



UNIVERSITATEA TEHNICĂ
"GHEORGHE ASACHI" DIN IAȘI

Facultatea de Inginerie Chimică și
Protecția Mediului



WASTE MANAGEMENT MODELS AND THEIR APPLICATION TO SUSTAINABLE MANAGEMENT OF RECYCLABLE WASTE

MODELE DE MANAGEMENT AL DEȘEURILOR ȘI APLICAREA LOR PENTRU MANAGEMENTUL DURABIL AL DEȘEURILOR RECICLABILE

- REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT -

Conducători de doctorat:

Prof.univ.dr.ing. Maria Gavrilescu

Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași, România

Prof.univ.dr. Hans Th. A. Bressers

Universitatea Twente, Enschede, Olanda

Doctorand:
ing. **Cristina Ghinea**

IAȘI - 2012



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECTIEI SOCIALE
AMP/POSDRU



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI,
TINERETULUI
ȘI SPORTULUI
OP/POSDRU



UNIVERSITATEA TEHNICĂ
"GHEORGHE ASACHI"
DIN IASI

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

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

Proiect finanțat în perioada 2009 - 2012.

Finanțare proiect: 18.943.804,97 RON

Beneficiar: Universitatea Tehnică “Gheorghe Asachi” din Iași

Partener: Universitatea „Babeș Bolyai” din Cluj-Napoca

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

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

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

Către

Vă facem cunoscut că, în ziua de **21 Septembrie 2012** la ora 11.30 în **Sala de Consiliu a Facultății de Inginerie Chimică și Protecția Mediului**, va avea loc susținerea publică a tezei de doctorat intitulată:

**"WASTE MANAGEMENT MODELS AND THEIR APPLICATION TO SUSTAINABLE
MANAGEMENT OF RECYCLABLE WASTE"**

**(Modele de management al deșeurilor și aplicarea lor pentru managementul durabil
al deșeurilor reciclabile)**

elaborată de inginer **Cristina GHINEA** în vederea conferirii titlului științific de doctor.

Comisia de doctorat este alcătuită din:

- | | |
|--|-----------------------|
| 1. Prof. univ. dr. ing. Nicolae HURDUC
Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași | președinte |
| 2. Prof. univ. dr.ing. Maria GAVRILESCU
Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași | conducător științific |
| 3. Prof. univ. dr. Hans BRESSERS
Universitatea TWENTE, Enschede, Olanda | conducător științific |
| 4. Prof. univ. dr.ing. Akos REDEY
Universitatea „Pannonia”, Veszprem, Ungaria | referent oficial |
| 5. Prof.univ. dr. ing. Rodica STĂNESCU
Universitatea Politehnică din București | referent oficial |
| 6. Prof.univ. dr. ing. Carmen TEODOSIU
Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași | referent oficial |

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

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

Prof.univ.dr.ing.**ION GIURMA**



Secretar universitate,
Ing.
Cristina Nagi

Mulțumiri

În primul rând aș dori să mulțumesc conducătorilor de doctorat, doamnei Profesor Maria Gavrilescu și domnului Profesor Hans Th. A. Bressers pentru îndrumarea și sprijinul oferit pe parcursul programului de doctorat.

Sincere mulțumiri și deosebită recunoștință adresez doamnei Profesor Maria Gavrilescu pentru înțelegere, răbdare și pentru contribuția la formarea mea profesională. Îi sunt recunoscătoare pentru că a crezut în mine, pentru inspirația, observațiile constructive și încurajarea oferită.

Alese mulțumiri aș dori să adresez domnului Profesor Hans Bressers pentru oportunitatea oferită de a lucra ca doctorand sub coordonarea domniei sale în cadrul Centrului pentru Studii în Tehnologie și Dezvoltare Durabilă (CSTM), de la Universitatea Twente din Olanda.

Mulțumesc distinșilor referenți din componența Comisiei de evaluare și susținere a tezei de doctorat prezidate de domnul profesor Nicolae Hurduc, doamnei profesor Carmen Teodosiu de la Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași, doamnei profesor Rodica Stanescu de la Universitatea "Politehnica", București și domnului profesor Akos Redey Universitatea Pannonia, Veszprem, Ungaria, pentru răbdarea cu care au analizat lucrarea de față precum și pentru sugestiile formulate.

Aș dori să îmi exprim recunoștința domnului Dick Hoogendoorn, director al Asociației Olandeze de Management al Deșeurilor, pentru furnizarea de informații valoroase privind managementul deșeurilor precum și pentru facilitarea vizitelor de la companiile Twence BV și Attero din Olanda.

De asemenea, aș dori să mulțumesc domnilor Wim de Jong, manager de strategie și politică în cadrul companiei Twence din Hengelo, Adrie Veecken, senior inginer pentru bioconversie de la compania Attero din Venlo și Michiel Adriaanse de la Centrul de Competență pentru Hârtie și Carton din Arnhem, Olanda pentru discuțiile fructuoase pe care le-am avut și pentru furnizarea de informații utile.

Mulțumesc echipei manageriale care a realizat Proiectul EURODOC „Burse doctorale pentru performanță de cercetare la nivel european”, ID 59410, proiect finanțat de Fondul Social European al cărui beneficiar am fost în perioada elaborării prezentei tezei de doctorat.

Sincere mulțumiri adresez profesorilor de la Departamentul de Ingineria și Managementul Mediului din cadrul Facultății de Inginerie Chimică și Protecția Mediului care au contribuit în mod direct la formarea mea profesională.

Aș dori, de asemenea, să mulțumesc colegilor din cadrul Departamentului de Ingineria și Managementul Mediului precum și colegilor din cadrul Centrului pentru Studii în Tehnologie și Dezvoltare Durabilă (CSTM), de la Universitatea Twente din Olanda pentru sprijin și buna colaborare.

Mulțumesc în mod deosebit familiei pentru sprijinul, înțelegerea și încurajările oferite de-a lungul întregii vieți.

Iași, Septembrie 2012

CUPRINS

INTRODUCERE.....	1
1. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRIILOR ÎN DOMENIUL MANAGEMENTULUI DURABIL AL DEȘEURILOR.....	11
1.1. Tendințe în managementul deșeurilor solide.....	11
1.2. Managementul durabil al materialelor.....	13
1.3. Managementul ecologic al deșeurilor și ierarhia managementului deșeurilor.....	16
1.4. Prevenirea și minimizarea deșeurilor.....	18
1.5. Sisteme de management integrat al deșeurilor solide.....	21
1.6. Managementul deșeurilor solide și instrumente ale managementului durabil....	24
Concluzii.....	27
2. METODOLOGII PENTRU EVALUAREA DURABILITĂȚII SISTEMELOR DE MANAGEMENT AL DEȘEURILOR ȘI DEZVOLTAREA INSTRUMENTELOR DE DECIZIE SUPT.....	29
2.1. Ciclul de viață și evaluarea managementului deșeurilor.....	30
2.1.1. Evaluarea ciclului de viață și managementul deșeurilor solide.....	32
2.1.1.1. Scop, granițele sistemului, unitate funcțională.....	32
2.1.1.2. Analiza de inventariere.....	32
2.1.1.3. Evaluarea impactului.....	33
2.1.1.4. Interpretare.....	52
2.1.2. Modele bazate pe evaluarea ciclului de viață pentru analiza sistemelor de management al deșeurilor solide.....	53
2.1.3. Avantaje și dezavantaje ale evaluării ciclului de viață în analiza managementului deșeurilor solide municipale.....	58
2.2. Analiza Cost Beneficiu în modelarea managementului deșeurilor.....	59
2.2.1. Analiza Cost Beneficiu și managementul deșeurilor solide.....	63
2.2.2. Avantaje și dezavantaje ale Analizei Cost Beneficiu.....	65
2.3. Analiza Multicriterială în modelarea managementului deșeurilor.....	66
2.3.1. Modele bazate pe Analiza Multicriterială.....	66
2.3.2. Avantaje și dezavantaje ale Analizei Multicriteriale.....	68
Concluzii.....	69
3. MANAGEMENTUL DEȘEURILOR SOLIDE: SITUAȚIA ACTUALĂ, PROGNOZA CANTITĂȚILOR DE DEȘEURI ȘI PLANIFICARE.....	71
3.1. Managementul deșeurilor solide - situația actuală.....	72
3.1.1. Managementul deșeurilor în Iași, Romania.....	72
3.1.1.1. Informații generale despre Iași, Romania.....	72

3.1.1.2.	Legislația românească privind managementul deșeurilor...	74
3.1.1.3.	Canități de deșuri municipale generate.....	75
3.1.1.4.	Colectarea și transportul deșeurilor.....	77
3.1.1.5.	Separarea la sursă.....	78
3.1.1.6.	Tratarea deșeurilor.....	78
3.1.1.7.	Punctele forte și slabe în domeniul managementului deșeurilor în România.....	79
3.1.2.	Managementul deșeurilor în Enschede, Olanda.....	80
3.1.2.1.	Informații generale despre Enschede, Olanda.....	80
3.1.2.2.	Legislația olandeză privind managementul deșeurilor.....	81
3.1.2.3.	Canități de deșuri generate.....	84
3.1.2.4.	Colectarea, transportul și tratarea deșeurilor solide municipale.....	84
3.2.	Proгноza deșeurilor solide municipale utilizând instrumentul Waste Prognostic Tool.....	88
3.2.1.	Proгноza canităților de deșuri pentru orașul Iași, Romania.....	89
3.2.2.	Proгноza canităților de deșuri pentru Enschede, Olanda.....	91
3.3.	Planificarea alternativelor pentru sistemele de management al deșeurilor și elaborarea scenariilor.....	94
3.3.1.	Sistemul actual de management al deșeurilor solide și opțiuni de tratare.....	94
3.3.2.	Scenarii de management al deșeurilor solide municipale pentru Iași.....	99
3.3.3.	Scenarii de management al deșeurilor solide municipale pentru Enschede.....	101
	Concluzii.....	102
4.	EVALUAREA IMPACTURILOR DE MEDIU GENERATE DE SISTEMELE DE MANAGEMENT AL DEȘEURILOR SOLIDE APLICÂND MODELE BAZATE PE EVALUAREA CICLULUI DE VIAȚĂ.....	105
4.1.	Scopul și relevanța cercetărilor.....	105
4.2.	Scopul cercetării, delimitarea granițelor sistemului, alegerea unității funcționale.....	107
4.3.	Analiza de inventariere.....	107
4.3.1.	Analiza de inventariere – managementul deșeurilor în Iași.....	107
4.3.2.	Analiza de inventariere – managementul deșeurilor în Enschede.....	113
4.4.	Descrierea instrumentelor bazate pe Evaluarea Ciclului de Viață utilizate în studiu.....	116
4.4.1.	Software-ul GaBi – scurtă prezentare.....	117
4.4.2.	LCA-IWM Assessment Tool - scurtă prezentare.....	118

4.5.	Evaluarea impacturilor de mediu pentru scenariile de management al deșeurilor solide municipale utilizând instrumente bazate pe Evaluarea Ciclului de Viață.....	119
4.5.1.	Evaluarea impactului cu software-ul GaBi.....	119
4.5.1.1.	Analiza impacturilor sistemelor existente de management al deșeurilor solide municipale în 2008.....	120
4.5.1.2.	Evaluarea impacturilor pentru alternativele propuse la sistemul actual de management al deșeurilor în Iași.....	126
4.5.1.3.	Evaluarea impacturilor de mediu pentru procesarea deșeurilor de hârtie și carton.....	141
4.5.1.4.	Evaluarea posibilelor dezvoltări pentru sistemul de management al deșeurilor din Enschede, Olanda.....	142
4.5.2.	Evaluarea impacturilor scenariilor de management al deșeurilor pentru Iași cu LCA-IWM Assessment Tool.....	144
4.5.3.	Compararea rezultatelor obținute cu GaBi4 și LCA-IWM Assessment Tool.....	151
	Concluzii.....	152
5.	ANALIZA COST BENEFICIU A SCENARIILOR DE MANAGEMENT AL DEȘEURILOR SOLIDE MUNICIPALE.....	155
5.1.	Scopul și relevanța cercetărilor.....	155
5.2.	Definirea scopului și a obiectivelor.....	156
5.3.	Analiza de inventariere.....	156
5.4.	Evaluarea impacturilor economice.....	158
5.4.1.	Calculul costurilor.....	158
5.4.2.	Calculul beneficiilor.....	164
5.4.3.	Evaluarea costurilor.....	165
5.4.4.	Evaluarea beneficiilor.....	170
5.4.5.	Determinarea rapoartelor cost/beneficiu (C/B) și beneficiu/cost (B/C).....	174
5.4.6.	Calculul valorii nete prezente.....	174
5.4.7.	Analiza de sensibilitate.....	175
5.5.	Costurile impacturilor de mediu a scenariilor de management al deșeurilor solide municipale	181
	Concluzii.....	185
6.	ANALIZA MULTICRITERIALĂ A SCENARIILOR DE MANAGEMENT AL DEȘEURILOR SOLIDE MUNICIPALE.....	187
6.1.	Scopul și relevanța cercetărilor.....	187
6.2.	Metoda Proceselor Analitice Ierarhice.....	189

6.2.1.	Metodologie.....	189
6.2.2	Evaluarea criteriilor.....	196
6.2.3.	Criterii de acordare a unor scoruri.....	200
6.2.4.	Ponerarea criteriilor.....	205
6.2.4.1.	Ponderile propuse pentru criteriile stabilite (metodele <i>rating</i> și <i>ranking</i>).....	205
6.2.4.2.	Aplicarea Comparăției prin Perechi.....	209
6.2.5.	Analiza de sensibilitate.....	216
6.2.6.	Evaluarea scenariilor de management al deșeurilor solide din punct de vedere al mediului, economic și tehnic aplicând mediul software Expert Choice.....	217
6.3.	Aplicarea metodelor specifice Evaluării Ciclului de Viață și Proceselor Analitice Ierarhice pentru evaluarea managementului materialelor reciclabile.....	223
6.3.1.	Metodologie.....	223
6.3.2.	Analiza de inventariere.....	225
6.3.3.	Evaluarea multicriterială a colectării, transportului și depozitării materialelor reciclabile.....	227
6.3.4.	Evaluarea multicriterială a colectării, transportului și sortării materialelor reciclabile.....	234
	Concluzii	236
	CONCLUZII GENERALE	239
	BIBLIOGRAFIE	251
	ANEXE	275

În rezumatul tezei de doctorat se prezintă o parte din rezultatele cercetărilor 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.

INTRODUCERE

Managementul deșeurilor reprezintă o problemă importantă datorită dezvoltării economice și a aglomerațiilor urbane, care au condus la o creștere rapidă a volumului și a tipurilor de deșeuri (UNEP, 2009a, b). Acesta reprezintă o problemă stringentă pentru guvernele naționale și autoritățile locale, deoarece maniera de gestionare a unei cantități tot mai mari de deșeuri influențează sănătatea umană și calitatea mediului înconjurător și, în același timp poate contribui în mod semnificativ la conservarea resurselor (Giusti, 2009; Ngoc și Schnitzer, 2009). Sistemul de management al deșeurilor începe din momentul în care deșeurile sunt depozitate temporar în containere și include întreg ciclul de viață al deșeurilor solide (colectare, transport, procese pentru recuperare, tratare și eliminare). Ca urmare a varietății mari de factori care determină soarta deșeurilor în mediu, managementul deșeurilor solide reprezintă o problemă complexă, multidisciplinară care implică aspecte economice și tehnice, precum și constrângeri legislative cu privire la cerința minimă pentru reciclare și aspectele de dezvoltare durabilă (Fiorucci și colab., 2003; McDougall și colab., 2001; OECD, 2007a). În secolul 21, managementul durabil al deșeurilor solide a devenit necesar, în toate fazele de evoluție a unui sistem, de la concepție, la planificare, proiectare, exploatare și dezafectare. Până în prezent, deși s-au investit eforturi considerabile în rezolvarea aspectelor legate de deșeuri, o serie de probleme majore au rămas încă nerezolvate (Ghinea și Gavrilăscu 2010a; UNEP, 2009b).

Deșeurile solide sunt gestionate în conformitate cu ierarhia deșeurilor, care cuprinde opțiunile cele mai favorabile și cele mai puțin favorabile pentru managementul deșeurilor (Ahluwalia și Nema, 2007; Banar și colab., 2009; Ghinea și Gavrilăscu, 2010a). Între țările europene există diferențe mari în ceea ce privește colectarea și procesarea deșeurilor. În 2006, o analiză în țările vest-europene a arătat faptul că rata de reciclare a fost de aproape 15% în Portugalia și 68% în Germania, în timp ce în Europa de Est rata de reciclare este mult mai mică (de exemplu 11% în Ungaria). De asemenea, rata de depozitare a deșeurilor a fost mică în țări precum Germania: 1%, Olanda: 2%, Belgia și Danemarca: 6%, în timp ce în țările din Europa de Est au fost înregistrate cele mai mari rate de depozitare: 85% în România, 80% în Ungaria și Bulgaria. Rata de incinerare are valori mari doar în Vestul Europei (55% în Danemarca, 34% în Olanda, 32% Belgia) în timp ce în majoritatea țărilor est-europene incinerarea deșeurilor solide aproape că lipsește (EVD, 2008; Eurostat, 2011; Ghinea și colab., 2012a).

Olanda are un sistem unic de management al deșeurilor, abordarea olandeză a deșeurilor constând în „evitarea pierderilor și, pe cât posibil, recuperarea materiilor prime valoroase din orice tip de deșeu generat, generarea energiei prin incinerarea deșeurilor reziduale și, doar în ultimă instanță depozitarea deșeurilor care mai rămân” (EVD, 2008).

Comparativ cu situația deșeurilor din Olanda, managementul deșeurilor în România este într-o fază incipientă dar este de așteptat să se dezvolte în următorii ani. Ca parte a Uniunii Europene, România trebuie să îndeplinească anumite obiective legate de gestionarea deșeurilor. Administrația publică locală are obligația de a colecta, transporta și elimina deșeurile municipale. Reciclarea deșeurilor este încă destul de departe de standardele europene în România. Doar sistemele de gestionare a deșeurilor de hârtie și de metal sunt mai dezvoltate, în timp ce, pentru eliminarea deșeurilor municipale, depozitarea reprezintă alternativa cea mai comună, neexistând încă

incineratoare. Deși legislația actuală impune o stație de compostare pentru fiecare depozit de deșeuri, această acțiune este încă într-o fază incipientă (Agentschap NL, 2011; ANPM, 2009; Ghinea și colab., 2012a).

Presiunile asupra mediului de la generarea, colectarea și prelucrarea deșeurilor, incluzând emisii în aer, sol și apă, au un impact diferit asupra sănătății umane și a mediului. Eliminarea eficientă a deșeurilor solide a devenit obligatorie din punct de vedere ecologic și economic ca urmare a creșterii problemelor de mediu rezultate în urma generării deșeurilor solide (Ozkan și colab., 2011). Pentru evaluarea problemelor legate de sistemele de management al deșeurilor solide (SMDS) pot fi folosite mai multe instrumente, cum ar fi evaluarea ciclului de viață (LCA), analiza multicriterială (AMC), analiza cost beneficiu (ACB) (Ghinea și Gavrilăscu, 2010a; Ghinea și colab., 2012a; Morrissey și Browne, 2004).

Unul dintre cele mai relevante instrumente în luarea deciziei este modelarea și simularea SMDS, care poate permite o evaluare rapidă a situației și alegerea celor mai bune tehnici de tratare a deșeurilor și de management. În acest fel utilizatorilor finali și părților interesate le pot fi furnizate instrumente flexibile de suport decizional, care, într-o abordare cuprinzătoare consideră materiale, energie, aspecte economice și de mediu, legate de eco-eficiență și durabilitate (Ghinea și Gavrilăscu, 2010 a-c; Ghinea și colab., 2012a, b; Meijer și der Berg, 2010; Morrissey și Browne, 2004; Rathi, 2006, 2007).

Ca răspuns la acest obiectiv și deoarece România și alte țări europene nu au implementat încă gestionarea deșeurilor într-un sistem integrat, lucrarea de față propune o abordare integrată a gestionării deșeurilor municipale solide, bazate atât pe durabilitatea de mediu cât și cea economică.

Drept consecință, *spectrul tehnologiilor existente și noi de tratare a deșeurilor și a strategiilor manageriale, a suferit o schimbare de paradigmă, de la menținerea calității mediului înconjurător, în prezent, spre îndeplinirea obiectivelor de dezvoltare durabilă în viitor. În acest context, teza de doctorat propune o serie de scenarii de management al deșeurilor solide, municipale, într-o manieră integrată și evaluarea lor din punctul de vedere al durabilității cu posibilitatea extinderii și la alte țări Sud-Europene.*

În conformitate cu aceste provocări teza „**Modele de management al deșeurilor și aplicarea lor pentru managementul durabil al deșeurilor reciclabile**”, are ca scop fundamental analiză managementului deșeurilor solide municipale, aplicând o serie de metode și modele specifice Analizei Ciclului de Viață, Analizei Cost-Beneficiu și Analizei Multicriteriale. Toate acestea oferă instrumente fiabile de evaluare, optimizare și simulare, toate îmbogățind cadrul analitic de management al deșeurilor, proiectat special pentru a trata anumite tipuri de probleme, mai ales în contextul managementului integrat al deșeurilor solide, cu posibilitatea de a fi extins pentru sistemul de management al altor tipuri de deșeuri.

Pentru a atinge obiectivul fundamental al tezei, au fost formulate cinci obiective principale ale tezei:

I. analiza diferitelor sisteme (scenarii) de management al deșeurilor solide municipale în termeni de impact de mediu prin utilizarea Evaluării Ciclului de Viață;

II. evaluarea diferitelor sisteme (scenarii) de management al deșeurilor solide municipale din punct de vedere economic prin utilizarea metodologiei Analizei Cost Beneficiu;

III. evaluarea costurilor impacturilor de mediu în termeni de costuri cu prevenirea poluării, reprezentând costurile necesare pentru a reduce poluarea mediului înconjurător;

IV. analiza diferitelor sisteme (scenarii) de management al deșeurilor solide municipale aplicând analiza multicriterială, prin metoda Proceselor Analitice Ierarhice;

V. analiza impacturilor de mediu a materialelor reciclabile cu metodologiile: analiza multicriterială și analiza ciclului de viață (ECV).

Teza „**Modele de management al deșeurilor și aplicarea lor pentru managementul durabil al deșeurilor reciclabile**” este structurată în două părți: prima parte este o analiză de ansamblu cu privire la stadiul actual în managementul durabil al deșeurilor; a doua parte include rezultatele obținute pe baza un program experimental vast și bine articulat, care realizează evaluarea unor scenarii de management al deșeurilor solide municipale și a materialelor reciclabile, pentru îndeplinirea obiectivelor fundamentale și specifice ale tezei. **Teza este organizată pe șase capitole însumând 291 de pagini, 82 de tabele, 123 de figuri, 5 anexe și 367 de referințe bibliografice.**

În primul capitol al tezei, intitulat **Stadiul actual al cercetărilor în domeniul în managementului durabil al deșeurilor** sunt prezentate și discutate aspecte ce privesc:

- managementul durabil al materialelor, inclusiv principiile politicilor de implementare a acestuia în diferite țări, acțiuni de prevenire și modele de management durabil al materialelor care promovează tranziția la managementul durabil al deșeurilor prin eco-design, la eco-eficiență; de asemenea, se subliniază interacțiunea complexă dintre sistemele ecologice, industriale, sociale și importanța sistemelor suport pentru luarea deciziilor în managementul deșeurilor;

- managementul deșeurilor solide și a celor mai bune practici de gestionare a deșeurilor, în forma lor ierarhică, în contextul prevenirii poluării și minimizarea deșeurilor prin sublinierea beneficiilor activităților de reciclare.

Sunt de asemenea, prezentate și identificate problemele ce intervin în managementul deșeurilor, se descriu practici durabile de gestionare a deșeurilor și sunt discutate unele instrumente care sprijină realizarea managementului durabil al deșeurilor. Se subliniază faptul că modelarea oferă instrumente ce constituie suportul științific pentru luarea celor mai bune decizii cu privire la strategiile de management al deșeurilor solide.

Capitolul 2 al tezei, **Metodologii pentru evaluarea durabilității sistemelor de management al deșeurilor și dezvoltarea instrumentelor de decizie suport** descrie în detaliu modelele de evaluare a SMDS care pot fi folosite pentru a sprijini deciziile de management al deșeurilor, la diferite nivele ale societății.

Cele trei tipuri de modele luate în considerare au fost: modele bazate pe evaluarea ciclului de viață (ECV), modele bazate pe analiza cost-beneficiu și modele bazate pe evaluarea multicriterială, ca fiind cele mai relevante în aprecierea durabilității ecologice, tehnice, economice pentru gestiunea deșeurilor solide municipale. Se descriu: analiza ciclului de viață ca instrument în evaluările de mediu, categoriile de impact cele mai relevante pentru managementul deșeurilor (potențial de încălzire globală, epuizarea resurselor abiotice, schimbările climatice, toxicitate umană, acidifierea, eutrofizarea etc.); metodologiile ECV luate în considerare în acest studiu, modele bazate pe evaluarea ciclului de viață pentru modelarea managementului deșeurilor solide; etape ACB, modele bazate pe mai multe criterii de analiză; avantajele și dezavantajele celor trei tipuri de modele examinate (ECV, ACB, AMC).

Capitolul 3, **Managementul deșeurilor solide: situația actuală, prognoza cantităților de deșeuri și planificare**, se axează pe analiza situației managementului deșeurilor solide municipale în Iași, România și Enschede, Olanda. S-a subliniat faptul că, în 2008, sistemul de management al deșeurilor municipale în Iași cuprindea: depozitare temporară a deșeurilor în containere, colectarea și transportul acestora, depozitarea finală în depozite de deșeuri. Deoarece, conform cu directivelor europene se impune reducerea cantității de deșeuri depozitate, în principal ca urmare a impactelor negative generate de depozitele de deșeuri asupra mediului și a populației, a fost necesară o nouă abordare pentru a stabili sistemele de management al deșeurilor solide municipale în România și în special în Iași, asistate de instrumente suport de decizie actualizate și având ca referință sistemul de management al deșeurilor solide municipale stabilit în Enschede - Olanda. În acest cadru, alături de analiza de inventariere a cantităților de deșeuri și a componentelor acestora, s-a considerat oportună o prognoză a cantităților de deșeuri, atât în Iași cât și în Enschede, realizată cu instrumentul software de prognoză *Waste Prognostic Tool*. Cantitatea de deșeuri estimată se bazează pe analiza relației dintre condițiile socio-economice și rata de generare a deșeurilor. Cantitățile de deșeuri sunt estimate cu scopul de a lua măsuri de prevenire, pentru a îmbunătăți sistemele actuale de management al deșeurilor și pentru utilizarea datelor obținute (după prognoză), în modelare și simulare. Prognoza a fost realizată pentru planificarea scenariilor (alternativelor) de management al deșeurilor solide municipale, pe baza cunoașterii cantității de deșeuri generate pe fracții de deșeuri. În timpul planificării scenariilor de management al deșeurilor municipale au fost luate în considerare mai multe metode de tratare/eliminare a deșeurilor solide.

Capitolul 4, **Evaluarea impacturilor de mediu generate de sistemele de management al deșeurilor solide aplicând modele bazate pe evaluarea ciclului de viață**, oferă o analiză aprofundată a impacturilor asupra mediului induse de scenariile elaborate pentru managementul deșeurilor solide din Iași, România, urmată de o comparație a efectelor asupra mediului generate de sistemele de management al deșeurilor existente în 2008, în Iași, România, și în Enschede, Olanda. Scopul acestei analize a fost de a determina cea mai bună opțiune de management al deșeurilor în ceea ce privește impacturile asupra mediului. Evaluările impacturilor de mediu pentru scenariile de management al deșeurilor solide municipale propuse au fost realizate cu ajutorul a două instrumente care au la bază metodologia Evaluării Ciclului de Viață: LCA-IWM Assessment Tool și GaBi software.

Capitolul 5, **Analiza cost beneficiu a scenariilor de management al deșeurilor solide municipale** include o evaluare economică a scenariilor propuse în capitolul 3. Obiectivul analizei a fost acela de a identifica și a da o valoare monetară tuturor efectelor posibile ale scenariilor de management al deșeurilor, în scopul de a determina costurile și beneficiile implementării acestor scenarii. A fost realizată analiza de inventariere a costurilor pentru fiecare proces inclus în scenariile luate în considerare (de exemplu, costurile cu containerele, locația containerelor, vehiculele, combustibilul). Au fost calculate costurile și beneficiile (costuri de investiții, operare și întreținere, beneficii economice, sociale și de mediu) pentru scenariile propuse. În calculul factorului de reducere necesar pentru evaluarea indicatorilor cost/beneficiu (C/B) și beneficiu/cost (B/C) a fost luată în considerare o rată de actualizare egală cu rata inflației (5%). Conform recomandărilor din literatură, scenariile pentru care raportul $B/C > 1$ sunt fezabile economic. Orice

proiect pentru care raportul $B/C > 1$ poate fi implementat deoarece beneficiile pe costul unitar sunt pozitive.

Capitolul 6, **Analiza multicriterială a scenariilor de management al deșeurilor solide municipale** discută scenariile de management al deșeurilor propuse, luând în considerare evaluarea efectuată cu ajutorul metodei Proceselor Analitice Ierarhice. Evaluarea multicriterială ia în calcul pe trei criterii: economic, mediu și tehnic. Alternativele posibile sunt, de fapt, scenariile de management al deșeurilor propuse, în timp ce criteriile de evaluare au inclus mai mulți indicatori, cum ar fi: costurile, beneficiile etc. (criterii economice); acidifierea, eutrofizarea, sănătatea umană, consumul de apă, poluarea sonoră etc. (criterii de mediu), consumul de energie, producerea de energie, adaptabilitate la condițiile locale (criterii tehnice).

Au fost aplicate tehnici precum „ranking” și „rating” și compararea prin perechi. De asemenea a fost efectuată și o evaluare a scenariilor cu mediul software Expert Choice (care permite realizarea analizei de sensibilitate). Evaluările au condus la o ierarhizare a scenariilor analizate, ierarhie care a indicat scenariile cele mai adecvate pentru implementare în ceea ce privesc aspectele considerate (economice, tehnice și de mediu).

Teza de doctorat aduce contribuții esențiale în domeniul managementului deșeurilor solide municipale printr-o abordare științifică interdisciplinară, realizată pe baza proiectării judicioase a programelor experimentale, a analizei și interpretării rezultatelor aplicând diferite instrumente bazate pe trei modele, în contextul evaluării ciclului de viață, analizei cost-beneficiu și analizei multicriteriale. Lucrarea a fost realizată în regim de cotutelă, împreună cu Universitatea Twente, Enschede, Olanda, în cadrul Centrului Twente pentru Studii în Tehnologie și Dezvoltare Durabilă a Facultății de Management și Guvernare a universității menționate, sub coordonarea domnului Profesor *Hans Bressers*. Teza de doctorat este redactată în limba engleză în acord cu contractul de studii doctorale.

Rezultatele originale ale tezei de doctorat au fost diseminate astfel: 3 articole publicate în jurnale ISI, 5 articole în curs de evaluare pentru publicare în reviste cotate ISI, 5 articole publicate în reviste BDI, 1 articol publicat într-un volum al manifestărilor științifice, 3 lucrări prezentate sub formă de comunicări orale și 9 lucrări prezentate sub formă de postere la conferințe naționale și internaționale.

Capitolul 3. MANAGEMENTUL DEȘEURILOR SOLIDE: SITUAȚIA ACTUALĂ, PROGNOZA CANTITĂȚILOR DE DEȘEURI ȘI PLANIFICARE

3.1.1.1. Informații generale despre Iași, România

Județul Iași face parte din Regiunea 1 Nord-Est (stabilită prin Legea nr. 315/2004 privind dezvoltarea regională în România), care include, de asemenea județele Botoșani, Suceava, Neamț, Bacău și Vaslui. Suprafața este de 5475,58 km², reprezentând 2,3% din țară, fiind al 23-lea județ din România ca mărime (Doba și colab., 2008).



Fig. 3.1. Harta județului Iași

În 2005, județul Iași a avut 813943 de locuitori, populația crescând în 2008 la 826552 locuitori, cu o densitate de 151 locuitori/km². Teritoriul județului Iași aparține zonei de climat temperat – continental pronunțat, aflat sub influența anticiclonilor atlantic și euro-asiatic. Temperatura medie anuală a aerului este cuprinsă între 8 °C - 9 °C în Vest și Sud, și între 9 °C - 10 °C în Nord și Nord-Est, scăzând odată cu creșterea altitudinii. Lungimea totală a drumurilor publice în județul Iași era în anul 2006 de 2353 km, din care 414 km drumuri modernizate, 587 km drumuri cu îmbrăcămînți ușoare rutiere (BALKWASTE, 2010; Doba și colab., 2008; Iasi County Council, 2009; INS, 2011; RWMP-NE, 2006).

3.1.1.3. Cantități de deșeuri municipale generate

Deșeurile solide municipale cuprind deșeurile generate și colectate (în amestec sau selectiv), precum și deșeurile necolectate. Deșeurile colectate reprezintă deșeurile generate care sunt colectate de către serviciile de salubritate. Cantitățile de deșeuri generate, necolectate și colectate în România, în kg/cap/an sunt prezentate în Fig. 3.3. Creșterea cantității de deșeuri municipale generate este determinată de două cauze: un consum mai mare a populației și o proporție mai mare a populației deservite de serviciile de sănătate publică într-un sistem centralizat (Doba și colab., 2008). Compoziția deșeurilor constă în **deșeurilor organice**, care reprezintă fracția de deșeuri cu cel mai mare procentaj (aproximativ 50%), urmate de **deșeurile de hârtie și carton, plastic, sticla, metale**. Indicatorii deșeurilor solide municipale pentru Iași, Regiunea NE și România sunt prezentați în Fig. 3.4.

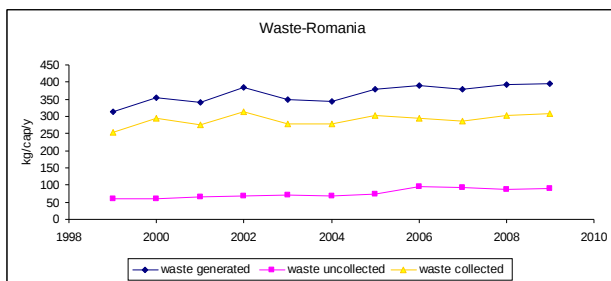


Fig. 3.3. Deșeuri generate, necolectate și colectate în România (Eurostat, 2011)

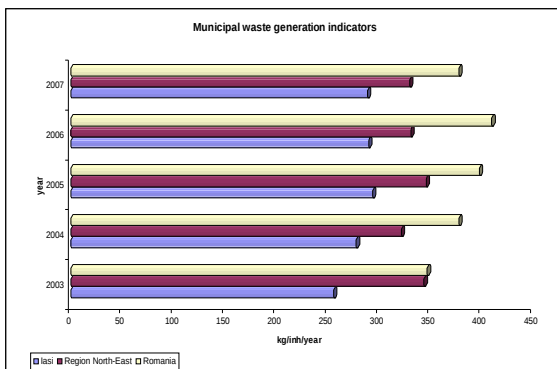


Fig. 3.4. Indicatorii de generare a deșeurilor municipale (NWMP, 2004; RWMP – NE, 2006; Iasi County Council, 2009)

Tabel 3.2. Cantitățile totale de deșeuri generate în 2008 în Iași (Iasi County Council, 2009)

<i>Cantități de deșeuri pe tipuri(tona)</i>	<i>2008</i>
Deșeuri menajere mixte colectate din gospodării	161045
Deșeuri asimilabile colectate amestec din comerț, industrie	23240
Deșeuri din grădini și parcuri	2162
Deșeuri din piețe	2121
Deșeuri stradale	19834
Deșeuri voluminoase	48
Deșeuri generate și necolectate	63495
Cantități de deșeuri colectate selectiv	239
Total	272184

3.1.1.4. Colectarea și transportul deșeurilor

În orașul Iași deșeurile solide municipale sunt colectate de către o companie publică de interes local SC Salubris SA. Colectarea separată a deșeurilor se efectua în 2007-2008 în cadrul câtorva proiecte pilot, de obicei, pentru materiale cu valori mari de piață. În general, locuitorii trebuie să aducă deșeurile solide la punctele de colectare, în locații speciale aproape de locuințele lor, și să așeze deșeurile în containerele furnizate de compania de colectare a deșeurilor. Pentru colectarea separată, în punctele de colectare situate în diferite părți ale orașului, există containere speciale pentru fracțiunile de deșeuri.

3.1.1.6. Tratarea deșeurilor

Până în 2009, deșeurile colectate în amestec în Iași erau depozitate în depozitul neconform de la Tomești, depozit care a fost închis în 2009. Suprafața acestui depozit este de 30 ha cu o capacitate proiectată de 3000000 m³. Depozitul de deșeuri de la Tomești continuă să fie o sursă importantă de poluare a solului și a apelor subterane, pentru că colectarea levigatului este

improprie. Levigatul poate migra în sol și în apele subterane și poate genera riscuri pentru mediu și sănătatea umană (Schiopu și colab., 2009). Din 2009, un nou depozit a fost construit în conformitate cu legislația și dat în funcțiune și anume depozitul de deșeuri de la Țuțora. În depozitul de deșeuri Țuțora colectarea și tratarea a levigatului se efectuează în conformitate cu legea. De asemenea, se va realiza în viitor și colectarea gazului de depozit. În 2009, a fost pusă în funcțiune și o stație de sortare la Țuțora, cu o capacitate de 29000 t/an, iar o stație de compostare se afla la acel moment în construcție (Schiopu și colab., 2009; Iasi County Council, 2009, Iasi County Council, 2011).

3.1.2.1. Informații generale despre Enschede, Olanda

Enschede este un oraș situat în Estul Olandei, în provincia Overijssel, fiind inclus în regiunea Twente (Fig. 3.8).

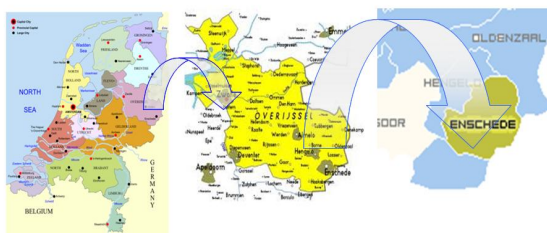


Fig. 3.8. Hartă Olanda, Overijssel, Enschede

Enschede are o suprafață de 142,75 km², iar în 2008 avea 154753 locuitori. Clima este temperată, cu veri răcoase și ierni blânde. Temperatura medie anuală a aerului este de 9,8 °C iar media precipitațiilor anuale este de 793 mm. Relieful este caracterizat de o zonă platou cu păduri și pășuni mixte. Orașul Enschede este un fost centru de producție textilă. Agricultură, serviciile și turismul sunt principalele activități în regiunea Twente (CBS, 2011; <http://en.wikipedia.org/wiki/Twente>).

3.1.2.3. Cantități de deșeuri generate

Cantitatea totală de deșeuri municipale generate în anul 2008, în provincia Overijssel a fost de 604 kg/locuitor (CBS, 2011). În Enschede fracțiile principale de deșeuri generate și colectate în 2008 au fost, după cum urmează: deșeuri organice - 12845 t/an, hârtie și carton - 11452 t/an, deșeuri voluminoase - 5416 t/an, sticlă - 3249 t/an, deșeuri de grădină - 3559 t/an, DEEE - 604 t/an, deșeuri din material plastic și metale 31 t/an etc. Procesarea acestor fracții de deșeuri a fost realizată astfel: 28% reciclare, 20% compostare, 20% separare și 32% incinerare (CBS, 2011).

3.1.2.4. Colectarea, transportul și tratarea deșeurilor solide municipale

Municipalitatea este responsabilă pentru colectarea deșeurilor menajere. Colectarea este efectuată de către societățile publice care aparțin municipalității, împreună cu firmele de

salubritate private. Aproximativ 25% din deșeurile menajere sunt colectate de către companiile private. Municipality este proprietarul deșeurilor, chiar dacă deșeurile sunt colectate de companiile private. Colectarea *din ușă în ușă* a deșeurilor municipale este realizată săptămânal (SenterNovem, 2009b).

Tabel 3.5. Cantitatea de deșeuri colectată pe fracții de către o companie privată, Enschede (2008)

<i>Fracții deșeuri</i>	<i>kg/locuitor</i>
Deșeuri reziduale	247,4
Deșeuri voluminoase	45,9
Deșeuri organice	74,6
Deșeuri de grădină	8,9
Lemn	18,9
Hârtie și carton	48,3
Sticlă	16,6
Plastic	0,1
Altele	17,2
Total	477,9

În Olanda doar 2% din deșeuri sunt depozitate, iar numărul de depozite de deșeuri a fost redus de la 90 în 1991 la 22 în 2008 (EVD, 2008; DWMA, 2010a). Taxa de depozitare a deșeurilor în Olanda este 107,49 euro pe tonă deșeuri solide (DWMA, 2010a). În Enschede în 2008, depozitarea deșeurilor menajere a fost de 0%, în conformitate cu CBS (2011). Olanda este capabilă de a recicla cel puțin de 64% din deșeurile municipale datorită structurii olandeze de gestionare a deșeurilor (EVD, 2008). Cu toate acestea, la acest moment, reciclarea completă nu este considerată fezabilă din punct de vedere economic. Conform CBS (2011), aproape 20% din totalul de deșeuri generate a fost reciclat în Enschede, Olanda, în 2008. Compostarea deșeurilor vegetale, de grădină și fructe se realizează de mai mulți ani în Olanda, astfel că, aproape 600000 de tone de compost sunt produse anual în urma prelucrării a 1,3 milioane de tone de deșeuri organice (deșeuri biologice și deșeuri de grădină) (DWMA, 2010d). Compania Twence din Regiunea Twente este capabilă să trateze 30000 t de deșeuri verzi în fiecare an prin procesul de compostare (Twence, 2009). Potențialul de *salvare a emisiilor* de CO₂ pentru compostarea tradițională este de 50 kg de CO₂ eq. (van Haeff, 2007). În Olanda, 34% din deșeurile municipale solide sunt incinerate pentru obținerea energiei (EVD, 2008). Emisiile de la incinerarea deșeurilor sunt deja sub valorile limită ale UE (DWMA, 2010b). Utilizarea optimă a resurselor la compania Twence se materializează anual prin incinerarea a 520000 de tone de deșeuri și 200000 t de lemn din construcții și demolări, obținându-se 407000 MWhe energie electrică (energia necesară pentru furnizarea de aproximativ 123000 gospodării) și 421000 MWhe căldură: acestea înseamnă o reducere de 269000 tone CO₂ (de Jong, 2011; EVD, 2008).

3.2. Prognoza deșeurilor solide municipale utilizând instrumentul Waste Prognostic Tool

În acest capitol, am aplicat *Waste Prognostic Tool*, un software dedicat, capabil de a prognoza dinamica generării deșeurilor, deoarece planificarea sistemelor de management al deșeurilor solide

sau îmbunătățirea sistemelor actuale de management al deșeurilor solide pot fi realizate cunoscând cantitatea de deșeuri care va fi generată. Datele privind generarea de deșeuri solide municipale reprezintă punctul de plecare pentru fiecare planificare și exploatare a sistemului de management al deșeurilor.

3.2.1. Prognoza cantităților de deșeuri pentru orașul Iași, Romania

Waste Prognostic Tool a fost utilizat pentru a prognoza cantitatea de deșeuri care va fi generată în orașul Iași în 2018. Cantitățile de deșeuri solide generate pe fracții de deșeuri în orașul Iași, în 2008, reprezintă parametri de intrare importanți în realizarea acestei prognoze. Cantitatea de deșeuri municipale solide generate în orașul Iași a fost de 272200 t conform Iasi County Council, (2009). Cantitățile de deșeuri posibile a fi generate au fost obținute cu *Waste Prognostic Tool* pentru anul evaluat 2018, exprimate în t/an, kg/cap/an și % din masă. Prognoza privind compoziția deșeurilor în anul de evaluare (2018) este prezentată în Fig. 3.15. Performanța colectării pe fracții de deșeuri în 2008, în municipiul Iași este foarte scăzută (Fig. 3.16).

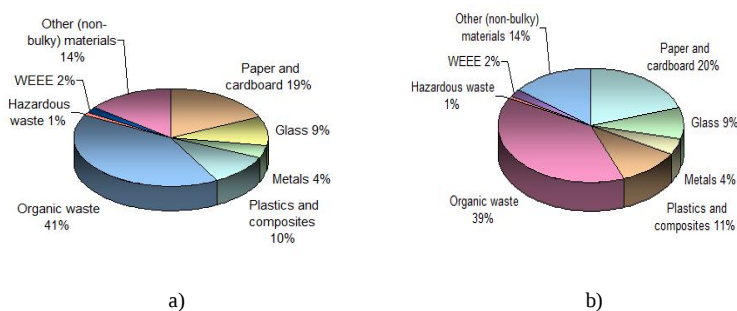


Fig. 3.15. Compoziția deșeurilor municipale în procente de masă pentru: a) anul de referință 2008; b) anul de evaluare 2018

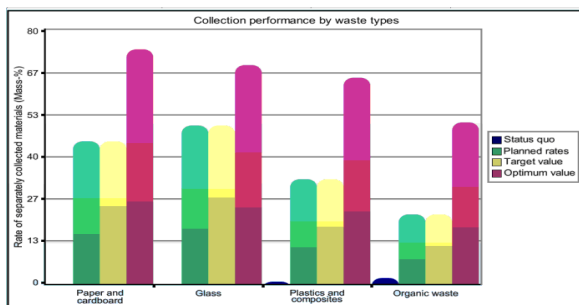


Fig. 3.16. Performanțele în colectarea pe tipuri de deșeuri pentru orașul Iași

3.2.2. Prognoza cantităților de deșeuri pentru Enschede, Olanda

Waste Prognostic Tool a fost aplicat pentru a prognoza cantitățile de deșeuri solide care vor fi generate în Enschede, Olanda. Principalii parametri de intrare sunt: cantitățile de deșeuri solide pentru fiecare fracție, generată și colectată separat în oraș în 1995 și 2008. Alți parametri importanți de intrare sunt: numărul de locuitori, numărul de locuințe, vârsta locuitorilor, PIB-ul, etc. Aceste date au fost preluate din diverse statistici (CBS, 2011, Eurostat, 2010). Compoziția deșeurilor municipale solide stabilită cu ajutorul instrumentului *Waste Prognostic Tool* este prezentată pentru anul de referință 2008 și, de asemenea, pentru anul de evaluare 2018 în Fig 3.17. Deșeurile organice reprezintă fracția cu cea mai mare pondere în compoziția deșeurilor municipale, urmată de deșeurile de hârtie și carton (23%). Pentru majoritatea fracțiilor de deșeuri sunt depășite ratele planificate pentru colectare (Fig. 3.20).

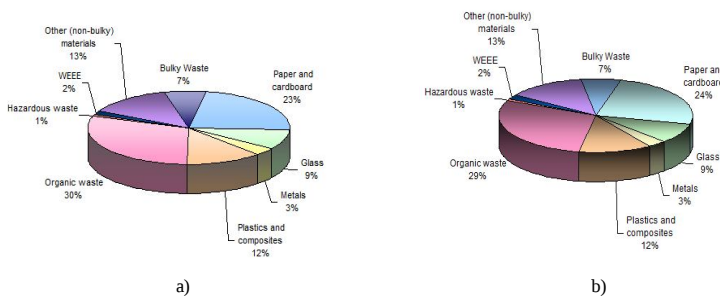


Fig. 3.17. Compoziția deșeurilor municipale în procente de masă pentru: a) anul de referință 2008; b) anul de evaluare 2018

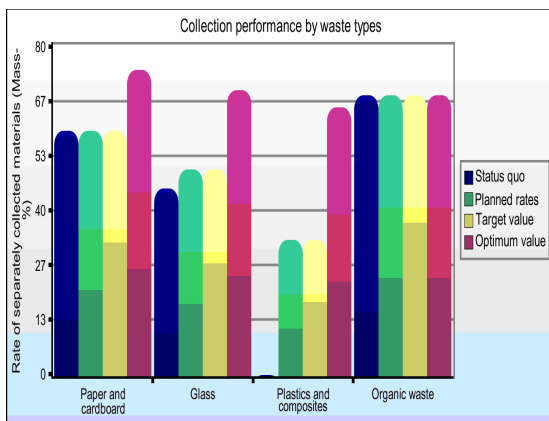


Fig. 3.20. Performanța colectării deșeurilor – Enschede, Netherlands

3.3.2. Scenarii de management al deșeurilor solide municipale (MDSM) pentru Iași

Au fost elaborate opt scenarii de MDSM pentru orașul Iași. Scenariile au inclus: depozitarea temporară a deșeurilor în containere, colectarea și transportul, procese de tratare/eliminare. Scenariile descriu sistemul de management al deșeurilor municipale solide din trecut, prezent și potențiale îmbunătățiri/alternative la sistemul actual din Iași (Fig. 3.28).

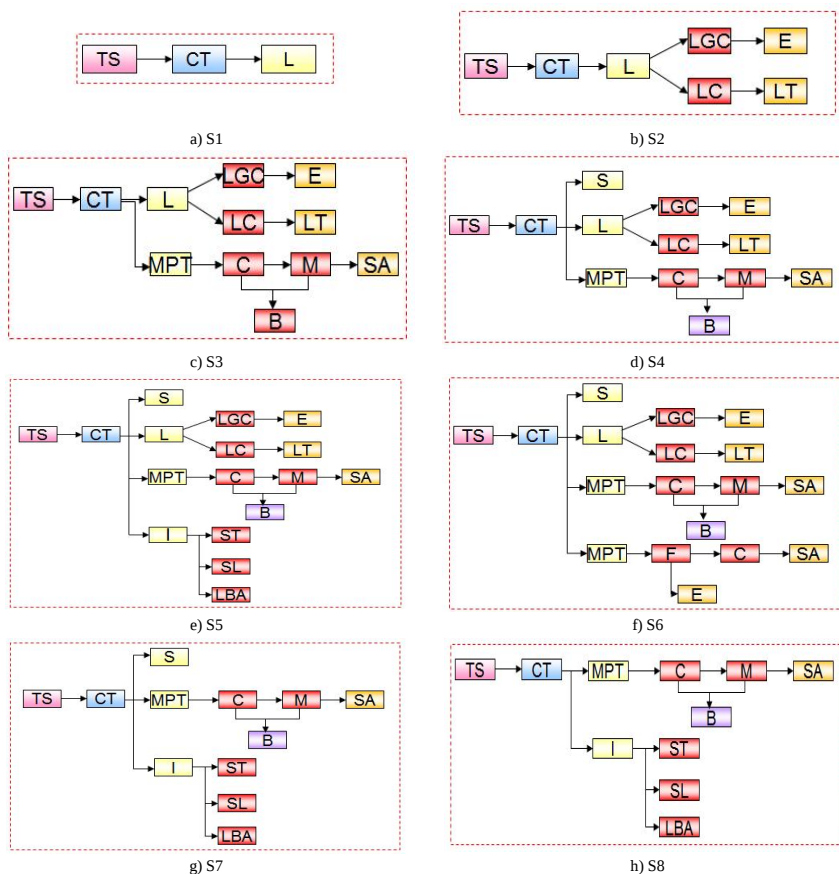


Fig. 3.28. Scenarii propuse pentru analiza MDSM în Iași, România: a) scenariul 1, b) scenariul 2, c) scenariul 3, d) scenariul 4, e) scenariul 5, f) scenariul 6, g) scenariul 7, h) scenariul 8; TS – depozitare temporară; CT – colectare și transport; L - depozitare; LGC – colectarea gazului de depozit; LC – colectarea levigatului; E - motor; LT –tratare levigat; MT – tratare mecanică; C - compostare; M - maturare; SA – aplicare pe sol; B - bio-filtru; S – sortare; I - incinerare; ST – tratare cenușă; SL – depozitare zgură; LBA – depozitare cenușei de fund; F – fermentare

Capitolul 4. EVALUAREA IMPACTURILOR DE MEDIU GENERATE DE SISTEMELE DE MANAGEMENT AL DEȘEURILOR SOLIDE APLICÂND MODELE BAZATE PE EVALUAREA CICLULUI DE VIAȚĂ

În acest capitol metodologia bazată pe Evaluarea Ciclului de Viață (ECV) a fost utilizată pentru a analiza și evalua scenariile de management al deșeurilor solide municipale elaborate anterior (capitolul 3) din punctul de vedere al impacturilor asupra mediului și pentru selectarea alternativelor care ar putea fi implementate. De asemenea, modelele bazate pe ECV au fost utilizate pentru evaluarea proceselor de tratare a deșeurilor reciclabile (în principal deșeuri de hârtie și carton). În scopul realizării acestor obiective, am utilizat două medii software (GaBi și LCA-IWM Assessment Tool), pentru a modela și simula scenariile propuse de management al deșeurilor solide, atât pentru Iași cât și pentru Enschede. Toate datele necesare pentru realizarea inventarului ciclului de viață au fost colectate în urma vizitelor la diverse facilități de tratare a deșeurilor și a întâlnirilor cu reprezentanți ai diferitelor organizații și centre implicate în domeniul activităților de gestionare a deșeurilor, cum ar fi: Asociația Olandeză de Management al Deșeurilor, Twence BV, Attero, Centrul de Competență pentru Hârtie și Carton, Primăria Iași, Agenția de Protecție a Mediului din Iași, SC Salubris SA Iasi; o parte dintre datele necesare provin din literatura de specialitate, statistici, bazele de date a celor două medii software.

4.2. Scopul cercetării, delimitarea granițelor sistemului, alegerea unității funcționale

Pornind de la scopul acestor studii ce privesc analiza impacturilor asupra mediului ale sistemelor de management al deșeurilor solide municipale din trecut (până în 2009), cele actuale din Iași și Enschede și a alternativelor planificate la sistemul actual, au fost urmărite și realizate etapele specifice metodologiei ECV. Unitățile funcționale alese în studiile de evaluare sunt reprezentate de cantitățile de deșeuri solide, care au fost și vor fi generate în Iași și, respectiv, în Enschede. Granițele sistemului de management al deșeurilor solide municipale sunt prezentate în Fig. 4.1 (Frioriksson și colab., 2002).

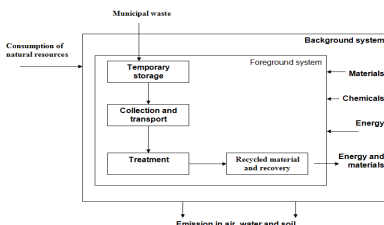


Fig. 4.1. Granițele sistemului de management al deșeurilor solide municipale

4.3.1. Analiza de inventariere – managementul deșeurilor în Iași

Cea mai importantă parte în evaluarea unui sistem de management al deșeurilor o reprezintă cunoașterea cantităților de deșeuri generate, fracțiile de deșeuri și compoziția elementară pe fracții

de deșeuri. Cantitățile de deșeuri generate, în Iași, în 2008 au fost preluate de la Iasi County Council (2009). Cantitățile de deșeuri care vor fi generate în Iași în 2018 au fost prognozate cu ajutorul instrumentului *Waste Prognostic Tool* pe baza cantităților de deșeuri generate în 2008 (Ghinea și Gavrilescu, 2010c).

S-a constatat faptul că deșeurile organice reprezintă fracția cu cea mai mare pondere (38,40%) dintre toate deșeurile care vor fi generate, urmată de hârtie și carton (19,60%) și materiale plastice (11%). Diferențele dintre structura deșeurilor care vor fi generate în 2018 și structura deșeurilor generate în 2008 nu sunt foarte mari. Frațiile de deșeuri, în aceeași ordine au valorile cele mai reprezentative (Ghinea și Gavrilescu, 2010c). Compoziția elementară a fracțiilor de deșeuri a fost preluată din literatura de specialitate (Buning, 2004; Ghinea și colab., 2012b).

Pentru evaluarea procesului de depozitare temporară, am considerat numărul de containere și cantitatea anuală de materiale necesare pentru fabricarea containerelor, calculate cu Ecuațiile 4.1 și 4.2:

- număr de containere, (den Boer et al. 2005b; Ghinea et al., 2012b) (Eq. 4.1):

$$NTFU_{i,j,k} = \frac{AWHa_{i,j,k}}{(WaDe_i / 1000) * (VoTS_{i,j,k} / 1000) * CoFr_{i,j,k} * AvFR_k} \quad (4.1)$$

unde: i – fracția de deșeu; k – tipul de container; j – sector; $NTFU$ – numărul de containere utilizate în depozitarea temporară a deșeurilor solide pentru fracția de deșeu i , (t/an); $WaDe_i$ – densitatea fracției de deșeu i , (kg/m³); $VoTS_{i,j,k}$ – volumul ales pentru tipul de container k pentru fracția de deșeu i în sector j , (L); $CoFr_{i,j,k}$ – frecvența colectării fracțiilor de deșeuri, (/an); $AvFR_k$ – rata medie de umplere pe tip de container, (%).

- cantitatea anuală de material necesară pentru fabricarea containerelor (Eq. 4.2) (den Boer și colab., 2005b; Ghinea și colab., 2012b):

$$YMCP_i = \frac{\sum NTFU_{i,j} * (1 + EBNS) * CoWe_{i,j} * (100\% - RRUC_i)}{LiTi_{i,k}} \quad (4.2)$$

unde: $YMCP_i$ – cantitatea anuală de material necesar pentru producerea containerelor din material i (kg/an); $\sum NTFU_{i,j}$ – total containere din material i și tip k , (nr); $EBNS$ – containere suplimentare necesare pentru diferite operații, (%); $CoWe$ – greutate container pentru containere din material i cu volumul j , (kg); $RRUC$ – rata de reciclare a containerelor utilizate din material i , (%); $LiTi$ – durata de viață pentru containerele din material i și tip k , (ani). De asemenea emisiile rezultate de la fabricarea materialului necesar pentru containere au fost calculate cu ajutorul bazei de date a softului GaBi.

Datele necesare pentru procesele de colectare și transport includ: numărul de vehicule și capacitate de încărcare, distanța de transport, consumul de combustibil și emisiile rezultate din consumul de combustibil. Municipiul Iași are 30 de vehicule cu o capacitate totală de încărcare de

1881 m³ (Doba și colab., 2008). Consumul de combustibil (motorină), este estimat a fi 30 L/100 km (den Boer și colab., 2005b), densitatea motorinei $\rho_{diesel} = 0,845 \text{ kg/L}$ (ROU, 2003).

Intrările pentru procesul de depozitare constau în cantitățile de deșeuri depozitate și de combustibil consumate, în timp ce ieșirile sunt reprezentate de: emisiile provenite de la consumul de combustibil, gazele de depozit și levigat. Potențialul biogazului a putut fi calculat cu ecuația propusă de Rettenberger/Tabasaran (Eq. 4.3), (Buning, 2004, den Boer și colab., 2005b; Ghinea și colab., 2012b):

$$G_p = 1.869 * C_{org} * (0.014 * \theta + 0.28) \quad (4.3)$$

Dacă: $C_{org} = C_{degr}$, $C_{deg} = C_{in} * \alpha$, $\theta = 30$ Eq. 4.3 devine Eq. 4.4:

$$G_p = 1.869 * C_{deg} * (0.014 * 30 + 0.28) \quad (4.4)$$

unde: G_p - potențial gaz, (m³/t); θ - temperatură în depozit, (°C); C_{org} - carbon organic (kg/t); α - randamentul degradării, (kg degr C/kg C_{in}); C_{in} - intrări carbon, (kg).

Volumul de biogaz a fost convertit în unitați de masă, deoarece algoritmul GaBi este bazat pe bilanțul de masă. Densitatea amestecurilor de gaze s-a calculat cunoscând conținutul de CO₂ și CH₄ în biogaz. Biogazul conține și alte gaze, astfel încât profilul compozițional pentru unitatea de masă de biogaz trebuie să fie mult mai detaliat. Având în vedere un conținut de 62% CH₄ și 29% CO₂, profilul de emisie a fost calculat pentru un kg de biogaz cu ecuațiile 4.5 și 4.6. Aceste ecuații au fost folosite pentru calcularea emisiilor poluante (Buning, 2004; Ghinea și colab., 2012b).

$$Q_i = \left(1 + \left(\frac{C_{CO_2\%}}{C_{CH_4\%}} \right) \right) \cdot Q_{CH_4} \cdot \left(\frac{C_i}{10^6} \right) \quad (4.5)$$

unde: Q_i - rata de emisie pentru poluanți i , (m³); Q_{CH_4} - rata de generare a metanului (m³); C_i - concentrația poluantului i în biogaz, (ppmv); $C_{CH_4\%}$ - concentrația CH₄ în biogaz (55% atribuit); $C_{CO_2\%}$ - concentrația CO₂ și a altor gaze în biogaz (45% atribuit); 10^6 - conversia din ppmv.

$$UM_i = Q_i \cdot \left(\frac{MW_i \cdot 1atm}{8.205 \cdot 10^{-5} \cdot 1000 \cdot 273 + T} \right) \cdot rr \quad (4.6)$$

unde: UM_i - emisiile necontrolate, poluant i , (kg); Q_i - rata de emisie a poluantului i (m³); MW_i - greutatea moleculară a poluantului i , (g/mol); T - temperatura biogazului, (°C); $8.205 \cdot 10^{-5}$ - constantă de conversie a emisiilor i în kg; 1000 - constantă, (g/K); 273 - constantă 0°C, (K); 0.34 - rata de eliberare pentru biogaz.

Cantitatea de levigat a fost calculată separat, pentru fiecare fracție de deșeuri. Calculele se bazează pe compoziția elementală. Efectul fiecărei fracții asupra compoziției levigatului a fost

calculat cu ajutorul coeficienților de transfer (Buning 2004, den Boer și colab., 2005b). De asemenea, alte date necesare sunt reprezentate de aria depozitului de deșeuri și a precipitațiilor medii anuale R ($R = 0.6737$ m/an). Aria depozitului de deșeuri necesară (A , ha) a fost stabilită pe baza volumului de deșeuri depozitate. Cantitatea de levigat a fost calculată cu ecuațiile 4.7 și 4.8 (Ghinea și colab., 2012b):

$$V = A * R \quad (4.7)$$

$$M = V * \rho \quad (4.8)$$

unde: M - masa levigatului, (kg); V - volumul levigatului, (L); ρ - densitatea levigatului (kg/L). Densitatea levigatului s-a presupus a fi 1 t/m^3 conform AECOM (2009).

4.3.2. Analiza de inventariere – managementul deșeurilor în Enschede

Cantitatea de deșeuri generate în anul 2008, în Enschede a fost preluată din statistică (CBS, 2011). Cantitățile de deșeuri generate pe fracții, în 2008 au fost utilizate pentru a estima cantitatea de deșeuri care vor fi generate în 2018, în Enschede, precum și pentru planificarea scenariilor de gestionare a deșeurilor pentru 2018. Cele mai multe dintre datele de inventar au fost colectate de la Asociația Olandeză de Management al Deșeurilor și Compania Twence. De asemenea, cele mai multe intrări și ieșiri necesare pentru modelarea sistemului de management al deșeurilor au fost calculate în funcție de aceste date, deoarece Compania Twence utilizează pentru procesare deșeuri colectate nu numai din zona Enschede, dar și din întreaga regiune Twente. Principalele activități ale companiei sunt: incinerarea, compostare, separarea și depozitarea deșeurilor (de Jong, 2011). În afară de energie, compania mai produce compost și materii prime pentru reutilizare (metale, cenușă). Compania mai dispune și de o stație de sortare, unde 59143 tone de deșeuri au fost sortate în 2008 (Twence, 2009).

4.4.1. Mediul software GaBi – scurtă prezentare

Software-ul GaBi 4 (GaBi = Ganzheitliche Bilanzierung) a fost dezvoltat de către Institutul pentru Testarea Polimerilor și Științe Polimerice (IKP) de la Universitatea din Stuttgart, în colaborare cu PE Europe GmbH (PE International, 2009). Fereastra inițială a software-ului GaBi este prezentată în Fig. 4.3. Am folosit versiunea GaBi 4 a software-ului pe baza licenței acordate de către PE INTERNATIONAL GmbH Germania pentru perioada de un an.

GaBi 4 este un instrument care suportă fiecare etapă a unui studiu ECV, de la colectarea de date și organizare la prezentarea rezultatelor părților interesate. GaBi permite modelarea rapidă chiar și a proceselor complexe și pentru diferite opțiuni de producție. Software-ul calculează potențialul impacturilor asupra mediului ale unui sistem de produse pe baza unor planuri. În cadrul unui plan, sistemul studiat este alcătuit din procese și fluxuri. În termeni ECV: planul reprezintă sistemul analizat, cu limitele sale, procesele reprezintă procesele reale care au loc, și fluxurile reprezintă toate intrările și ieșirile legate de sistemul evaluat (PE International, 2009).

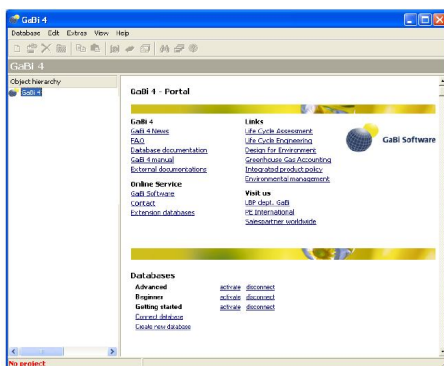


Fig. 4.3. GaBi fereastră inițială

4.4.2. LCA-IWM Assessment Tool – scurtă prezentare

Life Cycle Assessment-Integrated Waste Management Assessment Tool (LCA-IWM Assessment Tool) este un model în Excel, cu o interfață grafică Visual Basic, care dispune de module reprezentând procese individuale de management al deșeurilor, cum ar fi depozitarea temporară, colectarea, transportul și tratarea (den Boer și colab., 2005a; Rimaitytė și colab., 2006). Aceste module ajută utilizatorul să proiecteze scenarii pentru planificarea gestionării deșeurilor. Bazele de evaluare care reprezintă criterii de durabilitate și indicatorii lor cantitativi sunt calculate cu ajutorul instrumentului de evaluare. Astfel, partea de evaluare conține algoritmi care permit calcularea performanței de mediu, economice și sociale pentru un scenariu dat. Datele necesare pentru calcularea indicatorilor de performanță reprezintă date de inventar, cum ar fi emisiile pentru evaluarea de mediu.

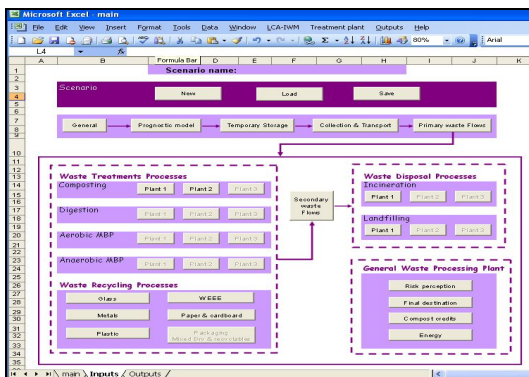


Fig. 4.5. LCA-IWM Assessment Tool fereastră inițială

4.5.1. Evaluarea impactului cu software-ul GaBi

Etapă de evaluarea impactului a fost realizată cu software-ul GaBi, care include diferiți algoritmi pentru efectuarea acestei etape ECV. Pe aceste baze am elaborat *planuri* (care reprezintă **scenariile de management al deșeurilor**), bazate pe procese și fluxuri (toate intrările și ieșirile legate de sistemul stabilit în faza de inventar). După introducerea tuturor intrărilor și ieșirilor pentru fiecare proces și conectarea proceselor, GaBi a facilitat calculul bilanțurilor de materiale și energie, în scopul de a evalua impacturile asupra mediului.

Abrevierea folosită în această teză pentru categoriile de impact, considerate relevante pentru managementul deșeurilor și incluse în metodologiile CML 2001, CML 96, EDIP 1997, EDIP 2003, EI95 și EI99 sunt prezentate în Tabelul 4.7.

Table 4.7. Lista de categoriilor de impact din toate metodologiile utilizate

<i>Metodologie</i>	<i>Categorie de impact</i>	<i>Abreviere</i>
CML2001	Potențialul de epuizare abiotică	ADP
	Potențialul de acidifiere	AP
	Potențialul de eutrofizare	EP
	Potențialul de încălzire globală	GWP
	Potențialul de toxicitate umană	HTP
	Potențialul de formare fotochimică a ozonului	POCP
CML 96	Potențialul de acidifiere	AP
	Potențialul de eutrofizare	EP
	Potențialul de încălzire globală (GWP 100 ani)	GWP 100
	Potențialul de încălzire globală (GWP 20 ani)	GWP 20
	Potențialul de încălzire globală (GWP 500 ani)	GWP 500
	Potențialul de toxicitate umană	HTP
	Potențialul de formare fotochimică a ozonului	POCP
EDIP 1997	Potențialul de acidifiere	AP
	Potențialul de încălzire globală	GWP
	Potențialul de imbogățire a nutrienților	NE
	Potențialul de oxidare fotochimică (NOx mare)	POP high NOx
	Potențialul de oxidare fotochimică (NOx mic)	POP low NOx
EDIP 2003	Potențialul de acidifiere	AP
	Încălzire globală	GW
	Formarea fotochimică a ozonului – impactul asupra sănătății umane și a calității materialelor	POF-IH
	Formarea fotochimică a ozonului - impactul asupra vegetației	POF-IV
	Eutrofizare terestră	TE
EI95	Substanțe cancerigene	CS
	Metale grele	HM
	Smog de iarnă	WS
EI99	Calitatea ecosistemului, ecotoxicitate	EQE
	Sănătatea umană, efecte cancerigene	HH,CE
	Sănătatea umană, schimbările climatice	HH,CC
	Sănătatea umană, reducerea stratului de ozon	HH,OLD

Analiza sistemului de management al deșeurilor solide municipale existent în 2008 în Iași, România – Scenariul 1

Sistemul de management al deșeurilor solide municipale existent în Iași, România în 2008 (S1), a inclus, ca primă etapă, *depozitarea temporară* a deșeurilor mixte municipale, în containere

diferite. Deșeurile de la containere au fost apoi *colectate și transportate* de către SC SALUBRIS SA și depozitate în *depozitul de deșeuri* Tomești, care a funcționat până în 2009, când a început închiderea sa, deoarece era un depozit de deșeuri neconform, fără colectarea biogazului, a levigatului și fără sisteme de tratare a levigatului. *Scenariul 1* a fost evaluat în ceea ce privește impactul asupra mediului. În Fig. 4.7 sunt ilustrate doar valorile normalizate ale impactului asupra mediului pentru diferite metodologii incluse în software-ul GaBi.

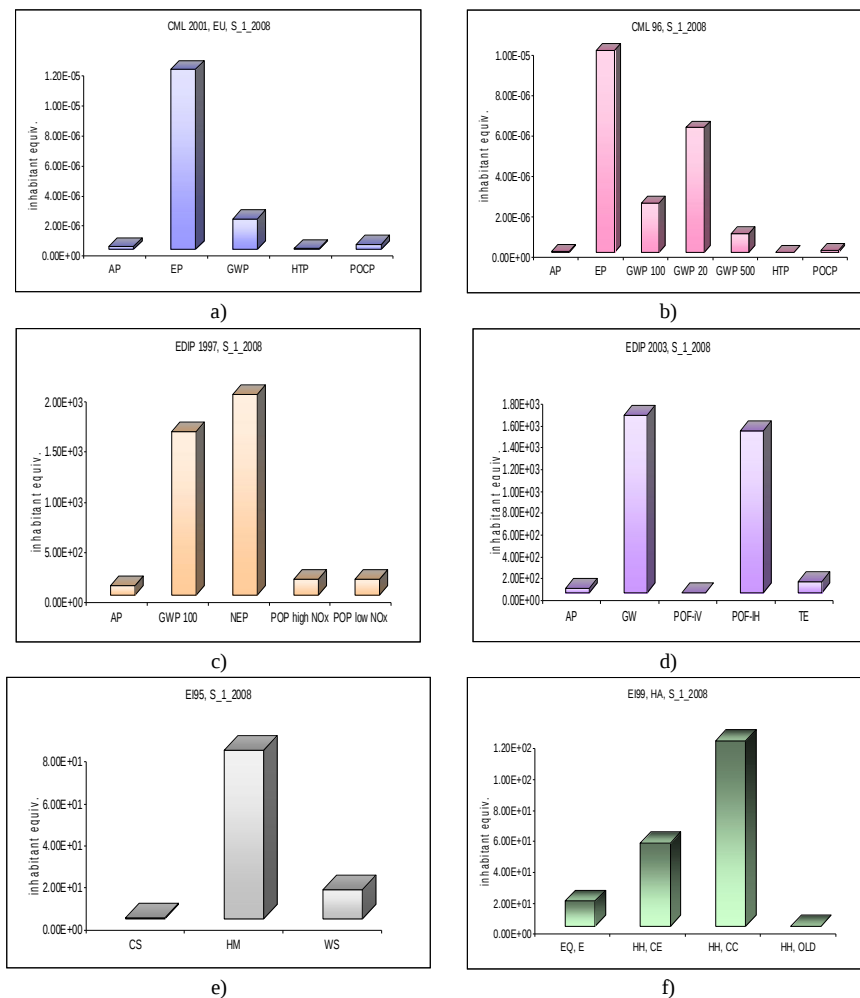


Fig. 4.7. Impacturile de mediu S1: a) metodologia CML 2001; b) metodologia CML 96; c) metodologia EDIP 1997; d) metodologia EDIP 2003; e) metodologia EI95; f) metodologia EI99, HA

Valorile obținute pentru fiecare categorie de impact, în unități de măsură diferite, sunt normalizate, astfel încât toate categoriile de impact asupra mediului să poată fi comparate și ilustrate pe un singur grafic.

În urma evaluării sistemului s-a constatat că toate categoriile de impact, din cadrul tuturor metodologiilor disponibile în GaBi, prezintă valori pozitive, aceasta însemnând *efecte negative asupra mediului înconjurător*. Cele mai importante categorii de impact de mediu, în acest caz sunt: potențialul de eutrofizare și potențialul de încălzire globală, care are valori ridicate, datorită cantităților mari de deșeuri organice care au fost depozitate.

Analiza sistemului de management al deșeurilor solide municipale existent în 2008 în Enschede, Olanda

În 2008, sistemul de management al deșeurilor solide municipale în Enschede a inclus următoarele metode pentru prelucrarea deșeurilor solide: *reciclare, sortare, compostare și incinerare*. Impacturile de mediu ale sistemului de management al deșeurilor municipale solide existente în 2008, în Enschede au fost evaluate cu software-ul GaBi. Câteva dintre rezultate obținute sunt prezentate în Fig. 4.9. S-au observat beneficii de mediu pentru toate categoriile de impact incluse în metodologiile utilizate pentru evaluare (Fig. 4.9).

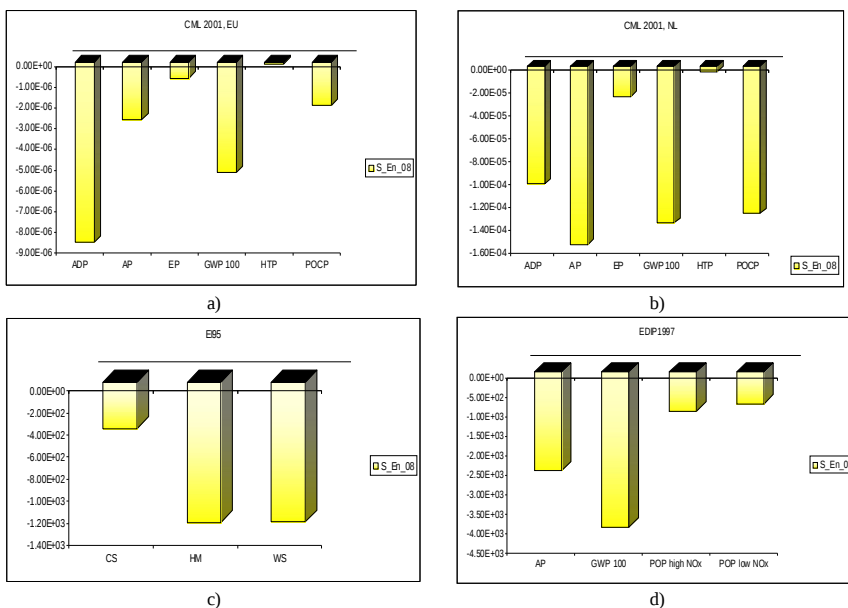


Fig. 4.9. Valorile normalizate pentru categoriile de impact pentru sistemul de management al deșeurilor analizate cu GaBi - metodologii diferite: a) CML 2001, EU; b) CML 2001, NL; c) E195; d) EDIP 1997

Compararea sistemelor de management al deșeurilor din Iași și Enschede (an de evaluare: 2008)

Cele două sisteme diferite de management al deșeurilor existente în 2008, în cele două orașe, Iași și Enschede au fost comparate în ceea ce privește impactul acestora asupra mediului. În Fig. 4.10 am ilustrat doar valorile normalizate ale impactului asupra mediului pentru diferite metodologii (CML 2001, CML 96, EDIP 1997, EDIP 2003, EI95, EI99).

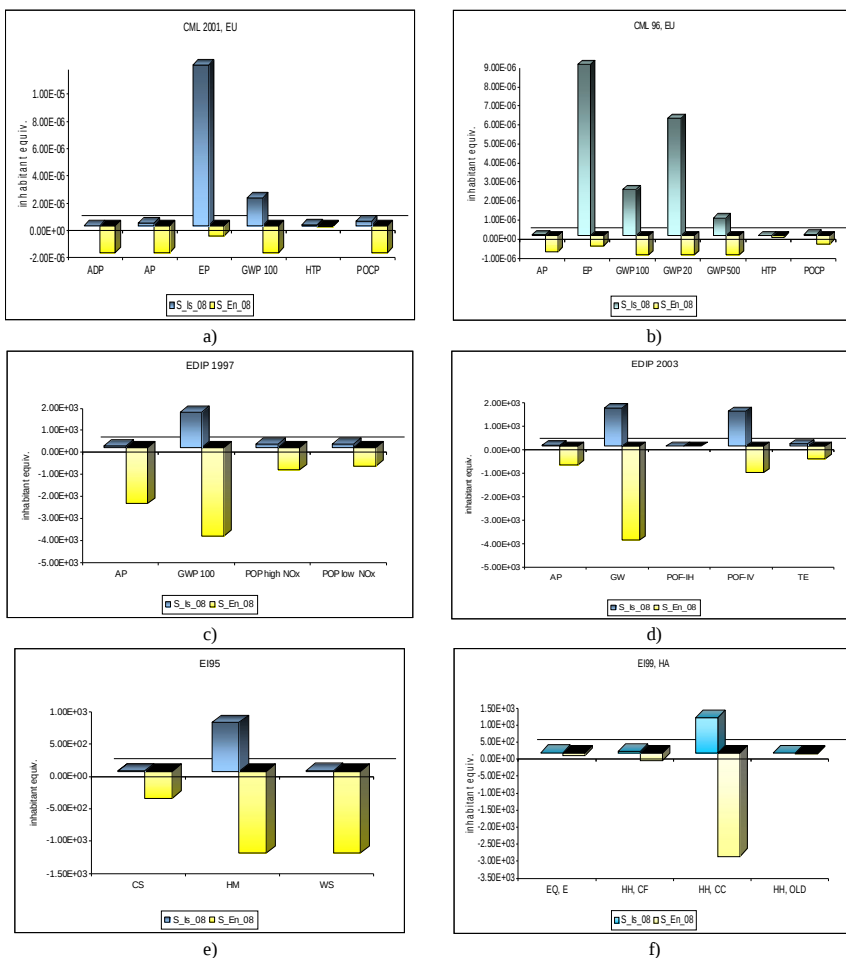


Fig. 4.10. Impacturile de mediu ale sistemelor de management al deșeurilor din Iași și Enschede în 2008: a) metodologia CML 2001; b) metodologia CML 96; c) metodologia EDIP 1997; d) metodologia EDIP 2003; e) metodologia EI95; f) metodologia EI99 (Ghinea și colab., 2012a)

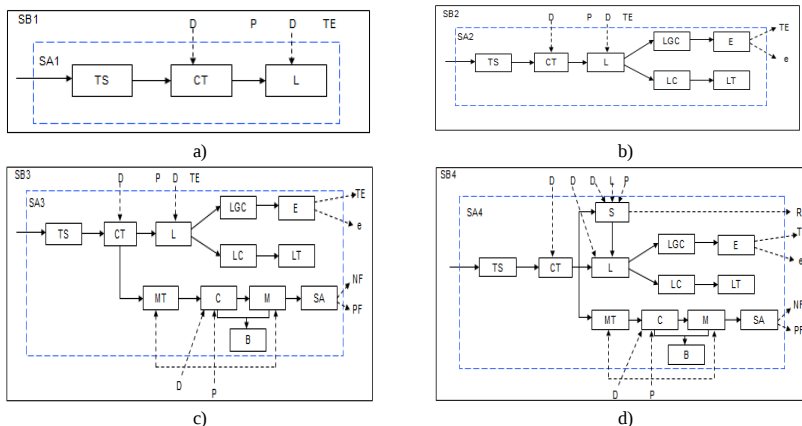
Se poate observa o diferență foarte mare în ceea ce privește impacturile asupra mediului ale celor două sisteme de management al deșeurilor. După cum s-a menționat deja, sistemul de management al deșeurilor din Iași, România are un impact negativ asupra mediului, în timp ce sistemul din Enschede, Olanda generează un impact pozitiv. Se poate spune că sistemul existent în Enschede, în 2008 este mai avantajos în termeni de mediu decât sistemul din Iași, în același an.

Diferențele dintre cele două sisteme încep încă de la depozitarea temporară, astfel că, dacă în Enschede deșeurile sunt colectate separat, în containere speciale pentru fiecare tip de deșeur, în țara noastră colectarea separată este încă în faza de proiecte pilot. Diferite containere au fost amplasate în mai multe locuri din municipiul Iași în 2008 pentru colectarea selectivă. Mai mult decât atât, depozitarea de deșeur municipale în Enschede, a fost de 0% în 2008, în timp ce în Iași această practică a fost și este cea mai utilizată pentru eliminarea deșeurilor solide municipale.

Analiza alternativelor propuse pentru 2018

a) Compararea sistemelor cu diferite granițe

Alegerea granițelor sistemelor este foarte importantă și poate influența foarte mult studiile de evaluare a ciclului de viață. Două grupuri de scenarii au fost planificate și analizate: grupul A, care include scenariile SA1-SA8, în cazul căruia granițele sistemului sunt limitate la procesele de prelucrare/eliminare a deșeurilor, și grupul B, care cuprinde scenariile SB1-SB8, care includ procesele cuprinse de scenariile din grupul A, dar și de alte activități suplimentare/aspecte legate de managementul deșeurilor. În Fig. 4.16, granițele sistemelor pentru scenariile din grupul A sunt reprezentate prin linii întrerupte, în timp ce liniile continue reprezintă granițele pentru scenariile din grupul B.



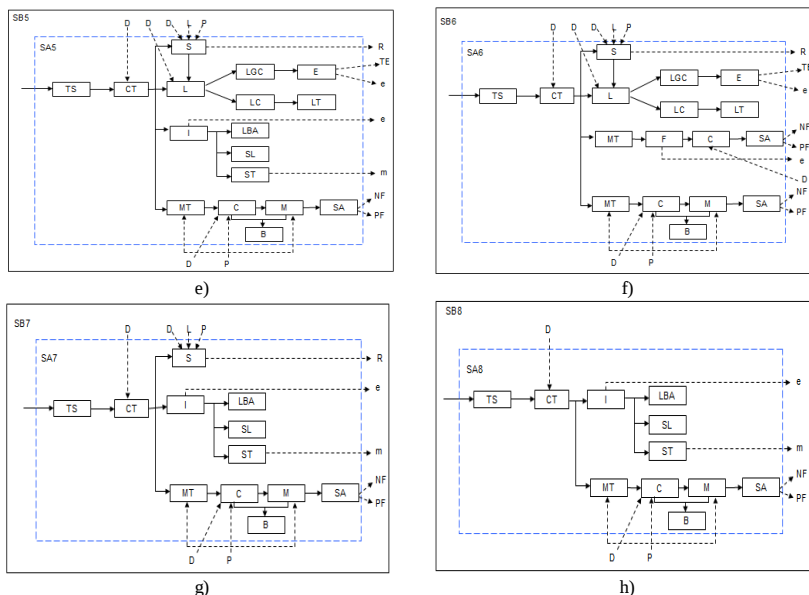


Fig. 4.16. Scenarii cu diferite granite: a) S1, b) S2, c) S3, d) S4, e) S5, f) S6, g) S7, h) S8; TS – depozitare temporară; CT - colectare și transport; L - depozitare; LGC - colectare biogaz; LC - colectare levigat; E - motor; LT - tratare levigat; MT - tratare mecanică; C - compostare; M - maturare; SA – aplicare pe sol; B - biofiltru; S - sortare; D - motorină; TE - energie termică; P - energie; e - electricitate; R - reciclare; NF - fertilizator cu azot; NP - fertilizator cu fosfor; I - incinerare; LBA - depozitarea cenușei de fund; SL - depozitare zgură; ST - tratare cenușă; m - metale; F - fermentare

După modelarea și simularea sistemelor de management al deșeurilor s-au obținut următoarele rezultate:

- sistemele „SB”: scenariile care includ sortarea, incinerarea și compostarea deșeurilor generează beneficii de mediu (având impacturi pozitive asupra mediului), în timp ce scenariile care includ doar depozitarea, cu sau fără colectarea levigatului și a biogazului au efecte negative asupra mediului.

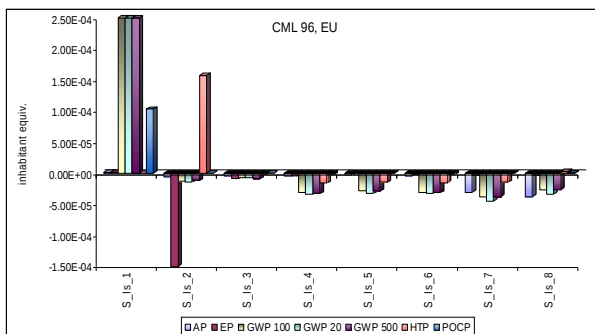
- sistemele „SA”: scenariile S3 (care cuprinde compostarea și depozitarea deșeurilor) și S2, S1 (depozitare) sunt scenariile care au impacturi mai puțin negative asupra mediului.

Rezultatele diferă, deoarece sistemele „SA” nu iau în considerare materialele substituite (așa numite *salvări de mediu*): biogazul rezultat poate fi utilizat pentru obținerea de energie și, cel mai important, poate înlocui energia produsă de procesele convenționale; compostul din procesul de compostare conține fosfor și azot, astfel că aplicarea compostului pe sol ar reduce consumul de îngrășăminte artificiale (și producerea lor).

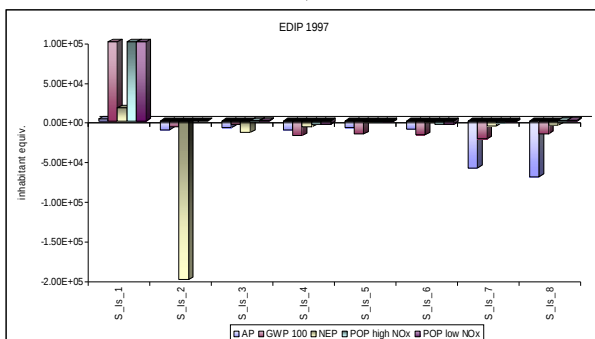
Tabel 4.8. Ierarhia impacturilor de mediu rezultate în urma evaluării cu metodologia CML 2001

Categoriile de impact	Impacturile de mediu ale scenariilor
	impacturi negative —→ impacturi pozitive
GWP	SA1>SA8> SA7> SA5> SA6> SA4> SA3> SA2
	SB1> SB2> SB3> SB8> SB5> SB6> SB4> SB7
EP	SA8>SA7> SA1> SA5> SA6> SA4> SA3> SA2
	SB1> SB5> SB6> SB7> SB4> SB3> SB2> SB8
POCP	SA1>SA8> SA5> SA7> SA6> SA3> SA4> SA2
	SB1> SB3> SB2> SB5> SB6> SB4> SB8> SB7
AP	SA8>SA7> SA3> SA6> SA4> SA5> SA2> SA1
	SB1> SB5> SB6> SB3> SB4> SB2> SB8> SB7
HTP	SA1>SA8> SA7> SA5> SA6> SA4> SA3> SA1
	SB2> SB1> SB3> SB6> SB4> SB5> SB8> SB7

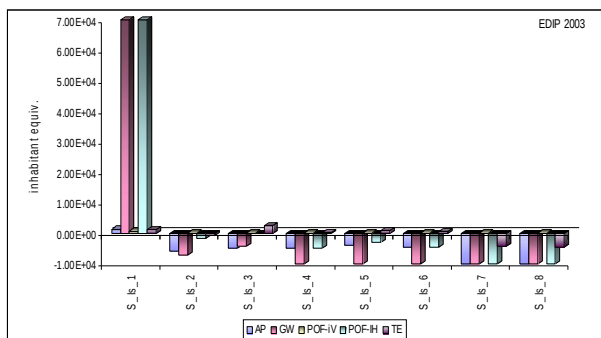
Scenariile din grupul B pot fi considerate a fi mult mai aproape de realitate și au fost evaluate cu metodologiile CML 96, EDIP 1997, EDIP 2003 EI95, EI99 metodologii. Rezultatele obținute sunt prezentate în Fig. 4.20.



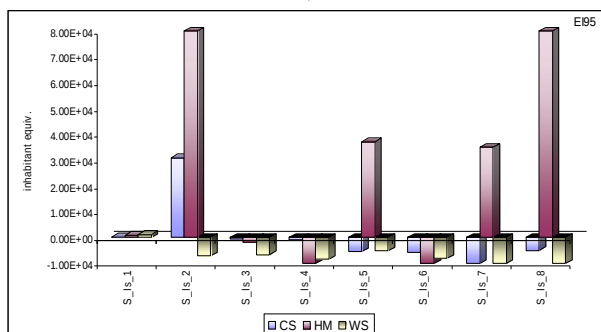
a)



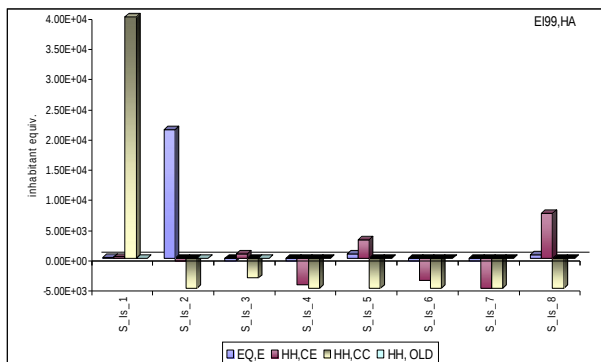
b)



c)



d)



e)

Fig. 4.20. Impacturile de mediu pentru scenariile din grupul B: a) CML 96; b) EDIP 1997; c) EDIP 2003; d) EI 95; e) EI 99, HA

Impacturile asupra mediului ale scenariilor evaluate cu metodologiile CML96, EDIP1997, EDIP2003, EI95, EI99, HA sunt prezentate în Tabelul 4.9. Rezultatele arată că scenariul 1 are efecte negative asupra mediului, în timp ce scenariul 7 are un impact pozitiv asupra mediului (CML96, EI99, HA). Scenariul 8 are un impact pozitiv conform rezultatelor obținute pentru EDIP1997 și EDIP 2003, în timp ce EI99 indică faptul că scenariul S6 are cel mai mare impact pozitiv asupra mediului.

Definirea granițelor sistemului are o influență majoră asupra rezultatelor studiilor de evaluare a ciclului de viață. Studiile implicând scenarii, cu limite diferite pot ajuta factorii de decizie în alegerea celui mai potrivit sistem de gestionare a deșeurilor din punct de vedere al mediului pentru un oraș. Analiza aceluiași scenariu, cu limite variate poate conduce la rezultate diferite.

Tabel 4.9. Ierarhia impacturilor de mediu rezultate în urma evaluării cu metodologiile CML96, EDIP1997, EDIP2003, EI95, EI99, HA

<i>Metodologii ECV</i>	<i>Impacturile de mediu ale scenariilor impacturi pozitive → impacturi negative</i>
CML96	S7> S6> S8> S5> S4> S3> S2/> S1
EDIP1997	S8> S7> S2> S4> S6> S5> S3/> S1
EDIP2003	S8> S7> S4> S6> S5> S2> S3/> S1
EI95	S6> S4> S3>/ S1> S5> S7> S8> S2
EI99, HA	S7> S4> S6> S3> S5> S8> S2/> S1

b) Compararea sistemelor cu diferite cantități de deșeuri colectate selectiv

Scenariile din grupul B au fost evaluate luând în considerare diferite cantități de deșeuri colectate selectiv pe fracții de deșeuri. Limitele sunt identice, dar sunt luate în considerare două tipuri de scenarii: cu „t” au fost notate scenariile în care cantitățile de deșeuri colectate selectiv sunt mai mici și, cu „o”, scenariile de colectare selectivă a unor cantități mai mari de deșeuri. Colectarea pe fracții de deșeuri duce la o scădere a cantității de deșeuri reziduale colectate și depozitate. După analizarea rezultatelor obținute pentru toate metodologiile ECV pentru sistemele notate „o”, scenariul S5o (incluzând procesele de sortare, compostare, incinerare și depozitare) prezintă un impact pozitiv asupra mediului, în timp ce S1o (care cuprinde doar depozitarea) este caracterizat de un impact negativ mai mare. Pentru sistemele notate „t”: scenariul cel mai favorabil din punct de vedere al impactului asupra mediului este S7t. Scenariul S7t include metode, precum sortarea, incinerarea, compostarea pentru procesarea deșeurilor solide. De asemenea, rezultatele au arătat că, atunci când cantitatea de deșeuri colectate și procesate este mai mică, S7 poate fi preferat pentru implementare. În cazul în care cantitatea de deșeuri colectate înregistrează o creștere, la fel ca în scenariile din categoria „o”, S5 este mai favorabil.

c) Stabilirea celui mai favorabil sistem din punct de vedere al impacturilor asupra mediului înconjurător

După modelarea scenariilor propuse, cu software-ul GaBi și compararea rezultatelor obținute pentru metodologiile CML2001, CML 96, EDIP 1997, EDIP 2003, EI95, EI99 luând în considerare granițele sistemelor și colectare selectivă a deșeurilor, aceste scenarii au putut fi

clasificate în scenarii cu efecte pozitive și negative asupra mediului. Ierarhizarea scenariilor este prezentată de Eq. 4.9 pentru scenariile notate „o” și Eq. 4.10 pentru scenariile notate SB.

$$\begin{array}{c} S5 > S7 > S6 > S4 > S8 > S3 > S2 > S1 \\ \xrightarrow{\hspace{10em}} \\ \text{Positive impacts} \hspace{10em} \text{Negative impacts} \end{array} \quad (4.9)$$

$$\begin{array}{c} S7 > S8 > S6 > S4 > S5 > S3 > S2 > S1 \\ \xrightarrow{\hspace{10em}} \\ \text{Positive impacts} \hspace{10em} \text{Negative impacts} \end{array} \quad (4.10)$$

Scenariul cel mai favorabil din punct de vedere al mediului poate fi considerat scenariul 7, care include **colectarea selectivă a deșeurilor pe fracții de deșeuri, reciclarea materialelor, compostarea deșeurilor organice și incinerarea deșeurilor reziduale**.

4.5.1.3. Evaluarea impacturilor de mediu pentru procesarea deșeurilor de hârtie și carton

Hârtia și cartonul sunt foi de fibre celulozice cu substanțe chimice adăugate pentru a oferi opacitatea, luminozitatea, sau luciu. Hârtia și cartonul pot fi clasificate în patru tipuri: de informații, de ambalare, de igienă și de specialitate. Aproape orice tip de hârtie și carton poate fi reciclat, dar este esențial pentru deșeurile de hârtie să fie colectate separat și să nu vină în contact cu alte fracții de deșeuri (Villanueva și Eder, 2011).

După colectare, deșeurile de hârtie pot fi **reciclate, depozitate sau incinerate**. În acest studiu a fost evaluat impactul asupra mediului rezultat în urma simulării/ modelării a acestor trei metode de management al deșeurilor de hârtie. A fost luată în considerare cantitatea de deșeuri de hârtie și deșeuri de carton generate în 2008, în Iași (scenariu notat R_1) și cantitatea de deșeuri care vor fi generate în 2018 (notat R_2). De asemenea, s-a presupus că aceste cantități au fost/sau vor fi colectate separat. Ambele scenarii au un impact pozitiv asupra mediului, iar în cazul în care cantitatea de deșeuri reciclată este mai mare, impactul asupra mediului va fi mai mare (Fig. 4.22). Reciclarea deșeurilor de hârtie este preferată depozitării acestor deșeuri.

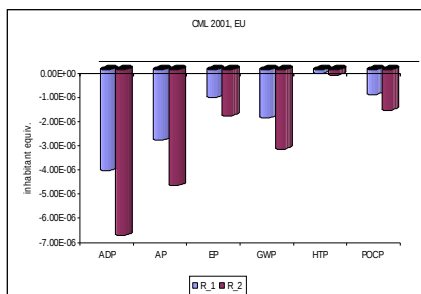


Fig. 4.22. Impacturile de mediu a scenariilor care includ reciclarea hârtiei metodologia CML 2001

Depozitarea deșeurilor de hârtie are efecte negative asupra mediului înconjurător (Fig. 4.23). Reciclarea deșeurilor de hârtie induce efecte pozitive pentru toate categoriile de impact, în timp ce incinerarea acelorași cantități de hârtie are efecte pozitive pentru categoriile de impact ADP, AP, POCP și efecte negative în ceea ce privește potențialul de încălzire globală (Fig. 4.24).

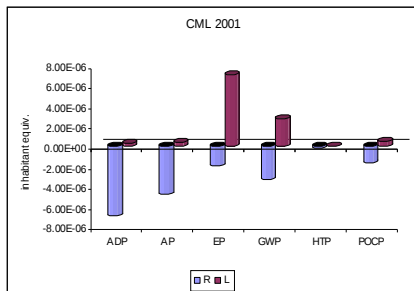


Fig. 4.23. Impacturile de mediu a scenariilor care cuprind reciclarea (R) și depozitarea (L) hârtiei metodologia CML 2001

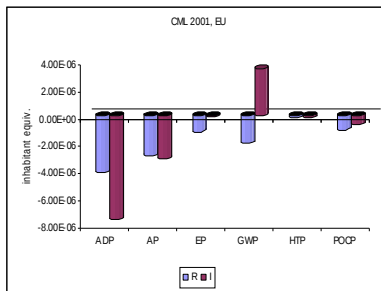


Fig. 4.24. Impacturile de mediu a scenariilor care cuprind reciclarea (R) și incinerarea (I) hârtiei metodologia CML 2001

4.5.2. Evaluarea impacturilor scenariilor de management al deșeurilor pentru Iași cu LCA-IWM Assessment Tool

Scenarii de management al deșeurilor, prezentate în Fig. 3.28 au fost, de asemenea, evaluate cu instrumentul de evaluare LCA-IWM. Acest instrument se bazează numai pe metodologia CML 2001. Din Fig. 4.27 se poate observa că scenariile 5 și 7 au impacturile pozitive cele mai mari asupra mediului, acestea fiind scenariile care includ metode de tratare/eliminare a deșeurilor solide, cum ar fi reciclarea, compostarea, incinerarea.

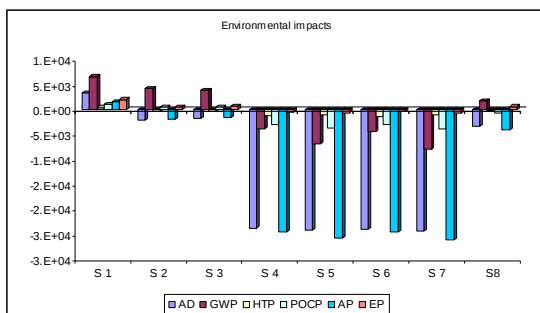


Fig. 4.27. Impacturile de mediu a tuturor scenariilor analizate

În urma evaluării scenariilor cu *LCA-IWM Assessment Tool* s-a observat faptul că scenariul 7 generează cel mai mare impact pozitiv asupra mediului și poate fi considerat ca scenariul cel mai favorabil din punct de vedere al mediului pentru implementare.

4.5.3. Compararea rezultatelor obținute cu *GaBi4* și *LCA-IWM Assessment Tool*

Rezultatele obținute în urma modelării scenariilor de management al deșeurilor solide cu cele două modele bazate pe metodologia ECV pot fi comparate doar pentru metodologia CML 2001 (*LCA-IWM Assessment Tool* furnizează rezultatele în conformitate cu CML 2001). Nu toate categoriile de impact pot fi comparate, deoarece sunt exprimate în unități diferite. Pentru comparație au fost alese potențialul de încălzire globală, exprimat în kg CO₂ echiv. și potențialul de acidificare (kg SO₂-echiv.) și doar trei scenarii de management al deșeurilor solide municipale, reprezentând sistemul de management actual, din trecut și posibil în viitor. Pentru scenariul cel mai probabil a fi implementat a fost ales scenariul 7 deoarece acesta a fost găsit ca fiind cel mai prietenos cu mediul, după evaluarea cu ambele modele ECV. Rezultatele obținute în urma evaluării scenariilor cu software-ul *GaBi* (S1, S2 și S7) și cu *LCA-IWM Assessment Tool* (notate S1-1, S1-2, S1-7) sunt prezentate în Fig. 4.35.

Modelarea acelorași scenarii cu cele două instrumente bazate pe ECV a condus la rezultate diferite. De exemplu: valoarea pentru categoria de impact - GWP pentru scenariul 1 (S1) evaluat cu *GaBi4* este de patru ori mai mare decât valoarea obținută pentru același scenariu (S1_1) evaluat cu *LCA-IWM Assessment Tool*. Acest lucru se datorează faptului că modelele sunt diferite: *GaBi 4* fiind mult mai complex decât *LCA-IWM Assessment Tool*. *GaBi 4* include mai multe metodologii ECV, sunt necesare mai multe date de intrare și de ieșire, nu este dedicat numai pentru evaluarea managementului deșeurilor, iar rezultatele sunt prezentate în moduri diferite. Cu toate acestea, modelele indică același scenariu ca cel mai favorabil din punct de vedere al mediului, chiar dacă valorile nete obținute pentru categoriile de impact variază de la un instrument la altul.

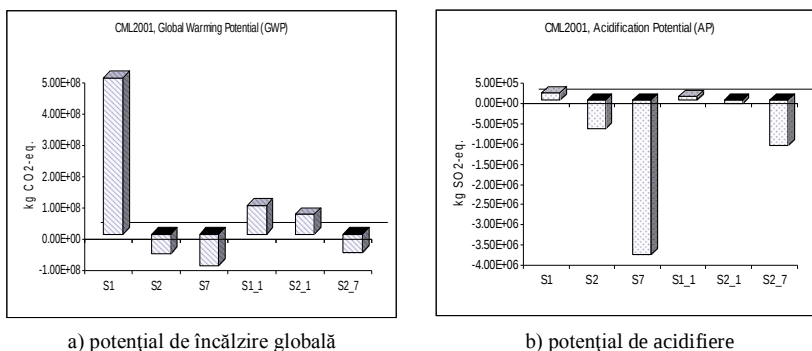


Fig. 4.35. Impacturile de mediu pentru aceleași scenarii evaluate cu *GaBi4* și *LCA-IWM Assessment Tool*

Modelarea în aria managementului deșeurilor, cu instrumente de evaluare a ciclului de viață poate fi utilizată de către factorii de decizie pentru alegerea cel mai favorabil sistem de management al deșeurilor din punct de vedere al mediului. Cu ajutorul metodologiei de evaluare a ciclului de viață se poate stabili impacturile asupra mediului ale diferitelor sisteme de management al deșeurilor pentru diferite categorii de impact.

Capitolul 5. ANALIZA COST BENEFICIU A SCENARIILOR DE MANAGEMENT AL DEȘEURILOR SOLIDE MUNICIPALE

Analiza Cost Beneficiu (ACB) a fost utilizată pentru a analiza și a evalua din punct de vedere economic diferite sisteme de management al deșeurilor municipale solide și posibile alternative care ar putea fi implementate într-un mod durabil. Evaluarea a fost realizată considerând avantajele ACB, care pot oferi o imagine de ansamblu cuprinzătoare a tuturor efectelor importante ale diferitelor scenarii de management al deșeurilor solide municipale, deoarece aceste efecte pot fi comparate utilizând o unitate comună, în termeni monetari (Chang și colab., 2012; Hojer și colab., 2008; Lombrano, 2009; NORDEN, 2007).

În acest scop, au fost identificate și date valori monetare pentru toate impacturile posibile ale proceselor incluse în scenariile propuse pentru evaluare. Toate datele necesare pentru analiza de inventariere au fost colectate din literatura de specialitate, statistici, baze de date etc.

5.2. Definirea scopului și a obiectivelor, unitate funcțională

Analiza cost-beneficiu reprezintă o metodă economică care poate fi aplicată pentru a alege, dintre un număr de alternative, cea alternativă care este considerată corespunzătoare să fie implementată (Hansjurgens, 2004). Obiectivul ACB este de a identifica și cuantifica toate efectele posibile legate de scenariile de management al deșeurilor propuse ca alternative, în scopul de a determina costurile și beneficiile aferente. Scenariul de bază este reprezentat de scenariul 1 și deservește ca scenariu de referință la care toate scenariile alternative vor fi comparate din punct de vedere economic (scenariile 2-8 prezentate în punctul 3.3.2).

5.3. Analiza de inventariere

Quantitățile de deșeuri generate în Iași în 2008 au fost preluate din Iasi County Council (2009). Pentru evaluarea procesului de depozitare temporară a deșeurilor, au fost considerate containere cu volumul de 1.1 m³ și preț de 250 €/container (Iasi County Council, 2011); containere cu volumul de 0.24 m³ și prețul de 60 €/container (Iasi County Council, 2009) și durata de viață de 9 ani pentru fiecare tip de container (Iasi County Council, 2009). Prețul locației containerelor a fost 1000 €/locație/12 ani însemnând 83 €/an considerând pentru o locație 3 containere cu volumul de 1.1 m³ (Iasi County Council, 2011). Datele necesare pentru evaluarea activităților de colectare și transport al deșeurilor au inclus: numărul de vehicule, distanța de transport, consum de combustibil și emisii de la consumul de combustibili. Prețul vehiculelor a fost considerat 120000 €/vehicul cu o durată de viață de 12 ani (Iasi County Council, 2011), rata dobânzii 15% (Rhoma și colab.,

2010). Consumul de combustibil a fost estimat la 30 L/km (den Boer și colab., 2005b) iar prețul motorinei de 1 €/L (Iasi County Council, 2009).

Intrările considerate pentru procesul de depozitare sunt cantitățile de deșeuri depozitate, consum de combustibil etc., iar ieșirile – emisiile rezultate în urma consumului de combustibil, biogazul și levigatul. Costurile de investiție pentru depozitare se află în jurul valorii de 65-160 €/t deșeuri solide (Iasi County Council, 2009). Pentru o instalație de ardere biogaz de 0,75-8,0 MWel costurile de investiție pot fi cuprinse între 1500-2100 €/kWel, iar costurile cu operarea și mentenanța 55-85 €/kWel (de Jager și colab., 2011). Costurile cu tratarea levigatului au fost considerate la 25,83 €/m³ (Eunomia Research & Consulting, 2001).

În ceea ce privește unitatea de sortare a deșeurilor, cu capacitate de 29000 t deșeuri/an costurile de investiție variază între 65 - 150 €/t deșeuri (Iasi County Council, 2009). Consumurile pentru sortarea și pre-curățarea materialelor reciclabile cum ar fi sticlă, plastic, metale sunt: energie electrică - 10 kWh/t de deșeuri; diesel - 2,4 L/t de deșeuri; lubrifianți - 0,2 L/t de deșeuri. Pentru hârtie și carton următoarele valori au fost utilizate: energie electrică 5,35 kWh/t de deșeuri; diesel - 0,64 L/t de deșeuri; lubrifianți - 0,01 L/t deșeuri (den Boer și colab., 2005b).

Costurile de investiție pentru o instalație de compostare a biodeșeurilor cu capacitatea de 10000 t/an sunt cuprinse între 150-200 €/t (Iasi County Council, 2009). Consumul total de combustibil în timpul procesului de compostare a fost estimat de 5,53 L/t deșeu (ROU, 2003). Necesarul de electricitate pentru compostare este de 10 kWh/t, consum de apă 2% din masa intrărilor, apa uzată 125 L/t deșeu, în timp ce conținutul de apă din compostul obținut este de 50% (den Boer și colab., 2005b). Costurile de investiție pentru o instalație de incinerare cu o capacitate de 100000 t/an sunt cuprinse între 670-902 €/t conform BREFF (2006b). În acest studiu au fost luate în considerare valorile prezentate în Tabelul 5.1.

Tabel 5.1. Costurile diferitelor tehnologii de tratare a deșeurilor solide municipale

<i>Technologie</i>	<i>Costuri de investiție (€/t)</i>	<i>Costuri de operare și mentenanță (€/t)</i>
Sortare	122	30,72
Compostare	159	30,3
Digestie anaerobă	370	70,1
Incinerare	649	92,9

Beneficiile rezultate în urma vânzării produselor secundare pot fi considerate între 20-30 €/t pentru hârtie și carton, 40 €/t pentru sticlă, 60-70 €/t pentru materiale plastice, 150 €/t metale și pentru compost 5-7 €/t (Iasi County Council, 2009; BALKWASTE, 2011).

5.4.1. Calculul costurilor

Au fost calculate costurile de producție pentru fiecare proces inclus în fiecare scenariu de management al deșeurilor municipale solide, propus. Cele mai mari costuri de administrare le au scenariile care au inclus incinerarea ca fiind una din metode de tratare a deșeurilor solide (S5, S7 și S8). Costurile totale de investiții pentru scenariile analizate sunt prezentate în Tabelul 5.3. De

asemenea, se poate observa că cele mai mari costuri de investiții le au aceleași scenarii: S5, S7 și S8.

Tabel 5.3. Costurile de investiție și de operare și mentenanță a scenariilor evaluate

<i>Scenariul</i>	<i>Costuri totale de investiție (€)</i>	<i>Costuri de operare și mentenanță (€/an)</i>
S1	41991919	3606434
S2	76892089	5605448
S3	77201459	6235626
S4	89503613	8377921
S5	172082898	25734484
S6	92454033	12609868
S7	195371972	36989199
S8	210453778	41008526

5.4.2. Calculul beneficiilor

Beneficiile totale ale unui proiect pot fi calculate prin luarea în considerare a trei tipuri de beneficii: economice, sociale și de mediu. Dacă beneficiile economice sunt mai ușor de calculat, beneficiile sociale și de mediu sunt mult mai dificil de identificat și de a li se atribui o valoare monetară.

Din punct de vedere economic beneficiile se referă la: reducerea cantității de deșeuri depozitate prin recuperarea deșeurilor reciclabile, valorificarea deșeurilor reciclabile (vânzarea de materiale), valorificarea compostului, valorificarea biogazului (poate fi folosit pentru producerea de energie electrică sau combustibil), generarea de energie electrică din incinerarea și digestia anaerobă a deșeurilor, respectarea legislației, beneficii economice directe de 5% din costurile de exploatare și întreținere, beneficii din plata populației pentru serviciul de salubritate.

Dintr-o perspectivă socială beneficiile sunt: îmbunătățirea calității serviciului de salubritate care să conducă la îmbunătățirea confortului și a calității vieții cetățenilor, la crearea de noi locuri de muncă, asigurarea premiselor pentru un sistem de confort social datorat colectării deșeurilor.

Din punctul de vedere al mediului se propun a fi realizate următoarele beneficii: reducerea cantităților de resurse non-regenerabile utilizate ca materii prime; zonele forestiere sunt menținute la un nivel acceptabil, reducerea suprafeței terenurilor utilizate pentru depozitarea deșeurilor (aceste suprafețe pot fi folosite în alte scopuri, în agricultură), scăderea cantității de materii prime utilizate în anumite procese prin înlocuirea acestora cu deșeuri/materiale valorificabile, reducerea cantității de levigat rezultat în urma depozitării deșeurilor, creșterea valorii bunurilor și creșterea confortului, prevenirea poluării (prin reducerea cantității de deșeuri produse), eliminarea riscului de poluare a apelor subterane, a apelor de suprafață, a solului, a aerului; eliminarea posibilității de apariție a focarelor de boli, de reducere a impactului asupra mediului; reintroducerea în spațiile sălbatice ale spațiului ocupat de depozitul neconform de deșeuri etc. Pentru scenariile analizate, am calculat beneficiile prezentate în Tabelul 5.4. De asemenea, pentru calculul beneficiilor anuale au fost luate în considerare beneficiile din respectarea legislației, iar beneficiile sociale și de mediu au fost estimate.

Tabel 5.4 Beneficii asociate cu facilitățile de tratare a deșeurilor

<i>Facilități de tratare a deșeurilor</i>	<i>Beneficii €/an</i>	<i>Beneficii obținute din</i>
Stație de sortare	2693580	Vânzarea deșeurilor reciclabile
Stație de compostare	17402	Vânzare compost
Stație de digestie anaerobă	34514	Producția de energie
Depozit (scenariul 2)	1891614	Producția de energie
Stație de incinerare (scenariul 5)	3992963	Producția de energie
Stație de incinerare (scenariul 7)	7369328	
Stație de incinerare (scenariul 8)	8849077	

5.4.3. Evaluarea costurilor

După calcularea costurilor este necesară convertirea acestora în termeni de valoare actualizată (Hanley și Spash, 1993). Valoarea actualizată este valoarea la o anumită dată a unei plăți efectuate. Valoarea actualizată a scenariilor a fost calculată în conformitate cu ecuația (5.33):

$$PV_{S_i} = C_{S_i} \cdot df \quad (5.33)$$

unde: PV_{S_i} - valoarea actualizată a costurilor pentru scenariul S_i , $i=1, \dots, 8$; C_{S_i} costurile pentru scenariul S_i ; df - factor de actualizare.

Valorile factorilor de discount întotdeauna sunt între 1 și 0 (Hanley și Spash, 1993). Calcularea factorului de actualizare (Eq. 5.34):

$$df = \frac{1}{(1+r) \cdot t} \quad (5.34)$$

unde: df - factor de actualizare r - rată de actualizare, t - an amortizare pentru investiții.

Rezultatele au arătat că scenariile care includ incinerarea deșeurilor solide ca proces de tratare/eliminare (S8, S7, S5) reprezintă scenariile cu cele mai mare costuri, în timp ce scenariile, care includ eliminarea prin depozitarea deșeurilor (S1 și S2), au costuri mai mici (Eq. 5.35).

$$\text{costuri}_{\text{mari}} \xrightarrow{S8>S7>S6>S4>S3>S2>S1} \text{costuri}_{\text{mici}} \quad (5.35)$$

5.4.4. Evaluarea beneficiilor

Valoarea actualizată a beneficiilor a fost determinată pentru fiecare scenariu în parte. Rezultatele au arătat faptul că scenariile care cuprind eliminarea deșeurilor prin depozitare ca fiind singurul proces de tratare a deșeurilor solide (S1 și S2) au beneficii mai mici în timp ce scenariile care includ incinerarea deșeurilor solide (S8, S7, S5) reprezintă scenariile cu cele mai mari beneficii (Eq. 5.37).

$$\text{beneficii}_{\text{mari}} \xrightarrow{S7>S8>S5>S6>S4>S3>S2>S1} \text{beneficii}_{\text{mici}} \quad (5.37)$$

5.4.5. Determinarea rapoartelor cost/beneficiu (C/B) și beneficiu/cost (B/C)

Rapoartele cost/beneficiu și beneficiu/cost sunt necesar a fi calculate (pe baza valorii prezente a costurilor și beneficiilor totale) cu scopul de a stabili care dintre scenarii este fezabil pentru implementare din punct de vedere economic. Rapoartele beneficiu/cost au fost determinate prin raportarea valorii actualizate totale a beneficiilor la valoarea actualizată totală a costurilor. Rapoartele cost/beneficiu au fost calculate prin împărțirea valorii totale actualizate a costurilor la valoarea totală actualizată a beneficiilor (Tabel 5.22).

Tabel 5.22. Rapoartele cost/beneficiu (C/B) și beneficiu/cost (B/C)

Raport	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
C/B	1,329	0,652	0,390	0,379	0,842	0,427	1,028	1,148
B/C	0,752	1,532	2,561	2,637	1,187	2,339	0,972	0,870
	neviabil	viabil	viabil	viabil	viabil	viabil	neviabil	neviabil

Raportul beneficiu/cost are semnificația de *valoare economisită la unitate valorică cheltuită*. În conformitate cu acest criteriu, orice proiect cu un raport de $B/C > 1$ poate fi implementat, deoarece beneficiile pe unitatea de cost sunt pozitive (NORDEN, 2007). Scenariile S1, S7 și S8 nu sunt viabile ($B/C < 1$), în timp ce celelalte scenarii au $B/C > 1$, ceea ce înseamnă că sistemele de management al deșeurilor sunt viabile și pot fi implementate.

5.4.7. Analiza de sensibilitate

Analiza de sensibilitate este efectuată cu scopul de stabili modul în care, diferite valori ale unei variabile independente vor afecta o anumită variabilă dependentă, sub un anumit set de ipoteze. Analiza de sensibilitate reprezintă un element esențial al analizei de decizie și al eficienței costurilor (Petitti, 1999; Saltelli și colab., 2004).

De regulă se recomandă să se efectueze o analiză de sensibilitate a ipotezelor-cheie făcute într-un studiu ACB (Hanley și Spash, 1993; NORDEN, 2007). Analiza de sensibilitate oferă o mai bună înțelegere a rezultatelor analizei cost beneficiu și poate fi folosită pentru a calcula efectul variațiilor intrărilor asupra criteriilor de decizie, cum ar fi: raportul cost beneficiu și valoarea netă actualizată (AG, 2007; TBCS, 1998).

Procedura aplicată pentru efectuarea analizei de sensibilitate cuprinde: identificarea variabilelor, eliminarea variabilelor dependente deterministe, analiza elasticității, selectarea variabilelor critice (EC, 2008; Frey și Patil, 2002). Analiza de sensibilitate a fost efectuată urmărind variația costurilor totale pentru fiecare din scenariile propuse, pe tona de deșeuri, în mai multe moduri:

- prin variația valorilor costurilor de investiție, pentru fiecare dintre tehnologiile de tratare a deșeurilor incluse în fiecare scenariu propus (S1-S8), între o valoare minimă și una maximă (din literatură BALKWASTE, 2011; BREFF 2006b) (Tabel 5.24);
- prin variația valorilor costurilor de operare și mentenanță, pentru fiecare dintre tehnologiile de tratare a deșeurilor incluse în fiecare scenariu propus (S1-S8), între o valoare minimă și una maximă (Tabel 5.25);

- prin variația valorilor atât pentru costurile de investiție cât și a costurilor de operare și mentenanță pentru fiecare dintre tehnologiile de tratare a deșeurilor incluse în fiecare scenariu propus (S1-S8), între o valoare minimă și una maximă (Tabelele 5.24 și 5.25).

Tabel 5.24. Valorile minime și maxime pentru costurile de investiție

<i>Tehnologie pentru procesarea deșeurilor</i>	<i>Costuri de investiție (€/t)</i>	
	<i>Valoare minimă</i>	<i>Valoare maximă</i>
Sortare	65	150
Compostare	150	200
Digestie anaerobă	300	387
Incinerare	645	800
Depozitare 1	65	160
Depozitare 2	160	240

Tabel 5.25. Valorile minime și maxime pentru costurile de operare și mentenanță

<i>Tehnologie pentru procesarea deșeurilor</i>	<i>Costuri de operare și mentenanță (€/t)</i>	
	<i>Valoare minimă</i>	<i>Valoare maximă</i>
Sortare	16,4	37,8
Compostare	28,6	38,1
Digestie anaerobă	56,8	73,3
Incinerare	92,3	114,5

Costurile totale ale scenariilor S6, S5, S7 și S8 sunt sensibile la schimbările valorilor costurilor de investiție (Fig. 5.3). În cazul scenariului S6, variația costurilor de investiții pentru digestie anaerobă are o mare influență asupra costurilor totale ale acestui scenariu. De asemenea, variația costurilor de investiții pentru procesul de incinerare influențează costurile totale ale scenariilor S5, S7 și S8. Costurile de operare și întreținere sunt sensibile pentru scenariile S5, S7 și S8, datorită costurilor de operare și întreținere ale procesului de incinerare (Fig. 5.4).

Din Fig. 5.3 și 5.4 se observă că rezultatele sunt foarte dependente de ipoteza efectuată. Rezultatele analizei de sensibilitate pot oferi informații factorilor de decizie cu privire la modul în care costurile totale sunt influențate dacă valoarea costurilor inițiale sunt modificate.

Costurile de investiție sunt sensibile pentru scenariile S6, S5, S7 și S8. Pentru S6 variația costurilor de investiții ale procesului de digestie anaerobă are o mare influență, de asemenea, variația costurilor de investiții ale procesului de incinerare influențează costurile totale ale scenariilor S5, S7 și S8. Costurile de operare și întreținere sunt sensibile pentru scenariile S5, S7 și S8, datorită costurilor de operare și întreținere pentru procesul de incinerare. Rezultatele obținute în urma evaluării sistemelor de management al deșeurilor, cu ACB au arătat că scenariile: S1 (depozitarea deșeurilor, fără de colectare și tratare a levigatului și colectarea gazului de depozit), S7 (sortare, compostare, incinerare) și S8 (compostarea și incinerarea), nu sunt viabile pentru implementare ($B/C < 1$; $NPV < 0$).

Cel mai potrivit pentru implementare din punct de vedere economic este scenariul S4, care include sortarea, compostarea, depozitarea deșeurilor ca opțiuni de tratare/eliminare pentru deșeurile solide. Conform analizei de sensibilitate rezultatele finale sunt sensibile la costurile de investiții și de operare și mentenanță și, de asemenea, la beneficiile sociale și de mediu.

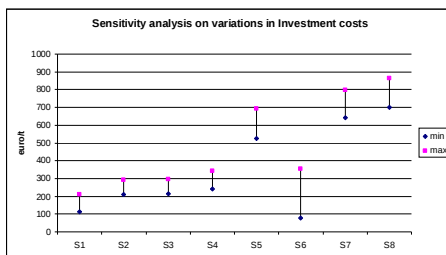


Fig. 5.3. Analiza de sensibilitate la variațiile costurilor de investiții (min - valorile costurilor totale calculate după varierea valorilor minime ale costurilor de investiție; max - valorile costurile totale calculate după varierea valorilor maxime ale costurilor de investiție)

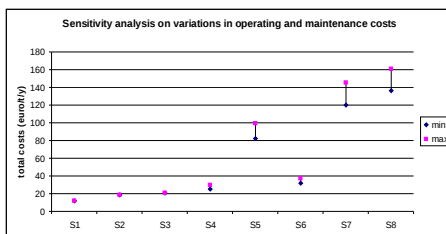


Fig. 5.4. Analiza de sensibilitate la variațiile costurilor de operare și mentenanță

Capitolul 6. ANALIZA MULTICRITERIALĂ A SCENARIILOR DE MANAGEMENT AL DEȘEURILOR SOLIDE MUNICIPALE

În acest capitol metodologia de evaluare multicriterială a fost utilizată pentru a analiza și evalua într-o manieră integrată, considerând criterii economice, tehnice și de mediu, diferite sisteme de management al deșeurilor municipale solide și alternative care ar putea fi implementate. În acest scop a fost aplicată metoda Proceselor Analitice Ierarhice (PAI), care include diferite tipuri de evaluare („ranking” și „rating”, comparație prin perechi), pentru a analiza scenariile și pentru a modela/simula diferite scenarii pentru managementul deșeurilor solide cu ajutorul unui software dezvoltat pe baza PAI (*Expert Choice*).

De asemenea, metoda PAI a fost incorporată în metodologia ECV și a fost utilizată în evaluarea metodelor de tratare a deșeurilor reciclabile (hârtie și carton, plastic, sticlă și metale). Cu ajutorul ECV au fost examinate impacturile de mediu în termeni privind probleme specifice cum ar fi: încălzirea globală, eutrofizarea, acidifierea, toxicitatea umană; iar metoda PAI a fost utilizată pentru a stabili cel mai bun rang (realizarea unei ierarhii a deșeurilor pe baza emisiilor folosind Excel și Matlab).

6.2. Metoda Proceselor Analitice Ierarhice

6.2.1. Metodologie

Metoda Proceselor Analitice Ierarhice este un instrument suport de luare a deciziilor cu privire la aspecte complexe de durabilitate, putând sprijini recunoașterea și definirea unei probleme în detaliu. PAI fi aplicată pentru a compara impactul politicilor alternative generate de alte instrumente cum ar fi: instrumente de evaluare fizice, instrumente de modelare și instrumente de evaluare de mediu (Kasperczyk și Knickel, 2005; Triantaphyllou și Mann, 1995).

Metoda Proceselor Analitice Ierarhice este o metodă multicriterială de luare a deciziilor care poate ajuta factorii de decizie în rezolvarea problemelor, pe baza evaluării unui set de criterii (Ciocoiu și colab., 2011; Ishizaka și Labib, 2009; Vachajitpan, 2004). Această metodă presupune descompunerea unei probleme complexe într-o structură multi-nivel ierarhică de obiective, criterii, subcriterii, și alternative (Sharma și colab., 2008). Fiecărui element relevant pentru procesul de decizie i se poate atribui un număr de importanță în conformitate cu scala Saaty (Tabel 6.2) pentru a i se putea calcula ponderile (Mendoza și colab., 1999). Calcularea ponderilor s-a realizat pe baza relațiilor din Tabele 6.3, 6.4 și 6.5. Pentru fiecare criteriu sau indicator poate fi dat un scor care reflectă performanța (Tabel 6.6).

Tabel 6.2. Scala importanțelor relative (Saaty, 1980; Mendoza și colab., 1999, Triantaphyllou și Mann, 1995)

<i>Intensitatea importanței</i>	<i>Definire/Hotărâre</i>	<i>Explicație/Semnificație</i>
1	Importanță egală	Două acțiuni contribuie în egală măsură la obiectiv
3	Importanță scăzută	Experiența și hotărârea favorizează ușor o activitate
5	Importanță esențială	Experiența și hotărârea favorizează puternic o activitate
7	Importanță demonstrată	O activitate este puternic favorizată și de poziția dominantă demonstrată în practică
9	Importanță absolută	Dovezile favorizează o activitate peste alta, ordinul cel mai înalt posibil de afirmare
2,4,6,8	Valori intermediare între două hotărâri adiacente	Când sunt necesare compromisuri

Tabel 6.3. Suma voturilor calculate aplicând metodologia PAI

<i>Criteriu</i>	<i>Rank</i>	<i>Rating</i>
C1	n_1	m_1
C2	n_2	m_2
	.	.
	.	.
	.	.
	n_k	m_k
	$\sum n_i, i=1,..., k$	$\sum m_i, i=1,...,k$

Tabel 6.4. Valorile ponderilor relative calculate aplicând metodologia PAI

<i>Criteriu</i>	<i>Pondere relativă</i>	<i>Pondere relativă</i>
C1	$n_1 / \sum n_i * 100 = a_1$	$m_1 / \sum m_i * 100 = b_1$
C2	$n_2 / \sum n_i * 100 = a_2$	$m_2 / \sum m_i * 100 = b_2$
	.	.
	.	.
	.	.
	$n_k / \sum n_i * 100 = a_k$	$m_p / \sum m_i * 100 = b_k$
	$\sum a_i = 100, i=1,...,k$	$\sum b_i = 100, i=1,...,k$

Tabel 6.5. Valorile ponderilor combinate calculate aplicând metodologia PAI

<i>Criteriu</i>	<i>Ponderi combinate</i>
C1	$(a_1 + b_1) / 2 = r_1$
C2	$(a_2 + b_2) / 2 = r_2$
	.
	.
	.
	$(a_k + b_k) / 2 = r_k$
	$\sum r_i = 100, i=1,...,k$

Tabel 6.6. Scala scoruri

<i>Scor</i>	<i>Descriere</i>
0	criteriu sau indicator neaplicabil
1	performanță extrem de slabă, puternic nefavorabil
2	performanță slabă, nefavorabil; poate fi norma pentru regiune, dar sunt necesare îmbunătățiri majore
3	acceptabil, la sau peste normă pentru operațiunile din regiune
4	performanță foarte favorabilă; bună peste norma pentru regiune, dar încă nevoie de îmbunătățiri pentru a fi „state of the art”
5	‘State of the art’ în regiune; performanță remarcabilă în mod clar, care este mult peste norma pentru regiune

6.2.2. Evaluarea criteriilor

Criteriile reprezintă puncte de vedere adecvate pentru a stabili comparații (BALKWASTE, 2011). În managementul deșeurilor se definesc: obiectivul principal, care este în acest caz, alegerea sistemului adecvat de management al deșeurilor solide municipale pentru un oraș și sunt identificate unui număr de obiective principale: protecția mediului, viabilitatea financiară,

capacitatea tehnică și dacă tehnologia folosită este adecvată scopului propus. Cele trei criterii principale după care s-a realizat evaluarea sunt prezentate în Fig. 6.6. De asemenea, în Fig. 6.7 este reprezentată ierarhia procesului de luare a deciziilor. Structura ierarhică include nivelul I, care reflectă obiectivul general sau concentrarea deciziei, la nivelul II sunt cuprinși factori sau criteriile de decizie, nivelul III conține sub-factorii sau indicatorii, și la nivel-IV sunt incluse opțiunile de decizie sau alternativele. Alternativele sunt reprezentate în acest caz, de către scenariile de management al deșeurilor solide municipale (S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, și S8).

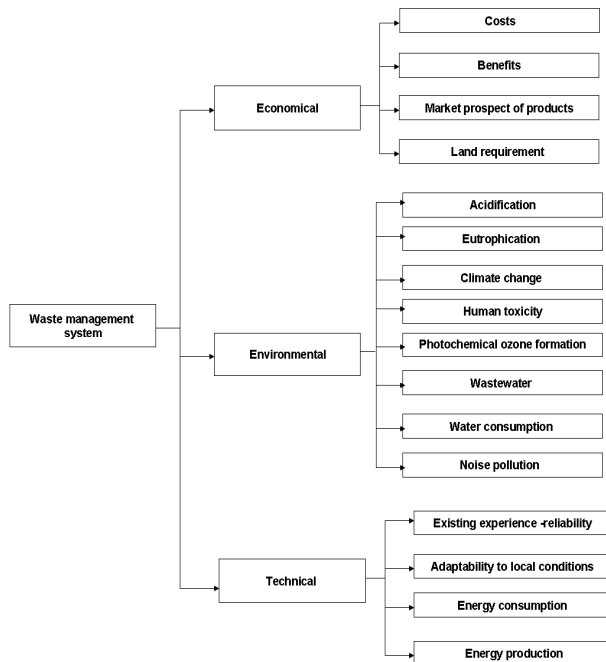


Fig. 6.6. Criteriile luate în considerare pentru evaluarea sistemelor de management al deșeurilor

6.2.4.1. Ponderile propuse pentru criteriile stabilite (metodele rating și ranking)

Tehnicile „rating” și „ranking” au fost aplicate pentru evaluarea scenariilor de management al deșeurilor solide municipale din punctul de vedere al ponderilor criteriilor de evaluare. Etapele parcurse în evaluarea alternativelor au fost următoarele: stabilirea listei de elemente de decizie (indicatori) în ordinea importanței; calcularea (în conformitate cu Tabelul 6.3) a sumei voturilor de ierarhizare pentru fiecare dintre criterii (economice, tehnice și de mediu) pentru fiecare scenariu evaluat; pentru fiecare element de decizie a fost acordat un scor între 0 și 100; ponderea relativă a fiecărui criteriu a fost calculată în conformitate cu Tabelul 6.4; ponderile combinate pentru fiecare criteriu au fost calculate prin realizarea mediei dintre ponderile relative determinate prin ambele tehnici (ranking și rating); pentru toți indicatorii s-a acordat un scor folosind scala din Tabelul

6.6; ponderile combinate au fost multiplicare cu valoarea scorului, cu scopul de a stabili scorul final pentru fiecare indicator; scorul final pentru fiecare scenariu a fost calculat luând în considerare suma punctajelor finale pentru indicatorii și împărțind-o cu 100.

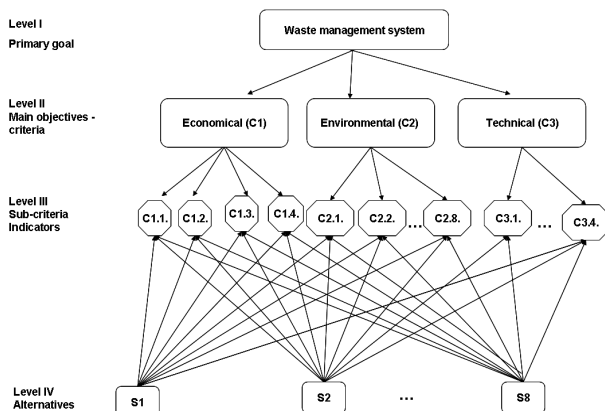


Fig. 6.7. Ierarhia propusă pentru sistemul de management al deșeurilor solide municipale

Scorul final pentru fiecare scenariu analizat a fost: 1,33 pentru S1, 2,02 pentru S2, 2,99 pentru S3, 3,53 pentru S4, 3,78 pentru S5; 3,17 pentru S6, 3,00 pentru S7 și 2,35 pentru S8. Un scor de 3 sau mai mare este acceptabil: la sau peste norma pentru operațiunile din regiune. Scenariile S5, S4, S6 și S7 au un scor bun în timp ce S8, S3 și S2 au performanță slabă, pentru S1 scorul final prezintă o performanță extrem de slab, puternic nefavorabil.

6.2.4.2. Aplicarea Comparăției prin Perechi

Metoda *comparației prin perechi* implică comparații „unu-la-unu” între fiecare dintre indicatori (Mendoza și colab., 1999). Etapele parcurse în evaluarea alternativelor au fost: elaborarea deciziilor pentru compararea importanței relativă a fiecărei perechi de indicatori, în ceea ce privește criteriul măsurat; determinarea matricelor comparative ale criteriilor pentru fiecare scenariu; determinarea ponderilor relative ale indicatorilor din fiecare matrice în trei etape; obținerea vectorului de priorități (VP) pentru fiecare matrice după stabilirea matricii prin înmulțirea elementelor n din fiecare rând, preluarea rândului n rezultat într-un vector coloană și normalizarea acestuia, determinarea consistenței rezultatelor prin calcularea lui $\lambda_{\max}$ (*eigenvalue*), fiecare matrice fiind înmulțită cu vectorul de priorități VP; determinarea $\lambda_{\max}$ final prin însumarea componentelor din vectorul rezultat și împărțirea rezultatelor la n ; determinarea scorurilor finale pentru fiecare scenariu a fost realizată prin înmulțirea ponderilor calculate cu punctajul acordat la fiecare indicator; indicele de consistență (CI) a fost calculat pentru fiecare matrice în parte.

Scorurile finale obținute utilizând *comparația prin perechi* au fost 1,28 – S1, 1,93 – S2, 2,61 – S3, 3 – S4, 3,36 – S5, 3,23 – S6, 2,82 – S7 și 2,14 – S8.

În acest caz, rezultatele sunt similare cu cele obținute prin aplicarea tehnicilor rating și ranking, dar principalul avantaj în folosirea comparației prin perechi îl reprezintă facilitatea de analiză a coerenței hotărârilor luate. Un scor de 3 sau mai mare este acceptabil, scorul final 2 reprezintă performanța slabă (nefavorabilă) în timp ce scorul final 1 arată o performanță extrem de slabă, puternic nefavorabilă.

Scenariile S5, S4, și S6 au un scor bun, în timp ce S7, S3 și S8 au performanță slabă, pentru S2 și S1 scorul final arată o performanță extrem de slabă, puternic nefavorabilă (Fig. 6.9).

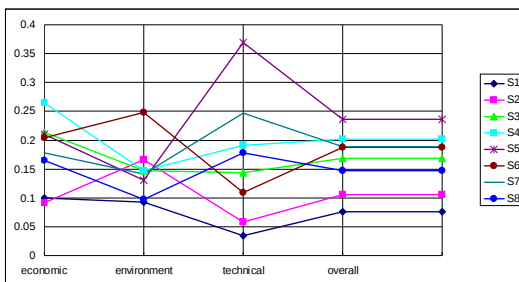


Fig. 6.9. Analiza de sensibilitate-reprezentare grafică a rezultatelor agregate

6.2.6. Evaluarea scenariilor de management al deșeurilor solide din punct de vedere al mediului, economic și tehnic aplicând mediul software Expert Choice

Expert Choice software are la bază metoda Proceselor Analitice Ierarhice (PAI), un instrument suport pentru luarea deciziilor, care facilitează deciziile de grup, care vor fi mult mai eficiente, analitice și justificabile. Calculul și prezentarea rezultatelor se pot efectua ușor și rapid în mediul software Expert Choice (Aragones-Beltran și colab., 2009). De asemenea, cu ajutorul acestui software am putut realiza și analiza de sensibilitate completă.

Pentru efectuarea analizei de sensibilitate cu Expert Choice, a fost necesară modificarea ponderile criteriilor, ca date de intrare. Analiza de sensibilitate efectuată în această parte a tezei consideră criteriile economice, de mediu și tehnice cu au aceeași importanță în ceea ce privește obiectivul (selectarea unui sistem adecvat de management al deșeurilor solide). Ponderile relative pentru fiecare criteriu au fost considerate ca având valoarea 0.333. În această analiză, am modificat doar preferința relativă în raport cu fiecare criteriu luat în considerare.

Fig. 6.13 ilustrează variația clasamentului scenariilor la schimbările pentru fiecare criteriu. Alternativele sunt reprezentate de liniile orizontale, în timp ce criteriile sunt reprezentate prin linii verticale. Prioritatea alternativelor pentru un anumit criteriu (Alt%) este indicată de intersecția liniei alternativelor cu liniile verticale. Din scala din stânga denumită Crt% sunt citite prioritățile criteriilor reprezentate de înălțimea liniei. Linia generală (OVERALL) prezintă prioritatea generală a fiecărei alternative (www2.ing.puc.cl/ics2805/lecturas/ahp.pdf).

Rezultatele arată că alternativa S5 este clasată în cel mai înalt grad, iar alternativa S1 are cel mai mic punctaj (Fig. 6.13): aceasta înseamnă că S5 reprezintă scenariul cel mai preferat pentru

punerea în aplicare având în vedere criteriile de mediu, economic și tehnic (luate în considerare pentru evaluare), în timp ce S1 este alternativa cea mai puțin preferabilă.

Analiza de sensibilitate dinamică prezintă un clasament simplu de alternative (Fig. 6.14). Preferința este alternativa S5 cu ponderea prioritară de 19,1%, urmată îndeaproape de S6 cu 16,5% în timp ce alternativa S1 reprezintă ultima alegere, cu ponderea prioritară de 1,12%.

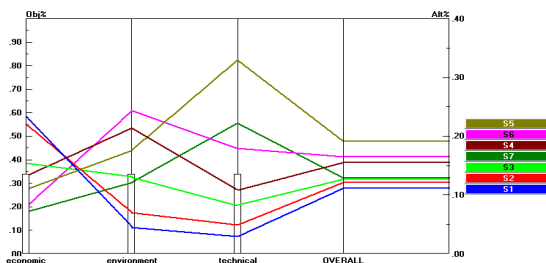


Fig. 6.13. Analiza de sensibilitate de performanță

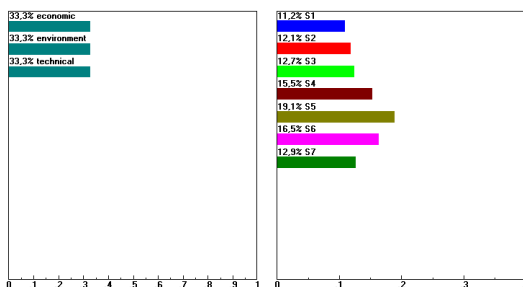


Fig. 6.14. Analiza de sensibilitate dinamică

Din studiile efectuate în acest capitol am constatat faptul că Expert Choice este un instrument valoros, care poate fi utilizat cu succes pentru a efectua analize de sensibilitate pe mai multe paliere. Aceste analize furnizează informații cu privire la scenariile preferate în funcție de criteriile luate în considerare. Evaluarea multicriterială cu software-ul Expert Choice este ușor de realizat în cazul în care evaluatorul cunoaște metoda PAI.

Dacă „rating” și „ranking” au fost utilizate pentru a obține scorul final al criteriilor prin combinarea ponderii fiecărui criteriu și a scorului final al criteriilor conducând la stabilirea punctajului final al alternativelor, prin metoda comparării prin perechi cu Expert Choice s-a realizat compararea alternativelor, pe baza tehnicii *unu-la-unu*.

Aplicarea tehnicilor de evaluare multicriterială („rating” și „ranking”, compararea prin perechi) și software-ul Expert Choice a condus la același rezultat, indicând faptul că S5 este

alternativa cea mai potrivită pentru a fi implementată considerând criteriile economice, tehnice și de mediu.

Scorurile finale obținute în urma evaluării scenariilor indică faptul că scenariul S5 (sortare, compostare, depozitare și incinerare) este mult mai acceptabil pentru implementare.

Dacă în cazul evaluării ciclului de viață a scenariilor propuse evaluarea a fost realizată considerând impactul scenariilor asupra mediului înconjurător (capitolul 4) (s-a obținut scenariul cel mai „prietenos” cu mediul), analiza cost-beneficiu a stabilit scenariul cel mai fezabil din punct de vedere economic pentru implementare (Capitolul 5), în timp ce, în cazul evaluării multicriteriale au fost luate în considerare atât criteriile economice și de mediu, cât și criteriile tehnice (capitolul 6). Din punctul nostru de vedere, metoda de evaluare multicriterială este mult mai complexă și implică utilizarea unor criterii multiple, ce țin seama atât de impacturile de mediu, fezabilitatea economică și tehnică a scenariilor, iar rezultatele sunt robuste și reproductibile.

Studiile privind evaluarea scenariilor de management al deșeurilor solide municipale prin aplicarea metodologiilor de ECV, ACB, evaluare multicriterială sunt elaborate pe principii ingineresti, care se sprijină pe bilanțuri de materiale, modelare și simulare. De aceea ele pot constitui suportul științific necesar pentru factorii de decizie, care se confruntă cu problema complexă a gestionării durabile a deșeurilor, ținând seama de principiile ecologic, tehnico-economic și social. ACB poate fi utilizată pentru identificarea strategiei fezabilă pentru tratarea deșeurilor în ceea ce privește costurile economice, eco-costurile și consecințele asociate acestora. Evaluarea multicriterială poate ierarhiza sistemele de management al deșeurilor luând în considerare anumite criterii de evaluare, în scopul alegerii sistemului fezabil din punct de vedere ecologic, tehnico-economic și social.

CONCLUZII GENERALE

Teza intitulată „**Modele de management al deșeurilor și aplicarea lor pentru managementul durabil al deșeurilor reciclabile**” cuprinde o evaluare complexă și critică a tendințelor în domeniul managementului deșeurilor din Europa, a obiectivelor-cheie a acestora, ca parte a politicii de mediu și a Strategiei europene de dezvoltare durabilă și, în același timp, dezvoltă o analiză complexă și coerentă a unor sisteme actuale și prognozate de management al deșeurilor municipale solide, pe baza a trei categorii de modele bazate pe Analiza Ciclului de Viață, Analiza Cost-Beneficiu și Analiza Multicriterială, ca instrumente suport în luarea deciziilor pentru asigurarea unui management integrat și durabil al deșeurilor.

În ultimele decenii au fost elaborate și aplicate diferite sisteme de management al deșeurilor solide municipale în contextul asigurării unui management integrat și durabil. Acestea au fost evaluate și ierarhizate pe baza unor criteriilor ecologice, economice și sociale, aplicând tehnici de modelare și simulare, ca instrumente care asistă procesul de decizie și concentrate în jurul conceptului de management integrat al deșeurilor. Scopul lor este de a identifica alternativele la strategiile de management al deșeurilor solide municipale (DSM) și a planurilor existente, considerând costurile, materialele, energia și impacturile asupra mediului.

Obiectivul principal al tezei de doctorat este de a elabora, modela și simula diferite scenarii municipale de management al deșeurilor solide, pe baza a trei metodologii (evaluarea ciclului de

viață, analiza cost beneficiu și evaluarea multicriterială), în vederea punerii în aplicare a rezultatelor pentru asigurarea managementului durabil al deșeurilor solide municipale, în particular în orașul Iași, România, comparativ cu sistemul de management al deșeurilor solide municipale din orașul Enschede, Olanda.

În acord cu obiectivul fundamental al tezei, au fost propuse o serie de obiective specifice ale lucrării, care au fost îndeplinite, după cum urmează:

- elaborarea unor scenarii de management integrat al deșeurilor, ținând seama de situația deșeurilor la nivelul anului 2008 în Iași și Enschede, situația actuală și prognozele pentru anul 2018;
- evaluarea sistemelor (scenariilor) de management al deșeurilor solide municipale propuse, utilizând metodologia de evaluare bazată pe analiza ciclului de viață în vederea stabilirii impacturilor asupra mediului a acestor sisteme;
- evaluarea economică a sistemelor de management propuse aplicând metodologii bazate pe analiza cost-beneficiu;
- analiza costurilor asociate impacturilor de mediu a scenariilor propuse de management al deșeurilor;
- evaluarea scenariilor aplicând metoda Proceselor Analitice Ierarhice, în contextul analizei multicriteriale;
- analiza impactului asupra mediului a deșeurilor reciclabile, cu ajutorul metodologiilor de evaluare a ciclului de viață și a analizei multicriteriale.

Deși există studii privind managementul deșeurilor în România, ca stat membru al Uniunii Europene, modul actual de abordare a managementului deșeurilor solide municipale (DSM) necesită schimbări majore pentru a asigura punerea în aplicare a reglementărilor europene, astfel încât România să fie printre statele membre cu un sistem eco-eficient de management al deșeurilor solide municipale (cum ar fi Germania, Olanda, Suedia etc), care să funcționeze pe baze durabile din punct de vedere ecologic, economic și social.

Pentru a răspunde acestor cerințe, teza dezvoltă o analiză cuprinzătoare a sistemelor de management al deșeurilor solide existente în două orașe din Europa de Vest și Europa de Sud - Est (Enschede, din Olanda și Iași, din România). În acest context au fost analizate caracteristicile DSM prin prisma cantităților de deșeuri generate, a compoziției deșeurilor municipale solide, tipurilor de sisteme de containere, de colectare și transport, tehnologiilor de tratare a deșeurilor. Atât cantitățile de deșeuri, cât și alte date obținute de la companiile de gestionare a deșeurilor au fost utilizate ca date de intrare pentru a prognoza dinamica DSM la nivelul anului 2018, aplicând mediul software Waste Prognostic Tool. Rezultatele au prognozat dinamica deșeurilor în t/an, kg/cap/an și % de masă.

În următoarea etapă au fost elaborate scenariile de management al DSM, luând în considerare anumite metode de tratare a deșeurilor solide (sortare, compostare, digestie anaerobă, incinerare și depozitare deșeurilor). Scenariul de bază este reprezentat de sistemul de management al DSM aflat în funcțiune până în anul 2009 în Iași, conform căruia deșeurile solide sunt depozitate într-un depozit de deșeuri, fără colectarea biogazului și a levigatului. Scenariul 2 cuprinde depozitarea cu colectarea de biogaz și tratament al levigatului în depozitul nou de deșeuri, construit în 2009. Alternativele la sistemul de gestionare a deșeurilor de dinainte de 2008 (scenariile 3-8) au inclus diverse metode de tratare/eliminare a deșeurilor.

Scenariile de management al DSM elaborate anterior au fost evaluate utilizând trei categorii de modele bazate pe: evaluarea ciclului de viață, analiza cost-beneficiu și analiza multicriterială. Aceasta este primul studiu științific bazat pe acest tip de abordare în evaluarea managementului DSM în România, în comparație cu sistemele de management al DSM eco-eficiente, cum ar fi cele din Olanda.

Pentru evaluarea scenariilor din punctul de vedere al impacturilor induse în mediu prin prisma analizei ciclului de viață (ECV) s-au folosit facilitățile oferite de mediul software Gabi 4. Rezultatele obținute după evaluarea sistemelor/scenariilor cu GaBi 4 au permis formularea următoarelor concluzii:

- *există o diferență semnificativă între impacturile de mediu ale sistemelor de management al deșeurilor existente în 2008, în Iași și Enschede*: sistemul din Enschede induce impacturi pozitive, în timp ce sistemul din Iași este caracterizat de impacturi negative asupra mediului înconjurător. Acesta este primul studiu care compară un sistem de management al DSM din România cu un sistem performant, prin prisma ECV.

- în situația potențială în care scenariul existent în 2008, în Iași, va rămâne neschimbat după zece ani, *impactul asupra mediului va crește odată cu cantitatea de deșeuri generate și tratate*. Prin urmare, sistemul existent în 2008 nu este adecvat în raport cu mediul înconjurător și trebuie fie schimbat și reconfigurat pe baze durabile. Aceasta este prima dovadă cantitativă, care susține această abordare și recomandare, dezvoltată în România.

- evaluarea impacturilor de mediu al scenariilor propuse ca alternative la sistemul de management al DSM în Iași este influențată de modul de alegere a granițelor sistemului și de gradul de colectare selectivă luat în considerare. Rezultatele au arătat că mărirea gradului de colectare selectivă a deșeurilor solide va conduce la creșterea cantității de deșeuri pentru reciclare, care în cele din urmă vor duce la un beneficiu suplimentar pentru mediul înconjurător. Creșterea gradului de colectare selectivă pentru deșeurile solide municipale va duce la scăderea cantității de deșeuri mixte colectate și, în cele din urmă la o reducere a cerințelor de tratare a deșeurilor reziduale. De asemenea, s-a dovedit că modul de alegere a granițelor (limitelor) sistemului evaluat are o importanță deosebită în evaluarea impactului ecologic, în sensul că, același scenariu poate genera impacturi diferite asupra mediului. Rezultatele au indicat faptul că scenariul 7 (care include: sortare, compostare și incinerare) este cel mai favorabil din punctul de vedere al impactelor induse în mediu. Acesta este primul studiu efectuat în România, care demonstrează influența semnificativă a dimensiunilor și limitele sistemelor cu privire la performanțele lor pentru diverse categorii de impact asupra mediului.

- reciclarea hârtiei reprezintă un scenariu preferat din punctul de vedere al mediului, comparativ cu incinerarea și depozitarea deșeurilor de hârtie. Reciclarea induce efecte pozitive asupra mediului și această tendință crește odată cu creșterea cantității de deșeuri reciclate.

- au fost înregistrate impacturi pozitive asupra mediului pentru evoluțiile posibile (trei scenarii, care includ reciclarea, compostarea, incinerarea a deșeurilor solide ca metode de procesare) pentru sistemul de management al deșeurilor din Enschede. În acest caz, chiar dacă procentul de deșeuri procesat va rămâne neschimbat, impactul asupra mediului este favorabil.

Rezultatele privind impactele de mediu obținute prin aplicarea, în paralel a mediului software LCA-IWM Assessment Tool demonstrează faptul că scenariul 7 (care include sortarea,

compostarea și de incinerarea ca metode de tratare a deșeurilor) este cel mai prietenos cu mediul confirmând astfel rezultatele obținute prin aplicarea modelului GaBi.

În concluzie, studiul performanței în raport cu mediul a scenariilor de management durabil a DSM prin prisma evaluării ciclului de viață realizat în această teză a adus următoarele contribuții:

- evaluarea impacturilor asupra mediului a două sisteme total diferite de management al deșeurilor solide municipale, în două orașe din diferite țări (România și Olanda) și compararea acestora;

- evaluarea impacturilor asupra mediului ale diferitelor sisteme de management al DSM în Iași, comparativ cu situația din 2008 extinsă până în 2018;

- evaluarea impacturilor asupra mediului a diferitelor scenarii considerate ca alternative la sistemul existent în Iași în 2008, analiza fiind realizată cu două instrumente dezvoltate pe baza metodologiei ECV (LCA-IWM Assessment Tool și software-ul GaBi 4);

- evaluarea impacturilor asupra mediului ale diferitelor metode de tratare a deșeurilor (cu LCA-IWM Assessment Tool);

- evaluarea impacturilor asupra mediului ale proceselor de tratare (reciclare, incinerare, eliminare) de hârtie și deșeuri de carton - analiză efectuată cu software-ul GaBi;

- evaluarea impacturilor asupra mediului ale scenariilor, care pot fi considerate evoluțiile posibile ale sistemului de management al deșeurilor din Enschede;

- compararea a instalațiilor și performanțelor a două modele de evaluare a ciclului de viață, aplicate pentru evaluarea a acelorași sisteme.

O contribuție originală este adusă și prin modul de stabilire a limitelor scenariilor propuse și evaluarea acelorași scenarii, dar cu limite diferite, precum și evaluarea acelorași scenarii dar cu grade diferite de colectare selectivă a deșeurilor pe fracții de deșeuri.

Sistemele de management al DSM/scenariile propuse au fost evaluate și prin prisma analizei cost-beneficiu. Costurile de investiții, de exploatare și întreținere pentru scenariile S5, S7 și S8, care includ incinerarea ca proces de tratare a deșeurilor sunt mai mari în comparație cu costurile celorlalte scenarii. Evaluarea beneficiilor a condus la concluzia că scenariile 7, 8 și 5 generează cele mai mari beneficii. Prin calcularea rapoartelor cost/beneficiu și beneficiu/cost au fost stabilite scenariile viabile pentru implementare. Scenariile 1, 7 și 8 nu sunt recomandate pentru implementare, deoarece costurile depășesc beneficiile. Același rezultat a fost obținut și după aplicarea indicatorului *valoarea actualizată netă* (doar scenariile 2, 3, 4, 5, 6 fiind considerate viabile). A fost efectuată și analiza de sensibilitate cu scopul de a stabili parametrii sensibili la variația datelor de intrare. Analiza a fost realizată prin stabilirea unor valori minime și maxime pentru costurile de investiții, dar și pentru costurile de întreținere și de exploatare. Parametrii sensibili, care pot fi considerați semnificativi pentru scenariile 6, 5, 7 și 8 sunt reprezentați de costurile de investiție, în timp ce costurile de operare și întreținere sunt semnificative pentru scenariile 5, 7 și 8.

Pentru alternativele de management al deșeurilor municipale solide au fost calculate și costurile asociate cu diminuarea impacturilor asupra mediului (eco-costuri). Costurile de prevenire a emisiilor au fost calculate în euro/t, iar rezultatele evidențiază că scenariile 8, 7, 1 implică cele mai mari eco-costuri, ceea ce înseamnă că, pentru reducerea emisiilor vor fi necesare cheltuieli suplimentare.

Metoda Proceselor Analitice Ierarhice (PAI) a fost aplicată pentru a evalua sistemele/scenariile de management al DSM propuse prin prisma analizei multicriteriale. Evaluarea a fost realizată prin aplicarea tehnicilor ranking, rating, a comparației prin perechi cu ajutorul mediului software oferit de Excel și Matlab. Rezultatele au subliniat faptul că scenariul 5 este alternativa cea mai potrivită pentru sistemul de management al deșeurilor municipale solide în ceea ce privește aspectele de mediu, economice și tehnice, urmate de scenariile 4 și 6. Scenariile au fost evaluate, de asemenea, cu Expert Choice, un program dezvoltat pe baza metodei PAI, pentru realizarea unei analize de sensibilitate complete. Analizele de sensibilitate, de performanță și dinamică au arătat că alternativa S5 a obținut scorul cel mai mare, în timp ce alternativa S1 are cel mai mic scor. Acest lucru indică faptul că scenariul 5 este fezabil pentru implementare din punct de vedere ecologic și tehnico-economic. Acest studiu ce are ca obiect analiza tehnico-economică și de mediu a scenariilor de management durabil al DSM este o premieră în țara noastră și printre puținele pe plan mondial.

Analiza sistemelor de management a deșeurilor solide municipale evaluate cu trei tipuri de metode: analiza ciclului de viață, analiza cost-beneficiu și analiza multicriterială a facilitat analiza costurilor de prevenire a poluării, realizată prin combinarea ECV cu metoda eco-costurilor și evaluarea metodelor de tratare a deșeurilor de materiale efectuate prin combinarea ECV cu evaluarea multicriterială.

După evaluarea scenariilor de management durabil al DSM în conformitate cu cele trei modele se pot face următoarele recomandări pentru implementare:

- *scenariul 7 (colectare selectivă a fracțiilor de deșeuri, reciclarea materialelor reciclabile, compostarea deșeurilor organice și incinerarea deșeurilor reziduale) a fost indicat de evaluarea prin prisma ECV, ca fiind scenariul cel mai favorabil pentru sistemul de management al deșeurilor din punct de vedere al mediului, deoarece generează cel mai mare impact pozitiv asupra mediului și este în conformitate cu Directiva privind Depozitarea Deșeurilor și Directiva privind ambalajele și deșeurile de ambalaje;*

- *scenariul 4 (care a inclus sortarea, compostarea și depozitarea deșeurilor) a fost indicat de modelul ACB, ca fiind cel mai favorabil pentru punerea în aplicare din punct de vedere economic, deoarece are costurile cele mai mici de implementare, comparativ cu scenariile S5-S8 și beneficii mai mari în comparație cu scenariile S1-S3;*

- *scenariul S5 (colectare selectivă a deșeurilor pe fracții, sortare, compostare, depozitare și incinerare) a fost indicat de analiza multicriterială ca fiind cel mai favorabil pentru implementare, deoarece este primul în ierarhia stabilită cu modelul PAI, obținând cel mai bun scor, fiind astfel considerat optim din punctul de vedere al celor trei criterii (mediu, economic și tehnic). Din punctul nostru de vedere, acesta este scenariul care îndeplinește simultan cerințele unui sistem integrat și durabil de management al DSM.*

De asemenea, din punctul nostru de vedere, modelele de evaluare bazate pe analiza multicriterială sunt recomandabile a fi aplicate în analiza sistemelor de management al DSM, deoarece, spre deosebire de celelalte două metodologii (ECV și ACB) consideră o serie de criterii combinate criterii (mediu, economic și tehnic) și, prin modul de prelucrare a datelor și baza de interpretare a rezultatelor asigură robustețea și reproductibilitatea rezultatelor.

Studiul deschide perspectivele pentru studii și cercetări avansate în sfera managementului tuturor categoriilor de deșeuri (deșeuri din construcții și demolări, deșeuri periculoase, deșeuri de

echipamente electrice și electronice etc.), oferind o bază științifică și logistică robustă, prin modul de abordare a problematicii integrării și durabilității sistemelor de management al DSM.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

- Banar M., Cokaygil Z., Ozkan A., (2009), Life cycle assessment of solid waste management options for Eskisehir, Turkey, *Waste Management*, **29**, 54-62.
- Begum R.A., Siwar C., Pereira J.J., Jaafar A.H., (2006), A benefit-cost analysis on the economic feasibility of construction waste minimisation: The case of Malaysia, *Resources, Conservation and Recycling*, **48**, 86-98.
- Behzadian M., Kazemzadeh R.B., Albadvi A., Aghdasi M., (2010), PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications, *European Journal of Operational Research*, **200**, 198-215.
- Buning G., (2004), *Development of an LCA-based Waste Management Model and its Application to optimise Sydney's domestic Waste Management*, Department of Environmental Engineering in cooperation with the Centre for water and waste technology, University of Applied Sciences, Diploma Thesis.
- Chang S. Y., Bindiganaville K., (2005), LCA and multicriteria evaluation of solid waste recycling, *Environmental Informatics Archives*, **3**, 118-129.
- den Boer E., den Boer J., Jager J., (2005a), *Waste Management Planning and Optimization, Handbook for Municipal Waste Prognosis and Sustainability Assessment of Waste Management Systems*, Ibidem Verlag Jessica Haunschild Christian Schoen GbR, Stuttgart.
- Fortună M.E., Simion I.M., **Ghinea C.**, Petraru M., Cozma P., Apostol L.C., Hlihor R.M., Tudorache Fertu D. Gavrilesu M., (2012), Analysis and management of specific processes from environmental engineering and protection based on sustainability indicators, *Environmental Engineering and Management Journal*, **11**, 333-350.
- Gavrilescu M., (2011), *Sustainable Industrial Production*, Ecozone Press, Iasi, Romania.
- Ghinea C.**, Gavrilescu M., (2010a), Models for sustainable waste management, *The Bulletin of the Polytechnic Institute from Iasi, Chemistry and Chemical Engineering Section*, Issue LXVI (LX) Fasc. 2, 21-36.
- Ghinea C.**, Gavrilescu M., (2010b), Decision support models for solid waste management-an overview, *Environmental Engineering and Management Journal*, **9**, 869-880.
- Ghinea C.**, Gavrilescu M., (2010c), Prognostic tools for assessment of alternative waste management scenarios, *Proceedings of the 14th International Symposium on Cellulose Chemistry and Technology*, 214-219, Iași, ISBN 978-973-621-306-9.
- Ghinea C.**, Petraru M., Gavrilescu M., Bressers H., (2011a), Waste management and recovery of fibres – the impact on climate change, IGS-SENSE Conference Resilient Societies - Governing Risk and Vulnerability for Water, Energy and Climate Change, 19 - 21 Octombrie 2011, Universitatea Twente, Enschede, Olanda, on line at: http://www.utwente.nl/igs/conference/2011_resilient_societies/Papers%20and%20presentations%20CLIMATE%20CHANGE/Postersession_Paper%20Ghinea_IGS_Conference.pdf.

- Ghinea C.**, Gavrilescu M., (2011b), Municipal solid waste management -environmental assessment from life cycle perspective, *The Bulletin of the Polytechnic Institute from Iasi, Chemistry and Chemical Engineering Section*, **LVII**, 87-95.
- Ghinea C.**, Petraru M., Bressers H., Gavrilescu M., (2012a), Environmental comparison of solid waste management systems: a case study of the cities of Iasi, Romania and Enschede, Netherlands, *The Bulletin of the Polytechnic Institute from Iasi, Chemistry and Chemical Engineering Section*, **LVIII (LXII)**, 105-116.
- Ghinea C.**, Petraru M., Bressers H., Gavrilescu M., (2012b), Environmental Evaluation of Waste Management Scenarios – Significance of the Boundaries, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, **20**, 76-85.
- Guinee J.B., Gorree M., Heijungs G., Kleijn R., De Koning A., Van Oers L., Wegnener Seelswijk A., Suh S., Udo de Haes H.A., Van derVen B.L: Weidema B.P., (2001), *Handbook on Life Cycle Assessment; Operational Guide to the ISO Standards*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Hanley N., Spash C.L., (1993), *Cost-Benefit Analysis and the Environment*, Edward Elgar Publishing Limited, Cheltenham.
- Hansen M.S., Gilberg U.F., (2003), *Cost-Benefit Analysis and Life Cycle Assessment in Environmental Decision-making - Potentials and Limitations*, Master Thesis, Technical University of Denmark.
- Iosip A., Hortal M., Dobón A., Bobu E., (2012), Assessing environmental impact of packaging paper production based on recycled fibre raw material, *Environmental Engineering and Management Journal*, **1**, 99-108.
- ISO, (2006b), Environmental management - Life cycle assessment - Life cycle impact assessment, (ISO 14044:2006). European Standard EN ISO 14040. The International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- JRC European Commission, (2010b), *Analysing of Existing Environmental Impact Assessment Methodologies for Use in Life Cycle Assessment*, Joint Research Centre Institute for Environment and Sustainability, ILCD Handbook.
- LAP 2, (2008), *National Waste Management Plan (LAP) 2009 – 2021*, Ministry for Housing, Spatial Planning and the Environment (VROM), Hague, The Netherlands.
- Morales-Mora M. A., Rosa-Dominguez E., Suppen-Reynaga N., Martinez-Delgadillo S.A., (2012), Environmental and eco-costs life cycle assessment of an acrylonitrile process by capacity enlargement in Mexico, *Process Safety and Environmental Protection*, **90**, 27-37.
- Morrissey A., Browne J., (2004), Waste management models and their application to sustainable waste management, *Waste Management*, **24**, 297-308.
- Ozeler D., Yetis U., Demirer G.N., (2006), Life cycle assessment of municipal solid waste management methods: Ankara case study, *Environment International*, **32**, 405-411.
- Petraru M., **Ghinea C.**, Bressers H., Gavrilescu M., (2011), Analysis of environmental impact for industry products. case study: paper manufacturing, *Bulletin of the Polytechnic Institute of Iasi, Chemistry and Chemical Engineering Section*, **LVII**, 63-74
- Pires A., Martinho G., Chang N.B., (2011), Solid waste management in European countries: A review of systems analysis techniques, *Journal of Environmental Management*, **92**, 1033-1050.

- Schiopu A.M., Robu B.M., Apostol I., Gavrilescu M., (2009), Impact of landfill leachate on soil quality in Iasi county, *Environmental Engineering and Management Journal*, **8**, 1155-1164.
- Schiopu A.M., Gavrilescu M., (2010a), Options for the treatment and management of municipal landfill leachate: common and specific issues, *CLEAN – Soil, Air, Water*, **38**, 1101-1110.
- Schiopu A.M., Gavrilescu M., (2010b), Municipal solid waste landfilling and treatment of resulting liquid effluents, *Environmental Engineering and Management Journal*, **9**, 993-1019.
- Zhu L., Aurum A., Gorton I., Jeffery R., (2005), Tradeoff and Sensitivity Analysis in Software Architecture Evaluation Using Analytic Hierarchy Process, *Software Quality Journal*, **13**, 357-375.

ACTIVITATEA ȘTIINȚIFICĂ

Lucrări publicate în reviste ISI

1. *Assessment of environmental impacts and costs of municipal solid waste management scenarios*, **Cristina Ghinea**, Madalina Petraru, Hans Th. A. Bressers, Maria Gavrilescu, *Waste Management and Research*, (revised after peer review).
2. *Multicriteria evaluation of Municipal Solid Waste Management Scenarios*, **Cristina Ghinea**, Madalina Petraru, Hans Th. A. Bressers, Maria Gavrilescu, *Waste Management*, (under review).
3. *Evaluation of the environmental impacts of a simulated water scrubbing biogas upgrading technology based on energy demand analysis and Life Cycle Assessment*, Petronela Cozma, **Cristina Ghinea**, Ioan Mamaliga, Walter Wukovits, Anton Friedl, Maria Gavrilescu, *CLEAN – Soil, Air, Water*, (revised after peer review).
4. *Environmental impact assessment comparison of paper manufacturing process. Case study: Romania and Netherlands*, Madalina Petraru, **Cristina Ghinea**, Hans Th. A. Bressers, Maria Gavrilescu, *International Journal of Life Cycle Assessment*, (under review).
5. *Environmental and economic evaluation of tissue paper manufacturing*, Madalina Petraru, **Cristina Ghinea**, Hans Th. A. Bressers, Maria Gavrilescu, (under review).
6. *Environmental Evaluation of Waste Management Scenarios - Significance of the Boundaries*, (2012), **Cristina Ghinea**, Madalina Petraru, Hans Th. A. Bressers, Maria Gavrilescu, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, **20**, 76-85.
7. *Analysis and management of specific processes from environmental engineering and protection based on sustainability indicators*, (2012), Maria Emiliană Fortună, Isabela Maria Simion, **Cristina Ghinea**, Madalina Petraru, Petronela Cozma, Laura Carmen Apostol, Raluca Maria Hlihor, Daniela Tudorache Fertu, Maria Gavrilescu, *Environmental Engineering and Management Journal*, **11**, 333-350.
8. *Decision support models for solid waste management– an overview*, (2010), **Cristina Ghinea**, Maria Gavrilescu, *Environmental Engineering and Management Journal*, **9**, 869-880.

Lucrări publicate în reviste cotate CNCSIS (B+)

1. *Environmental comparison of solid waste management systems: a case study of the cities of Iasi Romania and Enschede, Netherlands*, (2012), **Cristina Ghinea**, Madalina Petraru, Hans Th. A. Bressers, Maria Gavrilescu, *Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Secția Chimie și Inginerie Chimică*, Tomul LVIII (LXII), Fasc. 1, 105-116.
2. *Municipal Solid Waste Management - Environmental Assessment from Life Cycle Perspective*, (2011), **Cristina Ghinea**, Maria Gavrilescu, *Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Secția Chimie și Inginerie Chimică*, Tomul LVII (LXI) Fasc. 1, 87-95.
3. *Analysis of Environmental Impact for Industry Products. Case Study: Paper Manufacturing*, (2011), Madalina Petraru, **Cristina Ghinea**, Hans Th. A. Bressers, Maria

Gavrilescu, *Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Secția Chimie și Inginerie Chimică*, Tomul LVII (LXI), Fasc. 4, 63-74.

4. *Models for sustainable waste management*, (2010), **Cristina Ghinea**, Maria Gavrilescu, *Buletin of the Polytechnic Institute of Iasi, Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Secția Chimie și Inginerie Chimică*, Tomul LVI (LX), Fasc. 2, 21-36.

5. *Thermodynamic study of Cd (II) sorption on soil*, (2010), Raluca Maria Hlihor, Petronela Cozma, **Cristina Ghinea**, Vasile Lucian Pavel, Brindusa Mihaela Robu, Maria Gavrilescu, *Lucrări științifice. Seria Agronomie - Solul, apa și protecția mediului*, vol 53, nr 2, 93-95.

Lucrări publicate în volume ale Conferințelor și Simpozioanelor

1. *Prognostic tools for assessment of alternative waste management scenarios*, (2010), **Cristina Ghinea**, Maria Gavrilescu, *Proceedings 14th International Symposium on Cellulose Chemistry and Technology*, 214-219, ISBN 978-973-621-306-9.

Participări la Conferințe Naționale

1. *Environmental comparison of solid waste management systems: a case study of the cities of Iasi Romania and Enschede, Netherlands*, **Cristina Ghinea**, Madalina Petraru, Hans Th. A. Bressers, Maria Gavrilescu, Conferința națională “Zilele Facultății de Inginerie Chimică și Protecția Mediului”, ediția a VIII-a, „Materiale și procese inovative”, Iași, România, 17-18 Noiembrie 2011 (poster).

2. *Analysis of Environmental Impact for Industry Products. Case Study: Paper Manufacturing*, Madalina Petraru, **Cristina Ghinea**, Hans Th. A. Bressers, Maria Gavrilescu, Conferința națională “Zilele Facultății de Inginerie Chimică și Protecția Mediului”, ediția a VIII-a, „Materiale și procese inovative”, Iași, România, 17-18 Noiembrie 2011 (poster).

3. *Municipal Solid Waste Management - Environmental Assessment from Life Cycle Perspective*, **Cristina Ghinea**, Maria Gavrilescu, Conferința națională “Zilele Facultății de Inginerie Chimică și Protecția Mediului”, ediția a VII-a, “90 de ani de la nașterea Academicianului Cristofor Simionescu”, Iași, România, 17 - 19 Noiembrie 2010 (poster).

4. *Models for sustainable waste management*, **Cristina Ghinea**, Maria Gavrilescu, Conferința națională “Zilele Facultății de Inginerie Chimică și Protecția Mediului”, ediția a VI-a, “Noi frontiere în chimie și inginerie chimică”, Iași, România, 18-20 Noiembrie 2009 (comunicare).

Participări la Conferințe Internaționale

1. *Environmental and economic evaluation of management systems for municipal solid waste*, **Cristina Ghinea**, Madalina Petraru, Hans Th. A. Bressers, Maria Gavrilescu, Global Conference on Global Warming-2012 (GCGW-12), 8-12 Iulie 2012 Istanbul, Turcia (poster).

2. *Evaluation of the contribution of the raw materials used in paper production to global warming*, Madalina Petraru, **Cristina Ghinea**, Hans Th. A. Bressers, Maria Gavrilescu, Global Conference on Global Warming-2012 (GCGW-12), 8-12 Iulie 2012 Istanbul, Turcia (poster).

3. *Environmental assessment of municipal solid waste management systems using LCA and multicriteria evaluation*, **Cristina Ghinea**, Madalina Petraru, Hans Th. A. Bressers, Maria Gavrilescu, International Conference “20th European Biomass Conference & Exhibition 2012”, 18-22 Iunie 2012, Milano, Italia (poster).

4. *Analysis of the environmental impact of water scrubbing technology applied for biogas upgrading based on LCA Methodology*, Petronela Cozma, Walter Wukovits, **Cristina Ghinea**, Ioan Mamaliga, Anton Friedl, Maria Gavrilescu, International Conference “20th European Biomass Conference & Exhibition 2012”, 18-22 Iunie 2012, Milano, Italia (comunicare).

5. *Waste management and recovery of fibres – the impact on climate change*, **Cristina Ghinea**, Madalina Petraru, Maria Gavrilescu, Hans Th. A. Bressers, IGS-SENSE Conference Resilient Societies - Governing Risk and Vulnerability for Water, Energy and Climate Change, 19 - 21 Octombrie 2011, Universitatea Twente, Enschede, Olanda (poster).

6. *Analysis and management of specific processes from environmental engineering and protection based on sustainability indicators*, Maria Emiliană Fortună, Isabela Maria Simion, **Cristina Ghinea**, Madalina Petraru, Petronela Cozma, Laura Carmen Apostol, Raluca Maria Hlihor, Daniela Tudorache Fertu, Maria Gavrilăscu, „6th International Conference on Environmental Engineering and Management - Green Future”, 1-4 Septembrie 2011, Ungaria (comunicare).

7. *Thermodynamic study of Cd (II) sorption on soil*, Raluca Maria Hlihor, Petronela Cozma, **Cristina Ghinea**, Vasile Lucian Pavel, Brindusa Mihaela Robu, Maria Gavrilăscu, International Conference “Durable Agriculture-Present and Perspectives”, Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară “Ion Ionescu de la Brad”, Iași, România, 21-23 Octombrie 2010 (poster).

8. *Prognostic tools for assessment of alternative waste management scenarios*, **Cristina Ghinea**, Maria Gavrilăscu, The 14th International Symposium on Cellulose Chemistry and Technology, Facultatea de Inginerie Chimică și Protecția Mediului, Iași, România, 8-10 Septembrie 2010 (poster).

Stagii de cercetare

Stagii de cercetare la Centrul Twente pentru Studii în Tehnologie și Dezvoltare Durabilă (CSTM), Facultatea de Management și Guvernare, Universitatea Twente, Enschede, Olanda sub coordonarea Prof. Hans Th. A. Bressers în perioada 1 Martie – 31 August 2011.

Premiul pentru cel mai bun poster

*Environmental and economic evaluation of management systems for municipal solid waste, **Cristina Ghinea**, Madalina Petraru, Hans Bressers, Maria Gavrilăscu, Global Conference on Global Warming – GCGW 2012, 8-12 Iulie 2012, Istanbul, Turcia.*