

**UNIVERSITATEA TEHNICĂ
„GHEORGHE ASACHI” DIN IAȘI**

ȘCOALA DOCTORALĂ

**FACULTATEA DE INGINERIE CHIMICĂ
ȘI PROTECȚIA MEDIULUI “Cristofor Simionescu”**



Modele de management și alternative de valorificare durabilă a deșeurilor de echipamente electrice și electronice

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

Conducător de doctorat:

Prof.univ.dr.ing. MARIA GAVRILESCU

Doctorand:

Ing. SIMONA CECILIA GHIGA

IAȘI 2023

UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE ASACHI" DIN IAȘI
R E C T O R A T U L

Către

Vă facem cunoscut că, în ziua de 30.06.2023 la ora 11.00 în Sala de Consiliu a Facultății de Inginerie Chimică și Protecția Mediului "Cristofor Simionescu", va avea loc susținerea publică a tezei de doctorat intitulată:

**" MODELE DE MANAGEMENT ȘI ALTERNATIVE
DE VALORIFICARE DURABILĂ A DEȘEURILOR DE ECHIPAMENTE ELECTRICE
ȘI ELECTRONICE"**

elaborată de doamna ing. **Simona Cecilia Ghiga** în vederea conferirii titlului științific de doctor.

Comisia de doctorat este alcătuită din:

- | | |
|---|------------------------|
| 1. Prof.univ.dr.ing. Teodor Măluțan
Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași | președinte |
| 2. Prof.univ.emerit dr.ing. Maria Gavrilescu
Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași | conducător de doctorat |
| 3. Cercetător științific grad I dr.ing. Maria Cazacu
Institutul de Chimie Macromoleculară "Petru Poni" din Iași | referent oficial |
| 4. Prof.univ.dr.ing. Alexandru Ozunu
Universitatea "Babes-Bolyai" din Cluj-Napoca | referent oficial |
| 5. Conf.univ.dr.habil.ing. Brîndușa-Mihaela Slușer
Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași | referent oficial |

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



Prof.univ.dr.ing. **DAN CAȘCAVAL**

Secretar universitate,

Cristina Nagiț
Ing. Cristina Nagiț

Comisia de doctorat:

1. Prof.univ.dr.ing. **Teodor Măluțan** președinte
Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași
2. Prof.univ.emerit dr.ing. **Maria Gavrilescu** conducător de doctorat
Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași
3. Cercetător științific grad I dr.ing. **Maria Cazacu** referent oficial
Institutul de Chimie Macromoleculară "Petru Poni" din Iași
4. Prof.univ.dr.ing. **Alexandru Ozunu** referent oficial
Universitatea "Babes-Bolyai" din Cluj-Napoca
5. Conf.univ.dr.habil.ing. **Brîndușa-Mihaela Slușer** referent oficial
Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași

În rezumatul tezei de doctorat se prezintă o parte din rezultatele cercetării experimentale proprii, concluziile generale și bibliografie selectivă.

La redactarea rezumatului s-au păstrat aceleași notații pentru capitole, paragrafe, figuri, tabele și ecuații utilizate în textul tezei de doctorat.

Mulțumiri

Finalizarea tezei de doctorat reprezintă momentul în care se încheie o etapă foarte importantă din pregătirea mea profesională. Ea se datorează și celor care m-au îndrumat, m-au ajutat și mi-au fost alături în acest demers.

Doresc să adresez mulțumiri tuturor acelor oameni adevărați și minunați din jurul meu care și-au sacrificat din timpul personal pentru a mă sprijini și a-mi alături!

*Alese mulțumiri conducătorului meu științific, doamnei Prof.univ.dr.ing. **Maria GAVRILESCU** pentru permanenta sa îndrumare, sprijin și încurajarea pe tot parcursul perioadei de pregătire și elaborare a tezei. Apreciez în mod deosebit dedicarea, răbdarea și suportul doamnei profesor acordat pentru a mă ajuta să finalizez teza de doctorat și să-mi îndeplinesc obiectivele academice. Nu în ultimul rând, îi mulțumesc pentru inspirația pe care mi-a oferit-o pe parcursul studiilor mele și pentru că a fost un exemplu remarcabil de profesor și cercetător. Doresc să-I mulțumesc pentru lungile discuții purtate, sfaturile oferite și pentru toată răbdarea și încrederea pe care mi-au acordat-o.*

*Mulțumesc distinșilor membri ai Comisiei de îndrumare și susținere a tezei de doctorat: doamnei Conf.dr.habil.ing. **Brîndușa-Mihaela Slușer**, Șef lucrări dr.ing. **Petronela Cozma**, Șef lucrări dr.ing. **Camelia Bețianu**, de la Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi", din Iași, pentru răbdarea cu care au urmărit evoluția mea, au evaluat rapoartele de cercetare și au formulat sugestii, precum și pentru că au analizat lucrarea de față.*

*Mulțumesc membrilor Comisiei de doctorat pentru răbdarea și interesul cu care au analizat conținutul tezei de doctorat: Domnul Decan, Prof.univ.dr.ing. **Teodor Măluțan** în calitate de președinte al comisiei, distinșilor referenți oficiali: Cercetător științific grad I dr.ing. **Maria Cazacu** de la Institutul de Chimie Macromoleculară "Petru Poni" din Iași, Prof.univ.dr.ing. **Alexandru Ozunu**, de la Universitatea "Babeș-Bolyai" din Cluj-Napoca, Conf.univ.dr.habil.ing. **Brîndușa-Mihaela Slușer**.*

Adresez alese mulțumiri grupului de cercetare Ingineria Proceselor Chimice și Biologice care mi-au creat condiții și m-au sprijinit în elaborarea și finalizarea tezei.

*Doresc să adresez mulțumirile cuvenite tuturor celor care au sprijinit și favorizat realizarea acestei lucrări, actualilor și foștilor colegi care au contribuit la inițierea și dezvoltarea cunoștințelor mele și în mod deosebit domnișoarei Șef lucrări dr.ing. **Raluca-Maria Hlihor**, doamnei dr.ing. **Isabela-Maria Simion**, doamnei dr.ing. **Diana-Elena Comăniță-Ungureanu**, domnișoarei dr.ing. **Mihaela Roșca**, domnișoarelor drd. ing. **Cătălina Filote** și **Manuela Alexandru**.*

Mulțumesc conducerii și membrilor Departamentului Inginerie și Managementul Mediului pentru colaborarea deosebită din anii de masterat și doctorat

*Gândurile și mulțumirile mele se îndreaptă către grupul de cercetare coordonat de doamna Profesor **Alessandra Bonoli**, din cadrul Departamentul de Inginerie Civilă, Chimică, Mediului și Materialelor – Universitatea "Alma mater studiorum" din Bologna, Italia, în cadrul căruia am desfășurat un stagiu de cercetare și care mi-au facilitat obținerea de date necesare pentru elaborarea tezei și prelucrarea acestora.*

Dedic această teză de doctorat oamenilor cu suflet de aur care de-a lungul anilor mi-au fost alături contribuind la continua mea formare până în prezent, cu precădere domnului dr.ing. Dănuț Degeratu, cel ce m-a îndrumat să optez spre această specializare.

Îmi exprim, de asemenea profunda recunoștință familiei și prietenilor mei pentru sprijinul și încurajările constante și pentru suportul necondiționat în momentele dificile.

Dedic teza de doctorat fiicelor mele Idra și Asira

CUPRINS

INTRODUCERE	1
 Capitolul 1.	
STADIUL CERCETĂRILOR ȘI PRACTICILOR ÎN DOMENIUL MANAGEMENTULUI DURABIL AL DEȘEURILOR SOLIDE	11
1.1. Scopul și importanța studiului	11
1.2. Managementul durabil al deșeurilor solide – context și cerințe	12
1.2.1. Managementul deșeurilor în contextul dezvoltării durabile	12
1.2.2. Generarea deșeurilor solide și caracteristici ale acestora.....	13
1.2.3. Depozitarea, separarea și colectarea deșeurilor solide.....	15
1.2.4. Prevenirea generării deșeurilor solide.....	16
1.2.5. Reglementări europene și naționale privind managementul deșeurilor solide	17
1.3. Deșeuri de echipamente electrice și electronice.....	18
1.3.1. Perspectivă globală asupra deșeurilor de echipamente electrice și electronice	18
1.3.1.1. Deșeurile de echipamente electrice și electronice în societatea actuală	18
1.3.1.2. Probleme asociate cu generarea și managementul deșeurilor de echipamente electrice și electronice.....	20
1.3.1.3. Initiative globale privind managementul DEEE	21
1.3.1.4. Deșeurile electronice și obiectivele de dezvoltare durabilă (SDG)	22
1.3.1.5. Ciclul managementului DEEE	24
1.3.1.6. Cuantificarea DEEE	26
1.3.2. Caracteristici și particularități ale deșeurilor de echipamente electrice și electronice	26
1.4. Managementul și valorificarea deșeurilor de echipamente electrice și electronice	34
1.4.1. Managementul deșeurilor de echipamente electrice și electronice în Europa	34
1.4.2. Managementul deșeurilor de echipamente electrice și electronice în România	36
1.4.3. Reglementări la nivel european și național privind managementul DEEE	37
1.4.4. Tratarea și valorificarea deșeurilor de echipamente electrice și electronice	41
1.4.5. Evoluția ratelor de recuperare și reciclare a deșeurilor de echipamente electrice și electronice.....	45
1.4.6. Modelele de responsabilitate extinsă a producătorului	51
1.5. Concluzii	53
 Capitolul 2.	
METODOLOGII APLICATE PENTRU EVALUAREA IMPACTULUI DE MEDIU ȘI SOCIO-ECONOMIC AL SCENARIILOR DE MANAGEMENT AL DEȘEURILOR DE ECHIPAMENTE ELECTRICE ȘI ELECTRONICE	55
2.1 Scopul și importanța prezentării metodologiilor aplicate pentru evaluarea impactului scenariilor de management al DEEE	55
2.2. Moduri de abordare a performanței sistemelor de management al deșeurilor de echipamente electrice și electronice către o economie circulară	56

2.3. Evaluarea impactului de mediu al sistemelor de management al deșeurilor prin metodologia analizei ciclului de viață	58	
2.3.1. Descrierea metodologiei aplicate pentru analiza ciclului de viață	58	
2.3.2. Definierea scopului și domeniului analizei	60	
2.3.3. Analiza de inventariere	61	
2.3.4. Evaluarea impactului în mediu	62	
2.3.5. Interpretarea rezultatelor	64	
2.3.6. Aplicarea metodologiei evaluării ciclului de viață pentru analiza impactului managementului deșeurilor de echipamente electrice și electronice	66	
2.3.6.1. Etapele procesului și modul de prelucrare a datelor	66	
2.3.6.2. Limitele (frontierele) sistemului	67	
2.3.6.3. Alocarea și extinderea sistemului	68	
2.3.6.4. Colectarea datelor	69	
2.3.6.5. Normalizarea	70	
2.3.7. Interpretarea rezultatelor	71	
2.4. Metode de evaluare a impactului asociate analizei ciclului de viață	73	
2.4.1. Metoda CML	74	
2.4.2. Metoda ReCiPe	74	
2.5. Analiza cost-beneficiu în managementul deșeurilor	75	
2.6. Concluzii.....	77	
Capitolul 3.		
MANAGEMENTUL DEȘEURILOR DE ECHIPAMENTE ELECTRICE ȘI ELECTRONICE ȘI OPORTUNITATEA DEZVOLTĂRII DE NOI ALTERNATIVE. STUDIU DE CAZ: ROMANIA vs. ITALIA		79
3.1. Scopul și importanța cercetării	79	
3.2. Situația curentă privind managementul deșeurilor de echipamente electrice și electronice în România	80	
3.2.1. Contextul asigurării managementului deșeurilor de echipamente electrice și electronice în România	80	
3.2.2. Specificul managementului DEEE în Romania	82	
3.2.3. Sistemul de management al deșeurilor de echipamente electrice și electronice în România	84	
3.2.3.1. Sistemul de management al DEEE – componentă a sistemului de management integrat al deșeurilor	84	
3.2.3.2. Managementul DEEE în Romania și contextul european	87	
3.2.3.3. Caracteristici ale managementului DEEE în Romania	94	
3.2.4. Colectarea informală a deșeurilor de echipamente electrice și electronice în România	96	
3.2.5. Managementul deșeurilor de echipamente electrice și electronice în județul și municipiul Iași (Regiunea de dezvoltare Nord-Est)	99	
3.3. Situația curentă privind managementul deșeurilor de echipamente electrice și electronice în Bologna-regiunea Emilia-Romagna, Italia	102	
3.3.1. Sistemul de management al deșeurilor de echipamente electrice și electronice în Italia	102	
3.3.2. Colectarea deșeurilor de echipamente electrice și electronice din Italia	102	

3.3.3. Cadrul legislativ privind managementul deșeurilor de echipamente electrice și electronice în regiunea Emilia-Romagna, Bologna din Italia	109
3.4. Elemente comune și diferențe privind managementul DEEE în România și Italia	110
3.4.1. Elemente comune ale managementului DEEE în România și Italia	110
3.4.2. Diferențe privind managementul DEEE în România și Italia	115
3.4.3. Indicatori de performanță privind managementul DEEE în România și Italia	116
3.5. Alternative aplicabile pentru creșterea performanței managementului DEEE în România	119
3.6. Concluzii	122
Capitolul 4.	
EVALUAREA IMPACTURILOR GENERATE ÎN MEDIU DE SISTEMELE DE MANAGEMENT AL DEȘEURILOR DE ECHIPAMENTE ELECTRICE ȘI ELECTRONICE ÎN MUNICIPALITĂȚILE IAȘI ȘI BOLOGNA APLICÂND MODELE BAZATE PE ANALIZA CICLULUI DE VIAȚĂ (ACV)	125
4.1. Scopul și importanța cercetării	125
4.2. Aplicarea metodologiei ACV pentru evaluarea impactului generat de managementul DEEE	126
4.2.1. Obiectivele stabilite pentru analiza ciclului de viață	126
4.2.2. Definierea scopului și domeniului analizei	127
4.2.3. Definierea scenariilor și a unității funcționale	129
4.2.4. Analiza de inventariere.....	132
4.2.5. Evaluarea impactului generat în mediu	134
4.2.6. Interpretarea rezultatelor	134
4.3. Evaluarea impacturilor de mediu generate de scenariile de management al DEEE în municipiul Iași, România aplicând metodele CML și ReCiPe	135
4.3.1. Emisii generatoare de impact	135
4.3.2. Evaluarea impacturilor de mediu generate de scenariile de management al DEEE în municipiul Iași, România aplicând metoda CML	136
4.3.3. Evaluarea impacturilor de mediu generate de scenariile de management al DEEE în municipiul Iași, România aplicând metoda ReCiPe	138
4.3.4. Analiza comparativă a rezultatelor ACV și a posibilităților de îmbunătățire a sistemului de management al DEEE din municipiul Iași, România	143
4.4. Evaluarea impacturilor de mediu generate de sistemul de management al DEEE în Bologna, Italia prin metoda CML2001	151
4.5. Analiza comparativă a impacturilor de mediu generate de scenariile de management al DEEE în Iași, România și Bologna, Italia	153
4.6. Concluzii	158
Capitolul 5.	
EVALUAREA ECONOMICĂ A SCENARIILOR DE MANAGEMENT AL DEȘEURILOR DE ECHIPAMENTE ELECTRICE ȘI ELECTRONICE APLICÂND MODELE BAZATE PE ANALIZA COST-BENEFICIU (ACB)	161
5.1. Scopul și importanța cercetării	161

5.2. Costurile implementării Directivei DEEE	162
5.3. Analiza cost-beneficiu pentru procesul de management al deșeurilor de echipamente electrice și electronice pentru scenariul S4, Bologna, Italia	164
5.3.1. Colectarea și reciclarea deșeurilor de echipamente electrice și electronice la compania DISMECO, Bologna, Italia (scenariul S4)	164
5.3.2. Date corespunzătoare fluxului de DEEE colectate la compania DISMECO	165
5.3.3. Definiția scopului și domeniului de aplicare pentru ACB	170
5.3.4. Analiza de inventariere	170
5.3.5. Evaluarea impacturilor tehnico-economice	171
5.3.6. Evaluarea costurilor de reciclare a DEEE	172
5.3.7. Evaluarea beneficiilor	173
5.3.8. Calculul rapoartelor cost – beneficiu (C/B) și beneficiu-cost (B/C)	175
5.3.9. Analiza rezultatelor rapoartelor cost - beneficiu și beneficiu-cost obținute	175
5.3.10. Analiza de sensibilitate	176
5.3.10.1. Determinarea gradului de sensibilitate a ratei de actualizare interne (RIR) și a valorii net actualizate (VNA)	177
5.3.10.2. Analiza variației indicelui de sensibilitate	178
5.4. Analiza cost-beneficiu a scenariilor de management al DEEE în municipiul Iași (S1-S3)	180
5.4.1. Definiția scopului și domeniului de aplicare al analizei	180
5.4.2. Analiza de inventariere	181
5.4.3. Evaluarea impacturilor costurilor și beneficiilor	181
5.4.4. Evaluarea costurilor scenariilor	181
5.4.5. Evaluarea beneficiilor scenariilor	182
5.4.6. Calculul rapoartelor cost-beneficiu (C/B) și beneficiu-cost (B/C)	183
5.4.7. Analiza de sensibilitate	184
5.4.8.1. Determinarea gradului de sensibilitate a ratei de actualizare interne (RIR) și a valorii net actualizate (VNA)	186
5.4.8.2. Analiza variației indicelui de sensibilitate	185
5.5. Concluzii	186
Capitolul 6.	
ECO-INOVARIA ȘI ECO-PROIECTAREA ÎN SPRIJINUL RĂSPUNDERII EXTINSE A PRODUCĂTORULUI ȘI CREȘTERII EFICIENȚEI MANAGEMENTULUI DEȘEURILOR DE ECHIPAMENTE ELECTRICE ȘI ELECTRONICE	189
6.1. Scopul și importanța cercetării	189
6.2. Contextul aplicării eco-inovării și eco-proiectării	190
6.3. Răspunderea extinsă a producătorului și impactul producției și produselor asupra mediului și societății	192
6.3.1. Rolul răspunderii extinse a producătorului în promovarea producției și consumului responsabile	193
6.3.2. Răspunderea extinsă a producătorului în managementul DEEE	196
6.4. Eco-inovarea și eco-proiectarea – instrumente în sprijinul dezvoltării durabile	197
6.4.1. Eco-inovarea	198

**Modele de management și alternative de valorificare durabilă
a deșeurilor de echipamente electrice și electronice
Rezumatul tezei de doctorat**

6.4.1.1. Rolul eco-inovării în creșterea performanțelor proceselor, produselor și serviciilor	198
6.4.1.2. Rolul eco-inovării în sprijinul răspunderii extinse a producătorului	198
6.4.1.3. Eco-inovarea în creșterea performanțelor sistemelor de management al deșeurilor de echipamente electrice și electronice	199
6.5. Eco-proiectarea	200
6.5.1. Rolul eco-proiectării în sprijinul economiei și producătorilor	200
6.5.2. Rolul eco-inovării și eco-proiectării în conservarea resurselor materiale și energetice	201
6.6. Rolul eco-inovării și eco-proiectării în creșterea performanței managementului deșeurilor de echipamente electrice și electronice	202
6.6.1. Eco-inovarea în managementul DEEE	203
6.6.2. Eco-proiectarea în managementul DEEE	203
6.7. Studii de caz: eco-inovarea și eco-proiectarea pentru echipamente electrice și electronice în sprijinul răspunderii extinse a producătorului	204
6.7.1. Utilizarea tehnologiei LED în eco-proiectare și impacturi generate în sprijinul REP	204
6.7.2. Impacturi generate de eco-proiectarea bateriilor reîncărcabile în sprijinul REP	208
6.7.3. Eco-proiectarea unei mașini de spălat și impacturi generate în sprijinul REP	212
6.8. Eco-eficiența REP și managementului DEEE	217
6.8.1. Eco-eficiența: transformarea pentru un viitor durabil	217
6.8.2. Eco-eficiența în managementul DEEE	219
6.8.3. Evaluarea eco-eficienței unor echipamente electrice și electronice	220
6.9. Concluzii	223
CONCLUZII FINALE	225
BIBLIOGRAFIE	243
ANEXE	I
LISTA TABELOR	I
LISTA FIGURILOR	V
ACTIVITATEA ȘTIINȚIFICĂ	IX

**Modele de management și alternative de valorificare durabilă
a deșeurilor de echipamente electrice și electronice**
Rezumatul tezei de doctorat

INTRODUCERE

Managementul deșeurilor reprezintă o problemă importantă pentru toate țările ca o consecință a creșterii economice și a aglomerărilor urbane crescute, situație ce a dus la creșterea rapidă a volumului și tipurilor de deșeuri. Globalizarea economiei și dezvoltarea de tehnologii inovatoare au realizat o gamă largă de produse disponibile și accesibile publicului, care au schimbat semnificativ stilul de viață. Oferta de produse electronice a adus confort, securitate, divertisment, cumpărături și schimb ușor de informații. Pe de altă parte, producția și utilizarea acestor bunuri a necesitat un mare consum de resurse și a condus la generarea de cantități alarmante de deșeuri de echipamente electrice și electronice (DEEE). Acestea includ o întreagă gamă de produse electrice și electronice: frigider, mașini de spălat, calculatoare și imprimante, televizoare, telefoane mobile, i-pod-uri, etc.. Toate acestea includ componente din diverse tipuri de materiale, inclusiv materiale toxice (Martinho et al., 2012; Ongondo et al., 2011; Tischner and Hora, 2019).

În general, aceste deșeuri includ metale feroase și neferoase, materiale plastice, sticlă, lemn și placaj, plăci de circuite imprimate, beton, ceramică, cauciuc și alte articole. Fierul și oțelul reprezintă aproximativ 50% din deșeuri, urmate de materiale plastice, metale neferoase și alți constituenți. Metalele neferoase regăsite pot fi cuprul, aluminiul și metale prețioase precum argintul, aurul, platina, paladiul etc. (Ghiga et al., 2020; Peluola, 2016).

Având în vedere cele menționate, **obiectivul fundamental al tezei de doctorat cu titlul *Modele de management și alternative de valorificare durabilă a deșeurilor de echipamente electrice și electronice* este analiza lanțului de generare, colectare și valorificare a DEEE prin prisma performanțelor ecologice și economice, cu impact atât asupra mediului înconjurător, cât și asupra societății în ansamblul ei și propunerea de soluții pentru creșterea performanțelor managementului DEEE.**

Pentru îndeplinirea obiectivului fundamental au fost stabilite o serie de *obiective specifice*:

- ✓ analiza critică a stadiului cercetărilor sistemului de management a deșeurilor solide, în general și a deșeurilor de echipamente electrice și electronice în particular, la nivel internațional, cu accent pe sistemul adoptat la nivel național și la nivel european;
- ✓ analiza calitativă și cantitativă a fluxului de DEEE la nivel european și național, în particular în România și Italia, cu focalizare pe municipalitățile Iași și Bologna;
- ✓ dezvoltarea de alternative și scenarii de management al DEEE (tratare, reciclare, reutilizare, recuperare);
- ✓ studiul performanței de mediu a scenariilor de management al DEEE pe baza metodologiei evaluării ciclului de viață (LCA): compararea performanțelor de mediu în studii de caz aplicate comparativ, în România și Italia;
- ✓ studiul performanțelor economico-sociale a scenariilor de management al DEEE pe baza analizei cost-beneficiu (ACB) și a analizei de sensibilitate: compararea performanțelor economico-sociale în studii de caz aplicate comparativ, România vs. Italia.
- ✓ exminarea oportunității aplicării eco-inovării și eco-proiectării în sprijinul răspunderii extinse a producătorului, prin analiza unor studii de caz.

Pentru realizare obiectivelor propuse, teza de doctorat a fost structurată în două părți principale formate din 6 capitole, urmate de concluzii generale și anexe (Fig. 3).

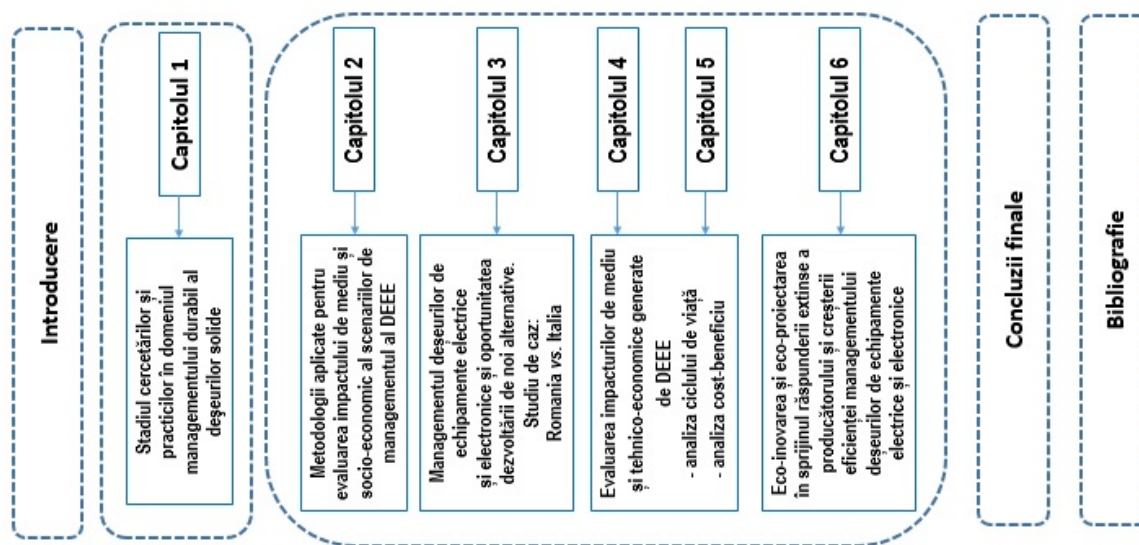


Fig. 3. Structura tezei de doctorat

CAPITOLUL 1. STADIUL CERCETĂRILOR ȘI PRACTICILOR ÎN DOMENIUL MANAGEMENTULUI DURABIL AL DEȘEURILOR SOLIDE

1.1. Scopul și importanța studiului

Scopul acestui capitol este de a investiga stadiul actual al cercetărilor și practicilor în domeniul managementului durabil al deșeurilor solide, cu accent pe deșeurile de echipamente electrice și electronice (DEEE) și de a evidenția importanța acestui studiu în promovarea unei dezvoltări durabile.

Creșterea consumului de echipamente electronice și tehnologice conduce la o generare tot mai mare de deșeuri, iar impactul acestora asupra mediului și sănătății umane este considerabil. Este esențială adoptarea unor practici și politici eficiente pentru a gestiona aceste deșeuri într-un mod durabil și responsabil.

1.2. Managementul durabil al deșeurilor solide – context și cerințe

1.2.1. Managementul deșeurilor în contextul dezvoltării durabile

Creșterea populației globale și a consumului a sporit ratele de generare a deșeurilor care au atins cote alarmante în unele regiuni, în ultimele decenii. Acest context impune adoptarea unor strategii eficiente de management al deșeurilor, pentru a minimiza impactul asupra mediului și menținerea unui mediu mai curat și mai sănătos pentru generațiile viitoare.

Trecerea la o economie ciclică în domeniul deșeurilor reprezintă un pas important din punct de vedere ecologic și climatic.

1.2.2. Generarea deșeurilor solide și caracteristici ale acestora

La nivel mondial se generează anual 2,01 miliarde de tone de deșeuri municipale solide, dintre care cel puțin 33% nu sunt gestionate într-un mod sigur din punct de vedere ecologic. Deșeurile generate de

fiecare persoană pe zi sunt în medie de 0,74 kg, dar variază foarte mult, de la 0,11 la 4,54 kilograme. Deși reprezintă doar 16% din populația lumii, țările cu venituri ridicate generează aproximativ 34%, sau 683 de milioane de tone, din deșeurile din lume.

Echipamentele electrice și electronice reprezintă o categorie aparte de deșeuri ce necesită tratament special, fiind posibilă recuperarea unor procente importante din materialele utilizate pentru producția acestora. Echipamentele electrice și electronice conțin cantități importante de metale, plastic și alte materiale reutilizabile (Ghiga et al., 2021).

1.2.3. Depozitarea, separarea și colectarea deșeurilor solide

Activitatea de depozitare, separare și colectare a deșeurilor solide în Europa este reglementată de o serie de legi și directive europene care vizează protecția mediului și sănătatea publică. Directiva Cadru 2008/98/CE privind deșeurile (Parlamentul și Consiliul European, 2008) este principalul act normativ care reglementează gestiunea deșeurilor solide în Europa.

1.2.4. Prevenirea generării deșeurilor solide

Generarea deșeurilor solide poate fi prevenită prin implementarea de bune practici, cum ar fi (Lasaridi et al., 2016): *reducerea consumului de produse și ambalaje, re folosirea și reciclarea, utilizarea de produse biodegradabile, Implementarea de programe de colectare selectivă a deșeurilor și Educație/conștientizare*

1.2.5. Reglementări europene și naționale privind managementul deșeurilor solide

Reglementările europene privind gestionarea deșeurilor solide sunt reglementate prin Directiva 2008/98/CE privind gestionarea deșeurilor (Parlamentul și Consiliul European, 2008).

În România, managementul deșeurilor este reglementat prin Legea nr. 211/2011 privind regimul deșeurilor, care prevede, printre altele, stabilirea unui sistem integrat de management al deșeurilor, promovarea reducerii cantității de deșeuri generate și implementarea unei scheme de taxare a deșeurilor.

1.2. Deșeuri de echipamente electrice și electronice

1.3.1. Perspectivă globală asupra deșeurilor de echipamente electrice și electronice

1.3.1.1. Deșeurile de echipamente electrice și electronice în societatea actuală

Deși dispozitivele electronice au adus mult confort și valoare, apetitul crescut pentru dispozitive noi și mai atractive a creat, de asemenea, o problemă ecologică în creștere: gestionarea deșeurilor electronice (Tan et al., 2016). Lumea devine din ce în ce mai dependentă de dispozitivele electronice și de digitalizarea consumului, a tehnologiei și a societății.

Deșeurile de echipamente electrice și electronice (DEEE) se referă la echipamentele electrice și electronice ieșite din uz, serviciu și din ciclul de viață, inclusiv toate componentele, subansamblele și consumabilele care fac parte din produse în momentul în care sunt aruncării deșeurilor (Zhang et al., 2019).

1.3.1.2. Probleme asociate cu generarea și managementul deșeurilor de echipamente electrice și electronice

Deșeurile de echipamente electrice și electronice (DEEE) sunt o componentă complexă, realizată din diverse materiale ce pot cauza probleme majore mediului și sănătății umane dacă nu sunt gestionate în mod durabil (Awasthi și Li, 2017; Zeng et al., 2012). DEEE conțin materiale toxice și sensibile și, prin

urmare, sunt extrem de periculoase datorită impacturilor și riscurilor pe care le pot induce pentru mediu și pentru sănătatea umană (Ghiga et al., 2020).

1.3.1.3. Inițiative globale privind managementul DEEE

Managementul DEEE este o problemă importantă la nivel global, întrucât aceste deșeuri pot avea un impact semnificativ asupra mediului și sănătății umane. Există mai multe inițiative globale pentru a gestiona eficient DEEE, dintre care cele mai importante sunt (Sthiannopkao and Wong, 2013; Baldé et al., 2017; Mihai et al., 2019). Companiile au, de asemenea, un rol important în managementul DEEE. Multe companii au creat programe de gestionare a DEEE și de reciclare pentru produsele lor, care respectă standardele de mediu și de siguranță (Di Maria et al., 2018).

1.3.1.4. Deșeurile de echipamente electrice și electronice și obiectivele de dezvoltare durabilă (SDG)

Deșeurile electronice, cunoscute și sub denumirea de e-waste, sunt o problemă globală care are un impact semnificativ asupra mediului și sănătății umane. Se estimează că aproximativ 50 de milioane de tone de deșeuri electronice sunt produse în fiecare an la nivel global, iar această cantitate este în continuă creștere (Ádám et al., 2021).

Obiectivele de dezvoltare durabilă ale Organizației Națiunilor Unite reprezintă o platformă importantă pentru a adresa această problemă și pentru a promova o producție și un consum responsabil și durabil.

1.3.1.5. Ciclul managementului DEEE

Managementului DEEE se referă la procesul de gestionare a acestor deșeuri, care poate include colectarea, transportul, depozitarea, prelucrarea și reciclarea lor într-un mod responsabil și durabil. Prin urmare, la nivel global, dezvoltarea rapidă a EEE-urilor din ultimele decenii continuă să cauzeze îngrijorări privind incapacitatea sistemelor de management DEEE de a ține pasul cu debarasarea acestora (Iernia et al., 2019).

1.3.1.6. Cuantificarea DEEE

În Europa cuantificarea DEEE se face prin rapoarte și studii realizate de organizații și instituții specializate. Aceste documente au un rol important în procesul de monitorizare a managementului DEEE.

1.3.2. Caracteristici și particularități ale deșeurilor de echipamente electrice și electronice

Există mai multe tipuri de EEE pe piață, ceea ce face importantă gruparea acestora în categorii sensibile și utile din punct de vedere practic. Cu toate acestea, în scopuri statistice, EEE sunt clasificate în funcție de funcții similare, de compoziția comparabilă a materialelor, de greutatea medie și de atribute similare la sfârșitul ciclului de viață. Categoriile de produse EEE sunt grupate în șase categorii generale conform The United Nations University (UNU) (Forti et al., 2020) și Directivei 2012/19/UE.

1.4. Managementul și valorificarea deșeurilor de echipamente electrice și electronice

1.4.1. Managementul deșeurilor de echipamente electrice și electronice în Europa

Între țările cele mai dezvoltate din Uniunea Europeană, Germania și Suedia se remarcă în topul celor cu cel mai bun management al DEEE. Astfel, în Germania există peste 1400 de centre de colectare. De asemenea, sistemul de management implementat atribuie reponsabilitatea în primul rând producătorilor care trebuie să asigure organizarea centrelor de colectare, iar dacă aceștia nu își îndeplinesc obligațiile,

activitatea este preluată de autoritățile locale, costurile fiind însă în continuare în sarcinile producătorilor (Ibanescu et al., 2018).

1.4.2. Managementul deșeurilor de echipamente electrice și electronice în România

În România, legislația națională urmează politicile stabilite la nivelul Uniunii Europene. Adoptarea ordonanței de Urgență nr. 5/2015 ce a înlocuit Decizia Guvernamentală nr. 1037/2010, transpune la nivel național prevederile Directivei 2012/19/CE. Prin această ordonanță s-a demarat implementarea unui sistem de calcul al țintelor de colectare ce presupune utilizarea unei formule. Această formulă a pornit de la calculul țintelor de colectare ca fiind 40% din produsele EEE puse pe piață în România pentru trei ani anteriori în perioada 2016-2019 până la o rată de 65% începând cu anul 2019 (Păceșilă et al., 2016).

1.4.3. Reglementări la nivel european și național privind managementul DEEE

Ca o consecință a creșterii explozive a cantității de echipamente electrice și electronice defecte sau uzate și a ofertei generoase de înlocuiri, în zilele noastre nu se solicită atât de des repararea echipamentelor, ci mai degrabă înlocuirea acestora. Astfel, a fost necesară introducerea unor măsuri legislative prompte pentru a reglementa eficient modul în care această categorie specială de deșeuri este colectată și prelucrată.

Directiva a stabilit, de asemenea, modul de definire a obiectivelor anuale de colectare a cantităților DEEE în raport cu media echipamentelor electrice și electronice EEE și obligația întreprinderilor cu o suprafață mai mare de 400 m² de a prelua DEEE mici.

1.4.4. Tratarea și valorificarea deșeurilor de echipamente electrice și electronice

Creșterea rapidă în lume a deșeurilor de echipamente electrice și electronice implică infrastructură și resurse municipale de amploare considerabilă pentru tratarea lor datorită volumului și compoziției elementelor toxice și poluante, conform cu un model durabil de management.

Manevrarea DEEE, inclusiv colectarea și transportul acestora se realizează separat în funcție de diferite categorii și proceduri de tratare, dezasamblare și recuperare cu scopul evitării contaminării între acestea (Zacho et al., 2018). Metalele se pot recupera din DEEE prin proces pirometalurgic și proces hidrometalurgic.

1.4.5. Evoluția ratelor de recuperare și reciclare a deșeurilor de echipamente electrice și electronice

Începând cu 2016, obiectivul anual de colectare a DEEE este definit ca fiind raportul dintre cantitatea de DEEE colectată în anul de referință și greutatea medie a EEE introduse pe piață în cei trei ani precedenți. Obiectivul de colectare a fost stabilit la 45 % începând cu 2016, urmând să ajungă la 65 % începând cu 2019.

1.4.6. Modelele de răspundere extinsă a producătorului

Principiul responsabilității producătorului este unul dintre elementele de bază ale directivelor 2012/19/UE a Parlamentului European și a Consiliului privind deșeurile de echipamente electrice și electronice (DEEE) (European Parliament and Council of the European Union, 2012) și 2002/95/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 27 ianuarie 2003 (European Commission, 2012) privind restricțiile utilizării anumitor substanțe periculoase în echipamentele electrice și electronice.

CAPITOLUL 2.

METODOLOGII APLICATE PENTRU EVALUAREA IMPACTULUI DE MEDIU ȘI SOCIO-ECONOMIC AL SCENARIILOR DE MANAGEMENTUL AL DEȘEURILOR DE ECHIPAMENTE ELECTRICE ȘI ELECTRONICE

2.1. Scopul și importanța prezentării metodologiilor aplicate pentru evaluarea impactului scenariilor de management al DEEE

Metodologiile aplicate oferă un set de obiective și indicatori clari pentru evaluarea performanțelor sistemelor de management al DEEE. Aceasta poate sprijini organizațiile implicate în managementul DEEE să-și evalueze progresul și să identifice domeniile în care este necesară îmbunătățirea, conducând astfel la dezvoltarea continuă a practicilor sustenabile. Una dintre principalele provocări ale managementului DEEE este faptul că acestea conțin substanțe periculoase care pot provoca poluarea solului, a apei și a aerului în cazul în care nu sunt gestionate corespunzător.

2.2. Moduri de abordare a performanței sistemelor de management al deșeurilor de echipamente electrice și electronice către o economie circulară

Includerea principiilor dezvoltării durabile în paralel cu cele ale economiei circulare în cadrul sistemelor de management DEEE este de importanță majoră considerând creșterea din ce în ce mai mare a cantităților de deșeurii electrice și electronice (Isernia et al., 2019). Aplicarea acestor concepte are multiple beneficii: recuperarea materialelor cu valoare adăugată ca materii prime secundare, reducerea cantităților de deșeurii generate din industria produselor electrice și electronice, reducerea exploatarea resurselor naturale și, implicit reducerea consumului de resurse materiale și energetice.

Reducerea impactului de mediu se poate astfel realiza și prin trecerea de la economia liniară la economia circulară.

2.3. Evaluarea impactului de mediu al sistemelor de management al deșeurilor prin metodologia analizei ciclului de viață

Această secțiune a tezei de doctorat se concentrează pe descrierea analizei ciclului de viață (ACV) ca metodologie de evaluare a impactului asupra mediului al diferitelor sisteme de management al deșeurilor, în particular a DEEE. Metodologia ACV este o abordare holistică și sistematică pentru evaluarea impactului asupra mediului al produselor sau serviciilor pe întregul ciclu de viață al acestora și poate fi aplicată cu succes în managementul DEEE.

2.3.1. Descrierea metodologiei aplicate pentru analiza ciclului de viață

ACV poate fi aplicată la orice produs sau serviciu, inclusiv la sistemele de management al deșeurilor, pentru a evalua impactul asupra mediului al diferitelor opțiuni de management al deșeurilor, precum colectarea, transportul, tratamentul și eliminarea deșeurilor. În acest sens, în teza de doctorat s-au explorat diferitele etape ale analizei ciclului de viață, inclusiv definirea obiectivelor și scopului analizei, colectarea și analiza datelor, evaluarea impactului de mediu și interpretarea rezultatelor.

2.3.2. Definirea scopului și domeniului analizei ciclului de viață

În definirea scopului, se caracterizează produsul sau sistemul de proces studiat, toate ipotezele sunt detaliate și se definește metodologia utilizată pentru a configura sistemul de produs.

Etapă de definire a scopului și domeniului analizei ciclului de viață implică stabilirea obiectivelor analizei, a produsului sau serviciului care va fi analizat, a funcțiilor și caracteristicilor sale, a locației geografice și a perioadei de timp care va fi luată în considerare.

2.3.3. Analiza de inventariere

Această etapă a ACV compilează și cuantifică cantitățile de fluxuri de intrare necesare (resurse naturale, materii prime, tipuri de energie și produse) și fluxuri de producție (emisii în sol, aer și apă, deșeuri, energie, produse și subproduse) prin procesul relevant în limitele sistemului.

2.3.4. Evaluarea impactului în mediu

Evaluarea impactului asupra mediului este o etapă importantă a analizei ciclului de viață, care sprijină identificarea problemelor cheie de mediu și dezvoltarea de soluții pentru a reduce impactul negativ al produselor sau proceselor asupra mediului. În această etapă se realizează o analiză comparativă a diferitelor categorii de impact, cum ar fi schimbările climatice, epuizarea resurselor naturale, poluarea aerului și apei, generarea de deșeuri și alte efecte asupra mediului înconjurător.

2.3.5. Interpretarea rezultatelor

Interpretarea rezultatelor este o etapă esențială a analizei ciclului de viață, care are ca scop evaluarea și comunicarea impactului produselor sau serviciilor analizate asupra mediului într-un mod clar și transparent. Această etapă a analizei ciclului de viață este esențială pentru a face alegeri informate și pentru a dezvolta strategii de management durabil, care să reducă impactul asupra mediului și să îmbunătățească performanța produselor sau serviciilor.

2.3.6. Aplicarea metodologiei evaluării ciclului de viață asigurarea pentru managementul durabil al deșeurilor de echipamente electrice și electronice

2.3.6.1. Etapele procesului și modul de prelucrare a datelor

Studiul privind evaluarea impacturilor generate în mediu de deșeurile de echipamente electrice și electronice prin aplicarea metodologiei analizei ciclului de viață elaborat în teza de doctorat a urmat etapele stabilite de standardele ISO 14040 și ISO 14044. Datele de intrare și de ieșire pentru scenariile utilizate) s-au sprijinit pe utilizarea instrumentului software Educațional GaBi în varianta 6.5 elaborat de către Sphera (Kupfer et al., 2021).

2.3.6.2. Limitele (frontierele) sistemului

Frontierele reprezintă limitele fizice sau operaționale ale sistemului care trebuie analizat și includ toate etapele implicate în managementul deșeurilor, începând de la generarea acestora și continuând cu colectarea, transportul, depozitarea temporară, tratarea și eliminarea finală.

Limitele sunt definite prin aplicarea unor reguli de limitare folosite pentru a defini părțile și materialele incluse în și excluse din sistemul produsului.

2.3.6.3. *Alocarea și extinderea sistemului*

Acestea sunt două concepte importante în analiza ciclului de viață a deșeurilor și se referă la modul în care se gestionează situațiile în care produsele sau procesele analizate nu sunt limitate la un singur sistem sau entitate.

2.3.6.4. *Colectarea datelor*

Colectarea datelor este una dintre cele mai importante etape în analiza ciclului de viață a unui produs sau serviciu. Astfel, s-au avut în vedere două tipuri principale de date care au trebuit colectate în analiza ciclului de viață a DEEE: date primare și date secundare.

2.3.6.5. *Normalizarea*

Conform standardului ISO 14044, normalizarea este calculul mărimii rezultatelor indicatorului de categorie în raport cu unele informații de referință. În această lucrare, normalizarea a însemnat calcularea *impactului de fond generat de o persoană pe parcursul unui an în aria de interes pentru care se calculează impactul, indiferent dacă se are în vedere o abordare globală sau regională.*

2.3.7. *Interpretarea rezultatelor*

Interpretarea rezultatelor evaluării impactului se poate realiza cu ajutorul unor metode de analiză. Analiza sensibilității, în care se analizează influența diferitelor ipoteze care afectează rezultatele evaluării. Analiza incertitudinii, în care se analizează influența incertitudinii sau incertitudinea modelelor de calcul asupra fiabilității rezultatelor evaluării. Analiza contribuției care arată modul în care procesele, rezultatele, impactul asupra mediului contribuie la fiecare etapă de producție, pentru a determina impactul semnificativ asupra îmbunătățirii ulterioare a procesului (Supawanich et al., 2015).

2.4. Metode de evaluare a impactului asociate analizei ciclului de viață

Metodologia ACV include două categorii metode (PE International, 2009) metode orientate pe tematică (orientate către probleme, abordare la mijloc) și metode orientate către daune.

2.4.1. *Metoda CML*

CML 2001 este o metodă de teme de mediu dezvoltată de Centrul de Științe ale Mediului al Universității din Leiden și succedează metodologiei CML 1996. Metodologia CML 2001 include un set de categorii de impact definite pentru abordarea orientată către probleme (Frischknecht et al., 2007; ILCD Handbook, 2010).

Scopul CML 2001 este de a oferi cele mai bune practici pentru indicatorii de punct mediu, operaționalizarea seriei de standarde ISO14040 (ILCD Handbook, 2010).

2.4.2. *Metoda ReCiPe*

Metoda ReCiPe (Relevance, Impact, and Precautionary Environmental indicator) este o metodă cuprinzătoare de evaluare a impactului ciclului de viață (LCIA - Life Cycle Impact Assessment) utilizată pentru evaluarea impactului mediului asupra produselor, serviciilor sau sistemelor (*metodă de punct final, endpoint*) (Lamnatou și Chemisana, 2015; van Oers și colab., 2002).

Prin aplicarea metodei ReCiPe, se obțin rezultate cantitative și calitative care pot fi utilizate pentru a evalua și compara impactul mediului al diferitelor produse, servicii sau sisteme.

2.5. Analiza cost-beneficiu în managementul deșeurilor

Analiza cost-beneficiu (ACB) reprezintă o metodă cantitativă de estimare și evaluare financiară, economică și socială a unui proiect sau a unei investiții care poate fi aplicată pentru a alege, dintr-un număr de alternative, pe cea adecvată pentru implementare (Lopez and Froese, 2016). ACB a fost aplicată pentru a compara costurile cu beneficiile diferitelor activități, unde costurile și beneficiile trebuie luate în considerare pe întregul ciclu de viață al sistemului.

CAPITOLUL 3. MANAGEMENTUL DEȘEURILOR DE ECHIPAMENTE ELECTRICE ȘI ELECTRONICE ȘI OPORTUNITATEA DEZVOLTĂRII DE NOI ALTERNATIVE. STUDIU DE CAZ: ROMANIA vs. ITALIA

3.1. Scopul și importanța cercetării

Scopul principal al cercetării prezentată în acest capitol este de a colecta informații și date necesare pentru a analiza politicile și strategiile actuale de management al deșeurilor de echipamente electrice și electronice (DEEE) în România și de a evalua dezvoltarea de noi alternative în comparație cu situația din Italia. Cercetarea a avut ca scop să identifice și să analizeze principalele probleme și provocări legate de managementul DEEE în România și să evalueze eficacitatea politicilor și strategiilor existente, în vederea dezvoltării de soluții mai eficiente și sustenabile, constituind baza de date pentru capitolele 4-6.

În cadrul stagiului de cercetare efectuat la Universitatea *Alma Mater Studiorum din Bologna*, Italia, am analizat elemente ale managementului DEEE și am constatat că Italia are o strategie de management a DEEE bine dezvoltată și implementată. Aceasta se bazează pe legislația europeană privind managementul DEEE, dar și pe obiectivele și nevoile specifice ale Italiei.

3.2. Situația curentă privind managementul deșeurilor de echipamente electrice și electronice în România

3.2.1. Contextul asigurării managementului deșeurilor de echipamente electrice și electronice în România

Managementul deșeurilor de echipamente electrice și electronice DEEE este considerat unul aparte, deoarece sunt necesare tehnici speciale de colectare, transport și tratament având în vedere faptul că aceste deșeuri și componente ale lor au condiții de transport și destinații finale diferite față de majoritatea deșeurilor solide. Acesta implică proceduri specifice de reciclare, dezmembrare și eliminare controlată, care să asigure recuperarea în condiții de siguranță a componentelor valoroase și eliminarea responsabilă a substanțelor periculoase.

3.2.2. Specificul managementului DEEE în Romania

Principalele elemente de sprijin ale sistemului de management al DEEE sunt centrele de colectare, locațiile de transfer, centrele de procesare, centrele de incinerare și depozitele de deșeuri. De asemenea, ca în orice alt sistem de management, este important să existe un cadru de evaluare bine stabilit pentru eficientizarea managementului DEEE. Managementul DEEE în Romania ține seama de faptul că legislația românească este adaptată continuu la reglementările europene, concentrându-se pe alinierea politicilor

naționale în domeniul colectării și reciclării DEEE. În acest context, ținta de 4 kg pe cap de locuitor impusă de UE în 2011 a fost înlocuită cu o rată de 40% din greutatea medie a produselor introduse pe piață de producătorii români în ultimii trei ani.

3.2.3. Sistemul de management al deșeurilor de echipamente electrice și electronice în România

3.2.3.1. Sistemul de management al DEEE – componentă a sistemului de management integrat al deșeurilor

Managementul DEEE este o componentă importantă a sistemului de management integrat al deșeurilor în România. Acest sistem are ca obiectiv gestionarea în mod eficient a tuturor tipurilor de deșuri, inclusiv a DEEE, pentru a preveni impactul negativ asupra mediului și a sănătății publice.

Prin urmare, integrarea managementului DEEE în managementul global al deșeurilor în România se realizează prin intermediul unor mecanisme integrate, care asigură o abordare coerentă și sistematică a gestionării tuturor tipurilor de deșuri. Acest lucru este important pentru a proteja mediul și sănătatea publică și pentru a asigura o gestionare sustenabilă a resurselor.

3.2.3.2. Managementul DEEE în România și contextul european

În contextul european, Directiva DEEE stabilește obiective specifice pentru reducerea impactului negativ asupra mediului și sănătății publice, precum și pentru creșterea ratei de reciclare a DEEE. Utilizatori finali individuali, casnici, au dreptul de a returna produsele electronice sau electrocasnice către producător, furnizor sau centru de colectare cel puțin gratis, dar în final responsabilitatea colectării și procesării DEEE revine producătorilor, importatorilor și autorităților conform prevederilor Directivei DEEE (Directiva UE 19, 2012).

3.2.3.3. Caracteristici ale managementului DEEE în România

Sistemul de management al deșeurilor de echipamente electrice și electronice (DEEE) în România se realizează în acord cu prevederile Directivei europene 2012/19/UE (Directiva DEEE) privind deșeurile de echipamente electrice și electronice și, evident, pe legislația națională care transpune această directivă în dreptul intern. Aceasta asigură colectarea, tratarea, reciclarea și eliminarea adecvată a DEEE pentru a minimiza impactul negativ asupra mediului și sănătății umane.

3.2.4. Colectarea informală a deșeurilor de echipamente electrice și electronice în România

Procesul de colectare și recuperare informală este o categorie aparte în domeniul managementului DEEE, specific României, dar și altor state mai puțin dezvoltate.

Având în vedere cadrul general în care a fost formulată Directiva DEEE cu aplicare la nivelul întregii Uniuni Europene, aceste aspecte nu au fost incluse sau menționate în directivă, colectarea având loc în absența unui cadru legal sau unui sistem de management, putând interfera cu sistemul de management oficial și afectând, semnificativ, statisticile privind DEEE.

Numeroase proiecte ce au ca scop creșterea atenției acordate impactului negativ al DEEE asupra mediului și sănătății umane au fost demarate, dar încă sunt la început, iar impactul acestora este limitat.

3.2.5. Managementul deșeurilor de echipamente electrice și electronice în județul și municipiul Iași (Regiunea de dezvoltare Nord-Est)

În județul Iași, managementul deșeurilor de echipamente electrice și electronice (DEEE) este reglementat conform prevederilor Directivelor europene și ale legislației naționale. Autoritățile locale și operatorii autorizați au responsabilitatea de a colecta, trata și recicla DEEE din județul Iași. În acest sens, autoritatea competentă în domeniul managementului DEEE în județul Iași este Agenția pentru Protecția

Mediului (APM) Iași. APM Iași are rolul de a monitoriza și a asigura respectarea prevederilor legale privind gestionarea DEEE, precum și de a monitoriza activitatea operatorilor de management a deșeurilor din județ.

În județul Iași, managementul deșeurilor de echipamente electrice și electronice (DEEE) este realizat prin intermediul unor **organizații de preluare a responsabilității producătorilor de echipamente electrice și electronice (OPR)**.

3.3. Situația curentă privind managementul deșeurilor de echipamente electrice și electronice în Bologna-regiunea Emilia-Romagna, Italia

3.3.1. Sistemul de management al deșeurilor de echipamente electrice și electronice în Italia

Sistemul de management al DEEE a devenit operațional de la 12 noiembrie 2007, ca urmare a Decretului 151/2005. Italia are o legislație strictă în ceea ce privește managementul DEEE și are o structură bine dezvoltată pentru colectarea, transportul, tratarea și reciclarea acestor deșeuri. Această structură este compusă dintr-un număr mare de organizații, inclusiv producători, distribuitori, operatori de colectare și tratament și autorități de reglementare.

Legislația italiană impune obligația producătorilor și importatorilor de echipamente electrice și electronice de a se asigura că produsele lor sunt colectate și tratate corespunzător după utilizare.

3.3.2. Colectarea deșeurilor de echipamente electrice și electronice în Italia

Legea italiană prevede faptul că, în cazul DEEE “istorice”, reciclarea deșeurilor colectate se realizează de către producătorii organizați în sisteme colective. Aceste sisteme de producători organizate sub forma unor consorții au fost create pentru îndeplinirea colectivă a obligațiilor stipulate în cadrul Decretului legislativ 151 din 2005, privind managementul transportului, îmbunătățirea continuă a serviciilor, limitarea costurilor, respectiv tratarea și recuperarea DEEE în condiții de liberă concurență (Ollio, 2011).

3.3.3. Cadru legislativ privind managementul deșeurilor de echipamente electrice și electronice în regiunea Emilia-Romagna, Bologna din Italia

Decretul ministerial 185 din 25 septembrie 2007 a definit categoriile DEEE care urmează a fi preluate de centrele de colectare și pe baza cărora se vor calcula ratele de colectare pentru fiecare fabricant.

3.4. Elemente comune și diferențe privind managementul DEEE în România și Italia

3.4.1. Elemente comune ale managementului DEEE în România și Italia

În general, managementul deșeurilor electrice și electronice (DEEE) din România și Italia se concentrează pe aceleași obiective și reguli generale pentru a asigura managementul adecvat al DEEE și protejarea mediului. Unele dintre trăsăturile comune ale managementului DEEE din România și Italia.

3.4.2. Diferențe privind managementul DEEE în România și Italia

Există diferențe semnificative între România și Italia în ceea ce privește managementul DEEE, în special în ceea ce privește dezvoltarea infrastructurii de colectare și reciclare, implicarea autorităților publice și gradul de conștientizare a publicului cu privire la importanța gestionării durabile a DEEE-urilor.

Un element important în justificarea acestor deosebiri este marea diferență între EEE puse pe piață și DEEE generate obliga operatorii italieni să gestioneze cantități importante de DEEE în condiții sustenabile.

3.4.3. Indicatori de performanță privind managementul DEEE în România și Italia

Managementul DEEE implică gestionarea adecvată a acestor deșeuri pentru a preveni poluarea mediului și pentru a promova utilizarea responsabilă a resurselor. Indicatorii de performanță privind managementul DEEE sunt măsurile utilizate pentru a evalua eficiența și succesul sistemelor și practicilor implementate în acest domeniu. Acești indicatori pot varia în funcție de țară sau regiune și de politica specifică de gestionare a DEEE.

3.5. Alternative aplicabile pentru creșterea performanței managementului DEEE în România

Sistemul de management DEEE din România are o serie de limitări. Disponibilitatea datelor este un aspect care trebuie luat în considerare. În România există, de exemplu, o lipsă de informații privind existența și amplasarea centrelor de colectare a DEEE, cantitatea de deșeuri colectate, precum și legislația de mediu atribuită managementului deșeurilor electronice.

Există puține instalații de reciclare în România și nici chiar acestea nu realizează un proces de reciclare complet, recuperând doar câteva piese mai mari.

CAPITOLUL 4.

EVALUAREA IMPACTURILOR GENERATE ÎN MEDIU DE SCENARIILE DE MANAGEMENT AL DEȘEURILOR DE ECHIPAMENTE ELECTRICE ȘI ELECTRONICE ÎN MUNICIPALITĂȚILE IAȘI ȘI BOLOGNA APLICÂND MODELE BAZATE PE ANALIZA CICLULUI DE VIAȚĂ (ACV)

4.1. Scopul și importanța cercetării

Scopul cercetării prezentate în acest capitol este de a evalua impacturile de mediu generate de sistemele de management al deșeurilor de echipamente electrice și electronice (DEEE) în municipalitățile Iași și Bologna, utilizând modele bazate pe analiza ciclului de viață (ACV). Compararea sistemelor de management al deșeurilor de echipamente electrice și electronice din municipiile Iași și Bologna oferă informații valoroase despre eficiența și sustenabilitatea acestor sisteme în contextul specific al fiecărei localități.

Rezultatele cercetării pot contribui la luarea deciziilor informate și dezvoltarea strategiilor de management al deșeurilor de echipamente electrice și electronice, care să aibă în vedere reducerea impactului asupra mediului și promovarea economiei circulare.

4.2. Aplicarea metodologiei ACV pentru evaluarea impactului generat de managementul DEEE

4.2.1. Obiectivele stabilite pentru analiza ciclului de viață

Principalele obiective stabilite pentru analiza ACV sunt următoarele: analiza calitativă și cantitativă, dezvoltarea alternativelor de management pentru DEEE, evaluarea impactului asupra mediului generat de implementarea sistemelor de management DEEE prin aplicarea metodologiei ACV, realizarea

unei analize comparative a unor sisteme de management al DEEE folosind metodele CML2001 și ReCiPe și identificarea unor alternative de management al DEEE.

4.2.2. Definierea scopului și domeniului analizei

Cercetările ce privesc impactul sistemului de management al DEEE asupra mediului și sănătății umane prezentate în teza de doctorat se focalizează pe analiza performanței de mediu a trei scenarii de management al DEEE în municipiul Iași, România, comparativ cu scenariul de management specific orasului Bologna, Italia, aplicând metodologia ACV. Acest studiu de cercetare evidențiază astfel procese și resurse cheie în care sarcina de mediu poate fi îmbunătățită pentru managementul DEEE în România, cu aplicabilitate și în alte țări care urmează același sistem. Acest lucru se realizează aplicând două metode specifice metodologiei ACV (**metoda CML și metoda ReCiPe**) asistate de software-ul GaBi Education, urmând etapele specifice ACV (Fig. 4.1).

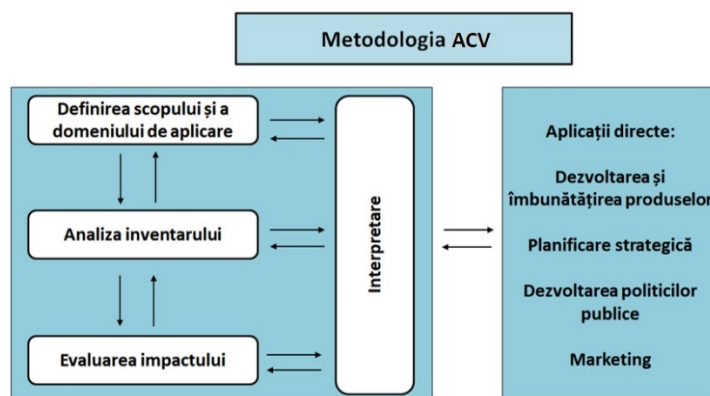


Fig. 4.1. Etape ale aplicării metodologiei ciclului de viață (ACV)

4.2.3. Definierea scenariilor și a unității funcționale

În scenariul I (S1), a fost luată în considerare cantitatea de deșeuri colectată fără ca populația să fie informată și actualizată cu noile reguli de management al DEEE. Amploarea valorificării DEEE și costul reciclării necesită transportul DEEE către diferiți reciclatori pe categorii și grupe transportate în loturi de 10-12 tone. Cantitatea de DEEE generată în urma campaniilor din municipiul Iași, România este, pentru scenariul S1 de 20818 kg.

Scenariul II (S2) are în vedere 4 etape, inclusiv o etapă de informare a populației în scopul colectării unei cantități mai mari de deșeuri, comparativ cu S1. În acest scenariu s-a mai considerat că etapa de sortare se desfășoară în cadrul etapei de transport în momentul descărcării deșeurilor la reciclator. Etapa de informare este luată în considerare din dorința de a îndeplini obiectivele de colectare impuse de Uniunea Europeană. Această etapă presupune o campanie care s-a desfășurat pe o perioadă de două săptămâni, fiind derulată doar prin presa scrisă și radio. Din cauza lipsei infrastructurii locale, cantitatea preluată de la persoane fizice și juridice este încărcată nesortată într-un singur transport destinat unui singur reciclator. Cantitatea de DEEE generată în urma campaniilor din municipiul Iași, România este, pentru scenariul S2 de 29691 kg.

Scenariul III (S3) este cel mai complex scenariu și a fost aplicat de către organizația inclusă în studiul de preluare a responsabilității producătorilor, pe raza municipiului Iași. Partenerii locali în această campanie au fost: Primăria Iași, Operatorul Local de Salubritate, Agenția pentru Protecția Mediului, Comisariatul Gărzii de Mediu și ligile studențești. Faza de informare a fost asigurată de fluturași, pe stradă și în cutiile poștale, presa scrisă și online, radio și pagina de Facebook. Campania de informare a avut loc

cu două săptămâni înainte de campania de colectare. Implicarea organizațiilor studențești a avut un impact pozitiv asupra populației. Pentru a încuraja și stimula populația să dispună cu conștiinciozitate de aceste echipamente, a fost organizată și o tombolă cu premii fixe sau bonusuri. Cantitatea colectată în cadrul acestei campanii a fost de 29691 kg DEEE.

În cazul **scenariului IV (S4)** analizat pentru Bologna, Italia, limitele sistemului au fost stabilite pe baza a 3 etape principale: *transport și colectare, depozitare temporară cu sortarea deșeurilor și stocare finală*, iar ca date de ieșire, *recuperarea și reutilizarea materialelor* (Fig. 4.2). Scenariul este folosit în activitatea unui colector de DEEE-uri italian care urmărește să minimizeze consecințele producerii și gestionării deșeurilor prin concentrarea pe domeniul DEEE și aplicarea principiului „proximității”. Are, de asemenea, un proces de producție care urmează conceptul de reciclare, ce se referă la prelungirea duratei de viață infinită teoretică a unui produs prin recuperarea și aplicarea unor componente importante precum metalele prețioase. În cadrul scenariului S4, unitatea funcțională este reprezentată de cantitatea de deșeurii colectată în cadrul campaniilor de colectare realizate de reciclatorul **DISMECO în anul 2015: 249.254 kg**.

Unitatea funcțională de referință este reprezentată de colectarea și prelucrarea a 1000 kg DEEE.

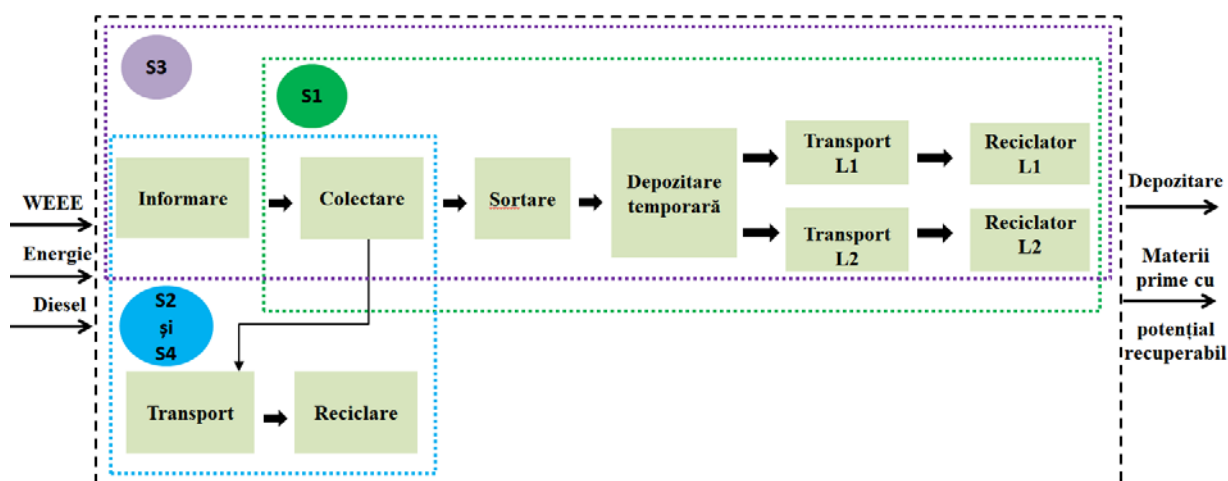


Fig. 4.2. Limitele de sistem ale sistemelor de management DEEE – toate scenariile incluse în studiu (L1- locație reciclator Apahida, România; L2 – locație reciclator Jilava, România)

4.2.4. Analiza de inventariere

Faza de inventar al ciclului de viață (LCI). În studiul actual, au fost utilizate mai multe surse de date, inclusiv baze de date încorporate în software-ul GaBi, cum ar fi Ecoinvent, date colectate de la Organizația de preluare a responsabilității Producătorilor de echipamente electrice și electronice (OIREP) Asociația Română pentru reciclare RoRec și un colector local, EcoArena.

4.2.5. Evaluarea impactului generat în mediu

Rezultatele inventarului sunt clasificate în funcție de fiecare categorie de impact, cum ar fi potențialul de încălzire globală, epuizarea resurselor naturale, toxicitatea umană etc., pe baza efectului lor asupra mediului. Fiecare substanță prezentă în compoziția EEE este caracterizată printr-o categorie de impact, care reprezintă efectul fiecărei substanțe asupra mediului, bazat pe unitatea de referință.

4.2.6. Interpretarea rezultatelor

În faza de interpretare, rezultatele sunt verificate și evaluate pentru a se vedea că acestea sunt în concordanță cu definiția scopului și că studiul este complet. Această etapă include etapa de identificarea problemelor semnificative și evaluarea problemelor semnificative.

4.3. Evaluarea impacturilor de mediu generate de scenariile de management al DEEE în municipiul Iași, România aplicând metodele CML și ReCiPe

4.3.1. Emisii generatoare de impact

Impactul de mediu (%) raportat prin prisma emisiilor generate în urma implementării sistemelor de management propuse în cadrul celor trei scenarii pentru municipiul Iași evidențiază faptul că emisiile (%) cauzează impact, în principal asupra resurselor (inclusiv resurse materiale și energetice) și apa dulce (Fig. 4.3). Acest lucru este consecința consumului de materiale și a motorinei utilizate în etapa de transport care conține azot și metale ce au un impact direct asupra apei dulci.

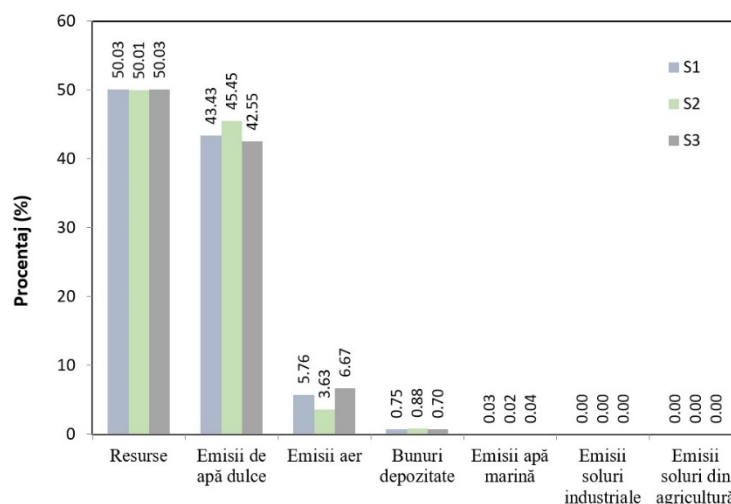


Fig. 4.3. Emisiile (%) generate în urma implementării scenariilor analizate (S1, S2, S3) pentru municipiul Iași, România

4.3.2. Evaluarea impacturilor de mediu generate de scenariile de management a DEEE în municipiul Iași, România aplicând metoda CML

Valorile categoriei de impact obținute pentru S1 și S3 urmează ierarhia: ADPf>MAETP>AP>POCP>GWP>HTP>FAETP>TETP>EP>ADPe>ODP (Fig.4.4). Totuși, în cazul S2, cea mai mare valoare a fost generată pentru potențialul de ecotoxicitate acvatică marină (MAETP).

Impactul total generat asupra mediului identificat prin metoda CML2001 este mai mare pentru S2 (1,59E-07 echiv. pers.), urmat de S3 (8,98E-08 echiv. pers.) și în final, S1 (6,42E-08 echiv. pers.). Același model a fost identificat pentru toate categoriile de impact analizate. În plus, rezultatele obținute arată valori pozitive pentru fiecare categorie de impact. Impacturile pozitive arată efectele negative asupra mediului și sănătății umane, în timp ce valorile negative evidențiază beneficiile care sunt aduse în termeni de sustenabilitate (Yu et al., 2014). De asemenea, în ceea ce privește cea mai mică valoare a contribuției, pentru scenariul 2, aceasta a fost identificată în cazul etapei de depozitare finală.

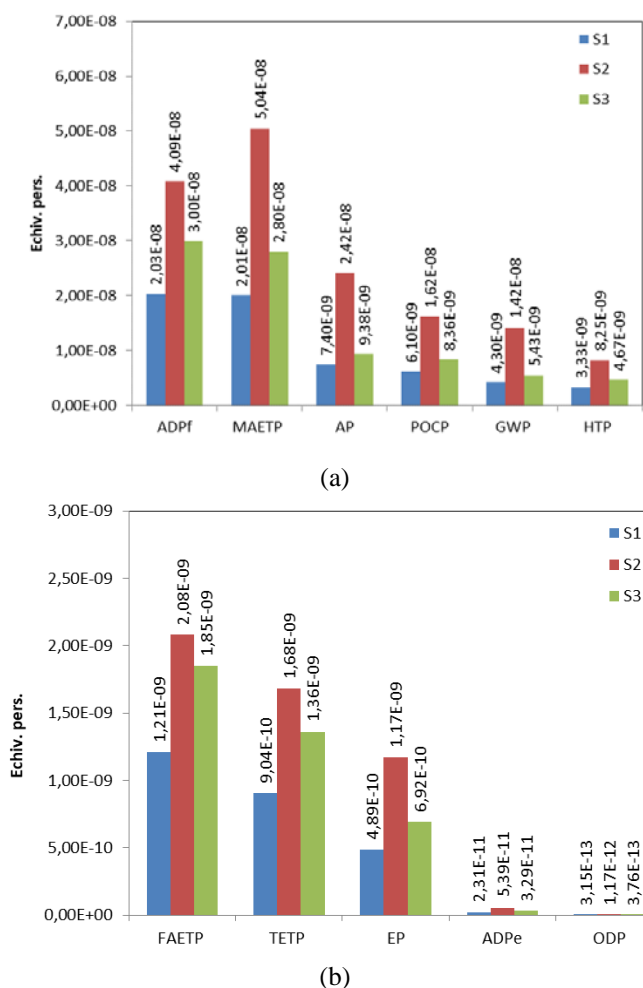


Fig. 4.4. Evaluarea impactului asupra mediului al sistemului de management DEEE în Iași, România – toate scenariile (metoda CML). **MAETP inf** - Potențialul de ecotoxicitate acvatică marină, fosilă **ADP** - Epuizare abiotică, **GWP** 100 de ani - Potențialul de încălzire globală, **AP** - Potențialul de acidificare, **POCP** - Photochem. Potențialul de creare a ozonului, **HTP inf** - Potențial de toxicitate umană, **FAETP inf** - Potențial de ecotoxicitate acvatică în apă dulce, **TETP inf** - Potențial de ecotoxicitate terestră, **EP** - Potențial de eutrofizare, **ADP elemente** - Epuizare abiotică, **ODP, stare de echilibru** - Potențial de epuizare a stratului de ozon

4.3.3. Evaluarea impacturilor de mediu generate de scenariile de management al DEEE în municipiul Iași, România aplicând metoda ReCiPe

Rezultatele arată că, pentru toate limitele de sistem analizate, cel mai mare impact a fost obținut pentru categoria de impact privind epuizarea resurselor fosile (FD) (Fig. 4.5., 4.6. 4.7). Valoarea impactului asupra mediului observată pentru aceasta este de fapt semnificativ mai mare decât restul categoriilor de impact, fiind de aproximativ trei ori mai mare decât valorile generate pentru schimbările climatice - sănătatea umană (CCHh), schimbările climatice - ecosisteme (CcEco) și toxicitatea umană (HT).

Comparativ, pentru S2, s-a observat că cea mai mare contribuție o au însă etapele de colectare și depozitare finală. În cazul categoriilor ALO, FD, FEco, FEut, HD și MAETP procesul de colectare are un rol mai semnificativ în impactul de mediu generat, în timp pentru categoriile CcEco, CCHh, IR, MD, ODP, PmF, POF, TA și Teco este vorba de depozitarea finală.

În ceea ce privește S3, în mod similar scenariului 1, cea mai importantă contribuție procentuală a fost identificată în cazul etapelor de colectare și reciclare. Categoriile pentru care s-a înregistrat contribuția cea mai mare a procesului de colectare sunt aceleași de asemenea. În plus, aceeași tendință s-a observat și la categoria de impact TEco.

**Modele de management și alternative de valorificare durabilă
a deșeurilor de echipamente electrice și electronice**
Rezumatul tezei de doctorat

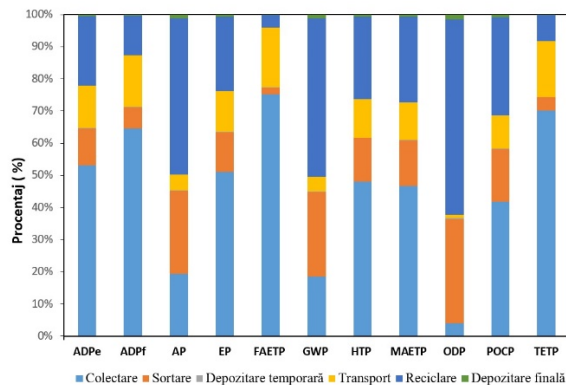


Fig. 4.5. Distribuția impactului asupra mediului al sistemului de management DEEE în Iași, România – S1 (metoda CML). **ADP elemente** - Epuizare abiotică, **AP** - Potențialul de acidifiere, **EP** - Potențial de eutrofizare, **FAETP inf** - Potențial de ecotoxicitate acvatică în apă dulce, **GWP** 100 de ani - Potențialul de încălzire globală, **HTP inf** - Potențial de toxicitate umană, **MAETP inf** - Potențialul de Ecotoxicitate Acvatică Marină, fosilă, **ODP, stare de echilibru** - Potențial de epuizare a stratului de ozon **POCP** - Photochem. Potențialul de creare a ozonului, **TETP inf** - Potențial de ecotoxicitate terestră

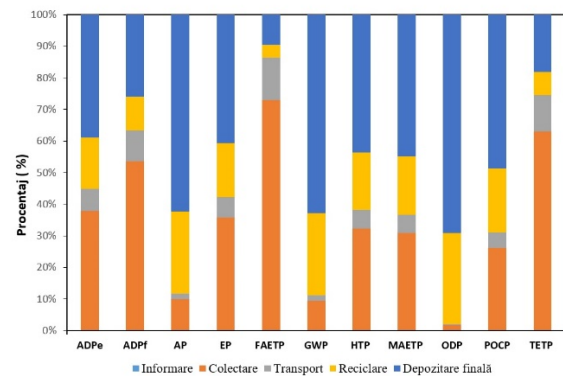


Fig. 4.6. Distribuția impactului asupra mediului al sistemului de management DEEE în Iași, România – S2 (metoda CML). **ADP elemente** - Epuizare abiotică, **AP** - Potențialul de acidifiere, **EP** - Potențial de eutrofizare, **FAETP inf** - Potențial de ecotoxicitate acvatică în apă dulce, **GWP** 100 de ani - Potențialul de încălzire globală, **HTP inf** - Potențial de toxicitate umană, **MAETP inf** - Potențialul de Ecotoxicitate Acvatică Marină, fosilă, **ODP, stare de echilibru** - Potențial de epuizare a stratului de ozon **POCP** - Photochem. Potențialul de creare a ozonului, **TETP inf** - Potențial de ecotoxicitate terestră

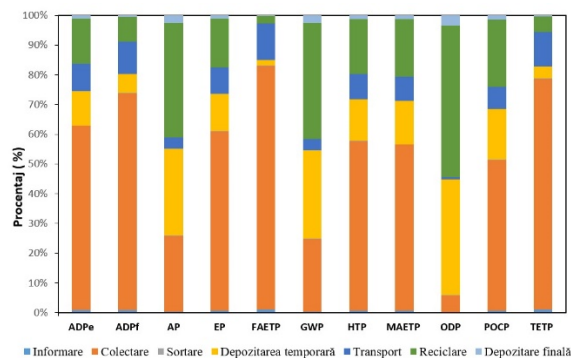


Fig. 4.7. Distribuția impactului asupra mediului al sistemului de management DEEE în Iași, România – S3 (metoda CML). **ADP elemente** - Epuizare abiotică, **AP** - Potențialul de acidifiere, **EP** - Potențial de eutrofizare, **FAETP inf** - Potențial de ecotoxicitate acvatică în apă dulce, **GWP** 100 de ani - Potențialul de încălzire globală, **HTP inf** - Potențial de toxicitate umană, **MAETP inf** - Potențialul de Ecotoxicitate Acvatică Marină, fosilă, **ODP, stare de echilibru** - Potențial de epuizare a stratului de ozon **POCP** - Photochem. Potențialul de creare a ozonului, **TETP inf** - Potențial de ecotoxicitate terestră

4.3.4. Analiza comparativă a rezultatelor ACV și a posibilităților de îmbunătățire a sistemului de management al DEEE din municipiul Iași, România

Întrucât majoritatea articolelor publicate au evaluat sustenabilitatea managementului DEEE de la colectare până la reciclare sau au considerat doar partea de reciclare, în studiul actual unul dintre obiective este cercetarea proceselor premergătoare etapei de reciclare. În plus, am inclus în limitele sistemului și o etapă care are în vedere creșterea nivelului de conștientizare în rândul comunităților locale în scopul implicării mai mari a oamenilor în contribuția la sistemul de colectare a deșeurilor electronice și, astfel, reducerea cantităților de DEEE care ajung la depozitele informale, care sunt manipulate necorespunzător și pot afecta mediul și sănătatea umană. Acesta este motivul pentru care studiul actual a luat în considerare și în S2 și S3 procesul informațional, pentru analiza comparativă.

În cazul S2 cea mai mare contribuție dintre toate procesele implicate a fost și pentru etapa de colectare (32,13%). Totuși, procentul obținut pentru depozitarea finală a deșeurilor (25,77%) a fost mai mare decât cel pentru reciclare (18,20%) și transport (5,87%) față de S1. Cea mai mică valoare a fost generată în cazul procesului de informare (0,01%). Deci, în cazul rezultatelor obținute pentru S2 folosind CML 2001, ierarhia este următoarea: colectare > depozitare > reciclare > transport > informare.

Rezultatele obținute pentru S3 arată o tendință similară, procesul de colectare (56,96%) are cea mai mare contribuție la impactul total asupra mediului, în timp ce cea mai mică a fost identificată pentru etapa de sortare (0,09%). Similar cu S1, etapa de reciclare (18,50%) a avut o contribuție mai mare decât procesele de transport (8,45%) și depozitarea deșeurilor (1,22%). Astfel, pentru S3 ordinea identificată a contribuției proceselor la impactul total generat este: colectare > reciclare > depozitare temporară > transport > depozitare finală > informare > sortare. Rezultatele obținute prin metoda ReCiPe sunt prezentate în Fig. 4.16. În acest caz, cea mai mare valoare a contribuției la energie electrică a fost obținută pentru S2 (56,6%). Pentru S1 a fost identificat un procent de 35%, iar pentru S3 s-a observat cea mai mică contribuție (28,86%). În ceea ce privește contribuția transportului, datele obținute arată cea mai mică valoare pentru S2 (43,40%), în timp ce cea mai mare a fost generată în cazul S3 (71,14%). Pentru S1, procentul calculat a fost de 64,95%.

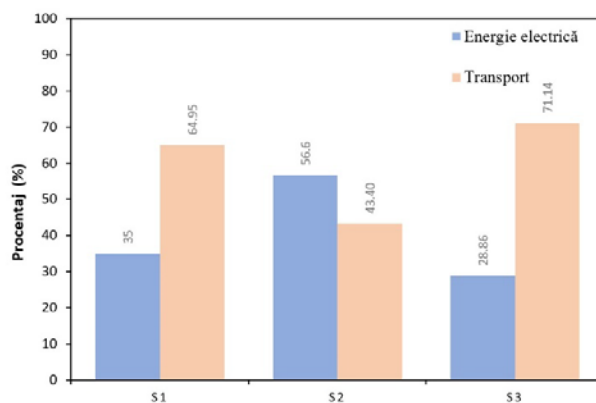


Fig. 4.16. Contribuția energiei electrice și transportului la impactul total asupra mediului al sistemelor de management DEEE (metoda ReCiPe)

4.4. Evaluarea impacturilor de mediu generate de sistemul de management al DEEE în Bologna, Italia prin metoda CML2001

Ca și în cazul scenariilor analizate pentru municipiul Iași, cea mai mare valoare a emisiilor (%) în cazul consumului de resurse (inclusiv resurse materiale și energetice), 50% și emisiilor în ape dulci, 49,65%. O a treia valoare a emisiilor este cea raportată la mediul aerian (0,33%) și este cauzată de monoxid de carbon (CO) și particule (PM) (Fig. 4.17).

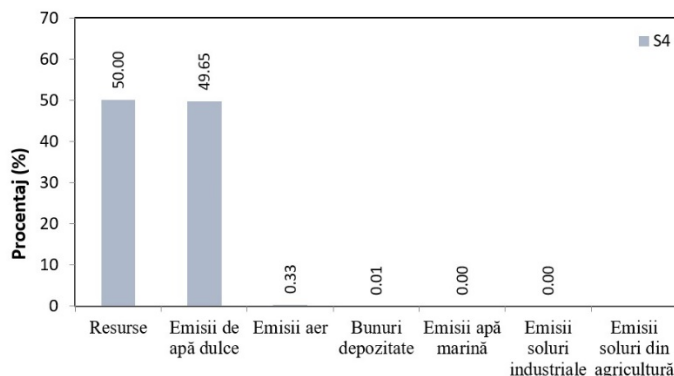


Fig. 4.17. Emisiile (%) generate în compartimentele de mediu, în urma implementării scenariului analizat pentru compania DISMECO din Italia

4.5. Analiza comparativă a impacturilor de mediu generate de scenariile de management al DEEE în Iași, România și Bologna, Italia

O primă observație realizată privind diferențele dintre rezultatele obținute pentru municipiul Iași, respectiv orașul Bologna, este că similar scenariilor analizate pentru teritoriul României, nu s-au obținut valori scăzute pentru nici o categorie de impact inclusă în metoda CML 2001, ceea ce indică faptul că nu s-au generat salvări de mediu pentru nici un scenariu analizat. Impactul total de mediu obținut prin utilizarea metodei CML2001 este de $3,42E-03$ echiv. pers în cazul S4 (Fig. 4.21). Astfel, s-a observat că, pentru S2, contribuțiile proceselor de transport și colectare sunt mai scăzute decât în cazul S4. De asemenea, contribuția etapei de depozitare finală a DEEE are o valoare de aproximativ 3 ori mai mare pentru S4.

Aceste valori sunt justificate de **cantitatea de deșuri colectate și reciclate, de aproximativ 6-9 ori mai mare în cazul S4 decât în cazul tuturor scenariilor analizate pentru municipiul Iași**. Pe de altă parte, rezultatele calculate pentru procesele de reciclare și informare sunt similare.

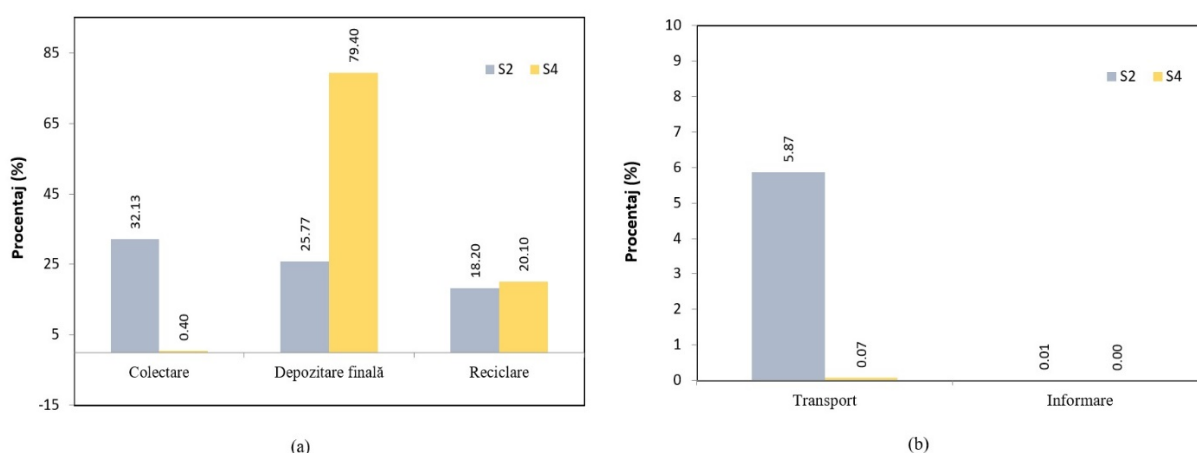


Fig. 4.21. Contribuția procesului la impactul total asupra mediului al gestionării DEEE conform S2 și S4 (metoda CML2001)

Comparând contribuția energiei și a transportului la impactul de mediu total (Fig. 4.22), pentru toate scenariile analizate, s-a constatat că cea mai mare valoare procentuală pentru energie este asociată cu S4, iar în cazul transportului aceasta este atribuită scenariului S3. De asemenea, similar scenariilor S1 și S2, contribuția procentuală a transportului la impactul de mediu total este mai mică decât cea a energiei și în cazul lui S4.

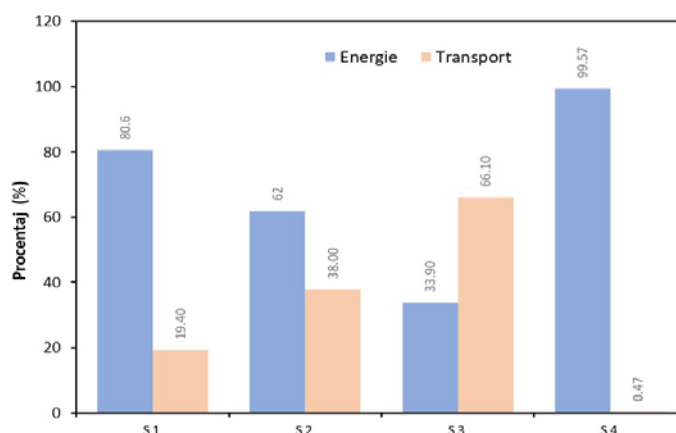


Fig. 4.22. Contribuția energiei electrice și transportului la impactul total asupra mediului al sistemelor de management DEEE – S1, S2, S3 și S4 (metoda CML2001)

CAPITOLUL 5.

EVALUAREA ECONOMICĂ A SCENARIILOR DE MANAGEMENT AL DEȘEURILOR DE ECHIPAMENTE ELECTRICE ȘI ELECTRONICE APLICÂND MODELE BAZATE PE ANALIZA COST-BENEFICIU (ACB)

5.1. Scopul și importanța cercetării

Scopul cercetării descrise în acest capitol este de a investiga și analiza impactul economic al scenariilor de management al deșeurilor de echipamente electrice și electronice (DEEE) prin aplicarea analizei cost-beneficiu pentru a evalua eficiența acestor sisteme. Prin urmare, cercetarea din acest capitol al tezei de doctorat oferă o înțelegere mai profundă a impactului economic al sistemelor de management al DEEE și demonstrează avantajele utilizării modelelor analizei cost-beneficiu (ACB) pentru evaluarea acestor sisteme.

5.2. Costurile implementării Directivei DEEE

Un aspect important când se evaluează sustenabilitatea unui mecanism de management al DEEE, impuse de Directiva cu același nume este reprezentat de sustenabilitatea financiară, adică acoperirea tuturor costurilor de colectare, transport, tratare, reciclare, stocare și în final îndepărtare din materialele obținute și energia economisită pentru pregătirea materiilor prime, cum ar fi extracția, purificarea, transportul etc. (Marconi et al., 2018; Păceșilă et al., 2016).

5.3. Analiza cost-beneficiu pentru procesul de management al deșeurilor de echipamente electrice și electronice pentru scenariul S4, Bologna, Italia

5.3.1. Colectarea și reciclarea deșeurilor de echipamente electrice și electronice la compania DISMECO, Bologna, Italia (scenariul S4)

Experimentele au fost efectuate la compania DISMECO Srl din Bologna, regiunea Emilia-Romagna, Italia. Înființată la sfârșitul anului 1970 ca o mică afacere de familie, care ulterior în 2009 a preluat firma Sas, DISMECO Srl este o companie bolognesă care activează în domeniul deșeurilor de echipamente electrice și electronice. Misiunea de bază a DISMECO este minimizarea consecințelor producerii și gestionării deșeurilor, urmând o metodă inovatoare care identifică specificitatea teritorială prin combinarea efectivă a principiului "proximității".

5.3.2. Date corespunzătoare fluxului de DEEE colectate la compania DISMECO

În perioada examinată, respectiv anul 2015, compania DISMECO gestiona importante cantități de echipamente electrice și electronice. Materialele secundare recuperate, rezultate din diverse procese de prelucrare, care caracterizează afacerile DISMECO, stocate și vândute ulterior.

5.3.3. Definiția scopului și domeniului de aplicare pentru ACB

Scopul analizei cost-beneficiu aplicat în studiul nostru este de a evalua viabilitatea tehnică economică a procesului de prelucrare a DEEE la una din companiile italiene, DISMECO, care deserveste municipalitatea Bologna din regiunea Emilia Romagna și pentru care s-au evaluat, în capitolul 4,

impacturile induse în mediul înconjurător prin aplicarea metodologiei analizei ciclului de viață (ACV). Analiza s-a realizat pe structura scenariului S4.

Eficiența economică a scenariului S4 s-a determinat utilizând indicatori specifici analizei cost-beneficiu precum: raportul cost – beneficiu și beneficiu – cost.

5.3.4. Analiza de inventariere

Identificarea costurilor s-a realizat prin analiza reciclării (a tipului proceselor de prelucrare a DEEE și de recuperare a unor materii prime secundare), tipurile de lucrări de construcție și montaj asociate acestor procese, dotările și infrastructura necesare, costuri etc. (Cellini și Kee, 2015). În analiza cost - beneficiu am avut în vedere următoarele categorii de costuri (Cellini și Kee, 2015) **costuri directe și indirecte.**

5.3.5. Evaluarea impacturilor tehnico-economice

Această etapă cuprinde rezultatele cercetărilor pentru evaluarea impacturilor economice și tehnice generate de scenariul S4. Evaluarea este necesară pentru a determina nivelul beneficiilor generate relativ la costurile implicate.

5.3.6. Evaluarea costurilor de reciclare a DEEE

Evaluarea costurilor procesului de reciclare a DEEE este necesară pentru actualizarea costurilor necesare pentru aplicarea unui model de reciclare a DEEE. Prin urmare, s-au actualizat toate costurile la nivelul unei date reper, de regulă anul în care se face comparația folosind un factor de actualizare (f_a) (Cellini și Kee, 2015).

5.3.7. Evaluarea beneficiilor

Identificarea s-a efectuat urmărindu-se trei aspecte principale: beneficii directe, sociale și în ceea ce privește mediul înconjurător. Valoarea actualizată netă a beneficiilor se determină folosind rata de actualizare egală cu rata inflației și perioada de actualizare de 10 ani.

5.3.8. Calculul rapoartelor cost – beneficiu (C/B) și beneficiu-cost (B/C)

Raportul C/B rezultă din împărțirea valorilor actualizate a costurilor totale la beneficiile actualizate. Rapoartele C/B și B/C se pot calcula cu ecuațiile (5.3) și (5.4) (Noel și McCormack, 2014):

$$C/B = \text{costuri totale actualizate} / \text{beneficii totale actualizate} \quad (5.3)$$

$$B/C = \text{beneficii totale actualizate} / \text{costuri totale actualizate} \quad (5.4)$$

5.3.9. Analiza rezultatelor rapoartelor cost - beneficiu și beneficiu-cost obținute

În urma analizei realizate, raportul cost - beneficiu este de 0,8 iar raportul beneficiu – cost este 1,18 ceea ce înseamnă că proiectul este viabil (Fig. 5.1), iar implementarea lui va aduce atât beneficii de mediu, cât și economice. Prin recuperarea și reutilizarea anumitor componente ale DEEE și repunerea materiilor secundare recuperate în fluxul comercial, acest proces poate aduce beneficii economice și sociale, cu un management eficient al DEEE, conform cu legislația europeană.

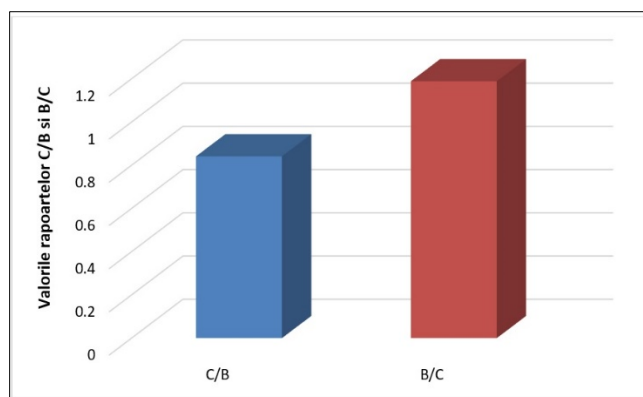


Fig. 5.1. Analiza rapoartelor C/B și B/C pentru procesul de reciclare – Scenariul 4

Prin recuperarea și reutilizarea anumitor componente ale DEEE și repunerea materiilor secundare recuperate în fluxul comercial, acest proces poate aduce beneficii economice și sociale, cu un management eficient al DEEE, conform cu legislația europeană. Astfel, **sistemul de management implementat de firma DISMECO (scenariul 4) favorizează reciclarea DEEE și reducerea impactului în mediu.** Totodată, această situație contribuie și la frânarea importurilor de materii prime și reducerea cheltuielilor asociate achiziționării acestora, precum și la reducerea exporturilor ilegale și a impactului social negativ asupra țărilor asiatice sau în curs de dezvoltare.

5.3.10. Analiza de sensibilitate

Analiza de sensibilitate este o completare a analizei cost-beneficiu care are ca scop identificarea impactului modificării factorilor sau variabilelor pe parcursul desfășurării unui proiect, proces, activitate cu implicații financiare. Pentru **scenariul 4** au fost analizați parametrii principali utilizați în analiza costurilor și beneficiilor.

5.3.10.1. Determinarea gradului de sensibilitate a ratei de actualizare interne (RIR) și a valorii net actualizate (VNA)

Determinarea gradului de sensibilitate a ratei de actualizare interne (RIR) și a valorii net actualizate (VNA) la variațiile nefavorabile și favorabile ale variabilelor cheie selectate sunt etape ale analizei de sensibilitate ce constau în determinarea valorii net actualizate și a ratei interne de actualizare cu ajutorul ecuațiilor (5.5) și (5.6).

$$VNA = \sum_{t=1}^n \frac{FT_t}{(1+K)^t} - I_0 \quad (5.5)$$

$$RIR = \sum_{t=1}^n \frac{FT_t}{(1+K)^t} - I_0 = 0 \quad (5.6)$$

Prin urmare investiția pentru *procesul de reciclare a DEEE la compania DISMECO este rentabilă din punct de vedere economic*, prezentând un grad de sensibilitate ridicat în ceea ce privește variabilele cheie.

5.3.10.2. Analiza variației indicelui de sensibilitate

Indicele de sensibilitate este un coeficient de elasticitate care arată cu câte procente se modifică criteriile. În principiu, analiza constă în calcularea, pentru fiecare variabilă, a **indicelui de sensibilitate**.

5.4. Analiza cost-beneficiu a scenariilor de management al DEEE în municipiul Iași (S1-S3)

Analiza cost-beneficiu pentru managementul DEEE în municipiul Iași a luat în calcul cele trei scenarii elaborate în capitolul 4: S1, S2, S3. Pentru a realiza ACB a scenariilor de management al DEEE propuse, au fost stabilite obiective specifice.

5.4.1. Definierea scopului și domeniului de aplicare al analizei

Studiul de caz este aplicat pentru cantități de DEEE colectate, în anii 2017 și 2018, de operatorul de colectare ECOARENA (<https://www.ecoarena.ro/>), desemnat de Asociația ROREC (<https://www.rorec.ro/>) pentru județul Iași. Cantitățile ce stau la baza scenariilor rezultă din campaniile de educare și colectare DEEE organizate în municipiul Iași.

5.4.2. Analiza de inventariere

La fel ca în cazul analizei ACB pentru procesul de reciclare a DEEE la compania DISMECO, analiza cost-beneficiu pentru municipiul Iași a avut în vedere costuri directe și costuri indirecte din externalități.

5.4.3. Evaluarea impacturilor costurilor și beneficiilor

Pentru a evalua nivelul beneficiilor generate relativ la costurile implicate în managementul DEEE în municipiul Iași, au fost luate în considerare criteriile precum: protecția mediului, viabilitatea financiară, capacitatea tehnică și fezabilitatea tehnologiei utilizate.

5.4.4. Evaluarea costurilor scenariilor

Evaluarea costurilor procesului de prelucrare a DEEE colectate de compania ECOARENA este necesară pentru a determina actualizarea costurilor necesare pentru aplicarea unui model de reciclare a DEEE. Prin urmare, s-au actualizat toate costurile la nivelul unei date reper, de regulă anul în care se face comparația folosind factorul de actualizare (f_a). S-a considerat că durata de actualizare este de 10 ani, iar rata de actualizare este de 5%.

5.4.5. Evaluarea beneficiilor scenariilor

Beneficiile rezultate din procesul management al DEEE au fost identificate prin urmărirea a trei aspecte, ca și în cazul scenariului S4: beneficii directe, beneficii sociale, beneficiile pentru mediul înconjurător. Valoarea actualizată netă a beneficiilor s-a determinat folosind rata de actualizare egală cu rata inflației și perioada de actualizare de 10 ani.

5.4.6. Calculul rapoartelor cost-beneficiu (C/B) și beneficiu-cost (B/C)

Rapoartele C/B și B/C se pot calcula cu ecuațiile (5.3) și (5.4).

5.4.7. Analiza rapoartelor cost - beneficiu și beneficiu-cost obținute

Rezultatele obținute în urma analizei ACB pentru scenariile S1-S3 au evidențiat faptul că, în toate cele trei scenarii raportul cost - beneficiu este de 0,8 iar raportul beneficiu – cost este mai mare decât 1 ceea ce înseamnă că proiectul este viabil din punct de vedere economic, ecologic și social (Fig. 5.3).

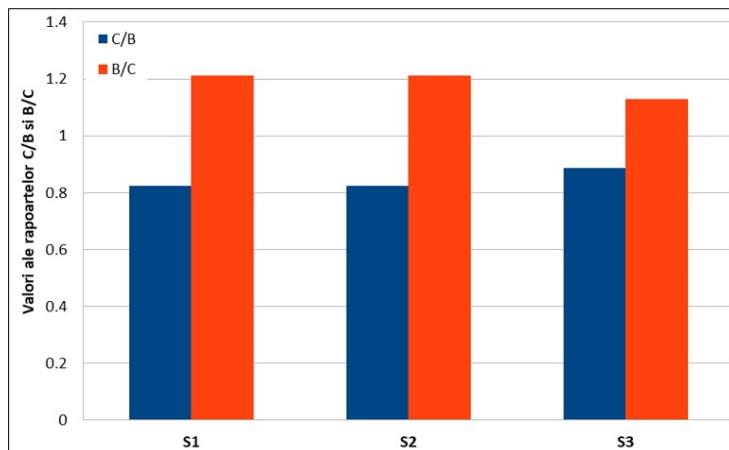


Fig. 5.3. Analiza rapoartelor C/B și B/C pentru scenariile de management al DEEE în Iași, România

5.4.7. Analiza de sensibilitate

Obiectivul analizei de sensibilitate constă în identificarea variabilelor cu influență asupra beneficiilor și costurilor generate de scenariile S1-S3, evaluarea deciziilor care vor fi luate în selectarea scenariilor, identificarea acțiunilor de prevenire a efectelor nefavorabile asupra proiectului. Etapele parcurse în dezvoltarea analizei de sensibilitate sunt identice cu cele parcurse pentru scenariul S4.

5.4.8.1. Determinarea gradului de sensibilitate a ratei de actualizare interne (RIR) și a valorii net actualizate (VNA)

Rezultatele obținute pentru scenariile S1-S3 evidențiază faptul că, pentru RIR, valoarea cea mai nefavorabilă este 10,3%, iar valoarea cea mai favorabilă este 11,8%. În cazul VNP rezultatul cel mai nefavorabil este 0,43 lei, iar cel mai favorabil este 0,82 lei. Având în vedere că rata de rentabilitate are valori pozitive, putem deduce că implementarea scenariilor de management al DEEE este rentabilă, deoarece beneficiile rezultate sunt mai mari decât cheltuielile necesare investiției.

5.4.8.2. Analiza variației indicelui de sensibilitate

În cadrul acestei analize au fost parcurse aceleași etape ca în cazul S4 pentru determinarea indicelui de sensibilitate. Investiția pentru implementarea celor trei scenarii este rentabilă din punct de vedere economic, deoarece prezintă un grad de sensibilitate ridicat în ceea ce privește variabilele cheie.

Evaluarea economică a sistemelor de management al deșeurilor de echipamente electrice și electronice prin utilizarea modelelor ACB este esențială pentru a obține o înțelegere cuprinzătoare a eficienței acestor sisteme și a beneficiilor asociate. Această evaluare ajută la fundamentarea deciziilor politice și la dezvoltarea unor strategii sustenabile și eficiente în gestionarea DEEE, contribuind la protejarea mediului și îmbunătățirea performanței economice.

CAPITOLUL 6.

ECO-INOVARA ȘI ECO-PROIECTAREA ÎN SPRIJINUL RĂSPUNDERII EXTINSE A PRODUCĂTORULUI ȘI CREȘTERII EFICIENȚEI MANAGEMENTULUI DEȘEURILOR DE ECHIPAMENTE ELECTRICE ȘI ELECTRONICE

6.1. Scopul și importanța cercetării

Scopul cercetării prezentate în acest capitol este de a evidenția importanța și impactul utilizării conceptelor de eco-inovare și eco-proiectare în managementul responsabil al deșeurilor de echipamente

electrice și electronice (DEEE), în vederea sporirii eficienței și a reducerii impactului asupra mediului înconjurător. Această cercetare își propune să identifice și să evalueze instrumentele de eco-inovare și eco-proiectare care pot fi aplicate în sprijinul răspunderii extinse a producătorului (REP) pentru DEEE. Răspunderea extinsă a producătorului implică ca producătorii să fie responsabili de produsele lor pe întregul ciclu de viață, inclusiv de managementul corespunzător al DEEE generate de acestea.

6.2. Contextul aplicării eco-inovării și eco-proiectării

Producția și consumul echipamentelor electrice și electronice a crescut exponențial în ultimii ani. Zonele cu cea mai rapidă creștere sunt statele membre ale Uniunii Europene. Cercetările indică faptul că principalul obstacol în calea managementului eficient al DEEE în țările în curs de dezvoltare este lipsa legislației de mediu și, în special, a instrumentelor de control în ceea ce privește sectorul public.

6.3. Răspunderea extinsă a producătorului și impactul producției și produselor asupra mediului și societății

Răspunderea extinsă a producătorului (REP) este un concept-cheie în domeniul sustenabilității și al managementului responsabil al produselor. Acesta se referă la responsabilitatea pe care o au producătorii asupra impactului mediului și societății pe parcursul întregului ciclu de viață al produselor lor, de la concepție și producție, până la utilizare și eliminare.

6.3.1. Rolul răspunderii extinse a producătorului în promovarea producției și consumului responsabile

Răspunderea extinsă a producătorului (REP) este un concept din domeniul dreptului și politicii publice care implică atribuirea unei responsabilități mai mari producătorilor pentru impactul produselor lor asupra mediului și societății.

6.3.2. Răspunderea extinsă a producătorului în managementul DEEE

Conceptul de **răspundere extinsă a producătorului în managementul DEEE** implică transferul responsabilității producătorului către acesta pentru managementul adecvat al DEEE generate de produsele sale pe tot parcursul ciclului lor de viață.

6.4. Eco-inovarea și eco-proiectarea – instrumente în sprijinul dezvoltării durabile

Dezvoltarea durabilă reprezintă un obiectiv cheie în societatea contemporană, având în vedere necesitatea protejării mediului înconjurător și menținerea echilibrului între dezvoltarea economică și protecția resurselor naturale. În acest context, eco-inovarea și eco-proiectarea apar ca instrumente esențiale pentru atingerea acestui obiectiv, promovând abordări inovatoare în dezvoltarea de produse și servicii prietenoase cu mediul.

6.4.1. Eco-inovarea

6.4.1.1. Rolul eco-inovării în creșterea performanțelor proceselor, produselor și serviciilor

Eco-inovarea reprezintă procesul prin care sunt dezvoltate și implementate produse, servicii sau procese inovatoare, care au un impact pozitiv asupra mediului și contribuie la dezvoltarea durabilă.

6.4.1.2. Rolul eco-inovării în sprijinul răspunderii extinse a producătorului

Unul dintre aspectele importante ale eco-inovării în sprijinul răspunderii extinse a producătorului (REP) este dezvoltarea de produse ecologice și durabile.

6.4.1.3. Eco-inovarea în creșterea performanțelor sistemelor de management al deșeurilor de echipamente electrice și electronice

Ecoinovarea joacă un rol crucial și aduce o contribuție semnificativă în contextul discutat până acum, în ceea ce privește managementul durabil al DEEE și reducerea impactului asupra mediului.

6.5. Eco-proiectarea

Scopul eco-proiectării constă în crearea de soluții inovatoare care să reducă impactul asupra mediului în toate etapele ciclului de viață al produsului, incluzând materialele utilizate, procesele de producție, utilizarea și eliminarea (Azapagic and Perdan, 2021; Chick and Micklethwaite, 2011).

6.5.1. Rolul eco-proiectării în sprijinul economiei și producătorilor

Prin aplicarea principiilor eco-proiectării, producătorii pot reduce emisiile de gaze cu efect de seră și cantitatea de deșeuri generate în timpul proceselor de producție și utilizare (<https://www.eea.europa.eu/publications/designing-safe-and-sustainable-products-1>).

6.5.2. Rolul eco-inovării și eco-proiectării în conservarea resurselor materiale și energetice

Unul dintre principalele beneficii ale eco-inovării și eco-proiectării este reducerea impactului asupra mediului înconjurător. Prin implementarea a acestor concepte, se poate reduce consumul de resurse naturale, emisiile de gaze cu efect de seră și producerea de deșeuri

6.6. Rolul eco-inovării și eco-proiectării în creșterea performanței managementului deșeurilor de echipamente electrice și electronice

Eco-inovarea și eco-proiectarea sunt abordări fundamentale în creșterea performanței managementului DEEE. Eco-inovarea se referă la dezvoltarea de tehnologii, produse și servicii inovatoare care reduc impactul asupra mediului, în timp ce eco-proiectarea implică integrarea principiilor de durabilitate încă de la stadiul de proiectare a echipamentelor electronice.

6.6.1. Eco-inovarea în managementul DEEE

Eco-inovarea joacă un rol important în sporirea performanței procesele de colectare și tratare a DEEE. Aceasta implică dezvoltarea de tehnologii și soluții inovatoare care facilitează colectarea eficientă și selecția deșeurilor de echipamente electrice și electronice.

6.6.2. Eco-proiectarea în managementul DEEE

Eco-proiectarea ia în considerare aspecte de durabilitate și protecție a mediului încă de la faza inițială de concepție pe baza unor principii și considerând câteva alte instrumente. De asemenea, se dezvoltă soluții de proiectare pentru dispozitive electronice care facilitează demontarea și reciclarea componentelor, precum și utilizarea de materiale reciclabile și biodegradabile în procesul de producție.

6.7. Studii de caz: eco-inovarea și eco-proiectarea pentru echipamente electrice și electronice în sprijinul răspunderii extinse a producătorului

6.7.1. Utilizarea tehnologiei LED în eco-proiectare și impacturi generate în sprijinul REP

Un exemplu de ecoproiectare în cazul unui aparat electronic este utilizarea tehnologiei LED pentru iluminat și, în particular pentru producția de televizoare (CE Regulation, 2019). Acesta este un exemplu

real de eco-proiectare, deoarece are un impact semnificativ asupra eficienței energetice și durabilității produsului. În acest caz, impactul în mediu este redus și poate facilita managementul DEEE (Casamayor and Su, 2013).

6.7.2. Impacturi generate de eco-proiectarea bateriilor reîncărcabile în sprijinul REP

Un exemplu de ecoproiectare poate fi aplicat în cazul bateriilor reîncărcabile. Deși nu sunt incluse în categoria WEEE, bateriile reprezintă o sursă importantă de energie pentru diverse dispozitive electronice, cum ar fi telefoanele mobile, laptopurile sau aparatele foto. Prin aplicarea principiilor ecoproiectării în cazul bateriilor reîncărcabile, se poate obține o serie de beneficii în reducerea impactului asupra mediului.

6.7.3. Eco-proiectarea unei mașini de spălat și impacturi generate în sprijinul REP

Modificările ce pot fi aduse unei mașini de spălat prin eco-proiectare pentru a atinge performanțele de mediu și economice în relație cu răspunderea extinsă a producătorului pot fi diverse și pot varia în funcție de tehnologiile și strategiile utilizate de producători. Prin aplicarea acestor modificări, o mașină de spălat poate deveni o mașină de spălat eco-proiectată, care reduce impactul asupra mediului și contribuie la un management mai eficient al DEEE.

O comparație calitativă între o mașină de spălat eco-proiectată și o mașină de spălat ne-ecoproiectată în ceea ce privește impactul asupra mediului este prezentată în Tabelul 6.3. Mașina de spălat eco-proiectată are un consum redus de energie și apă, emisii reduse de carbon și utilizează mai puține substanțe chimice. De asemenea, este mai durabilă și mai ușor de reciclat. În ceea ce privește eficiența la spălare, aceasta este bună, iar impactul asupra biodiversității este redus. În schimb, mașina de spălat ne-ecoproiectată are un consum ridicat de energie și apă, emisii ridicate de carbon, utilizează mai multe substanțe chimice și are un impact variabil asupra biodiversității. Durabilitatea și reciclabilitatea pot varia în funcție de produs.

Tabelul 6.3. Compararea calitativă între o mașină de spălat eco-proiectată și o mașină de spălat ne-ecoproiectată din punctual de vedere al impactului asupra mediului

Factori de impact asupra mediului	Mașină de spălat eco-proiectată	Mașină de spălat ne-ecoproiectată
Consum de energie	Redus	Ridicat
Consum de apă	Redus	Ridicat
Emisii de carbon	Reduse	Ridicate
Utilizare de substanțe chimice	Redusă	Ridicată
Durabilitate	Înaltă	Variabilă
Reciclabilitate	Înaltă	Variabilă
Eficiență la spălare	Bună	Variabilă
Opțiuni de programare	Diverse	Limitate
Zgomot	Redus	Limitat
Versatilitate	Bună	Variabilă
Design și funcționalitate	Inovativ	Obișnuit
Impactul asupra biodiversității	Redus	Variabil

Câteva date concrete referitoare la impactul mediului al mașinii de spălat eco-proiectate în comparație cu un produs ne-ecoproiectat sunt prezentate în Tabelul 6.4. Aceste date evidențiază beneficiile ecoproiectării în reducerea impactului asupra mediului și în creșterea eficienței utilizării resurselor. Prin dezvoltarea de produse ecologice, putem contribui la un management mai durabil al DEEE și la protejarea mediului înconjurător.

Tabelul 6.4. Date comparative privind performanța unei mașini de spălat utilizată curent
și a unei mașini de spălat eco-proiectate

Indicator	Mașină de spălat ne-ecoproiectată	Mașină de spălat eco-proiectată
Consum de energie (kWh/an)	400	300
Consum de apă (litri/spălare)	60	40
Emisii de CO ₂ (kg/an)	300	200
Materiale reciclate (%)	10	30
Durată de viață (ani)	10	15

6.8. Eco-eficiența REP și managementului DEEE

6.8.1. Eco-eficiența: transformarea pentru un viitor durabil

Educația și conștientizarea joacă un rol crucial în promovarea eco-eficienței. Este important să informăm și să implicăm comunitățile în adoptarea practicilor durabile, să încurajăm reducerea consumului de resurse și să promovăm reciclarea și re folosirea în viața de zi cu zi. Guvernele, organizațiile non-guvernamentale și sectorul privat pot colabora pentru a dezvolta politici și inițiative care să încurajeze eco-eficiența și să ofere stimulente și facilități pentru adoptarea practicilor sustenabile (Puertas et al., 2022).

6.8.2. Eco-eficiența în managementul DEEE

Eco-eficiența poate fi aplicată pentru evaluarea performanței economice și ecologice în abordarea durabilă a problemelor legate de deșeurile de echipamente electrice și electronice. Managementul adecvat al DEEE-urilor este esențial pentru protejarea mediului și prevenirea efectelor negative asupra sănătății umane (Shittu et al., 2021). **O abordare eco-eficientă în acest domeniu implică implementarea unor strategii și practici care să maximizeze eficiența utilizării resurselor și să minimizeze impactul asupra mediului în fiecare etapă a ciclului de viață al echipamentelor electrice și electronice.**

6.8.3. Evaluarea eco-eficienței unor echipamente electrice și electronice

Există mai multe modalități de a calcula eco-eficiența în contextul managementului DEEE și a echipamentelor eco-proiectate. Una dintre abordări este utilizarea unei formule simple, numită "eco-eficiența absolută", care este raportul dintre beneficiile ecologice și costurile ecologice (Kortelainen and Kuosmanen, 2007; Pereira et al., 2018):

$$\text{Eco-eficiență absolută} = \text{Beneficii ecologice} / \text{Costuri ecologice}$$

Beneficiile ecologice pot fi exprimate în termeni de economisire a energiei, reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră, conservarea resurselor naturale etc. Aceste beneficii pot fi măsurate în unități specifice, cum ar fi kWh economisiți, tone de emisii de CO₂ evitate sau kilograme de resurse naturale economisite. *Costurile ecologice* includ consumul de resurse naturale, emisiile de gaze cu efect de seră, deșeurile generate etc. Aceste costuri pot fi exprimate în termeni monetari sau în unități specifice, cum ar fi tone de emisii de CO₂ generate sau kilograme de deșeuri generate. În Tabelul 6.5 se prezintă câteva date despre calculul eco-eficienței pentru mașina de spălat eco-proiectată. Datele primare au fost preluate din literatură.

**Modele de management și alternative de valorificare durabilă
a deșeurilor de echipamente electrice și electronice
Rezumatul tezei de doctorat**

Tabelul 6.5. Eco-eficiența absolută pentru mașina de spălat eco-proiectată

Aspect	Mașină de spălat ecoproiectată	Mașină de spălat necoproiectată
Beneficii ecologice	Economisirea anuală a apei: 5.000 L Reducerea emisiilor de CO ₂ : 50 kg pe an	Economisirea anuală a apei: 3.000 L Reducerea emisiilor de CO ₂ : 30 kg pe an
Costuri ecologice	Consumul de energie: 150 kWh pe an Consumul de apă: 6.000 L pe an Emisiile de CO ₂ generate: 60 kg pe an	Consumul de energie: 180 kWh pe an Consumul de apă: 7.000 L pe an Emisiile de CO ₂ generate: 70 kg pe an
Eco-eficiență absolută	(Economisirea anuală a apei + Reducerea emisiilor de CO ₂) / (Consumul de energie + Consumul de apă + Emisiile de CO ₂ generate)	(5.000 L + 50 kg) / (150 kWh + 6.000 litri + 60 kg) = 0.065

CONCLUZII FINALE

Teza de doctorat intitulată „**MODELE DE MANAGEMENT ȘI ALTERNATIVE DE VALORIFICARE DURABILĂ A DEȘEURILOR DE ECHIPAMENTE ELECTRICE ȘI ELECTRONICE**” are ca obiectiv fundamental **analiza lanțului de generare, colectare și valorificare a DEEE prin prisma performanțelor ecologice și economice, cu impact atât asupra mediului înconjurător, cât și asupra societății în ansamblul ei, precum și a unor instrumente care să vină în sprijinul răspunderii extinse a producătorului.**

Analiza are în vedere situația comparativă a performanțelor a două sisteme de management al DEEE: municipiul Iași, România și orașul Bologna, Italia, pentru care s-au cercetat asemănările și deosebirile din punctul de vedere al impacturilor socio-economice și de mediu și s-au propus alternative pentru îmbunătățirea acestor performanțe.

Pentru îndeplinirea obiectivului fundamental au fost stabilite și realizate următoarele obiective specifice:

- ✓ analiza critică a stadiului cercetărilor privind sistemului de management a deșeurilor solide și în particular al deșeurilor de echipamente electrice și electronice la nivel internațional, cu accent pe sistemul adoptat la nivel național și la nivel european;
- ✓ analiza calitativă și cantitativă a fluxului de DEEE la nivel european și național;
- ✓ analiza alternativelor și scenariilor de management al DEEE (tratate, reciclare, reutilizare, recuperare) în Iași, România și Bologna, Italia;
- ✓ studiul performanței de mediu a scenariilor de management al DEEE pe baza metodologiei evaluării ciclului de viață (ACV): compararea performanțelor de mediu în studii de caz aplicate comparativ, în România și Italia;
- ✓ studiul performanțelor economico-sociale a scenariilor de management al DEEE pe baza analizei cost-beneficiu (ACB) și a analizei de sensibilitate: compararea performanțelor economico-sociale în studii de caz aplicate comparativ, pentru Italia și România.

Teza de doctorat a fost structurată în două părți principale ce cuprind șase capitole, precum concluzii generale, bibliografie și 3 anexe.

Rezultatele experimentale obținute și prezentate în partea de contribuții originale a tezei de doctorat au condus la formularea următoarelor concluzii finale:

- În România, sistemul de management DEEE încă necesită îmbunătățiri la nivelul etapelor de informare, colectare și reciclare a deșeurilor astfel încât să se îndeplinească cu eficiență mai mare rata de colectare impusă prin reglementările europene.
- Comportamentul utilizatorilor în ceea ce privește debarasarea conformă a DEEE-urilor este influențat de factori economici, sociali, culturali, educaționali și influențează major toate etapele incluse în ciclul managementului DEEE. Prin urmare, în România se desfășoară recurent campanii de creștere

a gradului de conștientizare privind impactul acestei categorii de deșeuri și modul eficient de gestionare.

- S-au identificat o serie de caracteristici specifice managementului DEEE în România privind colectarea formală și informală a deșeurilor electrice și electronice, sistemul informal având o amploare semnificativă la nivelul spațiului românesc.

Cercetarea realizată aduce contribuții noi și originale privind:

- Analiza comparativă a două sisteme europene de management al DEEE, din România, respectiv Italia privind impactul de mediu al acestora, prin prisma metodologiei de evaluare a ciclului de viață (ACV) și recomandări privind creșterea performanței de mediu;
- Sistemul este studiat și optimizat concentrându-se pe minimizarea impactului asupra mediului și creșterea beneficiilor economice, astfel încât să se îmbunătățească performanța generală economico-socială de mediu a unui sistem de management integrat al DEEE.
- În analizele elaborate s-au aplicat atât abordări calitative, cât și cantitative:
 - metodele calitative descriu fluxurile de materiale în sistemele de management al DEEE și structura dinamicii materialelor în cadrul sistemului;
 - metodele cantitative presupun cuantificarea eficacității scenariilor de management al DEEE din punct de vedere al eficienței tehnico-economice, sociale și de mediu.
- Evaluarea costurilor și beneficiilor scenariilor de management al DEEE propuse pentru municipiul Iași, România și orașul Bologna-Italia aplicând analiza cost-beneficiu (ACB). Pentru identificarea variabilelor și factorilor ce influențează semnificativ impactul generat s-a realizat analiza de sensibilitate.
- Analiza oportunității aplicării instrumentelor eco-inovării și eco-proiectării în producția echipamentelor electrice și electronice și care să vină în sprijinul răspunderii extinse a producătorului și să sporească eco-eficiența managementului DEEE
- Aplicarea rezultatelor obținute în urma studiilor și cercetărilor efectuate pentru îndeplinirea obiectivelor tezei de doctorat, cu impact pe termen scurt, mediu și lung asigurând:
 - (i) o utilizare mai eficientă a materialelor, atât la începutul cât și la sfârșitul vieții lor,
 - (ii) o epuizare redusă a resurselor naturale finite și o dependență redusă de depozitarea deșeurilor,
 - (iii) utilizarea și reutilizarea eficientă de materii prime secundare, critice
 - (iv) îmbunătățirea eficienței economice cu impact redus asupra mediului (eco-eficiență sporită).
- Este pentru prima dată când acest tip de abordare este aplicată în evaluarea managementului DEEE în România și pentru compararea cu alte sisteme de management, precum cel din Italia.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

- Ádám, B., Göen, T., Scheepers, P.T.J., Adliene, D., Batinic, B., Budnik, L.T., Duca, R.C., Ghosh, M., Giurgiu, D.I., Godderis, L., Goksel, O., Hansen, K.K., Kassomenos, P., Milic, N., Orru, H., Paschalidou, A., Petrovic, M., Puiso, J., Radonic, J., Sekulic, M.T., Teixeira, J.P., Zaid, H., Au, W.W., 2021. From inequitable to sustainable e-waste processing for reduction of impact on human health and the environment. *Environ. Res.* 194. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110728>
- Awasthi, A.K., Li, J., 2017. Management of electrical and electronic waste: A comparative evaluation of China and India. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 76, 434–447. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.067>
- Azapagic, A., Perdan, S., 2021. *Sustainable Engineering: Principles and Implementation*. Wiley.
- Baldé, C.P., Forti, V., Gray, V., Kuehr, R., Stegmann, P., 2017. *The global e-waste monitor 2017*, United Nations University. <https://doi.org/10.1016/j.proci.2014.05.148>

**Modele de management și alternative de valorificare durabilă
a deșeurilor de echipamente electrice și electronice
Rezumatul tezei de doctorat**

- Casamayor, J.L., Su, D. 2013. Integration of eco-design tools into the development of eco-lighting products. *J. Clean. Prod.* 47, 32-42.
- Cellini, S.R., Kee, J.E., 2015. Cost-Effectiveness and Cost-Benefit Analysis. In: *Handbook of Practical Program Evaluation*, Fourth Edition, Newcomer, K.E., Hatry, H.P., Wholey, J.S. (Eds.), Wiley, New York, 636-672.
- Chick, A., Micklethwaite, P., 2016. *Design for Sustainable Change: How Design and Designers Can Drive the Sustainability Agenda*. Bloomsbury Visual Arts.
- Di Maria, F., Lovat, E., Caniato, M., 2018. Waste management in developed and developing countries: The case study of Umbria (Italy) and the West Bank (Palestine). *Detritus* 3, 171–180. <https://doi.org/10.31025/2611-4135/2018.13690>
- Directiva UE 19, 2012. Directiva 2012/19/UE a Parlamentului European și a Consiliului din 4 iulie 2012 privind deșeurile de echipamente electrice și electronice (DEEE). *Jurnalul Oficial al Uniunii Europene*, L 197, 38-71.
- European Commission, 2012. Directive 2002/95/EC of the European Parliament and of the Council of 27 January 2003 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment (RoHS). *Official Journal L037*, 13/02/2003 p. 19–23; 2002b <http://. Off. J. Eur. Union> 37.
- Forti, V., Baldé, C.P., Kuehr, R., Bel, G., 2020a. The Global E-waste Monitor 2020, Quantities, flows, and the circular economy potential.
- Forti, V., Baldé, C.P., Kuehr, R., Bel, G., 2020b. The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows, and the circular economy potential. United Nations University (UNU)/United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) – co-hosted SCYCLE Programme, International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Rotterdam.
- Frischknecht, R., Jungbluth, N., Althaus, H.-J., Bauer, C., Doka, G., Dones, R., Hirschier, R., Hellweg, S., Humbert, S., Köllner, T., Loerincik, Y., Margni, M., Nemecek, T., 2007. Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods, *Ecoinvent Report No. 3*, v2.0. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf.
- Ghiga, S., Hlihor, R., Simion, I., Filote, C., Bonoli, A., Gavrilescu, M., 2021. Environmental impact caused by the waste of electrical and electronic equipment: an Italian scenario, *Lucrări Științifice Seria Horticultură*, 62, 137-148.
- Ghiga, S.C., David, M., Minu, M., Comanita-Ungureanu, E.D., Cozma, P., Gavrilescu, M., 2020. Reducing health and ecological risks by using WEEE as secondary sources for critical raw materials. 2020 8th E-Health Bioeng. Conf. EHB 2020 18–21. <https://doi.org/10.1109/EHB50910.2020.09280253>
- Ibanescu, D., Cailean (Gavrilescu), D., Teodosiu, C., Fiore, S., 2018. Assessment of the waste electrical and electronic equipment management systems profile and sustainability in developed and developing European Union countries. *Waste Manag.* 73, 39–53. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.12.022>
- ILCD Handbook, 2010. *General Guide for Life Cycle Assessment - Detailed Guidance*, European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability, Luxembourg.
- Isernia, R., Passaro, R., Quinto, I., Thomas, A., 2019. The reverse supply chain of the e-waste management processes in a circular economy framework: Evidence from Italy. *Sustain.* 11. <https://doi.org/10.3390/su11082430>
- Kortelainen, M., Kuosmanen, T., 2007. Eco-efficiency analysis of consumer durables using absolute shadow prices. *J. Product. Anal.* 28, 57-69.
- Kupfer, T., Baitz, M., Colodel, C.M., Kokborg, M., Schöll, S., Rudolf, M., Bos, U., Bosch, F., Gonzalez, M., Schuller, O., Hengstler, J., Stroffregen, A., Thylmann, D., Koffler, C., 2021. *GaBi Databases & Modelling Principles*.
- Lasaridi, K., Chroni, C., Zorpas, A.A., Abeliotis, K., 2016. Chapter 4. Waste prevention, in: *Sustainable Solid Waste Management*. pp. 53–94. <https://doi.org/10.1061/9780784414101.ch04>
- Lamnatou, Chr., Chemisana, D., 2015. Evaluation of photovoltaic-green and other roofing systems by means of ReCiPe and multiple life cycle-based environmental indicators, *Building and Environment*, 93, 376–384.
- Lopez, D., Froese, T.M., 2016. Analysis of costs and benefits of panelized and modular prefabricated homes. *Procedia Eng.* 145, 1291–1297. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.166>
- Marconi, M., Gregori, F., Germani, M., Papetti, A., Favi, C., 2018. An approach to favor industrial symbiosis: The case of waste electrical and electronic equipment. *Procedia Manuf.* 21, 502–509. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.150>
- Martinho, G., Pires, A., Saraiva, L., Ribeiro, R., 2012. Composition of plastics from waste electrical and electronic equipment (WEEE) by direct sampling. *Waste Manag.* 32, 1213–1217. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.02.010>

**Modele de management și alternative de valorificare durabilă
a deșeurilor de echipamente electrice și electronice
Rezumatul tezei de doctorat**

- Mihai, F.C., Gnoni, M.G., Meidiana, C., Ezeah, C., Elia, V., 2019. Waste electrical and electronic equipment (WEEE): Flows, quantities, and management-a global scenario, *Electronic Waste Management and Treatment Technology*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816190-6.00001-7>
- Noel, L., McCormack, R., 2014. A cost benefit analysis of a V2G-capable electric school bus compared to a traditional diesel schoolbus, *Applied Energy* 126, 246–255.
- Ollio, F., 2011. Valorizzazione delle risorse primarie e secondarie Valutazione tecnico-economica di un impianto per il pretrattamento di rifiuti elettrico-elettronici: il caso DISMECO. Teză de doctorat, Alma Mater Studiorum - Università Di Bologna, Facolta' Di Ingegneria, Bologna, Italia, On line: https://amslaurea.unibo.it/2462/1/tesi_pdf.pdf
- Ongondo, F.O., Williams, I.D., Cherrett, T.J., 2011. How are WEEE doing? A global review of the management of electrical and electronic wastes. *Waste Manag.* 31, 714–730. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.10.023>
- Parlamentul și Consiliul European, 1999. Directiva 1999/31/CE a Consiliului din 26 aprilie 1999 privind depozitele de deșeuri.
- Păceșilă, M., Ciocoiu, C.N., Colesca, S.E., Burcea, S.G., 2016. Current Trends in WEEE Management in Romania. *Theor. Empir. Res. Urban Manag.* 11, 46–59.
- PE International, 2009. Handbook for Life Cycle Assessment (LCA) Using the GaBi Education Software Package, Germany.
- Peluola, A., 2016. Investigation of the implementation and effectiveness of electronic waste management in Nigeria. *Model. Earth Syst. Environ.* 2, 1–6. <https://doi.org/10.1007/s40808-016-0155-1>
- Pereira, C.P., Prata, D.M., de S. Santos, L., Monteiro, L.P.C., 2018. Development of eco-efficiency comparison index through eco-indicators for industrial applications. *Braz. J. Chem. Eng.* 35, <https://doi.org/10.1590/0104-6632.20180351s20160370>
- Puertas, R., Guaita-Martinez, J.M., Carracedo, P., Ribeiro-Soriano, D., 2022. Analysis of European environmental policies: Improving decision making through eco-efficiency, *Technol. Soc.* 70, 102053, <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.102053>.
- Shittu, O.S., Williams, I.D., Shaw, P.J., 2021. Global E-waste management: Can WEEE make a difference? A review of e-waste trends, legislation, contemporary issues and future challenges. *Waste Manag.* 120, 549–563. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.10.016>
- Sthiannopkao, S., Wong, M.H., 2013. Handling e-waste in developed and developing countries: Initiatives, practices, and consequences. *Sci. Total Environ.* 463–464, 1147–1153. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.06.088>
- Supawanich, P., Malakul, P., Gani, R., 2015. Life Cycle Assessment Studies of Chemical and Biochemical Processes through the new LCSoft, 12th International Symposium on Process Systems Engineering and 25th European Symposium on Computer Aided Process Engineering. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63576-1.50119-9>
- Tan, M.J., Owh, C., Chee, P.L., Kyaw, A.K.K., Kai, D., Loh, X.J., 2016. Biodegradable Electronics: Cornerstone for sustainable electronics and transient applications. *J. Mater. Chem. C* 4, 5531–5558. <https://doi.org/10.1039/C6TC00678G>
- Tischner, U., Hora, M., 2019. Sustainable electronic product design, *Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Handbook*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102158-3.00017-3>
- van Oers, L., de Koning, A., Guinee, J.B., Huppes, G., 2002. Abiotic resource depletion in LCA, On line: <http://media.leidenuniv.nl/legacy/report%20abiotic%20resource%20depletion.pdf>.
- Yu, Y., Chen, B., Huang, K., Wang, X., Wang, D., 2014. Environmental impact assessment and end-of-life treatment policy analysis for Li-ion batteries and Ni-MH batteries. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 11, 3185–3198. <https://doi.org/10.3390/ijerph110303185>
- Zacho, K.O., Bundgaard, A.M., Mosgaard, M.A., 2018. Constraints and opportunities for integrating preparation for reuse in the Danish WEEE management system. *Resour. Conserv. Recycl.* 138, 13–23. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.06.006>
- Zeng, X., Zheng, L., Xie, H., Lu, B., Xia, K., Chao, K., Li, W., Yang, J., Lin, S., Li, J., 2012. Current Status and Future Perspective of Waste Printed Circuit Boards Recycling. *Procedia Environ. Sci.* 16, 590–597. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2012.10.081>
- Zhang, L., Geng, Y., Zhong, Y., Dong, H., Liu, Z., 2019. A bibliometric analysis on waste electrical and electronic equipment research. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 26, 21098–21108. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05409-2>

ACTIVITATEA ȘTIINȚIFICĂ

Rezultatele obținute în cadrul activității de cercetare efectuată în perioada studiilor universitare de doctorat au fost concretizate astfel:

- Două articole științifice acceptate și publicate în jurnale incluse în Web of Science, cu factor de impact
- Două articole publicate în Conference Proceedings incluse în Web of Science;
- Un articol publicat în revistă cotate CNCSIS (B+);
- Participarea la conferințe internaționale cu șase comunicări orale și patru postere;
- Efectuarea unui stagiu de cercetare de trei luni (1 Septembrie - 30 Noiembrie 2017) la Universitatea *Alma Mater Studiorum din Bologna*, Italia, Departamentul de Inginerie Chimică, Materiale și Mediu (DICAM), în cadrul programului Erasmus+.

Lista lucrărilor publicate:

A. Lucrări științifice publicate în reviste incluse în Web of Science cu factor de impact

1. *Comparative analysis of three WEEE management scenarios based on LCA methodology: Case study in the Municipality of Iasi, Romania*, **Simona Cecilia Ghiga**, Isabela Maria Simion, Cătălina Filote, Mihaela Roșca, Raluca Maria Hlihor, Maria Gavrilăscu, *Processes*, 11, 1305, <https://doi.org/10.3390/pr11051305> (2023)
2. *Composition and management strategies of waste of electrical and electronic equipment waste – a review*, **Simona Cecilia Ghiga**, Isabela Maria Simion, Cătălina Filote, Mihaela Roșca, Raluca-Maria Hlihor, Maria Gavrilăscu, *Environmental Engineering and Management Journal*, 22 (3), 2023.

B. Lucrări științifice publicate în volume ISI Proceedings (incluse în Web of Science)

1. *Reducing health and ecological risks by using WEEE as secondary sources for critical raw materials*, **Simona Cecilia Ghiga**, Mihaela David, Mariana Minuț, Elena-Diana Comăniță-Ungureanu, Petronela Cozma, Maria Gavrilăscu, *The 8th IEEE International Conference on E-Health and Bioengineering - EHB 2020*, Grigore T. Popa University of Medicine and Pharmacy, Web Conference, Romania, October 29-30, <http://doi.org/10.1109/EHB50910.2020.9280253> (2020), WOS: 000646194100122
2. *Life cycle assessment of paper manufacturing: environmental and human health impacts*, Isabela Maria Simion, Elena-Diana Comăniță, Raluca Maria Hlihor, Petronela Cozma, **Simona Cecilia Ghiga**, Mihaela Roșca, Maria Gavrilăscu, *E-Health and Bioengineering Conference (EHB)*, Grigore T. Popa University of Medicine and Pharmacy, 22-24 June, <http://doi.org/10.1109/EHB.2017.7995424> (2017), WOS:000445457500079

C. Lucrări științifice publicate în reviste CNCSIS (B+) /incluse în BDI

1. *Environmental impact caused by the waste of electrical and electronic equipment: an Italian scenario*, **Ghiga Simona Cecilia**, Hlihor Raluca-Maria, Simion Isabela Maria, Filote Cătălina, Bonoli Alessandra, Gavrilăscu Maria, *Lucrări Științifice, Seria Horticultură*, 62(2), 137-148, (2019)

Lista lucrărilor comunicate la conferințe internaționale și naționale

- Reducing health and ecological risks by using WEEE as Secondary Sources for Critical Raw Materials*, **Simona Cecilia Ghiga**, Mihaela David, Mariana Minuț, Elena-Diana Comanita-Ungureanu, Petronela Cozma, Maria Gavrilescu, *The 8th IEEE International Conference on E-Health and Bioengineering - EHB 2020*, 29-30 Octombrie, 2020, Grigore T. Popa University of Medicine and Pharmacy, Conferință online, Iași, România (Prezentare orală)
- WEEE collection targets in Romania and the difficulty of fulfilling them*, **Ghiga Simona Cecilia**, Hlihor Raluca Maria, Simion Isabela Maria, Gavrilescu Maria, Life Sciences Today for Tomorrow International Congress, 22-23 Octombrie, 2020, “Ion Ionescu de la Brad” Iasi University of Life Sciences, Iași, România (Prezentare orală)
- O comparație a strategiilor de management a DEEE-urilor aplicate în România și Italia*, **Ghiga Simona Cecilia**, Hlihor Raluca Maria, Simion Isabela Maria, Gavrilescu Maria, Conferința Științele Vieții, O provocare pentru viitor, 17-18 Octombrie, 2019, “Ion Ionescu de la Brad” Iasi University of Life Sciences, Iași, România (Prezentare orală)
- Perspectives on e-waste environmental impacts based on life cycle assessment*, **Ghiga Simona Cecilia**, Simion Isabela Maria, Hlihor Raluca Maria, Gavrilescu Maria, U.S.A.M.V. IASI OPEN DAYS, 18-19 Octombrie, 2018, “Ion Ionescu de la Brad” Iasi University of Life Sciences, Iași, România (Poster)
- Perspectives on waste electrical and electronic equipment management system in Romania*, **Ghiga Simona Cecilia**, Hlihor Raluca Maria, Simion Isabela Maria, Gavrilescu Maria, 9th International Conference on Environmental Engineering and Management (ICEEM 09), 6-9 Septembrie, 2017, Bologna, Italia (Poster)
- Evaluation of eco-efficiency by multicriteria decision analysis. case study of eco-innovated and eco-designed products from recyclable waste*, Elena-Diana Comăniță, Isabela Maria Simion, Petronela Cozma, Camelia Smaranda, Raluca Maria Hlihor, Cristina Ghinea, **Simona Cecilia Ghiga**, Mihaela Roșca, Gavrilescu Maria, 9th International Conference on Environmental Engineering and Management (ICEEM 09), 6-9 Septembrie, 2017, Bologna, Italia (Poster)
- Indicators for knowledge transfer from university to industry for life cycle extending in the context of circular economy*, Petronela Cozma, Teofil Câmpean, Ariadna Negruț, Mihaela Roșca, Isabela Maria Simion, Elena-Diana Comăniță, **Simona Cecilia Ghiga**, Camelia Smaranda, Raluca Maria Hlihor, Gavrilescu Maria, 9th International Conference on Environmental Engineering and Management (ICEEM 09), 6-9 Septembrie, 2017, Bologna, Italia (Prezentare orală)
- Life cycle cost analysis of alternatives for closing the loop in a manufacturing sector based on eco-innovation and ecodesign*, Elena-Diana Comăniță, Isabela Maria Simion, Petronela Cozma, Camelia Smaranda, Raluca Maria Hlihor, Cristina Ghinea, **Simona Cecilia Ghiga**, Mihaela Roșca, Gavrilescu Maria, 9th International Conference on Environmental Engineering and Management (ICEEM 09), 6-9 Septembrie, 2017, Bologna, Italia (Prezentare orală)
- Life cycle analysis of processes and products manufactured from production waste based on eco-innovation and eco-design principles*, Isabela Maria Simion, Elena-Diana Comăniță, Petronela Cozma, Cristina Ghinea, Teofil Câmpean, Raluca Maria Hlihor, Mihaela Roșca, **Simona Cecilia Ghiga**, Camelia Smaranda, Gavrilescu Maria, 9th International Conference on Environmental Engineering and Management (ICEEM 09), 6-9 Septembrie, 2017, Bologna, Italia (Prezentare orală)
- Life cycle assessment implications for waste from electrical and electronic equipment (WEEE)*, **S.C. Ghiga**, I. M. Simion, N. Napoletano, A. Bonoli, R.M. Hlihor, M. Gavrilescu, 7th International Congress of Energy and Environment Engineering and Management (CIEM7), 17-19 Iulie, 2017, Insulele Canare, Spania (Poster)

Life cycle assessment of paper manufacturing: environmental and human health impacts, Isabela Maria Simion, Elena-Diana Comăniță, Raluca Maria Hlihor, Petronela Cozma, **Simona Cecilia Ghiga**, Mihaela Roșca, Maria Gavrilescu, *E-Health and Bioengineering Conference (EHB)*, Grigore T. Popa University of Medicine and Pharmacy, 22-24 Iunie, 2017, Sinaia, România (Poster)

Implicarea în programe de educație, conștientizare a elevilor, studenților, a populației în general în legătură cu managementul deșeurilor

1. Program *Ambalaje colectăm, Rechizite câștigăm*, dedicat firmelor și instituțiilor publice de pe raza județelor Iași, Botoșani și Vaslui
Perioada desfășurării: 2018-2020

2. Program de colectare a DEEE: *Aparatele stricate cer să fie reciclate!*, dedicat firmelor și instituțiilor publice de pe raza județelor Iași, Botoșani și Vaslui
Perioada desfășurării: 2020-2021

3. Program: *Curățenia înseamnă sănătate*, dedicat primăriilor de pe raza județelor Iași, Botoșani și Vaslui
Perioada desfășurării: 2020-2021

4. Proiect: *Patrula de reciclare* (program național de educație de mediu care se derulează în cadrul învățământului preuniversitar din toată țara, cu avizul Ministerului Educației Naționale, în parteneriat cu Ministerul Mediului, Apelor și Pădurilor și Inspectoratele Școlare locale)
Perioada desfășurării: 2011-

**Modele de management și alternative de valorificare durabilă
a deșeurilor de echipamente electrice și electronice**
Rezumatul tezei de doctorat
