

UNIVERSITATEA „ALEXANDRU IOAN CUZA” DIN IASI
FACULTATEA DE GEOGRAFIE-GEOLOGIE
ȘCOALA DOCTORALĂ DE GEOȘTIINȚE
DOMENIUL ȘTIINȚA MEDIULUI

Munții Călimani ca sistem social-ecologic: o evaluare integrată a stării, dinamicilor și rezilienței de sistem

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

Conducător de doctorat:

Prof.univ. dr. habil. BREABĂN Iuliana Gabriela

Student-doctorand:

IONCE Ruxandra

Președinte comisie de doctorat: Conf. univ. dr. habil. Lilian NIACȘU
Conducător de doctorat: Prof.univ.dr.habil.Iuliana-Gabriela Breabăn
Referenți oficiali: Prof. univ. dr. habil. Alexandru-Ionut PETRIȘOR
Prof. univ. dr. habil. Ioan-Cristian IOJA
Conf. dr. Adrian URSU

Comisia de îndrumare și integritate academică

Prof. univ. dr. Gabriela MEȘNIȚĂ
Conf. dr. habil. Mihai-Ciprian MĂRGĂRINT
Lect. dr. Alexandru BĂNICĂ
Dr. Răzvan Florian DEJU

CUPRINS

Lista abrevieri

Cuvinte cheie

Introducere

Capitolul 1. Repere teoretice în domeniul de studiu. Stadiul actual al cercetărilor

1.1. Concepte de lucru și teorii relevante

1.2. Scurt istoric al cercetărilor în domeniul de studiu

1.2.1. Sinteza cercetării în domeniul rezilienței sistemelor social - ecologice

1.2.2. Repere teoretice privind definirea și utilizarea conceptului de „zonă montană” ca și sistem social-ecologic. Studii specifice SSE Călimani

Capitolul 2. Sistemul social-ecologic Munții Călimani. Delimitare și particularități

2.1. Delimitarea zonei de studiu

2.2. Cadrul natural

2.2.1. Substratul geologic

2.2.2. Relief

2.2.3. Hidrologia

2.2.4. Soluri

2.2.5. Clima

2.2.6. Ecosisteme. Aree naturale protejate

2.3. Specificul umanizării

2.3.1. Aspecte demografice

2.3.2. Rețeaua de așezări

2.3.3. Activități economice

2.3.4. Patrimoniul sistemului social-ecologic Călimani

2.4. Sinteza informațiilor privind sistemul social-ecologic Călimani

Capitolul 3. Metode de cercetare, materiale și mijloace utilizate

3.1. Surse și baze de date

3.2. Instrumente de lucru

3.3. Metode

3.3.1. Abordare sistemică versus abordare reduționistă

3.3.2. Metode cantitative de lucru

3.3.3. Metode calitative de lucru

3.3.4. Metode mixte

3.3.5. Metoda de cartografiere conceptuală a sistemelor social-ecologice

3.3.6. Limitele cercetării/ Reflecții asupra constrângerilor metodologice

Capitolul 4. Resursele naturale, elemente definitorii pentru reziliența sistemului social-ecologic Călimani

4.1. Resurse minerale solide

4.1.1. Activitatea de exploatare a resurselor minerale solide

4.1.2. Evaluarea impactului activității de exploatare a resurselor minerale

4.2. Ape minerale și de balneatie

4.2.1. Caracteristici calitative și cantitative

4.2.2. Estimarea valorii resurselor de ape minerale pentru beneficiul comunităților umane

4. 3. Apa ca resursă strategică pentru sistemul social-ecologic

4.3.1. Valoarea ecologică, socială și economică a resurselor de apă din SSE

Călimani. Factori și surse de impact asupra calității corpurilor de apă

4.3.2. Calitatea corpurilor de apă din SSE Călimani și estimarea valorii resurselor de apă pentru beneficiul populației

4.3.2.1. Calitatea resurselor de apă din SSE Călimani

4.3.2.2. Poluarea istorică și fenomenul de histerezis

4.3.2.3. Estimarea valorii corpurilor de apă din SSE Călimani pentru beneficiul

populației

4. 4. Resurse naturale biologice. Factori și surse de impact

4.5. Sinteza aspectelor abordate referitor la resursele naturale din SSE Călimani

Capitolul 5. Modelarea sistemului social-ecologic Călimani

5.1. Dinamica temporală a sistemului social-ecologic Călimani. Identificarea pragurilor de schimbare a stării de echilibru

5.2. Cauzalitate antropică. Efectele activităților umane asupra mediului natural și comunităților umane din SSE Călimani

5.3. Analiza percepțiilor și cunoștințelor: sfera ontologică a SSE Călimani

5.4. Cartografierea conceptuală a sistemului social-ecologic Călimani

5.5. Reziliența sistemului social-ecologic Călimani

5.6. Sinteza problematicei abordate și a rezultatelor

Concluzii

Bibliografie

Anexa 1

Anexa 2

Lista abrevieri

A.B.A. – Administrația Bazinală de Apă
ACF - funcția de autocorelare
ADF - Testul „Dickey-Fuller augmentat”
A.N.M. – Administrația Națională de Meteorologie
A.N.Z.M. - Agenția Națională a Zonei Montane
A.P.M. - Agenția pentru Protecția Mediului
BH - Bazin Hidrografic
D.A.J. – Direcția pentru Agricultură Județeană
DEX - Dicționarul Explicativ al Limbii Române
D.S.V.S.A. -Direcția Sanitar Veterinară și de Siguranța Alimentelor
EDA - exploratory data analysis
EM – Exploatarea Minieră
GES - Gaze cu efect de seră
GIS - Geographic Information System (Sistem de informații geografice)
H.G. - Hotărâre de Guvern
IPG - Indice de Poluare Globală
I.S.U. – Inspectoratul pentru Situații de Urgență
Î.I. - Întreprindere Individuală
Jud. - Județ
LCA - Life Cycle Assessment
M.A.D.R. - Ministerul Agriculturii și Dezvoltării Rurale
M.D.R.A.P. - Ministerul Dezvoltării Regionale și Administrației Publice
MHC - Microhidrocentrală
M.M.A.P. - Ministerul Mediului, Apelor și Pădurilor
M.M.P. - Ministerul Mediului și Pădurilor
M.M.S.C. - Ministerul Mediului și Schimbărilor Climatice
O.U.G. - Ordonanța de Urgență a Guvernului
p.- pârâu
PM - Plan Management
PN – Parc Național
r.- râu
ROSAC - arie specială de conservare, integrată în rețeaua ecologică europeană Natura 2000
ROSCI - sit de importanță comunitară, integrat în rețeaua ecologică Natura 2000
ROSPA - arie de protecție specială avifaunistică, integrată în rețeaua ecologică europeană Natura 2000
S.G.A. – Sistemul de Gospodărire a Apelor
SSE- Sistem social - ecologic
U.A.T. - unitate teritorial administrativă
U.M. - unitate de măsură

Cuvinte cheie

Activitate minieră, amprenta de carbon, analiza ciclului de viață, ape minerale și de balneatie, arii naturale protejate, bioeconomie, calitate ape, Călimani, depozite de deșeuri, doborâturi de vânt, economie circulară, emisii de gaze cu efect de seră, evaluare risc, factori de impact, histerezis, incendii forestiere, indice de impact, indice de poluare globală, matricea Leopold, model de cartografiere conceptuală, peisaje de stabilitate, poluare, produs montan, resurse naturale, reziliența, servicii ecosistemice, sistem social – ecologic, stare ecologică, surse de impact, valoare ecologică, valoare socială, valoare economică, zonă montană defavorizată

Introducere

Resursele naturale constituie o componentă esențială a economiei globale contemporane, aflată sub influența unor factori instabili precum inflația, volatilitatea piețelor și raritatea unor bunuri critice. În acest context, caracteristicile mediului înconjurător joacă un rol esențial în determinarea valorii, accesibilității și unicității resurselor, precum și în furnizarea serviciilor de ecosistem aferente.

Teza pornește de la premisa că succesul oricărei intervenții de dezvoltare sustenabilă depinde de o înțelegere contextualizată, adaptată la specificul biogeografic și social al fiecărui sistem montan, așa cum este cel al Munților Călimani.

Sistemele social-ecologice sunt definite prin interacțiunea strânsă și continuă dintre sistemele naturale și cele sociale, incluzând nu doar componentele biofizice și economice, ci și aspectele culturale, istorice și instituționale. Analiza sistemului social-ecologic (SSE) Călimani, din punct de vedere metodologic, a fost realizată prin metode care vizează atât componentele biofizice cuantificabile, puse în categoria sferei proprietăților *in rebus*, cât și relațiile sociale, economice și culturale care determină răspunsul sistemului în ansamblu, și necesită alte metode de analiză, de exemplu cele calitative și mixte. Bosch et al. (2007) argumentează în favoarea unei gândiri sistemice aplicate managementului resurselor naturale, propunând o abordare care recunoaște complexitatea acestor interacțiuni și contextul decizional multiscalar în care actorii locali operează. Lucrarea preia această perspectivă și o adaptează contextului local al Munților Călimani, combinând abordarea de tip „*top-down*” (prin analiza politicilor, a impactului industrial și a resurselor naturale) cu abordarea „*bottom-up*” (prin analiza percepțiilor, valorilor și caracteristicilor identitare ale comunităților locale). Combinația metodologică menționată permite nu doar cartografierea unor relații cauzale între componente, ci și identificarea pragurilor de tranziție și a mecanismelor de reglaj sistemic, esențiale pentru susținerea unor decizii informate și sustenabile. Teza se înscrie în acest cadru epistemologic prin propunerea unui model conceptual aplicabil peisajului social-ecologic Călimani, care combină evaluări cantitative (a resurselor naturale și a impactului exploatării acestora, a dinamicii populației, a calității factorilor de mediu etc.) cu o analiză calitativă a percepțiilor populației locale, reflectând atât tendințele sistemice, cât și capacitatea de reorganizare și reziliență, ilustrată prin fenomenul de histerezis. În România, studii de reziliență aplicate sistemelor montane sunt rare, iar cele care integrează concepte de sistemică, nu sunt corelate cu domeniul de studiu al sistemelor social-ecologice, și nu oferă o modelarea sistemică și abordarea ontologică și cauzală așa cum se propune în capitolele următoare, ceea ce subliniază contribuția originală a lucrării de față.

Motivația centrală a acestei lucrări este dezvoltarea unui model organic de înțelegere și interpretare a dinamicii, stărilor și comportamentului sistemelor complexe - un model care să permită o abordare echilibrată între reduționismul specific studiilor de caz și o perspectivă integrată, holistică.

Ipoteza de lucru pornește de la premisa că sistemul social-ecologic Călimani poate exista în mai multe stări stabile alternative, în funcție de presiunile istorice și contemporane exercitate asupra resurselor și a populației. Capacitatea sa de revenire la echilibru, prin reorganizare, nu prin revenirea exactă la starea anterioară, este un indicator al rezilienței emergente, iar tranzițiile între stări sunt influențate de interacțiunea dintre dimensiunea ecologică, demografică și ontologică.

Mulțumiri

Doresc să îmi exprim gratitudinea față de persoanele care m-au sprijinit și îndrumat: coordonatorului activității mele doctorale prof.univ. dr. habil. Iuliana - Gabriela Breabăn, mentorilor prof. univ. dr. Gabriela Mușeniță, conf. univ. dr. Mihai - Ciprian Mărgărint și lector univ. dr. Alexandru Bănică.

Mulțumesc pentru susținerea logistică acordată de International Development Norway, prin punerea la dispoziție a programului „Life Cycle Assessment software” precum și domnului Maxwell Redeker (Boeing Company California) care m-a ajutat la procesarea datelor spațio-temporale.

Un sprijin important am primit din partea Centrului de Economie Montană Vatra Dornei, fapt pentru care îi mulțumesc domnului prof. dr. ing. Ioan Surdu, coordonatorul programelor de cercetare.

Sunt recunoscătoare celor care au crezut în ideile mele și m-au încurajat să le susțin: conf.dr. Margareta Grudnicki (Facultatea de Silvicultură Suceava), prof.George White (South Dakota State University), ing.dr. Florin Florea (Director geolog al SC GEOMOLD SA). Pentru accesul necondiționat la informația solicitată, mulțumesc în mod deosebit structurilor de conducere ale Sectorului de Gospodărire a Apelor Suceava, CONVERSMIN SA București precum și SC GEOMOLD SA Câmpulung Moldovenesc.

De asemenea, având în vedere faptul că am prins în timpul școlii doctorale perioada de pandemie Covid19, mulțumesc doamnei ing. Maria Rebegea (Secretar șef, Facultatea de Geografie și Geologie Iași) pentru sprijinul în acoperirea aspectelor administrative.

În perioada 1 iunie 2021 -10 mai 2022 am efectuat un stagiul de practică la International Development Norway, în cadrul Programului Iceland Liechtenstein Norway Grants (Spațiul Economic European) 2020 - 2022.

În perioada 11.10.2022 - 12.10.2023, am beneficiat de facilitățile oferite de proiectul „Suport educațional și formativ pentru doctoranzi și tineri cercetători în pregătirea inserției în piața muncii”. Proiectul a fost accesat de către Universitatea „Alexandru Ioan Cuza” Iași și Academia Română Filiala Iași în cadrul Programului Operațional Capital Uman 2014-2020, Axa prioritară 6: Educație și competențe (cod POCU/993/6/13/153322).

Capitolul 1. Repere teoretice în domeniul de studiu. Stadiul actual al cercetărilor

1.1. Concepte de lucru și teorii relevante

În științele naturale, practica impune specializarea și tratarea subiectului de studiu într-un mod izolat, adesea disociat de contextul social sau ecologic din care face parte. Deși există un interes în continuă creștere pentru o abordare holistică, necesitatea de a studia și înțelege elementele unui sistem prin prisma relațiilor lor cu celelalte elemente este insuficient abordată. Dificultatea unui astfel de studiu constă în tendința comună de polarizare între reducționism și holism; aceste două poziții sunt adesea tratate ca fiind antitetice, însă ar trebui privite ca fiind complementare. Atât abordarea holistică, cât și cea reducționistă, atunci când sunt utilizate necorespunzător, pot distrage atenția de la adevăr și pot duce la concluzii eronate, deoarece natura și sistemele naturale trebuie privite permanent prin prisma relației parte-întreg.

Geosistemul este o noțiune fundamentală și reprezintă, sau trebuie să reprezinte, obiectul principal de studiu în domeniul geografiei mediului: „*geografia mediului trebuie să fie înțeleasă și numită analiză a geosistemului*” (Ungureanu, 2005, p.7).

Studiul sistemelor social-ecologice, ca subdomeniu al geosistemului, nu are doar valoare academică și teoretică, ci reprezintă și un punct de plecare esențial pentru dezvoltarea planurilor de management adaptativ al sistemelor complexe din natură, influențate de activitatea umană. În esență, modelarea acestor sisteme este strâns legată de practică și de studiile de teren, bazându-se pe colectarea de date reale din segmente prestabilite de spațiu și timp, precum și pe acceptarea incertitudinilor.

Lucrarea de față propune următoarea premisă de lucru, care va fi tratată ulterior mai în amănunt: sistemele social-ecologice răspund factorilor de impact de natură antropică și environmentală într-un mod adaptativ, nu datorită unei capacități evolutive ci datorită programului sistemului *a priori*. Programul sistemului social-ecologic presupune capitalul material, energetic și informațional care permite rearanjarea structurală a sistemului, menținerea coerenței funcțiilor și relațiilor dintre elemente, raportate la sistemul ca întreg. Interfața dintre sisteme este ceea ce permite receptarea semnalelor de mediu și răspunderea la stimuli, conform potențialului pre-determinat: genetic și informațional, energetic și material.

Sistemele complexe se diferențiază în mod tradițional de alte tipuri de sisteme prin comportament și dinamică, iar nu prin aranjamentul elementelor constitutive, chiar dacă există conexiuni puternice între arhitectura și comportamentul unui sistem. Astfel, înțelegerea și analiza legăturii dintre funcție și comportament este obiectul central al studiului sistemelor complexe. Și mai în amănunt, *sistemele complexe adaptative* se diferențiază de alte sisteme complexe prin capacitatea de răspuns la condiții de mediu prin autoorganizare, învățare (*learning*) și raționalizare (*reasoning*) (Norberg și Cumming, 2008). Comportamentele complexe includ fenomene precum non-linearitatea, feedback-ul pozitiv și negativ, existența pragurilor, potențialul de schimbare a stării de echilibru (stări stabile alternative) și auto-organizarea.

Aplicarea gândirii sistemice și a teoriei sistemelor complexe în gestionarea sustenabilă a resurselor naturale din Munții Călimani este esențială, deoarece permite un management adaptativ în concordanță cu schimbările și ciclicitatea sistemului. De asemenea, facilitează luarea deciziilor în mod ierarhizat, fiind un domeniu interdisciplinar prin excelență, care

contribuie la acumularea de cunoștințe aprofundate. Acest tip de abordare oferă flexibilitate în gestionarea incertitudinilor, funcționează pe baza principiului cauzalității și ia în considerare istoricul sistemului.

În lucrarea intitulată „*Managementul ecosistemic și adaptativ al dezvoltării*” (Vădineanu, 2004), se propune abordarea ecologiei sistemice conform căreia natura se prezintă ca o ierarhie „de sisteme biologice suprapopulaționale integrate în sisteme ecologice – sistemele suport ale vieții” (Vădineanu, 2004, p.75) iar scopul managementului ecosistemic și adaptativ este „menținerea viabilității și funcționării eficiente pe termen nedefinit a complexelor socio-ecologice dinamice sau a condițiilor de co-dezvoltare, respectiv de dezvoltare durabilă/sustenabilă a acestora” (Vădineanu, 2004, p.77).

Conceptul de *reziliență* este abordat în literatura de specialitate pe larg, însă pentru scopul lucrării de față este necesară operarea cu conceptul specific de reziliență spațială și reziliență sistemică (Cumming, 2011). În principiu, reziliența presupune o perturbare care duce sistemul la un prag care delimitează bazinul de atracție sau a domeniului de stabilitate al stării inițiale, cauzând o schimbare de stare (stare stabilă alternativă) (Beisner et al., 2003; Folke et al., 2010; Holling, 1973). Noua stare stabilă este diferită din punct de vedere calitativ.

Atunci când este vorba de reziliența sistemelor social-ecologice, definiția devine mai nuanțată. Conform Organizației internaționale de cercetare Resilience Alliance, reziliența sistemelor social-ecologice reprezintă „capacitatea unui sistem de a absorbi perturbațiile și de a se reorganiza în tipul schimbărilor, păstrându-și în esență aceleași funcții, aceeași structură, identitate și mecanisme de feedback” (<https://www.resalliance.org/concepts-social-ecological-systems>).

Adiacent rezilienței sistemelor social-ecologice, este necesară introducerea noțiunii de bazine de atracție. Întrucât lucrarea se axează pe analiza specificului unei zone montane, cu un parcurs istoric unic și cu o identitate de sistem, se va încerca identificarea funcțiilor și elementelor din sistem care au ponderea cea mai mare în menținerea și conservarea identității sistemului social-ecologic Munții Călimani. Conform van der Leeuw și Folke (2020), *bazinul de atracție* este conceput ca o regiune în spațiul de stare („*state space*”) al unui sistem care atrage și stabilizează dinamica sistemului, ghidând traiectoria sa în timp. Conceptul provine din teoria sistemelor complexe, unde atractorii trag sistemele către anumite stări stabile. Un bazin de atracție se referă la un set de condiții inițiale care conduc un sistem să se stabilizeze într-o anumită stare, influențată de diverși factori interni și externi. Tranzițiile între diferite bazine de atracție au loc atunci când dinamica sistemului se schimbă din cauza modificărilor acestor factori influențatori, cum ar fi forțele culturale, sociale sau de mediu. Acest proces este esențial pentru înțelegerea transformărilor societale și de mediu, mai ales în contextul sistemelor social-ecologice, unde interacțiunea dintre societăți și mediu poate duce la schimbări semnificative în comportamentul sistemului.

Orice intervenție antropică determină o traiectorie de dependență istorică față de un eveniment perturbator inițial (efectul de *histerezis*). În contextul ecologic, efectul histerezis se referă la ideea că ecosistemele nu se pot întoarce la starea lor inițială după o perturbare, chiar dacă condițiile revin la nivelurile anterioare. Holling (1973) a subliniat faptul că sistemele ecologice pot trece prin mai multe stări stabile alternative.

Pentru modelarea și pentru înțelegerea parcursului istoric al sistemului social-ecologic Călimani, se va face apel la următoarele principii de lucru:

- Principiul *cauzalității*- sistemul există într-o anumită stare la momentul sau perioada observată datorită unui lanț de cauzalități de natură antropică, environmentală sau, cel mai

adesea, datorită unei cauzalități cumulate. Starea actuală a sistemului reprezintă totalitatea efectelor singulare sau compuse a cauzelor din trecut;

- Principiului cauzalității îi este asociată noțiunea de *contingență* care presupune un ciclu de contingențe istorice (antropice) și naturale care joacă un rol important în analiza probabilistică a dinamicii sistemului într-o perioadă de timp;

- *Ontologia*- pentru că este vorba de sfera antropică care include etosul și tradițiile locale, este necesar a fi inclusă componenta imaterială a sistemului căreia îi aparțin toate elementele care țin de mentalitate, rit, cultură, credințe locale. Această componentă nu poate fi cuantificată conform metodelor științifice specifice domeniului, însă poate fi evaluată calitativ, prin observarea efectelor practicilor și obiceiurilor populației montane asupra mediului, precum și influența mediului de viață asupra mentalității și stilului de viață al locuitorilor. Această sferă noetică am putea spune este foarte importantă deoarece imaterialul este, în contextul uman, cauza primă a acțiunii: gândul, intenția, agențialitatea preced acțiunea. De asemenea, în sfera ontologică trebuie inclusă și *informația din natură*;

- Principiul *teleologic*- termenul nu este folosit *stricto sensu*, ci pe baza definiției conform Dicționarului Explicativ al Limbii Române, de preocupare pentru finalitate. Teleologia se referă la modul de activitate al cauzelor eficiente și are în vedere finalitatea, intenționalitatea. Astfel, modelarea este teleologică, în sensul că este principială și se adaptează scopului studiului, orientat spre un scop final. În funcție de scopul final are loc simplificarea, reducția sistemului la elementele relevante studiului, fără însă a pierde viziunea de ansamblu.

1.2. Scurt istoric al cercetărilor în domeniul de studiu

Câteva dintre lucrările care oferă metode robuste pentru analiza sistemelor socio-ecologice, în special în zone montane, ceea ce conferă acestei selecții bibliografice o relevanță considerabilă pentru lucrarea de față, sunt:

- * Lucrarea lui Lewontin R.C. (1969), „*The meaning of stability*” propune ideea că ecosistemele sunt dinamice și pot avea mai multe stări de stabilitate, subliniind faptul că stabilitatea este funcție nu doar de rezistența la șocuri, ci și de reziliență și adaptabilitate.

- * Holling C.S. (1973), publică articolul „*Resilience and stability of ecological systems. Annual Review of Ecology and Systematics*”, care reprezintă o lucrare fundamentală în studiul rezilienței prin prisma stărilor stabile alternative în sistemele ecologice. Se propun două definiții ale efectului de histerezis: histerezis în inginerie și histerezis în ecologie.

- * Berkes F., Colding J. și Folke C. (Editori, 2003) publică volumul: „*Navigating Social-ecological systems: Building Resilience for Complexity and Change*”. Acest volum prezintă o examinare în profunzime a interacțiunilor dintre sistemele sociale și ecologice. Reziliența este prezentată ca un principiu cheie al sustenabilității, oferind recomandări pentru elaborarea unor practici de management adaptativ al sistemelor complexe.

- * Beisner B.E., Haydon D.T. și Cuddington K. (2003), „*Alternative stable states in ecology*”. Punctul central al lucrării este prezentarea modului în care ecosistemele pot exista în diferite configurări sau stări care pot fi drastic diferite una de cealaltă. Aceste stări alternative sunt activate de mecanisme de feedback ale sistemelor, iar tranziția între ele poate avea consecințe profunde pentru structura și funcțiile ecosistemului în cauză. De asemenea, se aduce în discuție fenomenul de histerezis, unde un sistem poate tranzita la o nouă stare de echilibru, fără a se întoarce vreodată la starea inițială.

* Walker B., Holling C.S., Carpenter, S.R. și Kinzig A. (2004), abordează în lucrarea „*Resilience, Adaptability and Transformability in Social–Ecological Systems. Ecology and Society*” conceptele de adaptabilitate, transformabilitate și sisteme social-ecologice. Autorii subliniază necesitatea primelor două pentru analiza rezilienței și sustenabilității sistemelor social-ecologice în contextul unui mediu dinamic și al schimbărilor sociale.

* Norberg J. și Cumming G.S. (2008), „*Complexity Theory for a Sustainable Future*”. Autorii analizează modul de interacționare între sistemele ecologice, sociale și economice, aducând în discuție cum poate teoria complexității să ajute în procesul de luare a deciziilor pentru asigurarea unui viitor sustenabil.

* O altă lucrare definitorie pentru conceptele abordate este cea publicată de Folke C., Carpenter S., Walker B., Scheffer M. și Chapin T., (2010): „*Resilience thinking: integrating resilience, adaptability and transformability*”. Autorii tratează conceptul de reziliență în contextul sistemelor social-ecologice, punând accent pe necesitatea definirii rezilienței nu doar ca o capacitatea a ecosistemelor de a rezista la șocuri și de a-și reveni de la șocuri, ci și ca o capacitate de transformare și adaptabilitate în ciuda unor schimbări majore.

* Cumming G.S. (2011), „*Spatial Resilience in Social-Ecological Systems*”. Această carte de referință propune diferențierea dintre sistemele socio-ecologice și sistemele social-ecologice, unde ambele sfere interacționează la paritate. Cumming propune principii de bază pentru analiza rezilienței spațiale a sistemelor social-ecologice, punând accent pe observarea tendințelor istorice și a fenomenelor de feedback

În cadrul unui studiu suplimentar, am utilizat programul VOS Viewer pentru a sintetiza un număr considerabil de articole din diverse domenii, în care sunt utilizate sau menționate conceptele fundamentale ale lucrării de față, cum ar fi sistemele social-ecologice și reziliența acestora. Deși majoritatea articolelor nu au adus contribuții fundamentale sau teoretice în definirea sau modelarea acestor sisteme complexe, ele au o valoare practică semnificativă, demonstrând aplicabilitatea acestor concepte.

Scurt istoric al studiilor referitoare la aspecte ale sistemului social - ecologic montan

Multe comunități umane se bazează pe serviciile ecosistemice oferite de sistemul socio-ecologic montan (servicii de aprovizionare: lemnul, apa dulce; servicii culturale: turismul) pentru subzistența populației. În plus, serviciile ecosistemice montane aduc beneficii și populației aflate în alte areale geomorfologice; astfel, poate fi dat ca exemplu faptul că mai mult de jumătate din omenire se bazează pe apa dulce care provine din zonele montane (Liniger și Weingartner, 1998).

Ecosistemele montane, datorită condițiilor de mediu specifice sunt foarte vulnerabile la factorii de risc naturali, deseori accentuați de presiunea antropică (Altaweel et al., 2015).

Toate aceste caracteristici definesc zonele montane ca „zone defavorizate”, recunoașterea acestei încadrări fiind statuată prin acte normative.

În ultimii ani, reziliența comunităților montane a fost studiată în raport cu factorii perturbatori, cum ar fi:

- *schimbările climatice*. Stoffel și Huggel (2012) atrag atenția asupra faptului că schimbările în valorile temperaturii și precipitațiilor specifice zonelor montane pot determina apariția instabilității versanților, cu alunecări de teren, antrenarea de material de pe versanți, etc.;
- *gestionarea defectuoasă a biodiversității*. Melnykovich et al. (2018), Kucsicsa și Bălțeanu (2020), fac o analiză a evoluției suprafețelor ocupate de păduri în zonele

montane din România pentru perioada 1945 – 2018, constatând reducerea masivă a acestora. Straffelini et al. (2024), recunoscând valoarea pajiștilor montane (sechestrare de carbon, sursă de hrană, importanța în menținerea practicilor tradiționale precum transhumanța, au realizat o cartografiere a pajiștilor montane;

- *exploatarea resurselor minerale*. Boyles et al. (2017), în lucrarea „*Systematic review of community health impacts of mountaintop removal mining*”, au constatat depășiri la parametrii pulberi sedimentabile și degradarea calității apei peste limitele legale pentru apa potabilă în zonele din vecinătatea exploatării miniere.

- *hazarde naturale*. Cunoașterea și evaluarea vulnerabilității sistemelor social – ecologice montane este important pentru prevenirea efectelor negative la factorii de risc: dăunători, vânturi puternice, temperaturi extreme, evapotranspirație, alunecări de teren, inundații, incendii de vegetație și vulnerabilitate social (Gardner et al, 2007; Ionce și Breabăn, 2024; Pirasteh et al., 2024).

- *turismul excesiv*, care a luat o amploare foarte mare după perioada de restricții impuse de pandemia Covid (Lenart-Boroń et al., 2022; Susilorini et al., 2022 - care atrage atenția asupra amprente de carbon a turiștilor).

Pentru a consolida sustenabilitatea sistemelor social-ecologice montane, stabilitatea și adaptabilitatea acestora (de care depinde asigurarea mijloacele de trai ale populației din aceste zone vulnerabile), este necesar a fi identificate *punctele cheie* (momentele de intervenție cu impact sistemic ridicat) astfel încât să fie susținută reziliența comunităților montane (Altaweel et al., 2015).



Studii de referință pentru SSE Călimani

• Influența substratului geologic asupra factorului uman

- Studii de evaluare a impactului: Laboratorul de Acvacultură și Ecologie Acvatică Piatra Neamț (1992), realizează studiul: „Cercetări privind impactul emisiilor de poluanți ai aerului de pe teritoriul E.M. Călimani asupra aerului atmosferic pe platforma industrială și în zona limitrofă”; Dițoiu și Holban (2005), Ionce A.(2010) vin cu contribuții la evaluarea impactului activității miniere; Stoica et al (2011), evaluează contaminarea solului utilizând ca indicatori biologici mezofauna edafică.
- Studii de identificare soluții pentru ecologizare: Grudnicki și Cenușă (2007), Tănase et al. (2008), propun remedierea haldelor de steril utilizând macromicete; Cenușă-Leberciuc (2018) studiază vegetația instalată pe haldele de steril; Marușca et al. (2020); Gligor et al. (2024) scot în evidență faptul că siturile miniere abandonate și zonele limitrofe din spațiul montan provoacă atât dezechilibre ecologice importante cât și probleme socio-economice de amploare.

• *Relieful a condiționat modul în care s-au dezvoltat așezările umane*. Isopescu (2024) a realizat un studiu de evaluare a geositurilor naturale și antropice din Munții Călimani, în vederea promovării ca resurse turistice, educaționale, propunând înființarea unui geoparc vulcanic. Pe de altă parte, și activitatea umană a determinat modificări ale geomorfologiei masivului, fapt analizat de Cocean et al. (2020) care dau ca exemplu de peisaj respingător cel al platformei industriale rămase de la exploatarea sulfului.

• Relația de interdependență a comunităților umane cu apele și factorii climatici

Multă vreme, cursurile de apă au reprezentat și o cale de transport cu ajutorul plutelor, fapt consemnat de Cavruc și Marc (2006), Netea (2006), Patza (2010) ș.a.

Rusu și Gavrioloaie (2023) analizează impactul produs de construirea lacului de acumulare Colibița. Deák et al.(2024) analizează impactul lucrărilor la amenajarea hidroenergetică

Răstolița asupra speciei strict protejate *Hucho hucho* (lostrița). Numeroase lucrări evaluează impactul activității miniere din Călimani asupra calității apei r. Neagra Șarului: I.C.P.M. Baia Mare (1993, 2008, 2010), Holban (2004), Șchiopu et al. (2007), Ciortescu et al. (2014).

Existența apelor minerale a dezvoltat și turismul balnear: Țăranu (1999, 2002), Chintăuan (2002), Mihalca și Alexe (2013), Cruceanu et al. (2015), Stratulat et al. (2016) ș.a.

- *Ecosistemele din SSE Călimani. Comunitățile umane din SSE Călimani* au avut și au ca ocupații de bază, cele care țin de exploatarea pădurilor și agrozootehnia, datorită pășunilor de înaltă calitate. Sunt tot mai numeroase studii care analizează posibilitățile de valorificare superioară a resurselor locale naturale prin potențialul promovării produselor dezvoltând sectorul agroturistic; o lucrare definitorie în domeniu este Rey (2024), „*Integrated Territorial Planning of a Complex Mountain System. Dornelor Basin Microregion*”.

- *Parcul Național Călimani și comunitățile umane*

Aspecte ce țin de conexiunile dintre administrația parcului și comunitățile umane sau fost analizate de: Chiriță (2012) atrage atenția asupra eventualelor relații tensionate ce pot să apară între administratorii ariei naturale și proprietarii de teren; Dumitraș (2013) arată că agroturismul este important pentru populația din apropierea Parcului Național Călimani; Comes și Popa (2019), studiază patrimoniul natural al Munților Călimani.

Capitolul 2. Sistemul social - ecologic Călimani. Delimitare și particularități

2.1. Delimitarea zonei de studiu

Munții Călimani sunt delimitați: în partea sudică de defileul Toplița - Deda, străbătut de râul Mureș, a cărui vale separă masivul de Munții Gurghiului; în partea vestică, piemontul colinar al masivului face trecerea către Podișul Transilvaniei; la nord, Depresiunea Dornelor îi separă de Munții Bârgăului; în partea estică depresiunile Păltiniș, Drăgoiasa, Bilbor, Secu constituie limita cu Munții Bistriței iar la sud-est limita cu Munții Giurgeului (Naum și Butnaru, 1989).

Administrativ, Munții Călimani se află pe teritoriul a 4 județe: Suceava, Bistrița - Năsăud, Mureș și Harghita.

În zona abordată ca un sistem social - ecologic, pornind din partea sudică a munților către est și apoi continuând în partea nordică și apoi cea vestică, se regăsesc unitățile teritorial - administrative: comunele Vătava, Deda, Răstolița, Lunca Bradului și Stânceni din județul Mureș; comuna Bilbor și municipiul Toplița din județul Harghita; comunele Șaru Dornei și Panaci, municipiul Vatra Dornei (stațiune balneoclimaterică situată la cca. 30 km de periferia masivului și care a fost luată în analiză datorită prezenței manifestărilor mofetice ale eruptivului Călimani), după care, pe firul văii Dorna, spre pasul Tihuța, comunele Dorna Candrenilor și Poiana Stampei din județul Suceava; în partea de nord - vest și vest, comunele: Tiha Bârgăului, Bistrița Bârgăului, Josenii Bârgăului, Prundu Bârgăului, Livezile, Cetate, Dumitrița, Șieu, Șieuț, din județul Bistrița - Năsăud.

Arealul luat în studiu ca sistem social-ecologic acoperă o suprafață de cca. 334 mii ha, având ca pol de influență Masivul Călimani și localitățile situate la poalele acestuia (figura 2.1.):

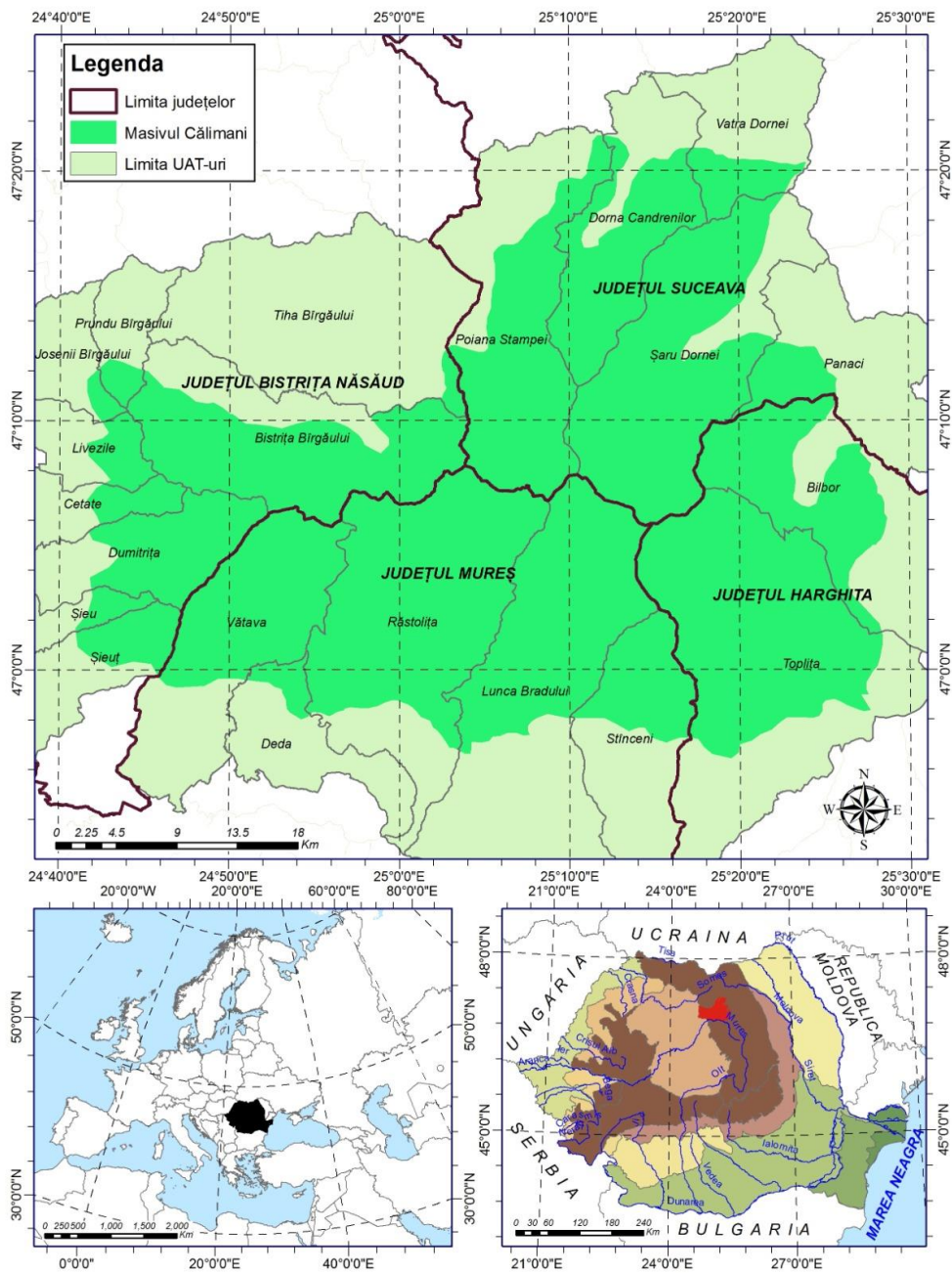


Fig.2.1. Delimitarea sistemului social-ecologic Munții Călimani conform criteriilor fizico-geografice și, respectiv, din punct de vedere al UAT-urilor

2.2. Cadru natural

Munții Călimani aparțin laturii vestice a Carpaților Orientali și fac parte din sectorul sudic al lanțului vulcanic. Activitatea vulcanică în Călimani, a avut un caracter mixt, în partea centrală

a munților păstrându-se o calderă majoră (caldera are un diametru de aprox. 10 km) care este limitată de un platou de lave destul de bine individualizate.

Caracteristicile petrografice ale substratului geologic au favorizat susținerea economică a populației din zonele limitrofe masivului, prin furnizarea de substanțe minerale utile (figura 2.2):

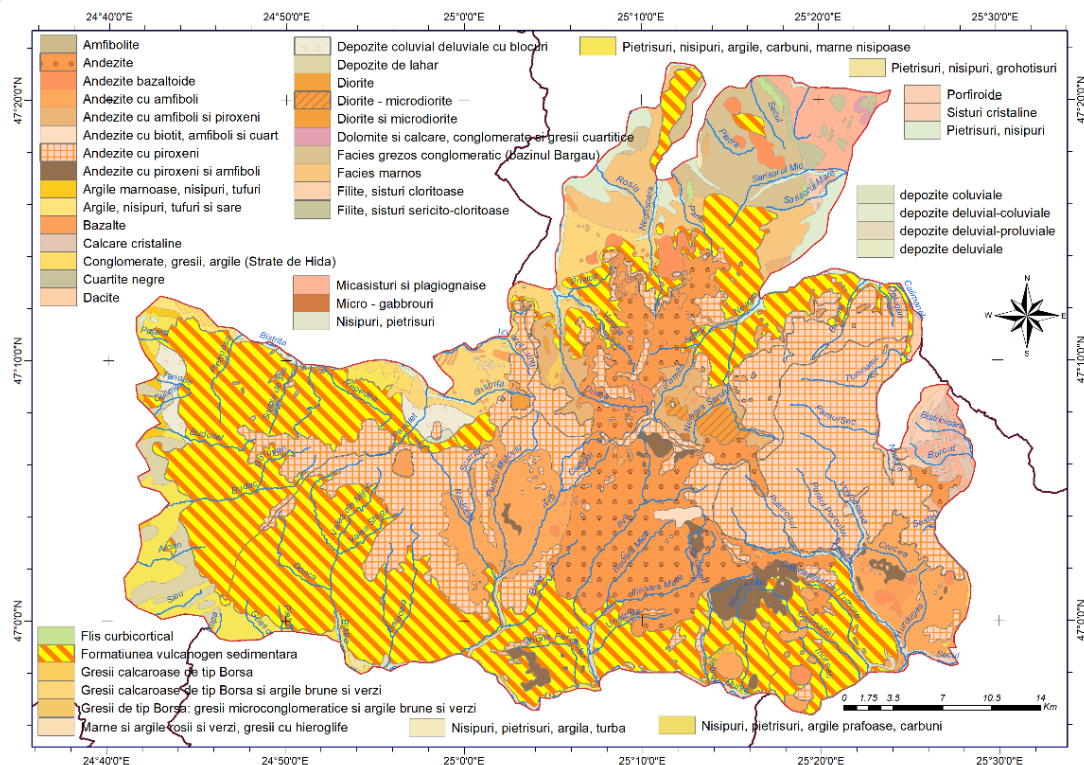


Fig.2.2. Harta petrografică a Munților Călimani

Activitatea postvulcanică se manifestă până în zilele noastre, dovadă fiind degajările componentilor gazoși, în special dioxidul de carbon, care mineralizează apele subterane din zonă.

Munții Călimani au un aspect de masiv, masivitatea fiind accentuată de prezența unor depresiuni marginale: Drăgoiasa, Bilbor, Borsec, Defileul Mureșului (care, aflat în partea sudică între Toplița și Deda, este cea mai mare vale de străpungere din zona vulcanică), Lunca Bradului, Colibița, Dornelor (Naum și Butnaru, 1989). Elementele morfologice principale sunt platourile și conurile vulcanice.

Relieful a influențat și istoria apariției comunităților umane în zona limitrofă, prin accesibilitatea diferită a versanților masivului. Dacă versantul nordic este cel mai abrupt, fragmentat și cu căldări glaciare din care izvorăsc numeroase cursuri de apă, versantul sudic are un aspect mai domol ce coboară în trepte destul de largi înspre defileul Mureșului. Versantul estic este un podiș de lave mărginit de măguri mari (Naum și Butnaru, 1989).

Existența corpurilor de apă subterane în zona de studiu este preponderant dependentă de tectonica și petrografia substratului geologic și de nivelul precipitațiilor din areal.

În zona sistemului social – ecologic Călimani, au fost conturate: în bazinul hidrografic Someș - Tisa, o ramificație a corpului de apă subterană freatică ROSO09 Someșul Mare, lunca și terase; în bazinul hidrografic Siret, corpul de apă subterană freatică ROSI02 Depresiunea

Dornelor; în bazinul hidrografic Mureș, o ramificație a corpului de apă subterană mixt, freatică și de adâncime, ROMU25 Donca-Bistra.

Munții Călimani sunt străbătuți de o densă rețea hidrografică, cursurile de apă fiind tributare la trei bazine hidrografice: Mureș, Siret și Someș-Tisa. Râurile își desfășoară radiar -divergent cursurile pe versanții conurilor și radiar -convergent în interiorul calderii și al craterelor (Dincă, 2004) (figura 2.3):

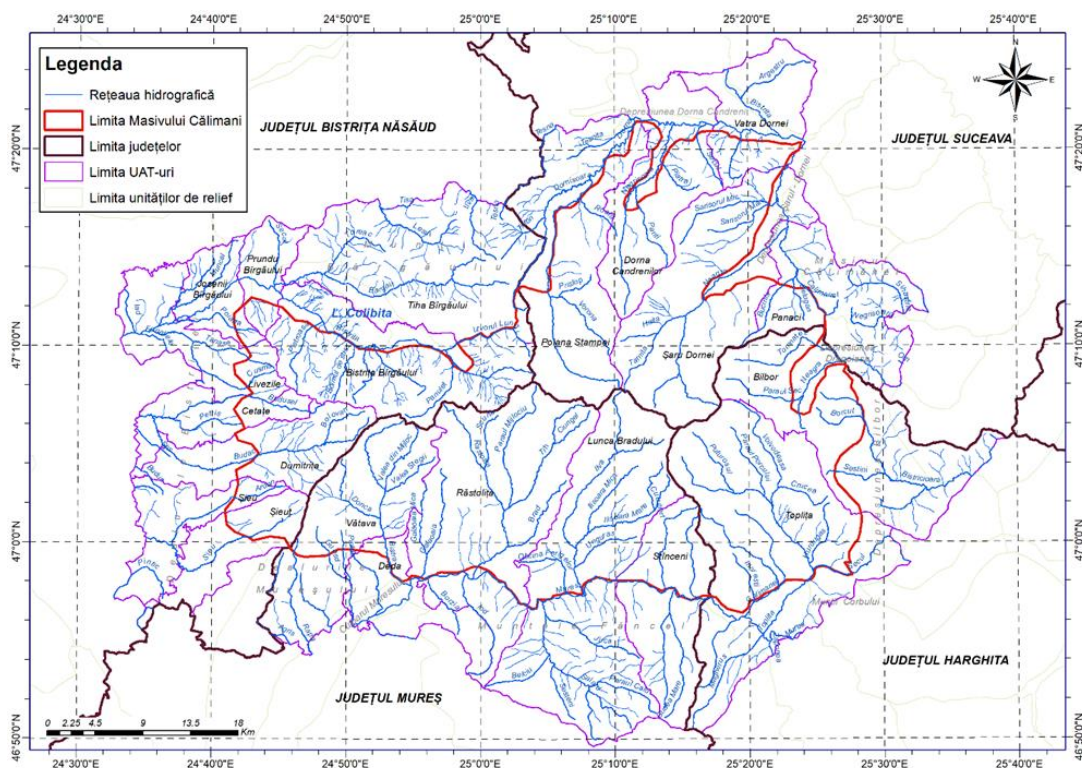


Fig. 2.3. Rețeaua hidrografică a sistemului social - ecologic Călimani

Principalele cursuri de apă, pornind de pe flancul nordic către clina estică, sudică și terminând cu flancul vestic, sunt râurile: Neagra Sarului; Neagra Broștenilor care izvorăște din partea nord-estică, dar părăsește rapid acest masiv, străbătând Munții Bistriței, prin urmare nu traversează niciuna dintre comunitățile influențate direct de existența zonei vulcanice; Bistricioara; Ilva; Răstolița; Iod; Bistra; Șieu; Bistrița Ardeleană; Dorna.

În Munții Călimani, prezența lacurilor naturale este redusă; cel mai reprezentativ lac este Iezerul Călimanului inclus în rezervația naturală Lacul Iezer (322 ha). Acumularea Colibița a fost creată prin construirea în perioada 1977 – 1979 a unui baraj pe râul Bistrița Ardeleană.

Zone umede de interes conservativ pentru zona de studiu sunt: Zona Umedă de Importanță Internațională (sit RAMSAR) Tinovul Mare Poiana Stampei și aria naturală protejată Tinovul Șaru Dornei. Sunt mlaștini oligotrofe care, datorită mușchilor din genul *Sphagnum*, au acidifiat apa.

Tipologia învelișului pedologic din SSE Călimani se datorează condițiilor litologice și de relief (acesta din urmă având un aport decisiv în pedogeneza arealului, având în vedere ecartul altitudinal foarte ridicat, peste 800 m), alături de factorii climatici specifici acestei zone (care, prin orientarea culmilor preponderent N-NV-S-SE determină anomalii pluviometrice iar iernile

severe, cu temperaturi foarte scăzute limitează fenomenele de alterare fizico – chimice, biologice, iar direcția și intensitatea vânturilor provoacă doborâturi în fondul forestier - unele însemnate ca volum), facilitează o zonare a tipurilor de soluri.

Configurația neomogenă a reliefului din Munții Călimani determină particularități ale elementelor și ale fenomenelor climatologice. Temperaturile caracteristice munților Călimani sunt influențate de masivitatea reliefului. Astfel, clima corespunde munților înalți deasupra altitudinii de 1750 m (zona pajiștilor alpine) și munților mijlocii, la altitudini între 600 m și 1750 m (zona pădurilor). În regiunea înaltă a Munților Călimani, condițiile climatice sunt foarte aspre, aici înregistrându-se temperaturile medii anuale cele mai scăzute (0-2°C); iernile sunt lungi, cu pătură de zăpadă consistentă (ajungând și la un strat de 7-8 m în anumite zone); precipitațiile lichide sunt bogate (1000 – 1400 mm), sub 40 zile senine pe an și vânturi puternice cu viteze medii de 5-10 m/s, dar care pot depăși 40 m/s. În aceste condiții s-a format aici un climat subalpin (Naum și Butnaru, 1989).

Vegetația Munților Călimani (Doniță et al., 1992) cuprinde: pajiști și tufărișuri alpine; tufărișuri, rariști și pajiști subalpine; păduri mezofile și hidromezofile de rășinoase și de foioase; păduri carpatice de brad și fag. Tipurile de vegetație (precum și utilizarea terenurilor din SSE Călimani) sunt prezentate, ca urmare a utilizării sursei de date Copernicus – CLC Corine Land Cover, în figura 2.4:

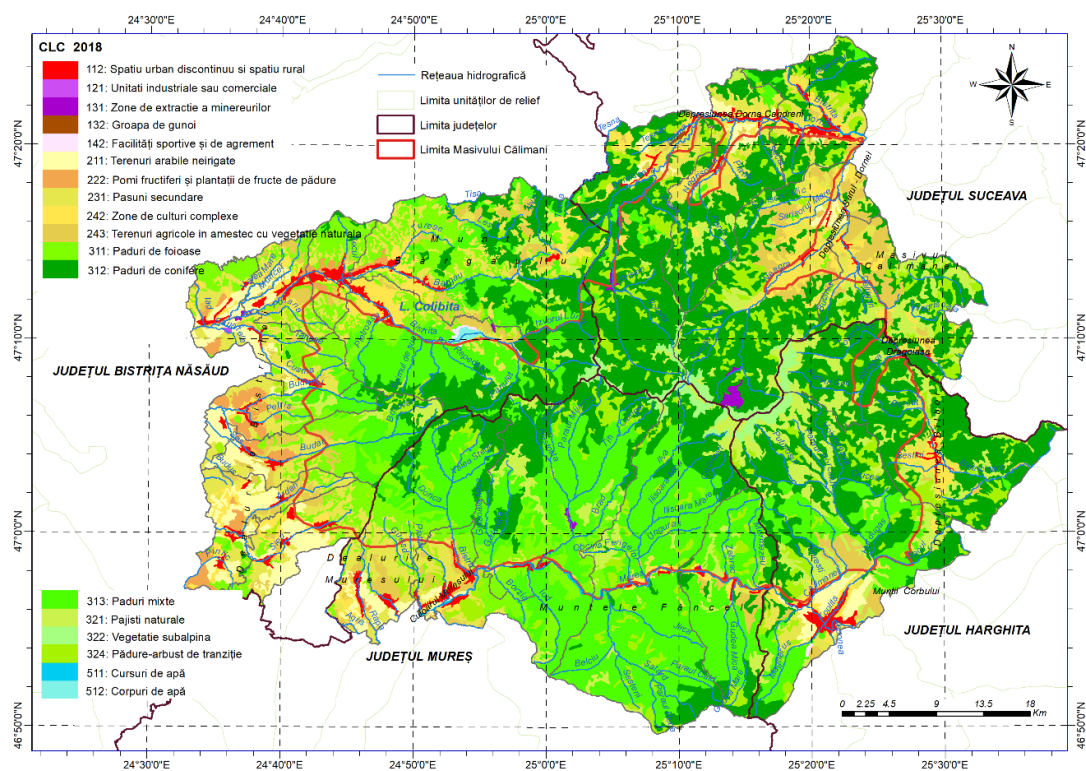


Fig.2.4. Harta vegetației și a utilizării terenurilor în SSE Călimani în anul 2018 (sursa date: Copernicus CLC)

Tipurile de ecosisteme identificate în SSE Călimani și nivelul ridicat de conservare a speciilor și habitatelor în mare parte din suprafața acestuia, au condus la declararea a mai multor tipuri de arii naturale protejate, care ocupă cca.55% din suprafața teritoriului (figura 2.5):

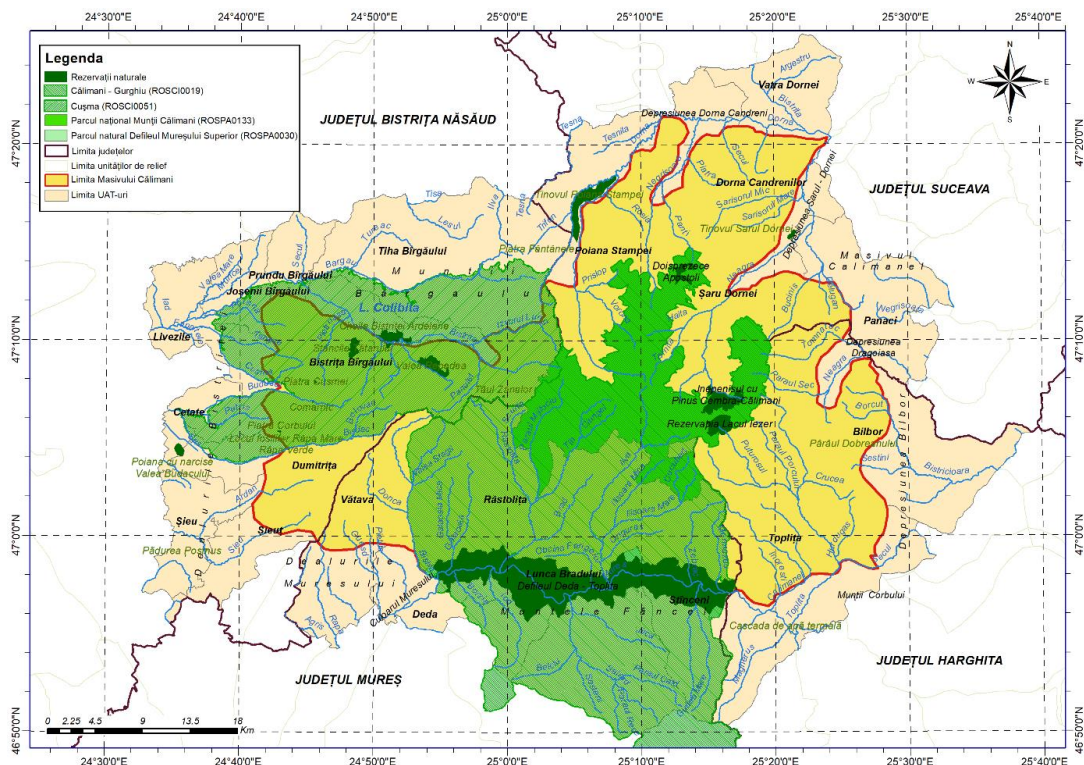


Fig.2.5. Harta ariilor naturale protejate din sistemul social-ecologic Călimani

2.3. Specificul umanizării

Istoricul existenței unei populații stabile în zona de influență a masivului, dinamica populațională, au fost determinate de condițiile morfostructurale zonei, condițiile climatice caracteristice munților mijloci și înalți, distribuirea rețelei hidrografice, de diversitatea și accesibilitatea resurselor naturale.

În ceea ce privește suprafața de teren și numărul locuitorilor din așezările de la poalele munților Călimani, facem câteva precizări, cu caracter general (date preluate de pe site-ul Institutului Național de Statistică):

- ✓ Evoluția populației în zona de studiu a cunoscut un trend preponderent descendent în perioada 1992-2023, mai ales în localitățile urbane (Toplița și Vatra Dornei).
- ✓ Comuna Dumitrița a fost înființată în anul 2002 prin desprinderea a 3 sate din comuna Cetate.
- ✓ Calculul procentului de populație din localitățile situate în zona de studiu raportat la numărul populației din unitățile teritorial – administrative incluse în zona montană defavorizată din fiecare județ în parte, conform Ordinului nr. 97/1.332/2019 privind aprobarea criteriilor de încadrare și a listei localităților din zona montană, la nivelul anului 2023, arată că un număr important de locuitori din această categorie sunt în arealul de influență a Munților Călimani în județul Bistrița (25,2%).
- ✓ Cea mai mare densitate a populației, calculată pentru data de 01.01.2023, o regăsim pentru localitățile de pe teritoriul județului Bistrița -Năsăud, de 40 locuitori/km², urmată îndeaproape de județele Suceava (34 locuitori/km²) și Harghita (32 locuitori/km²). Acest

fapt poate fi pus în legătură cu dezvoltarea economică a localităților aflate în apropierea unui centru urban important (și ne referim la cele de pe valea Bistriței Ardelene aflate sub influența municipiului Bistrița), facilitățile oferite de existența unor utilități publice, intensificarea transportului rutier de mărfuri pe calea de acces dintre nordul Moldovei și Transilvania (drumul european E85) care trece printr - o serie de localități din zona de studiu din județele Suceava și Bistrița - Năsăud, avântul luat de agroturism.

Așezările umane s-au concentrat doar la poalele Munților Călimani, în zonele depresionare, de-a lungul cursurilor de apă. Evoluția așezărilor umane din zona de studiu a fost condiționată de sunt rezultatul unui complex de factori îndeosebi naturali, apoi social-economici; la aceștia s-au adăugat, îndeosebi în epoca modernă, factorii politici.

Trebuie să subliniem faptul că toate unitățile administrative din sistemul social – ecologic Călimani intră sub incidența Legii muntelui ca zone montane defavorizate.

Este de remarcat faptul că aproape toate cursurile de apă care traversează unitățile teritorial - administrative izvorăsc din Munții Călimani; excepție face râul Mureș care, însă, primește afluenți de dreapta cu debite însemnate din acești munți.

Cea mai mare suprafață a așezărilor situate în zona de studiu o ocupă cele aflate pe teritoriul administrativ al județului Bistrița - Năsăud (10,1%), fiind și cele mai numeroase (9 unități teritorial-administrative) iar cea mai mică cea a așezărilor umane din județul Mureș (1,9%).

Pe lângă păstorit (având în vedere faptul că Munții Călimani au, după Munții Rodnei, cele mai mari suprafețe de pășunat), exploatarea lemnului a fost și a rămas o activitate predilectă.

Activitatea minieră din perioada 1970 -1995 axată pe exploatarea și prepararea sulfului din Călimani, precum și exploatarea manganului în comuna Șaru Dornei, a determinat o semiurbanizare a localităților din zona nordică și nord-estică a masivului (Neagra Șarului, Șaru Dornei, Panaci, Dârmoxa). Odată cu închiderea activității, s-a constatat o reorientare a populației locale către exploatarea masivă a fondului forestier.

În cadrul acțiunilor de dezvoltare a ecoturismului montan, pe lângă pensiunile agroturistice, s-au înființat și puncte gastronomice locale. De altfel, prezența unei dense rețele de arii naturale protejate în SSE Călimani, a unor izvoare de ape minerale de balneatie, au creat condițiile prielnice dezvoltării industriei turismului curativ, recreativ sau cultural.

Sectorul industrial diversificat este prezent în municipiile Toplița și Vatra Dornei; în comunele mai dezvoltate, aflate în zona de influență a unor zone urbane, pe lângă activitățile de exploatare și prelucrare a lemnului (activitate prezentă în toate comunele din SSE Călimani), prelucrarea laptelui, apar și unele ramuri industriale ca, de exemplu, producția de remorci și caroserii pentru autovehicule (comuna Livezile).

Tipurile de patrimoniu al SSE Călimani, pe categorii, sunt:

➤ *Patrimoniu natural*

- peisajele montane (caldera alpină; formațiuni stâncoase cu aspecte deosebite precum 12 Apostoli; cascada cu apă termală Toplița, etc.);
- biodiversitate (resursele genetice de jnepeniș cu *Pinus cembra*; tisa - monument al naturii);
- arii naturale protejate (Parcul Național Călimani, Parcul Natural Defileul Mureșului Superior, ș.a.).

➤ *Patrimoniu cultural*

- tradiții și obiceiuri locale (confeccionare de piese ale portului popular la Deda, centrul de ceramică roșie din satul Mijlocenii Bârgăului, confeccionare cojoace și bundițe la Șaru Dornei);
- arhitectură tradițională;

- sărbători și evenimente tradiționale (Coborâtul oilor din Călimani, com. Șieuț, Festivalul Bujorului de Munte din comuna Șaru Dornei).

➤ *Patrimoniu istoric și arheologic*

Câteva dintre principalele vestigii cu valoare istorică sunt: Biserica ortodoxă din Vatra Dornei, construită în anul 1670; Biserica evanghelică (construită în sec. al XVI-lea) din comuna Dumitrița; castrul roman din comuna Livezile. Dintre drumurile vechi cu valoare de patrimoniu, menționăm drumul roman din Pasul Bârgăului.

➤ *Patrimoniu antropologic*

- activități tradiționale (cultura fânului, pășunatul);
- folclorul și mitologia specifică zonei montane (Nedeea din Călimani).

Capitolul 3. Metode de cercetare, materiale și mijloace utilizate

Reziliența unui sistem social-ecologic, în special în contextul SSE Călimani (sistem social-ecologic montan), nu poate fi înțeleasă fără analiza istorică a relațiilor sale constitutive a modului în care acestea au evoluat și a factorilor care contribuie la menținerea identității sistemului în timp. Prin urmare, metodologia propusă în această lucrare urmărește să ofere instrumente statistice, de analiză calitativă și cantitativă și conceptuale care să capteze atât dinamica internă a sistemului cât și traiectoriile istorice care i-au modelat structura actuală.

3.1. Surse și baze de date

♦ *Surse de date primare utilizate în demersul științific*

Datele primare, esențiale pentru evaluarea relațiilor de cauzalitate dintre mediul natural montan și comunitățile umane, au constat în: observații directe, fotografiere; determinare în teren coordonate GIS pentru obiectivele de interes (perimetre miniere, depozite de deșeuri: lemnoase, extractive, etc.); discuții cu autorități locale din SSE Călimani și instituții publice.

♦ *Surse secundare de date, care includ:* documentare bibliografică: date statistice preluate din baza de date online a Institutului Național de Statistică; date furnizate de instituții și administrații publice, ca urmare a solicitărilor; date spațiale și cartografice: COPERNICUS - Corine Land Cover 1990, 2018.

Delimitarea teritorială a sistemului social-ecologic Călimani s-a realizat prin definirea unui *buffer* spațial alcătuit din unitățile administrativ-teritoriale care au contact direct cu Munții Călimani; alegerea acestora s-a bazat pe gradul de dependență socio-economică față de resursele naturale ale masivului muntos, precum și pe considerente istorice și culturale consolidate de-a lungul timpului.

De asemenea, se propune o perioadă extinsă de observație, care să includă anii în care activitatea minieră în zonă era la maximă dezvoltare (1991), de când au putut fi identificate și date statistice continui, până în prezent. Această abordare temporală este esențială pentru înțelegerea modului în care traiectoriile istorice au influențat capacitatea sistemului de a se adapta, transforma sau menține identitatea funcțională în fața schimbărilor.

3.2. Instrumente de lucru

Pentru analiza spațială a datelor, a fost utilizat software-ul ArcGIS (ESRI) - un instrument consacrat în cercetarea geografică și de mediu, care permite vizualizare, prelucrarea și analiza datelor geospațiale.

Pentru analiza cantitativă, au fost folosite aplicații precum: Microsoft Excel; XLSTAT; Google Colab- o platformă de tip *cloud*, care permite prelucrarea de date statistice prin scriere și executarea de coduri în limbajul de programare Python; Google Forms- pentru distribuirea chestionarului către grupul țintă; Microsoft PowerPoint și Canva- aceste instrumente au fost utilizate pentru reprezentarea grafică a modelelor conceptuale, inclusiv a cartografierii conceptuale (modelul celulă) a sistemului social-ecologic Călimani.

3.3. Metode

3.3.1. Abordare sistemică versus abordare reducționistă

Pentru studiul sistemului social-ecologic complex Călimani, se propune ca cercetarea să se bazeze pe o euristică metodologică echilibrată, la intersecția dintre perspectiva reducționistă și cea holistică sau sistemică (Holling, 2001).

În studiul sistemelor social ecologice, această complementaritate devine esențială: analiza deductivă permite testarea unor ipoteze teoretice asupra unor componente clar delimitate (de exemplu, dinamica pășunilor sau migrația sezonieră), în timp ce abordarea inductivă, de tip holistic, facilitează înțelegerea modului în care aceste elemente interacționează, evoluează istoric și contribuie la coeziunea și reziliența sistemului în ansamblu. Prin urmare, combinarea acestor dimensiuni metodologice asigură o viziune mai completă asupra complexității sistemului studiat.

Câteva exemple de abordare cvasi-reducționistă, aplicată prin studii de caz: evaluarea impactului activității de exploatare a resurselor minerale solide mediului natural; evaluarea resurselor de apă și apă minerală; evaluarea resurselor naturale biologice.

Metodele principale utilizate în abordarea sistemică includ: cartografierea sistemică (Barbrook-Johnson și Penn, 2022), ca metodă de vizualizare a interacțiunilor dintre componente; analiza funcțională a relațiilor dintre elemente (de ex.: dinamica temporală a populației, relația dintre dinamica populației și practicile agricole, valoarea economică, socială și ecologică a resurselor de apă etc.); evaluarea rezilienței, prin identificarea buclor de feedback, a punctelor de inflexiune și a capacității de auto-organizare și adaptare.

Această combinație metodologică susține nu doar o analiză în profunzime, ci și o interpretare contextualizată, esențială pentru evaluarea rezilienței sistemului și pentru înțelegerea mecanismelor care susțin sau duc la pierderea identității acestuia în timp.

3.3.2. Metode cantitative de lucru

❖ Evaluarea calității mediului afectat de activități antropice poluatoare, s-a realizat prin calculul *Indicelui de Poluare Globală*. Acesta este un rezultat al raportului dintre suprafața reprezentând starea ideală (S_i) și suprafața reprezentând starea reală (S_r) la un moment dat. Pentru fiecare indicator ales s-a dat o notă funcție de scara de bonitate specifică fiecărui

element, scară stabilită în concordanță cu prevederile legale de cuantificare a calității factorilor de mediu analizați. Scara de bonitate este exprimată prin note de la 1 la 10, nota 1 reprezentând o deteriorare ireversibilă și deosebit de gravă a factorului de mediu iar nota 10 reprezentând starea naturală neafectată de activitatea umană (Rojanschi și Bran, 2002).

Metoda este recomandată atunci când sunt luate în considerare cel puțin 3 componente de mediu (Shaid, A., 2014).

Estimarea indicelui global de poluare (IGP) al mediului se realizează pe o scară empirică, cu valori cuprinse între 1 și 6, de la mediu neafectat de activitatea antropică la mediu puternic degradat.

❖ **Metoda ARIMA** (Vasileiadou și Vliegenthart, 2015; Scheffer et al., 2021; Kaur et al., 2023; Dar et al., 2024) este utilizată pentru a examina relațiile dintre dinamica populației și diverși factori socio-economici, tratând fiecare variabilă ca o serie temporală. Componentele modelului autoregresiv (AR), integrat (I) și media mobilă (MA) (Reggiani și Nijkamp, 2006) sunt folosite pentru a captura atât fluctuațiile pe termen scurt, cât și tendințele pe termen lung ale datelor. Această abordare permite identificarea unor tipare și tendințe semnificative, având în vedere și posibilitatea efectelor întârziate și comportamentelor ciclice în cadrul sistemului social-ecologic. Prin modelarea datelor istorice și integrarea relațiilor dintre mai mulți factori, studiul își propune să ofere informații despre factorii care determină schimbările populației în regiune și să exploreze implicațiile pe termen lung ale acestor tendințe asupra sistemului social-ecologic.

În pregătirea seriilor de date temporale pentru analiza cantitativă, un prim pas este verificarea *staționarității* datelor (Huang și Petukhina, 2022), o condiție necesară pentru aplicarea modelului ARIMA. Testarea staționarității s-a efectuat folosind testul Dickey-Fuller (Dickey, 2011).

Etapele aplicate conform modelului ARIMA sunt detaliate mai jos:

- 1) Colectarea și organizarea datelor: datele anuale privind populația au fost colectate pentru fiecare localitate analizată și organizate în serii temporale. Variabila principală (Y) a fost reprezentată de populația brută anuală.
- 2) Gestionarea valorilor lipsă: în cazurile unde datele au prezentat un număr ridicat de valori lipsă, localitățile respective au fost excluse din analiză pentru a asigura consistența rezultatelor (ex. localitatea Dumitrița).
- 3) Testarea staționarității- aplicarea testului Dickey-Fuller: Pentru fiecare serie temporală, a fost aplicat testul Dickey-Fuller pentru a verifica dacă datele sunt staționare sau prezintă rădăcină unitară. Pașii tehnici ai testului au inclus:
 - a) Calcularea variabilei întârziate și a diferenței primare (ΔY);
 - b) Estimarea regresiei între ΔY și variabila întârziată $Y(t-1)$; Extragerea valorilor relevante (coeficienți, t-statistici, p-valori);
 - c) Interpretarea statisticii ADF și a p-valorii în raport cu valoarea critică (de exemplu, 1.3093 pentru 31 observații);
 - d) Dacă $p < 0.05$, seria a fost considerată staționară; dacă $p > 0.05$, a fost necesară diferențierea datelor.
- 4) Diferențierea seriilor non-staționare: pentru seriile clasificate drept non-staționare, s-a aplicat o diferențiere de ordinul întâi, în vederea stabilizării mediei și varianței. De asemenea, s-a considerat și aplicarea testului Dickey-Fuller pentru variabila explicativă X, însă aceasta a fost direcționată spre cercetări viitoare.
- 5) Analiza autocorelației (ACF): pentru a decide asupra ordinii de diferențiere optime și a identifica structura temporală a seriilor, a fost utilizată analiza funcției de autocorelație

(ACF). Aceasta a permis interpretarea semnificației fluctuațiilor în fiecare localitate, oferind indicii asupra modelului ARIMA adecvat.

- 6) Estimarea modelelor ARIMA: pe baza rezultatelor testelor de staționaritate și ACF, au fost rulate regresii finale care includ variabila dependentă (Y) în forma diferențiată, acolo unde a fost necesar. Modelele finale reflectă structura temporală specifică fiecărei localități, menținând coerența metodologică în întregul set de date. Doar trei localități au prezentat serii staționare fără a necesita diferențiere.

❖ Pentru a reprezenta reziliența sistemului social-ecologic studiat, a fost utilizată o funcție potențială adaptată din teoria sistemelor complexe, care permite vizualizarea stabilității sistemului sub forma unui bazin de atracție. Această metodă integrează două componente esențiale: poziția atractorului (reprezentată de proporția entităților care manifestă tendințe pozitive – de exemplu, localități în revenire demografică) și un coeficient de reziliență care reglează adâncimea bazinului. Pentru a permite analiza comparativă între variabilele de mediu analizate în (calitatea aerului, apei, solului și biodiversității conform Indicelui de Poluare Globală), a fost aplicat un proces de normalizare liniară a valorilor inițiale. Fiecare variabilă a fost exprimată inițial pe o scală de la 1 la 10, unde 1 indică o calitate foarte scăzută sau un impact antropic sever, iar 10 corespunde unei stări ecologice excelente. Normalizarea a fost realizată prin împărțirea valorii fiecărei variabile la valoarea maximă posibilă (în acest caz 10), rezultând astfel scoruri cuprinse între 0 și 1. Această procedură permite integrarea valorilor într-un indice compozit și utilizarea lor într-un model unitar de tip funcție potențială. De asemenea, normalizarea contribuie la reducerea influenței diferențelor de scară și permite o interpretare mai coerentă în cadrul modelării conceptuale a rezilienței sistemului.

Scorul final va fi între 0 și 1, 1 reprezentând un mediu în stare ideală, 0 în stare de degradare avansată. Media valorilor normalizate a fost utilizată drept atractor într-o funcție potențială de tip parabolic

Pe baza rezultatelor IPG, a rezultatelor analizei ARIMA pentru populație prin acordarea unui scor de 1 localităților unde se observă un trend pozitiv al populației și 0 unde există o vizibilă scădere (nu au fost cazuri de stabilitate evidentă) au fost generate graficele tridimensionale cu ajutorul platformei Google Colab, în limbaj de programare Python. În final, s-a calculat un indice compozit total, rezultatul a fost calculat cu pondere egală între componenta demografică (50%) și cea ecologică (50%), reflectând o abordare echilibrată între factorii antropici și cei environmentali. Coeficientul general de reziliență final a fost calculat pe baza aceleiași ponderi, permițând comparabilitatea între mai multe scenarii.

❖ **Metodologia LCA** (Life Cycle Assessment) este un instrument important în luarea deciziilor prin integrarea sustenabilității mediului (Sonderregger et al., 2017). Prin această metodă este calculat impactul unui produs pe perioada ciclului de viață al acestuia prin calcularea amprente de carbon. Este utilizat programul LCA Calculator, în parteneriat cu Ecoinvent.

❖ Emisiile de gaze cu efect de seră din activitatea agrozootehnică s-au estimat utilizând ghidul 2006 *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use - Chapter 10: Emissions from Livestock and Manure Management*

3.3.3. Metode calitative de lucru

♦ Pentru o evaluare a efectului intervenției antropice asupra mediului natural și populației din SSE Călimani, coroborat cu factorii de presiune naturali identificați pe parcursul studiului,

care au impact asupra dezvoltării și sustenabilității comunităților umane, am optat pentru o evaluare calitativă: modelul matriceal general de evaluare globală a impactului asupra mediului, metoda Leopold (Leopold et al., 1971).

Au rezultat astfel 4 *matrici*. Pentru evaluarea impactului, se plasează în fiecare căsuță a matricei câte o bară; în partea stânga sus se trece un număr ce indică magnitudinea impactului, cu valori de la 1 (în situ) la 5 (național); în partea dreapta jos se înscrie un număr ce indică intensitatea impactului și care are valori de la 1 (nesemnificativ) la 5 (dezastru ecologic). Indicele de impact este produsul dintre valoarea magnitudinii și intensitatea impactului.

3.3.4. Metode mixte

❖ Ca metodă mixtă, s-a folosit *metoda chestionarului* (Clifford et al., 2023) pentru a explora în percepțiile, cunoștințele și experiența comunităților locale din SSE Călimani. Chestionarul a fost elaborat astfel încât să permită identificarea restricțiilor cu care se confruntă dar și a oportunităților pe care le au comunitățile umane din SSE Călimani.

Chestionarele au fost completate pe Google Forms în perioada 15.06.2023 – 11.12.2024.

Chestionarul aplicat în cadrul cercetării a avut o structură mixtă, incluzând atât întrebări cu răspunsuri închise bazate pe scale de apreciere, cât și întrebări deschise. Deși unii dintre itemii chestionarului urmăresc aspecte de natură calitativă, cum ar fi percepții, atitudini și valori, analiza acestora a fost realizată preponderent prin metode cantitative. Datele colectate prin intermediul chestionarului au fost prelucrate în XLSTAT, o extensie Microsoft Excel pentru statistică avansată, care a permis atât organizarea răspunsurilor, cât și aplicarea unor metode de analiză cantitativă.

3.3.5. Metoda de cartografiere conceptuală a sistemelor social-ecologice

În cadrul acestei secțiuni este prezentată abordarea de tip „systems mapping” utilizată ca instrument de design conceptual pentru modelarea sistemelor socio-ecologice. Această metodă permite identificarea și reprezentarea vizuală a componentelor-cheie ale sistemului, a relațiilor de interdependență dintre acestea și a buclelor de feedback care contribuie la dinamica internă a sistemului. Prin cartografierea sistemică, se facilitează o înțelegere integrată a complexității sociale și ecologice, esențială pentru formularea unor scenarii exploratorii, analize de reziliență sau evaluări ale impactului sistemic.

3.3.6. Limitele cercetării/ Reflecții asupra constrângerilor metodologice

Deși acest studiu oferă o bază conceptuală solidă pentru înțelegerea sistemului social - ecologic Călimani, el este supus unor limitări inerente legate în principal de disponibilitatea și granularitatea datelor. Anumite seturi de date – în special cele socio-economice cu acoperire spațială și temporală adecvată – sunt fragmentare sau nearmonizate, ceea ce afectează precizia unor analize comparative. De asemenea, modelul celular propus are un caracter exploratoriu, deschizând direcții valoroase pentru cercetări viitoare. Prin aprofundarea investigațiilor empirice și integrarea unor date suplimentare (inclusiv de natură calitativă sau participativă), modelul poate fi rafinat în vederea aplicării sale într-un cadru analitic mai robust și reproductibil. Această direcție este esențială pentru consolidarea relevanței sale în planul cercetării inter- și transdisciplinare a sistemelor social - ecologice montane.

Capitolul 4. Resursele naturale, elemente definitorii pentru reziliența sistemului social-ecologic Călimani

4.1. Resurse minerale solide

4.1.1. Activitatea de exploatare a resurselor minerale solide

Data fiind natura substratului geologic al Masivului Călimani, cu parametri destul de stabili ai rocilor vulcanice (andezite, diorite), acestea au fost exploatate pentru construcții (industriale și civile). Exploatarea de roci utile regăsim în cariere aflate pe majoritatea versanților masivului Călimani spre zonele locuite, pentru facilitarea transportului: Cariera Măgura (andezit) din comuna Dorna Candrenilor; Carierele: Dornișoara și Dorna Borcut (andezite) din comuna Poiana Stampei; Cariera Chirileni, Cariera Panaci (diorite) din comuna Panaci; Cariera Pârâul cu Pești (andezite), Cariera Sărișor (șisturi cristaline) din comuna Șaru Dornei; Cariera Mureșeni (andezit) aflată în extravilanul localităților Tiha Bârgăului, Colibița, și Bistrița Bârgăului; Cariera de andezit de la Toplița - Călimănel; Cariera Albu din comuna Răstolița și Cariera Mermezeu din comuna Stânceni, de unde se extrage andezit.

De departe cea mai vizibilă și cu impact remanent chiar și după sistarea activității și efectuarea unor lucrări de reconstrucție ecologică, este cea de exploatare și preparare a sulfului, în zona centrală a Masivului Călimani.

În arealul SSE Călimani s-a desfășurat, în perioada 1950 – 2003 activitatea de explorare, exploatare și preparare termică a minereului de mangan în perimetrul minier Dealu Rusului, comuna Șaru Dornei.

4.1.2. Evaluarea impactului activității de exploatare a resurselor minerale

➤ *Impactul activității de exploatare a rocilor utile*

Activitatea de exploatare a rocilor utile se desfășoară doar prin lucrări de suprafață, în cariere. Impactul activității de exploatare a rocilor utile este caracterizat de următoarele aspecte:

a) Deteriorarea peisajului natural

Carierele sunt situate în zone împădurite sau pășuni naturale. Extinderea sau apariția unor noi cariere presupune și activități de defrișare (Cariera Panaci, Dorna Borcut, Dornișoara) sau de ocupare a unor zone cu pășuni subalpine situate în vecinătatea pădurilor montane (cariera Mureșeni, cariera Pârâul cu Pești, cariera Măgura). Apare astfel un peisaj antropic.

b) Modificarea reliefului

Metoda de exploatare în carieră este cu derocarea rocii utile (fie cu trepte descendente fie cu trepte ascendente), prin perforare cu foreze și pușcare cu explozibil, ceea ce conduce la o modificare a reliefului montan în zona perimetrului minier.

c) Afectarea biodiversității

Emisiile de noxe de la activitatea de derocare cu explozibili, utilajele din carieră și transportul auto al rocii utile către destinatari, instalațiile de concasare, constituie surse de afectare a vegetației specifice zonei montane. Zgomotul produs de perforatoare, de la pușcare,

de la funcționarea utilajelor, produc disconfort faunei din arealul limitrof carierei. Unele obiective miniere sunt situate în arii naturale (cum este Cariera Mureșeni, din situl de importanță comunitară ROSCI0051 Cușma), sau rutele de transport trec prin apropierea unor zone protejate (cum este drumul de la Dornișoara spre drumul european E85 care trece pe la limita sitului RAMSAR, Tinovul Mare Poiana Stampei).

d) Influențe asupra corpurilor de apă

Căile de acces cele mai facile spre zone de exploatare a rocilor utile sunt cele de-a lungul cursurilor de apă. Prin urmare, există un potențial de afectare a acestora (p. Călimănel - Cariera Toplița; r. Dorna – Carierele Dornișoara 1 și Dornișoara 2; p. Chirileni – Cariera Chirileni; p. Răstolița – Cariera Albu, etc.). Pentru ca pulberile antrenate de apele meteorice de pe taluzele carierelor și de la instalațiile de concasare să nu ajungă în cursurile de apă, prin actele de reglementare s-a impus construirea de șanțuri colectare pluviale și bazin decantor.

e) Impact asupra comunităților umane

În ceea ce privește impactul activității miniere asupra comunităților, acestea sunt afectate mai mult de traficul autobasculantelor care transportă materialul derocat, carierele fiind amplasate în afara zonelor locuite, cu excepția Carierei Toplița - Mermezeu, situată în intravilanul municipiului (dar la distanță de locuințe) și a carierelor Dornișoara I și Dornișoara II - situate în vecinătatea satului (cu caracter industrial) Dornișoara din comuna Poiana Stampei.

➤ *Impactul activității de exploatare a zăcămintelor de substanțe minerale utile (sulf și mangan)*

✂ Toate documentațiile, studiile analizate demonstrează că activitatea cu impact cuantificabil, chiar și după sistarea acesteia, a fost și este cea de exploatare și preparare a sulfului (ICPM SA, 1992-1993, 2005, 2008).

Un aspect important legat de impactul activității antropice în zona montană este cel al depozitelor de deșeuri care rămân în urma lor.

Într-un studiu (Ionce și Breabăn, 2024), am analizat impactul produs de depozitele de deșeuri extractive din perspectiva unui factor de risc și anume al stabilității acestora. Suprafața ocupată de perimetrul minier este de 340,68 ha, din care 297,76 ha se află în Parcul Național Călimani. În perimetrul minier există un număr de 5 halde de steril (cca. 58 ha) și două iazuri de decantare (10,4 ha). Aluviunile antrenate de precipitațiile abundente de pe haldele de steril constituie unul din principalii factori poluanți în Călimani. Acest fapt se datorează amplasamentului (pe cursuri de apă, cum sunt p. Pinu, p. Alb, care trec prin haldele de steril), geometriei (înălțimi de 95-100 m) depozitelor, pantei mari a substratului acestora. Receptorul principal al acestor aluviuni este, în final, râul Neagra Șarului. În sectorul amonte al bazinului hidrografic, sub aspect geochemic, calitatea sedimentelor este puternic afectată.

Lucrările de reconstrucție ecologică au adus un aport pozitiv la reducerea impactului depozitelor de deșeuri extractive asupra mediului natural.

Valoarea Indicelui de Poluare Globală este 2,80, ceea ce semnifică un mediu afectat de activitățile antropice, ce produce disconfort formelor de viață.

✂ Din activitatea minieră (prin lucrări subterane) de explorare și exploatare a minereului de mangan (Mina Dealu Rusului), au rezultat 3 depozite de steril care ocupă o suprafață de 2,82 ha și au un volum total de 93.712 mc. Deșeurile extractive din halde sunt formate din șisturi metamorfice, cuarțite negre și roci cu mineralizare scăzută (oxizi și carbonați de mangan).

Valoarea Indicelui de Poluare Globală pentru depozitele de deșeuri extractive este 1,23, ceea ce semnifică un mediu afectat de activități antropice în limite admisibile conform legislației.

4.2. Ape minerale și de balneatie

4.2.1. Caracteristici calitative și cantitative

➤ *Apele minerale terapeutice*

Perimetrul Vatra Dornei, de exploatare a apelor minerale balneoterapeutice se află în Parcul municipal și zona pârtiei de schi iar exploatarea dioxidului de carbon mofetic (mofeta Negrești) se face din partea vestică a perimetrului minier.

Apele minerale terapeutice sunt bicarbonatate, calcice-magneziene-sodice sau bicarbonatate, feruginoase-sodice-magneziene, carbogazoase, hipotone. Menționăm faptul că în acestea se întâlnesc bacterii feruginoase, dar care nu afectează organismul uman, contribuind la eficientizarea terapilor de balneatie (Ionce și Florea, 2023).

La Bilbor, izvorul Dobreanu este considerat, datorită conținutului în hidrogen sulfurat, calciu, magneziu, oxid de carbon (caracteristic acestor ape este prezența ionilor de cupru), benefic în tratarea bolilor reumatice (extern).

De menționat sunt și izvoarele de ape minerale din satul Colibița, comuna Bistrița Bârgăului. Au fost identificate două izvoare de apă carbogazoasă: Izvorul Lung și Izvorul din pădure. Sunt ape considerate benefice în tratarea bolilor digestive, fără a fi exploatare în scop comercial (Chintăuan, 2002).

➤ *Apele minerale naturale carbogazoase*

Zăcămintele de ape minerale carbogazoase au fost cercetate și constituie obiectul exploatarei în zona unităților teritorial – administrative: Dorna Candrenilor, Șaru Dornei, Panaci (județ Suceava), Bilbor (județ Harghita), Stânceni (județ Mureș). Din punct de vedere al genezei, majoritatea cercetărilor consideră că apele minerale carbogazoase din zonă constituie rezultatul interacțiunii dintre apa vadoasă și dioxidul de carbon de origine mofetică.

Apele minerale din bazinul Dornelor pot fi caracterizate ca bicarbonat calcice-magneziene, sodice și suportă operațiunile de deferizare și demanganizare pentru a fi pretabile consumului. Din punct de vedere bacteriologic, apa minerală carbogazoasă se încadrează în prevederile legale de potabilitate.

Apele minerale carbogazoase din zăcămintul Bilbor sunt ape bicarbonat alcaline și au ca și specific, încărcarea redusă în ioni de fier (Hegheduș-Mîndru, 2008).

Zăcămintul de ape minerale carbogazoase este hidrogencarbonată calcică, sodică și magneziană și la îmbuteliere, pe lângă dioxidul de carbon natural primește și dioxid de carbon alimentar. Este considerată singura apă oligominerală dintre brandurile comercializate de ape carbogazoase (Feru, 2012).

➤ *Apele minerale naturale necarbogazoase*

Acest tip de zăcămintă au fost cercetate și constituie obiectul exploatarei în perimetrele atât din Depresiunea Dornelor (Izvorul Alb, Bucovina, Păltiniș, Haja, Băjenaru) cât și în perimetrul Bilbor, din partea estică a masivului Călimani. Acestea pot fi caracterizate ca oligominerale, ușor bicarbonatate, calcice, slab magneziene, cu conținuturi reduse în sodiu.

Un studiu realizat pentru analiza potențialului impact antropic asupra calității apelor minerale din nordul și estul masivului Călimani (Ionce și Florea, 2023), a relevat, printre altele, următorul aspect: caracteristicile calitative ale apelor subterane minerale naturale

necarbogazoase, carbogazoase și de balneatie din SES Calimani, versantul nordic, estic și a zonelor adiacente nu au pus în evidență amprente semnificative ale siturilor miniere din zonă.

4.2.2. Estimarea valorii resurselor de ape minerale pentru beneficiul comunităților umane

Apele minerale au: valoare socială (izvoarele care nici astăzi nu sunt captate industrial sunt folosite încă din vechime pentru tratamente de către populația locală, sunt de asemenea valoroase deoarece contribuie la păstrarea patrimoniului cultural și tradițional); valoare ecologică (izvoarele de ape minerale au zone de protecție care asigură o menținere a biodiversității și sunt parte integrantă a ciclurilor naturale de apă și contribuie la echilibrul ecologic al regiunii în care se află); valoare economică (producția de ape minerale îmbuteliate este dezvoltată mai ales în partea de nord și nord -est a SSE Călimani; atragerea turiștilor de potențialul balnear al acestor zone cu izvoare de apă minerală; valoarea de 45% din redevența minieră care ajunge la autoritățile locale – un venit însemnat într-o zonă unde sunt puține activități ce aduc venit la bugetul local).

4.3. Apa ca resursă strategică pentru sistemul social-ecologic

4.3.1. Valoarea ecologică, socială și economică a resurselor de apă din Călimani. Factori și surse de impact asupra calității corpurilor de apă

Indicatorii de presiune au fost stabiliți luând în considerare propunerile Maes et al. 2013; Maes et al., 2014; Grizzetti et al. 2017; Maes et al. 2018, CICES classification.

Resursele acvatice din SSE Călimani, cu serviciile ecosistemice pe care le asigură și valorile socio-economice și ecologice ale acestora sunt prezentate în tabel 4.1:

Tabel 4.1. Resursele acvatice din SSE Călimani

Resursa	Servicii ecosistemice (cod CICES)	Valoare ecologică	Valoare economică	Valoare socială
Corpul de apă subterană/freatic ROSI02	Apă subterană pentru băut (4.2.2.1)	•Asigură menținerea habitatelor forestiere de la suprafață (25% din teren ocupat cu păduri) •Reglare a circuitului hidrologic	•Alimentare cu apă uz casnic și industrial (Dorna Candrenilor, Vatra Dornei)	•Accesul la apă curată asigură sănătatea și bunăstarea populației
Corpul de apă subterană/freatic ROSO09	•Apă subterană pentru băut (4.2.2.1) •Menținerea condițiilor fizice, chimice și biologice (5.2.1.1)	•Asigură menținerea habitatelor de la suprafață din ROSCI0051 Cușma •Reglare a circuitului hidrologic	•Alimentare cu apă uz casnic și industrial •Zootehnie, piscicultură	•Accesul la apă curată asigură sănătatea și bunăstarea populației

Corpul de apă subterană/freatic și de adâncime ROMU25	• Apă subterană pentru băut (4.2.2.1) • Menținerea condițiilor fizice, chimice și biologice (5.2.1.1)	• Menținerea ciclului de viață, protecția habitatelor din ROSCI0019 Călimani-Gurghiu • Reglare a circuitului hidrologic	• Alimentare cu apă uz casnic (comunele Dedea, Vătava)	• Accesul la apă curată asigură sănătatea și bunăstarea populației
Râu Dorna	• Apa de suprafață fără scop de băut (4.2.1.2.) • Apa de suprafață pentru băut (4.2.1.1.) • Apa de suprafață utilizată ca sursă de energie (4.2.1.3.)	• Asigură menținerea vegetației ripariene • Mediu de viață pentru specii acvatice • Ajută la menținerea calității aerului (reține particulele de praf și alți poluanți din aer)	• Alimentare cu apă uz casnic și industrial (Vatra Dornei) • Acvacultură-pești din populații sălbatice • Producere hidroenergie	• Recreere-turism (tiroliană peste r. Dorna, în municipiul Vatra Dornei)
Râu Neagra Șarului	• Apa de suprafață fără scop de băut (4.2.1.2.) • Apa dulce de suprafață utilizată ca sursă de energie (4.2.1.3.)	• Asigură menținerea vegetației ripariene. Reprezintă princialul curs de apă - cu afluenții săi - ce străbate Parcul Național Călimani, în care a fost identificat un mozaic de habitate ripariene • Ajută la menținerea calității aerului (reține particulele de praf și a altor poluanți din aer)	• Producere hidroenergie	• valoare cultural-istorică, aici se practica plutăritul
Râu Neagra Broștenilor	• Apa de suprafață fără scop de băut (4.2.1.2.)	• Asigură menținerea vegetației ripariene • Mediu de viață pentru specii acvatice • Ajută la menținerea calității aerului	• Alimentare cu apă uz casnic și industrial • Acvacultură-pești din populații sălbatice	• valoare cultural-istorică, aici se practica plutăritul
Râu Bistricioara	• Apa de suprafață fără scop de băut (4.2.1.2.)	• Asigură menținerea vegetației ripariene • Zonă de protecție pentru specii acvatice • Ajută la menținerea calității aerului	• Alimentare cu apă uz casnic și industrial	
Râu Răstolița și afluenții	• Apa de suprafață fără scop de băut (4.2.1.2.) • Apa dulce de suprafață utilizată ca sursă de energie (4.2.1.3.)	• Asigură menținerea vegetației ripariene • Zonă de protecție pentru specii acvatice- Parc Național Călimani (zonă salmonicolă)	• Alimentare cu apă uz casnic • Producere hidroenergie (2 MHC pe p. Iod; 1 MHC pe p. Sălard)	• valoare cultural-istorică, aici se practica plutăritul

		• Ajută la menținerea calității aerului		
Râu Bistrița Ardeleană	• Apa de suprafață fără scop de băut (4.2.1.2.) • Apa dulce de suprafață utilizată ca sursă de energie (4.2.1.3.)	• Asigură menținerea vegetației ripariene • Mediu de viață pentru specii acvatice • Ajută la menținerea calității aerului	• Alimentare cu apă uz casnic și industrial	• Recreere-stațiunea Colibița

4.3.2. Calitatea resurselor de apă din SSE Călimani și estimarea valorii resurselor de apă pentru beneficiul populației

O abordare sistemică este esențială pentru a stabili legătura dintre factorii de impact antropici și comportamentul histeretic al sistemelor de apă în raport cu parametrii specifici de calitate analizați în acest studiu, ținând cont și de interacțiunile complexe dintre ecosistemele climatice, terestre și acvatice. În bazinul hidrografic Neagra Șarului, aceste influențe antropice în Munții Călimani se datorează în primul rând activităților de extracție și preparare a sulfului.

Au fost utilizate valori medii anuale pentru parametrii chimici specifici relevanți pentru evaluarea calității apei din bazinul hidrografic Neagra Șarului, luând în considerare caracteristicile mineralogice ale substratului geologic subiacent și analizele indicatorilor monitorizați din cursul de apă. Acești parametri includ concentrația de ioni de hidrogen (pH), oxigenul dizolvat și ionii totali de fier.

Ca parte a investigației științifice pentru acest caz, au fost urmați o serie de pași metodologici.

- Evaluarea calității apei în bazinul hidrografic Neagra Șarului în zona de influență minieră, în perioada activă

Având în vedere faptul că activitatea minieră s-a derulat preponderent în perioada comunistă, când nu s-a efectuat o monitorizare sistematică a factorilor de mediu afectați, indicatorii economici prevalând în detrimentul celor ecologici, s-au luat ca reper pentru perioada activă a unității miniere studiile efectuate după 1989 (când s-a schimbat regimul politic).

În analiza noastră au fost utilizate date puse la dispoziție de către o serie de instituții publice sau operatori economici ca urmare a solicitărilor noastre: Institutul de Cercetări și Proiectări Miniere Baia Mare, Agenția pentru Protecția Mediului Suceava, GEOMOLD SA.

- Evaluarea calității corpurilor de apă din bazinul hidrografic Neagra Șarului, după sistarea activităților miniere

Datele referitoare la calitatea apelor de suprafață din zona de influență a perimetrului minier (parametrii pH, oxigen dizolvat și Fe_{total}) ne-au fost furnizate de: CONVERSMIN SA, Administrația Bazinală de Apă Siret Bacău, Sistemul de Gospodărire a Apelor Suceava, GEOMOLD SA, APM Suceava.

Punctele de prelevare probe de apă luate în studiu, se regăsesc în figurile 4.1 și 4.2:

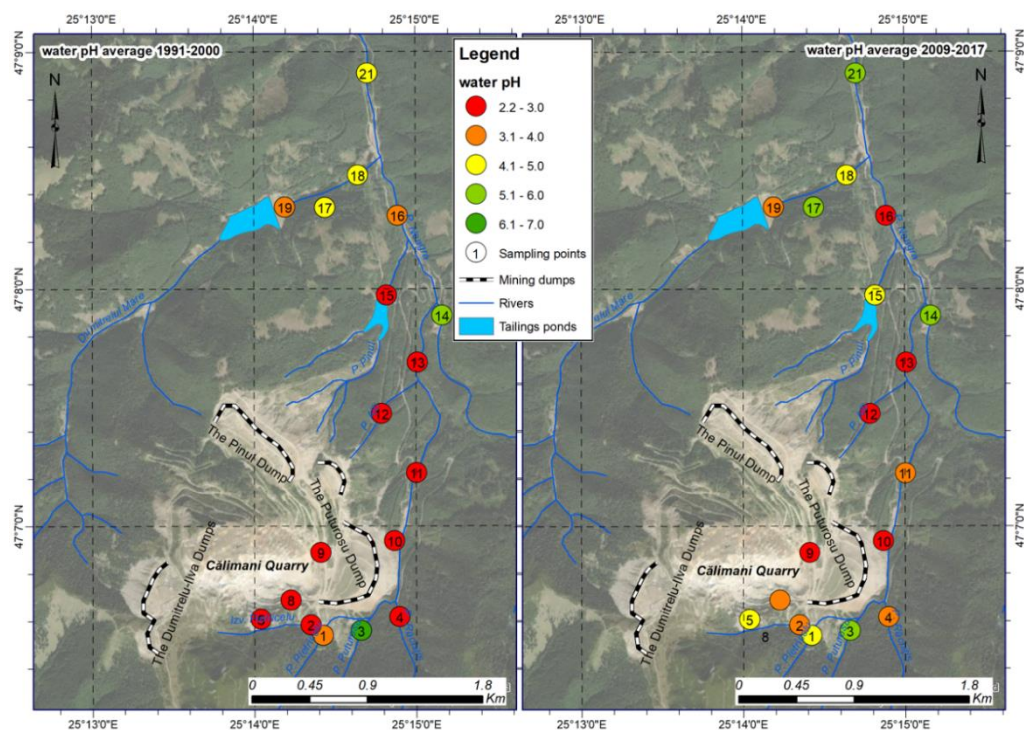


Fig.4.1. Puncte de prelevare probe de apă pentru analiza pH

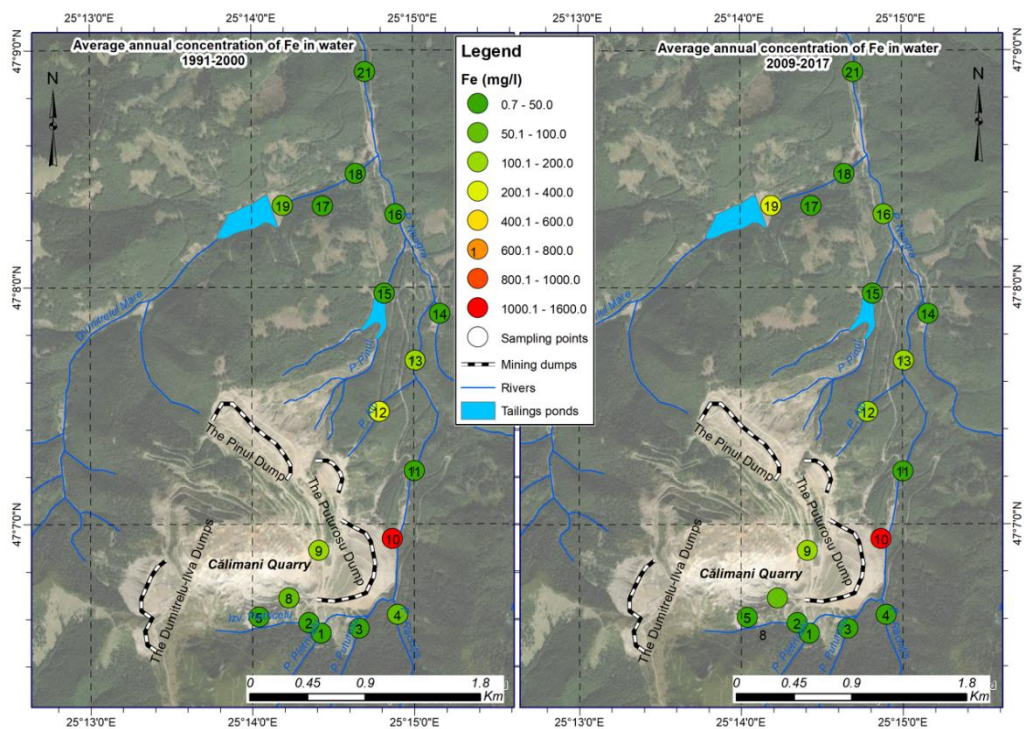


Fig.4.2. Puncte de prelevare probe de apă pentru analiza concentrației în ioni de fier total

- Analiza corelației dintre precipitații, ionii de hidrogen și concentrația în ioni de fier și modelarea histerezisului în sistemul acvatic Neagra Șarului

Analiza influenței elementelor climatice s-a bazat pe date primite de la Administrația Națională de Meteorologie și de la Sistemului de Gospodărire a Apelor Suceava (Vatra Dornei și stația pluviometrică Gura Haitei).

Rezultatele studiului

Un prim pas în demersul științific constă în corelarea datelor de la punctele de prelevare probe pentru a identifica dacă există tendințe observabile și dacă ipoteza corelației dintre parametrii de calitate a apei și rata anuală a precipitațiilor este corectă. S-a folosit coeficientul de corelație Pearson în acest scop, obținându-se următoarele grafice:

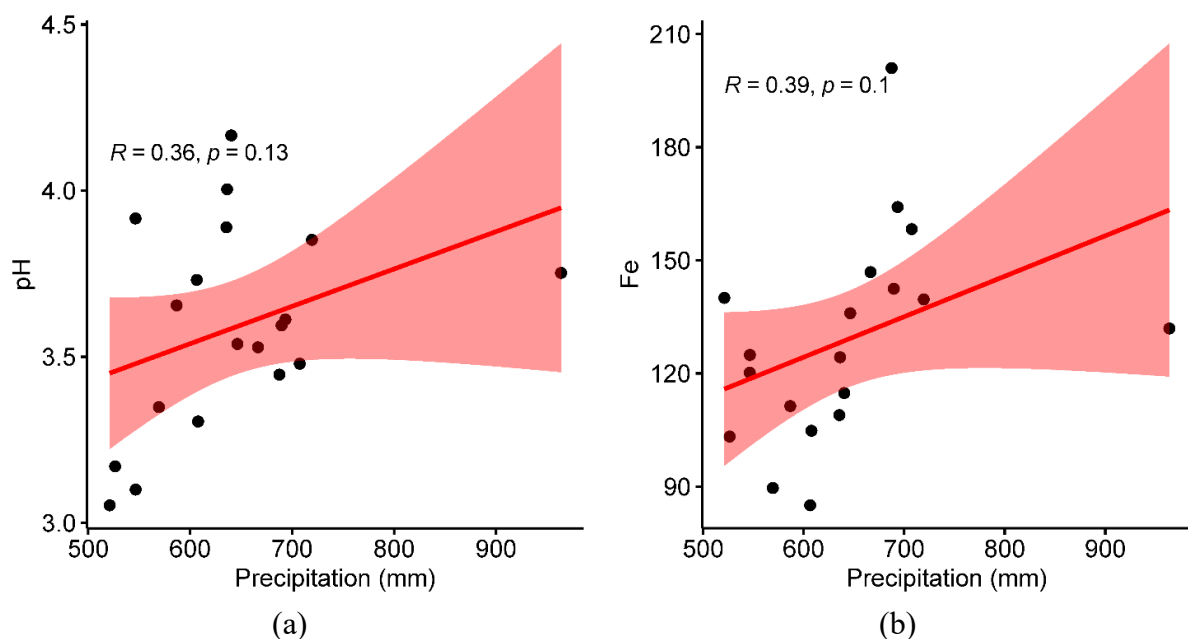


Fig.4.3. (a) Diagrama de dispersie a coeficientului de corelație Pearson pentru valorile pH-ului apei și precipitații (mm); (b) Diagrama de dispersie a coeficientului de corelație Pearson pentru corelația dintre concentrația de ioni de fier (Fe) și precipitație

Figura 4.1 (a) arată un coeficient de corelație $R=0,36$, care indică o corelație pozitivă moderată între precipitații și nivelul pH-ului. Valorile pH-ului apei cresc odată cu creșterea precipitațiilor, acest fenomen putând fi explicat prin efectul de diluție datorat aportului suplimentar de apă și, implicit, prin creșterea debitului. Tendința este vizibil pozitivă, zona roșie indicând un interval de încredere mai larg la precipitații anuale mai mari, sugerând o variabilitate mai mare. În cazul concentrațiilor de ioni de fier și precipitațiilor, coeficientul de corelație de 0,39 (figura 4.1.b) arată o corelație pozitivă ușor mai puternică comparativ cu rezultatele pH-ului, indicând faptul că pe măsură ce precipitațiile cresc și concentrațiile în ioni de fier pot crește. Tendința este similar pozitivă, cu o incertitudine mai mare la niveluri mai ridicate de precipitații. Acest fenomen este explicat prin faptul că apa din precipitații antrenează particule bogate în fier din depozitele de steril și le direcționează în rețeaua hidrografică. În ambele cazuri, o tendință ascendentă a fost evidentă, cu o variabilitate mai mare observată la niveluri mai ridicate de precipitații, așa cum este indicat de creșterea intervalelor de încredere. Ambele grafice sugerează o relație pozitivă între precipitații și variabilele măsurate, concentrațiile de ioni de hidrogen și ioni de fier (pH și Fe) și valorile precipitațiilor (mm). Creșterea variabilității la niveluri mai ridicate de precipitații ar putea indica un comportament histeretic în râul Neagra Șarului.

Pentru următoarea etapă metodologică și pe baza concluziilor noastre, am ales să analizăm punctele de prelevare probe 16 (după confluența cu pârâul Dumitreleu care poartă infiltrațiile din iazul de decantare Dumitreleu) și 21 (r. Neagra Șarului în amonte de confluența cu râul Bistrița, după ce a primit aportul de apă curată un debit semnificativ din p. Sărișor, p. Haita, p. Călimănel).

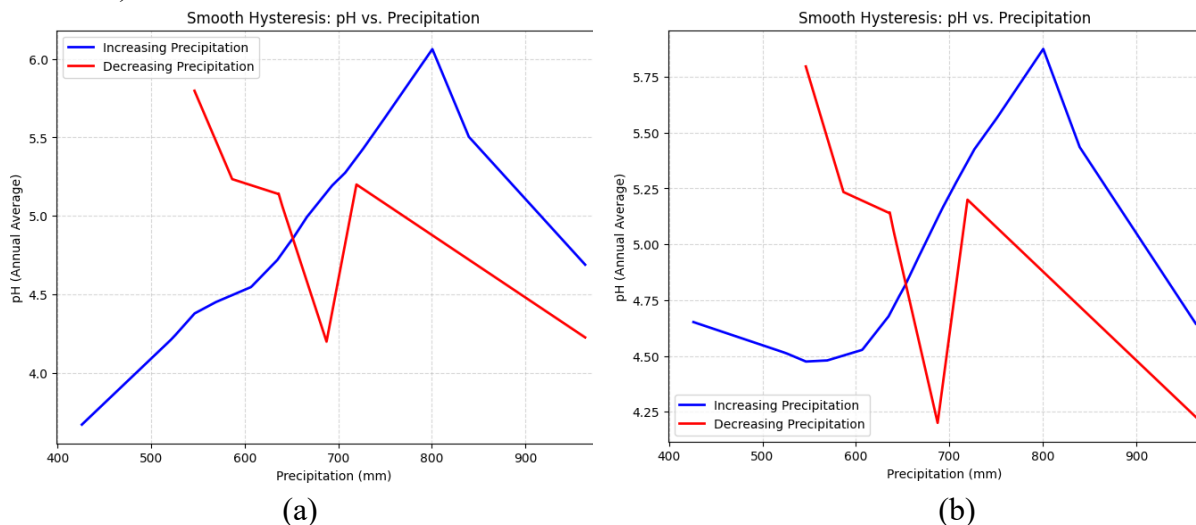


Fig. 4.4. (a) Graficul de histerază pentru pct.16 de prelevare, valoare pH apă și precipitații (mm) ; (b) Graficul de histerază pentru pct.21 de prelevare, valoare pH apă și precipitații (mm)

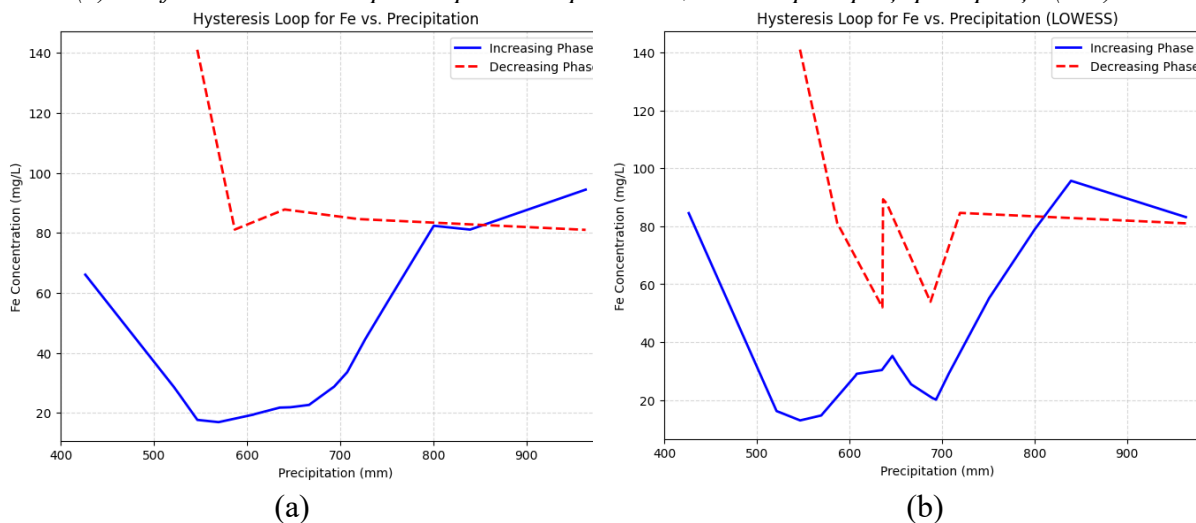


Fig. 4.5. (a) Graficul de histerază pentru pct.16 de prelevare, valoare Fe total (mg/l) în apă și precipitații (mm) ; (b) Graficul de histerază pentru pct.21 de prelevare, valoare Fe total (mg/l) în apă și precipitații (mm)

Graficele de histerază în relația dintre pH și precipitații sugerează un răspuns dinamic și neliniar al chimiei apei râului la schimbările nivelurilor de precipitații. În faza de creștere a precipitațiilor (linie albastră), au fost făcute următoarele observații:

- Pe măsură ce precipitațiile cresc, pH-ul crește, indicând faptul că un aport mai mare de apă duce la diluarea componentelor acide din râu. Aceasta se aliniază așteptării conform căreia un debit mai mare reduce concentrația de ioni de hidrogen, rezultând într-un pH mai aproape de neutralitate.

- Tendința ascendentă lină sugerează că amestecul de ape de suprafață și ape subterane contribuie la tamponarea acidității pe măsură ce precipitațiile cresc.

În ceea ce privește faza de scădere a precipitațiilor (linia roșie), următoarele observații pot fi făcute:

- Când precipitațiile încep să scadă, pH-ul nu urmează imediat aceeași traiectorie înapoi. Se observă un efect de întârziere, unde pH-ul scade mai abrupt după atingerea punctului de vârf.
- Divergența dintre fazele de creștere și scădere ale precipitațiilor confirmă histereza, indicând un efect de memorie în chimia râului, unde condițiile hidrologice anterioare influențează răspunsurile prezente.

Asimetria din graficele de histereză indică faptul că râul prezintă un mecanism de auto-purificare în condiții de creștere a precipitațiilor, dar revine treptat la o stare mai acidă atunci când precipitațiile scad, evidențiind un mecanism de feedback negativ al sistemului natural al râului.

Pe baza rezultatelor pentru concentrațiile de ioni de Fe și a graficelor obținute, se observă un răspuns întârziat al fluctuațiilor concentrațiilor de ioni de Fe în raport cu aportul de precipitații. Diferența constă în faptul că Fe pare să crească odată cu precipitațiile, la fel ca și pH-ul, însă implicațiile sunt diferite, deoarece putem observa un mecanism de feedback pozitiv în cazul fierului. Explicațiile posibile pot fi rezumate astfel:

- Diferite mecanisme de mobilizare a fierului: precipitațiile crescute intensifică eroziunea pantelor depozitelor de steril și transportul ulterior al sedimentelor
- Stocare și eliberare întârziată: ionii de fier se pot acumula în sedimente sau în apele subterane și să fie eliberați treptat după atingerea unor anumite cote de precipitații, provocând histereza
- Alte posibile influențe umane sau naturale: dacă acest tipar este consistent anual, el reflectă cicluri geochimice naturale. Dacă dinamica ionilor de fier s-a schimbat în timp, factorii externi (de exemplu, schimbările în utilizarea terenurilor, poluarea sau variabilitatea climatică) ar putea juca un rol.

4.3.2.3. Estimarea valorii corpurilor de apă din SSE Călimani pentru beneficiul populației

Pentru a analiza în ce măsură populația din zona montană luată în studiu beneficiază de resursele naturale de apă s-au luat în calcul și evaluat indicatori de dezvoltare durabilă pentru domeniul apă, care au fost incluși ca obiective individuale de dezvoltare durabilă în Agenda 2030 și preluați (prin adaptare la specificul țării noastre) în Strategia pentru dezvoltare durabilă a României 2030 (Georgeson și Maslin, 2018; UN-Water, 2016; Strategia de Dezvoltare Durabilă a României, 2030): populația conectată la sistemul public de alimentare cu apă, populația conectată la sistemele de canalizare și la stațiile de epurare, calitatea apelor de suprafață, Nivelul stresului apei (ponderea de apă dulce prelevată din totalul resurselor de apă).

Tabel 4.2. Relația dintre serviciile ecosistemice asigurate de corpurile de apă și calitatea vieții populației rezidente în zona Călimani, B.H. Siret

Serviciu ecosistemic (SE)	Relație	Observații
Apă subterană pentru băut	+	Pentru alimentarea cu apă din fântâni a comunităților

	+	Captare pentru alimentarea cu apă, în sistem centralizat
	+	Captare apă pentru industria alimentară
Apă de suprafață pentru băut	+	Captări pentru sistemul centralizat de alimentare cu apă
	-	Calitatea apei râului Neagra Șarului nu o face pretabilă nici pentru uz agricol
Apă dulce de suprafață utilizată ca sursă de energie	0	Pe cursurile r. Dorna, r. Neagra Șarului (și pe afluenți ai acestuia) din jud. Suceava; r. Răstolița, p. Sălard din jud. Mureș; r. Budac și r. Budușel din jud. Bistrița-Năsăud, sunt în total 11 microhidrocentrale funcționale dar populația din zonă nu are preț preferențial la energie electrică sau alte facilități ca urmare a captării unui debit de apă.
	-	Microhidrocentralele afectează populația de păstrăv care este o sursă atât de hrană dar și o resursă economică pentru populație
	-	Hidrocentrala Răstolița- fragmentarea cursurilor de apă va duce la reducerea ecosistemelor acvatice. Reducerea biotei acvatice afectează economia populației
	+	Populația din zonele montane cu hidrocentrale are alimentare cu energie asigurată
Apa de suprafață fără scop de băut	+	Rețeaua densă hidrografică, pantele accentuate și traversarea/existența unor arii naturale (Parcul Național Călimani, Parcul Natural Defileul Mureșului Superior, ROSCI0051 Cușma), datorită vegetației ripariene protejate, facilitează fenomenul de autoepurare al apelor și ajută la menținerea calității aerului, elemente importante pentru sănătatea populației
	+	Existența cursurilor de apă - afluenți ai râurilor principale - ce izvorăsc și traversează zone neafectate antropic, cu caracteristici chimice și fizice determinate de natura substratului geologic și respective de relieful și clima specific masivului Călimani, facilitează dezvoltarea sectorului acvacultură (ferme piscicole cu păstrăvi)

Legenda: + beneficii pentru populație; - beneficii deficitare pentru populație; 0 - niciun beneficiu

Capitolul 5. Modelarea sistemului social – ecologic Călimani

5.1. Dinamica temporală a sistemului social - ecologic Călimani. Identificarea pragurilor de schimbare de echilibru

Aspectele abordate în Capitolul 5, modelul conceptual elaborat, au fost prezentate la Conferința ESEV (Earth Systems and Environment Journal Annual Meeting), 28-30.04.2025,

Istanbul, Turcia. Prezentarea „*An organic design model for studying complex social-ecological systems and their resilience. A case study for the Călimani Mountains, Romania*” (Ionce și Redeker), a fost premiată ca cea mai bună lucrare la secțiunea: *Environmental Earth sciences, environmental processes and systems*.

Utilizând metoda statistică ARIMA, este analizată traiectoria istorică a SSE Călimani, metodă utilă pentru a determina dacă există relații nu doar de corelație ci și de cauzalitate între dinamica populației și diferite variabile. Astfel, într-o primă etapă se propune o analiză de tip „*ceteris paribus*” (Nijkamp, 2007), prin care se analizează dinamica populației pentru fiecare unitate administrativ-teritorială din SSE Călimani, ignorând toate variabilele în afară de variabila timp.

Această analiză preliminară (analiza exploratorie) permite o investigație concentrată asupra tendințelor sistemice fundamentale, fără influența altor variabile. Prin metoda EDA („*exploratory data analysis*”) se include devierea față de medie sau mediană (Δ) și se poate observa modul în care populația variază în raport cu trendul mediei sau medianei. EDA asociată metodei Dickey-Fuller, este deosebit de utilă pentru modelarea seriilor de date temporale, unde variabilele întârziate ale populației ar putea ajuta la prognoza modului în care populația se abate de la media pe termen lung în viitor. Variabilele întârziate pot fi astfel utilizate pentru a modela populația dintr-un anumit an ca input pentru prognoza creșterii sau scăderii populației în viitor. Variabilele întârziate ar putea fi un indicator direct al histerezisului.

În graficele obținute mai jos, suprafața colorată reprezintă populația și variația populației începând cu anul 1990 și până în anul 2023. Schimbarea de la an la an a populației este, în esență, prima întârziere a variabilei *populația totală*. De exemplu, populația din anul 1993 depinde de populația din 1992, iar schimbarea din 1994 depinde de 1993. Aceste variabile întârziate ajută la înțelegerea modului în care schimbarea populației dintr-un an poate fi influențată de dimensiunea populației din anul precedent. Astfel, dacă există un vârf mare pozitiv sau negativ în schimbare, este probabil legat de o schimbare semnificativă a populației din anul anterior. Coloanele din centru denotă variația populației într-un anumit an față de media istorică. Acest lucru poate să denote și o întârziere a mediei pe mai mulți ani, ceea ce înseamnă că media folosită pentru a calcula această valoare ar putea fi ea însăși o valoare întârziată, netezind astfel tendințele de-a lungul timpului.

Analiza arată că există trenduri comune identificate pentru toate localitățile studiate, ceea ce sugerează faptul că populațiile au trecut printr-o creștere inițială, urmată de o scădere accentuată în perioada 2000-2005. După acest declin, unele regiuni prezintă semne de recuperare sau stabilizare, dar nu revin la nivelele pre-declin ale populației, ceea ce ar putea indica faptul că fenomenul de histerezis este prezent în dinamica populațională observată. Efectele schimbărilor din trecut sunt vizibile în stabilizarea pe termen lung a populațiilor la nivele inferioare față de mediile istorice. Putem identifica următoarele trenduri comune:

- Creștere inițială (anii 1990): majoritatea regiunilor au înregistrat o creștere a populației, atingând un vârf la sfârșitul anilor 1990 sau la începutul anilor 2000;
- Declin accentuat (după 2000): După acest vârf, toate regiunile au experimentat un declin accentuat al populației, cu fluctuații semnificative în unele zone și o scădere mai graduală în altele.
- Recuperare întârziată (semne de histerezis): unele localități, precum Prundu Bârgăului, prezintă semne de recuperare lentă, dar niciuna nu se întoarce la nivelul maxim anterior, ceea ce poate fi un indiciu pentru fenomenul de histerezis.
- Stabilizare sub media istorică: după scăderea accentuată, populațiile tind să se stabilizeze la nivele mai joase, reflectând impactul pe termen lung al dinamicii demografice trecute.

Aceste regiuni nu ating din nou valorile de vârf anterioare, indicând efectele persistente ale schimbărilor demografice din trecut.

Având în vedere specificul SSE Călimani, și pe baza analizei dinamicii populației, s-au introdus o serie de variabile specifice practicilor agrozootehnice din acest areal pentru a se analiza dacă și aici apar anumite trenduri și variații comune.

Mai întâi, pentru fiecare variabilă în parte, s-au generat o serie de reprezentări grafice tot pe baza metodologiei ARIMA, care sunt de două tipuri pentru fiecare caz de studiu. Primul este graficul valorilor ajustate („fit plot”), care are ca scop să ilustreze cât de bine se potrivesc valorile prezise ale modelului (adică valorile ajustate) cu datele observate. Al doilea grafic reprezintă graficul reziduurilor („residual plot”), care ilustrează diferența dintre valorile observate și valorile ajustate (reziduurile), reprezentate la scală temporală.

Pentru variabila *bovine*, modelul a relevat o corelație moderată spre puternică între dimensiunile populației și numărul de bovine în localitățile studiate. Pentru majoritatea anilor, relația dintre cele două variabile urmează o corelație pozitivă, ceea ce înseamnă că, pe măsură ce populația crește, numărul de bovine tinde să crească, de asemenea. Această relație a fost observată în localități precum Șaru Dornei și Panaci, sugerând că dinamica populației este strâns legată de activitățile agricole locale (figurile 5.1.- 5.4.):

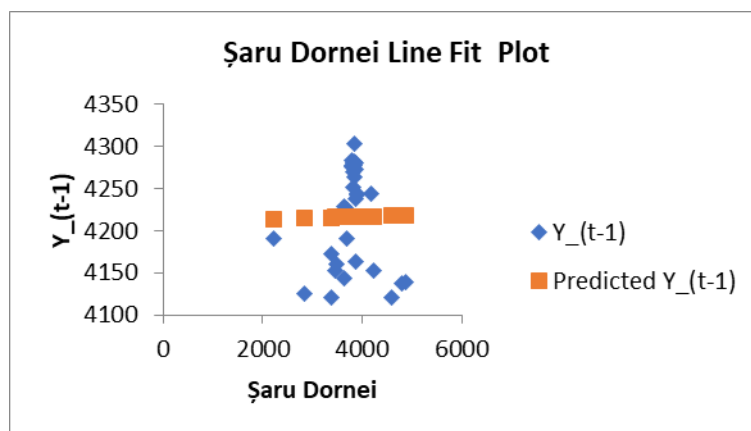


Fig.5.1. Graficul valorilor ajustate pentru U.A.T. Șaru Dornei

Pentru graficul reziduurilor (*Residual Plot*) se observă că punctele sunt distribuite între -150 și +100, cu o concentrare generală în jurul valorii 0, dar există câteva valori extreme, în special între 3.000 și 4.000 pe axa x. Răspândirea reziduurilor nu pare să prezinte niciun tipar sistematic. Acesta este un semn bun, sugerând că metoda ARIMA, și implicit modelarea, se potrivește bine cu datele. Totuși, există câteva puncte reziduale extreme în mijlocul intervalului pe axa X. Acestea ar putea indica faptul că în anumite puncte modelul nu se potrivește perfect, posibil din cauza unor anomalii în date (de exemplu fluctuații neconforme) sau din cauza altor factori externi care nu au fost incluși în modelare.

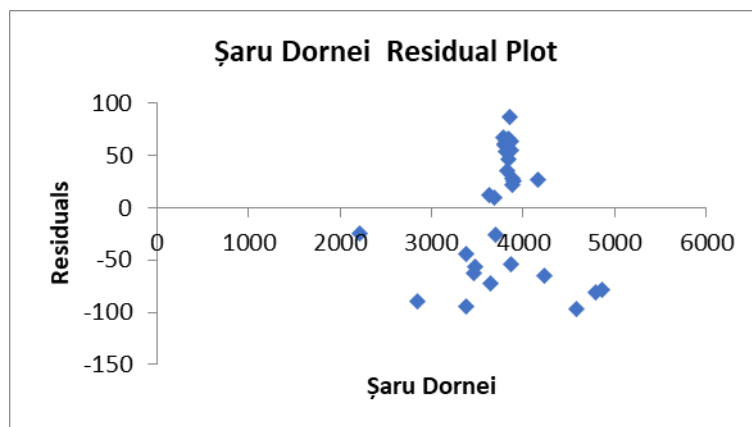


Fig. 5.2. Graficul reziduurilor pentru U.A.T. Şaru Dornei

Analiza pe baza graficului valorilor reziduale și al valorilor ajustate pentru dinamica populației de bovine în Şaru Dornei sugerează că modelul utilizat se potrivește cu datele, oferind predicții rezonabile. Deși există anumite valori extreme, care ar putea indica influențe externe care nu au fost luate în calcul de model, acestea nu afectează în mod semnificativ ajustarea generală a acestuia. Reziduurile nu prezintă tendință sistematică, ceea ce sugerează o potrivire corectă a modelului, însă analiza valorilor extreme sugerează că ar putea fi necesare anumite ajustări suplimentare (introducerea unei noi variabile sau corelarea cu alte informații referitoare la alți posibili factori determinanți) pentru îmbunătățirea preciziei predicțiilor.

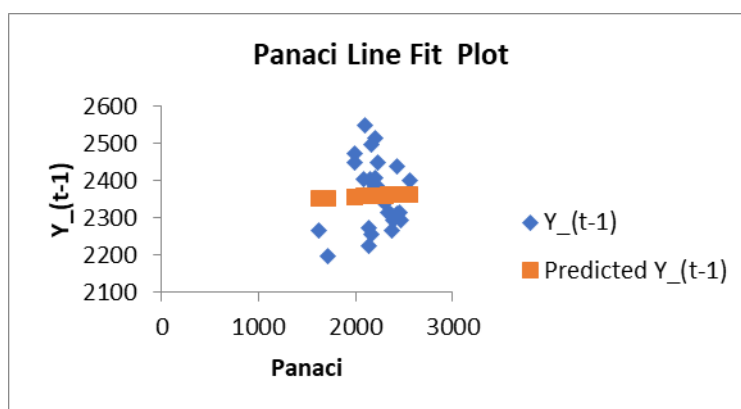


Fig.5.3. Graficul valorilor ajustate pentru U.A.T. Panaci

Valorile observate și valorile prezise sunt, în general, aliniate, mai ales pentru anii cu populații moderate. Totuși, pentru valorile mai mici ale populației (în jurul valorii 1000–2000 pe axa x), valorile prezise par să fie mai concentrate, în comparație cu valorile observate, ceea ce sugerează că modelul nu captează întreaga variabilitate a numărului de bovine în acești ani. Pentru valorile mari ale populației (peste 2000), valorile prezise și cele reale par să fie mai bine aliniate, indicând faptul că modelul funcționează bine pentru anii cu populație mai mare. Graficul valorilor ajustate arată că modelul se potrivește bine pentru valorile mai mari ale populației, dar are dificultăți în a prezice corect numărul de bovine pentru valorile mai mici ale populației.

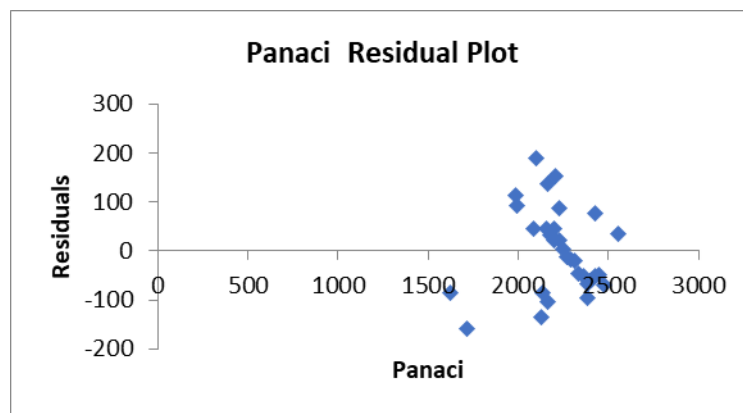


Fig. 5.4. Graficul reziduurilor pentru U.A.T. Panaci

Majoritatea reziduurilor sunt centrate în jurul valorii zero, indicând faptul că modelul se potrivește bine cu datele pentru majoritatea anilor. Totuși, observăm câteva excepții („outliers”) -(reziduuri ajungând până la 300 și până la -200- în jurul anilor cu populații mai mici (în jurul valorii 1500–2000 pe axa x). Aceste reziduuri mari sugerează că modelul nu prezice cu acuratețe numărul de bovine pentru unele perioade, în special pentru acele perioade cu populații mai mici. Nu există un tipar clar în reziduuri, ceea ce sugerează că modelul este, în general, bine ajustat, dar s-ar putea îmbunătăți printr-un adaos de date temporale. Modelul se potrivește bine cu majoritatea datelor, dar excepțiile sugerează că predicțiile modelului nu sunt la fel de exacte pentru perioadele cu populații mai mici.

Modelul a relevat o corelație moderată spre puternică între dimensiunile populației și numărul de bovine în localitățile studiate. Pentru majoritatea anilor, relația dintre cele două variabile urmează o corelație pozitivă, ceea ce înseamnă că, pe măsură ce populația crește, numărul de bovine tinde să crească, de asemenea.

Totuși, anumite excepții și reziduuri din analiza efectuată, în special în anii cu populații mari, sugerează existența unor alți factori, în prezent necunoscuți, care pot influența numărul de bovine, cum ar fi, teoretic, schimbarea practicilor agricole, zootehnice, utilizarea terenurilor, evenimente ecologice etc. Acești factori ar trebui incluși pentru o înțelegere mai cuprinzătoare a sistemului. Modelul se potrivește bine pentru anii cu dimensiuni moderate ale populației, arătând o aliniere bună între valorile observate și cele prezise ale numărului de bovine.

Pentru variabila ovine (și aici facem precizarea că datele statistice au acoperirea cea mai mare pentru județele Bistrița-Năsăud și Harghita, spre deosebire de variabila bovine, caracteristică județului Suceava), corelația dintre populație și efectivul de animale este moderată spre puternică, ceea ce arată o omogenitate a dinamicii populației de oi corelată cu populația totală.

În concluzie, pe măsură ce populația umană crește în SSE Călimani, resursele și mijloacele de producție agricolă, inclusiv creșterea animalelor, se extind proporțional, ceea ce indică o stabilitate în timp a acestei practici, indiferent de schimbările de populație. Rezultatele sunt relevante în special pentru zonele rurale, unde agricultura, și în special creșterea animalelor, joacă un rol esențial în susținerea economiei locale și unui nivel de trai satisfăcător. Fluctuațiile reziduurilor și devierea observată sugerează influența unor factori externi pe lângă populație, cum ar fi politicile economice, schimbări în utilizarea terenurilor, factorii climatici etc. Acești factori contribuie la modificări ale efectivului de ovine, care nu sunt capturate de modelul bazat

doar pe dinamica populației umane. Dacă acești factori sunt încorporați în modelul statistic, predicțiile vor putea fi mult mai precise. Cu un aport suplimentar de date temporale și introducerea altor factori de influență în analiza statistică, acest tip de abordare are potențialul de a deveni un instrument extrem de util pentru prognozarea tendințelor viitoare în sistemele social-ecologice și pentru identificarea relațiilor cauzale din aceste sisteme.

5.2. Cauzalitate antropică. Efectele activităților umane asupra mediului natural și comunităților umane din SSE Călimani

Pentru o evaluare a efectului intervenției antropice asupra mediului natural și populației din SSE Călimani, coroborat cu factorii de presiune naturali identificați pe parcursul studiului, care au impact asupra dezvoltării și sustenabilității comunităților umane, am optat pentru o evaluare calitativă: modelul matriceal Leopold (Leopold et al., 1971). Au rezultat patru matrici, cu reprezentarea indicelui de impact.

Pentru Matricea I *Caracteristici fizico - chimice ale SSE Călimani*, a rezultat un indice de impact semnificativ pentru: sol (datorat exploatărilor forestiere intensive atât pentru valorificarea masei lemnoase dar și ca urmare a defrișărilor de la construirea exploatării miniere de sulf); apele de suprafață (poluarea datorată noxelor din perimetrul minier Călimani, deversării de ape uzate menajere - având în vedere faptul că doar cca. 38% din populația din SSE Călimani beneficiază de rețea de canalizare cu stație de epurare -, depozitelor de deșeuri industriale sau menajere, la care se adaugă obiceiul menținut încă de abandonare a gunoaielor pe malurile apelor).

Pentru Matricea II *Condiții biologice ale SSE Călimani*, a rezultat un indice de impact semnificativ pentru: vegetația lemnoasă (afectată de doborâturile de vânt care, doar din 1995 până în prezent, au afectat peste 900 mii mc de masă lemnoasă, asociat cu atacurile de insecte); biota acvatică afectată de microhidrocentralele construite pe cursurile de apă și de poluare.

Pentru Matricea III *Factori culturali ai SSE Călimani*, indicele de impact este semnificativ pentru: peisajele naturale, ariile naturale protejate, speciile și habitatele rare (care sunt afectate de depozitele de deșeuri extractive de la exploatarea sulfului); zone rezidențiale (construirea Acumulării Colibița a însemnat strămutarea vetrei satului).

Pentru Matricea IV *Relații ecologice în SSE Călimani* a rezultat un indice de impact semnificativ pentru lanțuri trofice, în cazul modificării habitatelor și a depozitelor de deșeuri extractive. Conform Planului de Management al PN Călimani (2022), diversitatea mamiferelor mici (chiroptere) este foarte scăzută în BH Neagra Șarului, în zona carierei de sulf și a haldelor de steril iar viabilitatea speciilor de lilieci, pe termen lung, este afectată semnificativ.

5.3. Analiza percepțiilor și cunoștințelor: sfera ontologică a SSE Călimani

În cadrul acestei cercetări, a fost aplicat un chestionar ca instrument principal de investigare a nivelului de conștientizare a resurselor naturale disponibile în rândul populației locale, precum și a percepției asupra limitărilor impuse de localizarea într-o zonă montană. Prin întrebările formulate, s-a urmărit identificarea atât a resurselor considerate accesibile sau relevante de către comunitățile umane, cât și a restricțiilor percepute în utilizarea acestora – fie ele de natură fizico-geografică, instituțională sau socio-economică. Scopul final al acestui chestionar a fost de a evidenția principalele restricții și oportunități cu care se confruntă comunitățile locale în cadrul sistemului social-ecologic Călimani, ca punct de plecare pentru o

înțelegere mai profundă a capacității de adaptare, utilizare durabilă a resurselor și de menținere a funcționalității sistemului în ansamblul său.

În acest subcapitol, nu au fost discutate toate răspunsurile din chestionar ci doar câteva pe care le considerăm relevante studiului nostru; *analiza integrală a acestora fiind foarte amplă, consider că este utilă pentru o lucrare separată.*

▤ Date socio-demografice pentru prelucrarea statistică a chestionarului

Chestionarul a fost completat online de către respondenți, în perioada iunie 2023-decembrie 2024. Aceștia au fost în proporție de 62,80% bărbați, fapt care, corelat cu profesiile respondenților, denotă că majoritatea lucrează sau au tangențe cu domeniul silvic.

Trebuie să menționez faptul că deplasările în teren le-am efectuat cu personal silvic (motivată și de accesibilitatea dificilă a zonei dar și de faptul că, preponderent, terenul din SSE Călimani este fond forestier), de aceea am și avut dialog preponderent cu această categorie profesională precum și cu primării care dețin păduri și pășuni în masiv (domeniu public și privat).

La categoria de vârstă, predominante au fost chestionarele completate de persoane cu vârsta cuprinsă între 36 și 50 de ani, ceea ce denotă un mai mare interes pentru aspectele abordate al celor care sunt la apogeul activității. Aceeași concluzie este firească și pentru nivelul de educație, 55,60% dintre respondenți având studii universitare, urmați cu un procent de 24,40% de cei cu studii liceale. Cele mai multe răspunsuri au fost ale unor persoane din județul Suceava (60,40%), urmate de respondenți din județul Bistrița – Năsăud (21,20%), județul cu cele mai multe localități pe teritoriul SSE Călimani. Având în vedere faptul că doar două UAT-uri din SSE Călimani (Toplița și Vatra Dornei) sunt de tip urban, este firesc procentul de 63,20% de chestionare completate din mediul rural.

▤ Care considerați că sunt beneficiile faptului că locuiți într-o zonă montană în care sunt instituite arii naturale protejate și cât de importante sunt pentru dumneavoastră?

• Sursă de apă potabilă și apă de uz casnic

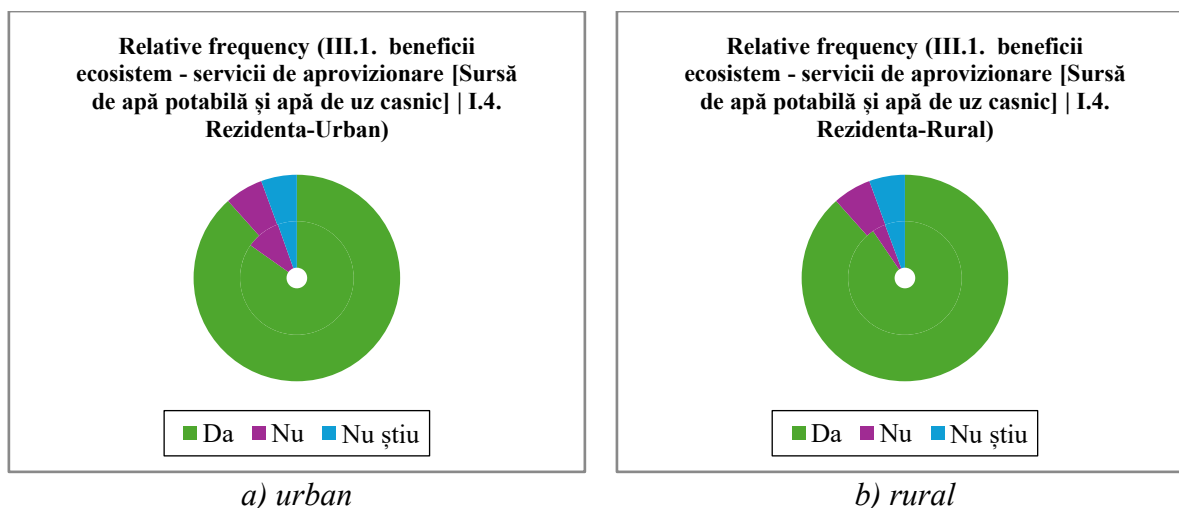


Fig.5.5. Răspuns întrebare: Cunoașteți serviciile de aprovizionare asigurate de ecosistemele din SSE Călimani (sursă de apă potabilă și apă de uz casnic)?

Atât respondenții din mediul urban cât și cei din mediul rural (cei din urmă într-un procent ușor mai ridicat, 88% față de 85%) sunt conștienți de importanța acestei resurse naturale

(probabil și datorită lipsei unor rețele de alimentare cu apă în mare parte din comunitățile rurale), deosebit de bogată de altfel în SSE Călimani.

- *Lemn pentru industria lemnului*

Majoritatea respondenților (87% din mediul urban și 91% din mediul rural, unde se află mare parte din unitățile de exploatare forestieră și de prelucrare a masei lemnoase), cunosc acest serviciu de aprovizionare, de care depinde (prin locurile de muncă existente ca urmare a abundenței acestei resurse naturale) calitatea vieții populației din SSE Călimani, fiind o sursă semnificativă de venit.

- *Materiale de construcții (piatră)*

Existența unor proiecte mari de refacere sau construire infrastructură de transport, finanțările care au facilitat construirea de drumuri comunale, lucrările de construcții în domeniul public și privat au necesitat și necesită roci utile (procentul pentru răspunsul da este de asemenea mai mare în zona rurală, de 90%). Cariere de materiale de construcții se regăsesc pe versanții Munților Călimani în toate județele cu localități în studiu.

- *Zone de pășunat pentru animale*

Atât populația cât și primăriile, alte persoane juridice, precum și statul român au proprietăți private și publice în Munții Călimani; categoria de folosință pășuni și fânețe ocupă cca. 34% din suprafața SSE Călimani, deci este firească existența unei activități zootehnice importante în zona de studiu (datele statistice arată o preponderență a ovinelor pentru județele Bistrița-Năsăud și Harghita în timp ce pentru județul Suceava sunt caracteristice bovinele).

Având în vedere structura chestionarului, există numeroase posibilități de a realiza corelații între diferite grupuri demografice și răspunsurile oferite. Cu toate acestea, pentru a păstra relevanța analizei în raport cu obiectivele studiului, am ales să clasific respondenții în funcție de apartenența lor la cele patru județe implicate: Mureș, Harghita, Bistrița-Năsăud și Suceava. Alegerea se justifică prin faptul că fiecare dintre aceste județe este guvernat de un consiliu județean cu strategii de dezvoltare diferite, ceea ce conferă celor patru administrații județene (care se află și în regiuni de dezvoltare diferite: județul Suceava în Regiunea Nord-Est; județele Harghita și Mureș în Regiunea Centru; județul Bistrița – Năsăud în Regiunea Nord-Vest) o semnificație administrativă și teritorială importantă în contextul cercetării. În plus, principalele cursuri de apă care traversează sistemul social-ecologic Călimani aparțin de trei administrații bazinale de apă diferite, fapt ce accentuează diversitatea instituțională a regiunii. Cu toate acestea, întreaga zonă a SSE Călimani, care se extinde peste aceste patru județe, este legată printr-o istorie comună, toate localitățile făcând parte într-o perioadă istorică din Imperiul Habsburgic, cu excepția unui sat din comuna Șaru Dornei (Șaru Bucovinei).

 Cum considerați că sunt asigurate următoarele servicii?

- *Asistență medicală pentru populație*

Asistența medicală este slab reprezentată în toate județele, procent care este determinat și de preponderența UAT-urilor rurale. Totuși, este de evidențiat județul Suceava (cu 56% asistență medicală existentă, adică dispensare, centre medicale, cabinete individuale), unde municipiul Vatra Dornei, datorită centrului balnear, ridică acest procent.

- *Utilități: alimentare cu apă*

Deși rețeaua hidrografică în SSE Călimani este bine reprezentată, faptul că doar cca. 53% din populație este racordată la un sistem centralizat de apă potabilă, se corelează cu procentul

de răspunsuri referitor la rețeaua de utilități: alimentare cu apă. Cele mai multe răspunsuri în acest sens (56%) sunt din județul Mureș. Un fapt de menționat este acela că, prin reluarea lucrărilor și extinderea acestora în vederea realizării amenajării hidrotehnice Răstolița, proiectul prevede și realizarea rețelei de alimentare cu apă pentru localitățile afectate de proiect (Răstolița, Lunca Bradului, Vătava).

- *Utilități: rețea de canalizare*

Majoritatea respondenților au afirmat că rețeaua de canalizare în comunitățile lor este fie „inexistentă” (ceea ce denotă că locuiesc în satele componente) fie „slab reprezentată” (pentru cei care locuiesc în satul reședință de comună), cei care au răspuns „existentă” fiind preponderent din localitățile urbane.

În ceea ce privește răspunsul la cum sunt asigurate utilitățile: *stație epurare ape uzate*, din analiza documentelor (Strategii de dezvoltare locală, elaborate de toate primăriile din SSE Călimani), răspunsurile primite (la solicitare) de la administrațiile publice locale, putem evalua că răspunsul „slab reprezentat” poate fi cumulat cu cel „inexistent”, deoarece sunt comunități unde există sisteme de canalizare fără a fi funcțională o stație de epurare. Prin urmare, din analiza răspunsurilor, rezultă că cel mai bine stă județul Suceava, o posibilă cauză fiind și faptul că, din cele 5 UAT-uri din SSE Călimani, unul este urban (Vatra Dornei), comuna Șaru Dornei a fost zonă minieră, cu blocuri, alimentare cu apă și stație de epurare care au fost preluate de administrația locală de la Exploatarea Minieră Călimani iar comuna Dorna Candrenilor a avut facilități în utilități publice datorită existenței pe teritoriul acesteia a fabricii de îmbuteliere ape minerale care acum este preluată de COCA COLA HBC România.

Care considerați că sunt dezavantajele locuirii/desfășurării activităților în zona montană Călimani și cum le evaluați?

- *Clima*

Clima arealului este percepută de cea mai mare parte a respondenților ca fiind foarte importantă prin prisma dezavantajului de a locui într-o zonă montană deoarece: schimbările rapide ale vremii sunt frecvente, ceea ce afectează viața cotidiană; iernile sunt mai lungi și mai aspre, ceea ce duce la costuri suplimentare cu încălzirea. Datorită terenului accidentat și condițiilor climatice extreme, transportul către și dinspre zonele montane poate fi mai dificil și mai costisitor; acest lucru face ca accesul la servicii de sănătate, educație, și alte facilități poate fi limitat. UAT-urile sunt la cote în general de peste 500 m, localitatea Stânceni fiind situată la aproape 1000 m. Astfel, procentul cel mai mare de răspuns „foarte important” este de 56% în județul Mureș, urmat de 51% în județul Bistrița – Năsăud (localitatea Piatra Fântânele din comuna Tiha Bârgăului este la cota 1200 m).

- *Relieful*

Relieful montan este considerat un dezavantaj principal în dezvoltarea comunităților umane datorită dificultatea accesului, ceea ce poate limita schimburile economice și culturale. Solurile montane sunt puțin fertile și, alături de particularitățile climei, nu pot susține dezvoltarea unei activități agricole sustenabile, în schimb pășunile din SSE Călimani sunt propice dezvoltării sectorului zootehnic.

Așa cum s-a remarcat, comunitățile umane din SSE Călimani s-au dezvoltat în depresiuni, de-a lungul cursurilor mai importante de apă (Bistrița Ardeleană, Șieu, Dorna, Neagra Șarului, Călimănel, Bistricioara, Ilva, Răstolița, Bistra, ș.a.). Totuși, sunt câteva excepții, cu sate ce urcă pe versanți (Bilbor, Stânceni, Piatra Fântânele, Colibița). Procentul cel mai mare de răspuns la întrebarea referitoare la importanța reliefului vulcanic (ca dezavantaj) în dezvoltarea comunităților umane, ca fiind „foarte important” este al respondenților din județul Mureș (78%),

ceea ce este interesant, deoarece pe clina sudică a Masivului Călimani versanții coboară în trepte largi, domoale.

• *Condițiile grele de viață duc la depopularea/îmbătrânirea populației din comunitățile umane de aici*

Răspunsurile la chestionar corespund cu datele statistice care relevă o scădere a populației din comunele de pe teritoriul județului Mureș, mulți tineri emigrând în afara țării sau spre centrele urbane importante, în căutare de locuri de muncă (94% din respondenții din județul Mureș au răspuns că este foarte important factorul „condițiile grele de muncă” din zona montană în depopularea arealului. Urmează, ca procent, județul Harghita (cu 86%).

• *Conflicte între prezența faunei sălbatice și activitatea populației specifică zonei montane*

Răspunsurile la întrebarea: cât de importante sunt conflictele determinate de prezența faunei sălbatice în zona comunităților umane, sunt interesant de corelat cu informațiile obținute ca urmare a solicitărilor făcute în baza legislației privind furnizarea de informații publice de la autoritățile județene de mediu (A.P.M.-uri). Procentul cel mai mare pentru răspunsul „foarte important” este de la respondenții din județul Harghita (79%); deși numărul de pagube produse de urși animalelor domestice este, pentru perioada 2023-2024 de 7, faptul că sunt toate într-o singură comună (o comunitate mică, cu două sate) face ca proporția să fie semnificativă. În județul Bistrița-Năsăud răspunsul „foarte important” este în proporție de 74%; aici, în perioada 2023-2024 au fost un număr de 65 pagube produse de urși animalelor domestice. În județul Mureș, în aceeași perioadă au fost un număr de 53 pagube produse de urși și 3 produse de lupi iar în județul Suceava au fost un număr de 25 pagube produse de urși, 16 pagube produse de lupi și 2 pagube produse de râși. *Analiza acestor pagube, funcție de speciile de carnivore protejate care le-au produs, arată și zonele lor de habitat (de exemplu, pe raza UAT-urilor din județele Bistrița-Năsăud și Harghita nu au fost atacuri de lup sau de râs).*

• *Restricții în valorificarea resurselor naturale regenerabile datorită existenței ariilor naturale protejate: lemn*

Răspunsurile cele mai multe, în toate județele, au fost în proporție mare „important”:

- 78% în județul Mureș, unde localitățile sunt mare parte în două Parcuri: Parcul Național Călimani și Parcul Natural Defileul Mureșului Superior care, prin statutul lor, au zona de protecție strictă, în care nu se pot executa niciun fel de activități economice, doar lucrări de cercetare, de educație și zona de protecție integrală unde este admis doar pășunatul, în condiții speciale;
- similară este situația pentru județul Harghita (82%);

Procentul cel mai mare de răspunsuri „foarte important” este dat de respondenții din județul Suceava (33%).

Deși legislația prevede ca deținătorii de fond forestier în ariile naturale protejate să primească compensații pentru masa lemnoasă pe care nu o pot valorifica, nefiind norme clare de aplicare, creează nemulțumiri în rândul oamenilor care nu se pot folosi de dreptul de proprietate asupra bunurilor lor. Totuși, o facilitate este aceea că proprietarii de teren în arii naturale protejate sunt scutiți de plata impozitului.

• *Restricții în valorificarea resurselor naturale neregenerabile datorită existenței ariilor naturale protejate: roci utile*

În siturile Natura 2000, dacă în zona în care se intenționează deschiderea unei cariere de materiale de construcții există un habitat sau o specie prioritară (care necesită măsuri speciale de conservare, fiind în pericol de extincție), proiectul este interzis. În celelalte cazuri, dacă studiul de evaluare adecvată (ceea ce înseamnă o cheltuială suplimentară pentru operatorul

minier care trebuie să plătească elaborarea studiului precum și a raportului de mediu aferent, precum și un timp semnificativ mai lung în procedura de reglementare pe linie de mediu) care analizează impactul proiectului asupra stării de conservare a speciilor și habitatelor pentru care a fost declarată aria naturală demonstrează că impactul este nesemnificativ, exploatarea minieră se poate realiza, cu condiții speciale.

Cariera Mureșeni, aflată în extravilanul comunelor Tiha Bârgăului și Bistrița Bârgăului, este situată integral în aria naturală protejată de importanță comunitară ROSCI0051 Cușma.

Răspunsurile din chestionar sunt preponderent „important” (între 53% în județul Bistrița – Năsăud și 83% în județul Mureș).

▄▄▄ Având în vedere specificul SSE Călimani, cât de importantă considerați că este asigurarea finanțării prin diverse fonduri sau facilitarea legislativă pentru dezvoltarea următoarelor categorii de activități?

- *Ferme care asigură ciclul de viață complet al produselor: materie primă, produse lactate sau carmangerie, gestionare deșeuri specifice*

Pășunile ocupă o mare suprafață din SSE Călimani, fapt ce a susținut menținerea în timp a unei activități tradiționale, zootehnia. Fiind și o zonă cu pajiști cu valoare naturală ridicată, calitatea produselor lactate îndeosebi este foarte apreciată. Pentru a putea dezvolta ferme cu ciclu complet de producție, sunt necesare finanțări, susținute și prin Agenția Națională a Zonelor Montane (A.N.Z.M.), al cărei sediu este la Vatra Dornei. Dezvoltarea comunităților din SSE Călimani este dependentă de condițiile de mediu, astfel încât promovarea produselor locale al căror ciclu de viață, până la distribuția produsului final, se derulează în aceste areale reprezintă cheia unei bioeconomii sustenabile. Concluziile analizei făcute pentru exploatarea resurselor biologice și ciclul de viață al produselor (tratată la Capitolul 4) se corelează cu răspunsurile primite în chestionar: 96% din respondenții din județul Harghita, 96% din cei din județele Bistrița-Năsăud și Mureș și 83% din județul Suceava consideră foarte importantă asigurarea finanțării pentru ferme cu procesare și/sau a activităților economice care să se completeze ca flux tehnologic, cu scurtarea traseului de la producătorul primar la cel ce prelucrează resursa biologică, prin încurajarea realizării produsului primar aproape de materia primă.

- *Facilitarea certificării de produs ecologic, produs montan*

Eticheta „produs montan” ajută la promovarea producătorilor și este susținută și încurajată atât de A.N.Z.M. cât și de Centrul de Economie Montană (CEMONT) al Academiei Române, cu sediul tot în municipiul Vatra Dornei. Răspunsurile pentru întrebarea referitoare la necesitatea asigurării finanțării pentru obținerea certificatului de produs montan sunt în procent foarte mare pentru „foarte important”: între 78% în județul Mureș până la 96% în județul Harghita. Trebuie să menționăm faptul că, în județul Suceava, există și certificarea „Produs în Bucovina” probabil de aceea procentul de respondenți cu „foarte important” de aici, unde este și sediul celor două instituții este de 79%.

- *Facilități turistice pentru: turism montan*

Zona este cunoscută ca o destinație turistică pentru trasee montane, atât datorită existenței Parcului Național Călimani cât și promovării zonei eco-turistice Țara Dornelor, precum și realizării traseului Via Transilvanica. Procentul este de preponderent „foarte important” referitor la necesitatea finanțării facilităților pentru dezvoltarea turismului montan, mai puțin în județul Mureș (unde este de 22%, la fel și pentru răspunsul „important”), probabil și pentru faptul că cele mai importante obiective sunt pe ceilalți versanți ai masivului (sediul Administrației PN Călimani este în Șaru Dornei, Colibița este pe versantul vestic, etc.)

- *Facilități turistice pentru: Puncte gastronomice locale*

Îndeosebi după perioada pandemiei, când lumea a început să se orienteze către o alimentație bio sau eco, pentru menținerea sănătății, și căutarea de medii naturale nealterate, preferând excursii itinerante sau de scurtă durată în zone urbane montane, punctele gastronomice locale au devenit din ce în ce mai numeroase. Acestea le regăsim în SSE Călimani în județele Bistrița-Năsăud, Harghita (deși este doar o singură localitate rurală, are certificat un Punct gastronomic) și Suceava. În aceste județe respondenții au considerat (în procent de 57% în Harghita, 62% în Bistrița-Năsăud și 64% în Suceava) că este necesară finanțarea pentru înființarea Punctelor gastronomice locale. În județul Mureș nu este autorizat niciun asemenea Punct și 50% dintre respondenți au bifat că nu este importantă finanțarea acestora.

- *Asigurarea utilităților publice (apă, canal, gaze naturale)*

Un indicator al calității vieții este cel al modului de asigurare al utilităților (alimentare cu apă, canalizare, gaze naturale). Lipsa sau slaba reprezentare a acestora ridică procentul de respondenți la întrebarea referitoare la cât de importantă consideră ei că este asigurarea finanțării pentru realizarea utilităților la 100% în județul Mureș, 96% în județele Bistrița-Năsăud și Harghita și 85% în județul Suceava pentru răspunsul „foarte important”. Este de remarcat faptul că, deși zona abundă în resurse de apă, sunt sate unde nu este asigurată măcar alimentarea cu apă în sistem centralizat.

▮ În Munții Călimani, în perioada 1970-1995 s-a desfășurat activitatea de exploatare și preparare a sulfului, considerată (la vremea respectivă) una dintre cele mai poluatoare activități miniere (ploi acide, afectarea vegetației forestiere, ape poluate, etc.). Cum considerați că au evoluat sursele de poluare și impactul acestora? Dar din punctul de vedere al dezvoltării social-economice?

- *Calitatea apei din cursurile de apă ce vin din zona exploatării miniere*

Peste 50% din respondenți consideră că s-a înregistrat o îmbunătățire a calității apelor afectate de noxele provenite de la Exploatarea Minieră Călimani, îndeosebi după realizarea lucrărilor de închidere. Procentul este mare și în rândul respondenților din județele care nu au fost direct afectate de activitatea minieră deoarece sunt mulți proprietari de teren din acestea pe teritoriul județului Suceava, iar apa este importantă pentru ei la adăparea animalelor.

5.4. Cartografierea conceptuală a sistemului social-ecologic Călimani

Una din contribuțiile principale ale lucrării de față este elaborarea unui model de design conceptual sau de cartografiere conceptuală („systems mapping”) (Barbrook-Johnson & Penn, 2022a) a sistemelor social-ecologice, care să faciliteze, la o primă vedere, înțelegerea relațiilor, funcțiilor și dinamicii sistemului. În cazul sistemului social-ecologic Călimani, un principiu fundamental pentru stabilirea granițelor este dependența comunităților din zona montană Călimani de resursele geologice și de serviciile ecosistemice oferite de Masivul Călimani.

Propun astfel ideea că sistemele social-ecologice răspund factorilor de impact de natură antropică și environmentală într-un mod adaptativ, nu datorită unei capacități evolutive ci datorită programului sistemului *a priori*. Programul sistemului social-ecologic presupune capitalul material, energetic și informațional care permite rearanjarea structurală a sistemului, menținerea coerenței funcțiilor și relațiilor dintre elemente, raportate la sistemul ca întreg. Interfața dintre sisteme este ceea ce permite receptarea semnalelor de mediu și răspunderea la stimuli, conform potențialului pre-determinat: genetic și informațional, energetic și material.

Astfel, propun un model nou de organizare a sistemelor complexe, aplicat la studiul sistemului social-ecologic Călimani, care să includă principii universale precum principiul

cauzalității și principiul teleologic, cu valențele lor specifice, adaptate la contextul de față. Deși este un truism, trebuie specificat faptul că principiul cauzalității pornește de la relația simplă de cauză-efect, care în primă instanță este o relație liniară dintre anumite evenimente în timp.

Pentru sistemul social-ecologic Munții Călimani, principiul teleologic în cartografierea conceptuală presupune introducerea elementelor relevante și reprezentarea lor în raport cu întregul. Astfel, se poate percepe coerența și coeziunea dintre elemente, atât în relație cu ele însele, cât și cu sistemul ca ansamblu și, implicit, reziliența sistemului atunci când aceste funcții și relații sunt afectate.

De asemenea, pentru că sfera antropică, alături de cea naturală, este un element principal și definitoriu al sistemului social-ecologic, propun introducerea unei componente ontologice, care să includă elementele imateriale, legate de ceea ce este esențial uman- *gândirea* și *intelectul*, *etosul* și *mentalitatea colectivă*, *ritul* și *cultura*. Aceste componente imateriale, deși nu pot fi cuantificate conform metodei științifice, au o contribuție semnificativă cauzală asupra sistemului și a identității acestuia, pentru că orice acțiune antropică este precedată de un anumit mod de gândire, o intenție. Astfel, sfera ontologică, conform definiției din capitolul I determină de ce sistemul social-ecologic Călimani există într-o anumită stare, se transformă și își menține identitatea. Sfera ontologică include caracteristicile generale ale existenței sistemului. Tot în această sferă, poate fi introdusă și *informația*, stocată în: capitalul genetic al sistemului și al elementelor sale discrete (biodiversitatea), în interacțiunile dintre specii și mediile lor (cale de comunicație care asigură și un continuu transfer de energie, nutrienți, materie prin relațiile trofice și simbiotice), în cunoștințele colective ale comunităților sin SSE Călimani (un nivel comun de cunoștințe cu privire la ecosistemele locale, la practicile tradiționale, gestionarea resurselor, sustenabilitate etc.).

Pe baza acestor principii generale, propun următorul model de cartografiere conceptuală a sistemului social-ecologic Călimani (figura 5.6):

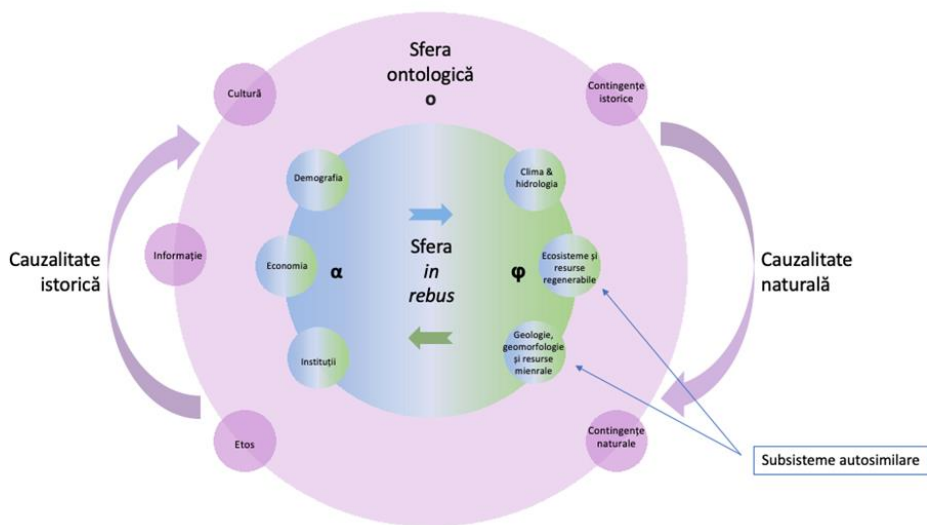


Fig.5.6. Modelarea conceptuală a sistemului social-ecologic Munții Călimani

Modelarea tip celulă a SSE Călimani are la bază:

- Principiul auto-similarității (Mandelbrot, 1983): părțile unei structuri fractale seamănă cu întreaga structură, indiferent de scară; ca fractali, fiecare element discret se aseamănă sistemului per total, adică fiecare element din sfera proprietăților *in rebus* (cuantificabile,

tangibile) se aseamăna întregului și este în sine un sistem social-ecologic prin natura relațiilor și funcțiilor îndeplinite proporțional cu scara la care se regăsesc.

- Principiu teleologic: elementele și limitele sistemului sunt determinate pe baza caracteristicilor fizico-geografice observate și selectate în funcție de intenționalitatea și finalitatea studiului; de exemplu, pentru studiul SSE Călimani, limitele au fost determinate în funcție de unitățile administrativ-teritoriale care au contact cu și depind de resursele Masivului Călimani;
- Principiul relației parte-întreg (Preiser, 2018): întregul este alcătuit din părți distincte sau elemente discrete, care pot fi studiate separat; de exemplu studiul fenomenului de histerezis în râul Neagra Șarului, unde rețeaua hidrografică poate fi tratată ca sistem social-ecologic în sine și poate avea un impact sistemic asupra zonei nordice a SSE Călimani, datorită rețelei hidrografice bogate;
- Principiul proporționalității: dinamica temporală a unor subsisteme va fi direct proporțională cu dinamica temporală a altor subsisteme (de exemplu, variațiile la nivel de populație vor avea un impact proporțional asupra economiei locale, variațiile de precipitații vor avea un impact proporțional asupra concentrației anumitor poluanți în rețeaua hidrografică);
- Principiul simetriei: și la nivelul sistemului ca întreg, și al elementelor discrete există o dihotomie între sfera antropică și cea naturală, a căror graniță este difuză („fuzzy”) datorită relației de interdependență și cauzalitate echilibrată.

Codul de culori a fost ales pentru a diferenția mai bine între sferele de influență, care, pentru a facilita analiza cauzalității și relațiilor de interdependență dintre elementele și fenomenele care determină identitatea SSE Călimani:

- Culoarea mov este pentru sfera ontologică (**o**) care cuprinde noțiunile abstracte care conferă caracteristicile generale ale sistemului: etosul, cultura, informația, contingențele istorice și naturale;
- Culoarea verde pentru sfera naturală (**φ** -prescurtare de la cuvântul „physios” din greacă, care înseamnă „natură”);
- Culoarea albastră pentru sfera antropică (**α** - prescurtare de la cuvântul „anthropos” din greacă, referitor la om, la ființa umană).

De menționat este că, deși se poate spune că este o noțiune abstractă și nu o entitate fizică, economia a fost introdusă în sfera proprietăților *in rebus*, pentru că este cuantificabilă și poate fi studiată prin metode statistice, științifice, la fel ca celelalte elemente aparținând aceleași sfere.

Spre deosebire de modelele logice clasice, modelul conceptual de tip celulă permite o reprezentare organică a sistemului, în care interacțiunile între fenomenele endogene și exogene sunt integrate într-un mod ce reflectă relațiile intrasistemice și influențele extrasistemice. Într-o schemă logică, liniaritatea este fundamentală, în timp ce acest model evidențiază relații complexe, flexibile și dinamice. Astfel, această diagramă conceptuală facilitează înțelegerea sistemelor social-ecologice prin analogii cu structuri și fractali observați în natură (modelul atomic, modelul celulei biologice), oferind o viziune de ansamblu care să includă elementele discrete, fenomenelor și relațiile de interdependență și de feedback.

Reziliența sistemului SSE Călimani depinde de menținerea funcțiilor și relațiilor, a coerenței de sistem din cele trei sfere principale: antropică, naturală, ontologică. Principiului cauzalității îi este asociată noțiunea de *contingență* (adică evenimente sau factori care pot acționa asupra sistemului, doar la nivel de potențialitate și nu se materializează neapărat, de

exemplu probabilitatea unui eveniment de secetă acută, a unui cutremur etc.) care presupune un ciclu de contingente istorice (antropice) și naturale care joacă un rol important în analiza probabilistică a dinamicii sistemului într-o anumită perioadă de timp (un exemplu ar fi analiza de risc la anumite hazarde naturale și antropice).

- Cauza eficientă: este asociată cauzalității antropice și se referă la agențialitate, intenționalitate și deci este asociată contingențelor istorice (deciziile actorilor locali cu implicații asupra mediului, demararea unor activități cu impact sistemic cum ar fi exploatarea resurselor naturale);
- Cauza materială: este contextualizată și simplificată pentru a se referi la contingentele naturale și la cauzalitatea naturală, de mediu (include toate fenomenele ce țin de ciclurile naturale și hazardele naturale);
- Cauza finală: în studiul de față cauza finală se referă atât la dinamica sistemului, fiind cauza care descrie intenția agentului sau a cauzei eficiente (omul) cât și la modul de gândire în modelarea teleologică a sistemului social-ecologic Călimani pentru scopul final al studiului prin elementele care sunt incluse și elementele care sunt neglijate.

Comportamentele complexe ale sistemelor social-ecologice includ fenomene precum non-linearitatea, feedback-ul pozitiv și negativ, existența pragurilor, precum și capacitatea de a schimba stările de echilibru (stări stabile alternative). Aceste sisteme au capacitatea de a se auto-organiza în noi stări de echilibru dinamic, în funcție de interacțiunile dintre procesele interne și factorii externi, ceea ce le permite să treacă prin multiple stări stabile alternative, în funcție de condițiile și influențele din mediul lor. Astfel, o perturbare a sistemelor social-ecologice cauzată de factori antropici și/sau naturali duce la schimbări interne diferite calitativ față de starea inițială, și la tranziția spre stări stabile alternative noi. Mediul natural posedă capacitatea de regenerare, în special în ceea ce privește resursele biologice, însă doar în limitele *programului* sistemului: contingentele stărilor stabile alternative depind de resursele genetice și materiale ale sistemului social-ecologic, întrucât sistemul în sine este supus entropiei. Orice intervenție antropică determină o traiectorie de dependență istorică față de un eveniment perturbator inițial (efectul de *histerezis*), astfel, orice ecosistem sau sistem social-ecologic poate avea stări stabile alternative în stare naturală (anterioară intervenției antropice) și semi-naturală (interdependență om natură). Așa cum a fost prezentat la subcapitolul 4.3.2.2. *Poluarea istorică și fenomenul de histerezis*, efectul de histerezis este fundamental pentru a înțelege modul în care sistemele tranzitează de la o stare stabilă la alta și parcursul în timp dintre aceste stări.

SSE Călimani „pendulează” între diferite stări de echilibru care există în stare potențială și spre care sistemul gravitează în funcție de anumite *bazine de atracție*. Stările stabile alternative se referă la capacitatea unui sistem de a exista și de a persista în mai multe configurații sau stări care pot fi drastic diferite una față de cealaltă. Aceste stări alternative sunt activate de mecanismele de *feedback* ale sistemelor, iar tranziția între ele poate avea consecințe profunde pentru structura și funcțiile ecosistemului în cauză (Beisner et al., 2003; Folke et al., 2004). Tranzițiile dintre aceste stări sunt adesea neliniare, declanșate de schimbări graduale care depășesc un prag critic, și sunt ireversibile în dinamica sistemului. De exemplu, exploatarea minieră a produs schimbări structurale și funcționale ale mediului natural, a dus la schimbarea unor cursuri de apă și a hidrolicii subterane, la poluarea rețelei hidrografice prin deversarea de poluanți de la haldele de sterile; peisajul este ireversibil schimbat dar, prin lucrările de reabilitare după sistarea activității miniere, prin mecanisme naturale cum ar fi autoepurarea râurilor prin

diluarea poluanților, pot duce în timp la o nouă stare de echilibru, deși funcțional și structural diferită față de cea anterioară.

Așa cum am menționat anterior, conceptului de stări stabile alternative îi este asociat și conceptul de „bazine de atracție” (Walker et al., 2004). Stările stabile alternative sunt numite și „regimuri” diferite, cărora le corespunde un bazin de atracție, adică, în principiu, un domeniu de stabilitate menținut prin mecanisme de feedback și de autoorganizare (Holling, 2001). Sistemul tinde să rămână într-un anumit bazin până la apariția altor factori perturbatori care îl fac să treacă de pragul critic și să tranziteze la o altă stare de echilibru dinamic (stare stabilă alternativă).

SSE Călimani, fiind situat într-un areal montan, este, prin prisma particularităților geografice, asemenea altor zone și areale montane, un sistem în general considerat defavorizat și vulnerabil în fața schimbărilor ambientale și sociale. Această vulnerabilitate se datorează fragilității ecosistemelor montane și expunerii comunităților locale la o serie de factori interni și externi, precum sărăcia structurală (<https://news.cornell.edu/stories/2025/02/structural-poverty-maps-could-steer-help-worlds-neediest>), dependența de resursele naturale, schimbările economice, hazardele naturale, schimbările climatice sau modificările de regim hidrologic (Price et al., 2004). Complexitatea relațiilor dintre sfera antropică și mediul natural contribuie la o dinamică sensibilă a sistemului, predispus la schimbări ireversibile.

În cadrul SSE Călimani, stările stabile alternative rezultă din interacțiunile complexe dintre procesele ecologice (de ex. variația regimului hidrologic, schimbările climatice etc.) și structurile sociale (de ex. structurile administrative locale, modurile de exploatare și utilizare a resurselor naturale și serviciilor de ecosistem). Aceste dinamici interconectate implică faptul că schimbările de regim nu sunt doar fenomene pur ecologice sau pur sociale, ci sunt profund ancorate în procesele sociale și în contextul decizional. Un sistem poate trece de la o stare de echilibru, precum un capital de resurse gestionat sustenabil, la un regim degradat, caracterizat prin pierderea integrității ecologice și diminuarea bunăstării sociale. Revenirea la starea de echilibru necesită adesea o intervenție umană, pentru a potența mecanismele *a priori* naturale de feedback.

5.5. Reziliența sistemului social-ecologic Călimani

Evaluarea rezilienței sistemului social-ecologic Călimani a fost realizată printr-o abordare integrată, care combină metodele calitative și cantitative din capitolele precedente, menită să surprindă atât dinamica internă, cât și stările actuale ale sistemului. Adiacent rezilienței sistemelor social-ecologice, este necesară introducerea noțiunii de bazine de atracție. Întrucât lucrarea se axează pe analiza specificului unei zone montane, cu un parcurs istoric unic și cu o identitate de sistem, se va încerca identificarea funcțiilor și elementelor din sistem care au ponderea cea mai mare în menținerea și conservarea identității sistemului social-ecologic Munții Călimani. Un bazin de atracție se referă la un set de condiții inițiale care conduc un sistem să se stabilizeze într-o anumită stare, influențată de diverși factori interni și externi. Tranzițiile între diferite bazine de atracție au loc atunci când dinamica sistemului se schimbă din cauza modificărilor acestor factori influențatori, cum ar fi forțele culturale, sociale sau de mediu. Acest proces este esențial pentru înțelegerea transformărilor societale și de mediu, mai ales în contextul sistemelor social-ecologice, unde interacțiunea dintre societăți și mediu poate duce la schimbări semnificative în comportamentul sistemului.

Pe baza modelului conceptual dezvoltat, sistemul social-ecologic Călimani (SSE Călimani) este compus din două componente majore: sfera proprietăților „in rebus” (ce include

elementele cuantificabile ale sistemului, supuse evaluării prin metode calitative și cantitative) și sfera ontologică, care reflectă identitatea imaterială a sistemului – cultura, etosul și percepțiile colective ale populației locale. Sfera în rebus este structurată la rândul ei în două subsisteme: componenta antropică și componenta naturală (sau ecologică). Prin urmare, reziliența sistemului SSE Călimani trebuie analizată în mod integrat, cuprinzând:

- Reziliența demografică/antropică (Capitolul 5),
- Reziliența de mediu (Capitolul 4),
- Reziliența ontologică, exprimată prin percepțiile comunităților față de interdependența dintre om și mediul natural (Capitolul 5).

Un element critic în definirea rezilienței este programul sistemului, înțeles ca ansamblul rezervelor informaționale, genetice, materiale și energetice care condiționează numărul finit de stări alternative de echilibru în care sistemul poate funcționa. În acest sens, reziliența poate fi interpretată ca menținerea proporționalității și coerenței relațiilor dintre elementele sistemului, chiar și în condiții de stres sau schimbare. Un concept esențial în acest context este fenomenul de histerezis, care exprimă faptul că răspunsul unui sistem la perturbări depinde de parcursul său istoric.

Pe baza datelor obținute în demersul științific - dinamica populației, histerezis ape, starea ecologică a siturilor miniere (IPG), impactul indus de deșeurile lemnoase - a fost calculat câte un coeficient de reziliență pentru fiecare categorie. Pentru a surprinde reziliența integrată a sistemului social-ecologic analizat, s-a construit un model conceptual al peisajului de stabilitate. Acesta are la bază doi indicatori-cheie: trendurile demografice (reprezentate prin scorul normalizat al dinamicii populației) și trendurile/stările ecologice, calculate ca medie a coeficienților de reziliență pentru cinci cazuri reprezentative: Exploatarea Minieră Călimani, Dealu Rusului, depozitele de deșeuri lemnoase Chilia, Bodnărași și Poiana, și râul Neagra Șarului (pentru care a fost investigat fenomenul de histerezis). Indicele compozit rezultat a fost calculat prin alocarea unei ponderi egale între componenta demografică (50%) și cea ecologică (50%), reflectând o abordare echilibrată între factorii antropici și cei biofizici. Coeficientul de reziliență pentru peisajul de stabilitate compozit al sferei proprietăților în rebus ale SSE este de $x = 0.55$, ceea ce reflectă un echilibru moderat. Astfel, modelul indică un sistem care, deși susținut puternic de componentele ecologice (factori de mediu bine conservați, sau care arată tendințe clare de recuperare/histerezis), rămâne condiționat de dinamica populațională, a cărei stagnare sau declin poate limita procesele de auto-organizare și adaptare pe termen lung. Pe ansamblu, modelul oferă o reprezentare clară și holistă a stării rezilienței compozite a SSE Călimani, sprijinind ipoteza existenței unei stări stabile alternative emergente, aflată la intersecția dintre funcționalitatea mediului și adaptabilitatea comunităților locale.

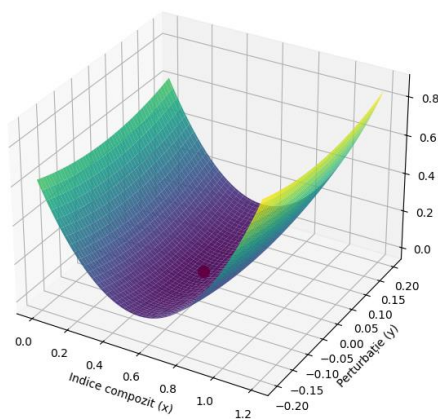


Fig. 5.7. Peisaj de stabilitate compozit pentru sfera in rebus a SSE Călimani

Analiza percepțiilor colectate prin chestionar și reprezentate grafic sub formă de diagrame radar evidențiază, în primul rând, o aliniere clară între locuitorii din mediul rural și urban în ceea ce privește beneficiile percepute ale mediului natural în SSE Călimani. Atât comunitățile rurale cât și cele urbane atribuie o importanță ridicată (peste 85%) resurselor esențiale precum apa potabilă, lemnul, rocile utile, aerul curat, funcțiile ecologice ale pădurilor și valoarea recreativă a mediului montan. Aceste convergențe indică prezența unor atractori ontologici bine conturați, ce susțin reziliența identitară a sistemului. Mai mult, aceste elemente reprezintă o punte comună de percepție între categorii sociale diferite, cu rol de stabilizator cultural și ecologic. În plan teritorial, analiza răspunsurilor diferențiate pe județe scoate în evidență o serie de vulnerabilități structurale. Astfel, județele Mureș și Harghita se disting prin ponderi ridicate în percepția condițiilor grele de viață și a conflictelor cu fauna sălbatică, ceea ce indică presiuni antropice și limitări administrative mai pronunțate. Aceste percepții variază semnificativ față de cele din Suceava, unde presiunile sunt resimțite mai puțin acut, ceea ce sugerează reziliențe locale diferite, influențate de contextul administrativ și infrastructural. Prin corelarea între beneficiile uniforme percepute și diferențele teritoriale în privința constrângerilor, se conturează un tablou complex al dinamicii ontologice a sistemului: atractorii comuni- fundamentați pe valorizarea resurselor naturale – asigură o coerență simbolică a sistemului, în timp ce presiunile divergente pot genera tendințe de fragmentare sau decalaje în reziliența funcțională.

Peisajele de stabilitate, construite pe baza indicatorilor compoziției de reziliență (inclusiv poluare, tendințe demografice și presiuni antropice), au evidențiat capacitatea sistemului de a rămâne într-o stare stabilă alternativă, cu tendință pozitivă.

Modelul pe care l-am dezvoltat nu este unul determinist, ci reprezintă o formă structurată de reprezentare a tendințele sistemice, folosind indicatori compoziți bazați pe date reale și aliniați teoriei rezilienței. Scopul său nu este de a prezice rezultate exacte, ci de a evidenția modele recurente, relații cauzale și praguri critice în cadrul SSE Călimani. În perspectivă, intenționez să îmbunătățesc acest model prin aplicarea de ponderi diferențiate, prin detalierea variabilelor și prin calibrare folosind serii de timp sau metode sensibile la feedback. Totuși, în stadiul actual, modelul reușește să demonstreze că sistemul social-ecologic Călimani, deși supus unor schimbări structurale profunde, reușește să-și mențină identitatea funcțională – sugerând o tranziție către o stare calitativ nouă, dar rezilientă, cu o traiectorie pozitivă de reorganizare și adaptare, în ciuda unei scăderi considerabile a populației.

Sfera ontologică include dimensiunea simbolică și perceptivă a sistemului, reflectând reprezentările mentale, percepțiile, cunoștințele locale și valorile atribuite mediului. Aceasta a fost analizată prin aplicarea unui chestionar semi-structurat adresat populației locale, cu scopul de a identifica nivelul de conștientizare asupra oportunităților și constrângerilor de mediu, precum și modul în care aceste percepții influențează relația dintre om și mediu. Pentru ca metoda de evaluare a percepțiilor și cunoștințelor legate de mediul de viață s-a bazat în lucrarea de față pe chestionarul de tip semi-structurat, am ales punctele la care răspunsurile au arătat o polarizare clară, unde proporția rural/urban sau pe județe depășește un prag ales de 85%. De aici pot fi deduși atractorii sistemului, adică elementele din percepția colectivă de importanță majoră de care depinde stabilitatea ontologică a sistemului.

Răspunsurile selectate au fost apoi reprezentate vizual prin diagrame de tip radar, prin intermediul Google Colab.

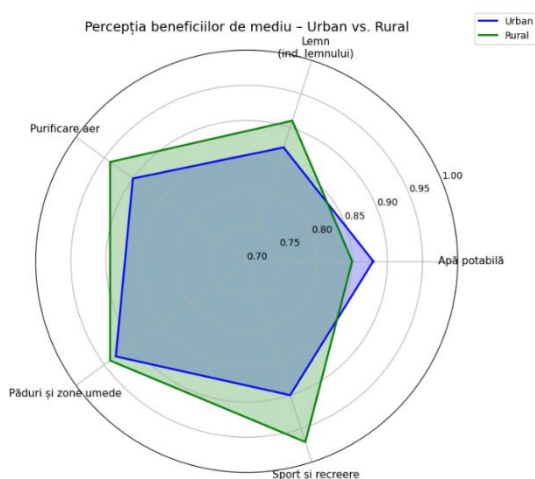


Fig.5.8. Diagrama radar a percepțiilor populațiilor urbane versus rurale privind beneficiile traiului într-o zonă montană

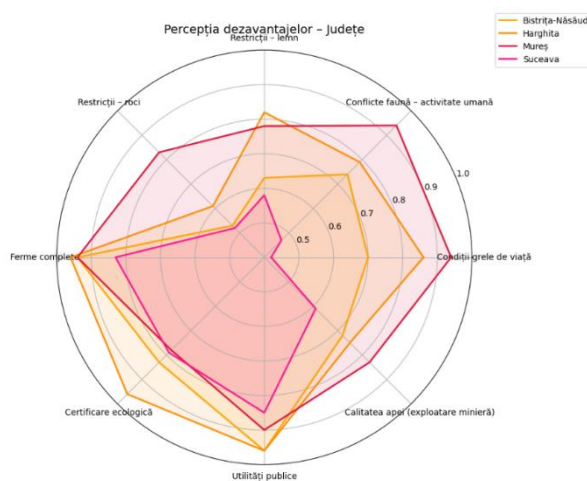


Fig. 5.9. Diagrama radar a percepțiilor populațiilor celor patru județe aparținând de SSE Călimani privind dezavantajele traiului într-o zonă montană

Analiza percepțiilor colectate prin chestionar și reprezentate grafic sub formă de diagrame radar evidențiază, în primul rând, o aliniere clară între locuitorii din mediul rural și urban în ceea ce privește beneficiile percepute ale mediului natural în SSE Călimani. Atât comunitățile rurale cât și cele urbane atribuie o importanță ridicată (peste 85%) resurselor esențiale precum apa potabilă, lemnul, rocile utile, aerul curat, funcțiile ecologice ale pădurilor și valoarea recreativă a mediului montan. Aceste convergențe indică prezența unor atractori ontologici bine conturați – factori de legătură simbolică și funcțională între comunități și ecosistem – ce susțin reziliența identitară a sistemului. Mai mult, aceste elemente reprezintă o punte comună de percepție între categorii sociale diferite, cu rol de stabilizator cultural și ecologic. În plan teritorial, analiza răspunsurilor diferențiate pe județe scoate în evidență o serie de vulnerabilități structurale. Astfel, județele Mureș și Harghita se disting prin ponderi ridicate în percepția condițiilor grele de viață și a conflictelor cu fauna sălbatică, ceea ce indică presiuni antropice și limitări administrative mai pronunțate. În județul Mureș, de exemplu, 100% dintre respondenți consideră „foarte importantă” asigurarea utilităților publice, iar în Harghita 79% dintre locuitori indică interacțiunile problematice cu fauna. Aceste percepții variază semnificativ față de cele din Suceava, unde presiunile sunt resimțite mai puțin acut, ceea ce sugerează reziliențe locale diferite, influențate de contextul administrativ și infrastructural. Prin corelarea între beneficiile uniforme percepute și diferențele teritoriale în privința constrângerilor, se conturează un tablou complex al dinamicii ontologice a sistemului: atractorii comuni- fundamentați pe valorizarea resurselor naturale – asigură o coerență simbolică a sistemului, în timp ce presiunile divergente pot genera tendințe de fragmentare sau decalaje în reziliența funcțională. Astfel, aceste interpolări între percepții și realități pot contribui la anticiparea tranzițiilor sistemice, oferind indicii valoroase pentru dezvoltarea unor politici diferențiate de adaptare și sprijin comunitar.

Pe baza modelărilor realizate în această cercetare, se pot trage mai multe concluzii relevante privind reziliența și dinamica SSE Călimani. Peisajele de stabilitate, construite pe baza indicatorilor compoziții de reziliență (inclusiv poluare, tendințe demografice și presiuni antropice), au evidențiat capacitatea sistemului de a rămâne într-o stare stabilă alternativă, cu tendință pozitivă. Adâncimea și forma bazinelor de atracție au fost folosite pentru a exprima stabilitatea sistemică: cu cât valea este mai adâncă și mai bine conturată, cu atât sistemul tinde să-și mențină echilibrul în fața șocurilor. Paralel cu această abordare conceptuală, analiza perceptivă a fost integrată prin reprezentări radar ale celor mai relevante atractori ontologici (beneficiile de mediu percepute) și presiuni sistemice (dezavantajele percepute). Datele din chestionar arată un nivel ridicat de consens între comunitățile urbane și rurale în ceea ce privește importanța resurselor naturale (apă, lemn, aer curat, păduri, recreere), indicând existența unor atractori socio-culturali stabili care contribuie la menținerea identității și funcționalității sistemului. În schimb, presiunile percepute variază semnificativ între județe, reflectând contextul administrativ și infrastructural diferit și sugerând vulnerabilități teritoriale diferențiate. În ansamblu, integrarea reprezentărilor grafice 2D și 3D permite conturarea unei perspective robuste asupra stabilității dinamice a SSE Călimani. Aceste modele vizuale oferă nu doar o metodă de evaluare calitativă și comparativă, ci și o bază pentru viitoare rafinări cantitative și ponderări specifice în vederea predicției tranzițiilor sistemice.

Concluzii

Structura lucrării este concepută ca o succesiune logică de demersuri metodologice care construiesc progresiv argumentația, oferind fundamentele necesare pentru ca, în etapa finală, să se ajungă la modelarea peisajelor de stabilitate. Teza este articulată în două părți complementare: prima parte este dedicată evaluării resurselor din cadrul SSE Călimani și analizei impactului generat de exploatarea acestora asupra mediului și calității vieții; cea de-a doua parte se concentrează asupra caracterului dinamic al sistemului, incluzând modelarea conceptuală și grafică a sistemului social-ecologic Călimani, cu scopul de a interpreta starea actuală de echilibru.

Resursele naturale ale Munților Călimani au reprezentat un pilon fundamental în formarea și menținerea comunităților din zona limitrofă, dar și cu un impact semnificativ asupra mediului natural, cel mai considerabil fiind cauzat de exploatarea de sulf. Printre cele mai valoroase resurse, alături de apa dulce, sunt apele minerale și de balneatie dețin o triplă valoare: socială, ecologică și economică. Acestea contribuie la sănătatea publică, păstrarea tradițiilor locale și dezvoltarea turismului balnear, cu un aport important la bugetele locale prin redevențele miniere (45% din acestea revenind administrațiilor publice locale pe al căror teritoriu sunt exploatarea). Din punct de vedere ecologic, protecția acestor resurse este reglementată prin perimetre sanitare și hidrogeologice, iar zonele de protecție ajută la conservarea peisajului natural.

Evaluarea calității apelor subterane (conform Planurilor de management ale Administrațiilor Bazinale de Apă Siret, Someș - Tisa și Mureș) din arealul Călimani a relevat un grad variabil de protecție: de la nesatisfăcător (ROSI02 Depresiunea Dornelor) până la bun (ROSO09 Someșul Mare), iar corpul ROMU25 Donca - Bistra beneficiază de protecție medie, favorizat de o acoperire forestieră de 87%. În localitatea Gura Haitii, proximitatea râului Neagra Șarului determină un pH scăzut și depășiri constante ale concentrației de mangan.

Activitatea minieră din Călimani (1970–1997), de exploatare și preparare a sulfului, a avut un impact ecologic și social major, cu efecte resimțite până la 70 km distanță. Deși exploatarea s-a încheiat în 2006, poluarea remanentă persistă, în special din cauza haldelor de steril. În lipsa finalizării lucrărilor de reabilitare și înierbare, propunerea construirii unei stații de epurare (cu debit de ape preluat 116 l/s, 100 t/zi de șlam produs) rămâne discutabilă. Graficul de histerezis pentru colectorul apelor poluate din perimetrul minier, râul Neagra Șarului, pentru relația ioni de hidrogen – precipitații, evidențiază un comportament neliniar și dinamic: în faza de creștere a precipitațiilor, pH-ul urcă treptat, sugerând diluarea acidității, în timp ce în faza de scădere, pH-ul scade brusc, indicând un efect de memorie ecologică. În cazul ionilor de fier, se observă un comportament diferit – concentrațiile cresc cu precipitațiile, dar cu un decalaj, sugerând feedback pozitiv și mecanisme complexe de mobilizare, eroziune și eliberare întârziată. Astfel, sistemul acvatic reacționează diferit la stresuri externe, iar recuperarea geochemică, deși lentă, este evidentă în perioada 1996–2017.

Evaluarea conexiunii dintre calitatea vieții și serviciile de ecosistem furnizate de apă, coroborate cu răspunsurile obținute prin intermediul chestionarului, au relevat faptul că resursele de apă dulce sunt cele mai importante pentru populația SSE Călimani. Totodată, apa este și factorul de mediu cel mai puternic afectat de activitățile antropice, așa cum a fost argumentat prin analiza fenomenului de histerezis pentru calitatea apei din bazinul hidrografic Neagra Șarului.

Datele biologice pentru r. Neagra Șarului (indice saprobic pentru fitobentos și macrozoobentos, studiile existente asupra ihtiofaunei) confirmă stresul ecosistemic și subliniază

necesitatea continuării monitorizării. Totuși, fenomenul de histerezis ecologic și mecanismele de autoreglare indică o revenire lentă la un stadiu de echilibru.

În ceea ce privește resursele biologice, pădurea rămâne cea mai importantă resursă bioeconomică, oferind servicii de reglare climatică, protecție hidrologică și materie primă. Defrișările masive de după 1990 au contribuit la apariția de depozite ilegale de deșeuri lemnoase, reglementate doar în trei locații (Chilia, Bodnăraș, Poiana, toate din județul Suceava). Măsurile recente de certificare forestieră și investițiile în bioenergie au dus la o gestionare mai sustenabilă a resursei lemnoase. Totuși, resursele nelemnoase rămân subevaluate, iar degradarea pajiștilor alpine prin abandonul pășunatului contribuie la pierderi ecosistemice.

Activitatea agrozootehnică, susținută de A.N.Z.M. și prin certificarea produsului montan, este în creștere, iar acvacultura (în special creșterea speciilor de păstrăvi) se dezvoltă constant. Un sprijin esențial vine din partea Administrației Parcului Național Călimani, care promovează activități tradiționale durabile în cadrul siturilor Natura 2000, contribuind la conservarea biodiversității și dezvoltarea socio-economică a comunităților montane.

Evaluarea rezilienței sistemului social-ecologic Călimani a fost realizată printr-o abordare integrată, care combină metodele calitative și cantitative din capitolele precedente, menită să surprindă atât dinamica internă, cât și stările actuale ale sistemului, oferind o imagine comprehensivă asupra tipurilor de presiuni și asupra componentelor afectate ale sistemului.

Conform metodei calitative Leopold, pentru matricea caracteristicilor fizico-chimice cei mai afectați factori de mediu din SSE Călimani au fost solul, apa și aerul. Solurile montane fragile au fost afectate de exploatarea forestieră intensă, iar apele subterane suferă din cauza deversărilor de ape uzate și a reducerii vegetației cu rol de filtru, cu efecte în corpurile de apă subterane ROSI002 Depresiunea Dornelor și ROMU25 Donca - Bistra. Apele de suprafață, în special râul Neagra Șarului, sunt vulnerabile la poluare din surse punctuale și difuze, în contextul unei infrastructuri sanitare deficitare (sub 40% din populație racordată la canalizare). Calitatea aerului este afectată de defrișări, depozite de deșeuri și procese oxidative pe haldele de steril. Pentru caracteristicile biologice, cel mai mare impact se resimte la vegetația lemnoasă, microflora acvatică, speciile periclitare și biota acvatică. Vegetația lemnoasă este sever afectată de factori naturali precum doborâturile de vânt și atacurile de *Ipidae*, cu peste 800 de focare identificate între anii 2009 – 2023. Depozitele de deșeuri extractive contribuie la degradarea vegetației și a habitatelor faunistice și floristice. Biota acvatică și microflora suferă din cauza modificărilor de habitat (microhidrocentrale, acumulări hidroenergetice) și a poluării istorice generate de deversări și drenaj acid, în zona minieră Călimani. Speciile periclitare, inclusiv flora rară (ex. *Pinus cembra* din rezervația științifică *Jnepeniș cu Pinus cembra*) și avifauna (ex. dispariția speciei *Tetrao tetrix*), sunt vulnerabile la fragmentarea habitatelor și la presiunea umană. În ceea ce privește peisajul cultural, peisajele naturale, ariile protejate și habitatele rare, precum rezervația de zâmbbru, sunt afectate de prezența haldelor de steril provenite de la exploatarea sulfului, amplasate în interiorul Parcului Național Călimani. Zonele umede, esențiale pentru biodiversitate, suferă din cauza modificării regimului hidrologic, invaziei de specii precum pinul silvestru și adăpării animalelor în proximitatea izvoarelor.

Prin modelarea ARIMA a dinamicii populației, au fost identificate tendințe semnificative, potențiale praguri și traiectorii de tranziție care contribuie la înțelegerea proceselor istorice și a capacității adaptive a comunităților. De asemenea, conceptul de histerezis a fost utilizat pentru a evidenția natura potențial ireversibilă a unor schimbări de regim în sistem, sugerând că revenirea la o stare anterioară nu este întotdeauna posibilă, chiar și în condiții externe similare. Histerezisul este interpretat ca un semn al unei recuperări lente, care poate indica prezența unor procese subtile de autoorganizare sau emergență. Aceste fenomene sunt caracteristice sistemelor

complexe adaptive și sunt deosebit de relevante în cazul sistemelor social-ecologice, unde tranzițiile între stări stabile alternative implică adesea traiectorii neliniare și răspunsuri întârziate. Prezența histerezisului sugerează că sistemul nu revine pur și simplu la o stare anterioară, ci se reorganizează în jurul unui nou atractor, într-un peisaj de stabilitate modificat. Totuși se observă o revenire la echilibru biologic, geochimic, chiar sistemic, deși schimbările sunt ireversibile, starea nouă de echilibru fiind diferită din punct de vedere organizațional față de cea precedentă (autoorganizare). În ansamblu, aceste instrumente permit conturarea unei perspective robuste asupra rezilienței sistemului socio-ecologic, definită atât prin capacitatea de a absorbi șocuri și presiuni, cât și prin posibilitatea de adaptare sau transformare structurală în fața schimbărilor.

Modelul rezultat evidențiază poziția relativă a sistemului într-un peisaj de stabilitate conceptual, sugerând tendința acestuia de a reveni la o stare de echilibru sub influența perturbărilor. Coeficientul de reziliență pentru peisajul de stabilitate compozit al sferei proprietăților în rebus ale SSE este de $x = 0.55$, ceea ce reflectă un echilibru moderat. Astfel, modelul indică un sistem care, deși susținut puternic de componentele ecologice (factori de mediu bine conservați, sau care arată tendințe clare de recuperare/histerezis), rămâne condiționat de dinamica populațională, a cărei stagnare sau declin poate limita procesele de auto-organizare și adaptare pe termen lung. Pe ansamblu, modelul oferă o reprezentare clară și holistă a stării rezilienței compozite a SSE Călimani, sprijinind ipoteza existenței unei stări stabile alternative emergente, aflată la intersecția dintre funcționalitatea mediului și adaptabilitatea comunităților locale.

Analiza percepțiilor colectate prin chestionarul aplicat populației din SSE Călimani și reprezentate grafic sub formă de diagrame radar evidențiază, în primul rând, o aliniere clară între locuitorii din mediul rural și urban în ceea ce privește beneficiile percepute ale mediului natural în SSE Călimani. Atât comunitățile rurale cât și cele urbane atribuie o importanță ridicată (peste 85%) resurselor esențiale precum apa potabilă, lemnul, rocile utile, aerul curat, funcțiile ecologice ale pădurilor și valoarea recreativă a mediului montan. Aceste convergențe indică prezența unor atractori ontologici bine conturați- factori de legătură simbolică și funcțională între comunități și ecosistem – ce susțin reziliența identitară a sistemului. Mai mult, aceste elemente reprezintă o punte comună de percepție între categorii sociale diferite, cu rol de stabilizator cultural și ecologic. În plan teritorial, analiza răspunsurilor diferențiate pe județe scoate în evidență o serie de vulnerabilități structurale. Astfel, județele Mureș și Harghita se disting prin ponderi ridicate în percepția condițiilor grele de viață și a conflictelor cu fauna sălbatică, ceea ce indică presiuni antropice și limitări administrative mai pronunțate. Aceste percepții variază semnificativ față de cele din Suceava, unde presiunile sunt resimțite mai puțin acut, ceea ce sugerează reziliențe locale diferite, influențate de contextul administrativ și infrastructural. Prin corelarea între beneficiile uniforme percepute și diferențele teritoriale în privința constrângerilor, se conturează un tablou complex al dinamicii ontologice a sistemului: atractorii comuni- fundamentați pe valorizarea resurselor naturale – asigură o coerență simbolică a sistemului, în timp ce presiunile divergente pot genera tendințe de fragmentare sau decalaje în reziliența funcțională. Astfel, aceste interpolări între percepții și realități pot contribui la anticiparea tranzițiilor sistemice, oferind indicii valoroase pentru dezvoltarea unor politici diferențiate de adaptare și sprijin comunitar.

Pe baza modelărilor realizate în această cercetare, se pot trage mai multe concluzii relevante privind reziliența și dinamica SSE Călimani. Peisajele de stabilitate, construite pe baza indicatorilor compoziții de reziliență (inclusiv poluare, tendințe demografice și presiuni

antropice), au evidențiat capacitatea sistemului de a rămâne într-o stare stabilă alternativă, cu tendință pozitivă.

Sistemul social-ecologic Călimani prezintă o capacitate intrinsecă de a tranzita între diferite stări stabile alternative, pe un traseu temporal ireversibil. Aceste noi stări de echilibru dinamic sunt determinate de serii complexe de cauzalități interpolate, atât antropice (precum exploatarea resurselor naturale, deciziile instituțiilor locale, modificarea ethosului comunitar și a practicilor tradiționale), cât și naturale (schimbări climatice, variații ale regimului hidrologic, sezonalitate și procese ciclice ale mediului). Fenomenele declanșatoare (cauzele antropice sau cauzele naturale) reprezintă concretizări ale unor contingente istorice și naturale. Deși necesită o analiză separată din motive practice, efectele observate sunt aproape întotdeauna rezultatul unei interacțiuni între sfera socială și cea ecologică.

Într-o etapă viitoare a cercetării, îmi propun o rafinare a constelației de metode folosite și aplicarea unor ponderi diferențiate pentru elementele care contribuie la modelarea peisajelor de stabilitate, în funcție de relevanța și influența lor sistemică. Această etapă va include atât introducerea unor noi variabile calitative și cantitative, cât și extinderea perioadei de analiză prin utilizarea unor serii temporale mai lungi și mai sensibile la mecanismele de feedback caracteristice sistemelor social-ecologice. Modelarea rezilienței va fi recalibrată prin testarea unor intervale variate de coeficienți și prin explorarea valorilor parametrice care pot evidenția în mod mai fidel structura, dinamica și punctele critice ale sistemului analizat. De asemenea, se are în vedere integrarea unor factori exogeni - perturbatori din afara sistemului - care, deși în prezent au o influență redusă asupra stabilității interne, pot genera pe termen mediu și lung efecte semnificative asupra funcțiilor și relațiilor dintre subsistemele analizate. Chiar dacă în forma actuală sistemul studiat se dovedește a fi mai vulnerabil la presiuni endogene (de natură demografică, ecologică sau de percepție comunitară), fără a fi profund afectat de factori economici sau politici externi, este esențială monitorizarea evoluției acestora, în special în contextul schimbărilor climatice globale. Transformări exogene subtile pot altera proporționalitatea și coerența relațiilor dintre componentele sistemului, influențând astfel reziliența sa pe termen lung.

Bibliografie selectivă

1. Allison H., Hobbs R., Resilience, Adaptive Capacity, and the 'Lock-in Trap' of the Western Australian Agricultural Region, *Ecology and Society*. 9 (1), p.1-25, 2004
<http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss1/art3/>
2. Altaweel M., Virapongse A., Griffith D., Alessa L., Kliskey A., A typology for complex social-ecological systems in mountain communities, *Sustainability: Science, Practice and Policy*, 11:2, 1-13, 2015, DOI: 10.1080/15487733.2015.11908142
3. Barbrook-Johnson P., Penn A.S., Participatory Systems Mapping. In: *Systems Mapping*. Palgrave Macmillan, Cham., 2022a, https://doi.org/10.1007/978-3-031-01919-7_5
4. Barbrook-Johnson P., Penn A.S., Introduction. In: *Systems Mapping*. Palgrave Macmillan, Cham., 2022b, https://doi.org/10.1007/978-3-031-01919-7_1
5. Beisner B., Haydon D., Cuddington K., Alternative Stable States in Ecology, *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1. p. 376-382, 2003, 10.2307/3868190.

6. Berkes F., Colding J., Folke C. (Editors.), *Navigating Social-Ecological Systems: Building Resilience for Complexity and Change*, Cambridge University Press, 2003, <https://assets.cambridge.org/052181/5924/sample/0521815924ws.pdf>.
7. Bosch O.J.H., King C.A., Herbohn J.L., Russell I.W., Smith C.S., Getting the big picture in natural resource management—systems thinking as ‘method’ for scientists, policy makers and other stakeholders. *Syst. Res.*, 24, p. 217-232, 2007, <https://doi.org/10.1002/sres.818>
8. Boyles A., Blain R., Rochester J., Avanası R., Goldhaber S., McComb S., Holmgren S., Masten S., Thayer K., Systematic review of community health impacts of mountaintop removal mining, *Environment International*. 107, p. 163-172, 2017, [10.1016/j.envint.2017.07.002](https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.07.002).
9. Chintăuan I., *Apele minerale și stațiunile din județul Bistrița – Năsăud*, Edit. Supergraph, Cluj Napoca, p.108-109, 2002
10. Clifford N., Cope M., Gillespie, T. (Eds.), *Key methods in geography*, SAGE Publications, 4th ed., p. 77–82, 2023
11. Cumming G.S., *Spatial Resilience in Social-Ecological Systems*, Springer, p. 232-233, 2011, [10.1007/978-94-007-0307-0_11](https://doi.org/10.1007/978-94-007-0307-0_11).
12. Dar A.A., Jain A., Malhotra M. et al., Time Series analysis with ARIMA for historical stock data and future projections. *Soft Comput* 28, p.12531–12542, 2024. <https://doi.org/10.1007/s00500-024-10309-w>
13. Dickey D.G., Dickey-Fuller Tests. In: Lovric, M. (eds) *International Encyclopedia of Statistical Science*, Springer, Berlin, Heidelberg, p.76-78, 2011, https://doi.org/10.1007/978-3-642-04898-2_210
14. Dincă I., *Apa și peisajele din Munții Călimani*, Edit. Universității din Oradea, 2004
15. Donița N., Ivan D. S.V., Popescu A., *Vegetația României*, Edit. Tehnică Agricolă, București, 1992
16. Feru A., *Ghidul apelor minerale naturale*, Edit. Risoprint, 2012
17. Folke C., Carpenter S., Walker B., Scheffer M., Rockstrom J., Resilience thinking: integrating resilience, adaptability and transformability, *Ecology and Society*, 15 (4), 2010, [10.5751/es-03610-150420](https://doi.org/10.5751/es-03610-150420)
18. Gardner, J.S., Dekens, J. Mountain hazards and the resilience of social–ecological systems: lessons learned in India and Canada, *Nat. Hazards*, Volume 41, p. 317–336, 2007, <https://doi.org/10.1007/s11069-006-9038-5>
19. Georgeson L., Maslin M., Putting the United Nations Sustainable Development Goals into practice: A review of implementation, monitoring, and finance, *Geo: Geography and Environment*, 5(1), 2018, <https://doi.org/10.1002/geo2.49>
20. Hegheduș-Mîndru G., *Contribuții la studiul posibilităților de îmbunătățire a indicatorilor de calitate a apelor minerale prin utilizarea tehnicilor moderne de simulare, modelare și conducere automata*, Edit. Politehnica, Timișoara, 2008
21. Hewitt K., Manjari M., Rethinking risk and disasters in mountain areas, *Journal of Alpine Research| Revue de géographie alpine* 100-1, 2012, <https://doi.org/10.4000/rga.1653>
22. Holling C.S., Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, Volume 4, p. 1-23, 1973
23. Holling C.S. Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems. *Ecosystems*, pp. 390–405, 2001, <https://doi.org/10.1007/s10021-001-0101-5>

24. Huang C., Petukhina A., Stationary Time Series Models. In: Applied Time Series Analysis and Forecasting with Python, Statistics and Computing, Springer, Cham., p.71-106, 2022, https://doi.org/10.1007/978-3-031-13584-2_3
25. Institutul de Cercetări și Proiectări Miniere Baia Mare și Laboratorul de Acvacultură și Ecologie Acvatică Piatra Neamț, Studiu de Impact Exploatarea Minieră Călimani, 1992-1993, manuscris, arhiva APM Suceava
26. Institutul de Cercetări și Proiectări Miniere Baia Mare, Raport de mediu: Închiderea și reabilitarea ecologică a Perimetrului minier Pietricelu- Negoiu Românesc- Călimani, 2005, 2008, manuscrite, Arhiva APM Suceava
27. **Ionce R.**, Florea F., An impact evaluation of the pollutive effect of mine waters from two abandoned mining sites in the Suceava county, Romania, Arabian Journal of Geoscience 14, p.2711, 2021, <https://doi.org/10.1007/s12517-021-09090-z>
28. **Ionce R.**, Breabăn I.G., A case based, combined LCA and S-ROI methodology for sustainable mining in the Suceava County, Romania, Present Environment & Sustainable Development 15.2 , p. 209-220, 2021, <https://doi.org/10.15551/pesd2021152017>
29. Ionce A., **Ionce R.**, The Life Cycle Analysis of Local Products- a means to support the development of a durable, circular bioeconomy in the mountain area of the Suceava County, the 8th International Conference on Sustainable Solid Waste Management, 23-26 iunie 2021, Thessaloniki, Greece (poster)
30. **Ionce R.**, Analysing a major risk factor for the quality of the Bistrița River: mining activities in the Suceava County, Georeview, Scientific Annals of Stefan cel Mare University of Suceava, Geography Series, Vol. 32, No 1, p.1-13, 2022
31. **Ionce R.**, Florea F., The Importance of Sustainable Management of the Geologic Substratum for Exploitable High-Quality Mineral Resources: Mineral Waters in the Călimani Mountains and the Adjacent Areas, In: Haroun Chenchouni et al. (Editors), Recent Research on Hydrogeology, Geoecology and Atmospheric Sciences, Proceedings of the 1st MedGU, Istanbul 2021, Volume 1, p.153-155, 2023, <https://doi.org/10.1007/978-3-031-43169-2>
32. **Ionce R.**, Ionce A., Waste management in mountain areas. A case study for the mountain area Călimani, Suceava County, Romania, 11th International Conference on Sustainable Solid Waste Management, 9-22 June 2024, Rhodes, Greece (poster)
33. **Ionce R.**, Breabăn I.G., Anthropic Influences on the Intensity of Natural Hazards in the Calimani Mountains, Romania. In: Ksibi, M., et al. Recent Advances in Environmental Science from the Euro-Mediterranean and Surrounding Regions (3rd Edition). EMCEI 2021. Advances in Science, Technology & Innovation, Cham: Springer Nature Switzerland, p. 533-535, 2024, https://doi.org/10.1007/978-3-031-43922-3_120
34. **Ionce Ruxandra**, Breabăn Iuliana Gabriela (2025), Assessing the quality of life in mountain social-ecological systems: a case study for the connection between wellbeing and water resource quality in the Călimani Mountains, Romania, PESD 2025, 19, 1; DOI: <https://doi.org/10.47743/pesd2025191016>
35. **Ionce R.**, Maxwell Redeker, An organic design model for studying complex social-ecological systems and their resilience. A case study for the Călimani Mountains, Romania, Earth Systems and Environment Journal Annual Meeting, 28-30.04.2025, Istanbul, Turcia
36. Kaur, J., Parmar, K.S. & Singh, S. Autoregressive models in environmental forecasting time series: a theoretical and application review. Environ Sci Pollut Res 30, p.19617–19641, 2023. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-25148-9>

37. Kucsicsa G., Bálteanu D., The influence of man-induced land-use change on the upper forest limit in the Romanian Carpathians, *European Journal of Forest Research*, 139, p. 893–914, 2020 <https://doi.org/10.1007/s10342-020-01293-5>
38. Lenart-Boroń A. M., Boroń P. M., Prajsnar J. A., Guzik M. W., Żelazny M. S., Pufelska M. D., Chmiel M. J., COVID-19 lockdown shows how much natural mountain regions are affected by heavy tourism, *Science of the Total Environment*, 806, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151355>
39. Leopold L. B., Clarke F. E., Hanshaw B. B., Balsley, J. R., A Procedure for Evaluating Environmental Impact in Geological Survey Circular 645, USGS, Washington DC., 1971
40. Lewontin R.C., The meaning of stability, *Brookhaven Symposia in Biology*, 13, p. 13–24, 1969
41. Liniger H. P., Weingartner R., M. Grosjean M., *Mountains of the World: Water Towers for the 21st Century. A Contribution to Global Freshwater Management*, Mt. Agenda, Dep. of Geogr., Univ. of Berne, Berne, 1998
42. Maes J., Teller A., Erhard M., Liqueste C., Braat L., Berry P., Egoh B., Puydarrieux P., Fiorina C., Santos F., Paracchini M. L., Keune H., Wittmer H., Hauck J., Fiala I., Verburg P. H., Condé S., Schägner J. P., San Miguel J., Estreguil C., Ostermann O., Barredo J. I., Pereira H. M., Stott A., Laporte V., Meiner A., Olah B., Royo Gelabert E., Spyropoulou R., Petersen J. E., Maguire C., Zal N., Achilleos E., Rubin A., Ledoux L., Brown C., Raes C., Jacobs S., Vandewalle M., Connor D., Bidoglio G., Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. An analytical framework for ecosystem assessments under action 5 of the EU biodiversity strategy to 2020, Publications office of the European Union, Luxembourg http://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/ecosystem_assessment/pdf/MAESWorkingPaper2013.pdf, 2013
43. Maes J., Teller A., Erhard M., Murphy P., Paracchini M. L., Barredo J. I., Grizzetti B., Cardoso A., Somma F., Petersen J. E., Meiner A., Royo Gelabert E., Zal N., Kristensen P., Bastrup-Birk A., Biala K., Romao C., Piroddi C., Egoh B., Fiorina C., Santos F., Naruševičius V., Verboven J., Pereira H., Bengtsson J., Gocheva K., Marta-Pedroso C., Snäll T., Estreguil C., San Miguel J., Braat L., Grêt-Regamey A., Perez- Soba M., Degeorges P., Beaufaron G., Lillebø A., Abdul Malak D., Liqueste C., Condé S., Moen J., Östergård H., Czúcz B., Drakou E. G., Zulian G., Lavalle C., Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. Indicators for ecosystem assessments under Action 5 of the EU Biodiversity Strategy to 2020, 2nd Report, Publications office of the European Union, Luxembourg, 2014 (http://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/ecosystem_assessment/pdf/2ndMAESWorkingPaper.pdf)
44. Maes J., Teller A., Erhard M., Grizzetti B., Barredo J.I., Paracchini M.L., Condé S., Somma F., Orgiazzi A., Jones A., Zulian A., Petersen J.E., Marquardt D., Kovacevic V., Abdul Malak D., Marin A.I., Czúcz B., Mauri A., Löffler P., Bastrup-Birk A., Biala K., Christiansen T., Werner B., Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services: An analytical framework for ecosystem condition. Publications office of the European Union, Luxembourg, 2018, doi: 10.2779/055584
45. Mandelbrot B., *The Fractal Geometry of Nature*, W.H. Freeman and Company, San Francisco, p.6-20, 1983
46. Melnykovych M. et al., Social-ecological innovation in remote mountain areas: Adaptive responses of forest-dependent communities to the challenges of a changing world, *Science of the Total Environment*, 613, p. 894-906, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.065>

47. Mutihac V., Stratulat M.I., Fechet R. M., *Geologia României*. Edit. Didactică și Pedagogică, R.A., București, p.144-145, 2004
48. Naum Tr., Butnaru, E., *Monografii montane - Munții Călimani*, Edit. Sport -Turism, București, 1989
49. Nijkamp P., *Ceteris Paribus, Complexitate Spațială și Echilibru Spațial: O Perspectivă Interpretativă*, *Regional Science and Urban Economics*, 37(5), p.509-516, 2007, doi:10.1016/j.regsciurbeco.2007.04.006
50. Norberg, J.; Cumming, G.S. (Eds.) *Complexity Theory for a Sustainable Future*; Columbia University Press: New York, NY, USA, p.227-293, 2008 [Google Scholar]
51. Pirasteh S. et al., Enhancing vulnerability assessment through spatially explicit modeling of mountain social-ecological systems exposed to multiple environmental hazards, *Science of The Total Environment* 930, 2024, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172744>
52. Preiser R. et al., *Social-Ecological Systems as Complex Adaptive Systems: Organizing Principles for Advancing Research Methods and Approaches*, *Ecology and Society*, vol. 23, no. 4, 2018. JSTOR, <https://www.jstor.org/stable/26796889>.
53. Reggiani A., Nijkamp P., *Spatial Dynamics, Networks, and Modelling*, Edward Elgar Publishing, p. 303-306, 2006
54. Rojanschi V., Bran F., *Politici și strategii de mediu*, Edit.Economică București, p. 459-469, 2002
55. Scheffer A.L., Dobbins T.A., Pearson, SA. Interrupted time series analysis using autoregressive integrated moving average (ARIMA) models: a guide for evaluating large-scale health interventions. *BMC Med Res Methodol* 21, p.58, 2021. <https://doi.org/10.1186/s12874-021-01235-8>
56. Shaid A., *Methodological Limitations of Determining Global Pollution Index as a Tool for Environmental Impact Assessment and a Proposed Extension*, *Environ. Ecol. Res.*, 2, p. 240–247, 2014
57. Sonderegger T., Dewulf J., Fantke P., de Souza D. M., Pfister S., Stoessel F., Verones F., Vieira M., Weidema B., Hellweg S., *Towards harmonizing natural resources as an area of protection in life cycle impact assessment*. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 22(12), p.1912–1927, 2017, <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1297-8>
58. Stoffel M., Huggel C., *Effects of climate change on mass movements in mountain environments*, *Progress in physical geography* 36.3, p. 421-439, 2012, <https://doi.org/10.1177/0309133312441010>
59. Straffelini E., Jian Luo, and Paolo Tarolli P., *Climate change is threatening mountain grasslands and their cultural ecosystem services*, *Catena* 237, 2024 <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107802>
60. Susilorini R.M.R., Ismail A., Wastunimpuna B.A., Wardhani D.K., Prameswari L.L.N., Amasto A.H., Suryono A., *Tourism village carbon footprint after COVID-19 pandemic: A challenge to sustainability*, *Sustainability* 14.4, 2022, <https://doi.org/10.3390/su14042400> [Google Scholar]
61. Ungureanu I., *Geografia Mediului*, Ed. Universității „Alexandru Ioan Cuza” Iași, 2005, ISBN 973-0-04222-5
62. Van der Leeuw S., Folke C., *The social dynamics of basins of attraction*. Beijer Discussion Paper No. 273. The Beijer Institute of Ecological Economics, 2020, https://beijer.kva.se/wp-content/uploads/2020/08/Disc273_van-der-Leeuw-and-Folke_2020.pdf

63. Vasileiadou E., Vliegenthart R., Studying dynamic social processes with ARIMA modeling, *International Journal of Social Research Methodology*, 17, 2015, 10.1080/13645579.2013.816257.

64. Vădineanu A., Managementul dezvoltării. O abordare ecosistemică, Edit. Ars Docendi, București, 2004

65. Walker B., Holling C.S., Carpenter S.R., Kinzig, A., Resilience, Adaptability and Transformability in Social–Ecological Systems. *Ecology and Society*, 9(2), 2004

Site-uri

66. <https://cices.eu/> Common International Classification of Ecosystem Services

67. <https://dezvoltaredurabila.gov.ro/strategia-nationala-pentru-dezvoltarea-durabila-a-romaniei-2030-i> Strategia națională pentru dezvoltarea durabilă a României 2030, aprobată prin adoptată prin HG nr. 877/9 noiembrie 2018

68. <http://mures.rowater.ro/despre-noi/descrierea-activitatii/managementul-european-integrat-resurse-de-apa/planurile-de-management-ale-bazinelor-hidrografice/> Planul de Management actualizat al Bazinului Hidrografic Mureș 2022-2027

69. <http://siret.rowater.ro/abas/despre-noi/descrierea-activitatii/managementul-european-integrat-resurse-de-apa/planurile-de-management-ale-bazinelor-hidrografice/>

70. https://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_10_Ch10_Livestock.pdf.

71. https://www.mmediu.ro/app/webroot/uploads/files/PMBH_Actualizat_Text_ABAST.pdf Planul de Management actualizat al Spațiului Hidrografic Someș – Tisa

72. <https://www.resalliance.org/concepts-social-ecological-systems>

73. <https://www.unwater.org/publications/water-sanitation-interlinkages-across-2030-agenda-sustainable-development/>, UN-Water, Water and sanitation interlinkages across the 2030 agenda for sustainable development, 2016

74. <https://www.unwater.org/.../sdg-6-synthesis-report-2018-on-water-and-sanitation/>, United Nations, Sustainable Development Goal 6 synthesis report on water and sanitation, 2018

Legislație (<https://legislatie.just.ro>)

75. Legea nr. 197 din 2019 muntelui

76. Ordinul ministrului mediului și gospodăririi apelor nr. 161/2006 pentru aprobarea Normativului privind clasificarea calității apelor de suprafață, în vederea stabilirii stării ecologice a corpurilor de apă.