

**ŞCOALA DOCTORALĂ INTERDISCIPLINARĂ**  
**Facultatea: Silvicultură și Exploatare Forestiere**

Ing. Robert-George PACHE

**EVALUAREA ECONOMICĂ A SERVICIILOR ECOSISTEMELOR  
FORESTIERE DIN PARCUL NAȚIONAL RETEZAT**

**ECONOMIC VALUATION OF FOREST ECOSYSTEM SERVICES  
IN RETEZAT NATIONAL PARK**

REZUMAT/ABSTRACT

Conducător științific:

Prof. dr. ing. Ioan Vasile ABRUDAN

BRAȘOV, 2021

D-lui (D-nei) .....

**COMPONENTA**  
**comisiei de doctorat**

Numită prin ordinul Rectorului Universităţii Transilvania din Braşov

Nr. 11331 din 23.07.2021

PREŞEDINTE: Prof. dr. ing. Iosif VOROVENCII  
Universitatea Transilvania din Braşov

CONDUCĂTOR  
ŞTIINŢIFIC: Prof. dr. ing. Ioan Vasile ABRUDAN  
Universitatea Transilvania din Braşov

REFERENŢI: Prof. dr. ing. Gheorghe-Florian BORLEA  
Universitatea de Ştiinţe Agricole şi Medicină Veterinară a Banatului  
„Regele Mihai I al României” din Timişoara

Prof.dr.ing. Liviu HOLONEC  
Universitatea de Ştiinţe Agricole şi Medicină Veterinară Cluj- Napoca

Prof.dr.ing. Mihai-Daniel NIŢĂ  
Universitatea Transilvania din Braşov

Data, ora şi locul susţinerii publice a tezei de doctorat: 20.09.2021, ora 12:00, sala SI2.

Eventualele aprecieri sau observaţii asupra conţinutului lucrării vor fi transmise electronic, în timp util, pe adresa [pache.robert.george@unitbv.ro](mailto:pache.robert.george@unitbv.ro)

Totodată, vă invităm să luaţi parte la şedinţa publică de susţinere a tezei de doctorat.

Vă mulţumim!

## CUPRINS

	Pag. teza	Pag. rezumat
Prefață .....	8	8
Lista abrevierilor .....	13	9
1. IMPORTANȚA ȘI NECESITATEA EVALUĂRII SERVICIILOR ECOSISTEMELOR FORESTIERE .....	15	10
2. STADIUL ACTUAL AL CUNOȘTIINȚELOR PRIVIND EVALUAREA SERVICIILOR ECOSISTEMELOR FORESTIERE .....	21	13
2.1 Conceptul serviciilor ecosistemelor .....	21	13
2.2 Evoluția conceptului serviciilor ecosistemelor la nivel internațional .....	23	13
2.3 Evoluția conceptului serviciilor ecosistemelor în România .....	28	14
2.4 Clasificarea serviciilor ecosistemelor .....	35	15
2.5 Descrierea serviciilor ecosistemelor .....	38	17
2.5.1 Serviciile de aprovizionare .....	39	-
2.5.2 Serviciile de reglare .....	40	-
2.5.3 Serviciile culturale .....	41	-
2.5.4 Serviciile de sprijin .....	41	-
2.6 Evaluarea economică a serviciilor ecosistemelor .....	44	17
2.6.1 Aspecte generale privind evaluarea economică a serviciilor ecosistemelor .....	44	17
2.6.2 Metode de evaluare economică a serviciilor ecosistemelor .....	48	18
2.7 Proiecte și studii relevante privind evaluarea economică a serviciilor ecosistemelor .....	50	19
2.7.1 Proiecte și studii privind evaluarea economică a serviciilor ecosistemelor la nivel internațional .....	50	19
2.7.2 Proiecte și studii privind evaluarea economică a serviciilor ecosistemelor în România .....	55	19
2.8 Evaluarea economică a serviciilor ecosistemelor forestiere în România .....	58	19
3. SCOPUL, OBIECTIVELE ȘI LOCUL CERCETĂRIILOR .....	61	20
3.1 Scopul cercetărilor .....	61	20



3.2 Obiectivele cercetărilor .....	61	20
3.3 Locul cercetărilor .....	61	20
4. EVALUAREA ECONOMICĂ A SERVICIILOR ECOSISTEMELOR FORESTIERE DIN PARCUL NAȚIONAL RETEZAT .....	64	22
4.1 Introducere .....	64	22
4.2 Serviciul de aprovizionare - lemn .....	67	23
4.2.1 Descriere serviciu, importanță .....	67	23
4.2.2 Materiale și metodă .....	67	23
4.2.3 Rezultate .....	68	24
4.2.4 Discuții .....	73	26
4.3 Serviciul de aprovizionare - produse nelemnoase .....	78	26
4.3.1 Descriere serviciu, importanță .....	78	26
4.3.2 Materiale și metodă .....	81	27
4.3.3 Rezultate .....	85	30
4.3.4 Discuții .....	93	35
4.4 Serviciul de reglare - sechestrarea și stocarea carbonului .....	96	36
4.4.1 Descriere serviciu, importanță .....	96	36
4.4.2 Materiale și metodă .....	97	36
4.4.3 Rezultate .....	109	43
4.4.4 Discuții .....	117	48
4.5 Serviciul de reglare - retenția sedimentelor .....	120	49
4.5.1 Descriere serviciu, importanță .....	120	49
4.5.2 Materiale și metodă .....	122	50
4.5.3 Rezultate .....	132	53
4.5.4 Discuții .....	137	57
4.6 Serviciul cultural – turism și recreere .....	140	57
4.6.1 Descriere serviciu, importanță .....	140	57
4.6.2 Materiale și metodă .....	143	58



4.6.3 Rezultate .....	146	60
4.6.4 Discuții .....	153	63
4.7 Sinteza valorii economice a serviciilor ecosistemelor .....	156	64
5. CONCLUZII. CONTRIBUȚII ORIGINALE. DISEMINAREA REZULTATELOR. DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE .....	158	66
5.1 Concluzii .....	158	66
5.2 Contribuții originale .....	164	71
5.3 Diseminarea rezultatelor .....	165	72
5.4 Direcții viitoare de cercetare .....	166	73
BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ .....	167	74
ANEXE .....	180	-
Anexa nr. 1: Volumul de lemn estimat și conținutul de carbon pe fiecare rezervor în parte .....	180	-
Anexa nr. 2: Colectarea datelor și procesarea acestora în cazul suprafețelor de probă SP2, SP3 și SP4 .....	183	-
Anexa nr. 3: Chestionar aplicat vizitatorilor Parcului Național Retezat .....	189	-
Anexa nr. 4: Rezumat/Abstract .....	192	79



## TABLE OF CONTENTS

	Page thesis	Page abstract
Preface .....	8	8
List of abbreviations .....	13	9
1. THE IMPORTANCE AND THE NEED OF FOREST ECOSYSTEM SERVICES VALUATION .....	15	10
2. CURRENT STATE OF KNOWLEDGE IN FOREST ECOSYSTEM SERVICES VALUATION ..	21	13
2.1 The concept of ecosystem services .....	21	13
2.2 The evolution of the concept of ecosystem services at international level .....	23	13
2.3 The evolution of the concept of ecosystem services in Romania .....	28	14
2.4 Classification of ecosystem services .....	35	15
2.5 Description of ecosystem services .....	38	17
2.5.1 Provisioning services .....	39	-
2.5.2 Regulating services .....	40	
2.5.3 Cultural services .....	41	-
2.5.4 Supporting services .....	41	-
2.6 Economic valuation of ecosystem services .....	44	17
2.6.1 General aspects of the economic valuation of ecosystem services .....	44	17
2.6.2 Methods for the economic valuation of ecosystem services .....	48	18
2.7 Relevant projects and studies on the economic valuation of ecosystem services .....	50	19
2.7.1 Projects and studies on the economic valuation of ecosystem services at international level .....	50	19
2.7.2 Projects and studies on the economic valuation of ecosystem services in Romania .....	55	19
2.8 Economic valuation of forest ecosystem services in Romania .....	58	19
3. GOAL, OBJECTIVES AND LOCATION OF THE RESEARCH .....	61	20
3.1 Research goal .....	61	20
3.2 Research objectives .....	61	20



3.3 Research location .....	61	20
4. ECONOMIC VALUATION OF FOREST ECOSYSTEM SERVICES IN RETEZAT NATIONAL PARK .....	64	22
4.1 Introduction .....	64	22
4.2 Provisioning service – wood.....	67	23
4.2.1 Service description, importance .....	67	23
4.2.2 Materials and method .....	67	23
4.2.3 Results .....	68	24
4.2.4 Discussions .....	73	26
4.3 Provisioning service – non-wood forest products .....	78	26
4.3.1 Service description, importance .....	78	26
4.3.2 Materials and method .....	81	27
4.3.3 Results .....	85	30
4.3.4 Discussions .....	93	35
4.4 Regulating service - carbon sequestration and storage .....	96	36
4.4.1 Service description, importance .....	96	36
4.4.2 Materials and method .....	97	36
4.4.3 Results .....	109	43
4.4.4 Discussions .....	117	48
4.5 Regulating service – sediment retention .....	120	49
4.5.1 Service description, importance .....	120	49
4.5.2 Materials and method .....	122	50
4.5.3 Results .....	132	53
4.5.4 Discussions .....	137	57
4.6 Cultural service - tourism and recreation .....	140	57
4.6.1 Service description, importance .....	140	57
4.6.2 Materials and method .....	143	58
4.6.3 Results .....	146	60



4.6.4 Discussions .....	153	63
4.7 Synthesis of the economic value of ecosystem services .....	156	64
5. CONCLUSIONS. ORIGINAL CONTRIBUTIONS. DISSEMINATION OF RESULTS. DIRECTIONS FOR FUTURE RESEARCH .....	158	66
5.1 Conclusions .....	158	66
5.2 Original contributions .....	164	71
5.3 Dissemination of results .....	165	72
5.4 Directions for future research .....	166	73
BIBLIOGRAPHY .....	167	74
ANNEXES .....	180	-
Annex no. 1: Estimated volume of wood and carbon content on each carbon pool ...	180	-
Annex no. 2: Data collection and processing for the sample plots SP2, SP3, SP4 .....	183	-
Annex no. 3: Questionnaire applied to the visitors of the Retezat National Park .....	189	-
Annex no. 4: Abstract .....	192	79



## Prefață

Ideea realizării unei evaluări economice detaliate a serviciilor pe care ecosistemele forestiere le furnizează mi-a fost insuflată odată cu implementarea proiectului GEF-UNDP „Îmbunătățirea sustenabilității financiare a sistemului de arii naturale protejate din Munții Carpați”, din a cărei echipă de implementare am făcut parte. A pune preț pe natură este o provocare imensă, extrem de necesară în contextul actual, în care știința trebuie să vină cu dovezi privind modul în care ecosistemele forestiere contribuie la bunăstarea umană, prin multiplele servicii pe care le furnizează, subliniind totodată necesitatea finanțării gestionării durabile a acestor ecosisteme.

În procesul de elaborare a tezei de doctorat am fost îndrumat de coordonatorul științific, domnul prof. dr. ing. Ioan Vasile ABRUDAN, pentru care îmi exprim sincera recunoștință și căruia îi mulțumesc pentru sprijinul necondiționat. Întâlnirile și discuțiile avute pe parcursul elaborării tezei de doctorat, împreună cu feedbackul acordat în momentele cheie, au fost vitale în atingerea scopului și obiectivelor cercetărilor, imprimând lucrării o abordare practică și orientată către soluționarea unor probleme actuale din silvicultură.

Doresc să mulțumesc, în mod special, domnului prof. dr. ing. Mihai-Daniel NIȚĂ, membru în comisia de îndrumare, pentru susținerea permanentă, abordarea proactivă și pragmatică, precum și pentru sprijinul acordat în utilizarea tehnologiilor moderne în cadrul cercetărilor. De asemenea, mulțumirile mele se îndreaptă către domnul prof. dr. ing. Bogdan POPA și domnul conf. dr. ing. Petru-Tudor Stăncioiu, membri în comisia de îndrumare, pentru recomandările și sugestiile formulate.

Adresez mulțumiri pentru observațiile formulate cu ocazia susținerii în Departamentul Silvicultură din cadrul Facultății de Silvicultură și Exploatare Forestiere, domnilor: prof. dr. ing. Ovidiu IONESCU, conf.dr.ing. Victor Dan PĂCURAR, conf.dr.ing. Aureliu Florin HĂLĂLIȘAN, conf.dr.ing. Victor Adrian INDREICA și șef lucr.dr.ing. Ioan DUTCĂ.

Mulțumesc domnului director Zoran ACIMOV și colectivului Administrației Parcului Național Retezat pentru discuțiile intense și constructive, ce au condus la elaborarea unui instrument util managementului curent al parcului național.

De asemenea, mulțumesc domnului dr. ing. Bogdan CANDREA pentru că mi-a insuflat dragostea pentru GIS, încă din anii facultății, precum și pentru sprijinul acordat în colectarea datelor din teren, prin participare directă și punerea la dispoziție a echipamentelor din dotarea S.C. Forest Design S.R.L.

Transmit mulțumiri colegilor din cadrul RNP-Romsilva, în special domnului Dragoș MIHAI și doamnei Georgeta SEGHEDEIN, pentru discuțiile privind tematica abordată, feedback și susținere.

Nu în ultimul rând, aduc mulțumiri scumpei mele soții Valentina și fiului meu Aaron, pentru toată înțelegerea și tot sprijinul acordat pe parcursul realizării acestui demers.

## Lista abrevierilor

ANP	Arii Naturale Protejate
APN	Administrația Parcului Național/Natural
APNR	Administrația Parcului Național Retezat
CICES	Clasificarea Internațională Comună a Serviciilor Ecosistemelor (The Common International Classification of Ecosystem Services)
FAO	Organizația pentru Alimentație și Agricultură a Națiunilor Unite (Food and Agriculture Organization of the United Nations)
FSC	Sistemul de certificare Forest Stewardship Council
GEF	Fondul Global de Mediu (Global Environment Facility)
GES	Gaze cu efect de seră
INS	Institutul Național de Statistică
IUCN	Uniunea Internațională pentru Conservarea Naturii (International Union for Conservation of Nature)
MEA	Evaluarea Ecosistemelor Mileniului (Millennium Ecosystem Assessment)
PSE	Plăți pentru Serviciile Ecosistemelor
PNR	Parcul Național Retezat
PwC	PricewaterhouseCoopers
RNP	Regia Națională a Pădurilor - Romsilva
SE	Servicii ale ecosistemelor
SP	Suprafață de probă
WTP	Disponibilitatea de a plăti (Willingness to pay)
TEEB	Economia Biodiversității și a Ecosistemelor (The Economics of Ecosystem and Biodiversity)
UNDP	Programul Națiunilor Unite pentru Dezvoltare (United Nations Development Programme)
UNEP	Programul Națiunilor Unite pentru Mediu (United Nations Environment Programme)
UE	Uniunea Europeană
ZPI	Zona de protecție integrală
ZPS	Zona de protecție strictă

## 1. IMPORTANȚA ȘI NECESITATEA EVALUĂRII SERVICIILOR ECOSISTEMELOR FORESTIERE

Pierderea biodiversității, degradarea terenurilor, poluarea, epuizarea resurselor și schimbările climatice s-au intensificat în ultimii ani la nivel global, atingând un nivel fără precedent în istoria umană (Diaz et al., 2019). În ciuda tuturor acordurilor și obiectivelor asumate la nivel european și global, utilizarea durabilă a resurselor naturale și reconstrucția ecologică a zonelor degradate nu au ajuns la nivelul necesar pentru atingerea acestor obiective. Dimpotrivă, după unele surse, pierderile de capital natural s-au accentuat (fig. 1.1) și tind să atingă un prag ireversibil, cu costuri enorme pentru societate (Farley et al., 2012), dacă nu se iau măsuri urgente în acest sens la nivel mondial.

Dintre ecosistemele terestre, pădurile includ cel mai important fond de carbon (Huang et al., 2020; Karsenty et al., 2003), jucând un rol substanțial în procesul de atenuare a schimbărilor climatice (Field et al., 2014). Practicile de gestionare durabilă a pădurilor din Europa arată în mod clar că funcțiile ecologice ale ecosistemelor, inclusiv conservarea biodiversității, pot fi menținute sau chiar îmbunătățite în pădurile gestionate în mod activ (EUSTAFOR, 2013), alături de furnizarea de biomasă, lemn, produse nelemnoase și alte servicii ale ecosistemelor (SE) (Pache et al., 2021).

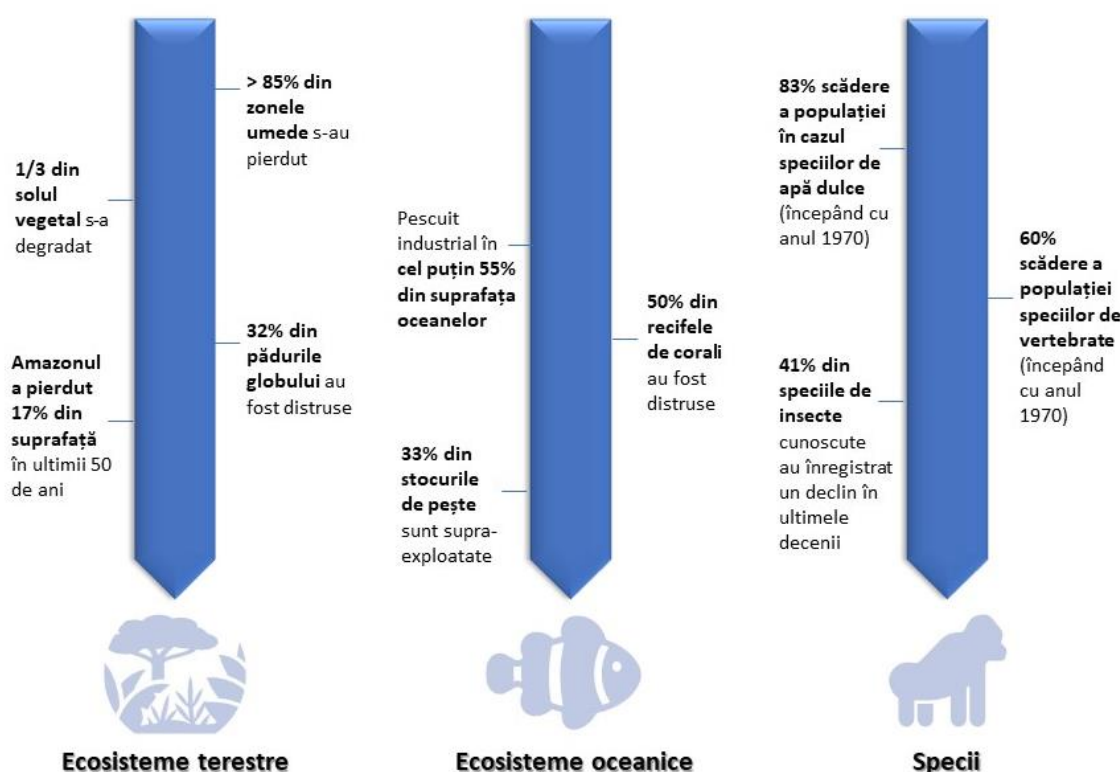


Fig. 1.1. Indicatori ai pierderii de capital natural la nivel mondial (World Economic Forum, 2020)

În ceea ce privește pădurile, raportul privind Starea Pădurilor din Europa pentru anul 2020 (Forest Europe, 2020) relevă o serie de aspecte pozitive (fig. 1.2). Acestea se extind, stochează carbon și furnizează lemn într-un mod sustenabil, contribuind în același timp la conservarea biodiversității, la ocuparea forței de muncă, aducând venituri importante comunităților locale.

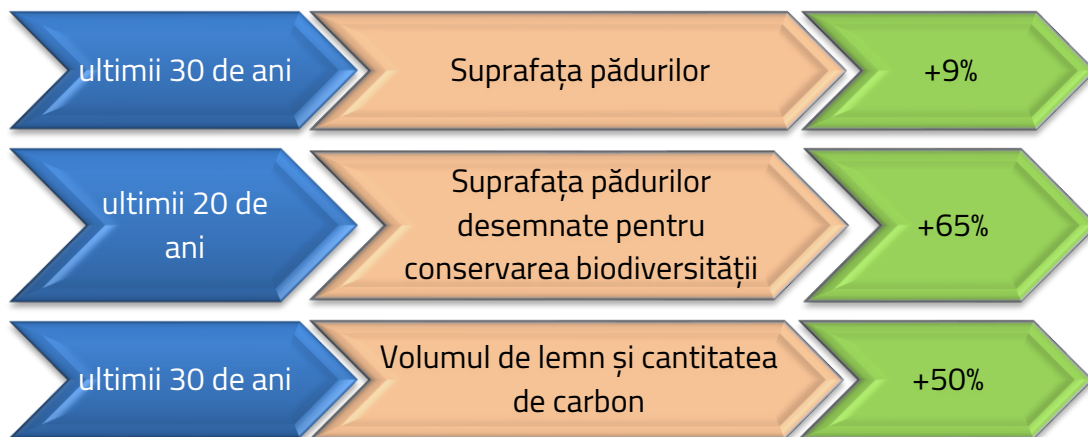


Fig. 1.2. Evoluția unor indicatori privind pădurile din Europa (Forest Europe, 2020)

Prin urmare, în ceea ce privește zonele unde pierderile de biodiversitate s-au acutizat și impactul negativ asupra biodiversității continuă, în procesul decizional trebuie să se acorde o pondere adecvată capitalului natural care produce aceste servicii, altfel încât bunăstarea umană asigurată prin furnizarea serviciilor să nu aibă de suferit. Pe măsură ce capitalul natural și SE devin din ce în ce mai „stresate” și mai „rare” în viitor, nu ne putem aștepta decât la creșterea valorii economice a acestora (Costanza et al., 1997).

Accentul pus în ultimele decenii pe păduri și pe diversitatea biologică asociată acestor ecosisteme a crescut pe agenda factorilor de decizie la nivel european, odată cu lansarea documentelor precum „Pactul Verde European”, „Planul privind obiectivele climatice pentru 2030”, „Strategia UE privind conservarea biodiversității 2030”, „Obiectivul pentru o Uniune Europeană neutră din punct de vedere al carbonului, până în anul 2050” și „Rezoluția Parlamentului European privind protecția solului”. Marea întrebare care rezultă din aceste documente este: Care este calea de urmat? Protecție strictă sau gestionarea durabilă a ecosistemelor?

Un aspect extrem de important ce trebuie avut în vedere la luarea deciziilor privind managementul resurselor naturale îl reprezintă relația dintre managementul resursei și nevoia utilizării acesteia într-o anumită zonă. Măsurile de restricționare a utilizării unei resurse într-o anumită zonă pot determina dezechilibre într-o altă zonă, atâta timp cât nevoia utilizării resursei rămâne la același nivel sau crește. Un exemplu îl reprezintă mutarea presiunii asupra resurselor forestiere din Europa către alte părți ale planetei, afectând pădurile tropicale (WWF, 2021).

Conform unor autori (Elleason et al., 2021), ariile naturale protejate (ANP) cu utilizare multiplă nu sunt neapărat mai puțin eficiente decât ariile strict protejate, acest aspect având implicații importante în politicile publice, sugerând că guvernele din întreaga lume și-ar putea îndeplini în continuare multe dintre obiectivele și obligațiile de conservare (Chandra și Idrisova, 2011), fără a interzice neapărat toate activitățile umane în interiorul ANP.

Atunci când se instituie regimul de protecție strictă, mijloacele de trai ale utilizatorilor tradiționali, precum culegătorii de ciuperci și de fructe de pădure, pescarii, păstorii etc., vor fi afectate. Tocmai de aceea, arealele cu o tradiție în utilizarea durabilă a resurselor nu trebuie să facă obiectul protecției stricte,

deoarece comunitățile locale nu mai pot pretinde niciun drept asupra acestor zone presupuse de unii „neatinse” (Iordăchescu, 2021).

În ceea ce privește țara noastră, în ultimele decenii sectorului forestier și sistemului de ANP li s-a acordat o importanță redusă pe agenda publică (Bann și Popa, 2012), fapt ce s-a reflectat într-o subfinanțare a managementului acestor sectoare.

Provocările menționate mai sus, referitoare la managementul resurselor naturale, la presiunea în creștere asupra acestora, la pierderile de biodiversitate, la finanțarea necorespunzătoare a managementului conservării biodiversității etc., pot fi adresate prin realizarea unor studii de evaluare economică a serviciilor pe care ecosistemele naturale le furnizează, așa cum este și teza de față.

Evaluarea economică a serviciilor ecosistemelor are, în principal, rolul de a:

- sprijini luarea deciziilor de management, în funcție de contextul economic, social și ecologic dintr-o anumită zonă;
- ajuta la conștientizarea asupra costurilor pierderii capitalului natural;
- conduce la crearea unor mecanisme de plată precum plățile pentru serviciile ecosistemelor (PSE);
- sprijini eforturile de conștientizare și promovare a importanței conservării biodiversității și gestionării durabile a resurselor naturale;
- asigura echitate între beneficiarii SE;
- mobiliza fonduri în direcția conservării biodiversității și gestionării durabile a resurselor naturale.

Deși se vorbește de câteva decenii despre conceptul evaluării SE ca fiind un instrument menit să sprijine deciziile cu privire la managementul sustenabil al capitalului natural, acest lucru nu s-a concretizat încă (la nivel mondial), decât cu unele excepții. De exemplu, în Franța, producătorul apei minerale Vittel acordă compensații fermierilor în schimbul modificării utilizării terenurilor din raza acviferului (Perrot-Maître, 2006); în Mexic, se acordă plăți pentru proprietarii de terenuri care se angajează să aplice practici de gestionare durabilă (FAO, 2013); în SUA – prin Programul New York City Watershed s-a renunțat la construirea unei stații de filtrare a apei necesare orașului New York, în schimbul susținerii unor proiecte ce au avut ca scop promovarea practicilor agricole durabile și o mai bună gestionare a pădurilor (Fanyuan, 2014; Drăgoi și Cîrnu, 2016).

Pentru ca acest concept să depășească bariera teoreticului și să fie implementat cu succes în practică, este nevoie de elaborarea unor studii concrete, bazate pe date certe și realitățile din teren, adaptate arealului studiat.

**Se desprinde astfel necesitatea elaborării prezentei teze de doctorat, care urmărește îndeaproape contextul local, se bazează pe date certe din teren și care propune și validează, prin aplicarea la nivelul unui parc național, o metodologie de evaluare economică a serviciilor ecosistemelor forestiere, ce poate fi replicată și adaptată cu ușurință la orice scară, pentru orice arie naturală protejată sau suprafață de fond forestier.**

## 2. STADIUL ACTUAL AL CUNOȘTIINȚELOR PRIVIND EVALUAREA SERVICIILOR ECOSISTEMELOR FORESTIERE

### 2.1 Conceptul serviciilor ecosistemelor

Serviciile ecosistemelor constau în fluxurile de produse, energie și informații din stocurile de capital natural, care, în combinație cu serviciile produse de capitalul uman, duc la asigurarea bunăstării umane (Costanza et al., 1997). Până de curând, serviciile au fost luate ca atare de către beneficiari, valorile acestora fiind mult subestimate sau pur și simplu neluate în calcul (Worboys et al., 2015).

Cea mai utilizată și citată definiție este cea adoptată în cadrul proiectului Evaluarea Ecosistemelor Mileniului (Millennium Ecosystem Assessment-MEA), unde, prin SE se înțelege „fluxul de resurse sau servicii din mediul înconjurător de care oamenii beneficiază în mod direct sau indirect” (MEA, 2005).

### 2.2 Evoluția conceptului serviciilor ecosistemelor la nivel internațional

Dacă privim la scară istorică, conceptul SE nu este unul nou. Serviciile furnizate de ecosisteme au fost folosite și utilizate de către specia umană din totdeauna, cu efecte din ce în ce mai vizibile asupra ecosistemelor, încă din momentul în care a început dezvoltarea agriculturii și corelat cu aceasta, defrișările masive de pădure, în vederea obținerii de noi terenuri agricole.

În fig. 2.1 sunt sintetizate stadiile istorice ale SE. Astfel, în anii '70 începe delimitarea funcțiilor ecosistemelor ca SE, iar începând cu anii 2000, conceptul SE începe să își facă loc pe agenda publică și apare conceptul plăților pentru serviciile ecosistemelor (PSE).

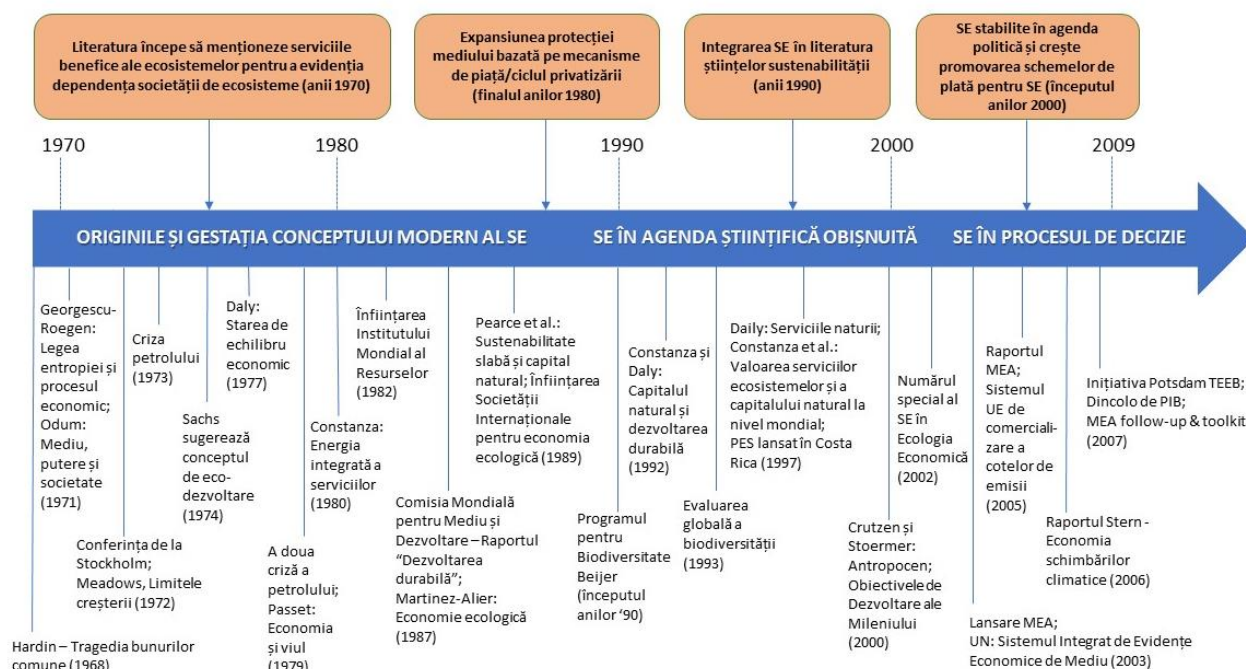


Fig. 2.1. Stadiile istorice ale conceptului SE (după Gómez-Baggethun et al., 2009)

Din analiza evoluției cercetării științifice la nivel mondial, în ultimii 20 de ani se poate observa cum conceptului SE i s-a acordat o importanță din ce în ce mai mare, cu precădere în ultimii ani. Numai 4% din publicațiile care fac referire în titlul la SE sunt realizate în aria de studiu silvicultură, desprinzându-se astfel concluzia că SE forestiere sunt relativ slab reprezentate în cercetarea științifică, fapt ce impune necesitatea realizării de studii și publicații în acest domeniu.

### 2.3 Evoluția conceptului serviciilor ecosistemelor în România

Primele referiri în legislația din România cu privire la funcțiile de protecție ale pădurii au apărut în „Orânduiala de pădure pentru Bucovina dată de împăratul Iosif al II-lea în 1786” (Duduman, 2019).

Primul cod silvic românesc apare în anul 1881. Acesta cuprinde prevederi care surprind importanța funcțiilor pe care ecosistemele forestiere le exercită, menționând totodată necesitatea de a proteja și conserva aceste ecosisteme.

Cel de-al doilea cod silvic românesc, apărut în anul 1910 și preluat în parte după Codul forestier francez din 1827, supune regimului silvic, fără referiri la regimul de protecție, „pădurile sau părțile de păduri a căror menținere este necesară pentru protejarea malurilor râurilor contra ruperilor și a mâncăturilor de apă precum și acelea cari asigură cursul regulat al apelor și conservarea izvoarelor”. Se realizează astfel un pas important în conservarea pădurilor cu rol de protecție, față de primul cod silvic, care nu supunea la nicio restricție pădurile particularilor, ci lăsa la latitudinea acestora supunerea pădurilor lor regimului silvic, printr-o cerere scrisă.

Funcțiile de protecție pe care pădurile le asigură devin din ce în ce mai importante, cercetările concretizându-se în anul 1954 într-unul dintre „cele mai avansate sisteme de zonare funcțională a pădurilor din Europa”, sistem oficializat prin „Hotărârea nr. 114 a Consiliului de Miniștri privind zonarea funcțională a pădurilor din Republica Populară Română” (Giurgiu, 1988).

În anul 1975, în Analele ICAS, ing. Gheorghe Purcăreanu, împreună cu econ. I. Ceacoveanu, publică lucrarea „Cercetări privind evaluarea funcțiilor de protecție ale pădurilor”. În lucrare este propusă „**pentru prima data la noi în țară o metodologie de evaluare monetară a funcțiilor sociale de protecție ale pădurilor**” (Popa și Pache, 2016).

În legea nr. 2/1987 „privind conservarea, protejarea și dezvoltarea pădurilor, exploatarea lor rațională economică și menținerea echilibrului ecologic”, apare „**prima prevedere legislativă din România cu privire la necesitatea evaluării funcțiilor de protecție ale pădurilor**” (Popa și Pache, 2016).

O dată cu apariția noului cod silvic, în anul 1996, apare și prevederea legală conform căreia veniturile administratorilor de fond forestier provin, printre altele, „din contravaloarea efectelor funcțiilor de protecție ale pădurilor”.

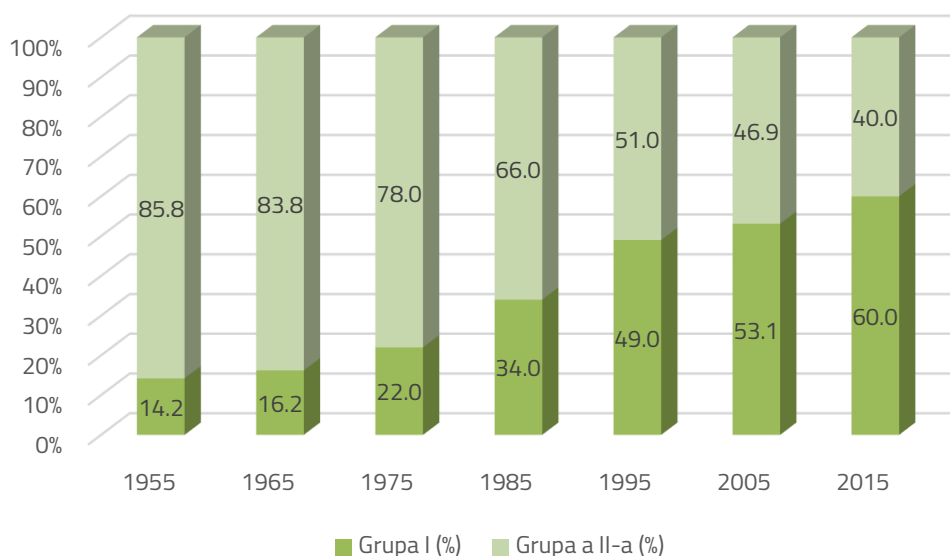
Anul 2015 aduce, prin Legea nr. 133, „modificarea și completarea Legii nr. 46/2008 – Codul silvic”. În cuprinsul acestei legi apare, **pentru prima dată în legislația națională, conceptul serviciilor ecosistemelor**.

Aspectele prezentate mai sus reprezintă tocmai introducerea conceptului SE în legislația silvică națională. Se crează astfel premisele susținerii unui management forestier sustenabil și implicit



asigurarea furnizării pe termen lung a serviciilor de mediu, prin plata de către beneficiarii acestor servicii a contravalorii SE forestiere.

În fig. 2.5 este prezentată dinamica pădurilor în România, pe grupe funcţionale, începând cu momentul adoptării zonării funcţionale a pădurilor şi până în anul 2015. Se poate observa cum într-o perioadă de 60 de ani, s-a făcut „tranzitia de la o funcţionalitate a pădurilor preponderent de producţie, la o funcţionalitate de protecţie” (Popa şi Pache, 2016).



*Fig.2.5. Dinamica pădurilor din România pe grupe funcţionale (Popa şi Pache, 2016)*

Principiul multifuncţionalităţii pădurii, în baza căruia au fost şi sunt gestionate pădurile din România, a asigurat şi asigură furnizarea de SE forestiere, nu numai din perspectiva producţiei, ci şi din perspectiva funcţiilor de reglare, a valorilor recreative şi a diversităţii biologice, amenajamentul silvic reprezentând, pe lângă planurile de management ale APN şi certificarea pădurilor în sistem Forest Stewardship Council (FSC), principalul instrument pentru managementul SE forestiere (Nichiforel et al., 2021). Un aspect important de menţionat este acela că, în comparaţie cu certificarea FSC, care este un proces voluntar, elaborarea amenajamentului silvic este obligatorie, conform legii, amenajarea pădurilor realizându-se pe suprafeţe mult mai mari decât sistemul de ANP actual.

## 2.4 Clasificarea serviciilor ecosistemelor

La nivel mondial, au fost elaborate de-a lungul timpului o serie de sisteme de clasificare a SE.

Cele mai recunoscute şi utilizate sisteme de clasificare a SE: „Evaluarea ecosistemelor mileniului – Millennium Ecosystem Assessment” (MEA), „Economia biodiversităţii şi a Ecosistemelor – The Economics of Ecosystem and Biodiversity” (TEEB) şi „Clasificarea internaţională comună a serviciilor ecosistemelor – Common International Classification of Ecosystem Services” (CICES).



Din analiza sistemului de zonare funcţională a pădurilor reiese posibilitatea corelării categoriilor funcţionale ale pădurii cu serviciile furnizate de ecosistemele forestiere. Având în vedere că amenajamentul silvic este documentul care reglementează zonarea funcţională a pădurilor, acesta devine un instrument prin intermediul căruia se poate realiza cartarea spaţială a SE. „O analiză a sistemului de zonare funcţională a pădurilor din România și a sistemului de clasificare a SE propus de MEA, permite realizarea unor corelații” (tab. 2.4) (Pache et. al, 2017).

*Tabelul 2.4. Corelația între zonarea funcțională a pădurilor și clasificarea SE (după Pache et al., 2017)*

Grupa funcțională	Subgrupa funcțională	Categoria de SE (MEA)
<b>I - Păduri cu funcții speciale de protecție</b>	I.1. Păduri cu funcții de protecție a apelor – funcții predominant hidrologice	Servicii de reglare
	I.2. Păduri cu funcții de protecție a terenurilor și solurilor – funcții predominant pedologice	
	I.3. Păduri cu funcții de protecție contra factorilor climatici naturali sau antropici – funcții predominant climatice	
	I.4. Păduri cu funcții de protecție - predominant sociale	Servicii culturale
	I.5. Păduri de interes științific, de ocrotire a genofondului și ecofondului forestier și a altor ecosisteme cu elemente naturale de valoare deosebită	Servicii de sprijin
	I.6. Păduri cu funcții speciale pentru conservarea și ocrotirea biodiversității	
<b>II - Păduri cu funcții de producție și protecție</b>		Servicii de aprovizionare

Dacă se intră în detaliu, la nivel de categorie funcțională și tip de SE, se constată o concordanță relativ slabă între acestea. Sunt însă categorii funcționale care reflectă bine SE (ex.: serviciile de reglare). „Deși pădurea furnizează o serie de servicii de aprovizionare, zonarea funcțională a acesteia permite identificarea doar a SE de aprovizionare cu lemn, principalul obiectiv de management al pădurilor cu rol de producție și protecție, fără a lua în considerare celelalte produse nelemnoase furnizate. De asemenea, o serie de SE din sfera serviciilor culturale (mai ales cele sociale) și de sprijin sunt greu identificabile în sistemul actual de zonare funcțională a pădurilor din România” (Popa și Pache, 2016).

Cu toate aceste limitări, acțiunea de cartare a SE forestiere poate fi realizată prin intermediul amenajamentului silvic, iar utilizând proiectul GIS al acestui amenajament poate fi realizată și distribuția spațială a acestor servicii. Pentru realizarea acestei activități este însă nevoie ca ecosistemele forestiere să fie parte a unui amenajament silvic aprobat de autoritatea publică centrală care răspunde de silvicultură și, pentru operativitate, limitele fondului forestier respectiv să fie elaborate în format geospațial.

## 2.5 Descrierea serviciilor ecosistemelor

Sistemul de clasificare a SE care se are în vedere în această lucrare este cel rezultat în cadrul proiectului Evaluarea Ecosistemelor Mileniului (MEA, 2005). Relevanța acestui sistem este dată de faptul că în cadrul proiectului au fost implicați un număr impresionant de experți (1360) din 95 de țări. Conform MEA, SE care contribuie la bunăstarea umană și care sunt susținute de biodiversitate se încadrează în 4 categorii (tab. 2.5).

*Tabelul 2.5. Serviciile ecosistemelor și bunuri conexe din ariile naturale protejate (Kettunen și ten Brink, 2013; adaptat din MEA, 2005)*

<b>SERVICII DE SPRIJIN</b>		
Întreținerea proceselor ecosistemelor (formarea solului, ciclul nutrienților, producția primară)		
Întreținerea duratei ciclului de viață (habitate pentru specii, interacțiunile dintre acestea, diseminarea semințelor)		
Conservarea biodiversității (diversitatea genetică a speciilor și a habitatelor)		
<b>SERVICII DE APROVIZIONARE</b>	<b>SERVICII DE REGLARE</b>	<b>SERVICII CULTURALE</b>
Aprovizionare cu hrană	Reglarea climatului și a hazardelor naturale	Recreere și ecoturism
Aprovizionare cu apă	Reglarea calității aerului și apei	Valori estetice
Aprovizionare cu materie primă (lemn, cherestea, combustibili)	Reglarea apelor și scurgerilor	Valori educaționale
Aprovizionare cu resurse medicinale/biochimice (medicamente naturale, cosmetice)	Reglarea eroziunii și a fertilității solului	Valori spirituale și religioase
Aprovizionarea cu resurse ornamentale	Polenizarea	Valori inspiraționale
Aprovizionarea cu resurse genetice	Reglarea bolilor și a dăunătorilor	Valorile patrimoniului cultural
		Sănătate și bunăstare mentală

În urma interogării bazei de date TEEB, cele mai importante SE în funcție de numărul de studii de evaluare monetară sunt: cele de aprovizionare cu hrană și materii prime, cele de recreere, precum și cele de protecție a fondului genetic și de reglare a climatului și hazardelor.

## 2.6 Evaluarea economică a serviciilor ecosistemelor

### 2.6.1 Aspecte generale privind evaluarea economică a serviciilor ecosistemelor

În multe cazuri, oamenii nu conștientizează faptul că beneficiază în mod gratuit de servicii precum aerul curat, apa curată, reglarea climatului, apei, solului, valorile estetice etc. (Constanza et al., 1997).

Fără realizarea unor evaluări cantitative, aceste servicii tind să fie ignorate de factorii de decizie implicați în managementul și utilizarea terenurilor (Nelson et al., 2009). Evaluând și punând o valoare SE, gradul de conștientizare a factorilor de decizie cu privire la importanța SE și asigurarea unui flux constant de servicii, poate fi crescut, până la nivelul adoptării unor măsuri menite să evite degradarea ireversibilă a acestora.

Evaluarea economică a SE reprezintă un instrument care: i) oferă comparații între capitalul natural și cel „fizic și uman” (Popa și Pache, 2016); ii) monitorizează cantitatea și calitatea capitalului natural în timp, în ceea ce privește contribuția sa la bunăstarea umană; iii) contribuie la evaluarea proiectelor care afectează stocurile capitalului natural (Liu et al., 2010).

Acuratețea evaluării economice a SE este în strânsă legătură cu acțiunile și deciziile care pot fi luate cu privire la managementul durabil al ecosistemelor. Una dintre abordările necesare în procesul de evaluare este utilizarea combinată a rigorilor studiilor la nivel local, cu amploarea celor realizate la scară largă. **O astfel de abordare s-a avut în vedere și în elaborarea prezentei teze de doctorat, unde s-au evaluat cele mai importante servicii ale ecosistemelor forestiere dintr-un parc național, utilizându-se date concrete și obținându-se rezultate palpabile.** Aplicată la nivel local, metodologiile adaptate și testate în cadrul tezei pot fi replicate cu ușurință și la nivel regional sau național, principalul aspect ce trebuie avut în vedere fiind disponibilitatea datelor.

În urma procesului de evaluare economică a SE pot fi identificați furnizorii și beneficiarii de servicii și pot fi elaborate scheme de plată numite generic plăți pentru serviciile ecosistemelor. O definiție larg acceptată în prezent pentru PSE (Wunder, 2015) este tranzacția voluntară în care un serviciu de mediu clar definit este cumpărat de la un furnizor numai dacă acesta din urmă asigură furnizarea permanentă a serviciului.

## 2.6.2 Metode de evaluare economică a serviciilor ecosistemelor

Cele mai des utilizate metode de evaluare a SE sunt:

- *Metoda prețurilor de piață (Direct market pricing method);*
- *Metoda factorului de venit (Income factor method);*
- *Metoda costului evitat (Avoided cost method);*
- *Metoda costului de înlocuire (Replacement cost method);*
- *Metoda costului de atenuare și restaurare (Mitigation and restoration cost method);*
- *Metoda costului de vizitare (Travel cost method);*
- *Metoda prețului hedonic (Hedonic pricing method);*
- *Metoda evaluării contingente (Contingent valuation method);*
- *Metoda alegerii contingente (Contingent choice method);*
- *Metoda evaluării în grup (Group valuation method);*
- *Metoda transferului de beneficiu (Benefit transfer method);*
- *Metoda valorii economice totale (Total Economic Value method).*

## 2.7 Proiecte și studii relevante privind evaluarea economică a serviciilor ecosistemelor

### 2.7.1 Proiecte și studii privind evaluarea economică a serviciilor ecosistemelor la nivel internațional

Principalele proiecte și studii elaborate la nivel internațional pe tema evaluării economice a SE au fost:

- ❖ *Valoarea serviciilor ecosistemelor și a capitalului natural mondial (The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital);*
- ❖ *Beneficiile economice ale rețelei Natura 2000 (The Economic benefits of the Natura 2000 Network);*
- ❖ *Evaluarea ecosistemelor mileniului (Millennium Ecosystem Assessment – MEA);;*
- ❖ *Economia Biodiversității și a Ecosistemelor (The Economics of Ecosystems and Biodiversity – TEEB);*
- ❖ *Proiectul Capitalul Natural (Natural Capital -InVEST);*
- ❖ *Cartarea și evaluarea serviciilor ecosistemelor (Mapping and Assessment of Ecosystem Services-MAES);*

### 2.7.2 Proiecte și studii privind evaluarea economică a serviciilor ecosistemelor în România

În România, primele proiecte care au avut o componentă de evaluare economică a SE au fost finanțate de către GEF, prin UNDP România. Acestea au fost următoarele:

- ❖ *Întărirea sistemului național de arii protejate din România prin demonstrarea celor mai bune practici de management în Parcul Național Munții Măcinului;*
- ❖ *Întărirea sistemului de arii protejate din România prin demonstrarea parteneriatului public-privat în Parcul Natural Munții Maramureșului;*
- ❖ *Îmbunătățirea sustenabilității financiare a sistemului de arii naturale protejate din Munții Carpați.*

Mecanismul Financiar al Spațiului Economic European a finanțat în cadrul programului „*Biodiversitate și servicii ale ecosistemelor*” un număr de 9 proiecte (perioada 2009-2014) în cadrul apelului: „*Studii și formare privind contribuția ecosistemelor naturale la principalele sectoare economice*”

## 2.8 Evaluarea economică a serviciilor ecosistemelor forestiere în România

În vederea aducerii în atenția factorilor de decizie a necesității finanțării sectorului forestier și al celui de ANP, este nevoie de studii de evaluare economică a serviciilor de mediu, în special a celor furnizate de ecosistemele forestiere, precum și de comunicarea intensă a rezultatelor acestor studii (Popa et al., 2013).

SE forestiere au avut o reprezentare slabă în cadrul inițiativelor privind evaluarea SE la noi în țară. Pe lângă anumite preocupări din perioada anului 1998 (Poynton et al., 2000), ce au avut în vedere evaluarea economică a sectorului silvic, majoritatea cercetărilor s-au axat pe legătura dintre managementul forestier și cel al ANP.

Analiza SE presupune, printre altele și identificarea beneficiarilor acestor servicii și modul în care aceștia folosesc, apreciază și se bucură de aceste servicii. Pentru ca beneficiarii să plătească aceste servicii, este necesar să fie elaborate mecanisme de plată, bazate pe metodologii de calcul a valorii acestor servicii, și anume PSE.

### 3. SCOPUL, OBIECTIVELE ŞI LOCUL CERCETĂRILOR

#### 3.1 Scopul cercetărilor

Scopul cercetărilor îl reprezintă evaluarea economică a celor mai importante servicii furnizate de ecosistemele forestiere din Parcul Național Retezat, pe baza unor metodologii adaptate și îmbunătățite de evaluare a serviciilor ecosistemelor.

#### 3.2 Obiectivele cercetărilor

- identificarea și cartarea serviciilor ecosistemelor care sunt relevante pentru Parcul Național Retezat și pot fi cuantificate economic;
- stabilirea metodei optime de cuantificare economică a fiecărui tip de serviciu și adaptarea acesteia la condițiile zonei studiate, utilizând tehnologii geospațiale moderne;
- calcularea valorii economice a fiecărui tip de serviciu, utilizând metodele optime stabilite și adaptate.

#### Obiectivele specifice urmărite:

- 1) Cartarea geospațială a serviciilor ecosistemelor forestiere la nivelul Parcului Național Retezat, având ca bază zonarea funcțională a pădurilor;
- 2) Adaptarea metodelor de evaluare economică a SE la suprafețele împădurite, pentru care sunt disponibile amenajamente silvice, elaborând o metodologie de evaluare a SE specifică fondului forestier;
- 3) Validarea metodologiei de evaluare utilizând tehnologii moderne geospațiale și informațiile existente în amenajamentele silvice;
- 4) Testarea metodologiei de evaluare la nivelul Parcul Național Retezat, calculând valoarea economică pentru cele mai importante cinci servicii ale ecosistemelor.

#### 3.3 Locul cercetărilor

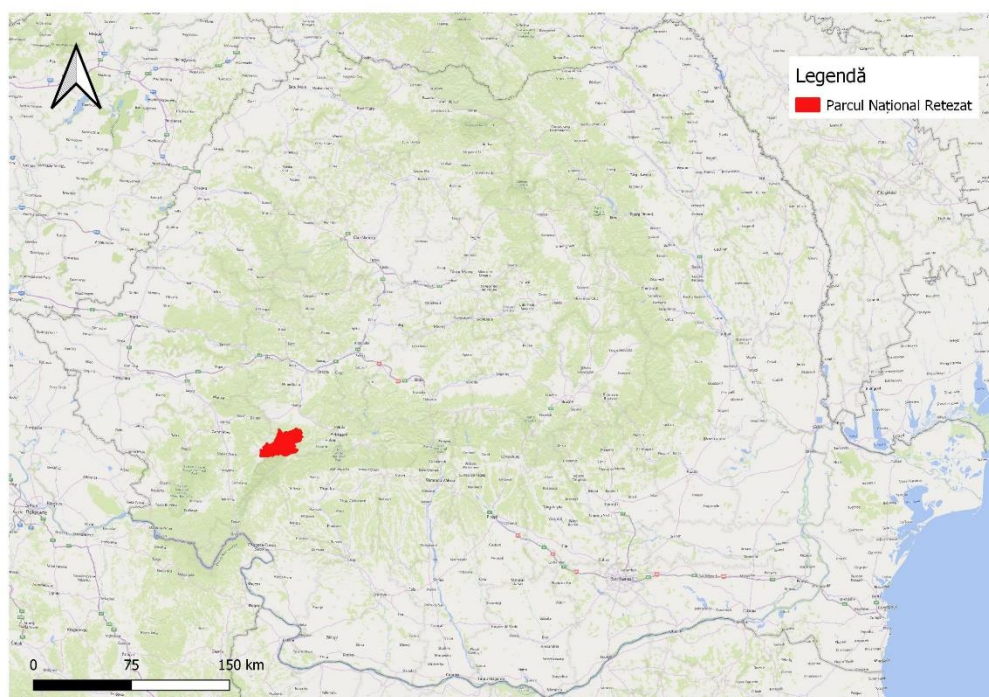
În vederea atingerii scopului și obiectivelor tezei, cercetările s-au desfășurat în Parcul Național Retezat (PNR), unul dintre cele 12 de parcuri naționale administrate de RNP-Romsilva, prin structura sa cu personalitate juridică: RNP Romsilva - Administrația Parcului Național Retezat R.A. (APNR).

Motivul pentru care PNR a fost înființat în 1935 a fost, potrivit prof. Alexandru Borza, acela că „regiunea superioară a Retezatului trebuie transformată într-un grandios parc național, o rezervațiune științifică importantă, prin adăpostirea și apărarea de orice stricăciune a vegetației și a lumii sale animale” (APNR, 2019).

PNR are o suprafață de 38.316 ha și este situat în partea de vest a Carpaților Meridionali (fig. 3.1).

PNR este renumit pentru diversitatea florală, adăpostind cca. 1.190 de specii de plante vasculare din cele peste 3.450 de specii cunoscute pentru România (Ciocârlan, 2000). Faptul că aici există mai mult de

o treime din flora României, reprezintă unul dintre cele mai importante motive pentru care zona a fost declarată parc național. La aceasta se adaugă un număr tot atât de ridicat de de specii non-vasculare.



*Fig. 3.1. Harta localizării Parcului Național Retezat*

La o analiză a întregului sistem de ANP, se poate observa foarte clar faptul că deficitul de finanțare este și mai ridicat. Siturile Natura 2000 și celelalte ANP care nu se suprapun cu parcurile naționale și naturale cu structuri de administrare create, se află în gestionarea Agenției Naționale pentru Arii Naturale Protejate, care nu beneficiază de un buget corespunzător, având implicit o capacitate tehnică și de personal scăzută, care nu permite gestionarea corespunzătoare a rețelei de ANP.

De asemenea, există o serie de parcuri naturale care, deși necesită conform legislației structură special constituită, aceasta nu este creată și funcțională, aspect ce poate duce la degradarea ireversibilă a unor elemente ale patrimoniului natural din cadrul acestor ANP.

Prin urmare, evaluarea economică a SE realizată în cadrul tezei de doctorat, vine să sprijine eforturile de îmbunătățire a nivelului de finanțare a sistemului de ANP, atribuind o valoare monetară acestor servicii. Pentru transpunerea în practică a acestui demers sunt necesari pași precum: identificarea beneficiarilor SE, dezvoltarea unor mecanisme de plată a acestor servicii și operaționalizarea acestor mecanisme prin parteneriate reciproc avantajoase.



## 4. EVALUAREA ECONOMICĂ A SERVICIILOR ECOSISTEMELOR FORESTIERE DIN PARCUL NAȚIONAL REȚEZAT

### 4.1 Introducere

Valoarea SE furnizate de pădurile din Europa este subestimată, numai o parte dintre aceste servicii fiind comercializate. Valoarea SE forestiere ar putea fi semnificativă dacă piețele prin care aceste servicii pot fi puse în valoare și comercializate ar fi dezvoltate la o scară mai mare (Forest Europe, 2020).

Un pas necesar, înainte de evaluarea SE, îl reprezintă identificarea și cartarea SE, acțiune ce trebuie realizată la nivel național de fiecare stat membru, rezultatele urmând a fi raportate Comisiei Europene. În ceea ce privește această acțiune, pentru componenta serviciilor furnizate de ecosistemele forestiere s-a elaborat o metodologie care utilizează informațiile din amenajamentul silvic privind categoriile funcționale ale pădurilor (Pache et al., 2017). Se corelează astfel zonarea funcțională a pădurilor cu sistemul de clasificare a SE, utilizând informațiile prevăzute în amenajamentele silvice întocmite pentru fondul forestier, cartându-se distribuția tipurilor de SE. Ca limitare, așa cum s-a menționat, în urma analizei reiese faptul că nu există o concordanță foarte strânsă între categoriile funcționale și SE.

În fig 4.1. este prezentată distribuția SE la nivelul PNR, în funcție de categoria funcțională prioritară. Baza de date (AS) a amenajamentului silvic prevede posibilitatea înregistrării până la 3 categorii funcționale, minimul fiind de o categorie funcțională (cea prioritară).

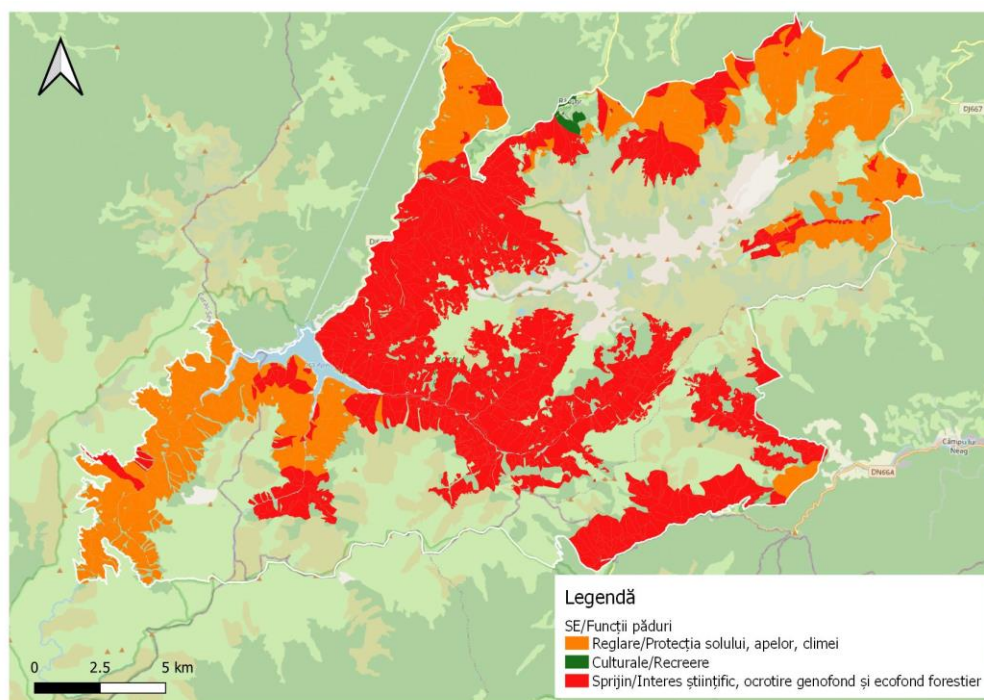


Fig. 4.1. Harta distribuției spațiale a SE la nivelul PNR

Se desprinde necesitatea surprinderii mai bune a rolului multifuncțional pe care pădurile îl au, punând astfel în valoare serviciile pe care aceste ecosisteme le furnizează. Este nevoie ca procesul de planificare

a managementului să fie unul mai participativ, la analiza rolului multifuncțional al pădurilor putând fi implicați și experți din alte domenii conexe, precum ape, turism, mediu etc.

În urma unei analize realizată la nivelul PNR, ce a avut la bază informațiile acumulate odată cu realizarea stadiului actual al cunoștințelor, datele colectate din teren și din alte surse și ținând cont totodată de volumul de lucru și timpul avut la dispoziție, au fost identificate cele mai relevante servicii ale ecosistemelor forestiere pentru care s-a calculat valoarea economică (tab. 4.1).

*Tabelul 4.1. Serviciile ecosistemelor care au făcut obiectul cercetărilor*

	Tip Serviciu	Serviciu
1	Aprovizionare	Lemn
2		Produse forestiere nelemnoase
3	Reglare	Stocarea și sechestrarea carbonului
4		Retenția sedimentelor
5	Culturale	Turism și recreere

## 4.2 Serviciul de aprovizionare - lemn

### 4.2.1 Descriere serviciu, importanță

Lemnul este o resursă naturală importantă, fiind una dintre puținele resurse regenerabile. Lemnul și produsele derivate din acesta se găsesc în toate domeniile, de la cheresteaua folosită în construcții, mobilier și o multitudine de utilizări industriale și casnice, până la PAL, hârtie și carton (FAO, 1995). Lemnul și produsele din lemn reprezintă, de asemenea, un depozit de carbon, contribuind astfel la reducerea nivelului de dioxid de carbon din atmosferă.

Din punct de vedere socio-economic, în România, industria forestieră împreună cu cea de prelucrare a lemnului reprezintă o pondere de 3,5% din produsul intern brut, în acest sector fiind implicați cca. 128 mii de angajați, în mod direct, iar alți cca. 186 mii de angajați în sectoare conexe (PwC România, 2016).

În Europa, cantitatea de lemn rotund comercializată pe piață în anul 2015 s-a ridicat la cca. 416 milioane de m<sup>3</sup>, generând cca. 20,53 miliarde de Euro (Forest Europe, 2020).

La nivel global, sectorul forestier oferă cca. 45 de milioane de locuri de muncă, veniturile din acest sector depășind 580 miliarde USD/an (FAO, 2018). Lemnul și produsele forestiere nelemnoase furnizează aproximativ 20% din venitul gospodăriilor rurale din țările în curs de dezvoltare (FAO și UNEP, 2020).

### 4.2.2 Materiale și metodă

Pentru evaluarea economică a acestui serviciu s-a utilizat metoda prețului pieței, care estimează valoarea economică a SE care sunt cumpărate și vândute pe piață.

Pentru determinarea valorii economice a resursei lemnoase ce poate fi recoltată de pe raza PNR este necesară parcurgerea următorilor pași:



- prelucrarea informațiilor prevăzute în amenajamentele silvice referitoare la creșterea medie ( $m^3/an/ha$ ) pe fiecare specie din compoziția arboretului;
- determinarea potențialului de producție de masă lemnoasă pe an (creșterea anuală totală), având la bază creșterea medie anuală pe fiecare specie și suprafața ocupată de fiecare specie în arboretele analizate;
- identificarea prețului unui metru cub de lemn pe picior ( $lei/m^3$ ).

Având în vedere contextul actual, în care Strategia Europeană pentru Conservarea Biodiversității 2030 susține creșterea suprafeței strict protejate, iar presiunea din partea unor ONG-uri, de a aplica recomandarea Uniunii Internaționale pentru Conservarea Naturii (IUCN) de 75% non-intervenție în parcurile naționale sau chiar renunțarea la orice intervenție de extragere a masei lemnoase, este în continuă creștere, se va determina valoarea economică a serviciului de furnizare cu lemn a SE forestiere în mai multe scenarii de management.

#### 4.2.3 Rezultate

Creșterea medie determinată în baza informațiilor din amenajamentele silvice este de  $2,12 m^3/an/ha$ , creșterea totală ridicându-se la cca.  $40.400 m^3/an$ . Cota de recoltă aferentă unui management forestier sustenabil (recoltarea a cca. 75% din creștere), determinată la nivelul PNR este de  $30.100 m^3/an$ .

Prețurile medii de vânzare a lemnului pe picior pe ultimii 3 ani (2018-2020) sunt: rășinoase: 186,78 lei, fag: 150,75 lei, cvercinee: 193,88 lei, diverse tari: 104,27 lei și diverse moi: 96,75 lei.

Pentru calculul contravalorii compensațiilor se utilizează prețul mediu pentru un metru cub de masă lemnoasă, stabilit prin Legea nr. 265/2017. Începând cu anul 2018 și până la finalul anului 2020 acest preț nu a fost modificat, astfel că prețul luat în calcul a fost de  $164 lei/m^3$ .

În tab. 4.5 se prezintă detaliat rezultatele evaluării economice în diferite scenarii de management.

Valoarea economică a serviciului de aprovizionare cu lemn, la nivelul PNR (scenariul nr. 4 – 0% non-intervenție), se ridică la 5.603.907 lei/an.

În baza acestei sume s-a determinat valoarea economică pentru fiecare scenariu în parte. **Pentru scenariul actual (nr. 3) – 54% non-intervenție, valoarea economică a serviciului se ridică la 2.577.797 lei/an.**

În cazul compensațiilor, scenariile s-au rezumat la calculul pentru TI. Pentru TII, s-a putut determina valoarea compensațiilor la nivelul zonării actuale, care se ridică la 284.310 lei/an, suprafața inclusă în TII fiind de 880 ha. În cazul scenariilor extreme, de intervenție totală sau non-intervenție totală, primul rând de parcele întregi nu se aplică. În scenariul de 75% non-intervenție, se estimează că suprafața pădurilor din primul rând de parcele întregi crește, crescând totodată și valoarea compensațiilor ce trebuie acordate pentru TII.

*Tabelul 4.5. Scenarii privind managementul forestier în PNR*

Nr. crt.	% non-intervenție	Descriere	Suprafață fond forestier în non-intervenție	Suprafață fond forestier cu intervenție	Pierdere venit dată de non-intervenție	Câștig din intervenție (lei)	Valoare compensații (lei)	Diferență între pierdere și compensație (lei)
1	100	Non-intervenție totală	19.057	0	5.603.907	0	13.407.743	- 7.803.836
2	75	Recomandare IUCN	14.293	4.764	4.202.930	1.400.977	10.055.983	- 5.853.053
3	54	<b>Zonare actuală</b>	<b>10.291</b>	<b>8.766</b>	<b>3.026.110</b>	<b>2.577.797</b>	<b>7.240.336</b>	<b>- 4.214.226</b>
4	0	Intervenție totală	0	19.057	0	5.603.907	0	0

*\* S-a analizat în contextul în care compensațiile ar fi plătite indiferent de tipul de proprietate*

#### 4.2.4 Discuții

Metodologia de evaluare economică a serviciului de aprovizionare cu lemn, propusă și testată în cadrul prezentei teze, reprezintă un instrument pentru analiza socio-economică necesară în contextul aplicării recomandării IUCN de privind 75% non-intervenție din parcurile naționale, dar și pentru aplicarea prevederilor Strategiei pentru conservarea biodiversității la nivel European 2030, care prevede creșterea suprafeței de protecție strictă la nivelul fiecărui stat membru până la cel puțin 10% din suprafața țării.

O astfel de analiză este necesară în procesul de luare a deciziilor privind schimbările de management, indiferent de regimul de proprietate, pentru a estima impactul economic pe care îl are o astfel de decizie. De asemenea, impactul social trebuie analizat în contextul în care forța de muncă implicată în managementul resurselor naturale va fi afectată.

O limitare a metodologiei o reprezintă neluarea în calcul a cheltuielilor de administrare a fondului forestier. Cu toate acestea, legislația obligă la administrarea fondului forestier, statul sprijinind proprietarii privați cu asigurarea cheltuielilor privind administrarea fondului forestier aflat în proprietatea acestora. În ceea ce privește calculul compensațiilor, o altă limitare o poate reprezenta faptul că în calcul a intrat suprafața de fond forestier, indiferent de tipul de proprietate.

Din rezultatele evaluării economice putem observa faptul că sumele privind compensarea pierderilor de venit, ce pot fi solicitate la plată de proprietarii de fond forestier eligibili, acoperă și depășesc considerabil pierderea de venit calculată în baza creșterii pădurii și a prețului pieței. În cazul în care creșterea pădurii înregistrează valori peste cea din legislație (4,29 m<sup>3</sup>/am/ha pentru TI), valoarea compensației începe să nu mai acopere pierderea de venit, proprietarul ieșind în pierdere.

În ceea ce privește rețeaua Natura 2000, al cărei management presupune anumite restricții, nu se beneficiază de compensații din fonduri UE la acest moment. Se recomandă identificarea unor mecanisme de plată, un prim pas reprezentându-l cuantificarea pierderilor înregistrate în urma aplicării restricțiilor în utilizarea resursei lemnoase, restricții date de aplicarea măsurilor de management necesare menținerii sau îmbunătățirii stării de conservare a speciilor și habitatelor de interes comunitar.

### 4.3 Serviciul de aprovizionare - produse nelemnoase

#### 4.3.1 Descriere serviciu, importanță

Ecosistemele forestiere furnizează o serie de produse nelemnoase, care în termeni financiari reprezintă o sursă suplimentară de venituri, extrem de importantă în anumite situații.

La nivel global, valoarea raportată a recoltei de produse nelemnoase s-a ridicat în 2015 la aproape 8 miliarde USD (FAO și UNEP, 2020), în timp ce în Europa, tot în anul 2015, valoarea de piață raportată a acestor produse a însumat cca. 4 miliarde de Euro (Forest Europe, 2020).

Conform FAO, valoarea totală estimată a produselor nelemnoase în Europa se ridică, la nivelul anului 2017, la 2,27 miliarde de euro, din care 83% provine din produse vegetale.

Potrivit unui studiu realizat la nivelul a 28 de țări europene (Lovrića, M. et. al., 2020), implicând peste 17 mii de intervievați, 86% din cantitatea totală de produse nelemnoase recoltată este utilizată pentru

consum propriu, restul intrând pe piaţa reglementată. Dacă s-ar pune pe piaţă cantitatea totală de produse nelemnoase recoltată anual, valoarea acestora ar reprezenta cca. 71% din valoarea producţiei de lemn rotund.

În România, din păcate, conform INS (2019), produsele nelemnoase reprezintă mai puţin de 2% din cifra de afaceri a unităţilor silvice, principalele produse nelemnoase fiind fructele de pădure şi ciupercile, fapt ce ne arată că potenţialul pe acest segment este încă neexplorat suficient.

Cele mai importante fructe de pădure produse de ecosistemele forestiere la nivelul PNR sunt afina, merișoara, zmeura şi mura. Importanţa este dată de istoricul recoltării şi comercializării acestor fructe de pădure, istoric ce reiese atât din amenajamentele silvice, cât şi din raportările unităţilor silvice care administrează fondul forestier.

Ciupercile comestibile cele mai frecvent întâlnire în PNR şi care sunt cele mai comercializate pe piaţă sunt hribii şi gălbiorii. Pentru alte specii de ciuperci (ex.: ghebe, trufe etc.) nu au fost identificate în literatura de specialitate valori privind productivitatea acestora, de unde reiese necesitatea de studii viitoare pentru determinarea producţiei şi a capacităţii de suport a ecosistemului.

#### **4.3.2 Materiale şi metodă**

Pentru evaluarea economică s-a utilizat metoda preţului pieţei. Aceasta estimează valoarea economică a SE care sunt cumpărate şi vândute pe piaţă. Metoda foloseşte tehnici economice standard pentru măsurarea beneficiilor economice din bunurile şi serviciile comercializate, pe baza cantităţii pe care o cumpără oamenii la preţuri diferite şi a cantităţii furnizate la preţuri diferite.

În continuare sunt prezentaţi paşii pentru determinarea valorii economice a fructelor de pădure şi ciupercilor comestibile ce pot fi recoltate de pe raza PNR.

##### ***4.3.2.1 Fructe de pădure***

În vederea evaluării cantităţii de fructe de pădure produse de ecosistemele forestiere s-a utilizat o metodologie ce are la bază indicatori precum: tipul de pădure, vârsta, consistenţa şi expoziţia arboretelor în care apar afinul, merișorul, zmeurul şi murul (tab. 4.6).

Pentru o abordare conservatoare, s-a utilizat producţia minimă (kg/ha) a ecosistemului forestier: afin – 200 kg/ha, merișor – 100 kg/ha, zmeur – 135 kg/ha, mur – 175 kg/ha (INCDS, 2018).

Date fiind condiţiile staţionale (pantă mare, soluri scheletice, sezon relativ scurt de vegetaţie), producţia minimă de mai sus a fost asociată numărului maxim de ex./ha menţionat de aceeaşi sursă pentru fiecare specie, respectiv: afin – 70.600 ex./ha, merișor – 5.000 ex./ha, zmeur – 5.500 ex./ha, mur – 3.750 ex./ha.

Se obţine astfel o cantitate de fructe de pădure/ha, care apoi este multiplicată cu suprafaţa arboretelor cu caracteristicile respective, obţinând cantitatea potenţială produsă de ecosistemele forestiere.

În continuare, pentru obţinerea valorii economice a acestui serviciu, cantităţile de fructe de pădure sunt înmulţite cu preţul pieţei (20 de lei/kg de zmeură şi de 15 lei/kg de afine, merișoare şi mure).

Tabelul 4.6. Indicatori ce stau la baza evaluării resurselor de fructe de pădure (după INCDS, 2018)

Specia	Tip de pădure	Caracteristici	Nr. ex./ha
Afin ( <i>Vaccinium myrtillus</i> )	Molidişuri și amestecuri de molid cu alte specii	Vârsta > 100 ani, consistență redusă, expoziție umbrită	70.600
		Vârsta 0-20 ani, expoziție umbrită	1.000
	Amestecuri de fag și făgete montane	Vârsta 40-60 ani, expoziție însorită	9.250
Merișor ( <i>Vaccinium vitis-idaea</i> )	Molidişuri și amestecuri de molid cu alte specii	Vârsta > 100 de ani, consistență 0.2-0.4, expoziție umbrită	5.000
Zmeur ( <i>Rubus idaeus</i> )	Molidişuri și amestecuri de molid cu alte specii	Vârsta 0-20 ani, expoziție însorită	5.500
		Vârsta 0-20 ani, expoziție umbrită	1.100
Mur ( <i>Rubus fruticosus</i> )	Molidişuri și amestecuri de molid cu alte specii	Vârsta 0-20 ani, expoziție însorită	2.400
		Vârsta 0-20 ani, expoziție umbrită	800
	Amestecuri de fag și făgete montane	Vârsta 40-60 ani, expoziție însorită	3.750

#### 4.3.2.2 Ciuperci comestibile

În mod tradițional, amenajamentele silvice nu au considerat ciupercile ca o resursă economică (Aldea et al., 2012), în principal din cauza lipsei de date și a lipsei evaluării monetare (Olah et al., 2020).

În lipsa unor informații concrete la nivel național pentru evaluarea potențialului ecosistemelor forestiere de a produce ciuperci, s-a transferat un set de variabile și parametri elaborați la nivelul unei regiuni din lanțul Carpatic (din Slovacia), o zonă cu ecosisteme forestiere relativ similare cu cele aflate în studiul tezei.

Speciile de ciuperci comestibile se află în strânsă legătură cu condițiile staționale și cu caracteristicile vegetației forestiere, astfel că au fost luate în considerare atât condițiile abiotice precum solul, regimul hidric, climatul, cât și condițiile biotice naturale, cum ar fi speciile de arbori, vârsta și consistența arboretului. Toate acestea au fost transpuse într-un set de variabile și parametri, prezentați în tab. 4.7. Următorul pas l-a reprezentat aplicarea acestor parametri pe informațiile din amenajamentele silvice.

În vederea obținerii potențialului ecosistemelor de a produce ciuperci s-a utilizat formula de mai jos, multiplicând variabilele parțiale (Olah et al., 2020):

$$PC = CA \times PE \times SA \times V \times C \quad \text{unde:}$$

PC – potențialul pentru producerea ciupercilor; CA – condițiile abiotice; PE – panta și expoziția; SA – specii de arbori din compoziția arboretului; V – vârsta arboretului; C – consistența arboretului.

Tabelul 4.7. Set de variabile și parametri pentru evaluarea potențialului ecosistemelor forestiere de a produce ciuperci (după Olah et al., 2020)

Variabilă	Valoare parametru	Descriere
<b>CA: Condiții abiotice (sol, umiditate, climat)</b>	1.0	Tipuri de soluri profunde, fără schelet în partea superioară, adesea cu solul uscat vara în partea superioară, climat cald
	0.7	Tipuri de soluri profunde, parțial umede, sau cu reacție foarte acidă a solului (pH), sau apariția unei cantități mari de schelet în partea superioară, climat cald
	0.5	Tipuri de soluri umede sau predominant umede, sau soluri scheletice, în diferite condiții climatice
	0.2	Tipuri de soluri în condiții extreme, cu soluri puțin adânci sau stâncoase, sau pe roci de calcar cu conținut scăzut de apă și capacitate scăzută de reținere, în special condiții calde
	0.0	Alte tipuri – zone inundabile, pante abrupte de calcar, soluri stâncoase, localizate în apropierea limitei altitudinale a pădurii
<b>PE: Pantă și expoziție</b>	1.0	Pantă <12° și toate expozițiile; pantă 13°–30° și expoziție S-SV
	0.8	Pantă 13°–30° și expoziție SE sau V
	0.5	Pantă 13°–30° și expoziție E
	0.2	Pantă 13°–30° și expoziție N, NE, NV
	0.0	Pantă peste 30°
<b>SA: Specii de arbori din compoziția arboretului</b>	1.0	Brad, mesteacăn, carpen, fag, molid, gorun.
	0.7	Pin silvestru, plop tremurător, tei
	0.3	Larice
<b>V: Vârsta arboretului</b>	1.0	Peste 60 de ani
	0.5	20-60 de ani
	0.0	Sub 20 de ani
<b>C: Consistența arboretului</b>	1.0	Sub 0.7
	0.8	0.8
	0.7	0.9
	0.6	1

Se determină cantitatea de hribi și gălbiori pe ha, în funcție de tipul de pădure (tab. 4.8).

Potențialul arboretelor pentru producția de ciuperci s-a corelat cu cantitatea de ciuperci, astfel: arboretele cu potențial scăzut se corelează cu producția minimă de ciuperci, ș.a.m.d.

Se obține astfel o ponderare a producției de ciuperci în funcție de tipul de sol, panta și expoziția, compoziția arboretului, clasa de vârstă și consistența. Apoi, cantitățile unitare se multiplică cu suprafața arboretelor pe fiecare clasă de potențial, rezultând producția de ciuperci pe fiecare tip de pădure și clasă de potențial.

Tabelul 4.8. Cantităţi medii pentru hribi și gălbiori pentru județul Hunedoara (Coldea, 2020)

Tip de pădure	Biomasa (kg/ha)					
	Hribi			Gălbiori		
	min	med	max	min	med	max
Gorunete cu carpen	1	2	3	0.5	1	1.5
Făgete	1.5	2.5	3.5	0.5	1	1.5
Molideto-făgete	2	3	4	0.5	1	1.5
Molidișuri	3	4.5	6	1	2	3

Valoarea economică a serviciului de aprovizionare cu ciuperci se determină în baza producției totale și a prețului pieței pentru kg de ciuperci (30 lei/kg pentru hribi și 25 lei/kg pentru gălbiori).

### 4.3.3 Rezultate

#### 4.3.3.1 Fructe de pădure

În baza tipul de pădure, vârstei, consistenței și expoziției arboretelor în care apar afinul, merișorul, zmeurul și murul au fost identificate unitățile amenajistice în care se regăsesc condițiile optime pentru producerea fructelor de pădure, distribuția spațială a acestora fiind prezentată în fig. 4.8.

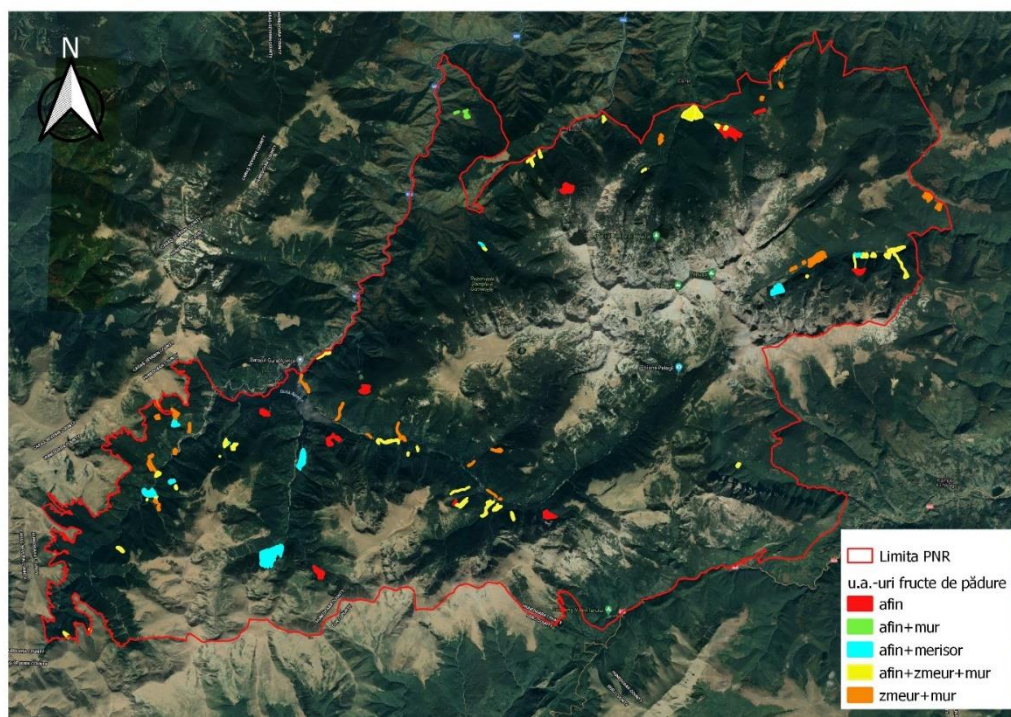


Fig.4.8. Harta distribuției spațiale a unităților amenajistice care îndeplinesc condițiile de producție a fructelor de pădure

În urma identificării acestor unități amenajistice, s-a determinat suprafața pe tip de pădure și caracteristici ale arboretului, producția de fructe de pădure la ha, valoarea economică totală și valoarea recoltei unei cantități sustenabile, pentru fiecare specie în parte și total (tab. 4.9).



Tabelul 4.9. Sinteza evaluării economice a serviciului de aprovizionare cu fructe de pădure

Specia	Tip de pădure (TP)	Caracteristici	Suprafața TP (ha)	Producție (kg/ha)	Producție totală (kg)	Preț lei/kg	Valoare totală (lei)	Valoare recoltă sustenabilă (lei)
Afin ( <i>Vaccinium myrtillus</i> )	Molidișuri și amestecuri de MO cu alte sp.	Vârsta > 100 ani, consistență redusă, expoziție umbrită	148,52	200	29.704	15	445.560	334.170
		Vârsta 0-20 ani, expoziție umbrită	88,05	3	264		3.962	2.972
	Amestecuri de fag și făgete montane	Făget 40-60 ani, expoziție însoțită	3,53	26	92		1.377	1.033
<b>TOTAL AFIN</b>			<b>240,10</b>	<b>229</b>	<b>30.060</b>		<b>450.899</b>	<b>338.175</b>
Merișor ( <i>Vaccinium vitis-idaea</i> )	Molidișuri și amestecuri de MO cu alte sp.	Vârsta > 100 ani, consistență 0.2-0.4, expoziție umbrită	76,99	100	7.699	15	115.485	86.614
<b>TOTAL MERIȘOR</b>			<b>76,99</b>	<b>100</b>	<b>7.699</b>		<b>115.485</b>	<b>86.614</b>
Zmeur ( <i>Rubus idaeus</i> )	Molidișuri și amestecuri de MO cu alte sp.	Vârsta 0-20 ani, expoziție însoțită	70,50	135	9.518	20	190.350	142.763
		Vârsta 0-20 ani, expoziție umbrită	88,05	27	2.377		47.547	35.660
<b>TOTAL ZMEUR</b>			<b>158,55</b>	<b>162</b>	<b>11.895</b>		<b>237.897</b>	<b>178.423</b>
Mur ( <i>Rubus fruticosus</i> )	Molidișuri și amestecuri de MO cu alte sp.	Vârsta 0-20 ani, expoziție însoțită	70,50	112	7.896	15	118.440	88.830
		Vârsta 0-20 ani, expoziție umbrită	88,05	37	3.287		49.308	36.981
	Amestecuri de fag și făgete montane	Vârsta 40-60 ani, expoziție însoțită	3,53	175	618		9.266	6.950
<b>TOTAL MUR</b>			<b>158,55</b>	<b>324</b>	<b>11.801</b>		<b>177.014</b>	<b>132.761</b>
<b>TOTAL VALOARE ECONOMICĂ ANUALĂ PENTRU FRUCTE DE PĂDURE ÎN PNR</b>								<b>735.973</b>



### 4.3.3.2 Ciuperci comestibile

În baza informațiilor cuprinse în amenajamentele silvice, respectiv: tipul de sol, panta și expoziția, compoziția arboretului (făcându-se media acolo unde arboretul este unul mixt), clasa de vârstă și consistența, s-au determinat valorile pentru fiecare parametru și pentru fiecare variabilă (fig. 4.9).

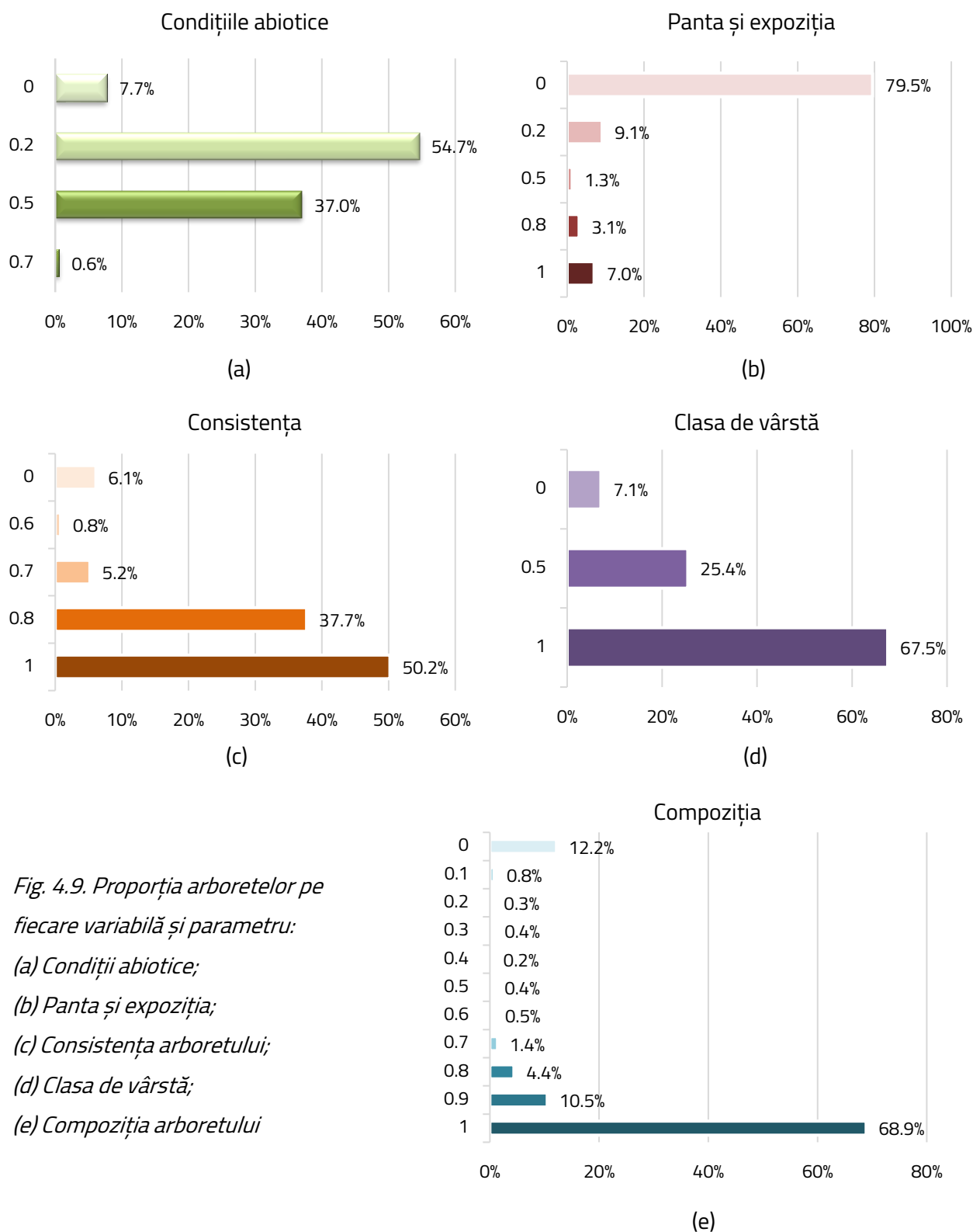


Fig. 4.9. Proportia arboretelor pe fiecare variabilă și parametru:

(a) Condiții abiotice;

(b) Panta și expoziția;

(c) Consistența arboretului;

(d) Clasa de vârstă;

(e) Compoziția arboretului

Caracteristicile arboretelor, precum clasa de vârstă și consistența denotă un potențial ridicat, însă condițiile de sol, cele de expoziție și mai ales pantă anulează acest potențial, scăzându-l foarte mult. Cca. 80% din fondul forestier se regăsește pe pantă de peste 30 grade.

Aplicând formula de estimare a potențialului de producție cu ciuperci s-au obținut următoarele rezultate:

- potențial scăzut 97% (18.515,6 ha) din ecosistemele forestiere de la nivelul PNR;
- potențial mediu 3% (519.03 ha) din ecosistemele forestiere de la nivelul PNR.

Producția medie de hribi și gălbiori la nivelul PNR, fără a lua în considerare potențialul de producție dat de caracteristicile arboretului și cele staționale, se regăsește în tab. 4.11.

*Tabelul 4.11. Producția medie de hribi și gălbiori la nivelul PNR, fără a lua în considerare potențialul de producție*

Tip de pădure	Suprafața (ha)	Biomasa (kg/ha)		Producție kg/an	
		Hribi	Gălbiori	Hribi	Gălbiori
<i>Gorunete</i>	65,8	2	1	131,6	65,8
<i>Făgete</i>	725,7	2.5	1	1.814,3	725,7
<i>Molideto-făgete</i>	3.492,9	3	1	10.478,7	3.492,9
<i>Molidișuri</i>	13.260,6	4.5	2	59.672,7	26.521,2
				<b>72.097,3</b>	<b>30.805,6</b>

În continuare s-a ponderat producția de ciuperci cu potențialul ecosistemului de a produce ciuperci, cantitățile unitare obținute multiplicându-se cu suprafața arboretelor pe fiecare clasă de potențial, rezultând producția de ciuperci pe fiecare tip de pădure și clasă de potențial.

Valoarea economică a serviciului de aprovizionare cu ciuperci (tab. 4.12) s-a determinat în baza producției totale și a prețului pieței pe kg de ciuperci. Pentru a asigura sustenabilitatea producției și un impact minim asupra resursei, cantitatea potențial a fi recoltată reprezintă numai 75% din producția totală.

**Valoarea economică a serviciului de aprovizionare cu ciuperci la nivelul PNR, pentru o recoltă sustenabilă (75% din producție), se ridică la 1.390.043 lei/an.**

Tabelul 4.12. Valoarea economică a serviciului de aprovizionare cu ciuperci

Tip de pădure	Suprafață pe clase de potențial		Producție hribi (kg/ha)		Producție gălbiori (kg/ha)		Cantitate hribi pe clase de potențial (kg)			Cantitate gălbiori pe clase de potențial (kg)			Valoare economică hribi (lei)	Valoare economică gălbiori (lei)	Valoare economică totală ciuperci PNR 75% (lei)
	scăzut	mediu	min	med	min	med	scăzut	mediu	total	scăzut	mediu	total			
Gorun cu carpen	65,6	0	1	2	0,5	1	65,6	0	65,6	32,8	0	32,8	1.968,0	820,0	2.091
Fag	680,4	45,3	1,5	2,5	0,5	1	1.020,6	113,25	1.133,85	340,2	45,3	385,5	34.015,5	9.637,5	32.740
Fag cu molid	3.341,4	151,5	2	3	0,5	1	6.682,8	454,5	7.137,3	1.670,7	151,5	1.822,2	214.119,0	45.555,0	194.756
Molid	12.936,4	322,1	3	4,5	1	2	38.809,0	1.449,45	40.258,7	12.936,4	644,2	13.580,6	1.207.759,5	339.515,0	1.160.456
<b>TOTAL VALOARE ECONOMICĂ ANUALĂ PENTRU CIUPERCI ÎN PNR</b>															<b>1.390.043</b>

#### 4.3.4 Discuții

Rezultatele obținute arată că deși potențialul productiv este relativ limitat de condițiile staționale de la nivelul PNR, potențialul economic al produselor forestiere nelemnoase este ridicat.

Managementul fondului forestier influențează în mod pozitiv producția de fructe de pădure și ciuperci, în special pentru speciile iubitoare de lumină, pe când regimul de non-intervenție conduce la creșterea consistenței arboretelor, fapt ce duce, în multe situații, la scăderea producției de fructe de pădure și ciuperci.

Determinarea valorii economice a serviciului de aprovizionare cu produse nelemnoase prezintă o serie de limitări, precum: cantitatea de fructe de pădure și ciuperci care a intrat în calculul valorii economice a fost determinată prin metoda transferului de beneficii, iar în calcul au intrat cele mai comercializate specii de pe piață. Prin urmare, valoarea economică a acestui serviciu este mult mai mare, dacă se iau în calcul alte specii de fructe de pădure și ciuperci, precum și plantele medicinale, pește, produse din vânat etc.

Recoltarea fructelor de pădure și a ciupercilor este posibilă numai în zona tampon, în limita capacității de producție și de suport a ecosistemelor, utilizând tehnologii cu impact redus. Prin urmare, în funcție de regimul de intervenție, trebuie analizată pierderea de venit care survine în urma restricțiilor impuse de legislație, în funcție de zonare, în cazul parcurilor naționale și naturale. În cazul PNR, 54% din fondul forestier este inclus în ZPS și ZPI, fapt ce implică o pierdere de venit importantă în cazul fructelor de pădure și ciupercilor, de cca. 1,15 milioane de lei/an. Pentru produsele nelemnoase nu a fost dezvoltată o metodologie de calcul a compensațiilor, astfel că metodologia de calcul a valorii economice a serviciului, adaptată și testată la nivelul tezei de doctorat, poate reprezenta un punct de plecare în acest sens.

În cadrul tezei a fost realizată distribuția spațială a zonelor (unităților amenajistice) care îndeplinesc condițiile de producție a fructelor de pădure și ciupercilor, având la bază elementele staționale (pantă, expoziție, sol), precum și cele privind caracteristicile arboretelor (tipul de pădure, vârsta, consistența și expoziția arboretelor), acest model putând fi replicat ușor, în vederea estimării producției de fructe de pădure și ciuperci, în lipsa unor date concrete rezultate în urma monitorizării pe teren.

Evaluarea economică a serviciului de aprovizionare cu produse nelemnoase din cadrul tezei a avut în vedere numai fructele de pădure și ciupercile. Pe lângă acestea, mai există și altele (pescuit, vânătoare) care nu au fost incluse în analiză din cauza volumului mare de timp necesar analizei și complexității acestora, nefiind fezabilă în cadrul tezei. Desigur, pentru o imagine completă, abordarea acestora în viitoare direcții de cercetare este de dorit. Aceasta cu atât mai mult cu cât activitățile conexe activității cinegetice și de pescuit sportiv (cazare și chiar vizitarea unor obiective turistice ale zonei) au adus și pot aduce un aport important în comunitățile locale. Chiar dacă vânătoarea în parcurile naționale este interzisă, conform legislației în vigoare, iar pescuitul sportiv este redus ca activitate, estimarea potențialului acestora ar aduce o imagine mai realistă și mai completă asupra potențialului ANP în ceea ce privește SE.

## 4.4 Serviciul de reglare - sechestrarea și stocarea carbonului

### 4.4.1 Descriere serviciu, importanță

Sechestrarea și stocarea carbonului sunt unele dintre cele mai importante servicii furnizate de ecosistemele forestiere și unele dintre cele mai puternice instrumente pentru atenuarea și adaptarea schimbărilor climatice. Valoarea acestor servicii nu este întotdeauna captată și apreciată la un nivel echitabil, oamenii beneficiind de aceste servicii fără să achite ceva în schimb.

Între anii 2010 și 2020, sechestrarea medie anuală a carbonului în biomasa forestieră a ajuns la peste 155 Mt C, iar stocul de carbon estimat în produsele din lemn recoltat a crescut de la 2,5 la 2,8 tone de carbon pe cap de locuitor, contribuind astfel la reducerea emisiilor de CO<sub>2</sub> în țările europene (Forest Europe, 2020).

În următorii ani, obiectivele privind reducerea emisiilor vor crește, ceea ce va duce la necesitatea unei piețe de carbon funcționale și stabile, care ar trebui să devină principala sursă de finanțare pentru proprietarii de păduri care aplică în mod voluntar un management specific care să permită sechestrarea și stocarea carbonului. Între timp, metodologiile de estimare a stocării și captării carbonului trebuie să fie perfecționate și gata de utilizare în practică (Pache et al., 2021).

Scopul general în cazul evaluării realizate în cadrul cercetărilor a fost de a cuantifica și de a valida procesul de evaluare prin care este calculată și monetizată cantitatea de carbon sechestrat și stocat, prin combinarea mai multor tehnici bazate pe GIS și scanarea terestră. Pe baza prețului pieței carbonului a fost aplicată metoda de evaluare monetară, care arată valoarea de piață a carbonului sechestrat pe un anumit interval de timp și zonă de interes.

Managementul forestier responsabil este cheia în procesul de atenuare și adaptare la schimbările climatice, prin crearea și menținerea unor păduri sănătoase și viguroase, care să furnizeze servicii de mediu eficiente în contextul acestor schimbări. Evaluarea monetară a carbonului este importantă în sensul în care poate evidenția impactul pe care pădurea îl are atât în contextul atenuării efectelor schimbărilor climatice, comparativ cu alte activități de atenuare a acestora, cât și în contabilitatea capitalului natural (Valatin, 2014).

### 4.4.2 Materiale și metodă

Stocarea carbonului pe o anumită suprafață de teren depinde în mare măsură de dimensiunile a patru rezervoare de carbon: carbonul în biomasa supraterană, carbonul în biomasa subterană, carbonul în materia organică a solului, carbonul în materia organică moartă.

Modelul InVEST, utilizat în cadrul tezei, agregă cantitatea de carbon stocată în aceste rezervoare în conformitate cu hărțile de utilizare a terenului și clasificările furnizate de utilizator.

Folosind hărți de utilizare/acoperire a terenului, precum și cantitatea de carbon stocată în rezervoarele de carbon amintite mai sus, acest model estimează cantitatea netă de carbon stocată într-o parcelă în timp și valoarea de piață a carbonului sechestrat în stocul rămas.

Modelul cartează stocarea carbonului cu raster-ele ce conțin informații cu privire la utilizarea/acoperirea terenului.

Având la dispoziție hărțile în format raster pentru actuala și viitoarea utilizare/acoperire a terenului, modelul poate calcula modificarea netă a stocării de carbon în timp (sechestrare și pierdere) și valoarea sa monetară. Valoarea socială a unei tone de carbon sechestrate reprezintă dauna socială evitată prin neeliberarea acelei tone de carbon în atmosferă.

Modelul de evaluare monetară estimează valoarea economică a sechestrării (nu stocării) ca o funcție a:

- cantității de carbon sechestrat;
- valorii monetare a fiecărei unități de carbon;
- ratei de reducere monetară;
- modificării valorii de sechestrare a carbonului în timp.

Ca limitare, modelul presupune că niciunul dintre tipurile de acoperire/utilizare a terenului nu câștigă sau pierde carbon în timp. În schimb, se presupune că toate tipurile de acoperire/utilizare a terenului sunt la un nivel de stocare fix, egal cu media nivelurilor de stocare măsurate din acel tip. Conform acestei presupunerii, singurele modificări ale depozitării de carbon în timp se datorează modificărilor de la un tip de acoperire/utilizare a terenului la altul.

#### **Date necesare în analiză:**

**1. Utilizarea/acoperirea actuală a terenului:** Raster cu o rezoluție de 30x30 m a fost realizat din fuzionarea a două rastere: un raster realizat în baza vectorilor disponibili din amenajamentele silvice în vigoare și un raster ce presupune diferența dintre stratul GIS cu amenajamentele silvice existente și limita Parcului Național Retezat. Acest raster a fost obținut din produsul cu utilizarea și acoperirea terenurilor la nivelul Uniunii Europene – PANGEA, obținut la rândul lui din produsul „LUCAS - Land use/cover area frame statistical survey” și din date produse prin programul Landsat – 8 (Pflugmacher et al., 2019).

**2. Anul calendaristic al utilizării/acoperirii terenului** necesar pentru calculul sechestrării carbonului și valorii economice a acesteia (2019).

**3. Rezervoarele de carbon:** Tabel care conține valori privind carbonul stocat în fiecare din cele patru rezervoare fundamentale pentru fiecare clasă de utilizare/acoperire a terenului. În cazul pădurilor, cele mai importante ecosisteme terestre din punct de vedere al sechestrării carbonului, pentru a completa clasele de utilizare/acoperire a terenului din coloana lucode s-a plecat de la datele existente în amenajamentele silvice, precum: tipul de pădure (ex.: 1.1. – Molidișuri pure, 1.2. – Molideto-brădetate etc.), consistența și vârsta actuală a arboretelor. Pentru obținerea unor rezultate care să permită estimarea cât mai fidelă a sechestrării carbonului, luând în considerare caracteristicile fiecărui arboret în parte, s-a procedat la următoarea codificare:

- pe 3 clase de consistență a arboretelor: 1 – de la 0-0.3, 2 – de la 0.4-0.6 și 3 – de la 0.7-1;
- pe 7 clase de vârstă a arboretelor - 1: 0-20 ani, 2: 21-40 ani, 3: 41-60 ani, 4: 61-80 ani, 5: 81-100 ani, 6: 101-120 ani, 7: >120 ani).

În final s-a ajuns la o codificare complexă de tipul: tip de pădure-clasă de consistență-clasă de vârstă. O imagine detaliată acestei codificări, ce include și formula utilizată în cazul calculului carbonului suprateran (ce stă la baza determinării celorlalte categorii de carbon) este prezentată în fig. 4.12.

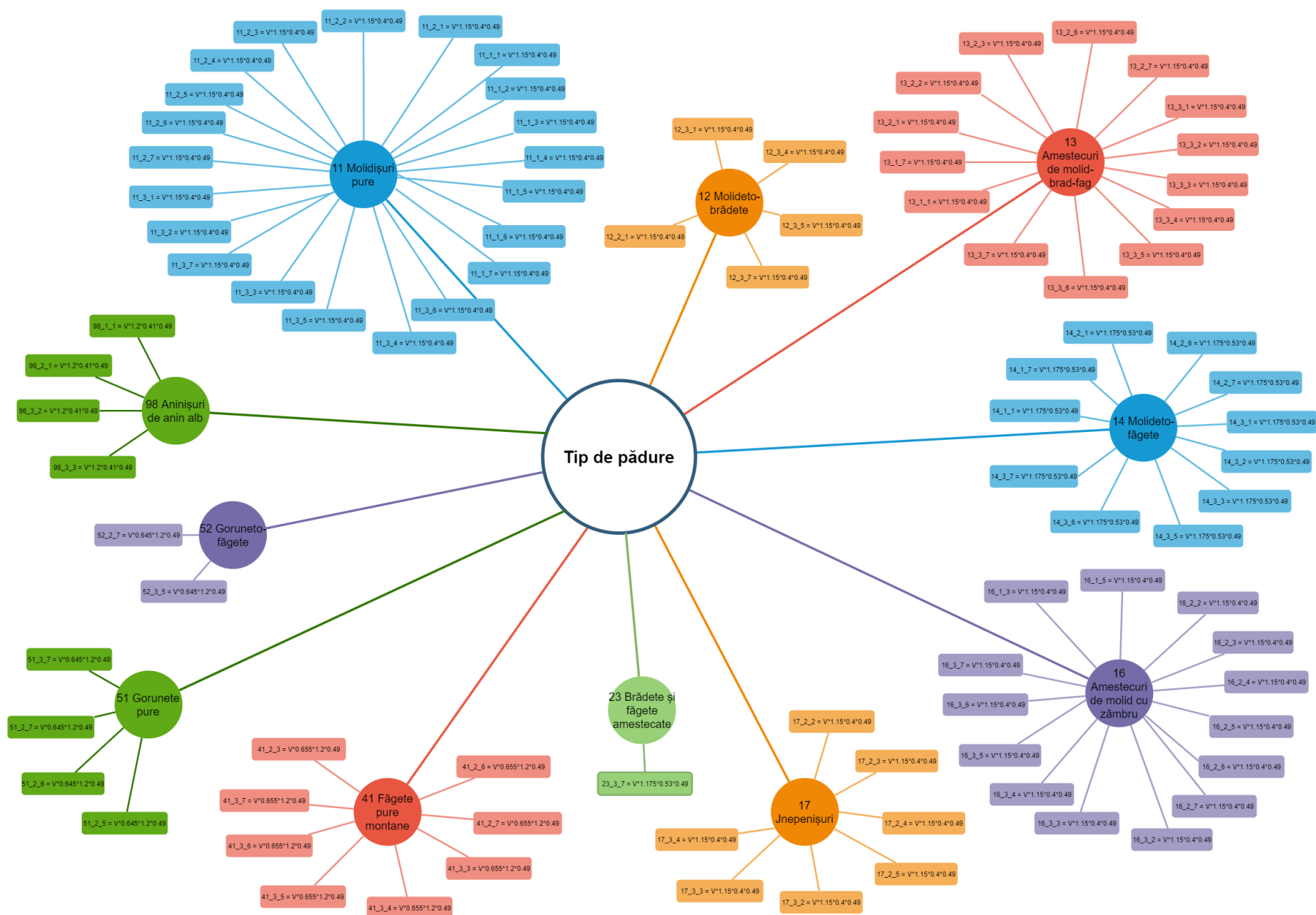


Fig. 4.12. Codificare complexă privind categoria de folosință „pădure”, ce intră în calculul carbonului

4. **Viitoarea acoperire a terenului:** raster cu viitoarea acoperire a terenului, obținut prin creșterea vârstei arboretelor din amenajamentul silvic cu 10 ani. În acest scenariu, unele arborete s-au deplasat de la o clasă de vârstă la alta, fapt ce duce în final la modificarea valorilor de stocare a carbonului.

5. **Anul calendaristic viitor al acoperirii terenului:** 2029

6. **Date economice:**

- preț/tona de carbon ( $V$  în ecuația de mai jos): prețul dat în monedă per tonă metrică de carbon elementar (nu  $\text{CO}_2$ ). Prețul mediu pe piața voluntară la nivel mondial a fost în anul 2018 de 11 USD/tC (Donofrio, S. et. al, 2019). Banca Mondială estima că pentru atingerea obiectivului de temperatură din Acordul de la Paris este necesar un preț mediu de 220 USD/tC în 2020 (Banca Mondială și Ecofys, 2018).

- rata de reducere a prețului carbonului: valoare procentuală care reflectă preferințele societății privind beneficiile imediate în comparație cu cele viitoare. Rata de reducere utilizată în calcul a fost de 0%, asumând faptul că în cei 10 ani luați în calcul biodiversitatea din cadrul PNR nu va înregistra prejudicii.

- rata anuală de modificare a prețului carbonului: valoare procentuală care ajustează valoarea carbonului sechestrat, ca impact al emisiilor de GES asupra schimbărilor climatice. Având în vedere că în următorii 10 ani reducerea GES va înregistra o creștere, însă nu una extrem de importantă, s-a utilizat în calcul o rată anuală de modificare a prețului carbonului de 1%.

Valoarea carbonului sechestrat într-o anumită perioadă de timp, pentru o anumită parcelă  $x$ , se calculează după următoarea formulă:

$$val\_sec_x = V \frac{sechest_x}{an\_viit - an\_crt} \sum_{t=0}^{an\_viit - an\_crt - 1} \frac{1}{\left(1 + \frac{r}{100}\right)^t \left(1 + \frac{c}{100}\right)^t}$$

unde:

$val\_sec_x$  - valoarea carbonului sechestrat într-o anumită perioadă de timp;

$V$  - preț/tona de carbon;

$sechest_x$  - cantitatea de carbon sechestrată în perioada de 10 ani (2029 ( $an\_viit$ )-2019 ( $an\_crt$ ));

$r$  - rata de actualizare de piață a prețului carbonului;

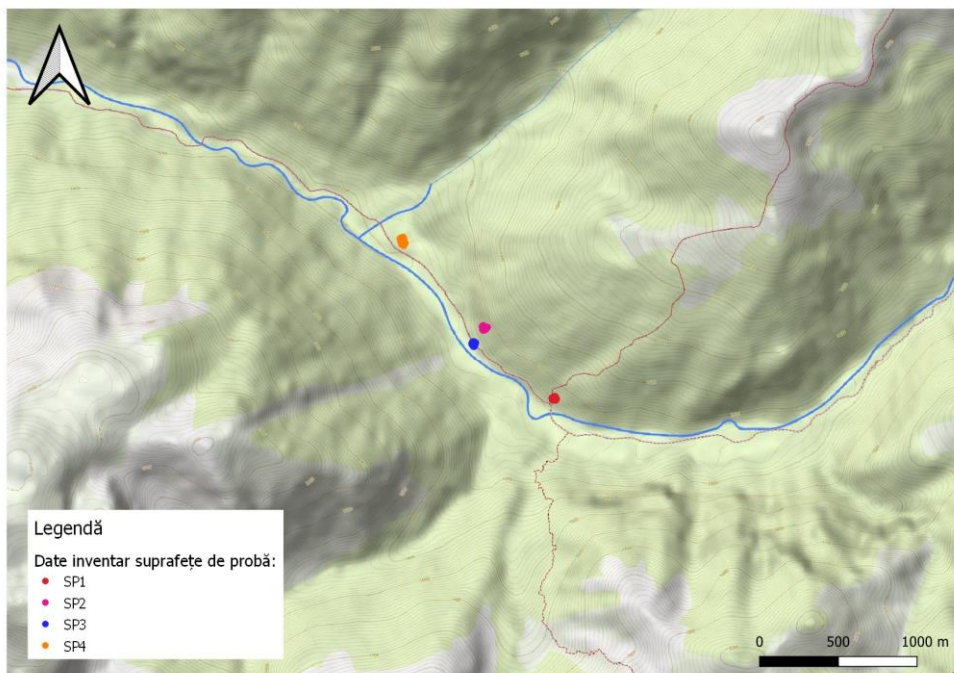
$c$  - rata anuală de modificare a prețului carbonului.

Pentru rularea modelului s-a accesat aplicația InVEST, componenta „Carbon Storage and Sequestration”, iar rezultatele au fost analizate cu software-ul open source QGIS.

### Validarea pe teren a datelor de calibrare a modelului

Pentru a valida carbonul estimat pe baza modelului InVEST, au fost amplasate 4 suprafețe de probă (SP) pe teren, în 4 arborete diferite (fig. 4.13), în care s-a folosit un scanner mobil, în vederea determinării precise a poziției fiecărui arbore, a numărului de arbori, a diametrului, a volumului și pentru a determina carbonul stocat la nivelul fiecărui arbore. Suprafața parcelei a fost circulară, având o mărimea de 900 m<sup>2</sup>, egală cu cea utilizată în modelul InVEST (pixel de 30m x 30m).





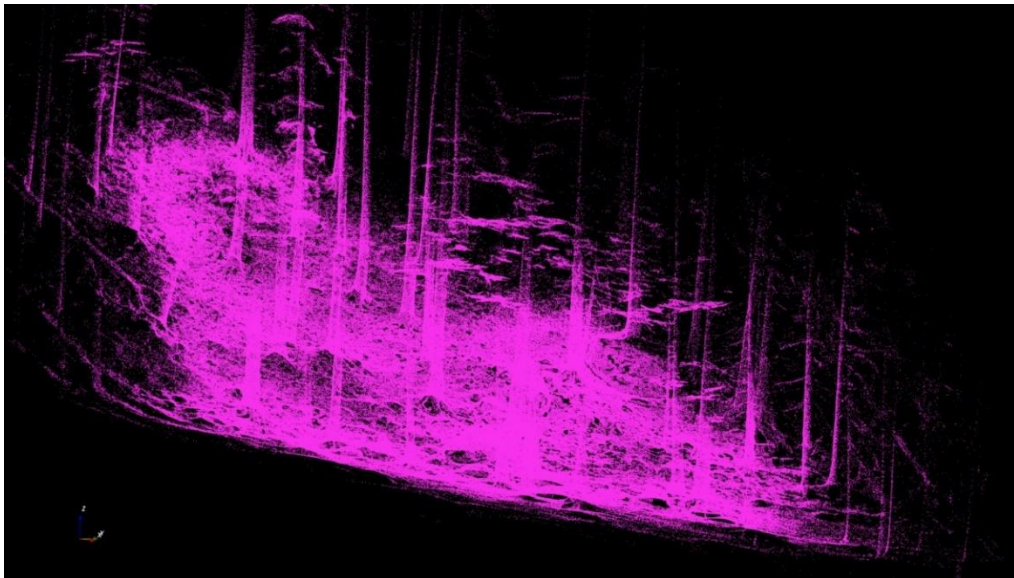
*Fig. 4.13. Amplasamentul suprafețelor de probă utilizate în validarea modelului*

La scanarea mobilă s-a utilizat GeoSlam Zeb Revo, un scanner portabil, cu o tehnologie de cartografiere 3D, tehnologie versatilă adaptată oricărui mediu.

După preluarea datelor brute din teren (fig. 4.15) acestea sunt descărcate, urmând etapa de procesare a datelor brute, utilizând GeoSLAM Desktop. Software-ul se folosește pentru înregistrarea automată a datelor captate de sistemele laser ale scannerului mobil GeoSLAM, ZEB-REVO, pentru a produce nori de puncte 3D complet aliniați (fig. 4.16).



*Fig 4.15. Colectarea datelor pe teren SP1*

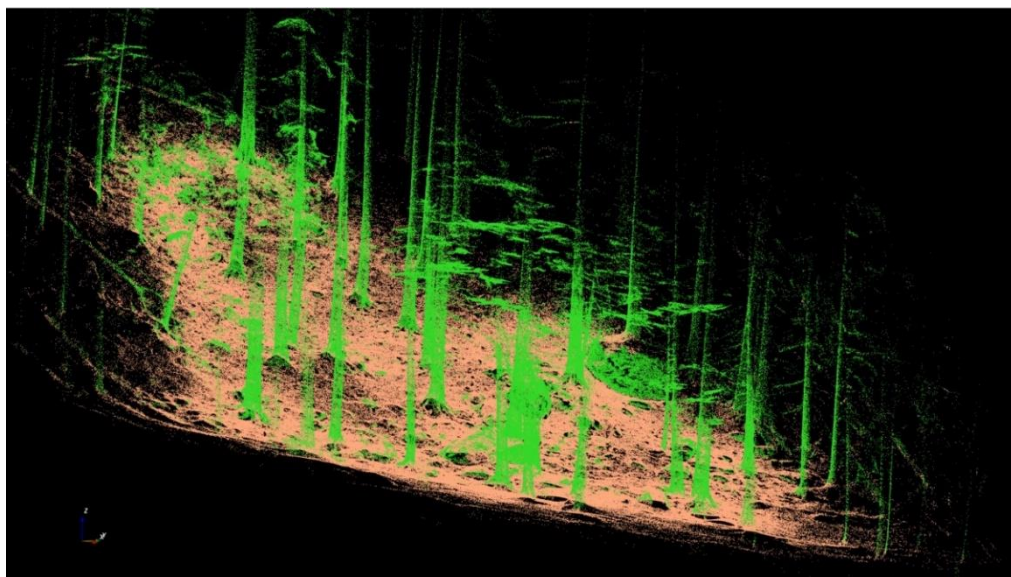


*Fig 4.16. Datele brute obținute în urma scanării în SP1*

Pentru a extrage parametrii arborilor, norul de puncte a fost procesat folosind mai mulți pași, cum ar fi separarea terenului de vegetație, individualizarea (segmentarea) arborelui, determinarea caracteristicilor arboretului și a fiecărui arbore, precum și determinarea volumului suprateran al arborelui, folosind aplicația 3D Forest ([www.3DForest.eu](http://www.3DForest.eu)).

### **Separarea terenului de vegetație**

Prin această acțiune se elimină informațiile scanate aferente terenului, obținându-se numai informațiile aferente vegetației (fig. 4.17).



*Fig 4.17. Separarea terenului de vegetație în cazul SP1*

### **Individualizarea arborilor - segmentarea**

Metoda presupune folosirea unor algoritmi foarte complecși, prin care se realizează: 1. deosebirea punctelor care reprezintă solul de punctele care definesc vegetația forestieră; 2. crearea modelului digital



al terenului; 3. identificarea trunchiurilor arborilor (detectarea automată a arborilor); 4. reconstrucția arborilor (fig 4.18).

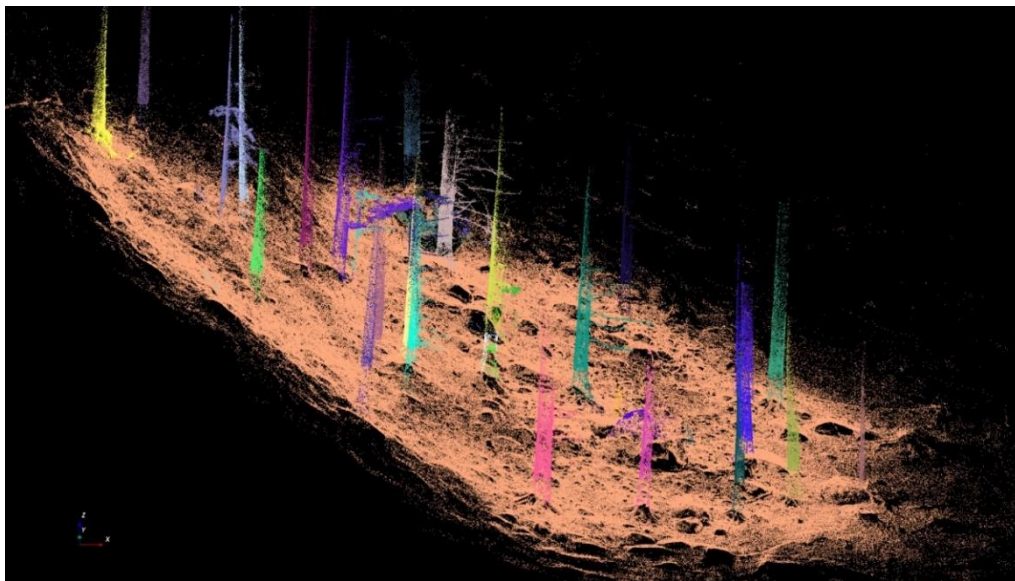


Fig 4.18. Individualizarea arborilor din SP1

#### Determinarea caracteristicilor arboretului și ale fiecărui arbore

Pentru a caracteriza arboretul au fost determinate caracteristicile fiecărui arbore, stabilindu-se principalele elemente taxatorice și spațiale necesare acestui lucru, precum: poziția (x, y, z), diametrul de bază (DBH), înălțimea (H), forma fusului (fig. 4.19).

#### Determinarea volumului suprateran al arborelui

Volumul suprateran s-a determinat pe baza norului de puncte. Pentru a obține carbonul total stocat de fiecare arbore din SP pentru validare ( $C_{tree}$ ), a fost utilizată formula de mai jos, rezultată din ecuații unificate bazate pe diametrul la 1,3 m (DBH) la molid, conform unor studii anterioare (Aalde et al., 2006; Mukkonen, 2007; Wellbrock et al., 2017). A fost utilizată această formulă deoarece molidul a reieșit ca fiind majoritar în SP utilizate pentru validare.

$$C_{tree} = 5.73 - 2.45 \times DBH + 0.316 \times DBH^2$$

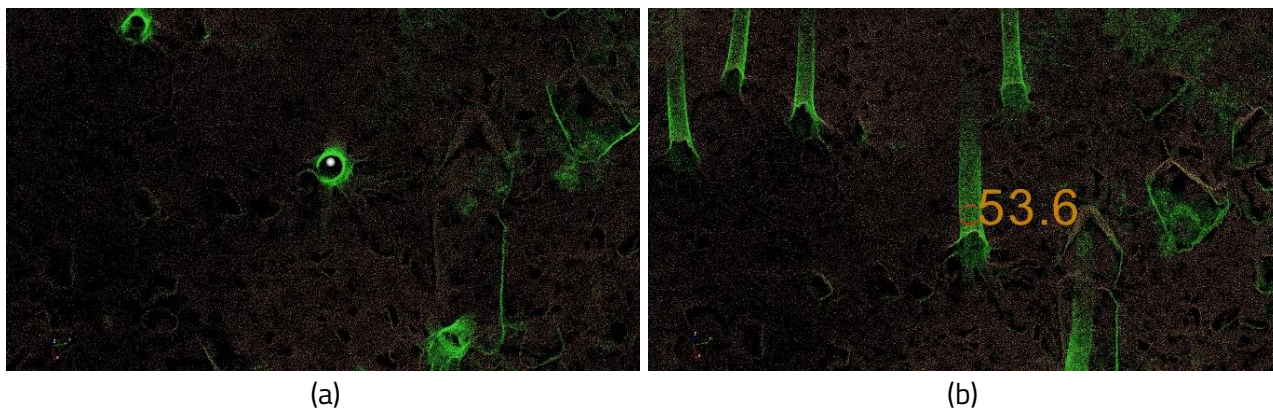


Fig 4.19. Determinarea caracteristicilor arborilor: (a) poziția arborilor; (b) diametrul (DBH)

#### 4.4.3 Rezultate

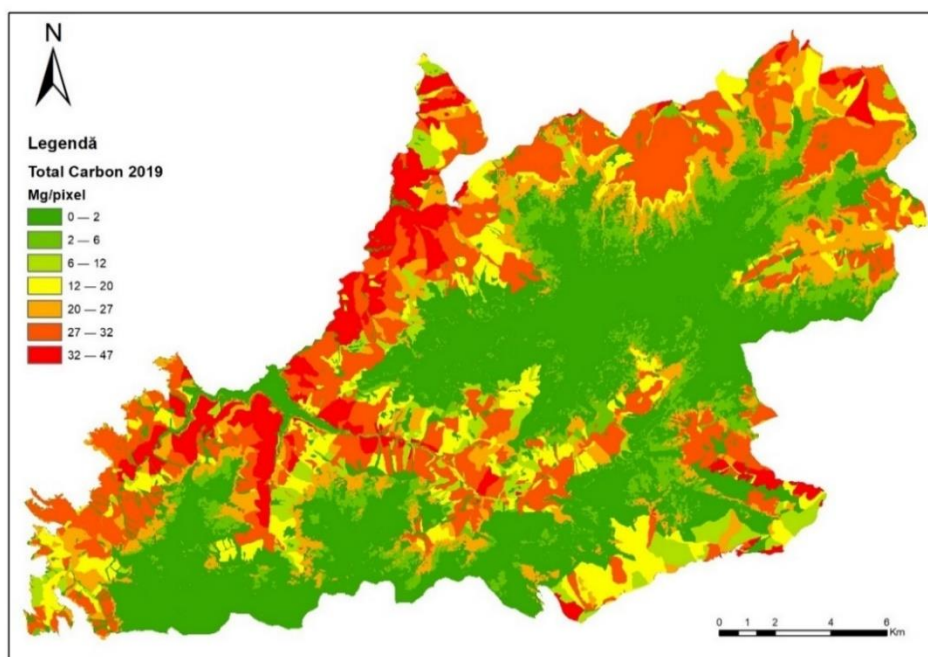
##### Carbonul sechestrat și stocat la nivelul Parcului Național Retezat

Datele geo-spațiale din amenajamentul silvic au îmbunătățit rezultatele extrase cu ajutorul modelului „Carbon” din aplicația InVEST. Astfel, după rularea modelului, rezultatele au fost descrise nu numai ca un rezumat al tuturor datelor calculate de model (tab. 4.13), ci și sub formatul unei matrice geospațiale, un raster care conține cantitatea de carbon distribuită pe un pixel cu suprafața de 900 m<sup>2</sup> (fig. 4.21).

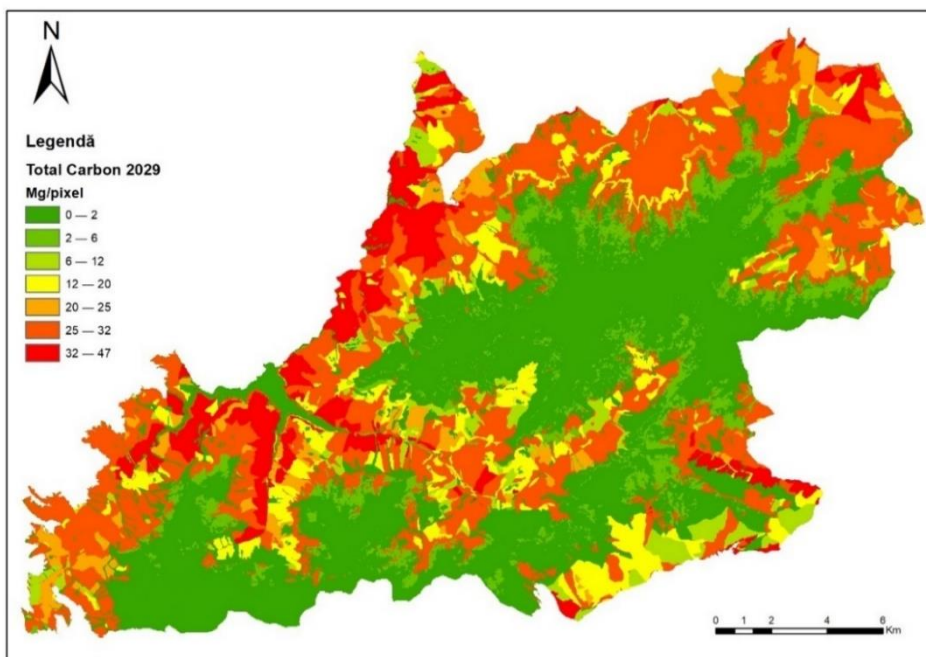
*Tabelul 4.13. Rezumatul datelor calculate de modelul „Carbon”*

Date modelate	Valoare	U.M.
Total stoc carbon 2019	6.021.295	Mg C
Total stoc carbon 2029	6.252.395	Mg C
Diferența C (2029-2019)	231.100	Mg C
Valoarea netă/10 ani (11 USD/tC – preț actual)	2.431.777	USD
	9.970.286	lei
Valoarea netă/10 ani (220 USD/tC – preț atingere țintă Acord Paris)	48.635.541	USD
	199.405.718	lei

Rasterele de stocare a carbonului arată cantitatea de carbon stocată în fiecare pixel pentru scenariul actual (2019) (fig. 4.21a) și pentru scenariul viitor (2029) (fig. 4.21b). Acestea constau din suma tuturor rezervoarelor de carbon cerute de model, cu o defalcare a carbonului în fiecare rezervor, în medie cu 30% deasupra solului, 9% subteran, 53% sol și 8% materie organică moartă (Aalde et al., 2006). Cea mai importantă cantitate de depozitare poate fi observată în arboretele în vârstă (de la culoarea portocalie la roșie). Valorile modelate au menținut tendința normală și, cu cât arboretele sunt mai tinere, cu atât cantitatea stocată de carbon este mai mică.



(a)



(b)

Fig. 4.21. Hărțile stocării carbonului: (a) carbon stocat în scenariul actual (2019); (b) carbon stocat în scenariul viitor (2029)

Modelul oferă și rezultate intermediare sub formă de raster, pe fiecare rezervor de carbon în parte.

Rasterul de sechestrare (fig. 4.23) arată diferența de carbon stocat între acoperirea terenurilor viitoare și cea actuală. Valorile pozitive indică carbon sechestrat, iar cele negative carbon pierdut. Cea mai mare rată de sechestrare a carbonului a fost înregistrată în arboretele tinere, cu vârsta mai mică de 100 de ani. S-a utilizat vârsta arboretelor din amenajamentele silvice, observându-se faptul că majoritatea arboretelor bătrâne, cu vârste de peste 120 de ani, pierd carbon într-un interval de timp de 10 ani.

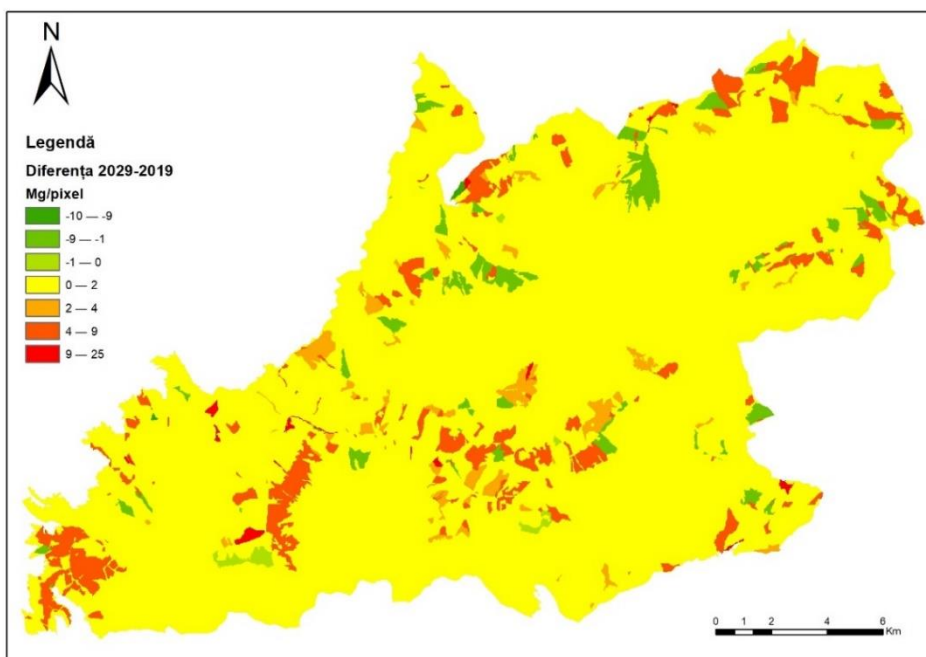


Fig. 4.23. Harta distribuției carbonului sechestrat (câștig și pierdere în 10 ani).



## Estimarea carbonului utilizând scannerul terestru mobil

În cele 4 SP au fost eşantionaţi 170 de arbori, modelele norului de puncte conţinând, în medie, 12.200 de puncte/arbore. Rezultatele ne arată faptul că stocul de carbon variază de la 6,74 Mg de C (SP3), SP cu cel mai mare număr de arbori, până la 27,88 Mg de C (SP2) și 27,41 Mg de C (SP4), în parcelele care au un număr semnificativ mai mic de arbori, dar cu valori mai mari ale mediei DBH (0,58 și 0,55 m), comparativ cu SP3. SP1 rămâne la 22,75 Mg de C, cu un DBH (0,52 m) comparativ cu SP2 și SP4 (tab. 4.14).

Cea mai mare abatere standard s-a înregistrat în SP2, cu variația diametrului de la 0,18 m la 0,93 m.

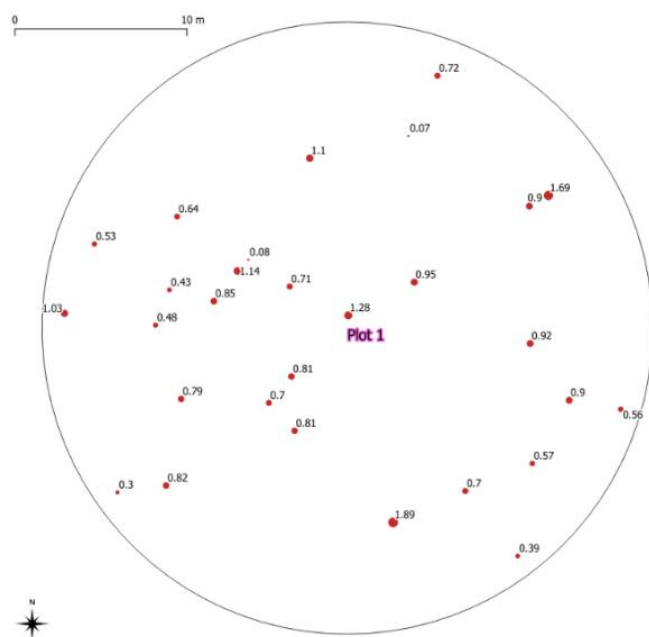
În urma comparației rezultatelor modelate de InVEST în baza amenajamentelor silvice la nivel de unitate amenajistică, cu cele din SP scanate în teren, ierarhia SP a rămas aceeași, iar diferențele înregistrate s-au situat între 1% și maxim 6%.

Tabelul 4.14. Statistica descriptivă a suprafețelor de probă

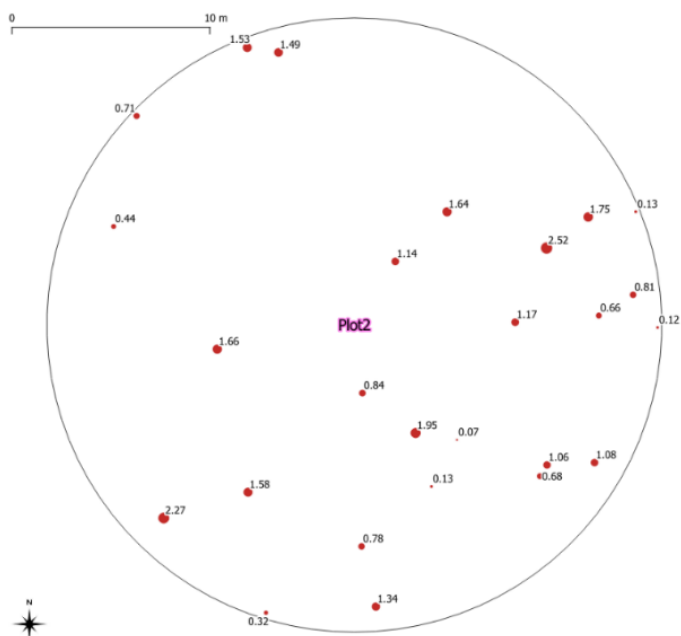
Statistici	SP1		SP2		SP3		SP4	
	D <sub>1,30m</sub>	C kg	D <sub>1,30m</sub>	C kg	D <sub>1,30m</sub>	C kg	D <sub>1,30m</sub>	C kg
<i>Media</i>	0,52	784,61	0,58	1.072,31	0,16	79,35	0,55	913,73
<i>Eroarea standard</i>	0,03	74,08	0,04	132,96	0,01	17,27	0,03	89,46
<i>Mediana</i>	0,54	785,41	0,62	1.070,41	0,12	20,32	0,56	856,75
<i>Abaterea standard</i>	0,14	398,93	0,21	677,95	0,1	159,26	0,16	490,01
<i>Dispersie de sondaj</i>	0,02	159.114,57	0,04	459.621,42	0,01	25.363,72	0,03	240.109,96
<i>Indice de aplatizare</i>	1,36	1,63	-0,6	-0,59	5,06	11,44	-0,38	-0,73
<i>Indice de asimetrie</i>	-0,45	0,78	-0,44	0,28	2,26	3,38	-0,51	0,11
<i>Amplitudinea</i>	0,62	1.811,22	0,75	2.455,52	0,49	818,16	0,63	1.866,25
<i>Minimă</i>	0,19	74,21	0,18	66,72	0,06	2,27	0,19	73,26
<i>Maximă</i>	0,81	1.885,43	0,93	2.522,24	0,55	820,43	0,82	1.939,5
<i>Suma</i>	15,04	22.753,7	15,18	27.880,06	13,42	6.744,72	16,58	27.411,84
<i>Număr arbori</i>	29	29	26	26	85	85	30	30

Suprafața de probă cu cea mai mică sechestrare a carbonului a rămas SP3, cu 6,95 Mg C, supraestimată cu 3%. SP1, prezintă o valoare a carbonului supraestimată cu aproximativ 1% până la o valoare de 22,82 Mg C, față de 22,75 Mg C din valorile estimate cu scanner-ul mobil. SP2 a fost supraestimată de modelul adaptat InVEST cu 3% față de 27,88 Mg C estimat cu scanner-ul mobil. La nivelul SP4 s-a înregistrat cea mai mare diferență între datele modelate cu InVEST (29,12 Mg C) și cele obținute în urma scanării din teren (27,41 Mg C), respectiv cca. 6%.

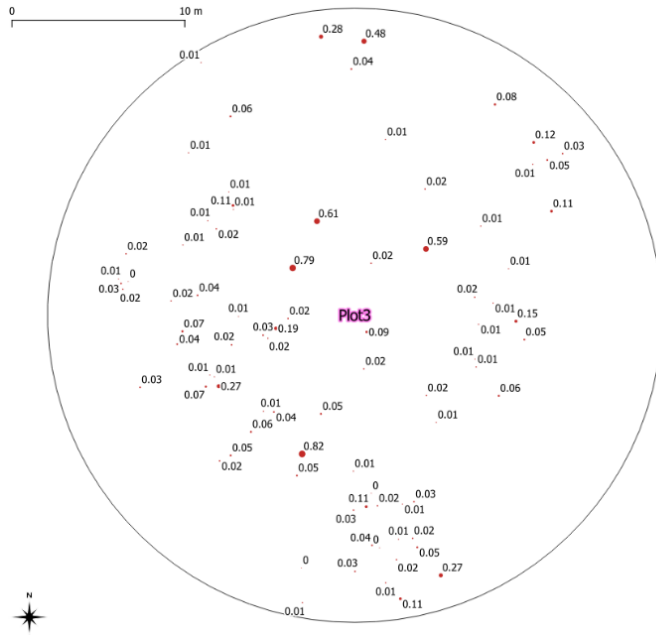
Figura 4.24 prezintă informații cu privire la poziția arborei, eșantionul norului de puncte și valoarea carbonului calculat la nivelul fiecărui arbore pentru fiecare dintre suprafețele de probă.



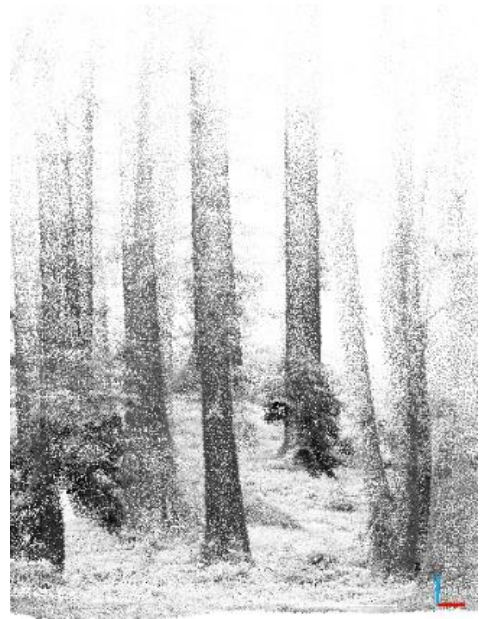
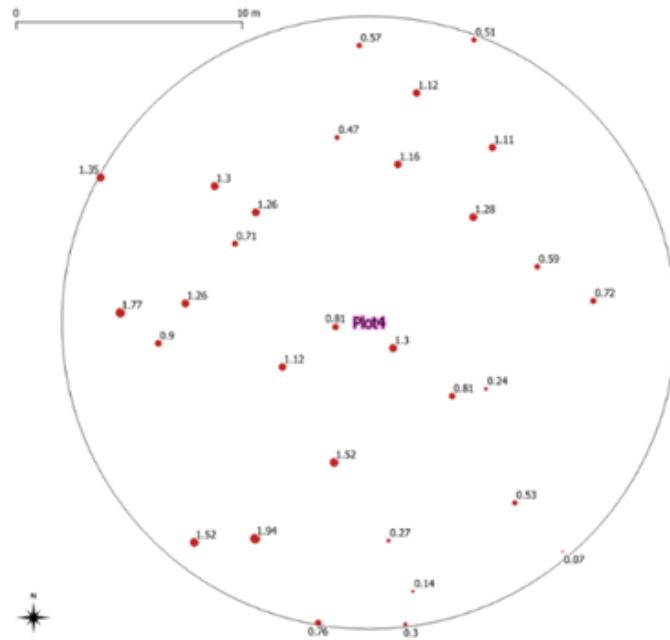
(a)



(b)



(c)



(d)

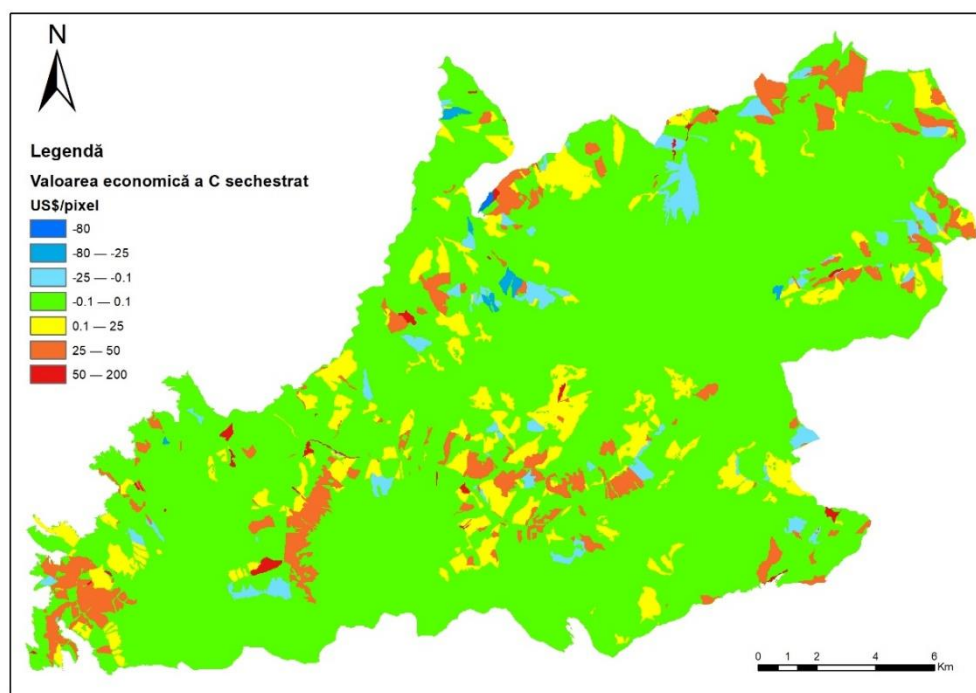
Fig. 4.24. Poziția arborilor, eșantionul norului de puncte și carbonul calculat la nivelul fiecărei arbore, pentru: (a) SP1, (b) SP2, (c) SP3, (d) SP4



## Evaluarea monetară a sechestrării carbonului

Folosind datele economice menţionate (11 USD/tC), simularea a generat un raster cu valoarea economică (monedă pe pixel) a carbonului sechestrat în scenariile actual şi viitor (fig. 4.25).

**Valoarea economică totală a serviciului de sechestrare a carbonului din PNR a fost estimată la 2.431.777 USD pentru perioada de 10 ani 2019–2029.** De asemenea, a fost rulat modelul folosind preţul carbonului necesar pentru atingerea obiectivului de temperatură stabilit în Acordul de la Paris (220 USD/tC, introdus în model), suma ridicându-se la 48.635.541 USD pentru aceeaşi perioadă. Conform distribuţiei spaţiale a valorii economice a carbonului sechestrat, se pot evidenţia zone cu valori ridicate, grupate în jurul arboretelor tinere, cu o capacitate mare de sechestrare a carbonului.



*Fig. 4.25. Harta distribuţiei spaţiale a valorii economice a carbonului sechestrat*

### 4.4.4 Discuţii

Combinarea diverselor tehnologii pentru a cuantifica, vizualiza distribuţia spaţială şi monetiza sechestrarea şi stocarea carbonului, reprezintă un instrument important pentru manageri, factori de decizie şi proprietarii de terenuri.

Modelul InVEST este un instrument eficient în studiile de sechestrare a carbonului, deoarece poate fi calibrat folosind date din alte studii, cum ar fi amenajamentele silvice. Rezultatele cercetărilor demonstrează cu date din teren că acest model adaptat poate fi aplicat rapid şi cu succes pentru a evalua carbonul sechestrat şi stocat de un ecosistem şi pentru a monetiza valoarea acestui serviciu, model ce poate fi utilizat pentru plăţi viitoare la nivel de hectar de pădure.

Datele colectate pe teren ne arată faptul că utilizarea informaţiilor din amenajamentele silvice a oferit o calibrare fiabilă a modelului InVEST. Diferenţele dintre estimarea modelului şi datele colectate prin scanare pe teren au fost de la 1% la 6%. Astfel, datele din aceste amenajamente sunt suficient de precise

și pot fi utilizate în evaluarea economică a carbonului sechestrat. Pentru replicarea metodologiei de evaluare prezentată în cadrul cercetărilor, în special la nivel local, se recomandă efectuarea unei validări prin intermediul datelor colectate pe teren, prin scanare terestră, așa cum s-a procedat în cazul de față.

Modelul poate fi aplicat în orice pădure gestionată, rezultând valori monetare mai scăzute ale sechestrării carbonului, compensate însă de câștigul financiar obținut din valorificarea masei lemnoase.

Plățile pentru serviciile ecosistemelor bazate pe carbon se recomandă să fie luate în considerare în mod serios și susținute de factorii de decizie politică și beneficiarii acestor servicii (Neugarten et al., 2018). Plățile trebuie să sprijine gestionarea ecosistemelor pentru a furniza serviciile la un nivel care să permită atingerea obiectivelor climatice asumate în ultimul timp la nivelul UE, precum și la nivel mondial.

Uniunea Europeană va lansa în anul 2021 inițiativa Carbon Farming, care să încurajeze sectoarele agricultură și silvicultură să contribuie la implementarea Pactului Verde European. Inițiativă va acorda stimulente financiare pentru activități și practici de management prin care se sechestrează și stochează carbon din atmosferă, pentru domeniul silvicultură eligibile fiind înființarea de noi păduri, reconstrucția ecologică a pădurilor degradate și îmbunătățirea managementului pădurilor existente. UE va reglementa certificarea eliminării carbonului din atmosferă, pe baza unei contabilizări solide și transparente a carbonului, monitorizând și verificând autenticitatea eliminărilor de carbon (UE, 2021).

Implementarea acestor mecanisme va presupune și evaluarea gradului în care o anumită practică de management îndeplinește obiectivele propuse. Aceasta va fi realizată prin determinarea cât mai precisă a cantității de carbon stocat, precum și pentru estimarea cantității de carbon sechestrat pe o anumită perioadă de timp, modelul propus și testat în cadrul tezei putând fi utilizat cu succes.

## **4.5 Serviciul de reglare – retenția sedimentelor**

### **4.5.1 Descriere serviciu, importanță**

Afectarea stocurilor de apă la nivel mondial, ca o consecință a sedimentării rezervoarelor, reprezintă o problemă din ce în ce mai acută. Astfel, este necesară o gestionare eficientă a sedimentelor pentru a spori eficiența amenajărilor hidroenergetice și pentru a prelungi durata de viață a acestora, evitând astfel pierderi economice și de mediu (Kawashima, 2007).

Schimbarea utilizării terenurilor și modificările practicilor de management al terenurilor pot modifica dramatic cantitatea de sedimente care se află în bazinul hidrografic.

Serviciul de retenție a sedimentelor furnizat de ecosistemele naturale este de mare interes pentru gestionarii resurselor de apă. Înțelegerea modalităților în care sunt produse și transportate sedimentele permite managerilor să proiecteze strategii îmbunătățite pentru reducerea cantităților de sedimente.

În anul 1974 a început construirea Amenajării Hidroenergetice Râul Mare Retezat, care cuprinde lacul de acumulare și barajul Gura Apelor, împreună cu hidrocentralele Retezat și Clopotiva, cu o putere instalată de 349 MW și o producție medie anuală de 629,5 GWh. Lacul Gura Apelor se găsește în interiorul PNR.

#### 4.5.2 Materiale și metodă

Metoda utilizată în cazul evaluării serviciului de retenție a sedimentelor este metoda costului evitat, metodă ce estimează valoarea serviciului ecosistemului pe baza costurilor de evitare a daunelor provocate de pierderea acestor servicii.

Pentru evaluarea serviciului de retenție a sedimentelor este necesară determinarea indicelui de retenție a sedimentelor, care reprezintă eroziunea evitată prin utilizarea curentă a terenului, în comparație cu solul gol. Pentru determinarea acestui indice s-a utilizat modelul InVEST „Raportul de transport al sedimentelor - Sediment Delivery Ratio (SDR)”, care are ca obiectiv cartarea generării de sedimente și transportul acestora în cursul de apă, informațiile putând fi utilizate pentru a studia serviciul de retenție a sedimentelor într-un bazin hidrografic.

În urma calculului eroziunii solului evitată prin actuala utilizare a terenului, se va evalua monetar acest serviciu, determinând costul necesar pentru decolmatarea sedimentelor ce ar fi ajuns în aval (în lacul de acumulare Gura Apelor și salba de lacuri din aval) dacă nu ar fi fost pădurea ce acoperă bazinele hidrografice.

**Indicele de retenție a sedimentelor:** modelul calculează acest indice după cum urmează:

$$R_i \cdot K_i \cdot LS_i (1 - C_i P_i) \times SDR_i$$

ceea ce reprezintă eroziunea solului evitată prin utilizarea curentă a terenului, în comparație cu solul gol, ponderată de factorul SDR.

#### **Eroziunea solului:**

Cantitatea anuală de sol erodat pe pixel  $i$ ,  $usle_i$  (unități:  $\text{tone} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ ), este dată de ecuația universală revizuită a eroziunii solului (RUSLE1):

$$usle_i = R_i \times K_i \times LS_i \times C_i \times P_i$$

unde:

$R_i$  - indicele de erozivitate al precipitațiilor (unități:  $\text{MJ} \cdot \text{mm} (\text{ha} \cdot \text{h})^{-1}$ );

$K_i$  - coeficientul de erodabilitate a solului (unități:  $\text{ton} \cdot \text{ha} \cdot \text{h} (\text{MJ} \cdot \text{ha} \cdot \text{mm})^{-1}$ );

$LS_i$  - factor de lungime a pantei (adimensional);

$C_i$  - utilizarea/acoperirea terenului (adimensional);

$P_i$  - factor de impact al practicilor de combatere a eroziunii (Renard et al., 1997; Bhattarai și Dutta, 2006) (adimensional).

#### **Raportul de transport al sedimentelor:**

- indicele de conectivitate (IC) pentru fiecare pixel (Borselli et al., 2008). Descrie legătura hidrologică dintre sursele de sedimente și locul de acumulare;
- raportul SDR pentru un pixel  $i$  este apoi derivat din indicele de conductivitate IC:

$$SDR_i = \frac{SDR_{max}}{1 + \exp\left(\frac{IC_0 - IC_i}{k}\right)}$$

unde  $SDR_{max}$  este SDR teoretic maxim, setat la o valoare medie de 0,8, iar  $IC_0$  și  $k$  sunt parametri de calibrare care definesc forma relației SDR-IC

### Date necesare pentru rularea modelului

Modelul digital de elevație (DEM). Reprezintă un set de date de tip raster (fig. 4.28) cu o valoare de altitudine pentru fiecare celulă, ce trebuie să se extindă dincolo de bazinul hidrografic studiat, pentru a asigura dirijarea corectă a fluxului de sedimente [unități: *metri*].

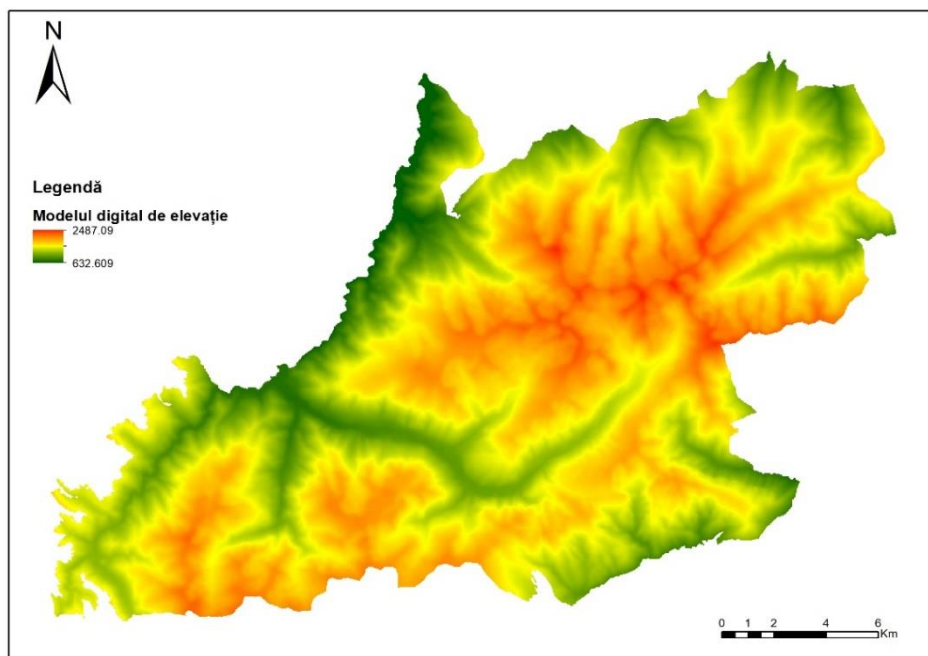


Fig. 4.28. Harta modelului digital de elevație la nivelul PNR

Indicele de erozivitate al precipitațiilor (R). Set de date de tip raster cu o valoare a indicelui de erozivitate pentru fiecare celulă (fig. 4.29). Cu cât intensitatea și durata ploii sunt mai mari, cu atât potențialul de eroziune este mai mare [unități:  $MJ \cdot mm \cdot (ha \cdot h)^{-1}$ ].

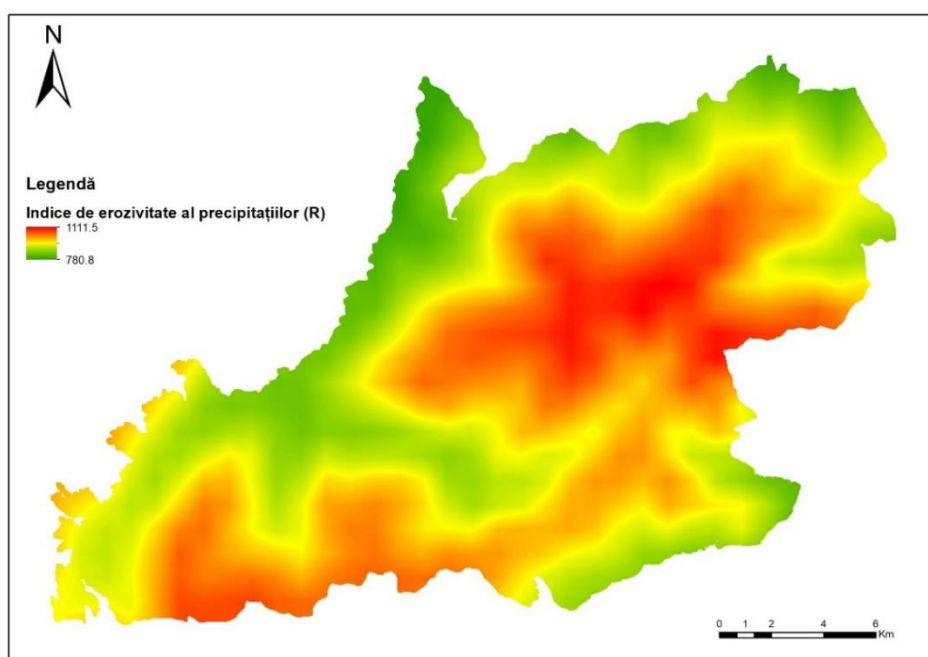
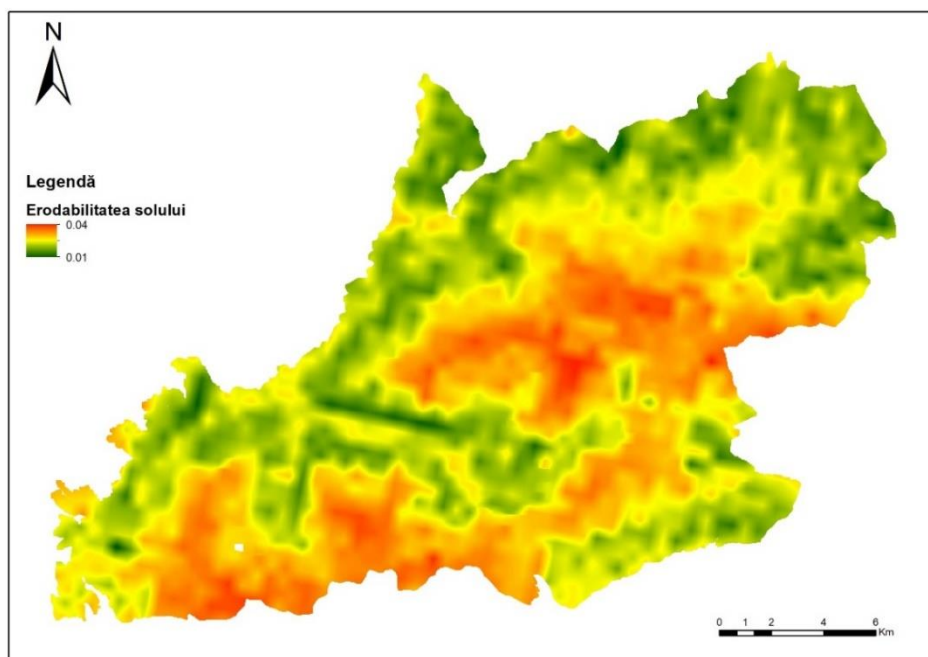


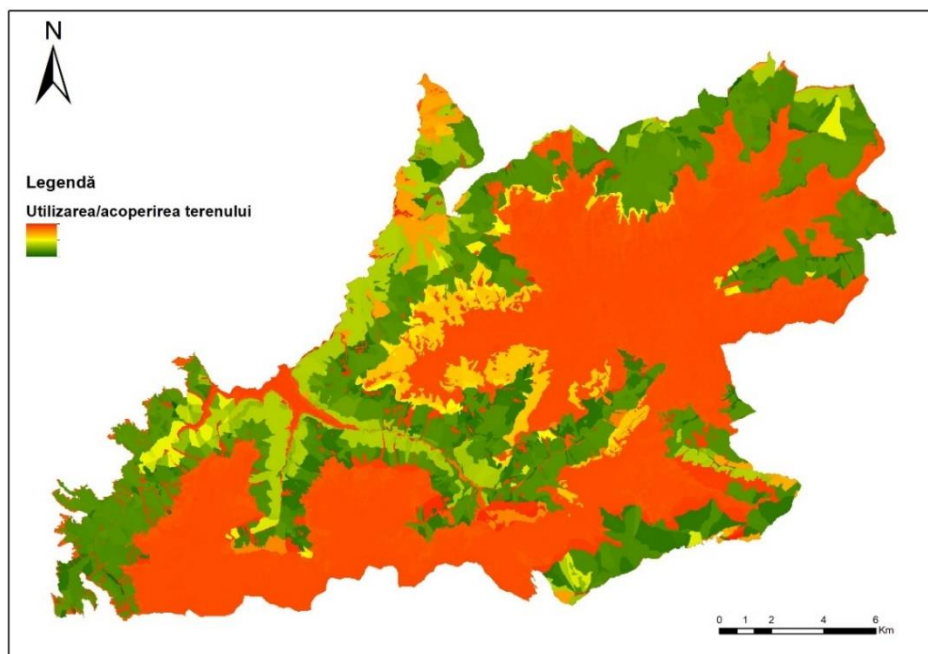
Fig 4.29. Harta indicelui de erozivitate al precipitațiilor la nivelul PNR

Erodabilitatea solului (K). Set de date de tip raster, cu valoarea indicelui de erodabilitate a solului pentru fiecare celulă (fig. 4.30). Erodabilitatea solului reprezintă sensibilitatea particulelor de sol la detaşare şi transport [unităţi:  $\text{tone}\cdot\text{ha}\cdot\text{h} (\text{MJ}\cdot\text{ha}\cdot\text{mm})^{-1}$ ].



*Fig. 4.30. Harta erodabilităţii solului la nivelul PNR*

Utilizarea/acoperirea terenului (fig. 4.31).



*Fig. 4.31. Harta utilizării/acoperirii terenurilor la nivelul PNR*

Bazinele hidrografice. Polygon de tip shapefile care include bazinele hidrografice suprapuse cu parcul naţional. Acestea sunt reprezentate în fig. 4.32.



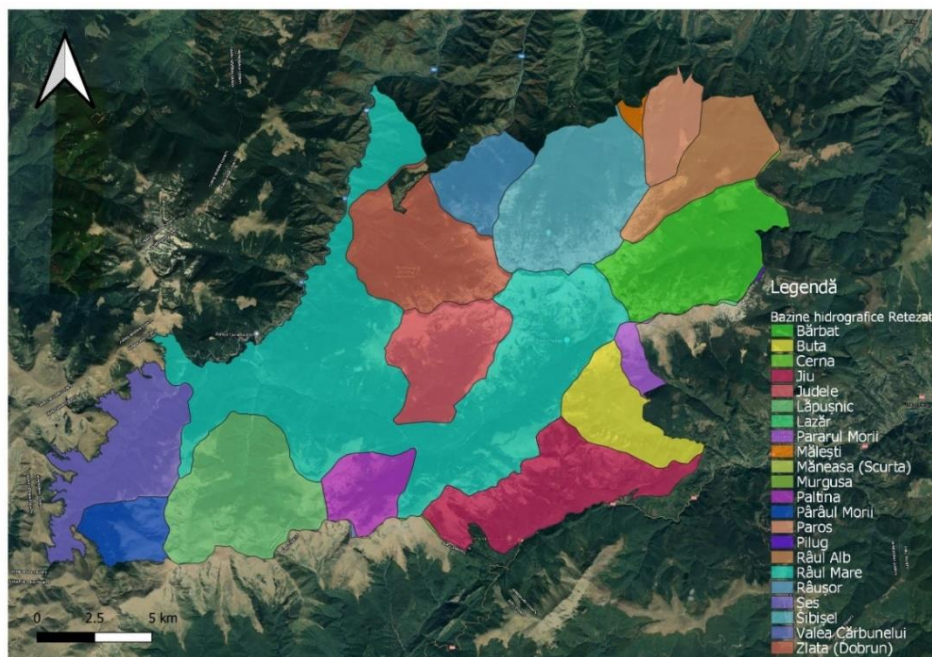


Fig. 4.32. Harta bazinelor hidrografice la nivelul PNR

Tabel biofizic. Un tabel de format .csv (valoare separată de virgulă) cu informații despre model, care corespund fiecăreia dintre clasele de utilizare a terenului din rasterul privind utilizarea/acoperirea terenului. Toate clasele din raster trebuie să aibă valorile corespunzătoare în acest tabel.

Pragul acumulării din flux. Numărul de celule din amonte care trebuie să curgă într-o celulă înainte de a fi considerat parte a unui flux, care este utilizat pentru clasificarea cursurilor de apă din DEM. Pentru obținerea unui rezultat corespunzător, s-a utilizat valoarea 1000.

$k_b$  și  $IC_0$ : doi parametri de calibrare care determină forma relației dintre conectivitatea hidrologică (gradul de conectare a suprafețelor de pe versant la pârâu) și raportul de eliberare a sedimentelor (procentul eroziunii solului care atinge efectiv pârâu); valorile implicite sunt  $k_b = 2$  și  $IC_0 = 0,5$ .

$SDR_{max}$ : SDR maxim pe care îl poate atinge un pixel, care este o funcție a texturii solului. Mai precis, este definit ca fracția de particule de sol mai fine decât nisipul grosier (1000  $\mu m$ ; Vigiak et al. 2012). Valoarea sa implicită este 0,8.

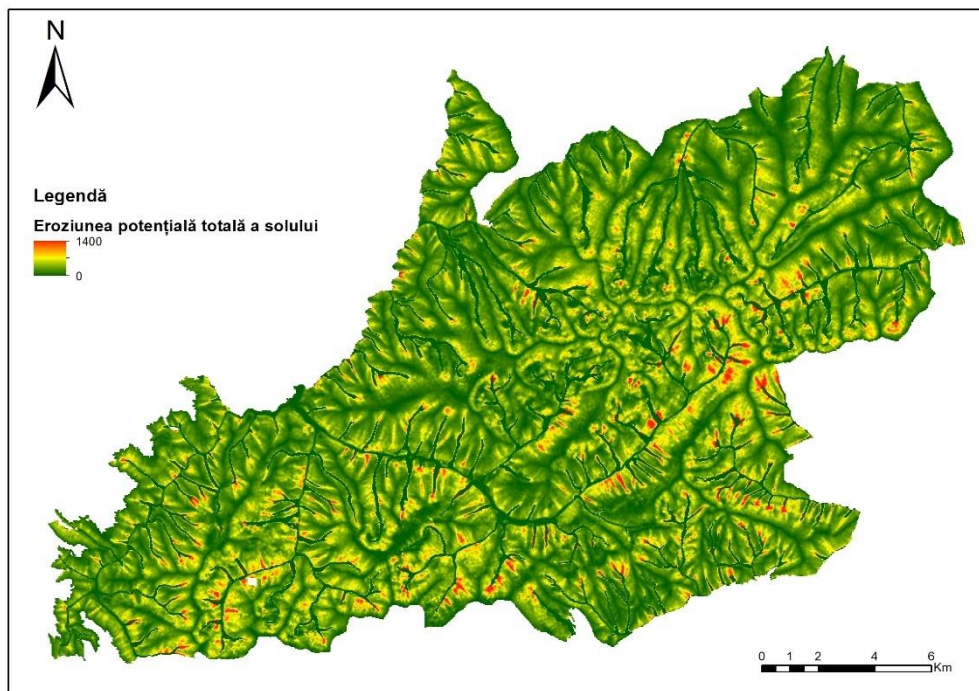
#### Rularea modelului:

Pentru a lansa modelul s-a accesat aplicația InVEST, componenta Sediment Delivery Ratio, încărcând în aceasta toate datele necesare rulării modelului (fig. 4.33). Rezultatele au fost prelucrate și analizate cu software-ul open-source QGIS.

#### 4.5.3 Rezultate

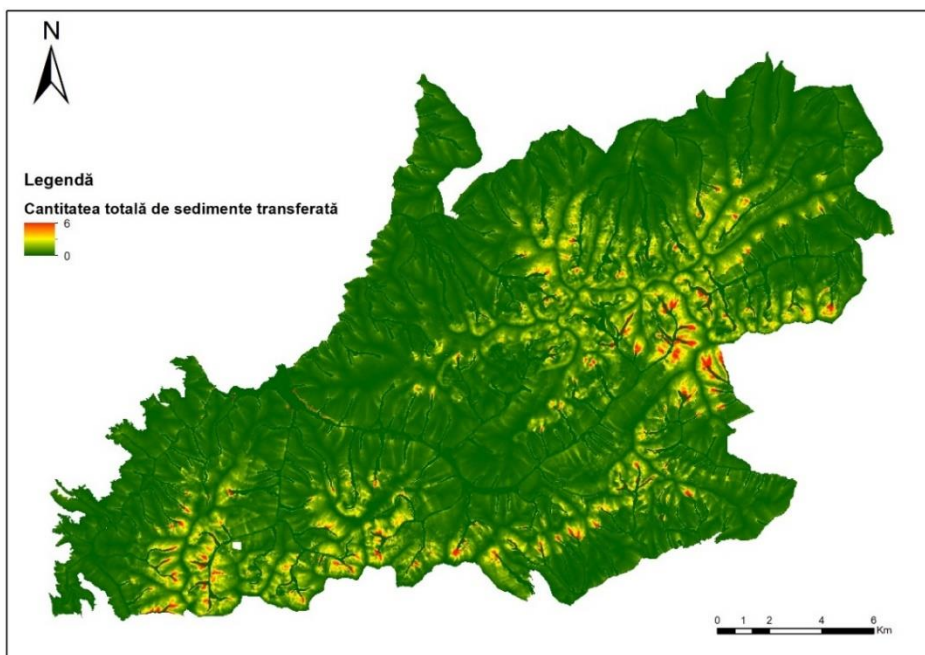
Rezultatele obținute sunt sintetizate grafic în următoarele figuri:

- eroziunea potențială totală a solului (tip: raster; unități: t/pixel) - eroziunea solului echivalentă cu cea din scenariul în care terenul este gol (fig. 4.34). În ecuație nu intră factorii C și P.



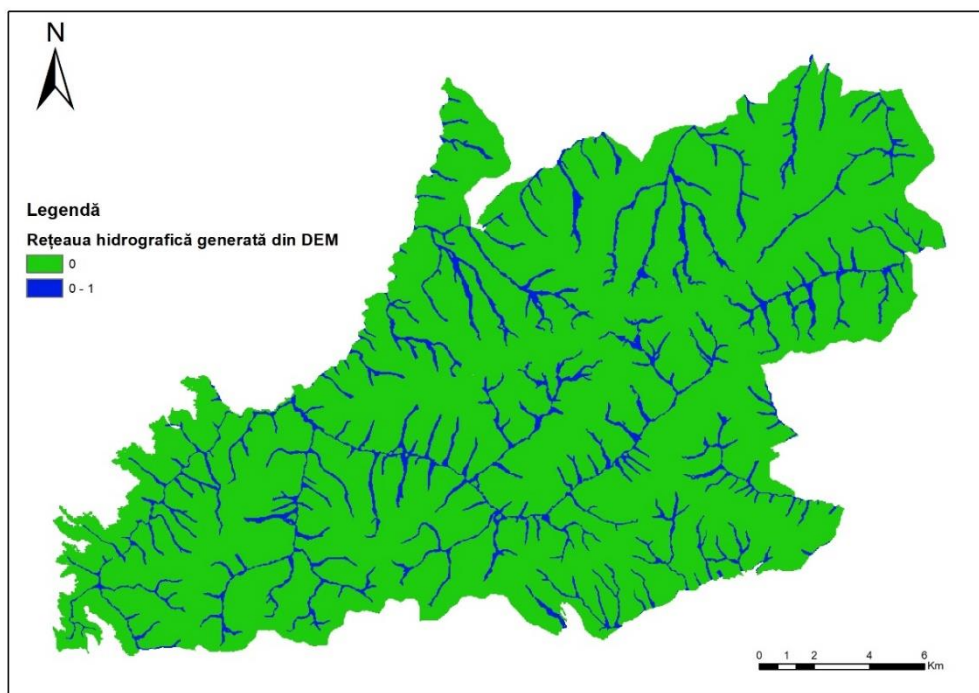
*Fig. 4.34. Harta eroziunii potențiale totale a solului*

- cantitatea totală de sedimente erodată din fiecare pixel, care ajunge în cursul de apă (fig. 4.35)– (tip: raster; unități: tone / pixel)



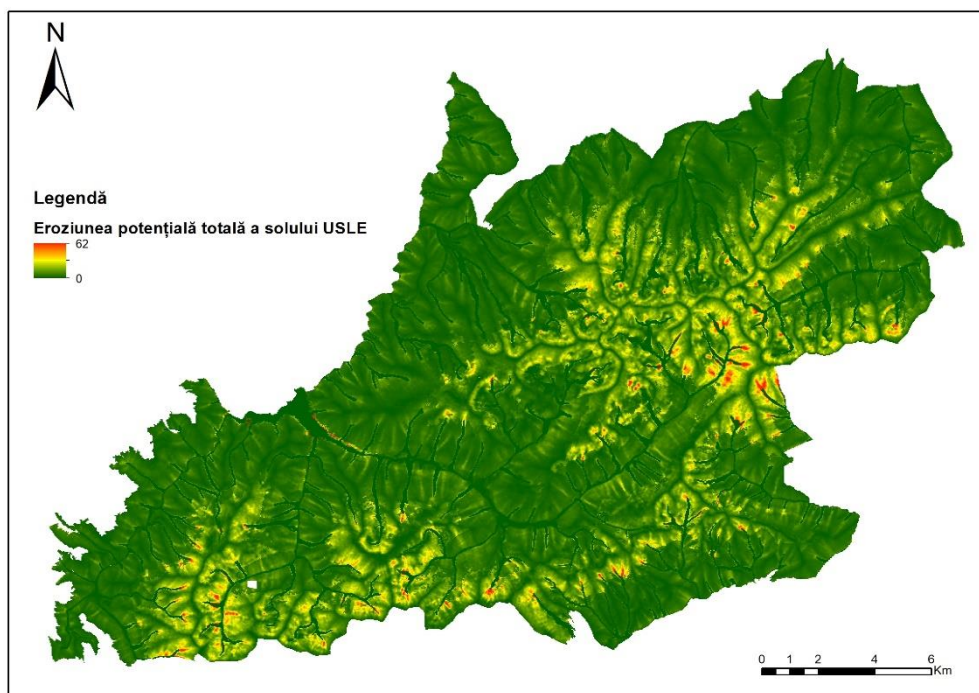
*Fig. 4.35. Harta cantității totale de sedimente transferată*

- reţeaua hidrografică generată din DEM-ul de intrare şi pragul de acumulare a fluxului. Valoarea 1 reprezintă curs de apă, în timp ce valorile 0 reprezintă zonele dintre acestea (tip: raster);



*Fig. 4.36. Harta reţelei hidrografice generată de model*

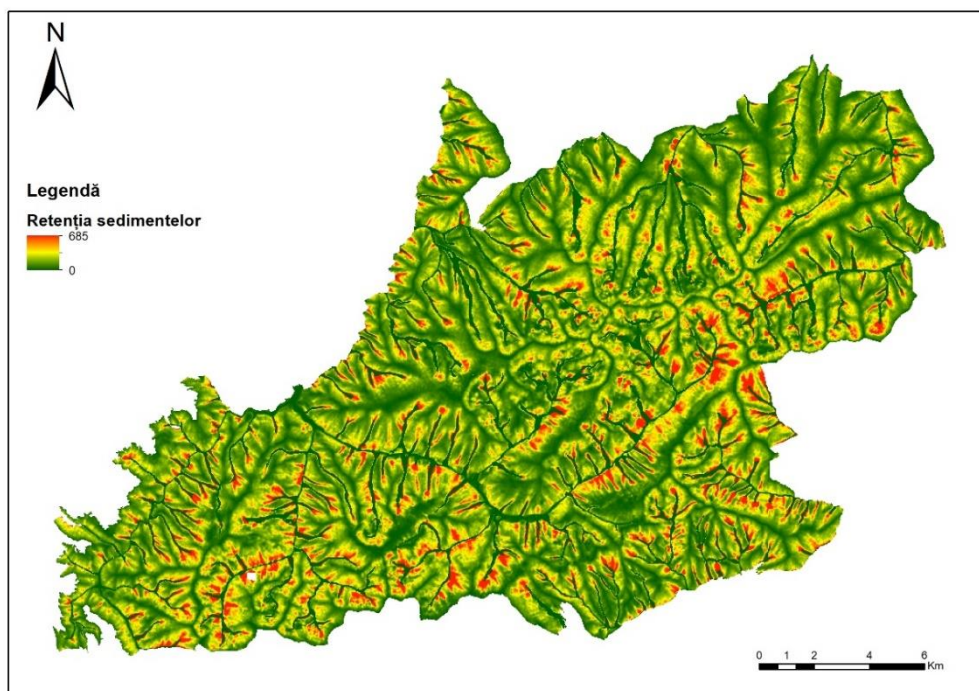
- eroziunea potenţială totală a solului pe pixel în suprafaţa de teren originală calculată din ecuaţia USLE (fig. 4.37) (tip: raster; unităţi: tone / pixel);



*Fig. 4.37. Harta eroziunii potenţiale totale a solului*

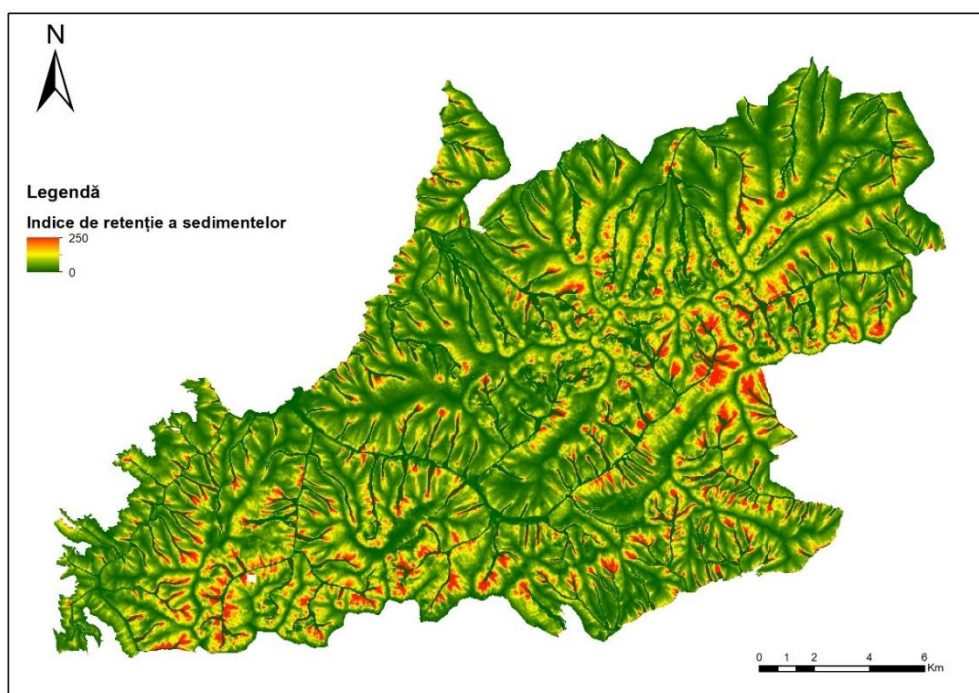


- harta retenţiei de sedimente (tip: raster; unităţi: tone / pixel), cu referire la un bazin hidrografic în care toate tipurile de utilizare/acoperire a terenului sunt transformate în teren gol (fig. 4.38);



*Fig. 4.38. Harta retenţiei sedimentelor*

- indice de retenţie a sedimentelor (tip: raster; unităţi: tone / pixel). Acest indice este utilizat pentru a identifica zonele care contribuie mai mult la retenţie, comparativ cu un bazin hidrografic unde toate tipurile de utilizare/acoperire a terenului sunt transformate în teren gol (fig. 4.39);



*Fig. 4.39. Harta indicelui de retenţie a sedimentelor*

- Rezultatele la nivel de bazin hidrografic, în format ESRI shapefile sunt sintetizate într-un tabel care conține valorile retenției sedimentelor pentru fiecare bazin hidrografic.

#### **Evaluarea economică:**

Retenția totală de sedimente, care în lipsa pădurii din bazinele hidrografice ar fi transportate în aval, în lacurile de acumulare Gura Apelor, Ostrov, Păclișa, Sântămăria Orlea și Covragiu, este de 17.700.640 t.

În vederea evaluării monetare, s-a înmulțit retenția totală de sedimente cu prețul mediu necesar decolmatării unui m<sup>3</sup> de sedimente.

Pentru calcul s-a transformat cantitatea de sedimente din t în m<sup>3</sup>, retenția totală fiind de 18.408.665 m<sup>3</sup>.

Pentru decolmatarea sedimentelor dintr-un lac de acumulare s-a utilizat prețul mediu de 2 USD/m<sup>3</sup> (SediCon Norvegia, 2021). Astfel, la un curs de 4,1 lei/1 USD, obținem un preț unitar de 8,2 lei.

**Valoarea economică a serviciului de retenție a sedimentelor rezultată se ridică la 150.951.058 lei.**

#### **4.5.4 Discuții**

Chiar dacă scenariul utilizat în cadrul acestei metode este unul greu de imaginat, rezultatul ne oferă o dimensiune a costului evitat printr-o gestionare durabilă a fondului forestier din zona de studiu. Chiar și la un procent mic de eliminare a vegetației forestiere (ex. 5-10%), valoarea economică este extrem de mare. Cu toate acestea, scenariul utilizat permite factorilor de decizie să înțeleagă mai bine dimensiunea problemelor ce pot apărea prin aplicarea unui management forestier nesustenabil.

Metodologia prezentată și testată la nivelul PNR este una expeditivă, relativ ușor de replicat și care surprinde foarte bine rolul de retenție a sedimentelor de către ecosistemele forestiere. Ca limitare a metodei trebuie menționat faptul că este necesar ca rezultatele modelului să fie calibrate cu măsurători specifice în teren, deschizându-se astfel direcții viitoare de cercetare care să rafineze metodologia.

În ceea ce privește gestionarea durabilă a fondului forestier, trebuie precizat faptul că normele tehnice din silvicultură prevăd ca pădurile din jurul construcțiilor hidrotehnice situate în zone cu teren accidentat sau cu pericol de eroziune și alunecare se fie aplicate lucrări speciale de conservare, prin care se extrage, în general, până la 10% din volumul de lemn/ 10 ani, înregistrându-se astfel un impact redus la nivelul solului. Acest management implică cheltuieli suplimentare și pierderi de venit pentru proprietarii și administratorii de păduri, cheltuieli care nu sunt suportate decât parțial, în cazul compensațiilor pentru TI și TII. Pentru celelalte păduri, în care se aplică un management forestier responsabil, care asigură furnizarea acestor SE, este nevoie să fie identificate mecanisme PSE, pentru a ajunge la o situație câștig-câștig (win-win).

#### **4.6 Serviciul cultural – turism și recreere**

##### **4.6.1 Descriere serviciu, importanță**

La nivel mondial se estimează că ANP sunt vizitate de cca. 8 miliarde de vizitatori anual, dintre care cca. 80% sunt în Europa și America de Nord. Această activitate generează suma de cca. 600 miliarde de USD/an, cheltuieli directe (Balmford et al., 2015).

Studiul „Beneficiile economice ale reţelei Natura 2000” estimează că reţeaua Natura 2000 atrage între 1,2-2,2 miliarde de vizitatori în fiecare an, generând între 5 și 9 miliarde de euro anual (UE, 2013).

Conform legislaţiei în vigoare, scopul parcului naţional este reprezentat de „protecţia și conservarea unor eșantioane reprezentative ale patrimoniului natural, oferind posibilitatea vizitării în scopuri științifice, educative, recreative și turistice”. Turismul responsabil promovat nu trebuie să aducă prejudicii capitalului natural protejat prin instituirea regimului de ANP.

În 2016, în urma evaluării de către Autoritatea Națională pentru Turism, Institutul Național de Cercetare și Evaluare a Turismului, Asociația Ecoturistică din România și Agenția pentru Protecția Mediului Hunedoara, Zona Hațeg-Retezat a fost certificată ca destinație ecoturistică.

Utilizarea parcului în scopuri turistice a fost în general redusă în timp, dar în ultimii ani a existat o creștere tot mai mare a numărului de vizitatori, astfel încât impactul turismului devine din ce în ce mai evident, fapt ce va presupune o implicare mai intensă a administrației parcului în sensul limitării acestui impact.

## 4.6.2 Materiale și metodă

### 4.6.2.1 Evaluarea non-monetară

Pentru cuantificarea non-monetară a acestui serviciu, s-a utilizat modelul de recreere InVEST, care prevede distribuția zilelor de recreere/persoană, pe baza locațiilor habitatelor naturale și a altor caracteristici care determină deciziile oamenilor cu privire la locul în care doresc să se recreeze. Folosind estimări foto-utilizator pe zi, modelul poate simula modul în care modificările viitoare ale caracteristicilor naturale pot modifica fluxul de vizitare. Rezultatul este reprezentat de distribuția spațială a utilizării terenului în scop recreative și se poate afirma că vizitatorii sunt atrași de o locație anume în funcție de fotografiile realizate.

Scopul acestui model este reprezentat de precizarea răspândirii spațiale a zilelor de recreere și turism, în baza locațiilor habitatelor naturale, a accesibilității și a caracteristicilor construite care determină deciziile oamenilor cu privire la locul în care să se recreeze (Adamowicz et al. 2011).

În absența datelor empirice privind vizitarea se folosesc fotografii cu locație, postate pe site-ul web Flickr calculând distribuția spațială a zilelor de recreere.

Multe dintre fotografiile din Flickr au atribuite o anumită latitudine/longitudine. Folosind această locație, împreună cu numele de utilizator al fotografiei și data la care a fost preluată imaginea, modelul InVEST contorizează numărul de zile de fotografii totale pentru fiecare celulă sau poligon. O zi foto-utilizator într-o locație reprezintă un fotograf unic care a făcut cel puțin o fotografie într-o anumită zi.

### Date necesare pentru rularea modelului

Zona de interes: poligon care să reprezinte zona geografică de interes (limita PNR în format .shp).

Anul de început și anul de sfârșit: calculele se bazează pe fotografiile cu geolocație realizate de diverși utilizatori între anii 2005 și 2017. În calcul a fost selectată toată perioada 2005-2017, aplicația realizând media fotografiilor-utilizator-zi anuale în baza numărului de ani din intervalul selectat.

Caroiaj pentru zona de interes: se împarte poligonul zonei de interes în celule de dimensiuni egale. Rezultatele sunt calculate pentru fiecare celulă în parte. S-a utilizat forma de celulă pătrată, mărimea celulei fiind de 1 ha, laturile pătratului fiind de 100 m.

Pentru validarea modelului, pe lângă fotografiile cu locație din Flickr/Yahoo (cca 2.500), au fost utilizate și fotografii cu locație Google Panoramio (cca. 3.000). Acestea au fost descărcate manual din aplicația Google Earth și sunt prezentate în fig. 4.42.

Fotografiile Flickr și Panoramio au fost prelucrate cu funcția *viewshade* din soft-ul ArcGis, rezultatul comparându-se cu rezultatul modelului InVEST, respectiv distribuția activității de recreere la nivelul PNR.

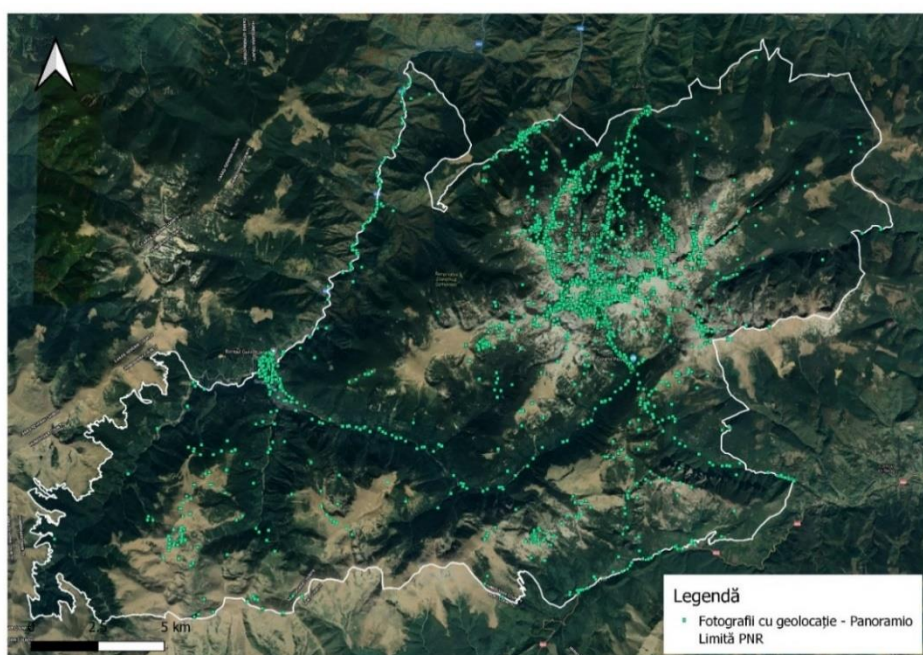


Fig. 4.42. Harta distribuției fotografiilor cu geolocație Panoramio

#### 4.6.2.2 Evaluarea monetară

Pentru evaluarea economică a acestui serviciu au fost utilizate:

Metoda costului călătoriei: arată valoarea pe care turiștii o alocă pentru a vizita o anumită zonă, pe baza datelor de călătorie despre distanța parcursă de la domiciliu până la destinație, costul transportului, cazării, tarifului de intrare etc.;

Metoda de evaluare contingentă: implică chestionarea turiștilor cu privire la disponibilitatea lor de a plăti (willingness to pay - WTP) pentru experiența turistică într-o anumită zonă.

S-a aplicat un chestionar, ce a fost încărcat pe platforma Google Form, prin intermediul căruia s-a avut în vedere obținerea de informații privind suma de bani pe care o cheltuie turiștii într-o călătorie în PN Retezat și cât sunt dispuși să plătească suplimentar pentru tariful de intrare. De asemenea, prin aplicarea chestionarului s-a dorit și determinarea nivelului de conștientizare a vizitatorilor cu privire la obiectivele parcului național, precum și alte aspecte cu privire la experiența lor în PNR, aspecte pozitive și negative, toate având rolul îmbunătățirii activității APNR de management al vizitatorilor.



## 4.6.3 Rezultate

### 4.6.3.1 Evaluarea non-monetară

În urma rulării modelului de recreere InVEST s-a obținut un fișier .shp care conține media anuală a zilelor foto-utilizator și media zilelor foto-utilizator pentru fiecare lună. În urma prelucrării acestor rezultate în softul QGIS, s-a obținut harta distribuției și intensității fluxului de vizitatori la nivelul PNR (fig. 4.43).

Rezultatele modelului InVEST sunt comparabile cu cele obținute în procesul de validare (fig. 4.44), fapt ce demonstrează că orice platformă care înregistrează fotografiile cu geolocație poate veni în sprijinul determinării distribuției activității de recreere și implicit a potențialului impact negativ al acestei activități.

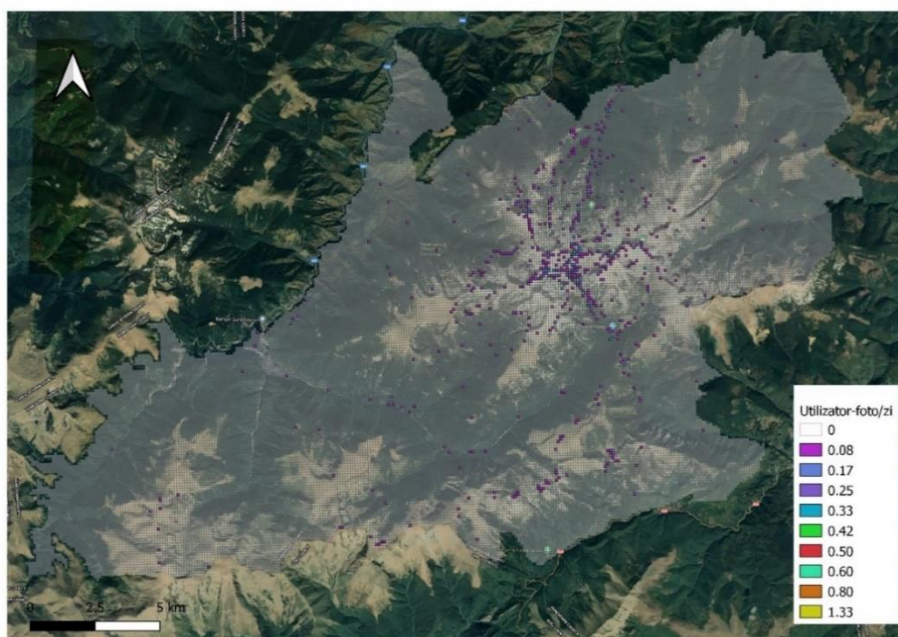


Fig. 4.43. Harta distribuției și intensității fluxului de vizitatori InVEST

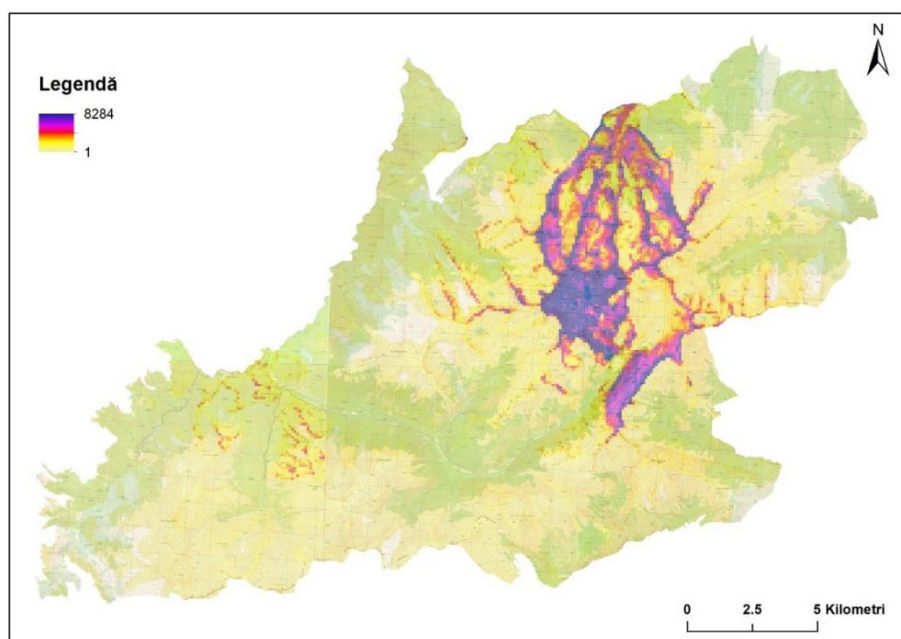


Fig. 4.44. Harta distribuției și intensității fluxului de vizitatori -validare viewshade

Pentru a vizualiza potențialul impact negativ al turismului la nivelul PNR, rezultatele modelului recreere au fost suprapuse cu zonarea interioară a parcului național (fig. 4.45).

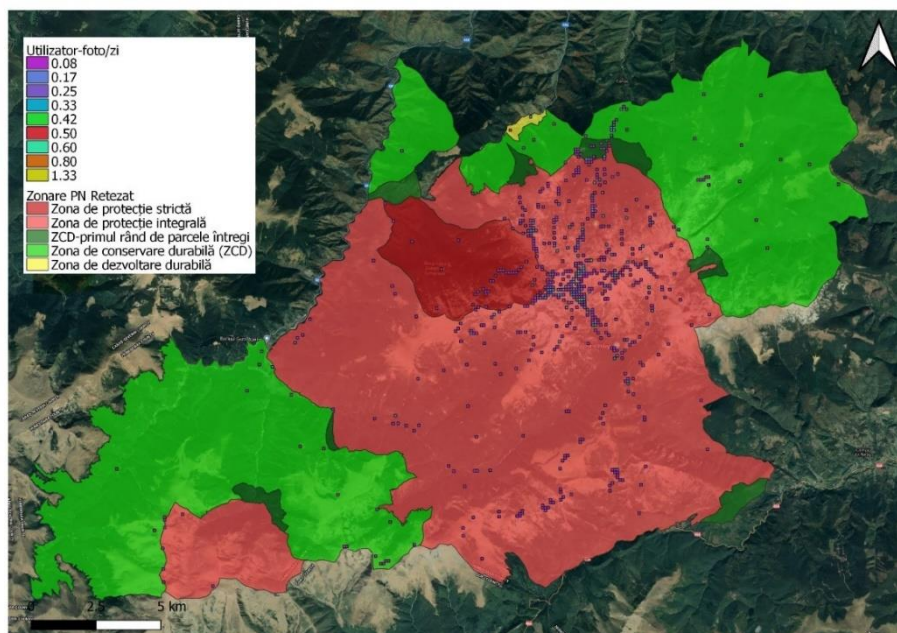


Fig. 4.45. Harta zonării interne și a activității turistice din PNR

#### 4.6.3.2 Evaluarea monetară

##### Costul călătoriei:

Chestionarul a fost aplicat unui număr de 308 vizitatori ai PNR.

Vizitatorilor le-a fost adresată întrebarea cu privire la distanța pe care aceștia o parcurg de acasă până în PNR și cât cheltuie în medie pentru o călătorie în PNR. În baza rezultatelor s-a determinat prețul mediu pentru transportul aferent unei vizite în PNR, acesta ridicându-se la valoarea de 207 lei (tab. 4.17).

Tabelul 4.17. Calculul monetar al transportului vizitatorilor

Dist./călătorie (dus-întors)	Consum mediu auto (l/100km)	Cantitate (l)	Pret mediu (lei/l)	Preț mediu total transport
530	7,5	39,8	5,2	207

Suma medie cheltuită de un turist pentru o călătorie în PNR, pentru cazare și masă, rezultată din răspunsurile la chestionarul aplicat (fig. 4.46), se ridică la cca. 315 lei.

Prin urmare, costul călătoriei, la nivelul anului 2017, an în care a fost aplicat chestionarul, este format din prețul mediu pentru transport (207 lei), media cheltuielilor pentru cazare și masă (315 lei) și tariful de vizitare (10 lei), care însumate reprezintă 532 lei/ vizitator/excursie.

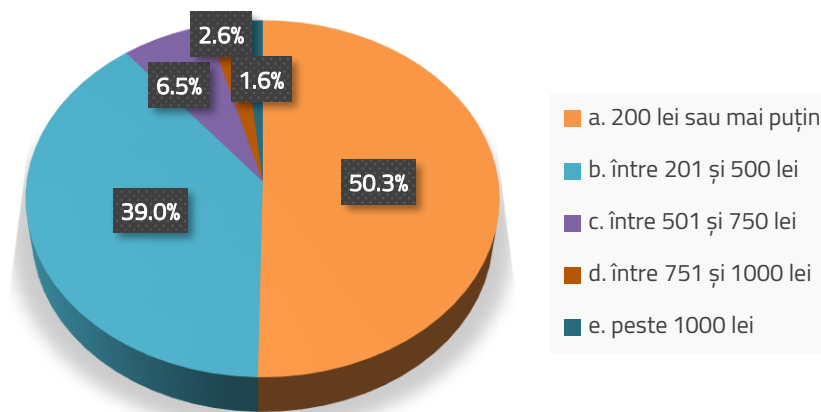


Fig. 4.46. Răspunsurile la întrebarea „Ce sumă aproximativă cheltuiți pentru o excursie în PNR, exceptând transportul?”

Rezultatele costurilor de cazare și masă sunt influențate de clasificarea unității de cazare, în cazul PNR peste 75% dintre vizitatori optând pentru înnoptare în refugiu sau cort (fig. 4.47).

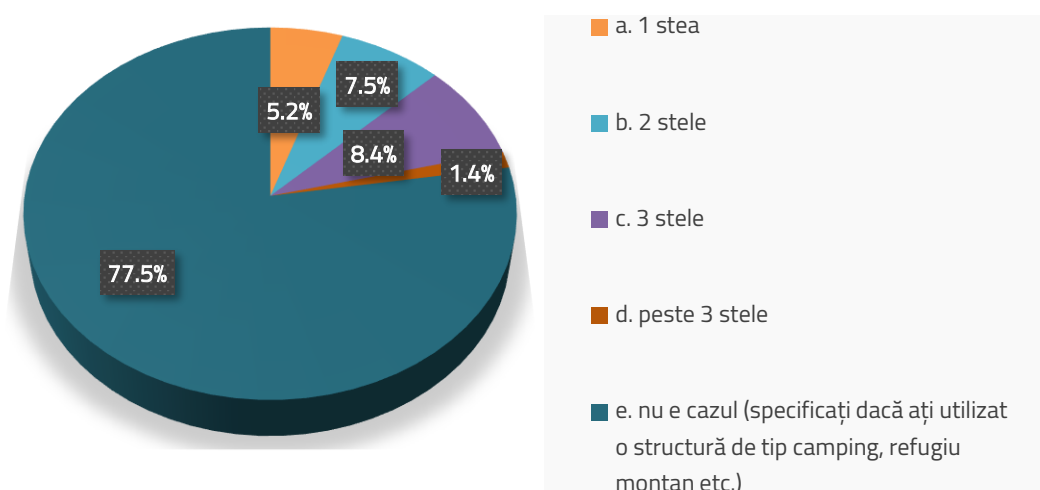


Fig. 4.47. Răspunsurile la întrebarea „Ce clasificare are unitatea de cazare unde vă cazați de obicei?”

#### Metoda contingentă:

Implică chestionarea vizitatorilor cu privire la disponibilitatea acestora de a plăti pentru vizitarea ariei naturale protejate. Prin diferența dintre WTP și tariful perceput de administrația parcului (10 lei, avizat de Ministerul Mediului, Apelor și Pădurilor) s-a obținut surplusul consumatorului, respectiv suma suplimentară pe care vizitatorul este dispus să o plătească în plus.

Din prelucrarea răspunsurilor din chestionar, a reieșit faptul că aproximativ 58% dintre vizitatori sunt de acord să plătească o sumă mai mare pentru tariful de vizitare (fig. 4.48). Suma medie suplimentară pe care cei 58% dintre vizitatori sunt dispuși să o plătească este de aproximativ 26 de lei. Dacă luăm în considerare cu suma de 0 lei pe cei 42% dintre vizitatori (care nu doresc să plătească), obținem un surplus final al consumatorului de 15 lei.

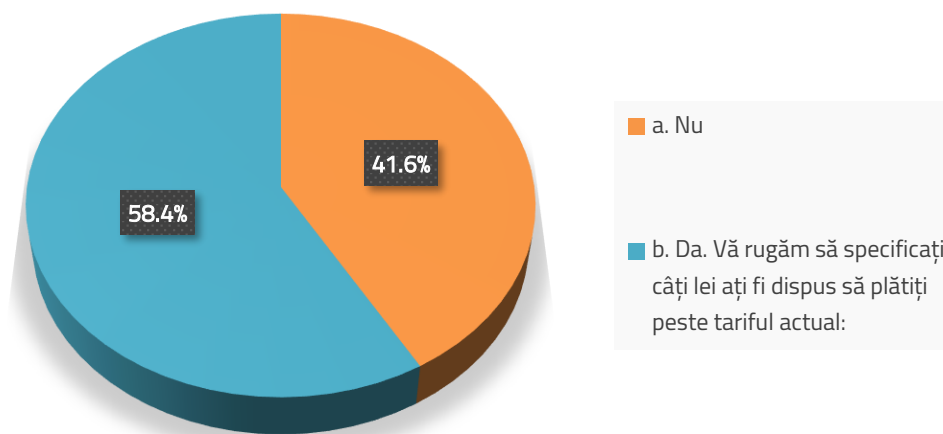


Fig. 4.48. Răspunsurile la întrebarea „Ați fi de acord să plătiți un tarif de vizitare mai mare pentru experiența turistică în PNR?”

Costul mediu al unei călătorii, care include și surplusul consumatorului, a fost calculat la 547 lei/vizitator pentru o excursie în PNR. Pentru actualizarea prețurilor la nivelul anului 2020, s-a utilizat rata inflației (INS, 2020), astfel că valoarea crește la 610 lei/vizitator pentru o excursie în PNR.

Potrivit administrației parcului, numărul estimat de vizitatori ai PNR, în 2020, a fost de cca. 20.000. Prin urmare, valoarea serviciilor de recreere în PNR este estimată la cca. 12.200.000 lei pe an (tab. 4.18).

Tabelul 4.18. Sinteza evaluării monetare a serviciului de recreere la nivelul PNR

Item	Suma (Lei)
Costul de transport per vizită	207
Cazare și masă	315
Tariful de vizitare actual	10
<b>Cost actual/călătorie</b>	<b>532</b>
Surplusul consumatorului tarif vizitare (WTP+)	15
<b>Total cost /călătorie (2017)</b>	<b>547</b>
<b>Total cost /călătorie (2020)</b>	<b>610</b>
<b>Valoarea serviciilor de recreere</b>	<b>12.200.000</b>

Chestionarul a mai conținut o serie de întrebări, ce au avut ca scop determinarea profilului vizitatorului, precum și informații cu privire la nivelul de conștientizare al vizitatorilor, obiectivele parcului național, percepția acestora privind experiența în PNR, recomandări pentru APNR etc.

#### 4.6.4 Discuții

Pentru a veni în sprijinul monitorizării vizitatorilor, această metodologie bazată pe fotografiile cu geolocație extrase din social media, reprezintă un real avantaj. Se reduce astfel efortul financiar al administrației cu implementarea acestei activități, precum și timp important și resursa umană, ce poate fi direcționată spre îndeplinirea altor activități în cadrul administrației. De asemenea, prin aplicarea acestei metodologii, datele sunt obținute în mod unitar, fapt ce ajută la realizarea unor analize la nivel de rețea de ANP.



Totodată, se obţin informaţii privind distribuţia spaţială şi temporală a activităţii turistice la nivelul ANP. Aceste informaţii sprijină procesul de stabilire a unor măsuri de prevenire şi atenuare a impactului negativ al acestei activităţi. Aceste date, împreună cu date referitoare la speciile şi habitatele pentru care a fost desemnată ANP, constituie baza pentru stabilirea unei zonări corespunzătoare.

Analizând fig. 4.45 reiese faptul că cea mai frecventată, dar şi cea mai afectată zonă de către turişti sunt ZPI şi chiar ZPS ale parcului. Cele mai importante ecosisteme şi peisaje, introduse în zona de protecţie, sunt de fapt cele mai atrăgătoare pentru turişti.

Problema structurii reduse a personalului de pază din cadrul administraţiei şi cea a bugetului limitat asigurat pentru logistica necesară activităţilor de control trebuie soluţionate, pentru a reduce presiunea asupra valorilor naturale ale parcului şi a gestiona impactul creşterii numărului de turişti care vizitează parcul. Este necesară consolidarea serviciului de pază, patrulare şi control, prin combinarea eforturilor rangerilor administraţiei parcului cu personalul din structurile forestiere din zonă, structurile specialiștilor montani din cadrul Jandarmeriei Române, rangeri voluntari, membrii Salvamont etc.

Conform Strategiei pentru Ecoturism 2018-2027, ANP prezintă potenţial pentru primirea unui număr mai mare de vizitatori fără impact semnificativ asupra mediului, fapt ce ar permite să se genereze mai multe venituri din turism pentru comunităţile locale şi să crească gradul de acceptare al ANP.

În ceea ce priveşte rata de vizitare a PNR, numărul estimat de vizitatori ai PNR, a fost de cca. 20.000 în anul 2020. Dintre aceştia, cca. 16.000 au achitat tariful de vizitare de 10 lei. În ipoteza în care toţi cei 20.000 de vizitatori ar plăti tariful, APNR ar obţine anual suma de 200.000 lei. Dacă la aceasta s-ar adăuga surplusul consumatorului, care se ridică la 15 lei/vizitator şi un total de 300.000 lei/an, suma totală a veniturilor din vizitare s-ar ridica la 500.000 lei/an, ceea ce ar reprezenta 30% din bugetul APNR.

Scopul principal al APNR nu este de a realiza venituri proprii. Statul ar trebui, conform legislaţiei în vigoare, să finanţeze corespunzător administrarea ANP, nefiind nevoie ca administraţiile ANP să îşi ocupe o bună parte din personal pentru a realiza venituri proprii, în detrimentul altor activităţi mai importante.

Cu toate acestea, dată fiind subfinanţarea acestui domeniu, se recomandă ca APNR să identifice soluţii cât mai rentabile pentru colectarea tarifului de vizitare, precum: automate de bilete, modul de achiziţie online a tarifului, plata prin SMS, parteneriate cu unităţile de cazare şi agenţiile de turism pentru includerea contravalorii tarifului de vizitare în serviciile acestora sau colectarea separată a tarifului de vizitare a PNR. Limitările metodei constau în faptul că nu toţi vizitatorii încarcă fotografii în platformele Flickr şi Panoramio, iar eşantionul vizitatorilor chestionaţi este la limita reprezentativităţii.

Prin urmare, metoda combinată de evaluare non-monetară (evaluare a distribuţiei activităţii turistice) şi cea de evaluare monetară (metoda costului călătoriei şi cea contingentă) poate fi replicată cu succes în orice tip de ANP şi chiar şi în afara acestora, putând veni atât în sprijinul gestionarilor de resurse, cât şi al operatorilor din turism.

#### **4.7 Sinteza valorii economice a serviciilor ecosistemelor**

Pentru o vizualizare mai facilă a rezultatelor evaluării economice a celor cinci servicii ale ecosistemelor, ce au făcut obiectul cercetărilor, acestea au fost sintetizate în tab. 4.19.

Tabelul 4.19. Sinteza evaluării economice a serviciilor ecosistemelor ce au făcut obiectul cercetărilor conform modelului cascadă CICES

CICES			Indicatorii cascadă				Valoarea totală a SE
Clasă SE	Divizia	SE	Structura (spațială)	Funcția (temporală)	Beneficiu	Valoare unitară	
Servicii de aprovizionare	Materiale	Lemn	Suprafață fond forestier (ha); Volum lemn (m <sup>3</sup> )	Creșterea medie anuală a pădurii (m <sup>3</sup> /an/ha)	Posibilitatea, conform amenajamentului	Preț lemn pe picior (lei/m <sup>3</sup> )	2.577.797 lei/an
			Nutriție	Fructe de pădure și ciuperci	Suprafață habitat pentru fructe de pădure (ha tip de pădure)	Producția anuală de fructe de pădure (kg/an)	Recolta de fructe de pădure (kg/an)
	Suprafață habitat pentru ciuperci (ha tip de pădure)	Producția anuală de ciuperci (kg/an)			Recolta de ciuperci (kg/an)	Prețul de piață al ciupercilor (lei/kg)	1.390.042 lei/an
Servicii de reglare și sprijin	Menținerea condițiilor fizice, chimice și biologice	Sechestrarea și stocarea carbonului	Suprafața de fond forestier (ha)	Cantitatea de carbon sechestrată și stocată (Mg)	Climat stabil	Valoarea C sechestrat (lei/tC) – preț actual	9.970.286 lei/10 ani
						Valoarea C sechestrat (lei/tC) – Acord Paris	199.405.718 lei/10 ani
		Retenția sedimentelor	Suprafața de teren afectată de eroziune (ha)	Cantitatea de sedimente transportată și depusă în aval (t)	Evitarea eroziunii și a colmatării lacului de acumulare Gura Apelor	Costul evitat (lei/t) pentru toată suprafața de pădure	150.951.058 lei
Servicii culturale	Interacțiunea fizică și intelectuală cu ecosistemele și peisajele	Turism și recreere	Suprafața pădurilor accesibilă pentru recreere și zonele preferate de vizitatori (ha)	Vizitatori (nr./an)	Activități recreaționale	WTP pentru o vizită (lei); Tarif de vizitare (lei); Costul unei călătorii în PNR (lei)	12.200.000 lei/an

## 5. CONCLUZII. CONTRIBUȚII ORIGINALE. DISEMINAREA REZULTATELOR. DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE

### 5.1 Concluzii

Deși conceptul serviciilor ecosistemelor are origini vechi, abia în ultimile decenii a intrat mai puternic în sfera de interes a experților de mediu, precum și a economiștilor. În România, serviciile au fost abordate încă de la începutul secolului al XIX-lea, sub noțiunea de funcții, în special în cazul ecosistemelor forestiere (funcțiile pădurii), iar odată cu apariția codului silvic din anul 2008, a fost menționat pentru prima dată în legislația românească conceptul de servicii ale ecosistemelor.

Analiza publicațiilor din domeniul SE la nivel mondial a reliefat o creștere impresionantă a volumului cercetării științifice privind conceptul SE în ultimii 20 de ani. În schimb, la o analiză a publicațiilor din domeniul silvicultură, s-a observat că, deși ecosistemele forestiere sunt unele dintre cele mai importante furnizoare de servicii, acestea sunt relativ puțin studiate, de unde rezultă necesitatea elaborării de studii privind evaluarea economică a SE forestiere. Din această documentare a reieșit că o bună parte din studiile de evaluare a SE s-au concentrat mai degrabă pe o abordare conceptuală și metodologică, decât pe o evaluare concretă a acestor servicii.

Valoarea SE forestiere precum sechestrarea carbonului, retenția sedimentelor, recreerea etc. este mai mare decât veniturile din exploatarea masei lemnoase, însă acest lucru nu trebuie privit într-un mod rigid. Gestionarea durabilă a pădurii nu este incompatibilă cu furnizarea SE, ci din contră, favorizează asigurarea unor servicii, printre care conservarea biodiversității, protecția împotriva eroziunii, concomitent cu producerea de lemn, care prin utilizarea lui în produse finite, stochează carbon pe termen lung, lăsând noua generație de arbori să absoarbă din atmosferă noi cantități de carbon.

#### **Concluzii privind evaluarea serviciului de aprovizionare cu lemn**

Cercetările în cazul acestui serviciu au evidențiat câștigurile obținute din valorificarea lemnului de pe suprafața de fond forestier în care sunt permise intervenții, pierderile de venit pentru pădurile excluse de la procesul de producție a masei lemnoase, precum și valoarea compensațiilor pentru suprafețele de fond forestier pentru care se impun restricții, într-o serie de scenarii de management.

Metodologia poate fi utilizată în momentul în care se dorește fundamentarea luării unor decizii de management, indiferent de nivelul de intervenție în ecosistemul forestier.

Analizând rezultatele tezei, se desprinde concluzia că zonarea actuală a PNR ține cont de cele mai valoroase bunuri ale patrimoniului natural de la nivelul PNR, așa cum prevede legislația în vigoare, arboretele valoroase din zona tampon a PNR reprezentând rezultatul gestionării durabile a pădurilor.

În ceea ce privește compensațiile ce pot fi acordate conform legii, rezultatele tezei ne relevă faptul că în cazul PNR acestea depășesc pierderile de venit survenite în urma aplicării restricțiilor în recoltarea masei lemnoase, din cauza creșterii reduse a arboretelor, influențată de pantele mari, solurile superficiale și sezonul relativ scurt de vegetație.

Metodologia de calcul a valorii economice a SE de aprovizionare cu lemn poate fi utilizată și pentru elaborarea metodologiei de calcul a compensațiilor Natura 2000 pentru pierderile de venit înregistrate de proprietarii de fond forestier în baza restricțiilor impuse de aplicarea măsurilor de management necesare menținerii sau îmbunătățirii stării de conservare a speciilor și habitatelor de interes comunitar. Un prim pas îl reprezintă elaborarea unor obiective concrete de management, măsurabile și clar localizate la nivelul ANP, urmate de cuantificarea impactului economic pe care acestea îl au asupra utilizării resursei de lemn.

### **Concluzii privind evaluarea serviciului de aprovizionare cu produse nelemnoase**

Rezultatele evaluării economice a acestui serviciu ne demonstrează faptul că valoarea produselor nelemnoase este mult subestimată în activitatea curentă de administrare a fondului forestier, fiind nevoie de acordarea atenției cuvenite acestor resurse, în vederea captării potențialului economic real pe care acestea îl au.

În ceea ce privește managementul fondului forestier, se constată că un management activ al pădurii influențează în mod pozitiv producția de fructe de pădure, mai ales de ciuperci, regimul de non-intervenție conducând la creșterea consistenței în arboretele parcurse în trecut cu lucrări, fapt ce duce, în multe situații, la scăderea producției de fructe de pădure și ciuperci. Acest aspect este scos în evidență pentru a reliefa că orice schimbare de management implică pierderi sau câștiguri economice ce trebuie puse în balanță în procesul decizional.

În funcție de regimul de intervenție, trebuie analizată pierderea de venit care survine în urma restricțiilor impuse de legislație, în funcție de zonare, în cazul parcurilor naționale și naturale. Dacă în cazul produselor lemnoase există legislație pentru plățile compensatorii, pentru produsele nelemnoase nu a fost dezvoltată o metodologie de calcul și de acordare a compensațiilor, astfel că metodologia de calcul a valorii economice a serviciului, adaptată și testată în cadrul tezei de doctorat, poate reprezenta un punct de plecare în sensul elaborării unei metodologii de calcul a acestor compensații. Pentru a reflecta mai fidel capacitatea de producție a ecosistemului pentru fructe de pădure și ciuperci, sunt necesare studii suplimentare, realizate pe termen lung, care să surprindă eșantioane din întreg arealul speciilor.

### **Concluzii privind evaluarea serviciului de sechestrare și stocare și a carbonului**

Informațiile obținute în urma evaluării economice a serviciilor de sechestrare și stocare a carbonului pot sprijini proiectarea mecanismelor financiare voluntare pentru proprietarii de terenuri forestiere care sunt dispuși să adopte un management sustenabil. În România, amenajamentul silvic este o sursă valoroasă de informații standardizate, ce pot fi utilizate pentru evaluarea sechestrării și stocării carbonului.

Rezultatele cercetărilor demonstrează cu date din teren că modelul InVEST, îmbunătățit și adaptat, poate fi aplicat rapid și cu succes pentru a evalua carbonul sechestrat și stocat de un ecosistem forestier. Datele colectate pe teren au demonstrat faptul că utilizarea informațiilor din amenajamentele silvice a oferit o calibrare fiabilă a modelului InVEST. Diferențele dintre estimarea modelului și datele colectate prin scanare în teren au arătat faptul că datele din aceste amenajamente sunt suficient de precise și pot fi utilizate în evaluarea economică a carbonului sechestrat.

Implementarea rezultatelor evaluării carbonului sechestrat și stocat de păduri poate întâmpina o serie de obstacole care trebuie depășite. Lipsa continuității în agenda clasei politice poate duce la renunțarea la

inițiativele din acest domeniu. Mai mult, acordul comunităților locale și problemele de partajare echitabilă a beneficiilor sunt aspecte importante care trebuie abordate înainte de a începe implementarea schemelor de plată a carbonului. Deficiențele piețelor carbonului, eficacitatea climatică incertă și problemele de guvernare sunt probleme suplimentare care trebuie luate în considerare.

### **Concluzii privind evaluarea serviciului de retenție a sedimentelor**

Evaluarea economică a acestui serviciu demonstrează faptul că dacă în bazinele hidrografice nu ar fi pădure, retenția sedimentelor nu s-ar mai produce și, în consecință, exportul de sedimente ar ajunge în lacul de acumulare Gura Apelor și salba de lacuri din aval, afectând astfel capacitatea de producție a centralelor hidroenergetice. Pe lângă evitarea costurilor pentru decolmatarea lacurilor de acumulare, acest serviciu previne apariția unor evenimente precum inundații, alunecări de teren, ruperea barajelor, care pun în pericol comunitățile locale din aval, iar activitatea turistică ar fi grav afectată, pierderile financiare ale acestui sector înregistrând valori importante.

În urma aplicării metodologiei InVEST adaptată în cadrul tezei se constată că aceasta este una expeditivă, relativ ușor de replicat și care surprinde foarte bine rolul de retenție a sedimentelor de către ecosistemele forestiere, rezultatele fiind ușor de comunicat și de înțeles. Aceste rezultate pot veni în sprijinul discuțiilor pentru negocierea unor parteneriate și mecanisme financiare reciproc avantajoase proprietar/administrator ecosistem – beneficiar SE.

Pentru o furnizare la un nivel corespunzător a serviciului de reglare a sedimentelor este nevoie de un management durabil al fondului forestier din bazinele hidrografice. Acest management implică cheltuieli suplimentare și pierderi de venit pentru proprietarii și administratorii de păduri, cheltuieli care nu sunt suportate decât parțial (conform cadrului legislativ actual), în cazul compensațiilor pentru TI și TII. Pentru celelalte păduri, în care se aplică un management forestier responsabil, care asigură furnizarea acestor SE, este nevoie să fie identificate mecanisme PSE, pentru a ajunge la o situație câștig-câștig (win-win). Astfel de mecanisme voluntare reprezintă o soluție sustenabilă pe termen lung, care va permite furnizarea continuă a acestor SE, cât și sprijinul celor care asigură furnizarea serviciilor.

Ca parte a managementului forestier sustenabil, pentru minimizarea impactului asupra solului, în condiții de pantă accentuată, activitatea de exploatare a masei lemnoase se recomandă să fie realizată cu funicularul. În România, din păcate, utilizarea funicularului este aproape inexistentă, din cauza subfinanțării sectorului de exploatare, care se traduce în lipsa de dotare a firmelor, lipsa personalului calificat, dar și o rețea subdimensionată de drumuri forestiere.

Mecanismele financiare pe acest segment pot fi dezvoltate în funcție de specificul zonei avute în studiu. În cazul PNR s-a evaluat SE de retenție a sedimentelor în baza costului eliminării sedimentelor erodate din zonele din amonte, însă evaluarea se poate utiliza și în sensul serviciilor de purificare a apei, prin măsurarea costului filtrării și tratării apei pentru îmbuteliere sau pentru utilizatorii casnici.

### **Concluzii privind evaluarea serviciului de turism și recreere**

În ceea ce privește distribuția spațială a activității turistice, metodologia prezentată în cadrul tezei vine în sprijinul managementului ariei naturale protejate, prin oferirea posibilității administrației ariei naturale protejate de a cartografi distribuția impactului pe care turismul îl are la nivelul ariei și de a monitoriza în timp

acest impact, cu costuri reduse, comparativ cu monitorizarea din teren, care presupune forţă de muncă importantă şi costuri însemnate, ținând cont mai ales de configurația terenului și accesibilitatea redusă specific PNR. De asemenea, prin aplicarea acestei metodologii, datele sunt obținute în mod unitar, fapt ce ajută la realizarea unor analize la nivel de rețea de arii naturale protejate.

Aceste informații, cumulate cu date obținute din interpretarea altor seturi de date spațiale, precum și cu înregistrări directe, conduc la stabilirea unor măsuri de prevenire și atenuare a impactului negativ al activității turistice. De asemenea, aceste date, împreună cu datele referitoare la speciile și habitatele pentru care a fost desemnată aria naturală protejată, constituie baza pentru stabilirea unei zonări corespunzătoare.

Având în vedere rezultatele evaluării economice a acestui serviciu, se constată că vizitatorii sunt dispuși să achite un tarif de vizitare mai mare. De asemenea, rezultatele chestionarului ne arată preferințele vizitatorilor cu privire la destinația utilizării fondurilor obținute din vizitarea ANP. Prin urmare, APNR trebuie să aibă în vedere ca o eventuală creștere a valorii tarifului de vizitare să vină împreună cu o transparentizare a utilizării fondurilor și alocarea lor către ceea ce vizitatorii își doresc.

Analiza colectării tarifului de vizitare a arătat faptul că APNR va trebui să crească gradul de colectare a tarifului, identificând soluții cât mai rentabile pentru colectarea tarifului de vizitare, care să nu implice forță de muncă permanentă. Propuneri în acest sens pot fi: automate de bilete, vânzarea online sau prin SMS, ori încheierea de parteneriate cu unitățile de cazare și agențiile de turism pentru includerea contravalorii tarifului de vizitare în serviciile acestora sau colectarea separată a tarifului de vizitare a PNR.

### **Mecanisme financiare**

Rezultatele obținute pot servi la elaborarea unor politici și strategii care să promoveze utilizarea durabilă a resurselor naturale, cu efect benefic pe termen lung asupra economiei și populației.

Mecanismele de plăți pentru serviciile ecosistemelor forestiere vor servi ca bază pentru identificarea resurselor financiare aferente compensării proprietarilor de păduri pentru restricțiile privind masa lemnoasă pe care proprietarii nu o recoltează din cauza funcțiilor de protecție stabilite prin amenajamentele silvice și planurile de management ale ariilor naturale protejate.

De asemenea, aceste mecanisme de plăți pentru serviciile ecosistemelor vor putea să servească pentru identificarea de soluții durabile de colaborare pe bază de parteneriate avantajoase între sectorul privat de afaceri și proprietarii/administratorii de fond forestier sau arii naturale protejate.

Masurând și evaluând monetar serviciile ecosistemelor, putem crește gradul de conștientizare a factorilor de decizie cu privire la rolul esențial pe care aceste servicii îl au în asigurarea bunăstării umane. Prin urmare, se creează premisele luării unor decizii corecte, bazate pe dezbateri și transparență, care conduc către o dezvoltare sustenabilă, de care societatea are permanent nevoie.

Conform Codului Silvic (Legea nr. 46/2008, cu modificările ulterioare): „*Persoanele juridice și instituțiile publice care beneficiază, sub raport economic, ecologic sau social, de efectele funcției de protecție a pădurilor învecinate, altele decât cele aflate în proprietate, plătesc contravaloarea acestor funcții potrivit prevederilor reglementate prin lege specială*”. Până în prezent, din cauza complexității procesului de

evaluare a acestor beneficiari, dar probabil și din lipsa de implicare a factorilor de decizie, precum și din lipsa resurselor financiare, nu a fost dezvoltat un mecanism clar de evaluare monetară și de plată a acestor servicii ale ecosistemelor. În plus, Codul Silvic prevede că bugetul ocoalelor silvice este constituit, printre altele și din valoarea efectelor funcțiilor de protecție ale pădurilor.

Cercetările efectuate în cadrul tezei de doctorat au condus la formularea unor propuneri de mecanisme financiare care vizează captarea potențialului economic al serviciilor ecosistemelor evaluate:

- pentru sprijinirea practicilor de management prin care se sechestrează și stochează carbon din atmosferă o propunere poate fi reprezentată de implementarea unui mecanism prin care se stabilește un preț mediu al carbonului, care să fie plătit proprietarului/administratorului de fond forestier pentru sechestrarea carbonului. Este necesară stabilirea unui cadru legal și infrastructura cerute de o piață funcțională a carbonului, pentru a îmbunătăți acceptarea părților interesate, pentru a crește precizia și transparența datelor și pentru a include acest subiect ca prioritate în agenda publică.
- în cazul serviciului de retenție a sedimentelor o propunere de mecanism poate fi stabilirea unui fond la nivel local, în care beneficiarul/beneficiarii (ex.: Hidroelectrică, firme de îmbuteliere a apei etc.) să contribuie financiar, fond din care să fie finanțate proiecte și activități care să aibă ca țintă managementul ecosistemelor forestiere și dezvoltarea durabilă a comunităților locale. Prin această abordare sumele pot fi direcționate către proiecte și activități reciproc avantajoase;
- având în vedere faptul că vectorul pentru activitatea turistică într-o anumită zonă îl reprezintă existența ariei naturale protejate, o propunere de mecanism financiar la nivel național pentru componenta de recreere poate fi reprezentată de transferul unui procent din veniturile operatorilor din turism către un fond la nivelul Agenției Naționale pentru Aree Naturale Protejate, al Asociației Administrațiilor Ariilor Naturale Protejate, al Administrației Fondului pentru Mediu sau gestionat chiar de operatorii din turism, din care să fie implementate proiecte având ca țintă managementul ariei naturale protejate (în special pe componenta de activitate turistică), precum și dezvoltarea durabilă a comunităților locale.

Mecanismele propuse pot veni în sprijinul managementului ecosistemelor forestiere și implicit al conservării biodiversității, prin îmbunătățirea finanțării administrării și compensarea/stimularea financiară a proprietarilor terenurilor pe raza cărora sunt produse serviciile ecosistemelor analizate.

Mecanismele PSE sunt create în principal pentru a schimba modul nesustenabil în care sunt gestionate anumite ecosisteme, conștientizându-i pe cei care le practică, dar și pe alți factori interesați, în mod indirect, că prin schimbarea acestui mod de gestionare pot contribui la furnizarea unor servicii care sunt importante pentru anumiți beneficiari. Aceștia din urmă sunt dispuși să plătească o anumită sumă de bani, pentru ca gestionarii să aplice măsuri de management durabil. Prin urmare, pierderea de venit a gestionarilor este compensată de beneficiari, ambele părți având de câștigat prin intermediul acestui mecanism. Pentru ca mecanismul să funcționeze pe termen lung, trebuie ca beneficiarii să câștige suficient de mult încât să compenseze gestionarii resursei. De asemenea, gestionarii trebuie să primescă ca și compensație cel puțin cât ar fi obținut din gestionarea aplicată înainte de schimbarea managementului. Alte aspecte importante privind funcționalitatea acestor mecanisme voluntare sunt:



transparența procesului de implementare a mecanismului, accesul la resurse și proprietatea să nu fie o barieră în implementare, iar drepturile partenerilor să fie egale sau echitabile.

Din exemplele de PSE implementate până în prezent, precizate în cadrul tezei, se desprinde concluzia că acestea au apărut în urma sesizării unui management nesustenabil al unor resurse, importante pentru anumite sectoare economice, sectoare care prin acest management au înregistrat pierderi economice. Acest scenariu a reprezentat în sine motorul în proiectarea mecanismului și implementarea acestuia.

În România, una dintre barierele implementării unor mecanisme financiare voluntare o reprezintă faptul că legislația în vigoare impune, în ceea ce privește fondul forestier, un management sustenabil al resurselor forestiere. În momentul când se ajunge la un management nesustenabil al resursei, discutăm de fapt de aspecte ilegale înregistrate în managementul fondului forestier. Prin urmare, scenariul actual este reprezentat de fapt de un management sustenabil, cu excepția derapajelor care intră în sfera ilegalului și pe care sectorul silvic trebuie să le recunoască și să nu le mai repete.

Serviciile ecosistemelor care au fost evaluate economic în cadrul tezei sunt furnizate, în cea mai mare parte, la un nivel corespunzător, prin managementul durabil al ecosistemelor forestiere. Acest management implică costuri importante pentru proprietarii/administratorii acestor ecosisteme. Deoarece sunt obligați de lege să aplice acest management costisitor, acești proprietari/administratori trebuie să fie sprijiniți financiar tocmai pentru că ecosistemele din proprietatea/administrarea acestora furnizează o serie de SE esențiale unor sectoare economice, care ar înregistra pierderi economice dacă s-ar practica un management nesustenabil al resurselor necesare sectorului respectiv.

## 5.2 Contribuții originale

1. A fost dezvoltată și aplicată o metodă rapidă de cartare spațială a serviciilor ecosistemelor forestiere din PNR, având la bază zonarea funcțională a pădurii conform amenajamentului silvic și s-a realizat o spațializare a informațiilor privind serviciile ecosistemelor, utilizând tehnici moderne de prelucrare și analiză a datelor, ceea ce oferă o perspectivă mai clară privind modul de implementare a mecanismelor de plată a serviciilor ecosistemelor și prioritizarea acestora;
2. S-au aplicat metodologii îmbunătățite și adaptate situației specifice din PNR, în ceea ce privește evaluarea celor cinci servicii ale ecosistemelor analizate:
  - în cazul serviciului de aprovizionare cu lemn, pe lângă calculul valorii economice utilizând informații din amenajamentul silvic și prețul de comercializare a masei lemnoase pe picior, s-a realizat o analiză comparativă a câștigului din exploatarea masei lemnoase, a pierderii de venit din cauza restricțiilor impuse, precum și contravaloarea compensațiilor ce pot fi acordate conform legii;
  - în ceea ce privește serviciului de aprovizionare cu produse nelemnoase, s-a determinat potențialul ecosistemelor forestiere pentru producția de fructe de pădure și ciuperci și s-au făcut recomandări cu privire la captarea potențialului economic important pe care aceste produse forestiere îl au în activitatea de administrare a fondului forestier;



- pentru componenta de sechestrare și stocare a carbonului s-a testat metoda de evaluare economică bazată pe informații din baza de date a amenajamentului silvic, validată cu date culese în teren cu tehnologii moderne, metodă ce poate fi utilizată la dezvoltarea metodologiei de calcul a plăților pentru sechestrarea carbonului;
  - metodologia și rezultatele cercetărilor privind retenția sedimentelor a evidențiat valoarea economică semnificativă a acestui serviciu, care se transpune în evitarea costurilor de întreținere a amenajărilor hidroenergetice, respectiv de decolmatare a lacurilor de acumulare;
  - pentru serviciul de recreere s-a realizat și testat o metodă complexă de evaluare, o parte non-monetară, care evaluează distribuția spațială a activității turistice și o parte monetară, care are la bază metoda costului călătoriei și cea contingentă;
3. Rezultatele cercetărilor au condus la elaborarea unor recomandări importante privind managementul ecosistemelor forestiere la nivelul parcului național, dar și în afara acestuia, pentru furnizarea corespunzătoare a serviciilor ecosistemelor analizate, fiind creată perspectiva replicării metodologiei de evaluare a serviciilor ecosistemelor și la nivelul altor zone.

### 5.3 Diseminarea rezultatelor

În vederea diseminării rezultatelor cercetărilor, pe parcursul școlii doctorale și al elaborării tezei de doctorat, au fost publicate 6 articole, dintre care 3 ca prim autor și 3 în calitate de coautor. Acestea sunt prezentate în cele ce urmează:

1. „**Pache**, R., Bîrda, A., Popa, B. 2015. On the Way to Financial Sustainability of Protected Areas in Romania – Possible Solutions to Fill the Financing Gaps by Internalization of Ecosystem Services Values, - Proceedings of the Biennial International Symposium Forest and Sustainable Development, Transilvania University Press”;
2. „Popa, B., Borz, S. A., Niță, M. D., Ioras, F., Iordache, E., Borlea, F., **Pache**, R. and Abrudan, I. V. 2016. Forest Ecosystem Services Valuation in Different Management Scenarios: a Case Study of the Maramures Mountains. *Baltic Forestry* 22(2): 327-340”;
3. „Popa, B.; **Pache**, R. 2016. The concept of ecosystem services - the solution to support the regulation efforts of the forestry sector in Romania. *Revista Pădurilor* 2016 Vol.131 No.3/4 pp.41-53”;
4. „**Pache**, R.; Popa, B.; Niță, M.D. 2017. Ecosystem services in Romanian forests. Proceedings of the Biennial International Symposium Forest and Sustainable Development, Transilvania University Press”;
5. „Negru, C., **Pache**, R., Popa, B. 2019. Măsurile de conservare a biodiversității și utilizarea resursei forestiere: situația planurilor de management ale ariilor naturale protejate gestionate de RNP-Romsilva. *Revista Pădurilor* Vol. 134(1) (2019) pp. 1-16”;
6. „**Pache**, R., Abrudan, I.V., Niță, M.-D. 2021. Economic Valuation of Carbon Storage and Sequestration in Retezat National Park, Romania. *Forests*, 12, 43. <https://doi.org/10.3390/f12010043>”.

#### 5.4 Direcții viitoare de cercetare

Prin prezenta teză s-a scos în evidență necesitatea dezvoltării cercetărilor în următoarele direcții:

1. continuarea validării modelelor InVEST prin culegerea de date din teren, pentru zona luată în studiu;
2. realizarea de studii suplimentare pentru evaluarea economică a eroziunii, utilizând abordarea multi-model, prin care să fie aplicate mai multe modele de evaluare, în vederea îmbunătățirii rezultatelor evaluării economice;
3. elaborarea de studii privind valoarea adăugată adusă comunităților locale de existența ariilor naturale protejate;
4. elaborarea de studii științifice, realiste și fundamentate, cu privire la determinarea producției de ciuperci, fructe de pădure și plante medicinale din pădurile României, precum și a capacității de suport a ecosistemelor;
5. realizarea de studii privind evaluarea economică a produselor nelemnoase precum vânat/vânătoare, pește/pescuit, plante medicinale etc., pentru a surprinde mai bine potențialul ecosistemelor forestiere de a furniza servicii de aprovizionare cu produse nelemnoase;
6. fundamentarea unei metodologii pentru calculul și acordarea de compensații pentru pierderea de venit dată de restricțiile impuse în recoltarea produselor nelemnoase;
7. proiectarea, testarea și operaționalizarea mecanismelor de plată pentru serviciile ecosistemelor forestiere;

## BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

1. Aalde, H., Gonzalez, P., Gytarsky, M., Krug, T., Kurz, W.A., Ogle, S., Raison, J., Schoene, D., Ravindranath, N.H., Elhassan, N.G., Heath, L.S., Higuchi, N., Kainja, S., Matsumoto, M., Sánchez, M.J.S. and Somogyi, Z., 2006, *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – Intergovernmental Panel on Climate Change Volume 4 - Agriculture, Forestry and Other Land Use*, IGES, Japan.
2. Adamowicz, W.L., Naidoo, R., Nelson, E., Polasky, S. and Zhang J., 2011, Nature-based tourism and recreation. In: Kareiva P, G Daily, T Ricketts, H Tallis, S Polasky (eds) *Natural Capital: Theory and Practice of Mapping Ecosystem Services*, Oxford University Press, New York.
3. Balmford, A., Green, J.M.H. and Anderson, M., 2015, *Walk on the wild side: estimating the global magnitude of visits to protected areas*, PLOS Biology 13(2), doi.org/10.1371/journal.pbio.1002074.
4. Bann, C. and Popa, B., 2012, *An assessment of the Contribution of Ecosystems in Protected Areas to sector Growth and Human Well Being in Romania*, UNDP Romania, Bucharest.
5. Bhattarai, R., and Dutta, D., 2007, *Estimation of soil erosion and sediment yield using GIS at catchment scale*, Water Resources Management, 21(10), 1635-1647, DOI.org/10.1007/s11269-006-9118-z.
6. Borselli, L., Cassi, P. and Torri, D., 2008, *Prolegomena to sediment and flow connectivity in the landscape: A GIS and field numerical assessment*, Catena 75, pp. 268–277.
7. Ciocârlan, V., 2000, *Flora ilustrată a României: Pteridophyta et Spermatophyta*, Editura Ceres, 1138 p.
8. Chandra, A., and Idrisova, A., 2011, *Convention on Biological Diversity: A review of national challenges and opportunities for implementation*, Biodiversity and Conservation 20, pp. 3295–3316;
9. Coldea, G., 2020, *Studiu de evaluare adecvată. Evaluarea impactului asupra mediului privind recoltarea de hribi și gălbiori de pe raza județului Hunedoara*.
10. Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R. et al., 1997, *The value of the world's ecosystem services and natural capital*, Nature 387, pp. 253–260, DOI.org/10.1038/387253a0.
11. Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S.J., Kubiszewski, I., Farber, S. and Turner, R.K., 2014, Changes in the global value of ecosystem services, *Global Environmental Change*, Volume 26, pp. 152-158, ISSN 0959-3780, DOI.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002.
12. Diaz, S., Settele, J., Brondízio, E.S., Ngo, H. T., Guèze, M., Agard, J., Arneth, A., Balvanera, P., Brauman, K.A., Butchart, S.H.M., Chan, K.M.A., Garibaldi, L.A., Ichii, K., Liu, J., Subramanian, S.M., Midgley, G.F., Miloslavich, P., Molnár, Z., Obura, D., Pfaff, A., Polasky, S., Purvis, A., Razzaque, J., Reyers, B., Roy Chowdhury, R., Shin, Y.J., Visseren-Hamakers, I.J., Willis, K.J. and Zayas, C.N., 2019, *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem*

- services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*, IPBES secretariat, Bonn, Germany, 56 p., DOI.org/10.5281/zenodo.3553579.
13. Donofrio, S., Maguire, P., Merry, W. and Zwick, S., 2019, *Financing Emissions Reductions for the Future - State of the Voluntary Carbon Markets*.
  14. Drăgoi, M. și Cîrnu, M., 2016, *Plata serviciilor ecosistemice: context legal și metode consacrate de evaluare, cu aplicație la păduri*, *Bucovina Forestieră*, 16(1), pp. 95-106.
  15. Duduman, G., 2019, *Scurt istoric al amenajării pădurilor din România*, *Bucovina Forestieră*, 19(2), pp.139-158, DOI.org/10.4316/bf.2019.019.
  16. Elleason, M., Guan, Z., Deng, Y., Jiang, A., Goodale, E. and Mammides, C., 2021, *Strictly protected areas are not necessarily more effective than areas in which multiple human uses are permitted*, *Ambio*, 50(5), pp. 1058-1073, DOI: 10.1007/s13280-020-01426-5.
  17. Fanyuan, L., 2014, *A Comparative Study on Payment Schemes For Watershed Services in New York City and Beijing*, *Consilience: The Journal of Sustainable Development*, Vol. 11, Iss. 1, pp. 27–40.
  18. Farley, J., 2012, *Ecosystem services: The economics debate*, *Ecosystem Services*, Volume 1, Issue 1, pp. 40-49, ISSN 2212-0416, DOI.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.002.
  19. Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E., Chatterjee, M., Ebi, K.L., Estrada, Y.O., Genova, R.C., Girma, B., Kissel, E.S., Levy, A.N., MacCracken, S., Mastrandrea, P.R. and White, L.L., 2014, *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-32.
  20. Giurgiu, V., 1988, *Amenajarea pădurilor cu funcții multiple*, Editura Ceres, București.
  21. Gómez-Baggethun, E., de Groot, R., Lomas, P.L. and Montes, C., 2009, *The History of Ecosystem Services in Economic Theory and Practice: From Early Notions to Markets and Payment Schemes*, *Ecological Economics*, 69(6), pp. 1209–1218, DOI.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.007.
  22. Huang, L., Zhou, M., Lv, J. and Chen, K., 2020, *Trends in global research in forest carbon sequestration: A bibliometric analysis*, *Journal of Cleaner Production*, Volume 252, ISSN 0959-6526, DOI.org/10.1016/j.jclepro.2019.119908.
  23. Iordăchescu, G., 2021, *Becoming a Virgin Forest: From Remote Sensing to Erasing Environmental History*, *Environment & Society Portal*, Arcadia, no. 10, Rachel Carson Center for Environment and Society, DOI:10.5282/rcc/9254.
  24. Karsenty, A., Blanco, C. and Dufour, T., 2003, *Forest and climate change Instruments related to the United Nations Framework Convention on Climate Change and their potential for sustainable forest management in Africa*, FAO.
  25. Kawashima, S., 2007, *Conserving reservoir water storage: an economic appraisal*, *Water Resources Research*, 43, pp. 1-9, DOI: 10.1029/2006WR005090.

26. Liu, S., Costanza, R., Farber, S. and Troy, A, 2010, *Valuing ecosystem services. Theory, practice and the need for transdisciplinary synthesis*, Annals of the New York Academy of Sciences, 1185, pp. 54-78.
27. Lovrića, M., Da Reb, R., Vidaleb, E., Prokofievac, I., Wongd, J., Pettenellab, D., Johannes Verkerka, P. and Mavsara, R., 2020, *Non-wood forest products in Europe – A quantitative overview*, DOI.org/10.1016/j.forpol.2020.102175.
28. Minear, J.T. and Kondolf, G.M, 2009, *Estimating reservoir sedimentation rates at large spatial and temporal scales: A case study of California*, Water Resources Research, 45, DOI.org/10.1029/2007WR006703.
29. Mukkonen, P., 2007, *Generalized allometric volume and biomass equations for some tree species in Europe*, Eur. J. For. Res., 126, pp. 157–166.
30. Nelson, E., Mendoza, G., Regetz, J., Polasky, S., Tallis, H., Cameron, D.R., Chan, K.M.A., Daily, G.C., Goldstein, J., Kareiva, P.M., Lonsdorf, E., Naidoo, R., Ricketts, T.H. and Shaw, M.R., 2009, *Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales*, Front Ecol. Environ. 7(1), pp. 4–11.
31. Neugarten, R.A., Langhammer, P.F., Osipova, E., Bagstad, K.J., Bhagabati, N., Butchart, S.H.M., Dudley, N., Elliott, V., Gerber, L.R., Gutierrez Arrellano, C. et al., 2018, *Tools for Measuring, Modelling, and Valuing Ecosystem Services: Guidance for Key Biodiversity Areas, Natural World Heritage Sites, and Protected Areas*, Groves, C., Ed., IUCN, Gland, Switzerland, 70 p.
32. Nichiforel, L., Duduman, G., Scriban, R.E., Popa, B., Barnoaiea, I. și Drăgoi, M., 2021, *Forest ecosystem services in Romania: Orchestrating regulatory and voluntary planning documents*, Ecosystem Services, Volume 49, ISSN 2212-0416, DOI.org/10.1016/j.ecoser.2021.101276.
33. Olah, B., Kunca, V. and Gallay, I., 2020, *Assessing the Potential of Forest Stands for Ectomycorrhizal Mushrooms as A Subsistence Ecosystem Service for Socially Disadvantaged People: A Case Study from Central Slovakia*, Forests, 11, 282; DOI:10.3390/f11030282.
34. Pache, R., Popa, B. and Niță, M.D., 2017, *Ecosystem services in Romanian forests*, Biennial International Symposium. Forest and sustainable development, Braşov, Romania, pp.138.
35. Pache, R., Abrudan, I.V. and Niță, M.D., 2021, *Economic Valuation of Carbon Storage and Sequestration in Retezat National Park, Romania*. Forests, 12, 43, DOI.org/10.3390/f12010043.
36. Perrot-Maître, D., 2006, *The Vittel payments for ecosystem services: a “perfect” PES case?* International Institute for Environment and Development, London, UK.
37. Pflugmacher, D., Rabe, A., Peters, M. and Hostert, P., 2019, *Mapping pan-European land cover using Landsat spectral-temporal metrics and the European LUCAS survey*, Remote Sens. Environ., 221, pp. 583–595.
38. Popa, B., Pascu, M., Niță, M.D., Borz, S.A. and Codrean, C., 2013, *The value of forest ecosystem services in Romanian protected areas – a comparative analysis of management scenarios*, Bulletin of the Transilvania University, Series II, Vol 6 (55) 2, pp. 53-62.

39. Popa, B. and Pache, R., 2016, *The concept of ecosystem services - the solution to support the regulation efforts of the forestry sector in Romania*, Revista Pădurilor, Vol.131 No.3/4, pp. 41-53.
40. Poynton, S., Mitchell, A., Ionascu, G., Mc Kinnenn, F., Elliot, J. and Abrudan, I.V., 2000, *Economic evaluation and reform of the Romanian forestry sector*, Pentru Viață Publishing House, Braşov, 123 p.
41. Renard, K., Foster, G., Weesies, G., McCool, D. and Yoder, D., 1997, *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the revised soil loss equation*.
42. Sharp, R., Douglass, J., Wolny, S., Arkema, K., Bernhardt, J., Bierbower, W., Chaumont, N., Denu, D., Fisher, D., Glowinski, K., Griffin, R., Guannel, G., Guerry, A., Johnson, J., Hamel, P., Kennedy, C., Kim, C.K., Lacayo, M., Lonsdorf, E., Mandle, L., Rogers, L., Silver, J., Toft, J., Verutes, G., Vogl, A. L., Wood, S. and Wyatt, K., 2020, *InVEST 3.9.0.post157+ug.ga924a7c User's Guide*, The Natural Capital Project, Stanford University, University of Minnesota, The Nature Conservancy and WWF.
43. Valatin, G., 2014, *Carbon valuation in Forestry and prospects for European Harmonization – European Forest Institute technical report 97*, [https://efi.int/sites/default/files/files/publication-bank/2018/tr\\_97.pdf](https://efi.int/sites/default/files/files/publication-bank/2018/tr_97.pdf).
44. Vigiak, O., Borselli, L., Newham, L.T.H., Mcinnes, J. and Roberts, A.M., 2012, *Comparison of conceptual landscape metrics to define hillslope-scale sediment delivery ratio*, Geomorphology 138, pp. 74–88.
45. Wellbrock, N., Grüneberg, E., Riedel, T. and Polley, H., 2017, *Carbon stocks in tree biomass and soils of German forests*, Cent. Eur. For. J., 63, pp. 105–112, DOI: 10.1515/forj-2017-0013.
46. Worboys, G.L., Lockwood, M., Kothari, A., Feary, S. and Pulsford, I., 2015, *Protected Area Governance and Management*, ANU Press, Canberra.
47. \*\*\* Administrația Parcului Național Retezat, 2019, *Proiectul Planului de management al Parcului Național Retezat*.
48. \*\*\* European State Forest Association (EUSTAFOR), 2013, *NATURA 2000 Management in European State Forests*, Brussels.
49. \*\*\* Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1995, *The Challenge of Sustainable Forest Management. What future for the world's forests?* ISBN 92-5-103370-6.
50. \*\*\* Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013, *Case studies on Remuneration of Positive Externalities (RPE)/ Payments for Environmental Services (PES)*.
51. \*\*\* Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018, *State of the World's Forests 2018*.
52. \*\*\* Food and Agriculture Organization of the United Nations and United Nations Environment Programme, 2020, *The State of the World's Forests 2020, Forests, biodiversity and people*, Rome. <https://doi.org/10.4060/ca8642en>.
53. \*\*\* Forest Europe, 2020, *State of Europe's Forests 2020*.



54. \*\*\* Institutul Național pentru Cercetare-Dezvoltare în Silvicultură "Marin Drăcea", 2018, *Studiu de evaluare pentru anul 2018 a stării resurselor biologice de fructe de pădure din flora (sălbatică) spontană a fondului forestier proprietate publică a statului administrat de RNP-Romsilva.*
55. \*\*\* Millennium Ecosystem Assessment, 2005, *Ecosystems and human well-being: wetlands and water Synthesis*, World Resources Institute, Washington, DC.
56. \*\*\* World Bank and Ecofys, 2018, *State and Trends of Carbon Pricing*, World Bank: Washington, DC, USA.
57. \*\*\* World Economic Forum (WEF), 2020, *Nature Risk Rising: Why the Crisis Engulfing Nature Matters for Business and the Economy.*
58. \*\*\* WWF, 2021, *Stepping up? The continuing impact of eu consumption on nature worldwide.*
59. \*\*\* 3D FOREST, 2020, *Tool for Processing Point Clouds from Forest Environment*, [www.3DForest.eu](http://www.3DForest.eu).

## Rezumat/Abstract

Cercetările au urmărit evaluarea economică a celor mai importante servicii furnizate de ecosistemele forestiere din Parcul Național Retezat, pe baza unei metodologii adaptate și îmbunătățite, de evaluare a serviciilor ecosistemelor. Într-o primă fază a fost realizată cartarea geospațială a serviciilor ecosistemelor forestiere la nivelul Parcului Național Retezat, având ca bază zonarea funcțională a pădurilor. Ulterior, au fost adaptate metode de evaluare economică a serviciilor ecosistemelor la suprafețele împădurite, în care sunt disponibile amenajamente silvice, elaborând o metodologie de evaluare a serviciilor ecosistemelor specifică fondului forestier. Această metodologie a fost validată utilizând tehnologii moderne geospațiale și informațiile existente în amenajamentele silvice, fiind testată la nivelul Parcului Național Retezat, calculând valoarea economică pentru cele mai importante cinci servicii ale ecosistemelor: lemn, produse nelemnoase, sechestrarea și stocarea carbonului, retenția sedimentelor, turism și recreere.

Dintre cele mai importante contribuții originale subliniem: dezvoltarea și aplicarea unei metodologii rapide de cartare spațială a serviciilor ecosistemelor forestiere din Parcul Național Retezat, având la bază zonarea funcțională a pădurii conform amenajamentului silvic; aplicarea unor metodologii îmbunătățite și adaptate situației specifice din Parcul Național Retezat, în ceea ce privește evaluarea celor cinci servicii ale ecosistemelor; elaborarea unor recomandări importante privind managementul ecosistemelor forestiere la nivelul parcului național, dar și în afara acestuia, pentru furnizarea corespunzătoare a serviciilor ecosistemelor analizate, fiind creată perspectiva replicării metodologiei de evaluare a serviciilor ecosistemelor și la nivelul altor zone.

The research aim was to undertake an economic valuation of the most important services provided by the forest ecosystems in the Retezat National Park by applying an adapted and improved methodology for evaluating the ecosystem services. In the first stage, a geospatial mapping of the forest ecosystem services at the Retezat National Park was carried out based on the forests' functional zoning. Subsequently, methods for the economic valuation of ecosystem services were adapted to forested areas where forest management is available, and a forest specific ecosystem services valuation methodology was thereby developed. This methodology was validated by using modern geospatial technologies and existing information in forest management plans, which were tested at the Retezat National Park, calculating the economic value for the five most important ecosystem services: wood, non-wood forest products, carbon sequestration and storage, sediment retention, tourism and recreation.

The study generated noteworthy original contributions, such as: the development and application of a rapid methodology for spatial mapping of forest ecosystem services in the Retezat National Park, based on the functional zoning of the forest according to forest management plans; the application of improved methodologies adapted to the specific situation of the Retezat National Park for the valuation of the five ecosystem services; drafting important recommendations on forest ecosystem management both inside and outside the national park so as to enable the proper provision of the analyzed ecosystem services, all of which opens up perspectives for replicating the ecosystem services valuation methodology to other areas.