

UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI

REZUMAT

al Tezei de Doctorat

"ECO-TEHNOLOGII CIRCULARE PENTRU MATERII PRIME ÎN INFRASTRUCTURILE ENERGETICE URBANE/ CIRCULAR ECO-TECHNOLOGY FOR RAW MATERIALS IN URBAN ENERGY INFRASTRUCTURE"

elaborată de Ec. Ilie Ionel CIUCLEA sub conducerea științifică a Prof.univ.dr.ing. Ioan GÂF-DEAC

Teza de doctorat intitulată "*Eco-tehnologii circulare pentru materii prime în infrastructurile energetice urbane*" se dovedește de reală actualitate, prin tematica sa vizând cercetări pentru obținerea de noi soluții în domeniul eco-tehnologiilor pentru valorificarea energetică a deșeurilor municipale și a reziduurilor miniere. Lucrarea se justifică prin cerințele stringente care sunt pe plan național și european în domeniul resurselor energetice, a eficientizării exploatarei miniere a substanțelor minerale utile, a folosirii deșeurilor miniere și municipale pentru obținerea de energie în baza instaurării economiei circulare.

Scopul tezei de doctorat este identificarea de noi soluții în domeniul eco-tehnologiilor pentru valorificarea energetică a deșeurilor municipale și a reziduurilor miniere în România. Se urmărește *introducerea prin economia circulară a eco-tehnologiilor curate de tratare energo-termică avansată a deșeurilor și reziduurilor pentru obținerea de energie în infrastructuri energetice urbane*.

De altfel, pe agenda elaboratorilor de strategii de dezvoltare în noua economie bazată pe cunoaștere se regăsesc aserțiuni conceptuale referitoare la modelul economiei rețelizate, clusterizate, în care se urmărește folosirea cvasi-integrală și ecologică a resurselor tangibile și a celor intangibile de cunoaștere inginerească și economică avansată.

Lucrarea de doctorat este elaborată respectând criteriile oficiale ce impun descrierea semnificativă a stadiului cunoașterii în domeniu pe plan național și internațional, tratarea temei propriu-zise, avansarea/ formularea de soluții inovative, concluzii, propuneri, recomandări și previziuni, direcții viitoare de cercetare, teza fiind caracterizată de profundă originalitate, de contribuții științifice personale teoretice și practice de reală importanță și semnificație.

Sunt prezentate remarcabile contribuții științifice proprii, personale, sunt lansate cu înțâietate în literatura științifică, în practica inginerească și economică minieră, respectiv în sfera ecologizării infrastructurale urbane, aspecte vizând tratarea energo-termică avansată a deșeurilor pentru obținerea de energie în infrastructuri specifice în "mina urbană".

Teza de doctorat este elaborată pe parcursul a 8 capitole, cu un număr de 204 pagini, cuprinzând în total 179 figuri (*desene/ scheme/ fotografii*), din care 102 originale, proprii, și 7 tabele, din care 3 cu date și informații specifice, 23 formule matematice, 63 concepte și idei, toate originale, intrate sub incidența copy-right-ului.

Teza de doctorat are 56 titluri de capitole, sub-capitole, paragrafe și sub-paragrafe, reflectând atotcuprinderea cercetărilor desfășurate de autor în domeniu în țară și străinătate. În lucrarea de doctorat sunt sistematizate 54 *aspecte concluzive preliminare* privind problematicile tratate în cele 7 capitole de bază.

În ultimul capitol al lucrării (VIII) sunt redate, sistematizat, un număr total de 95 *concluzii finale, descrieri ale contribuțiilor științifice personale, originale*, precum și *propuneri, recomandări, direcții viitoare de cercetare în domeniu*.

Bibliografia cuprinde 211 *referințe actualizate, din țară și străinătate*. Acestea i se adaugă un număr de 27 Referințe bibliografice personale, ale autorului.

Aspectul științific fundamental, esențial este direcționat cazuistic în cercetările derulate pe teren, în Regiunea de Dezvoltare 8 București-Ilfov și în zona Bazinului Carbonifer Valea Jiului cu privire la eco-tehnologiile circulare folosite la obținerea de energie din deșeuri în infrastructuri energetice urbane.

În plan teoretic, s-a recurs la documentarea comparativă actualizată, urmărind obținerea unei imagini noi, real contributive și distinct originale în legătură cu rolul și afectările generate de deșeuri/reziduuri din arealele municipale (București și Petroșani) și din structurile de exploatare minieră (Bazinul Valea Jiului), respectiv din Regiunea de Dezvoltare 8 București-Ilfov.

În lucrarea de doctorat se urmărește formularea de soluții pentru protejarea capacității ambientale a mediului minier și urban, corelarea eco-tehnologizării cu circularitatea energetică în zonele cercetate, fundamentarea propunerii de antreprenariat investițional ecologic prin realizarea unui Complex Integrat de Tratare Energo-Termică Avansată a deșeurilor, elaborarea unui model energo-circular în domeniu, precum și modelarea strategică a compatibilizării avansului României în economia europeană sustenabilă.

Capitolul I este intitulat ”*Economia circulară pe plan internațional și în România în sectorul extractiv de materii prime energetice și în infrastructurile energetice urbane*”.

În principal, în cadrul acestui capitol sunt prezentate aspecte cu privire la Economia Circulară și instaurarea dominației eco-tehnologiilor pe plan internațional și în România fiind descrise elemente de caracterizare a reziduurilor miniere și deșeurilor municipale.

Un aspect investigativ concludent al acestui capitol este reprezentat de înfățișarea semnalelor privind desființarea reziduurilor miniere și deșeurilor municipale în corelație cu managementul deșeurilor energo-termice miniere și municipale pentru sustenabilizarea mediului înconjurător.

În România, reciclarea deșeurilor miniere și municipale se va regăsi în sistemele ecologice supuse sustenabilizării, în stații de reciclare și instalații de tratare. Ca atare, ecosistemele reciclează orice tip de deșeuri. Conceptul însuși de deșeuri nu mai este adecvat, deoarece, produsele de la o anumită componentă sau compartiment sunt întotdeauna o resursă utilă pentru o altă componentă sau compartiment.

Ecosistemele sunt sisteme auto-organizate în așa fel încât toate resursele sunt utilizate cu maxim de eficiență, astfel încât nu rămâne nicio resursă neutilizată.

Sunt prezentate date cu privire la elementele de clasificare a deșeurilor miniere și municipale, locul reziduurilor și deșeurilor în fluxul material general și sunt relatate aspecte ce vizează echilibrarea balanței resurselor materiale și energetice în economia circulară.

Se arată că în industria minieră desființarea deșeurilor/reziduurilor miniere se poate realiza prin: exploatarea cvasi-integrală subterană (totală) a cărbunelui; auto-rambleierea subterană a golurilor de exploatare; prin gazeificarea subterană; avansul ecologic al carierelor miniere din zăcămintele de lignit; refacerea concomitentă a terenurilor miniere în vederea introducerii imediate în circuitul agricol; refolosirea terenurilor miniere abandonate; folosirea imediată a hălzilor miniere pentru crearea noilor peisaje din structuri antropice; tratarea-retratarea hălzilor miniere de steril.

În cele 28 de țări membre UE deșeurile totale anuale sunt 2,40-2,51 miliarde tone, din care 29% sunt deșeuri miniere.

Economia circulară este o *conomie restauratoare*, iar economia și ingineria contemporană sunt preponderent *liniare*.

În capitol sunt prezentate, în premieră, relațiile cantitative ecuaționale ale balanței generale a fluxurilor materiale și energetice în care se regăsesc și deșeurile, respectiv reziduurile miniere.

Se avansează în premieră ideea necesității de-regularizării/ de-reglementării mediului economic liniar, introducându-se libertatea reală pentru manifestarea circularității materiilor prime, a investițiilor și capitalurilor.

În Capitol s-a formulat un model simbolic privind maximizarea protecției mediului prin valorificarea resurselor recurgând la reciclarea și /sau tratarea reziduurilor. Pe această bază se obține *valoare adăugată* din resursele refolosite și se justifică *antreprenoriatul ecologic* spre a se trece, treptat, la folosirea total *intensivă* a resurselor. Noile modele de afaceri pot transforma “consumatorii” în “utilizatori”.

Se precizează că măsurile de aplicare a economiei circulare ar putea genera entităților organizaționale din UE economii nete de până la 600 miliarde Euro, iar măsurile suplimentare de creștere a productivității resurselor cu 30% până în anul 2030 ar putea crește PIB-ul cu aproape 1%, creând încă 2 milioane de locuri de muncă.

Transformarea “consumatorilor” în “utilizatori” este un concept descris concludent în capitol. Capitolul cuprinde 9 *aspecte concludive* privind cunoașterea pe plan național și internațional a problemicii în domeniu.

Capitolul II este denumit ***”Eco-tehnologizarea și circularitatea energetică cadrul pentru comparații între regiunea București–Ilfov și Bazinul Valea Jiului”*** și prezintă participarea deșeurilor la constituirea grupei de materii prime energetice în infrastructuri urbane.

În principal, în Capitol s-au descris: participarea deșeurilor la constituirea grupei de materii prime energetice în infrastructuri urbane; reciclarea energetică a deșeurilor; producerea energiei din deșeuri propusă pentru Regiunea București- Ilfov; eco-circularitatea economică în Bazinul Valea Jiului; circularitatea condiționalităților pentru afaceri de mediu.

Este prezentată o propunere de circularitate compusă a condiționalităților pentru valorificarea reziduurilor miniere și deșeurilor municipale în România (în Bazinul Valea Jiului și în Regiunea București-Ilfov) și sunt redată relaționări între costuri, sarcinile ecotehnologice și sarcinile productive-industriale în valorificarea reziduurilor miniere și deșeurilor municipale în regiunile de dezvoltare ale României/Valea Jiului.

De real interes este propunerea de sistem articulat pentru realizarea condiției de operaționalitate a tratării deșeurilor (concept pentru o entitate de mediu în municipiul București, Regiunea București-Ilfov în folosirea deșeurilor municipale pentru obținerea de energie termică/electrică).

Reciclarea energetică a deșeurilor municipale este descrisă în legătură cu producerea energiei din deșeuri din consumul productiv/ reproductiv în economia circulară propusă pentru Regiunea București-Ilfov.

Totodată, este analizată eco-circularitatea economică a resurselor/ rezervelor de materii miniere minerale și energetice în Bazinul Valea Jiului.

Circularitatea condiționalităților pentru afaceri de mediu prin valorificarea materială și energetică a reziduurilor miniere (Bazinul Valea Jiului) și deșeurilor municipale (Regiunea București-Ilfov) este descrisă concludent în contextul investigației științifice de bază.

De asemenea, în Capitol sunt redată 5 *aspecte concludive*.

Capitolul III este denumit ”*Afectarea capacității ambientale a mediului minier și urban. Studiu de caz comparativ: Valea Jiului – Regiunea București-Ilfov*” și prezintă considerațiile formulate pe baza studiului influenței reziduurilor /deșeurilor miniere și municipale asupra calității factorilor de mediu.

În principal, în Capitol s-au descris: influența deșeurilor miniere și municipale asupra calității factorilor de mediu, comparații, aspecte comune, echivalențe, diferențieri între cele două zone cercetate.

S-a procedat la introducerea conceptului de ”mină urbană” și se concluzionează că subvențiile dăunătoare mediului și elemente de reformă fiscală consolidată trebuie însoțite de propunerea de revenire la cicluri ale vieții prin transformarea proceselor liniare generatoare de deșeuri.

Este abordat un Studiu de caz comparativ cu tema *Afectări ale capacităților ambientale ale mediului minier și urban în Bazinul Carbonifer Valea Jiului și în Regiunea de Dezvoltare București-Ilfov*.

Sunt prezentate principalele argumente pentru contracararea subvențiilor dăunătoare mediului și elemente de reformă fiscală consolidată și se propune revenirea la mulțimea de cicluri naturale ale vieții prin transformarea proceselor liniare generatoare de deșeuri.

Sunt relevante sistematizate comparații, aspecte comune, echivalențe, diferențieri între cele două areale cercetate și se recurge la introducerea conceptului de ”mină urbană”.

În România puterea calorică medie a deșeurilor este 615–700 kcal/kg, respectiv rezultatul în energie este 0,71– 0,81 kwh. În termeni comparabili, în Franța și Germania, structura deșeurilor fiind diferită, se ajunge la 8000 kcal/kg, adică se pot produce în echivalent chiar 9,3 kwh. Se obține concluzia că, în România, în fapt, *4,94 tone de deșeuri municipale* cu

potențial de produs energetic *este echivalentul 1 tonă huiă energetică de Valea Jiului*, extrasă din subteran cu tehnologii miniere complexe, complicate, periculoase și afectante ale mediului înconjurător pe termen lung, cu consecințe antropice peste durata unui ciclu biologic.

Prin alcătuirea unei situații comparative, sistematizate, cu date de echivalență energetică pentru conversia deșeurilor municipale între Bazinul Carbonifer Valea Jiului și Regiunea de Dezvoltare 8 București – Ilfov se obțin concluzii relevante pentru formularea expresiilor de interes care să vizeze *recurgerea la tratarea energo-termică avansată a deșeurilor* cu ajutorul unor tehnologii noi, din sfera eco-tehnologiilor inovative pentru producere de ”energie urbană”.

Recurgerea la tratarea energo-termică avansată pentru obținerea de energie din ”resurse miniere urbane” se dovedește, așadar, de interes efectiv, situație în care procesul devine contributiv la realizările Sistemului Energetic Național, dar și ale celui european (UE), concomitent cu soluționarea eco – tehnologică durabilă/ sustenabilă a mediului în fața deșeurilor.

Planurile de lucru europene arată că, *până în anul 2020, subvențiile dăunătoare pentru mediu vor fi eliminate în mod treptat*. Stabilirea corectă a prețurilor și reorientarea sarcinii de impozitare reprezintă subiecte de agendă operațională în domeniu.

Pentru România (incluzând și zonele București-Ilfov, respectiv Valea Jiului) se consideră că sunt necesare și reforme fiscale ”ecologice” prin creșterea ponderii taxelor de mediu, reducând, în același timp, alte taxe care au rol de consolidare fiscală.

Se asigură, astfel, *restructurarea către o economie circulară* mai eficientă din punctul de vedere al utilizării resurselor. Se propune monitorizarea reformei fiscale care favorizează *o trecere de la fiscalitatea în domeniul muncii la cea în domeniul impactului asupra mediului* și eliminarea treptată a subvențiilor dăunătoare mediului.

Un număr de 8 *aspecte concluzive* încheie capitolul, subliniind conținutul și interpretările originale ale observațiilor efectuate în cele două zone cercetate.

Capitolul IV are denumirea ***Propunerea investiției de tip Complex Integrat de Tratare Energo-Termică Avansată a deșeurilor în Regiunea București-Ilfov, prin ecotehnologizarea circulară și reconceptualizarea risipei***”.

În principal, în Capitol sunt tratate aspecte referitoare la: întreprinderea minieră/ municipală de mediu și inter-economicitatea, funcționarea întreprinderilor de mediu de producere a energiei electro-termice în Regiunea București- Ilfov, realizarea unui sistem pentru ”ecologizarea industrială” și ”ecologizarea cunoașterii” în contextul implementării unui proiect de Complex Integrat de Tratare Energo-Termică Avansată a Deșeurilor.

Un aspect distinct este rezervat pentru a descrie conceptualizarea și reconceptualizarea risipei în România și particularizări în Regiunea București- Ilfov.

Fundamentarea ideii de *Complex Integrat de Tratare Energo-Termică Avansată a Deșeurilor* (CITETA) a presupus completarea unui tablou informațional al întreprinderii de mediu cu baze de date pentru cunoașterea în timp real, continuu, a situațiilor despre

tehnologiile de deșuri, resurse, practici financiar-fiscale, politica economică (atragera în economia circulară), marketingul și datele juridice în domeniu.

Se introduc aspecte noi cu privire la integrarea modulară a concepției și operaționalizării pentru prevenirea, colectarea și valorificarea deșeurilor în Valea Jiului și în Regiunea București Ilfov precum și considerații referitoare la conceptualizarea și reconceptualizarea risipei în România și particularizări ale acesteia în Regiunea București-Ilfov.

Sunt prezentate soluții de operaționalizare activă a întreprinderilor miniere, a celor municipale de mediu și legăturile lor cu inter-economicitatea. Este descrisă funcționarea specifică a întreprinderilor de mediu (deșuri) pentru producerea energiei electro-termice în Regiunea București-Ilfov.

Totodată, se prezintă un sistem simbolic preinformatizat pentru ”ecologizarea industrială” și ”ecologizarea cunoașterii” în contextul implementării unui proiect de Complex Integrat de Tratare Energo-Termică Avansată a Deșeurilor.

Dintre rezultatele obținute și contribuțiile concludive se menționează:

- Propunerea de *orientare pentru realizarea unității economiei circulare folosind bio-etanolul*. Se introduce în literatură conceptul nou de *inter-economicitate* și cel de *bio-etalon*.
- Este conceput un sistem simbolic preinformatizat pentru ecologizarea industrială și ecologizarea cunoașterii.
- Este tratată original problema integrării modulare pentru prevenirea, colectarea și valorificarea deșeurilor miniere și a celor municipale (mina urbană).
- S-a recurs la conceperea unui *model al integrării modulare* a operaționalizării clusterizate a entităților mici, mijlocii și mari în arealul urban București-Ilfov, care găzduiește deșuri (mina urbană).
- S-a realizat o schemă-bloc a integrării modulare a operaționalizării clusterizate și a concepției de natură eco-energo-termică în Regiunea București - Ilfov.
- Se lansează, în context științific contributiv, noțiunea de eco-tehnologie circulară. Se concluzionează că reducerea risipei împreună cu ecologizarea producției stau la baza producerii de *energie nouă* din transformări aferente reciclărilor.

Capitolul se încheie cu *9 concluzii preliminare*.

Capitolul V are titlul ”*Propunere de Complex Integrat pentru Tratarea Energo-Termică Avansată a Deșeurilor/Reziduurilor din mina urbană aferentă Regiunii București-Ilfov*”

În cadrul acestui capitol este analizată concepția integrată propusă pentru proiectul de energie verde din deșuri în Regiunea București-Ilfov și este realizată prezentarea proiectului original CITETA propus pentru Regiunea București-Ilfov.

În principal, în Capitol sunt tratate:

- Concepția integrată pentru proiectul de energie verde din deșuri în Regiunea București- Ilfov,
- Prezentarea proiectului original CITETA propus pentru Regiunea București – Ilfov,

- Fezabilitatea/ fiabilitatea din perspectivă economico-ecologică pentru Complexul Integrat de Tratarea Energo-Termică a deșeurilor/ reziduurilor.

Întrucât ”mina urbană” furnizează deșeurile municipale, pe această bază, recurgând la elaborarea modelului procesului de obținere de energie verde, în teză s-a lansat concepția originală a unui “*Complex Integrat pentru Tratarea Energo-Termică Avansată, CITETA, și valorificarea energetică și materială a deșeurilor municipale*”, aplicabil pentru Regiunea București- Ilfov.

În urma analizei sunt prezentate soluții antreprenoriale viabile bazate pe elemente de fezabilitate /fiabilitate conceptuală modelistică din perspectivă economico-ecologică pentru Complexul Integrat CITETA și este descris procesul – Tratarea Energo-Termică a reziduurilor în Complexul Integrat CITETA.

Rezultate obținute și contribuțiile concluzive sunt:

- Este prezentat un proiect bazat pe concepția integratoare proprie autorului referitoare la un Complex Integrat pentru Tratarea Energo-Termică Avansată și valorificarea energetică a deșeurilor municipale.
- Prin investiția propusă se creează 550 locuri de muncă ”verzi”, stabile.
- Cenușile de vatră și cele zburătoare se propune să fie tratate pentru obținerea de materiale neferoase și feroase, vitroase și inerte reutilizabile, iar prin alimentarea cu 30 t/h deșeurile se pot obține 7,5 MW energie electrică în rețea, respective 30 MW obținuți în termoficare.
- Este elaborată o schemă originală pentru recuperarea energiei din Complexul Integrat de Tratarea Energo-Termică Avansată a Deșeurilor din ”mina urbană”, și o schemă procesuală a sistemului uzinal.
- Este propusă o schema inedită pentru tratarea cenușii de vatră în Complexul Integrat (CITETA).
- Complexul propus reprezintă premieră antreprenorială eco-tehnologică și poate fi implementat în cca 36 luni, asigurând prelucrarea a 225.000 tone deșeurile municipale din zona studiată.
- Concluziv, din Complexul Integrat (CITETA) nu se elimină în mediul înconjurător niciun fel de reziduu sau deșeu, gradul de recuperare/ valorificare fiind de 100%.
Capitolul se încheie cu sistematizarea a 8 *concluzii preliminare*.

Capitolul VI denumit “*Model energo-circular tehnologic formalizat pentru Bazinul Valea Jiului și Regiunea București-Ilfov*” descrie participarea energiei la circularizarea economică generală asociată cu un model al soluțiilor de participare a deșeurilor la obținerea sustenabilității generale în mediul urban.

În Capitol s-a procedat la sistematizarea următoarelor idei:

- participarea energiei la circularizarea economică generală;
- un model cu soluții de participare a deșeurilor la obținerea sustenabilității în mediul urban;
- înlocuirea Modelului economic linear cu cel circular în domeniul deșeurilor pentru energie.

- interpretarea originală matricială BCG (*Matricea Boston* pentru portofolii de afaceri, *Boston Consulting Group*) prin reconsiderarea contributivă a arealelor de interes pentru afacerile cu deșeuri în firmele de mediu.

Direcțiile de avans concurențial ale întreprinderilor de mediu prin implementarea investițiilor de tip Complex Integrat CITETA sunt formulate în complementaritate cu înlocuirea Modelului economic linear cu Modelul economic circular în domeniul deșeurilor pentru energie.

În teză se afirmă, cu întâietate, concluzia că *ordinea energetică* începe cu exploatarea minieră și continuă cu producerea de energie. Ca atare, se resimte nevoia conceperii unui indicator agregat considerat *etalon operațional*, pentru măsurarea angajamentului în economia circulară (bio-etalon). Modelul energo-circular tehn-economic propus în capitol se referă la dezvoltarea masificată, bazată pe etalonare unitară, de eco-integrare de la etapă la etapă. Folosind deșeurile nu mai este necesară recurgerea la mecanisme de *retroacțiune* economică (în economia liniară), ci la mecanisme de *acțiune* economică, vizând folosirea rațională, cvasi-totală a resurselor. Creșterea producției ar putea fi întotdeauna *mai mare* (ca tendință) decât creșterea consumului de energie (care ar putea rămâne constantă, - ”creștere zero”).

Capitolul are un număr de 6 *concluzii preliminare*.

Capitolul VII se referă la ”Modelarea strategică și tactică a alinierii României la tehnologia energo-termică circulară”

În context, este prezentată modelarea raportului dintre creșterea economică și afectarea mediului din activități miniere și municipale, respectiv este descrisă creșterea economică și sustenabilitatea trans-generațională în Economia Circulară a României. Sunt descrise aspecte referitoare la:

- elemente ale modelului strategic și tactic de raliere a României la tendințele în domeniul folosirii deșeurilor în economia circulară;
- Productivitatea Resurselor într-un program ”zero deșeuri” în România;
- creșterea economică și sustenabilitatea trans-generațională în Economia Circulară a României.

Aceste aserțiuni se constituie în elemente ale modelului strategic și tactic de raliere a României la tendințele în domeniul folosirii deșeurilor în economia circulară, situație în care se întrevide creșterea productivității resurselor într-un program ”zero deșeuri” în România și UE.

Rezultate obținute și contribuțiile concluzive sunt:

- În Capitol sunt prezentate elemente ce intră în componența unui model general strategic și tactic de aliniere a României la evoluțiile și tendințele în sfera utilizării deșeurilor în economia circulară, pornind de la cazuistica exemplificativă propusă pentru Regiunea București – Ilfov.
- Se avansează recomandarea ca în România să nu mai fie sprijinită incinerarea deșeurilor, deoarece acestea pot fi ”reciclate minier urban”.

- Este util să se stabilească criteriile de identificare a unui obiectiv agregat generalizat de folosire eficientă a resurselor în România, asociat cu sub-politici privind Productivitatea resurselor.
- În capitol sunt avansate 3 scenarii de avans a României în privința creșterii Productivității Resurselor între 2015–2030: Este propus *Scenariul 2*, cel al *Tranziției*, bazat pe evoluții economice cu creșteri structurale anuale proprii și pe valoare adăugată din C–D.

Capitolul are un număr de 9 *concluzii preliminare*.

Ultimul capitol este intitulat "**Concluzii finale. Contribuții științifice proprii. Propuneri și recomandări. Direcții viitoare de cercetare.**"

În cadrul acestuia sunt descrise concludent și în context contributiv profund original, rezultatele la care s-a ajuns în urma cercetărilor derulate pentru elucidarea științifică a temei tezei de doctorat.

Sunt prezentate 22 concluzii finale, 38 contribuții științifice proprii, 14 propuneri, 17 recomandări și 4 direcții viitoare de acțiuni.

Indexurile cuprind 102 figuri, 23 formule matematice, 3 tabele și 63 concepte, expresii și notiuni, toate originale, creații proprii ale autorului, intrate sub incidența *copyright*-ului științific.

Lucrarea de doctorat intitulată "*Eco-tehnologii circulare pentru materii prime în infrastructurile energetice urbane*" este o provocare științifică de mare importanță și actualitate, subliniate fiind oportunitățile de obținere de noi soluții pentru tema studiată însă, în egală măsură, și pentru dezvoltări viitoare ale cercetării inovative în domeniu.