurarea și deversarea apelor uzate, această evaluare fiind prima de acest gen în România. Trebuie precizat faptul că o astfel de evaluare este dificil de realizat datorită complexității ciclului de utilizare a resurselor de apă. Evaluarea apei pe întregul ciclul antropic prezintă de asemenea dificultăți, mai ales în cazul în care apa este considerată **produs cu valoare economică**.

În acest studiu, apa nu mai este considerată ca mediu de transport sau de reacție, ci ca „**un produs**” **cu valoare economică**, contribuind astfel în mod real la implementarea conceptului de management integrat al resurselor de apă, considerând atât aspectele calitative cât și pe cele cantitative asociate cu utilizarea acestor resurse naturale.

Acest capitol a vizat cuantificarea tuturor impacturilor asociate cu întregul sistem și identificarea principalelor aspecte responsabile de crearea impacturilor asupra mediului. Analiza s-a bazat pe o metodă de evaluare a impactului ciclului de viață existentă, **CML 2000 de bază**, care permite evidențierea impacturilor asupra componentelor mediului (apă, aer, sol), asupra biosferei (eutrofizare și eco-toxicitate), și asupra sănătății umane. Pentru a facilita comparația cu alte studii similare, metoda nu evidențiază în mod particular impacturile asupra resurselor de apă asociate utilizării acestora (prin integrarea indicatorilor dezvoltati în capitolul anterior), ci a fost utilizată pentru a genera o imagine de ansamblu, complexă și completă a impacturilor generale în utilizarea resurselor de apă.

Primul pas în acest studiu a constat în compilarea inventarului ciclului de viață, care a constat în inventarierea tuturor intrărilor de materiale și energie în sistem și tuturor ieșirilor sub forma de emisii poluate prin apele uzate, nămoluri și deșeuri. Acest inventar a inclus și realizarea unui bilanț al utilizării apei în Iași, din care a reieșit faptul că pentru 1 m³ de apă livrat clienților este necesară captarea, tratarea și distribuția a aproximativ 1.7 m³ de apă. De asemenea, pentru faza post-utilizare, pentru fiecare 1 m³ de apă utilizat, aproximativ 2 m³ de apă uzată sunt procesați în stația de epurare.

În faza de evaluare a impactului ciclului de utilizare al apei a fost posibilă caracterizarea impacturilor în diferite categorii de impact, specifice metodei **CML 2000 de bază**. Astfel, noutatea acestui studiu a constat în organizarea unitară și coerentă a studiului, prin gruparea etapelor de utilizare a resurselor de apă în etape specifice ciclului de viață: faza de producție (*înainte de robinet*) a grupat captarea, transportul, tratarea și distribuția apei, iar faza post-utilizare a grupat colectarea, epurarea și deversarea apelor uzate.

A fost posibilă ierarhizarea fazelor de utilizare a apei după valorile impacturilor specifice, în diferite categorii de impact. Astfel, rezultatele au relevat faptul că cel mai mare impact al sistemului de servicii de apă din Iași este generat de faza de producție, în toate categoriile de

impact, cu excepția categoriei **Eutrofizare**. Cele mai mari impacturi sunt induse de sistemul de alimentare cu apă, care contribuie cu aproximativ 75-80% din impactul total în toate categoriile, cu excepția categoriei **Eutrofizare (EU)**. Aceste impacturi au fost induse în principal de consumul ridicat de energie pentru captarea și tratarea apei, iar cel mai important fiind cel pentru sistemul de distribuție a apei. Componenta **Apă de suprafață** (sistemul de alimentare cu apă Prut) a generat impact considerabil mai mare decât a sub-sistemului apelor subterane (sursa Timișești). În ceea ce privește contribuția relativă a componentelor **sistemului de alimentare cu apă** la impactul total, stația de tratare Chirița, în comparație cu celelalte componente ale sistemului, a generează impact semnificativ în toate categoriile. Elementul dominant în impactul general al stației de tratare Chirița este reprezentat de consumul de energie electrică. Etapa de coagulare/floculare a generat impact în categoria **Eutrofizare (EU)**, dar mai ales în **Epuizarea stratului de ozon (ESO)** și a fost asociat cu consumul de polielectrolit din etapa de coagulare/floculare. În ceea ce privește categoria de impact **Eutrofizare (EU)**, cea mai mare contribuție la impactul total se datorează fazei de post-utilizare prin deversarea de ape uzate epurate (total sau parțial).

Secțiunea **etapelor post-utilizare** din cadrul sistemului de servicii de apă în Iași generează aproximativ 20 - 25% din impactul total, stația de epurare a apelor uzate a generat cele mai mari impacturi, urmate de sistemul de colectare a apelor uzate și apele uzate neepurate care au generat impact numai în categoria **Eutrofizare (EU)**. Și în cazul stației de epurare, consumul ridicat de energie electrică necesară bazinelor de aerare cu nămol din treapta biologică, a prezentat impact semnificativ, iar în categoria **Eutrofizare (EU)**, impactul a fost indus de deversările în apă și de apă parțial epurată.

Rezultatele prezentate în acest studiu nu pot fi comparate cu extrem de puținele studii pe plan internațional având în vedere structura diferită a serviciilor de apă (tratare, epurare), structura impacturilor, etc. *O comparație detaliată cu aceste studii este dificilă din cauza diferitelor aspecte ale studiului de față: unitatea funcțională, estimările și ipotezele locale și metodologia de evaluare a impactului ciclului de viață.*

Considerând problemele actuale de operare și de eficiență a sistemului de apă al orașului Iași, s-a propus un set de scenarii alternative, în scopul de a studia cele mai importante direcții de îmbunătățire pentru sistemul de servicii de apă din Iași. Aceste scenarii au avut în vedere îmbunătățiri în următoarele zone ale sistemului de servicii de apă: schimbări în profilul de exploatare al surselor de apă (majoritar subteran sau majoritar apă de suprafață), îmbunătățiri ale sistemului de distribuție al apei prin reducerea pierderilor în sistemul de distribuție, creșterea

gradului de colectare al apelor uzate și îmbunătățirea performanței stației de epurare prin epurarea mecano-biologică a întregului volum de ape uzate.

Rezultatele implementării acestor scenarii de îmbunătățire au demonstrat faptul că impacturile totale ale sistemului pot scădea cu valori cuprinse între 5 și 15% în diverse categorii de impact. De asemenea, s-a putut aprecia că pe termen scurt, este mai avantajos ca mai întâi îmbunătățirile să fie aduse în sistemul de producție, cu predilecție în sistemul de distribuție, iar ulterior acestea să aibă în vedere sistemul post-utilizare.

Studiul prezentat în Capitolul 4 poate fi utilizat ca studiu de referință pentru impacturile asupra mediului ale sistemului de servicii de apă al orașului Iași, în vederea identificării alternativelor de îmbunătățire a situației actuale, putând constitui un punct de plecare pentru un studiu care să vizeze perspectivele de dezvoltare ale orașului, și celor ale sistemului său de apă.

Studiile elaborate în cadrul acestei teze de doctorat, au demonstrat utilitatea Evaluării Ciclului de Viață ca instrument suport în managementul integrat al resurselor de apă în două direcții principale:

- **Ca instrument pentru identificarea și cuantificarea impacturilor asociate utilizării resurselor de apă în toate etapele ciclului de viață al produselor,**
- **Ca instrument de evaluare a performanțelor de mediu ale sistemelor de servicii de apă.**

Bibliografie selectivă

- Alcamo J., Doll, P., Henrichs T., Kaspar F., Lehner B., Rosch T., Siebert S., (2003), Development and testing of the WaterGAP 2 global model of water use and availability, *Hydrological Sciences Journal*, **28** (3), 317–337.
- Bârjoveanu G., Cojocariu C., Robu B., Teodosiu C., (2010c), Integrated Assessment of Wastewater Treatment Plants for Sustainable River Basin Management, *Environmental Engineering and Management Journal*, **9**(9), 1251- 1258.
- Bârjoveanu G., **Comandaru I.M.**, Rodriguez-Garcia G., Hospido A., Teodosiu C., (2012), Evaluation of water services system through LCA, A case study for Iasi City, Romania, *International Journal of Life Cycle Assessment*, trimis spre publicare.
- Bârjoveanu G., **Comandaru I.M.**, Teodosiu C., *Evaluarea ciclului de viață pentru sisteme de tratare și epurare*, (2010b), Secțiunea 7 de comunicări orale “Managementul mediului, dezvoltare durabilă” cu ocazia “Zilelor Facultății de Inginerie Chimică și Protecția Mediului”, ZFICPM 07, 17-19 Noiembrie, 2010, Iași, România.
- Bârjoveanu G., **Comandaru I.M.**, Teodosiu C., (2010a), Evaluarea ciclului de viață pentru sisteme de tratare și epurare, *Buletinul Institutului Politehnic din Iași*, LVI (LX), (4), Secția Chimie și Inginerie Chimică, **LVI** (LX), 73-86.
- Bârjoveanu G., Dascalescu I., Dorus M., Teodosiu C., (2011b), Institutional capacity assessment for water and wastewater management: a case-study for Iasi County, Romania. Pages 213 – 218 in Proceedings of the 3rd International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE 2011) & SECOTOX Conference, Skiathos, Greece.
- Bârjoveanu G., Robu B., Cojocariu C., Ene S.A., **Comandaru I.M.**, Pomeanu Elisabeta, Ioana Dăscălescu, Carmen Teodosiu, “New research directions in integrated water resources management, la conferința națională „Zilele Facultății de Inginerie Chimică și Protecția Mediului”, Ediția a 8-a, Secțiunea „Managementul mediului, dezvoltare durabilă”, organizat de Facultatea de Inginerie Chimică și Protecția Mediului, 17- 18 noiembrie, 2011a, Iași, România.
- Bayart J.B., Bulle C., Deschênes L., Margni M., Pfister S., Vince F., Koehler A., (2010), A framework for assessing off-stream freshwater use in LCA, *International Journal of Life Cycle Assessment*, **15**, 439-453.
- Comandaru I.M.**, Bârjoveanu G., Peiu N., Ene S.A., Teodosiu C., (2012a), Life cycle assessment of wine production: Focus on water use impact assessment, *Environmental Engineering and Management Journal*, **11**(3), 1977-1987.
- Comandaru I.M.**, Bârjoveanu G., Peiu N., Ene S.A., Teodosiu C., (2012b), *Life cycle assessment of wine production: Focus on water use impact assessment*, Conferința Internațională “Environmental Engineering and Management”, organizată de Departamentul Ingineria și Managementul Mediului, Facultatea de Inginerie Chimică și Protecția Mediului, 1-4 Septembrie, Balaton, Ungaria.
- Consoli F., Allen D., Boustead I., Fava J., Franklin W., Jensen, A.A., de Oude N., Parrish R., Perriman R., Postlethwaite D., Quay B., Vigon B., Seguin J., (1993), Guidelines for life-cycle assessment: a "Code of Practice", Edition 1, SETAC, Brussels/Pensacola.
- Emmerson H.C., Morse G.K., Lester J.N., Edge D.R. (1995). The life cycle analysis of small scale .sewage treatment processes, *Journal of the Institution of Water Environmental Management*, **9**, 317-325.
- Ene S.A., **Comandaru I.M.**, Bârjoveanu G., Teodosiu C., Studies concerning the use of the water footprint instrument for the alcohol production industry, *Carpathian Journal of Earth And Environmental Sciences (factor de impact 1.579)* trimis spre publicare, (2012a).
- Ene S.A., (2011a), Studies on Water Footprint With Application in Integrated Water Resources Management, Politehniun Publishing House, Iasi, Romania.
- Ene S.A., **Comandaru I.M.**, Bârjoveanu G., Teodosiu C., (2012b), *Linking Water Tools: Water Footprint Application in Life Cycle Assessment*, Conferința Internațională „First International Conference on Moldavian Risks-From Global To Local Scale”, 16-19 Mai 2012, Bacău, România.

- Ene S.A., Teodosiu C., (2011b), Grey water footprint assessment and challenges for its implementation, *Environmental Engineering and Management Journal*, **10**, 333-340.
- Hoekstra A.Y., (2010), The relation between international trade and freshwater scarcity, World Trade Organization Economic Research and Statistics Division, *Staff Working Paper*, pp. 25.
- Hospido A., Moreira M.T., Feijoo G., (2008), A Comparison of Municipal Wastewater Treatment Plants for Big Centres of Population in Galicia (Spain), *International Journal of Life Cycle Assessment*, **13** (1), 57 – 64.
- Rodriguez-Garcia G., Molinos-Senante M., Hospido A., Herná'ndez-Sancho F., Moreira M.T., Feijoo G., (2011), Environmental and economic profile of six typologies of wastewater treatment plants water research **45**, *Water Research*, 5997-6010.
- Teodosiu C., (2002), Advanced Treatment and Recycling Options for Industrial Effluents, volume Water in Europe. Danube River: Life Line of Greater Europe, Eds.: Peter Wilderer, Bence Huba and Thilo Kotzle, Annals of The European Academy of Sciences and Arts, 34, no.XII, p.265-289, Georg Olms Verlag Publishers, Hildesheim, Germany.
- Teodosiu C., (2007), Challenges for Integrated Water Resources Management in Romania, *Environmental Engineering and Management Journal*, **6**, (5), 363–374.
- Teodosiu C., Cojocariu C., Musteret C.P., Dascalescu I.G., Caraene I., (2009), Assessment of Human and Natural Impacts over Water Quality in the Prut River Basin, Romania, *Environmental Engineering and Management Journal*, **8**, 1439–1450.
- Teodosiu C., Lupu L.M Ungureanu F., Ioan C.C., Robu B.M., Bârjoveanu G., Ene S.A., Cojocariu C., (2011a), Managementul Integrat al Resurselor de Apa la Nivel de Bazin Hidrografic: Instrumente Informationale si de Comunicare, Editura Politehniun, ISBN 978-973-621-392-2.
- Teodosiu C., Managementul Durabil al Resurselor de Apă. I. Tratarea apei pentru potabilizare și utilizari industriale, Editura Ecozone, Iași, 2006.
- Teodosiu C., și Barjoveanu G., Managementul Integrat al Mediului Editia a IIIa, Editura ECOZONE Iasi, 2011b.
- Teodosiu C., Tehnologia apei potabile și industriale, Editura MATRIX ROM Bucuresti, 2001, ISBN: 973-685-292-X.
- Vince F., Aoustin E., Bréant P., Marechal F., (2008), LCA tool for the environmental evaluation of potable water production, *Desalination*, **220** (1-3), 37-56.
- ***ISO (2006) ISO 14044: 2006, Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines, International Standardisation Organisation.
- ***ISO (2006): ISO 14040 and 14044 – Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines, ISO 14040 and 14044, International Organization for Standardization.

Activitate științifică

Articole publicate în reviste de specialitate internaționale cotate ISI

1. **Iulia-Maria Comandaru**, George Bârjoveanu Nicolae Peiu, Simona-Andreea Ene, Carmen Teodosiu, (2012), Life cycle assessment of wine production: Focus on water use impact assessment, *Environmental Engineering and Management Journal*, **11**(3), 1977-1987.
2. George Bârjoveanu, **Iulia-Maria Comandaru**, Gonzalo Rodriguez-Garcia, Almudena Hospido, Carmen Teodosiu, Evaluation of water services system through LCA. A case study for Iasi City, Romania, *International Journal of Life cycle assesement*, (factor de impact 2.362), în curs de evaluare, (2012).
3. Simona-Andreea Ene, **Iulia-Maria Comandaru**, George Bârjoveanu, Carmen Teodosiu, Studies concerning the use of the water footprint instrument for the alcohol production industry, *Carpathian Journal of Earth And Environmental Sciences* (factor de impact 1.579) trims spre publicare, (2012).

Articole publicate în reviste de circulație națională indexate BDI

1. George Bârjoveanu, **Iulia-Maria Comandaru**, Carmen Teodosiu, (2010), Life cycle assessment of water and wastewater treatment systems: An overview,, *Buletinul Institutului Politehnic din Iași*, LVI (**LX**), (4), Secția Chimie și Inginerie Chimică, 73-86.

Lucrări prezentate la conferințe, simpozioane naționale și internaționale sub formă de comunicare orală

1. George Bârjoveanu, **Iulia-Maria Comandaru**, Carmen Teodosiu, *Evaluarea ciclului de viață pentru sisteme de tratare și epurare*, (2010), Secțiunea 7 de comunicări orale “Managementul mediului, dezvoltare durabilă” cu ocazia “Zilelor Facultății de Inginerie Chimică și Protecția Mediului”, ZFICPM 07, 17-19 Noiembrie, 2010, Iași, România.
2. **Iulia-Maria Comandaru**, George Bârjoveanu, Simona-Andreea Ene, Nicolae Peiu, Carmen Teodosiu, (2012), *Life cycle assessment of wine production: Focus on water use impact assessment*, Conferința Internațională “Environmental Engineering and Management”, organizată de Departamentul Ingineria și Managementul Mediului, Facultatea de Inginerie Chimică și Protecția Mediului, 1-4 Septembrie, Balaton, Ungaria.
3. Simona-Andreea Ene, **Iulia-Maria Comandaru**, George Bârjoveanu, Carmen Teodosiu, (2012), *Linking Water Tools: Water Footprint Application in Life Cycle Assessment*,

Conferința Internațională „First International Conference on Moldavian Risks-From Global To Local Scale”, 16-19 Mai 2012, Bacău, România.

Lucrări prezentate la conferințe, simpozioane naționale și internaționale sub formă de poster

1. Bârjoveanu George, Brândușa Robu, Cojocariu Claudia, Simona-Andreea Ene, **Iulia-Maria Comandaru**, Pomeanu Elisabeta, Ioana Dăscălescu, Carmen Teodosiu, ”*New research directions in integrated water resources management*, la conferința națională „Zilele Facultății de Inginerie Chimică și Protecția Mediului”, Ediția a 8-a, Secțiunea „Managementul mediului, dezvoltare durabilă”, organizat de Facultatea de Inginerie Chimică și Protecția Mediului, 17- 18 noiembrie, 2011, Iași, România.

Stagii de cercetare și training-uri de specialitate

1. Stagiu extern în cadrul **Universității Santiago de Compostela, Spania**, sub îndrumarea Prof.Dr.Feijoo Costa Gumersindo, în perioada 5 Septembrie 2011 - 5 Martie 2012.
2. **Congresul World Water Week, 2010, Stockholm**, Sweden, organizat de Stockholm International Water Institute (SIWI), 5.09.2010-11.09.2010.
3. **Progress In Environmental Engineering, Biotechnology and Management in the Frame of Knowledge-Based Sustainable Economy**, Exploratory Workshop, organizat de Departamentul de Ingineria și Managementul Mediului, Facultatea de Inginerie chimică și Protecția Mediului, Iași 19-21 September 2012.

Experiență acumulată în proiecte naționale în calitate de membru în colectiv:

1. Membru Grant PNII-PCCA, SISTEM INTEGRAT PENTRU REDUCEREA IMPACTURILOR ȘI RISCURILOR DE MEDIU ȘI ASUPRA SĂNĂTĂȚII UMANE ÎN CICLUL DE UTILIZARE AL APEI (WATUSER), 2012 - 2015, director de proiect: prof.dr.ing. Carmen Teodosiu.