



Universitatea Babeș-Bolyai Cluj-Napoca

Facultatea de Biologie și Geologie

Bogdan-Iuliu HURDU

**CARACTERIZARE FLORISTICĂ ȘI FITO GEOGRAFICĂ
A ARIILOR DE ENDEMISM
DIN CARPAȚII ROMÂNEȘTI**

Rezumatul tezei de doctorat

Conducător Științific:

Prof. dr. Vasile CRISTEA

Cluj-Napoca

2012

Cuprins

Cuvinte cheie.....	2
Introducere	3
1. Fenomenul de endemism	4
2. Endemismul în Carpații Românești	5
2.1. Geografia Carpaților.....	5
2.1.1. Unitățile geomorfologice majore ale lanțului carpatic și integrarea lor în Sistemul Alpin European (SAE)	5
2.1.2. Carpații Sud - Estici.....	7
2.2. Opinii asupra fitodiversității endemitelor din Carpații României	7
3. Analiza pattern-urilor de endemism din Carpații Românești	9
ARTICOLUL 1: O EVALUARE CRITICĂ A LISTEI FITOTAXONILOR CARPATICI DIN CARPAȚII ROMÂNIEI.....	9
Materiale și metode.....	9
Rezultate și discuții	10
ARTICOLUL 2: PATTERN-URI DE ENDEMISM LA PLANTELE DIN CARPAȚII ROMÂNIEȘTI (Carpații Sud – Estici).....	12
Rezultate și discuții	12
Pattern-uri de endemism la plante în Carpații Românești. Pot oferi modelele de paleodistribuție mai multe indicii?.....	22
Rezultate și discuții	24
4. Analiză biogeografică a Carpaților Românești	28
4.1. Analiza parcimonioasă a endemismului (PAE).....	28
4.2. Clasificarea ierarhică de tip clustering	29
Concluzii	30
Cuprinsul tezei de doctorat.....	35

Cuvinte cheie

- Fitogeografie
- Endemism
- Cormofite
- Carpați
- România
- Distribuție
- Analiza parcimonioasă a endemismului (PAE)
- Modelarea distribuției speciilor (SDM)
- Holocen
- Paleodistribuție
- BIOMOD
- Unități geografice operaționale (OGU)
- Bogăție specifică
- Endemism ponderat
- Elemente biotice
- Interpolare spațială
- Arii de endemism
- Centre de endemism

Introducere

Distribuția actuală a speciilor vegetale este în strânsă legătură cu factorii istorici și ecologici care au acționat asupra arealelor, imprimându-le o continuă dinamică la scara timpului geologic. Rezultatul observabil în prezent este o sursă de informație pentru deslușirea proceselor determinante în modelarea arealelor: speciație, extincție, migrație. Nicăieri nu este acest mesaj mai pregnant precum în cazul speciilor endemice, elemente adesea rare și prin definiție strict localizate la nivelul unei singure unități biogeografice. Însă, interpretarea pattern-urilor de endemism ridică numeroase aspecte problematice. În primul rând, pentru a putea discerne mesajele imprimate în distribuția actuală a speciilor endemice, trebuie înțelese principiile care guvernează apariția lor: evenimentele de speciație. Acestea sunt surse de diversificare biologică, dar și de creștere a variabilității intraspecifice în fazele incipiente, aspecte ce se răsfrâng cu precădere asupra delimitării unităților discrete în analizele biogeografice și de biodiversitate. De asemenea, nu putem discuta de modele de speciație, căi de migrare sau zone de refugiu, fără delimitarea unor unități clare, identificabile în natură și cuantificabile. Însă tocmai acest subiect ridică o problemă esențială în biologie: ce este o specie? Ce înțelegem prin noțiunea de specie, cum îi percepem limitele și cum putem aplica un set de reguli și principii pentru a delimita clar unitățile în natură? Variabilitatea conceptuală a crescut exponențial odată cu dezvoltarea biologiei evoluționiste, având în prezent nu mai puțin de 26 concepte de specie, numeroase dintre ele aplicabile doar unui grup mai mult sau mai puțin restrâns de organisme.

Endemitele, ca elemente biogeografice având gradul cel mai ridicat de particularitate, sunt folosite drept criterii principale în delimitarea și individualizarea ariilor biogeografice. Prin intermediul biogeografiei cantitative, distribuția endemitelor poate fi utilizată în scopul clasificării diferitelor regiuni geografice. O astfel de clasificare devine utilă mai ales în contextul identificării factorilor istorici sau ecologici ce au influențat distribuția speciilor, cât și a pattern-urilor generale de distribuție. Ariile de endemism, ca unitate de bază în biogeografie, indică exact acele regiuni geografice informaționale atât la nivelul dinamicii arealelor, cât și la nivelul proceselor biologice evolutive de speciație. Stabilirea clară a acestor unități este condiția inițială necesară în efectuarea oricăror altor inferențe biogeografice.

Adesea, zonele de concentrare a arealelor pentru speciile endemice au fost considerate centre de refugiu și speciație. Aceste ipoteze sunt testate în prezent prin implicarea datelor paleoclimatice în modelarea distribuției speciilor sau prin identificarea ariilor de endemism. O constanță a prezențelor potențiale ale speciilor în timp în anumite regiuni ne indică stabilitatea condițiilor ecologice propice persistenței populațiilor. Însă aceste distribuții potențiale, proiectate în trecut, pornesc de la două presupunții importante: stabilitatea nișei în timp și echilibrul populațiilor cu mediul. Acceptând aceste condiții ca adevărate, rezultatele ne pot indica atât zonele de stabilitate (de refugiu), cât și dinamica (turnoverul spațial) distribuției în perioada postglaciară.

Utilizarea acestor abordări devine utilă în contextul identificării pattern-urilor generale de endemism și al discriminării factorilor istorici de cei ecologici ce au influențat distribuția speciilor.

În acest studiu, ne-am propus următoarele obiective:

- (1) Evaluarea critică a listei endemitelor Carpatice prezente în România;
- (2) Analiza pattern-urilor de endemism ale plantelor din Carpații Românești (Carpații Sud-Estici);
- (3) Identificarea centrelor de endemism din Carpații Românești (Carpații Sud-Estici);
- (4) Identificarea ariilor de endemism din Carpații Sud-Estici prin utilizarea a două seturi de date și a două sisteme de înregistrare a datelor corologice;
- (5) Generarea modelelor de distribuție potențială pentru un număr de taxoni endemic și proiectarea distribuției lor în trecut prin utilizarea datelor paleoclimatice, cu scopul de a analiza congruența dintre ariile de endemism și ariile de stabilitate (presupuse arii de refugiu și speciație) și de a identifica pattern-urile generale de endemism în spațiu și în perioada postglaciară;
- (6) Identificarea elementelor biotice, adică a acelor grupe de specii cu o distribuție preponderent comună și analiza distribuției lor geografice în Carpații Românești.

1. Fenomenul de endemism

Endemitele (gr. ενδημιος = care trăiește într-un singur loc, indigen) sunt unități taxonomice de diferite ranguri (subspecii, specii, genuri, familii) "*delimitate în răspândirea lor la un teritoriu determinat (provincie, regiune, district etc.). Endemitul este deci un taxon cu arie restrânsă la o anumită regiune naturală*" (Dihoru & Pârvu, 1987, p.10). O definiție mai largă a fenomenului de endemism ne-o oferă Costa (1997): fenomenul de endemism caracterizează acei taxoni a căror distribuție este restrânsă la o anumită arie, mai redusă decât a unui alt taxon de același rang (Vischi *et al.*, 2004). După cum vom vedea în continuare, variabilitatea criteriului principal folosit în caracterizarea endemitelor, dimensiunea arealului, conduce la diferite interpretări ale endemismului.

Cormofitele endemice conferă identitate floristică unităților geografice, surprinzând fenomenul natural de speciație și evoluție arealologică în corelație atât cu procesele orogenetice, cât și cu evenimentele paleoclimatice. De aici rezidă importanța majoră a identificării centrelor endemo-conservatoare și endemo-generatoare aferente diferitelor zone geografice. Acestea sunt amprenta fenomenelor istorice sau eco-climatice, driveri ai speciației și diversificării genotipice și fenotipice.

De asemenea, variabilitatea conceptuală vis-à-vis de noțiunea de specie influențează mult interpretarea endemitelor din punct de vedere taxonomic, dar și evolutiv.

Endemitele au fost adesea considerate entități biologice cu distribuție rară. Tocmai din această cauză, dar și datorită importanței biogeografice și evolutive, endemitele au fost și sunt utilizate în special drept criterii diferențiale pentru identificarea ariilor ce necesită un regim special

de protecție al biodiversității și naturalității. Ariile de endemism au fost adesea asociate centrelor de speciație și evoluție pentru diferite grupuri de organisme, întrucât distribuția unor taxoni limitată acestor arii denotă izolarea zonei în sine, constituindu-se într-o unitate geografică cu o evoluție aparte a biotei. Congruența dintre aceste arii de endemism și rețeaua de arii protejate a fost adesea considerată ca un bun criteriu de optimizare a strategiilor de conservare.

Ținând cont de toate aceste aspecte, adică importanța științifică fundamentală (ca unități evolutive și elemente biogeografice, identificarea ariilor de endemism și analiza dinamicii arealului în contextul schimbărilor climatice) dar și cea practică (rolul endemitelor în stabilirea strategiilor de conservare), putem considera studiul pattern-urilor de endemism ca fiind o temă fundamentală atât în biogeografia istorică și evolutivă (vezi și Morrone, 2009), cât și în biologia orientată spre conservare.

2. Endemismul în Carpații Românești

2.1. Geografia Carpaților

2.1.1. Unitățile geomorfologice majore ale lanțului carpatic și integrarea lor în Sistemul Alpin European (SAE)

Lanțul muntos carpatic se integrează în Sistemul Alpin European (SAE), fiind o unitate orografică majoră, bine individualizată orogenetic, geomorfologic și floristic. Orogeneza Carpaților a debutat în perioada cretacică, ridicându-se apoi în bloc la sfârșitul erei Terțiare, fiind cea mai tânără și mai întinsă unitate din SAE (1600 km Carpați, față de 1200 km Alpi, 800 km Dinaride, 500 km Balcani sau 490 km Pirinei; Mihăilescu, 1963).

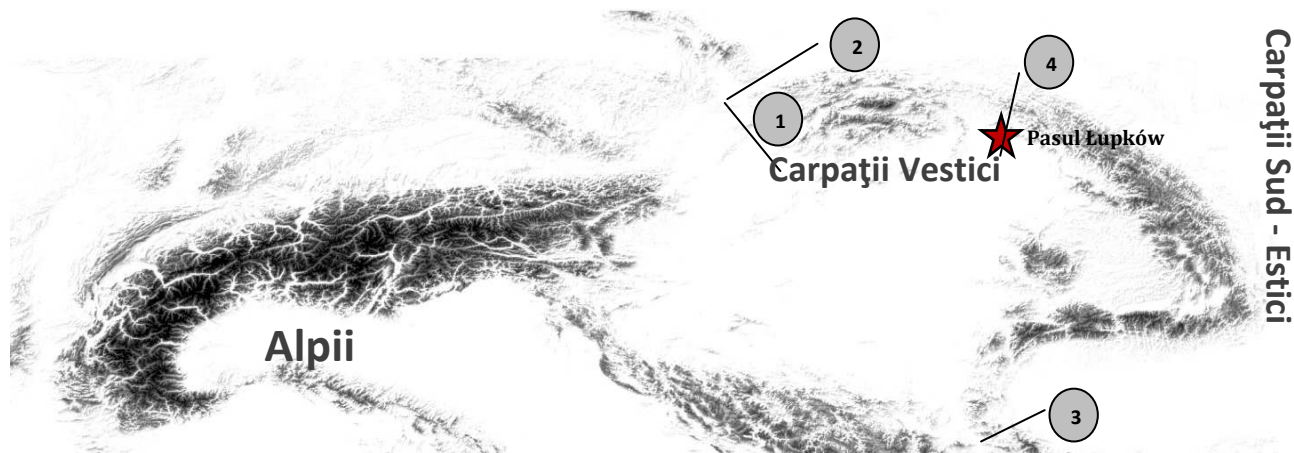


Fig. 1. Încadrarea Carpaților în SAE Nord-Estic și principalele lor diviziuni (pentru 1 →4, vezi în text)

În accepțiunea majorității geografilor, lanțul Carpatic este împărțit în două regiuni bine individualizate: Carpații Vestici (de Nord) și Carpații Sud-Estici (împărțiți la rândul lor în Carpații Estici, Carpații Sudici și ramura Munților Apuseni, cea care închide bazinul Transilvănean; Mihăilescu, 1963; Pop, 2006). Limitele generale ale Carpaților sunt (fig. 1):

- (1) la Vest, față de Alpi și Dinari prin câmpia Panoniei, pe o linie depresionară orientată NV-SE, străbătută parțial de Dunăre între Viena și Vác;
- (2) la Nord, față de Podișul Moraviei și Masivul Boemiei, de valea râurilor Morava și Odra;
- (3) la Sud, față de Masivul Stara Planina, o accepțiune clasică a limitei este Defileul Dunării, deși după cum sublinia Mihăilescu (1963), atât morfologia cât și structura geologică îndreptăcesc trasarea acestei limite mai la sud de Dunăre, de-a lungul culoarului Timoc-Nișava;

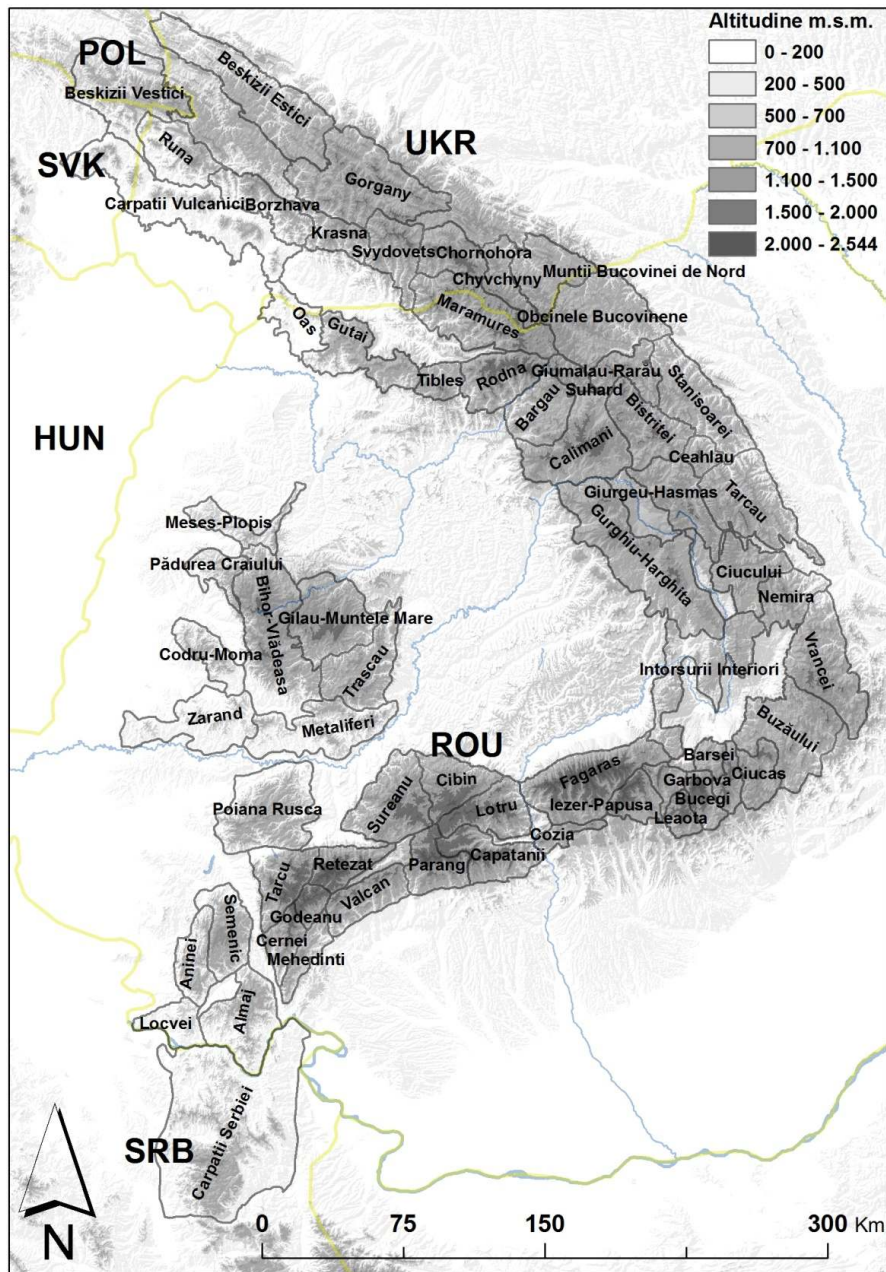


Fig. 2. Geographic units of the South – Eastern Carpathians

Pawłowski (1970) și alți floriști și fitogeografi plasează limita dintre Carpații Vestici și cei Sud – Estici în dreptul Pasului Łupków. Noi vom adopta această delimitare, cu specificația că includem în cadrul Carpaților Sud – Estici și unitatea Transdanubiană.

2.1.2. Carpații Sud - Estici

Carpații Sud-Estici sunt divizați în patru catene muntoase:

- (1) Carpații Estici, de la Pasul Łupków în Nord la Valea Prahovei în Sud;
- (2) Carpații Sudici, delimitați de V. Prahovei la Est și Culoarul Timiș-Cerna-Bistra la Vest;
- (3) Carpații Banatului incluzând și grupa transdanubiană, începând cu Valea Mureșului și Valea Timișului la Nord și Est și terminându-se cu Valea Timocului la Sud;
- (4) Munții Apuseni, între Valea Someșului la Nord și Valea Mureșului la Sud.

După cum aminteam mai sus, o caracteristică a lanțului Carpatic este gradul lor ridicat de fragmentare. Această fărâmițare, având cauze geologice, morfologice sau hidrologice, i-a condus pe geografi la împărțirea actuală a Carpaților Sud-Estici. Această divizare a fost utilizată și în analizele noastre (Fig. 2). Însă din punct de vedere fitogeografic, fragmentarea Carpaților are numeroase efecte, generând în final insularitate de habitat, premiza unei distribuții localizate a florei carpatice.

2.2. Opinii asupra fitodiversității endemitelor din Carpații României

"Il n'est pas possible d'indiquer le nombre exact d'espèces endémiques dans la flore des Alpes et des Carpates"

Bogumil Pawłowski (1970, p.185)

Pawłowski (1970) observă un gradient crescător, din nordul spre sudul Europei, în privința numărului de taxoni endemici, scoțând în evidență și corelația existentă între vârsta florei și numărul de endemite (cu cât flora este mai veche, cu atât ea a fost supusă unui număr mai mare de procese de fragmentare a arealelor și izolare a populațiilor, mai ales din cauze orogenetice și climatice, intensificându-se procesul de speciație). De asemenea, perioadele glaciare au determinat modificări profunde ale întinderii arealelor unor specii vechi, acestea găsindu-și refugiul în zonele neafectate. Acesta este și cazul Carpaților și al Balcanilor, lanțuri muntoase puțin afectate de glaciațiune, care păstrează în flora lor și paleoendemite, specii ce nu au mai avut capacitatea de extindere și recolonizare a fostelor areale din postglaciar.

Endemitele sunt strâns legate de emergența și transformările suferite de lanțul Carpatic, nici pe departe flora zonelor adiacente joase neposedând un grad atât de ridicat de endemism. Atât Pax (1898-1908), cât și Prodan (1939) considerau flora Carpaților României drept cea mai bogată din Europa. Cunoștințele la nivelul florei autohtone și conceptul de specie aplicat la acel moment îi îndreptătea pe deplin să facă astfel de afirmații. Primii floriști, mari exploratori ai florei transilvane (Heuffel, 1858; Schur, 1866; Simonkai, 1887) sau autori mai recentți (R. Soó, E.I.Nyárády, B.

Pawłowski) au denumit și tipizat ca unități discrete cu rang de specie sau subspecie o sumedenie de forme morfologice, conferindu-le statut de endemite. Multe dintre acestea au căzut ulterior în sinonimie, fiind invalidate fie de nestatornicia caracterelor diagnostice (în special la genuri critice cum sunt *Hieracium*, *Centaurea*, *Alchemilla*, *Rubus*), fie prin suprapunerea cu specii deja înregistrate anterior din alte zone. Altele și-au pierdut statutul de endemit datorită unei corologii incomplet cunoscute la nivel european (și nu numai), care ulterior a fost completată. Totuși, acești floriști și biogeografi au marele merit de a fi surprins o bună parte a variabilității morfologice, numeroase specii sau subspecii fiind valide și purtându-le și astăzi numele.

Tabelul 1. Numărul endemitelor în opinia diferiților autori

Autor	Anul publicării	Număr de taxoni	Area analizată
A. Borza	1931	283	România
I. Prodan	1939	280	România
T. Săvulescu	1940	340	România
A. Borza	1947-1949	148	România
A. Beldie	1967	97	Carpații României
I. Morariu & A. Beldie	1976	127	România
A. Beldie	1977, 1979	130	România
V. Sanda <i>et al.</i>	1983	169	România
H. Heltmann	1985	149	Carpații României
G. Dihoru & C. Pârvu	1987	80	România
G. Negrean & M. Oltean	1989	128	Carpații Sud - Estici

Analiza tot mai critică a poziției taxonomice (pe baze morfologice, ecologice, cariologice, genetice *etc.*) și corologiei acestor taxoni a condus la o mare variabilitate în propunerea listelor de endemite, însă și la o reducere drastică a numărului de taxoni încadrați în această categorie. Numărul endemitelor carpatice variază, după cum fiecare autor a considerat sau nu microspecii ale grupurilor critice sau în funcție de viziunea personală asupra poziției taxonomice a diferiților taxoni și a corologiei lor (Tab. 2). Trebuie remarcat și faptul că cifrele ce însoțesc diversitatea endemitelor carpatice în opinia diferiților autori depinde și de arealul luat în considerare la momentul realizării conspectului. Astfel, lucrări precum cele ale lui Borza (1931), Prodan (1939), Săvulescu (1940) sau Borza (1947-1949) se referă la "România Mare", pe când studiile ulterioare privesc actualul teritoriu al României sau doar aria carpatică.

Încheiem prin a menționa că nu există o listă universal valabilă (și pentru multă vreme de acum înainte controversate vis-à-vis de acest subiect vor continua, bazate în special pe accepțiunea noțiunii de specie). În analizele noastre am încercat o sinteză a diferitelor opinii, căutând consensul taxonomic între autori.

3. Analiza pattern-urilor de endemism din Carpații Românești

ARTICOLUL 1: O EVALUARE CRITICĂ A LISTEI FITOTAXONILOR CARPATICI DIN CARPAȚII ROMÂNIEI

Bogdan Iuliu - HURDU^{1,2}, Mihai PUȘCAȘ³, Pavel Dan TURTUREANU², Marjan NIKETIĆ⁴, Ghizela VONICA⁵ Gheorghe COLDEA¹

¹Institutul de Cercetări Biologice, str. Republicii, nr. 48, RO-400015 Cluj-Napoca, Romania, ²Universitatea Babeș-Bolyai, Facultatea de Biologie și Geologie, str. Republicii, nr. 44, RO-400015 Cluj-Napoca, Romania, ³Universitatea Babeș-Bolyai, Grădina Botanică A. Borza, str. Republicii, nr. 42, RO-400015 Cluj-Napoca, Romania, ⁴Natural History Museum, 11000, Belgrade, Serbia, ⁵Natural History Museum, Sibiu, Cetatii str., no.1, RO- 550160 Sibiu, Romania. Corresponding author: bogdan.hurdu@icbcluj.ro

Contribuții Botanice (*in press*)

Abstract: Deși au fost realizate numeroase studii asupra plantelor endemic din Carpații Românești, există încă neconcordanțe taxonomice, dublate de insuficiența datelor corologice. Studiul nostru își propune să reducă aceste incertitudini prin utilizarea unui set de date corologice cuprinzător și prin căutarea consensului taxonomic între diferiți autori. Din acest motiv, am generat o colecție cuprinzătoare de date corologice, cuprinzând surse din literatură, herbare și eșantionaje acoperind Carpații României. În paralel, am cercetat literatura botanică din țările învecinate (Serbia, Bosnia, Bulgaria) pentru a avea o mai bună viziune asupra distribuției taxonilor endemici. Am considerat 132 taxoni ca fiind valizi din punct de vedere taxonomic și corologic, având în principal două tipuri de distribuție: *Pancarpatici* și *Sud-Est Carpatici*. Toți acești taxoni apar în Carpații României, cu o pondere însemnată a endemitelor strict localizate. Un număr redus de taxoni, mai precis cei sub-endemici, sunt caracterizați de un optim ecologic ce le permite să se dezvolte în zone joase, fiind citați și din zonele adiacente Carpaților. În final am exclus genurile polimorfe *Hieracium*, *Alchemilla* și *Rubus* și numeroși alți taxoni ce au fost considerați de diferiți autori ca endemici, însă fără a avea o viziune unanimă.

Cuvinte cheie: plante endemic, Carpați, consens taxonomic, corologie, baza de date

Materiale și metode

Baza de date a fost construită utilizând numeroase surse din literatură publicate între anii 1866 și 2011, colecții de herbar (Herbarul Muzeului de Istorie Naturală Sibiu – SIB, Herbarul Institutului de Biologie din cadrul Academiei Române – BUCA, Herbarul Grădinii Botanice "A. Borza" Cluj – CL, Herbarul Universității din Belgrad – BEOU și Herbarul Muzeului Național de Istorie Naturală Budapesta - BP), cât și eșantionaje realizate în perioada 2003 – 2010 de către autorii acestui studiu.

Nomenclatura a fost validată utilizând următoarele lucrări: Oprea (2005), Ciocârlan (2009), Dihoru *et* Negrean (2009) și Flora R.P.R.-R.S.R. vol. I-XIII, cât și bazele de date online Flora Europaea (<http://rbg-web2.rbge.org.uk/FE/fe.html>), The Plant List Database (<http://www.theplantlist.org/>). A fost acceptat în general opinia consensuală ale surselor menționate, nevizând exclusiv nomenclatura ultimei lucrări publicate.

Informațiile disponibile asupra toponimiei și topografiei au fost utilizate pentru obținerea coordonatelor geografice în cazul fiecărei localități citate. Pentru o identificare precisă, am folosit modele digitale altitudinale, hărți topografice, turistice și satelitare. Precizia estimată a poziției a variat între 20 m și 5000 m. În final, am generat 9418 referințe spațiale distincte pentru cei 132 taxoni endemici considerați.

Rezultate și discuții

Am considerat valizi din punct de vedere taxonomic și corologic 132 taxoni endemici. Din perspectivă sistematică, flora endemică a Carpaților Sud – Estici (incluzând și endemitele carpatice generale) este distribuită în 30 familii, dintre care *Asteraceae* este cea mai bogată (20 taxoni), apoi *Poaceae* (17), *Brassicaceae* (15), *Caryophyllaceae* (15), *Campanulaceae* (7), *Ranunculaceae* (7), *Fabaceae* (5), *Apiaceae* (4), *Lamiaceae* (4) sau *Primulaceae* (4). 78 de genuri din flora Carpaților Românești includ specii sau subspecii endemice, între acestea *Festuca* și *Centaurea* având ambele câte 8 taxoni endemici, *Dianthus* (6), *Campanula* (5), *Draba* (4), *Thymus* (3), *Silene* (3), *Scabiosa* (3), *Primula* (3) și *Hesperis* (3) printre cele mai bogate genuri. De asemenea, grupul *Marginatus* din genul *Thymus* este endemic pentru lanțul Carpatic, incluzând speciile *T. comosus*, *T. pulcherrimus* și *T. bihoriensis*. Alte două genuri au fost anterior considerate endemice pentru Carpații Românești (*Pietrosia* and *Polyschemone*) (Flora R.P.R.-R.S.R. vol. I-XIII), acestea fiind ulterior reconsiderate din punct de vedere taxonomic (Morariu & Beldie, 1976).

Cele două neajunsuri descrise anterior (taxonomic și corologic), împreună cu diferitele interpretări ale limitei sudice Carpaților Sud – Estici a condus la excluderea unor taxoni din lista endemitelor Carpatice. Taxoni precum *Campanula crassipes*, *Scabiosa columbaria* ssp. *banatica*, *Athamantha turbith* ssp. *hungarica* sau *Dianthus giganteus* ssp. *banaticus* sunt distribuiți la sud de Defileul Dunării, în unitatea Transdanubiană. Din acest motiv au fost considerați drept elemente Carpato – Balcanice de unul sau mai mulți autori, însă fără a fi citate localități din Munții Balcani (Assyov & Petrova, 2006). Bazându-ne pe includerea Carpaților Transdanubieni în cadrul Carpaților Sud – Estici, am inclus și taxonii anterior menționați pe lista endemitelor.

Gypsophila petraea a fost considerată de unii autori drept un element Carpato – Balcanic. Această specie a fost citată la Sud de Dunăre doar de Hayek (1924) sub *G. transsilvanica*, „Bu (Rhodope)”, iar ulterior presupusă a fi o greșeală de identificare și exclusă din flora Balcanilor (Stojanov *et al.*, 1966 - 1967).

Galium kitaibelianum a fost citată din ariile colinare Velika Remeta și Krušedol din Serbia Centrală (Obradović, 1966), acestea fiind singurele localități din afara arcului Carpatic.

Cerastium arvense ssp. *lerchenfeldianum* a fost citată de Hayek (1924) "*In glandulosis [glareosis], rupestibus. Sb*", din Serbia, iar ulterior considerată a fi o greșeală de identificare (Niketić, 2007).

Draba kotschyi a fost considerată o specie Alpino – Carpatică, însă conform lui Pawłowski (1970), în Alpi această specie a fost confundată cu *D. norvegica* (Buttler, 1967).

Anumiți taxoni critic au fost păstrați în lista noastră, cu precizarea că aceștia vor necesita investigații ulterioare pentru lămurirea validității lor taxonomice sau corologice. *Dactylorhiza cordigera* ssp. *siculorum* și *Dactylorhiza maculata* ssp. *schurii* au fost considerați valizi pe baza monografiei genului în România (Soó, 1967), în timp ce *Plantago atrata* Hoppe ssp. *carpatica* și *Salix kitaibeliana* au fost păstrate în lista endemitelor Carpatice bazându-ne pe opinia critică prezentată de consorțiul proiectului IntraBioDiv (Gugerli *et al.*, 2008).

Soldanella rugosa este un taxon nou – descris, diferențiat pe baza informațiilor genetice și a distribuției geografice (Zhang, 2001).

Anumiți taxoni sub – endemici, ce își aveau optimul în zona Carpaților, sunt distribuiți și în ariile adiacente joase: *Leucanthemum waldsteinii* (citată din Bosnia, Muntele Vranica) (Beck-Mannagetta *et al.*, 1950), *Crocus banaticus* (citată din Serbia, Munții Šabac și Kladovo) (Randelović & Randelović, 1999), *Cardamine glanduligera* (citată din Ungaria, Nagysom) (Javorka, 1935), sau *Micromeria pulegium* (Munții Tara în Serbia) (Diklić & Nikolić, 1986).

Am exclus, bazându-ne pe argumente concrete, mai mulți alți taxoni. Aceștia au fost considerați fie ca având o poziție taxonomică incertă, fie o distribuție incomplet cunoscută. Dintre acești taxoni excluși, este posibil ca unii să fie confirmați ulterior pe lista endemitelor Carpatice în urma unor noi studii.

Am exclus, de asemenea, toți taxonii genurilor *Hieracium*, *Alchemilla* și *Rubus* datorită taxonomiei lor critice, în pofida numeroșilor taxoni "presupuși" endemici, cât și specii ale genului *Aconitum* sau alți taxoni aflați în aceeași situație incertă taxonomic sau corologic: *Androsace villosa* ssp. *arachnoidea*, *Sorbus umbellata* ssp. *banatica*, *Stipa crassiculmis* ssp. *heterotricha*, *Ranunculus flabellifolius*, *Pyrola carpatica*, *Poa laxa* ssp. *pruinosa*, *Pinus nigra* ssp. *banatica*, *Melampyrum herbichii* sau *Hypericum richerii* ssp. *transsilvanicum*.

ARTICOLUL 2: PATTERN-URI DE ENDEMISM LA PLANTELE DIN CARPAȚII ROMÂNEȘTI **(Carpații Sud – Estici)**

Bogdan Iuliu - HURDU^{1,2}, Mihai PUȘCAȘ³, Pavel Dan TURTUREANU², Marjan NIKETIĆ⁴, Gheorghe COLDEA¹, Niklaus E. ZIMMERMANN⁵

¹Institutul de Cercetări Biologice, str. Republicii, nr. 48, RO-400015 Cluj-Napoca, România, ²Universitatea Babeș-Bolyai, Facultatea de Biologie și Geologie, str. Republicii, nr. 44, RO-400015 Cluj-Napoca, România, ³Universitatea Babeș-Bolyai, Grădina Botanică A. Borza, str. Republicii, nr. 42, RO-400015 Cluj-Napoca, România, ⁴Natural History Museum, 11000, Belgrade, Serbia, ⁵Land Use Dynamics, Swiss Federal Research Institute WSL, Zuercherstrasse 111, CH-8903, Birmensdorf, Switzerland. Corresponding author: bogdan.hurdu@icbcluj.ro

Contribuții Botanice (*in press*)

Abstract: Studiul endemismului, un fenomen atât biogeografic, cât și evolutiv, poate scoate în evidență aspecte istorice sau ecologice importante ale florei unei regiuni. Cu toate acestea, datorită inconsistențelor taxonomice sau incertitudinilor corologice, studiile anterioare au oferit rezultate variate pentru flora endemică a Carpaților Românești. Pentru a reduce aceste neajunsuri, am construit o bază de date utilizând un vast material bibliografic, colecții de herbar și eșantioane. Am considerat în final ca fiind valizi 132 taxoni endemici (Pancarpatici sau Sud – Est Carpatici) pentru Carpații Românești. În studiul de față prezentăm distribuția generală în lanțul Carpatic a taxonilor endemici, având la bază o serie de lucrări de bază din literatura botanică a statelor vecine României. Consecutiv, cu scopul de a investiga distribuția bogăției specifice a endemitelor în aria studiată, am utilizat drept bază naturală de înregistrare a corologiei unitățile geomorfologice majore ale Carpaților (Unități Geografice Operaționale – UGO). Pentru interpolarea spațială a datelor și reprezentare grafică, am ales utilizarea unui sistem artificial de înregistrare a datelor de tip grid. Prin intermediul mediului GIS și a analizelor spațiale, am identificat trei mari regiuni de endemism, cinci centre majore și trei minor. Discutăm, de asemenea, posibilele bariere floristice din Carpații Românești și explorăm relația dintre bogăția în endemite și diferite variabile topografice (altitudine medie, altitudine maximă și amplitudine altitudinală). În final, scoatem în evidență importanța biogeografică a centrelor de endemism identificate.

Cuvinte cheie: centre de endemism, bogăție specifică, endemism ponderat, Carpați, krigging, GIS, Unități Geografice Operaționale (UGO), Set Geografic Operațional (SGO)

Rezultate și discuții

Din totalul de 132 taxoni endemici validați taxonomic și corologic,, 27 sunt Pan-Carpatici, iar 105 sunt limitați la Carpații Sud – Estici. Pawłowski (1970) a menționat 25 de endemite comune celor două subunități Carpatice și 100 endemite Sud-Est Carpatice. Numărul total de taxoni endemici din România a variat de-a lungul timpului de la autor la autor, spre ex. 97 (Beldie, 1967),

149 (Heltmann, 1985), 128 (Negrean *et* Oltean, 1989). Distribuția lor *per* țară evidențiază faptul că Ucraina are cel mai ridicat număr de endemite carpatice (60), excluzând România (care deține toți taxonii analizați). Acești taxoni endemici sunt concentrați în ariile muntoase înalte din Nordul Munților Maramureșului (Chornohora, Svydovets, Chyvchyn), aceste unități având strânse legături floristice între ele. În partea Sud – Vestică a Carpaților Sud – Estici, unitatea joasă Transdanubiană din Serbia adăpostește numeroși taxoni termofili endemici, prezenți și în zonele adiacente din România. Aceștia sunt limitați la arii muntoase joase precum Munții Mehedinți (Valea Cernei) sau Munții Almăjului (în special Cazanele Dunării): *Primula auricula* ssp. *serratifolia*, *Tulipa hungarica*, *Dianthus giganteus* ssp. *banaticus*, *Campanula crassipes* sau *Centaurea triniifolia*.

Limita de Nord a arealului unor taxoni Balcanici subendemici este de asemenea cunoscută din această zonă: *Hypericum rumeliacum*, *Ferula heuffelii*, *Bupleurum apiculatum*, *Knautia macedonica*, precum și numeroși taxoni non – endemici. Din acest motiv, unii biogeografi urmând viziunea lui Adamović (1909) consideră Defileul Dunării aparține Districtului floristic Vest – Moesiac sau Serbiei Carpato – Balcanice. Întrucât divizarea unei unități compacte precum cea discutată mai sus nu este oportună din punct de vedere biogeografic, studii ulterioare sunt necesare pentru a clarifica natura tranzitională a acestei arii. Distribuția generală a taxonilor *per* țară este prezentată în tabelul 2.

Pattern-urile de endemism descriu o distribuție inegală a bogăției endemitelor de-a lungul Carpaților Românești (Tabelul 1). Acest fapt poate fi observat prin analizarea nivelelor de bogăție specifică a endemitelor din unitățile geomorfologice naturale. Munți înalți deținând medii alpine extinse (Munții Rodnei, Bucegi, Făgăraș sau Retezat) au un grad ridicat de endemism. Masivele calcaroase precum Piatra Craiului, Hășmaș - Cheile Bicazului sau Ceahlău au, de asemenea, o floră endemică bogată, evidențiindu-se endemitele strict localizate. Pe de altă parte, munții cu altitudini medii sau joase (cu excepția unor masive calcaroase precum cele din Trascău sau Mehedinți) nu au o bogăție specifică mare.

Bazându-ne atât pe distribuția endemitelor în unitățile naturale, cât și în cele artificiale, pe valorile endemismului (Fig. 1), ale endemismului poderat (Fig. 2) și ale afinităților floristice dintre diferitele arii analizate, am identificat trei mari regiuni cu endemism ridicat, cinci centre majore și trei minore de endemism. Acestea, totuși, nu trebuie confundate cu ariile de endemism sensu Linder (2001), ci interpretate, mai degrabă ca "hotspot-uri" de endemism cu importanță evolutivă și conservativă asupra florei endemitelor. Centrele majore de endemism sunt caracterizate atât de o floră a endemitelor bogată, cât și de prezența endemitelor strict localizate.

Tabel 1: Bogăția taxonilor endemici din principalele UGO - uri ale Carpaților Sud - Estici Românești

UGO	Nr. end.	UGO	Nr. end.	UGO	Nr. end.	UGO	Nr. end.
Rodna	73	Țarcu-Godeanu-Cernei	39	Vrancei	19	Oaș	7
Bucegi	72	Cindrel (Cibin)	35	Almăjului	18	Tarcău	7
Făgăraș	70	Stânișoarei	34	Metaliferi	18	Penteleu	6
Piatra Craiului	65	Nemira	31	Pădurea Craiului	17	Semenic	6
Retezat	63	Gilău - Muntele Mare	29	Gutâi	16	Codru-Moma	5
Hășmaș-Cheile Bicazului	62	Bihor-Vlădeasa	28	Harghita	16	Poiana Ruscă	5
Ceahlău	59	Iezer-Păpușa	28	Perșani	16	Meseș	6
Bârsei	57	Leaota	28	Șureanu	16	Bârgău	3
Parâng	55	Trascău	28	Latorița	15	Locvei	3
Ciucaș	51	Obcinele Bucovinene	26	Baiului	14	Buzăului	2
Căpățâni	50	Țibleș	26	Aninei	13	Ciucului	2
Rarău	50	Bistriței	24	Gurghiu	13	Culmea Codrului	2
Maramureș	47	Siriu	22	Suhard	12	Dognecea	2
Mehedinți	44	Cozia	20	Bodoc	10	Plopiș	2
Călimani	41	Lotrului	20	Zarand	8		

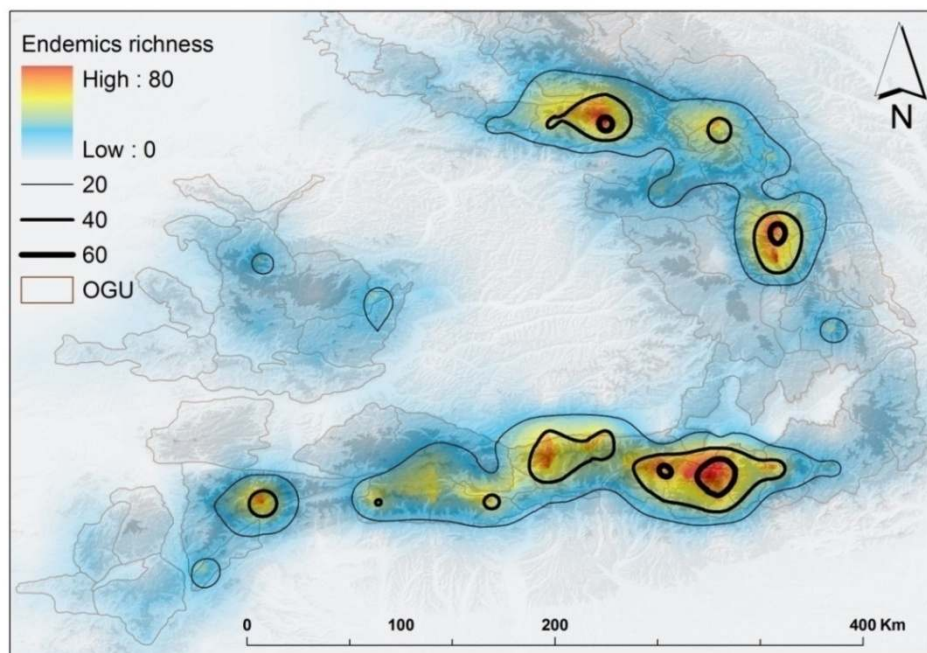


Fig. 1: Pattern-urile de endemism din Carpații Românești obținute prin interpolare krigging

Cele trei mari regiuni endemice sunt discriminate de taxoni endemici diferențiali și evidențiate de bogăția lor floristică:

- (1) Carpații Estici Centrali (cu Munții Svydovets, Chornohora, Chyvchyn, Maramureș, Rodna, Țibleș, Călimani, Rarău, Ceahlău și Hășmaș - Cheile Bicazului);
- (2) Carpații Sudici, la Est de Valea Oltului (cu Munții Ciucaș, Bârsei, Bucegi, Piatra Craiului, Iezer – Păpușa și Făgăraș);
- (3) Carpații Sud – Vestici, întinzându-se până în zona Defileului Dunării (cu Munții Retezat, Țarcu – Godeanu – Cernei, Mehedinți – Oslea, Almăjului și Transdanubieni).

În discuția asupra pattern-urilor de endemism și a dinamicii arealelor speciilor, luăm în considerare două aspecte importante: efectul refugiilor Pleistocene și situarea barierelor floristice care au împiedicat dispersia unor endemite. În arealul studiat, limitele de distribuție ale unor taxoni (indicați între paranteze) pot evidenția astfel de bariere, precum și indica unele posibile refugii glaciare (Fig. 2):

- (a) Carpații de Curbură, munți medii și joși ce fac legătura dintre Carpații Sudici și cei Estici (*Athamanta turbith* ssp. *hungarica* este distribuită la vest de această barieră, iar *Dianthus henteri*, *Festuca bucegiensis*, *Poa rehmannii* și *Primula elatior* ssp. *leucophylla* sunt distribuite la Est);
- (b) Valea Oltului, de tip transversal, străbătând catena Meridionala de la Nord la Sud, reprezintă limita de areal pentru câteva endemite (*Draba kotschyi*, *Erigeron nanus*, *Gentiana cruciata* ssp. *phlogifolia*, *Heracleum carpaticum*, *Leontodon repens* și *Melampyrum saxosum* distribuite la Est de această barieră, în timp ce *Galium baillonii* și *Micromeria pulegium* sunt limitate la Vest de Valea Oltului);
- (c) coridorul Jiu – Strei, în partea de Vest a Carpaților Sudici, delimitând Munții Retezat de Munții Parâng (*Cardaminopsis neglecta*, *Ranunculus carpaticus* și *Festuca bucegiensis* cresc la Est de această limită, iar *Primula auricula* ssp. *serratifolia* și *Dianthus giganteus* ssp. *banaticus* se opresc în distribuția lor în partea Vestică).

Pe baza analizelor noastre, am identificat următoarele centre majore de endemism în Carpații Românești:

- (1) Centrul de endemism Rodna – Maramureș - Svydovets – Chornohora – Chyvchyn, ce deține 7 taxoni endemici diferențiali: *Armeria pocutica*, *Cochlearia borzaeana*, *Euphorbia carpatica*, *Festuca versicolor* ssp. *dominii*, *Lychnis nivalis*, *Saussurea porcii*, *Soldanella rugosa* și un total de 77 taxoni (58% din flora endemică a Carpaților Românești). Altitudinea maximă este atinsă în Munții Rodnei (Vf. Pietrosul Rodnei: 2303 m.s.m.), aici găsim și trei taxoni endemici locali și cel mai ridicat număr de endemite din cuprinsul Carpaților Sud – Estici. Toate aceste argumente ar sugera un posibil refugiu alpin localizat în această zonă;
- (2) Grupul muntos Hășmaș - Cheile Bicazului – Ceahlău – Rarău reprezintă un centru de endemism cu o diversitate floristică ridicată și două endemite strict localizate (însă fără congruență de areal): *Astragalus roemeri* și *A. pseudopurpureus*, cât și numeroși alți taxoni endemici rari, printre

care *Asperula carpatica*, prezentă și în Munții Stânișoarei. Aceste masive calcaroase sunt caracterizate de insularitate, fiind masive izolate, fapt care probabil a acționat asupra izolării florei locale. Bogăția specifică totală a acestui centru de endemism este de 77 taxoni endemici (58%);

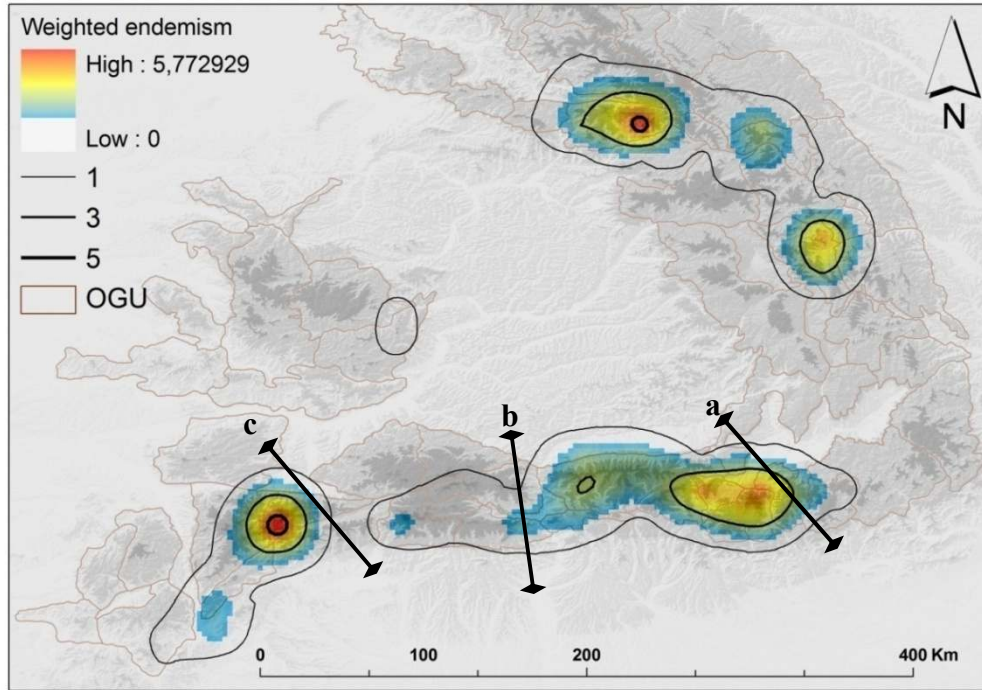


Fig. 2: Endemismul ponderat al Carpaților Românești obținut prin interpolare krigging (a,b,c: bariere floristice; pentru explicare, a se vedea în text)

(1) Centrul de endemism Bucegi - Bârsei - Piatra Craiului - Ciucaș deține cea mai ridicată diversitate a endemitelor din Carpații Sud - Estici, cu 87 taxoni (66%). Mai mult, aici sunt prezenți câțiva taxoni locali cu o distribuție non - congruentă: *Dianthus callizonus*, *Ornithogalum orthophyllum* ssp. *acuminatum*, *Primula wulfeniana* ssp. *baumgarteniana* și *Saxifraga mutata* ssp. *demissa*;

(2) Munții Făgăraș posedă cel mai extins areal tipic alpin din cuprinsul Carpaților Sud - Estici, împreună cu Munții Retezat. Cu un total de 70 taxoni endemici, majoritatea specifici etajului alpin, este a treia unitate muntoasă ca diversitate din cuprinsul Carpaților Sud - Estici, după Munții RODEnei și Munții Bucegi. De remarcat este și endemitul *Silene dinarica*, limitată acestei unități (specia a fost de asemenea citată din Munții Godeanu de Heuffel, în 1858, însă nu a fost confirmată ulterior);

(3) Munții Retezat reprezintă un centru de endemism cu diversitate ridicată, mai ales în ceea ce privește endemitele locale (5 în total): *Anthemis kitaibelii*, *Barbarea lepuznica*, *Carduus kernerii* ssp. *lobulatiformis*, *Centaurea phrygya* ssp. *retezatensis* și *Festuca pachyphylla*. Luând în

considerare și catena calcaroasă Sudică, Munții Piule – Piatra Iorgovanului, Munții Retezat adăpostesc 63 de endemite.

Am identificat, de asemenea, trei centre minore de endemism, caracterizate de prezența endemitelor locale, însă având o bogăție totală a endemitelor mai redusă decât în cazul centrelor majore:

(1) Centrul de endemism Cozia – Buila-Vânturarița este alcătuit din două masive muntoase separate de Valea Oltului, ce ar contrazice poziționarea unei bariere floristice de-a lungul acestui coridor. Aceste două masive calcaroase au puternice afinități floristice, *Rosa villosa* ssp. *coziae* fiind distribuită doar în această arie. *Stipa crassiculmis* P. Smirnov ssp. *heterotricha* Dihoru et Roman, un alt taxon endemic descris în literatura de specialitate, a fost citat din Munții Cozia. Cu toate acestea, noi nu l-am considerat în analizele noastre, adoptând opinia prezentată de V. Ciocârlan (2009), cel care sinonimizează acest taxon cu ssp. *euroanatolica*;

(2) Centrul de endemism Mehedinti – Almăjului – Carpații Transdanubieni dețin câteva endemite locale (*Minuartia hirsuta* ssp. *cataractarum*, *Prangos carinata*, *Stipa danubialis*, *Tulipa hungarica*) și alte câteva endemite ce își extind arealul la Nord (*Campanula crassipes*, *Centaurea triniifolia*, *Dianthus giganteus* ssp. *banaticus*, *Primula auricula* ssp. *serratifolia* și *Sorbus borbasii*);

(3) Masivele din Trascău – Scărița Belioara constituie un al treilea centru minor de endemism, caracterizat de altitudini joase, substrat calcaros și două endemite locale: *Sorbus dacica* și *Centaurea reichenbachii*;

La o rezoluție mai redusă, Pawłowski (1970) a identificat patru centre principale de endemism în Carpații Sud – Estici, principala diferență față de analizele noastre constând în considerarea Carpaților Sudici drept o singură unitate floristică. Subliniem aici faptul că, datorită afinităților floristice la nivelul endemitelor, munții situați la Est de Valea Oltului sunt mai apropiați biogeografic de Carpații Estici. Rezultate similare au fost prezentate și de Negrean & Oltean (1989). Cu toate acestea, diferențele apar în separarea Munților Rarău împreună cu Cheile Bicazului de Muntele Ceahlău și Masivul Hășmaș și descrierea a două centre de endemism distincte. Taxoni precum *Asperula carpatica*, *Centaurea phrygia* ssp. *carpatica*, *Heracleum carpaticum*, *Hesperis moniliformis*, *Leontodon repens*, *Primula elatior* ssp. *leucophylla*, *Silene zawadzki*, *Thesium kernerianum* și *Trisetum macrotrichum*, prezenți în Munții Rarău, Ceahlău și Hășmaș nu justifică separarea acestor unități muntoase și plasarea unei bariere floristice între cele două centre de endemism sus – menționate.

Prin analiza relației dintre bogăția endemitelor și diferite variabile topografice (altitudine medie, altitudine maximă și amplitudine altitudinală *per* celulă a gridului), am observat corelația ca fiind cea mai puternică între bogăția specifică și altitudinea maximă (Fig. 3). A putut fi observată o tendință generală de creștere a numărului de endemite odată cu altitudinea, în special considerând diferența dintre munții joși și etajul alpin (~ 2200 m.s.m.). Endemismul în Carpați este în strânsă legătură cu distribuția insulară a etajului alpin. Acesta este un fapt cunoscut, întrucât sistemul alpin

a acționat prin mecanisme de izolare atât la nivel de speciație, cât și ca refugiu. Cu toate acestea, saturația în bogăția specifică atinsă la valoarea 50, iar curbarea la 40 ne indică o mare variabilitate a bogăției endemitelor în etajul alpin (50 - 80). Acest lucru ar putea fi cauzat de numeroși factori, precum variația în condiții climatice, istorie diferită a taxonilor sau substratul geologic. Într-o măsură mai mică, aceste diferențe pot apărea și datorită impactului activităților umane asupra habitatelor naturale sau a unor diferențe de intensitate a eforturilor de esantionare., the human impact on the habitat or a difference in sampling intensity might play a role.

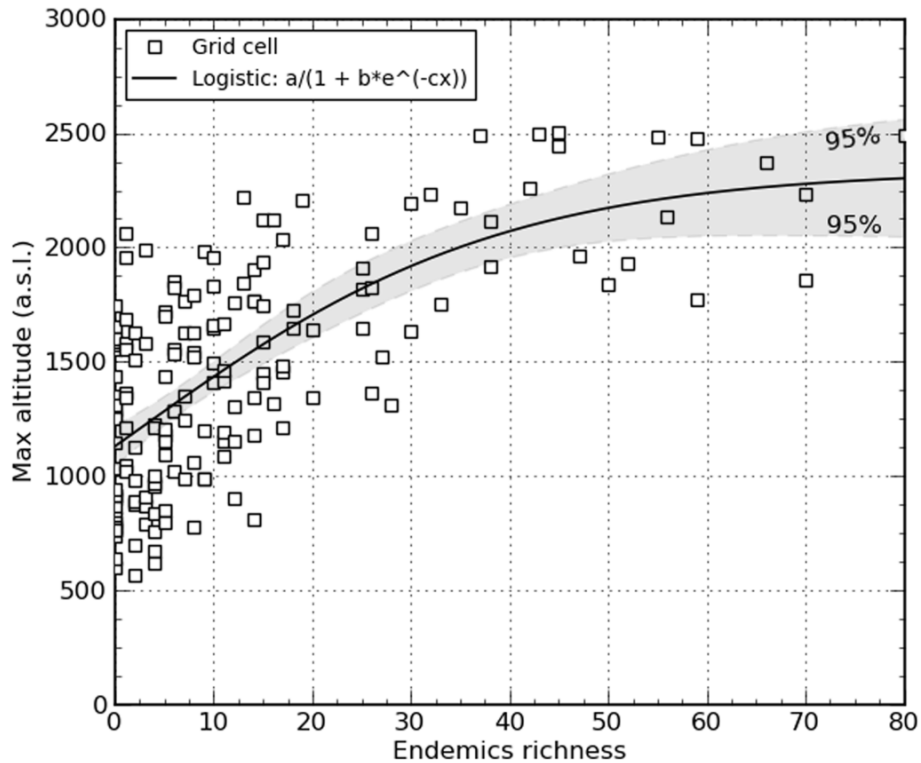


Fig. 3: Relația dintre boșăția în endemite și altitudinea maximă per celulă a gridului (AIC: 1900.95, Standard error: 352.09, r : 0.69)

Tabel 2: Lista completă a fitoendemitelor Pancarpatiche și Sud-Est Carpatice și distribuția lor per țară de-a lungul lanțului Carpatic

Nr.	Taxoni Pancarpatici	Familia	Distribuția în Carpați					
			Ro	Ukr	Srb	Pol	Sk	Hu
1	<i>Centaurea phrygia</i> L ssp. <i>melanocalathia</i> (Borbás) Dostál	<i>Asteraceae</i>	+	+		+	+	
2	<i>Erigeron nanus</i> Schur	-, -	+			+	+	
3	<i>Leontodon montanus</i> Lam. ssp. <i>pseudotaraxaci</i> (Schur) Finch & P.D.Sell	-, -	+	+		+	+	
4	<i>Leucanthemum waldsteinii</i> (Sch.Bip.) Pouzar	-, -	+	+		+	+	
5	<i>Symphytum cordatum</i> Waldst. & Kit. ex Willd.	<i>Boraginaceae</i>	+	+		+	+	
6	<i>Cardamine glanduligera</i> O.Schwarz	<i>Brassicaceae</i>	+	+		+	+	+

7	<i>Cardaminopsis neglecta</i> (Schult.) Hayek	-,-	+	+		+	+
8	<i>Erysimum witmanni</i> Zaw. ssp. <i>witmanni</i>	-,-	+			+	+
9	<i>Hesperis nivea</i> Baumg.	-,-	+	+		+	+
10	<i>Campanula carpatica</i> Jacq.	<i>Campanulaceae</i>	+	+			+
11	<i>Campanula rotundifolia</i> L. ssp. <i>polymorpha</i> (Witašek) Tacik	-,-	+	+		+	+
12	<i>Campanula serrata</i> Hendrych	-,-	+	+		+	+
13	<i>Silene nutans</i> L. ssp. <i>dubia</i> (Herbich) Zapal.	<i>Caryophyllaceae</i>	+	+		+	+
14	<i>Sempervivum montanum</i> L. ssp. <i>carpaticum</i> Wettst. ex Hayek	<i>Crassulaceae</i>	+	+		+	+
15	<i>Oxytropis carpatica</i> R.Uechtr.	<i>Fabaceae</i>	+	+		+	+
16	<i>Trifolium medium</i> L. ssp. <i>sarosiense</i> (Hazsl.) Simonk.	-,-	+				+
17	<i>Luzula alpinopilosa</i> (Chaix) Breistr. ssp. <i>obscura</i> Frohner	<i>Juncaceae</i>	+	+		+	+
18	<i>Thymus pulcherrimus</i> Schur	<i>Lamiaceae</i>	+	+		+	+
19	<i>Dactylorhiza maculata</i> (L) Soo ssp. <i>schurii</i> (Klinge) Soó	<i>Orchidaceae</i>	+				+
20	<i>Plantago atrata</i> Hoppe ssp. <i>carpatica</i> (Pilg.) Soó	<i>Plantaginaceae</i>	+	+		+	+
21	<i>Festuca carpatica</i> F. G. Dietr.	<i>Poaceae</i>	+	+		+	+
22	<i>Festuca rupicola</i> Heuffel. ssp. <i>saxatilis</i> (Schur) Rauschert	-,-	+	+			+
23	<i>Festuca versicolor</i> Tausch. ssp. <i>versicolor</i>	-,-	+	+		+	+
24	<i>Trisetum fuscum</i> Schultes	-,-	+	+		+	+
25	<i>Aconitum lycoctonum</i> L. ssp. <i>moldavicum</i> (Hacq.) J alas	<i>Ranunculaceae</i>	+	+		+	+
26	<i>Ranunculus carpaticus</i> Herbich	-,-	+	+			+
27	<i>Salix kitaibeliana</i> Willd.	<i>Salicaceae</i>	+	+		+	+

No.	Taxoni Sud – Est Carpatici	Familia	Ro	Ucr	Srb	Pol	Sk	Hu
1	<i>Athamanta turbith</i> (L.) Brot. ssp. <i>hungarica</i> (Borbás) Tutin	<i>Apiaceae</i>	+		+			
2	<i>Heracleum carpaticum</i> Porcius	-,-	+	+				
3	<i>Heracleum sphondylium</i> L. ssp. <i>transsilvanicum</i> (Schur) Brummitt	-,-	+	+				
4	<i>Prangos carinata</i> Griseb. ex Degen	-,-	+					
5	<i>Achillea oxyloba</i> (DC.) Sch.Bip. ssp. <i>schurii</i> (Sch.Bip.) Heimerl	<i>Asteraceae</i>	+	+				
6	<i>Andryala levitomentosa</i> P.D. Sell.	-,-	+					
7	<i>Anthemis carpatica</i> Willd. ssp. <i>pyrethroides</i> (Schur) Beldie	-,-	+					
8	<i>Anthemis kitaibelii</i> Spreng.	-,-	+					
9	<i>Carduus kernerii</i> Simk. ssp. <i>kernerii</i>	-,-	+	+				
10	<i>Carduus kernerii</i> Simk. ssp. <i>lobulatiformis</i> (Csürös & Nyár.) Soó	-,-	+					
11	<i>Centaurea phrygia</i> L. ssp. <i>carpatica</i> (Porcius) Dostál	-,-	+	+				
12	<i>Centaurea phrygia</i> L. ssp. <i>rarauensis</i> (Prodan) Dostál	-,-	+					
13	<i>Centaurea phrygia</i> L. ssp. <i>ratezatensis</i> (Prodan) Dostál	-,-	+					
14	<i>Centaurea pinnatifida</i> Schur	-,-	+					
15	<i>Centaurea reichenbachii</i> DC.	-,-	+					
16	<i>Centaurea trichocephala</i> Bieb. ssp. <i>simonkaiana</i> (Hayek) Dostál	-,-	+					
17	<i>Centaurea trinifolia</i> Heuffel	-,-	+		+			
18	<i>Doronicum carpaticum</i> (Griseb. & Schenk) Nyman	-,-	+	+				
19	<i>Leontodon repens</i> Schur	-,-	+	+				
20	<i>Saussurea porcii</i> Degen.	-,-	+	+				
21	<i>Eritrichium nanum</i> Schrader ssp. <i>jankae</i> (Simonk.) Jáv.	<i>Boraginaceae</i>	+					
22	<i>Pulmonaria filarszkyana</i> Jav.	-,-	+	+				
23	<i>Barbarea lepuznica</i> Nyár.	<i>Brassicaceae</i>	+					

24	<i>Cochlearia borzaeana</i> (Coman & Nyár.) Pobed.	-,-	+		
25	<i>Draba dorneri</i> Heuff.	-,-	+		
26	<i>Draba haynaldii</i> Stur	-,-	+		
27	<i>Draba kotschyi</i> Stur	-,-	+		
28	<i>Draba simonkaiana</i> Jav.	-,-	+		
29	<i>Erysimum witmanni</i> Zaw. ssp. <i>transsilvanicum</i> (Schur) P.W.Ball	-,-	+	+	
30	<i>Hesperis moniliformis</i> Schur	-,-	+		
31	<i>Hesperis oblongifolia</i> Schur	-,-	+		
32	<i>Thlaspi dacicum</i> Heuff. ssp. <i>banaticum</i> (R.Uechtr.) Jáv.	-,-	+		
33	<i>Thlaspi dacicum</i> Heuff. ssp. <i>dacicum</i>	-,-	+	+	
34	<i>Campanula crassipes</i> Heuffel	<i>Campanulaceae</i>	+		+
35	<i>Campanula rotundifolia</i> L ssp. <i>kladniana</i> (Schur) Witasek	-,-	+	+	+
36	<i>Phyteuma tetramerum</i> Schur	-,-	+	+	
37	<i>Phyteuma vagneri</i> Kerner	-,-	+	+	
38	<i>Cerastium arvense</i> L. ssp. <i>lerchenfeldianum</i> (Schur) Asch. & Graebn.	<i>Caryophyllaceae</i>	+		
39	<i>Cerastium transsilvanicum</i> Schur	-,-	+		
40	<i>Dianthus callizonus</i> Schott & Kotschy	-,-	+		
41	<i>Dianthus giganteus</i> d'Urv. ssp. <i>banaticus</i> (Heuff.) Tutin	-,-	+		+
42	<i>Dianthus glacialis</i> Haenke. ssp. <i>geldius</i> (Schott, Nyman & Kotschy) Tutin	-,-	+		
43	<i>Dianthus henteri</i> Heuff. ex Griseb. & Schenk	-,-	+		
44	<i>Dianthus spiculifolius</i> Schur. ssp. <i>spiculifolius</i>	-,-	+	+	
45	<i>Dianthus tenuifolius</i> Schur	-,-	+	+	
46	<i>Gypsophila petraea</i> (Baumg.) Rchb.	-,-	+		
47	<i>Lychnis nivalis</i> Kit.	-,-	+		
48	<i>Minuartia hirsuta</i> (M.Bieb.) Hand.-Mazz. ssp. <i>cataractarum</i> (Janka) Soó	-,-	+		
49	<i>Minuartia verna</i> L. ssp. <i>oxypetala</i> (Woloszczak) G.Halliday	-,-	+	+	
50	<i>Silene dinarica</i> Sprengel	-,-	+		
51	<i>Silene zawadzki</i> Herbich	-,-	+	+	
52	<i>Scabiosa columbaria</i> L. ssp. <i>banatica</i> (Waldst. & Kit.) Diklić	<i>Dipsacaceae</i>	+		+
53	<i>Scabiosa columbaria</i> L. ssp. <i>pseudobanatica</i> (Schur) Jáv. & Csapody	-,-	+	+	+
54	<i>Scabiosa lucida</i> Vill. ssp. <i>barbata</i> Nyár.	-,-	+	+	
55	<i>Euphorbia carpatica</i> Woloszczak	<i>Euphorbiaceae</i>	+	+	
56	<i>Astragalus pseudopurpureus</i> Gusul.	<i>Fabaceae</i>	+		
57	<i>Astragalus roemeri</i> Simonk.	-,-	+		
58	<i>Genista tinctoria</i> L. ssp. <i>oligosperma</i> (Andrae) Borza	-,-	+	+	
59	<i>Gentiana cruciata</i> L. ssp. <i>phlogifolia</i> (Schott & Kotschy) Tutin	<i>Gentianaceae</i>	+		
60	<i>Crocus banaticus</i> Gay	<i>Iridaceae</i>	+	+	+
61	<i>Micromeria pulegium</i> (Roche) Bentham	<i>Lamiaceae</i>	+		+
62	<i>Thymus bihoriensis</i> J alas	-,-	+		
63	<i>Thymus comosus</i> Heuff. ex Griseb.	-,-	+		
64	<i>Ornithogalum orthophyllum</i> Ten. ssp. <i>acuminatum</i> (Schur) Zahar.	<i>Liliaceae</i>	+		

65	<i>Tulipa hungarica</i> Borbas	-, -	+		+				
66	<i>Linum uninerve</i> (Rochel) Jáv.	-, -	+						
67	<i>Syringa josikaea</i> J.Jacq. ex Rchb.	<i>Oleaceae</i>	+	+					
68	<i>Dactylorhiza cordigera</i> (Fries) Soó ssp. <i>siculorum</i> (Soó) Soó	<i>Orchidaceae</i>	+						
69	<i>Papaver alpinum</i> L. ssp. <i>corona-sancti-stephani</i> (Zapal.) Borza	<i>Papaveraceae</i>	+						
70	<i>Armeria pocutica</i> Pawł.	<i>Plumbaginaceae</i>	+	+					
71	<i>Alopecurus pratensis</i> L. ssp. <i>laguriformis</i> (Schur) Tzvelev	<i>Poaceae</i>	+	+					
72	<i>Festuca bucegiensis</i> Mark. - Dan.	-, -	+						
73	<i>Festuca nitida</i> Kit. ssp. <i>flaccida</i> (Schur) Markgr.-Dann.	-, -	+						
74	<i>Festuca pachyphylla</i> Degen ex Nyár.	-, -	+						
75	<i>Festuca porcii</i> Hackel	-, -	+	+					
76	<i>Festuca versicolor</i> Tausch. ssp. <i>dominii</i> Krajina	-, -	+						
77	<i>Helictotrichon decorum</i> (Janka) Henrard	-, -	+						
78	<i>Koeleria macrantha</i> (Ledeb.) Schult. ssp. <i>transsilvanica</i> (Schur) A. Nyár.	-, -	+	+					
79	<i>Poa granitica</i> Braun-Blanq. ssp. <i>disparilis</i> (Nyár.) Nyár.	-, -	+	+					
80	<i>Poa rehmannii</i> (Asch. & Graebn.) Woloszczak	-, -	+	+					
81	<i>Sesleria heuflerana</i> Schur ssp. <i>heuflerana</i>	-, -	+	+				+	
82	<i>Stipa danubialis</i> Dihoru & Roman	-, -	+						
83	<i>Trisetum macrotrichum</i> Hackel.	-, -	+						
84	<i>Primula auricula</i> L. ssp. <i>serratifolia</i> (Rochel) Jáv.	<i>Primulaceae</i>	+		+				
85	<i>Primula elatior</i> L. ssp. <i>leucophylla</i> (Pax) Hesl.-Harr.f. ex W.W.Sm. & H.R.Fletcher	-, -	+						
86	<i>Primula wulfeniana</i> Schott ssp. <i>baumgarteniana</i> (Degen & Moesz) Lüdi	-, -	+						
87	<i>Soldanella rugosa</i> L.B.Zhang	-, -	+						
88	<i>Aconitum tauricum</i> Wulf. ssp. <i>hunyadense</i> (Degen) Ciocârlan	<i>Ranunculaceae</i>	+						
89	<i>Aquilegia nigricans</i> Baumg ssp. <i>subscaposa</i> (Borbás) Soó	-, -	+						
90	<i>Aquilegia transsilvanica</i> Schur	-, -	+	+					
91	<i>Delphinium simonkaianum</i> Pawł.	-, -	+						
92	<i>Hepatica transsilvanica</i> Fuss	-, -	+						
93	<i>Rosa villosa</i> L. ssp. <i>coziae</i> (Nyár.) Ciocârlan	<i>Rosaceae</i>	+						
94	<i>Sorbus borbassii</i> Jav.	-, -	+						
95	<i>Sorbus dacica</i> Borbas	-, -	+						
96	<i>Asperula carpatica</i> Morariu	<i>Rubiaceae</i>	+						
97	<i>Galium baillonii</i> D.Brândza	-, -	+						
98	<i>Galium kitaibelianum</i> Schult. & Schult.f.	-, -	+						
99	<i>Thesium kernerianum</i> Simonk.	<i>Santalaceae</i>	+						
100	<i>Chrysosplenium alpinum</i> Schur	<i>Saxifragaceae</i>	+	+					
101	<i>Saxifraga mutata</i> L. ssp. <i>demissa</i> (Schott & Kotschy) D.A.Webb	-, -	+						
102	<i>Melampyrum saxosum</i> Baumg.	<i>Scrophulariaceae</i>	+	+					
103	<i>Pedicularis baumgarteni</i> Simonk.	-, -	+						
104	<i>Viola declinata</i> Waldst. & Kit.	<i>Violaceae</i>	+	+					
105	<i>Viola jooi</i> Janka	-, -	+	+					
TOTAL			30	132	60	9	23	27	5

Lista abreviațiilor utilizate în tabel și a principalelor surse bibliografice pentru distribuția taxonilor endemici: Ro: România (Flora R.P.R.-R.S.R., 1952 – 1976; Beldie, 1977-1979; Morariu *et* Beldie, 1976; Negrean *et* Oltean, 1989; Ciocârlan, 2009; Dihoru *et* Negrean, 2009); **Ukr: Ucraina** ((Tasenkevich, 1998; Antosiak *et al.*, 2009; Diduha, 2009); **Srb: Serbia** (Josifović, 1970-1977, Sarić *et* Diklić 1986, Sarić 1992); **Pol: Polonia** ((Mirek *et al.*, 2002; Piekos-Mirkowa *et* Mirek, 2003); **Sk: Slovakia** (Marhold *et* Hindák, 1998); **Hu: Ungaria; Carp: Carpatic** (Pawłowski, 1970; Tutin *et al.* (eds.), 1964-1980; Witkowski *et al.*, 2003).

Pattern-uri de endemism la plante în Carpații Românești. Pot oferi modelele de paleodistribuție mai multe indicii?

Distribuția actuală a speciilor este rezultatul numeroaselor evenimente istorice și al proceselor continue de vicarianță, dispersie și extincție. În numeroase cazuri, utilizarea dateleor de distribuție a speciilor endemice pot furniza informații importante asupra acestor procese, întrucât aceste entități biologice sunt în strânsă legătură cu unitățile biogeografice ocupate. Deși nu există o soluție unică și infailibilă pentru a elucidă această istorie naturală, câteva tehnici moderne pot contribui la deslușirea acestor fenomene de modelare a arealului. Pornind de la presupunția de stabilitate a nișei ecologice în timp, am folosit modelarea distribuției potențiale a speciilor (SDM) și analiza parcimonioasă a endemismului (PAE) pentru a evidenția eventuale bariere ecologice sau geografice. Prin utilizarea datelor paleoclimatice și a tehnicilor statistice de ultimă oră implementate în programul R (BIOMOD), am urmărit evidențierea dinamicii spațiale și a conservatismului speciilor endemice în perioada postglaciară.

Datele de distribuție

Setul de date al endemitelor carpatice cuprinde 70 de taxoni endemici pentru Carpații Sud – Estici având ≥ 30 prezențe. În total, setul de date include 8516 prezențe strânse din literatură, colecții de herbar și eșantionaje. Datele de distribuție au acoperit părțile românești și Sârbești ale Carpaților. Precizia fiecărui punct a fost estimată și ulterior clasificată în cinci clase, cu scopul de a oferi o mai mare greutate în procesul de modelare a distribuției datelor exacte.

Setul de date IntraBioDiv cuprinde 355 taxoni endemici pentru Alpi și 112 pentru Carpați tipici etajului alpin, înregistrați într-un sistem de tip grid. Selecția taxonilor a fost efectuată pe baza caracteristicilor ecologice ale acestora, iar nomenclatura a fost stabilită în unanimitate de un grup extins de specialiști în flora alpină a celor două lanțuri muntoase.

Datele climatice

Pentru a surprinde nișa climatică a speciilor analizate, am selectat 6 variabile explicative: Indexul Topografic, Radiația Potențială Globală, Grade – Zile, Temperatura minimă a celei mai reci luni, Temperatura minimă a verii și Nivelul de precipitații ale celui mai secetos trimestru. Aceste

variabile au fost alese pe baza puterii lor explicative, explorate prin intermediul unei analize PCA preliminară. Independența lor a fost verificată prin alegerea unui prag de corelație de 0,7. Peste acest prag, între variabilele corelate s-a luat o decizie de excludere.

Datele asupra climatului actual (medie a perioadei 1950 - 2000) au fost obținute de la CRU (Mitchell *et al.* 2004). Simulările climatului din perioada postglaciară au fost obținute prin intermediul unui GCM, cu o rezoluție temporală de 1000 de ani și o rezoluție spațială de 3.75° *per* 2.5°, bazat pe modelul climatic al celor de la Centrul Hadley (HadCM3) și descris într-un articol recent Singarayer & Valdes (2010).

Modelarea distribuției speciilor

Am utilizat programul statistic R (2.12.0) și platforma BIOMOD (Thuiller *et al.*, 2009) dezvoltată în acest program open – source, pentru a genera ansamble de predicții ale distribuției celor 70 de taxoni analizați. O astfel de abordare este de dorit din mai multe motive: robustețea metodelor statistice implementate în R, reducerea variabilității și a incertitudinii rezultatelor cauzată de utilizarea doar a unor tehnici de modelare. Întrucât datele noastre au fost bazate majoritatea pe informații din literatură și din colecțiile de herbar, a fost necesară generarea unui număr consistent de pseudoabsențe (strategia "sre"), cu funcția *Models*.

Avantajul unei astfel de strategii reiese din menținerea unei prevalențe de 0,5 pentru a nu risca supra-calibrarea modelelor. Am ales 5 repetări pentru selecția pseudoabsențelor, în final realizând media modelelor rezultate. Pentru generarea modelelor am folosit trei tehnici diferite (GLM, GAM și GBM), iar criteriul TSS a fost aplicat pentru a converti probabilitățile în format binar. Hărțile compozite rezultate reprezentând bogăția specifică sunt bazate pe toate cele 70 de specii. Pentru validarea modelelor am folosit tehnica cross – validation, împărțind setul de date în două subseturi cu proporția 80% pentru calibrare și 20% pentru validare. În final am obținut 70 sp. x 5 PA x 2 CV x 3 tehnici de modelare, un total de 2100 modele individuale de distribuție potențială. Analizele au fost realizate pe platforma pusă la dispoziție de institutul WSL, un cluster Linux pe 64 de biti, cu o capacitate de 48 GB RAM *per* nod.

Analiza parcimonioasă a endemismului

Am folosit algoritmul maximei parcimonii implementat în programul TNT pentru a obține arborii cu cea mai parcimonioasă topologie, aplicând ulterior criteriul consensului strict pentru a obține configurația finală. Cladele susținute de cel puțin doi taxoni sinapomorfici, având un scor minim de 50 în urma aplicării bootstrap-ului (100 repetiții) au fost considerate drept posibile arii de endemism *sensu* Morrone (1994).

În cazul acestei analize, am utilizat setul de date IBD, alcătuit din taxoni alpini – subalpini înregistrați într-un sistem regulat de tip grid cu o rezoluție de 40' x 24'.

Rezultate și discuții

Modelarea distribuției potențiale a speciilor

Rezultatele prezentate aici au evidențiat o tendință generală de migrației verticală în gradient altitudinal în timpul Holocenului față de condițiile actuale (fig. 4 - 5). Acest lucru, de fapt, este în conformitate cu pattern-ul curent cunoscut de endemism, fenomen exprimat mai puternic în flora alpină a Carpaților. În urma tendinței actuale de încălzire climatică globală, tendința observată în distribuția potențială a taxonilor endemici ar conduce la o scădere a gradului de ocupare a arealul atât prin competiție interspecifică, cât și prin procese fiziologice limitative. Având în vedere nivelul mai redus al glaciațiunii în Carpați, coroborat cu zonele alpine extinse, aceste condiții ar putea explica bogăția potențială ridicată observată în proiecția realizată la 11.000 BP.

O altă situație observată este stabilitatea, atât a bogăției endemice globale, cât și reziliența taxonilor, redusă la câteva arii. Evidențiată cu galben, în zona de mijloc a spectrului de frecvențe, bogăția endemitelor reprezentată în hartă arată stabilitatea zonelor alpine, cum ar fi Munții Bucegi, Făgăraș sau Rodnei (fig. 6). Acest lucru reflectă un grad redus de schimbare în bogăția de specii, tipic pentru refugii alpine, dar nu ar indica dacă a existat o rată a turnoverului ridicată sau nu. De asemenea, se poate observa faptul că zone din Carpații de Est, cum ar fi Munții Maramureșului sau Munții Rodnei, au un nivel ridicat de creștere a bogăției în endemite, având în vedere diferența dintre 11.000 BP și prezent. Acest lucru ar reflecta posibile refugii glaciare periferice (Holderegger & Thiel-Egenter, 2009) pentru speciile de plante endemice din aceste zone montane. Acest lucru, de fapt, este în conformitate cu alte câteva studii care descriu acest fenomen de reziliență în timpul glaciațiunilor Cuaternare din Carpați (Ronikier et al., 2008).

Prin analiza stabilității fiecărui taxon, efectuată în BIOMOD (fig. 7), putem evidenția mai bine acele zone în care condițiile au permis unui număr mare de specii să persiste în timpul schimbărilor climatice postglaciare. Deși variabilele non-climatice (precum substratul geologic sau nivelul de gheață în timpul ultimului maxim glaciare), nu au fost incluse în modele, putem afirma că astfel de refugii alpine au adăpostit numeroși taxoni endemici. În zonele montane înalte, inclusiv Munții Rodnei, Munții Făgăraș, Munții Retezat sau Munții Bucegi, caracterizate de medii alpine extinse și, de asemenea, de un număr mai ridicat al zonelor glaciare, bogăția ridicată a taxonilor endemici, la 11.000 BP și, în același timp, reziliența lor descrisă în Fig. 7, ar putea indica existența a mai multor refugii glaciare de tip nunatak, în special pentru speciile stenobionte, strict adaptate. Cu toate acestea, având în vedere amplitudinea mai mică a efectelor glaciațiunii în Carpați, ne-ar indica o mai mică influență a refugiilor glaciare de altitudine asupra distribuției taxonilor endemici, comparativ cu refugii perimontane sau de joasă altitudine din acest lanț muntos. Putem concluziona că o astfel de analiză confirmă faptul că fenomenul de endemism are o frecvență mare în flora alpină a Carpaților, care constituie, de asemenea, un mediu pentru supraviețuirea a numeroși taxoni endemici. Cu toate acestea, printr-un astfel de proces de migrare altitudinală, putem surprinde doar

o fracțiune din gradientul ecologic favorabil unei specii, acest lucru putând să afecteze rezultatele modelelor noastre.

Arii de endemism

Prin analiza parcimonioasă a endemismului, am identificat trei arii de endemism în Carpații Sud - Estici. Acestea sunt situate în partea de nord a Carpaților Orientali (Munții Rodnei și Maramureșului), Carpații Orientali calcaroși (Ceahlău, Rarău și Munții Hășmaș) și partea de Est a Carpaților Meridionali (Bucegi și Piatra Craiului) (Fig. 3). Ariile identificate de noi ca arii de endemism se suprapun cu zonele cu o stabilitate mai mare a taxonilor endemici în perioada postglaciară. Acest lucru ar putea însemna că, în ciuda ipotezelor din spatele analizei PAE, aceste zone dețin o valoare istorică informativă pentru distribuția actuală a taxonilor endemici în Carpați. Aceste zone urmează îndeaproape distribuția insulară a habitatelor, exprimată fie prin condițiile geologice, fie prin cele climatice alpine.

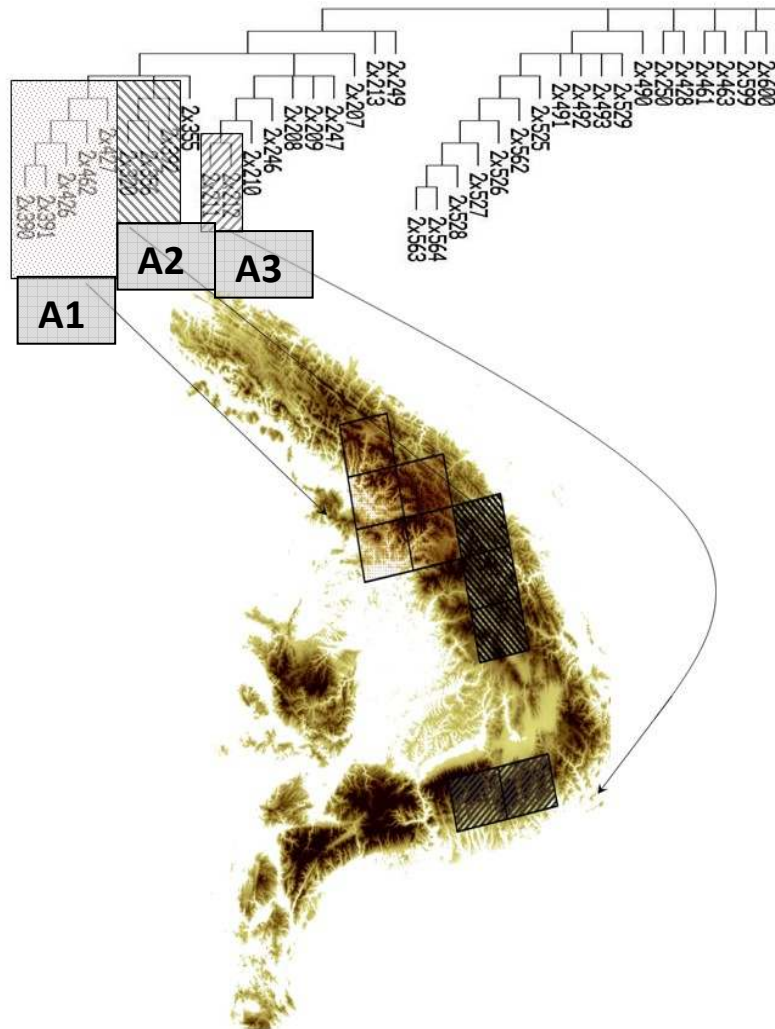


Fig 3 Ariile de endemism la plante în Carpații Românești delimitate prin analiza PAE aplicată setului de date IBD: A1 (Munții Rodnei și Maramureș - Chornohora); A2 (Munții Hășmaș, Ceahlău și Rarău); A3 (Munții Ciucaș, Bucegi și Piatra Craiului)

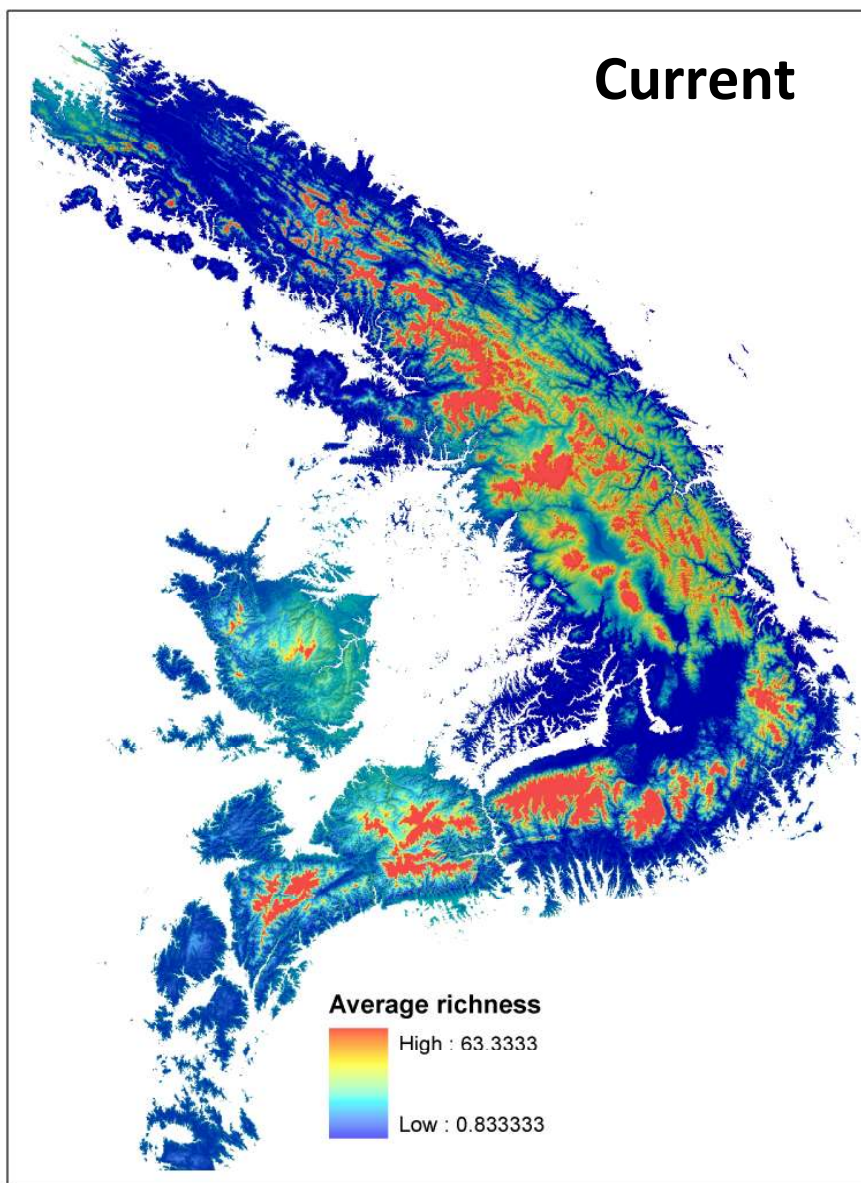


Fig. 4 Distribuția bogăției potențiale a endemitelor carpatice în prezent

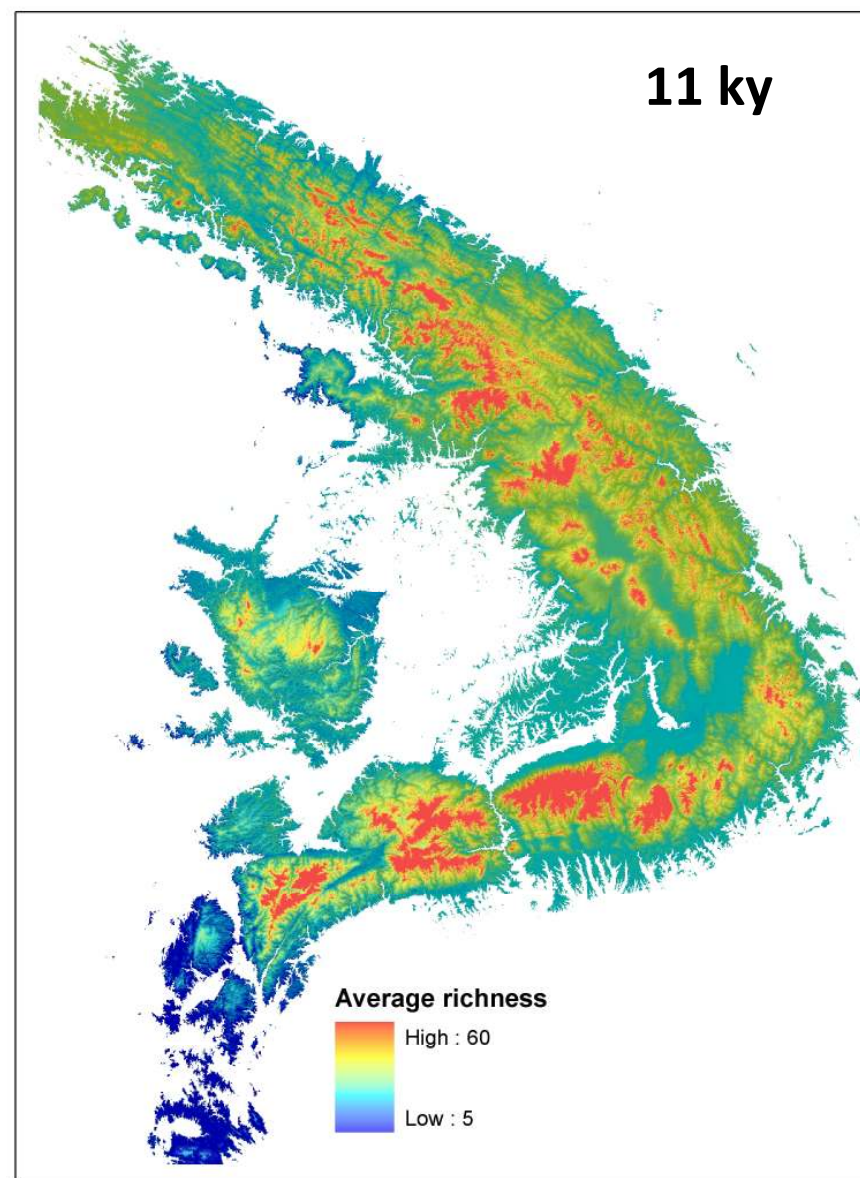


Fig. 5 Distribuția bogăției potențiale a endemitelor carpatice la 11.000 BP

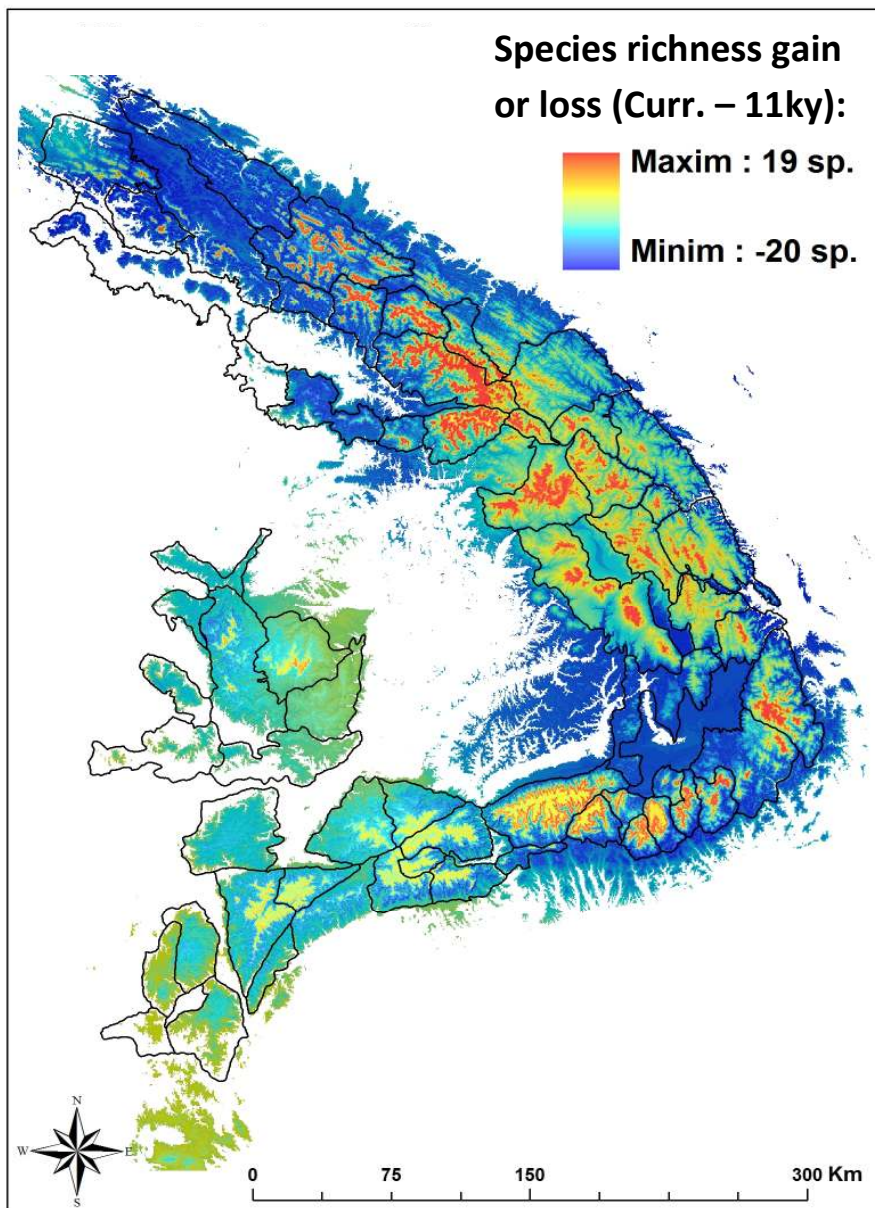


Fig. 6 Variația bogăției potențiale a endemitelor între 11.000 BP și prezent

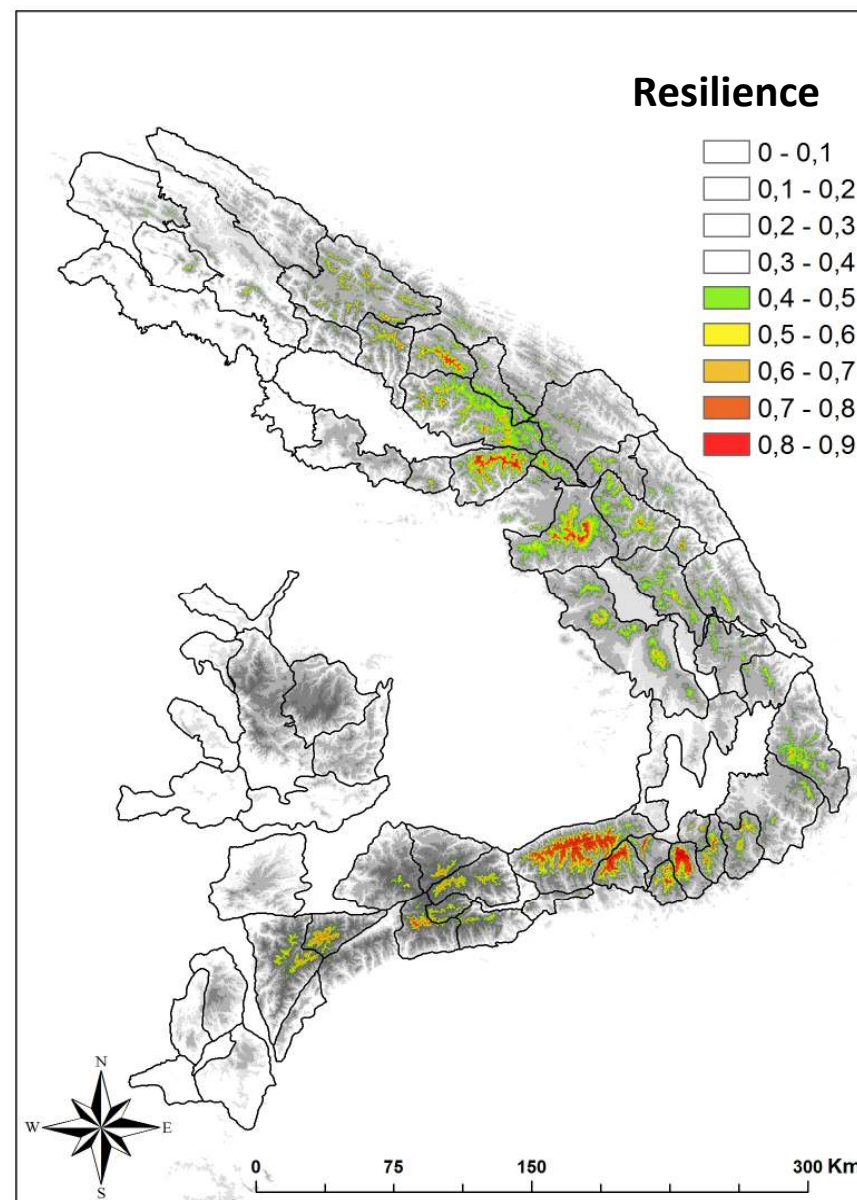


Fig. 7 Stabilitatea endemitelor între 11.000 BP și prezent (valorile fiecărui pixel au fost stabilite pe baza mediei dintre modelele de stabilitate ale fiecărei specii analizate)

4. Analiză biogeografică a Carpaților Românești

4.1. Analiza parcimonioasă a endemismului (PAE)

Se consideră că analiza parcimonioasă a endemismului permite delimitarea mai clară a ariilor de endemism, unități de bază în biogeografie (Nelson & Platnick, 1981; Kitching, 1998).

Urmând principiul maximei parcimonii, care susține că soluția corectă e cea care implică cele mai puține schimbări evolutive (în cazul distribuției, evenimente de speciație, dispersie sau extincție), am utilizat algoritmi implementați în programul TNT (Tree analysis using New Technology, Goloboff *et al.*, 2008), cu scopul de a identifica ariile de endemism din Carpații Românești. Am folosit următorii algoritmi implementați în acest software: TBS (Tree Bisection and reconnection), căutările sectoriale și parsimony ratchet. Am folosit matricea arii x specii, ce a inclus doar taxonii endemici pentru Carpații Sud-Estici și eliminând ariile ce nu dețineau niciun taxon sud-est carpatic. Am folosit în analize doar taxonii limitați lanțului Sud-Est Carpatic (105) și 61 de OGU (incluzând aici o arie fictivă "0x0x" fără nici o prezență a endemitelor, pentru a reprezenta rădăcina arborelui). Algoritmii selectați în TNT au fost TBR, căutările sectoriale, tree fusing și drift. Am găsit 503 arbori cu scor minim egal (453), pe baza cărora s-a construit arborele-consens (criteriul consensului strict, $C_i = 0,17$; $R_i = 0,44$, Scor = 592) în programul Winclada (Nixon, 2002). În urma acestor analize au fost identificate trei arii de endemism (Fig. 8) respectând criteriile propuse de Linder (2001) sau Morrone (1994). Aceste arii, deținând cel puțin doi taxoni sinapomorfici, sunt:

(1) A36: **Munții Mehedinți**, cu următorii taxoni endemici diferențiali: *Minuartia hirsuta* ssp. *cataractarum*, *Prangos carinata*, *Stipa danubialis*;

(2) A47: **Munții Retezat**, cu următorii taxoni endemici diferențiali: *Festuca pachyphylla*, *Carduus kernerii* ssp. *lobulatiformis*, *Centaurea phrygia* ssp. *retezatensis*, *Barbarea lepuznica*, *Anthemis kitaibelii*;

(3) A48: **Munții Rodnei**, cu următorii taxoni endemici diferențiali: *Festuca versicolor* ssp. *dominii*, *Lychnis nivalis*, *Soldanella rugosa*;

Aceste arii sunt caracterizate de cel puțin doi taxoni endemici locali, ceea ce ar implica o istorie comună, sub prezumpția absenței evenimentelor de dispersie postspeciație sau de extincție. Dintre aceste trei arii de endemism, Munții Retezat și Munții Rodnei sunt caracterizați de existența etajului alpin, pe alocuri extins. Mai mult, Munții Rodnei sunt izolați prin masivitate și altitudine de unitățile înconjurătoare, fiind singura arie din Carpații Estici ce deține etaj alpin. Aceste condiții au condus la generarea unei insularități ce a contribuit, posibil, la fenomenul de speciație. Atât Munții Retezat, cât și Munții Rodnei au un substrat preponderent acid. Cu toate acestea, în analizele noastre am inclus și subunitățile calcaroase aferente acestor masive (Piule – Piatra Iorgovanului pentru Retezat sau Corongiș pentru Rodna). Aceste arii dețin o mare bogăție în endemime, cât și taxoni strict localizați (în cazul Retezatului, *Festuca pachyphylla* și *Carduus kernerii* ssp. *lobulatiformis*). Substratul calcaros este cunoscut pentru influența sa în apariția condițiilor de insularitate de habitat, printr-o distribuție neuniformă, conducând în final la condiții de izolare a florei. A treia arie de endemism, Munții Mehedinți (incluzând aici și zonele colinare dinspre Porțile de Fier) este în strânsă legătură floristică cu zona Balcanică și cea sub –

mediteraneană, adăpostind numeroase elemente termofile. Prin altitudinile mai joase și prin condițiile de climat mai cald, putem presupune că această arie a contribuit nu numai la diferențierea unor taxoni endemici, cât mai ales la adăpostirea unor elemente relictare ce nu au putut avansa către nord în perioadele reci ale Cuaternarului.

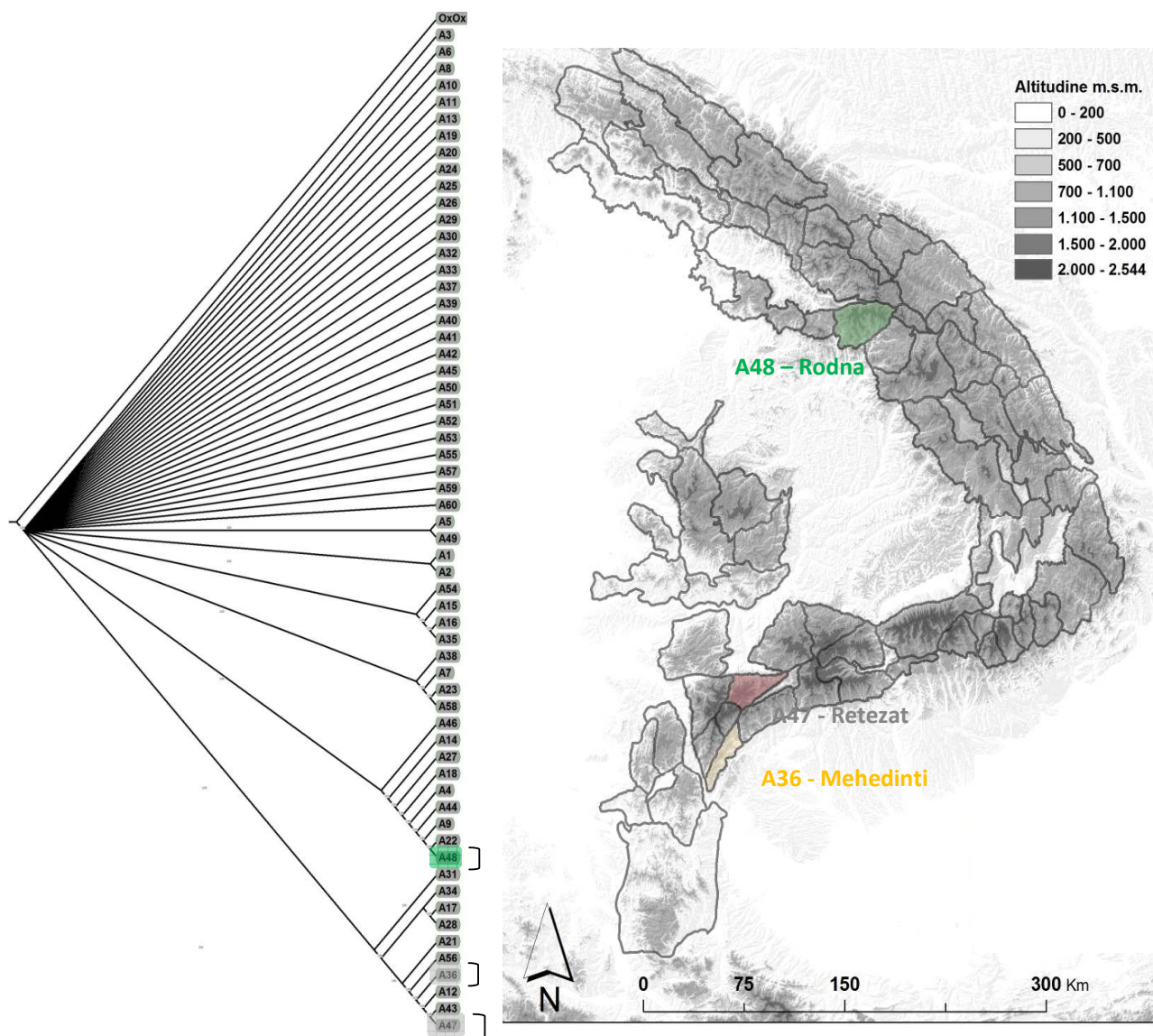


Fig. 8 Ariile de endemism din Carpații Sud – Estici: A36 (**Munții Mehedinți**); A47 (**Munții Retezat**); A48 (**Munții Rodnei**);

4.2. Clasificarea ierarhică de tip clustering

Acest tip de analize conduce la realizarea unor clusteri ierarhizate pe baza similarității (sau distanței) dintre unitățile analizate. Sunt indicate mai ales în biogeografie, întrucât regiunile biogeografice sunt dispuse ierarhic în contextul componentei lor biotice, rezultatele (cladogramele) fiind potențial informative asupra proceselor ce au stat la baza distribuției actuale a speciilor. Dintre metodele mai des uzitate am folosit metoda lui Ward și distanța Euclidiană pentru a construi cladogramele.

Metoda lui Ward implică o analiză a varianței dintre perechile de clustere identificate, folosind un algoritm ce încearcă minimizarea sumei pătratelor dintre două clustere prin intermediul ANOVA, gruparea lor făcându-se în final pe baza costurilor minime. Deși aceasta este o abordare ce optimizează ierarhizarea grupelor (de aceea fiind adesea folosit în regionalizările biogeografice), are tendința de a suprafragmenta unele grupe.

Am generat cladograma speciilor cu scopul identificării elementelor biotice, adică a acelor grupe de specii cu distribuție similară (însă nu necesar complet congruentă precum în cazul PAE). Ambele analize au fost efectuate în programul de analiză statistică PAST, pornind de la matricea de prezență / absență. În urma identificării grupelor de specii cu distribuție relativ similară, am generat suprafețe de variație reprezentând proporția grupelor în masivele muntoase. Interpolările au fost realizate prin tehnica IDW (Inverse Distance Weighting), care permite observarea în detaliu a variațiilor spațiale (cu condiția existenței unui număr suficient de puncte). Am utilizat centrozii fiecărei unități orografice pentru înregistrarea datelor de prezență / absență a taxonilor.

O abordare asemănătoare o întâlnim și la Nimis & Bolognini (1993) în studiul lor asupra fitogeografiei pădurilor de fag din Europa, (metoda Ward și distanța euclidiană), cu diferența că indicele de areal propus de autori ia în considerare și aria fiecărei unități geografice.

În urma construirii cladogramei Ward pentru taxonii endemici Sud-Est Carpatici și analizei distribuției geografice a elementelor biotice identificate (*sensu* Hausdorf & Hennig, 2003), am putut delimita 9 grupe majore și trei minore de taxoni cu distribuție congruentă. Aceștia au condus la diferențierea a trei districte floristice, cinci grupe floristice și a două din cele trei arii de endemism identificate anterior prin PAE. Ordonarea prezentată mai jos nu implică o ierarhie complet inclusivă a unităților subordonate, mai ales ținând cont că aceste delimitări sunt realizate pe baza distribuției elementelor biotice:

- Districtul Munților Apuseni
- Districtul Carpaților Sud – Vestici
- Grupul Munților Țarcu – Mehedinți – Almăjului
- Aria Munților Mehedinți
- Aria Munților Retezat
- Grupul Munților Sud – Estici
- Grupul Munților calcaroși Sud – Estici
- Grupul Munților alpini Estici
- Districtul Carpaților Nord – Estici
- Grupul Munților calcaroși Moldavi
- Grupul Munților Rodna – Maramureș

Concluzii

Pe baza rezultatelor noastre și urmând obiectivele propuse ale acestui studiu, putem concluziona următoarele:

(1) Până în prezent, a putut fi observată o mare variabilitate de interpretări a fenomenului și a pattern-urilor de endemism din Carpații Românești, aceasta având în principal

două surse: opiniile diferite ale autorilor asupra poziției taxonomice a unor endemite și nivelul de cunoștințe asupra corologiei speciilor analizate. Cu scopul de a reduce aceste neajunsuri, am urmărit atingerea unui consens nomenclatural și taxonomic în lucrările anterior publicate pentru a construi o listă a endemitelor coerentă. Am considerat drept valizi 132 de taxoni endemici carpațici ce cresc în România, din care 105 sunt limitați unității Sud-Estice, în timp ce 27 sunt distribuiți de-a lungul întregului lanț muntos Carpațic. Cu riscul asumat de a omite posibile endemite valide, am exclus un număr relativ mare de taxoni. Studii ulterioare cu siguranță vor lămuri numeroase aspecte ce țin de validitatea acestor specii ca entități de sine stătătoare sau de distribuția lor. Nu am luat în considerare speciile genurilor polimorfe *Hieracium*, *Alchemilla* și *Rubus* datorită dificultăților de interpretare a unităților și de delimitare clară a corologiei lor, deși aceste genuri adăpostesc probabil un număr ridicat de endemite.

(2) Fitotaxonii endemici sunt distribuiți în Carpații Sud – Estici în strânsă legătură cu repartiția habitatelor insulare de tip alpin (Munții Rodnei, Bucegi, Făgăraș, Parâng sau retezat) sau calcaros (Masivul Rarău, Ceahlău, Hășmaș - Cheile Bicazului, Piatra Craiului, Cozia – Buila Vânturarița sau Mehedinți). Mulți taxoni endemici locali sunt de asemenea limitați la aceste unități, caracterizate de existența habitatelor alpine sau cu substrat bazic. Relația dintre bogăția specifică și altitudinea maximă *per* celulă a gridului a fost adecvat reprezentată printr-o funcție logistică având curba de saturație la o valoare de 50 și curbarea la 40 de taxoni. Astfel, bogăția endemitelor variază și de-a lungul etajului alpin, factori precum substratul geologic, influențele antropice sau chiar diferențele de intensitate a samplingului putând fi cauze ale acestui fenomen.

(3) Prin analiza patter-urilor de endemism utilizând interpolarea spațială a datelor, pornind de la valorile bogăției specifice și a endemismului ponderat, am identificat cinci centre majore și trei minore de endemism. Acestea sunt caracterizate prin valori ridicate ale endemismului și ale endemismului ponderat, indicând caracterul local al florei. Rezultatele noastre sunt în mare parte congruente cu cele ale unor studii anterioare publicate de Pawłowski (1970) și Negrean *et* Oltean (1989), sugerând ideea că diferențele pot surveni ca o cauză a interpretărilor taxonomice și a corologiei. Majoritatea acestor centre de endemism sunt deja incluse în rețeaua de arii protejate. Cu toate acestea, sunt încă supuse unor puternice influențe antropice precum tăierile ilegale, pășunat sau turism intensiv. Arii precum Munții Maramureșului, Făgăraș sau Bucegi sunt predispuse indeosebi influenței unor asemenea factori perturbatori, necesitând măsuri de protecție mai riguroase.

(4) Ariile de endemism din Carpații Românești (Carpații Sud - Estici) au fost identificate utilizând două sisteme de înregistrare a datelor corologice. Prin utilizarea unui sistem artificial de tip grid, am identificat trei arii de endemism, caracterizate de prezența a cel puțin doi taxoni endemici limitați acelor arii: Munții Rodnei – Maramureș, Munții calcaroși Ceahlău – Rarău – Hășmaș și Munții Făgăraș - Bucegi – Piatra Craiului – Ciucaș. Aceste analize au fost realizate utilizând doar taxonii subalpini – alpini inclusi în setul de date IntraBioDiv și nu au putut oferi o rezoluție prea bună pentru interpretarea rezultatelor. De aceea am adoptat utilizarea unui al doilea sistem, natural, utilizând unitățile geomorfologice ale carpaților pentru înregistrarea distribuției taxonilor endemici. Am identificat trei arii de endemism: Munții Rodnei, Munții retezat și Munții Mehedinți. Aceste arii au o importanță atât evolutivă pentru flora carpațică prin

adăpostirea unor ecosisteme izolate, cât și o valoare conservativă, jucând rol de refugiu pentru paleoendemite.

(5) Prin utilizarea modelării distribuției potențiale a speciilor și a informațiilor paleoclimatice, am obținut informații asupra dinamicii bogăției specifice în timp și a ariilor de stabilitate, presupuse arii de refugiu. Prin analiza pattern-ului de endemism în contextul schimbărilor climatice din perioada postglaciară, putem observa o migrare pe verticală a majorității taxonilor endemici, mulți dintre ei fiind actualmente limitați etajului alpin din Carpați. În același timp, numeroase medii alpine au acționat drept zone de stabilitate ecologică în Cuaternar pentru taxonii adaptați nuor astfel de condiții. Aceste arii de stabilitate sunt în mare parte congruente cu ariile de endemism, confirmând parțial rolul important pe care îl dețin în evoluția florei locale.

(6) Prin utilizarea unor metode de biogeografie cantitativă, în special a algoritmului Ward pentru realizarea clusterelor ierarhice, am identificat 12 elemente biotice (*sensu* Hausdorf & Hennig, 2003), care au fost ulterior folosite pentru a delimita trei districte floristice și șase grupe floristice în Carpații Românești. Majoritatea acestor elemente sunt adaptate condițiilor alpine sau ale substratului calcaros.

Bibliografie

1. Adamović, L. 1909, Die Vegetationsverhältnisse der Balkanländer (Mösische Länder) umfassend Serbien, Altserbien, Bulgarien, Ostrumelien, Nordthrakien und Nordmazedonien. In: Engler, A., Prude, O. (eds): Die Vegetation der Erde, Wilhelm Engelmann, Leipzig, 567 p.
2. Aeschmann, D., Rasolofo, N., Theurillat, J.P., 2011, Analysis of the flora of the Alps. 1: Historical account and biodiversity, *Candollea*, 66, 27-55.
3. Antosyak, T.M., Voloschuk, M.I., Kozurak, A.V., 2009, Поширення Ендемічних Видів Судинних Рослин На Території Карпатського Біосферного Заповідника (Distribution of Endemic Species of Vascular Plants in the Carpathian Biosphere Reserve), *Sci. Bull. Uzhgorod Univ. (Ser. Biol.)*, 25: 67-70.
4. Assyov, B., Petrova, A. (eds.), 2006, *Conspectus of the Bulgarian Vascular Flora. Distribution Maps and Floristic Elements*, Ed. 3. BBF, Sofia, 453 pp.
5. Beck-Mannagetta, G., Malý, K., Bjelčić, Ž., Slavnić, Z. & Fukarek, I.P., 1950, *Flora Bosnae et Hercegovinae: IV Sympetalae (Gamopetalae)*, Svetlost.
6. Beldie, A., 1967, Endemismele și elementele dacice din flora Carpatilor României, *Com. Bot., SSNG*: 113-130.
7. Beldie, A., 1977, 1979, *Flora României. Determinator ilustrat al plantelor vasculare*, I, II, Ed. Acad. R.S.R., București, 414 p. + 407 p.
8. Borza, A., 1931, *Guide De La Sixième Excursion Phytogeographique Internationale Roumanie*, Jardin botanique de l'Université de Cluj, 243 p.
9. Borza, A., 1947, 1949, *Conspectus Florae Romaniae Regionumque Affinium*, Tipografia "Cartea Românească", Cluj, 360 p.
10. Buttler, K. P., 1967, Cytotaxonomische Untersuchungen an mittel- und süd europäischen Draba-Arten, *Mitt. Bot. München*, 6: 275 - 362.
11. Ciocârlan, V., 2009, *Flora ilustrată a României - Pteridophyta et Spermatophyta*, III ed., Ed. Ceres, București, 1141 p.
12. Childs, C., 2004, Interpolating surfaces in ArcGIS Spatial Analyst, *ArcUser*, 3: 32-35.
13. Coldea, G., 1991, Prodrome des associations végétales des Carpates du Sud-Est (Carpates Roumaines), *Documents Phytosociologiques*, 13: 317-539.
14. Coldea, G., Stoica, I.-A., Pușcaș, M., Ursu, T., Oprea, A. & IntraBiodiv Consortium, 2008, Alpine-subalpine species richness of the Romanian Carpathians and the current conservation status of rare species, *Biodivers. Conserv.*, 18: 1441-1458.
15. Crisp, M.D., Laffan, S., Linder, H.P., Monro, A., 2001, Endemism in the Australian flora, *J. Biogeogr.*, 28: 183-198.
16. Crovello, T.J., 1981, Quantitative biogeography - an overview, *Taxon*, 30: 563-575.
17. Didukha, I.P., 2009, *Червона Книга України. Рослинний Світ (Ukraine Red Data Book. Flora)*, 3 ed. Національної АН України (National Academy of Sciences of Ukraine), Київ (Kiev), 900 p.

18. Dihu, G., Pârnu, C., 1987, *Plante endemice din flora României*, Ed. Ceres, București, 183 p.
19. Diklić, N., Nikolić, V. 1986, *Micromeria pulegium* (Roch) Benth. In: Sarić, M. R., Diklić, N. (eds): *Flora SR Srbije* 10: 186, fide Šilić, Č. 1979 [in Serbian].
20. Environmental Systems Research Institute, 1999-2008, ArcGIS: Release 9.3 [software], Redlands, California, Environmental Systems Research Institute.
21. Goloboff, P.A., Farris, J.S. & Nixon, K.C., 2008, TNT, a Free Program for Phylogenetic Analysis, *Cladistics*, 24 (5): 774-786.
22. Gugerli, F., Englisch, T., Niklfeld, H., Tribsch, A., Mirek, Z., Ronikier, M., Zimmermann, N., Holderegger, R., Taberlet, P., 2008, Relationships among levels of biodiversity and the relevance of intraspecific diversity in conservation – a project synopsis, *Perspect. Plant Ecol. Evol. Syst.*, 10: 259-281.
23. Hall, B.P., Moreau, R.M., 1962, A study of rare birds of Africa, *Bull. Br. Museum (Nat. Hist.) Zool.*, 8: 313-378.
24. Hausdorf, B., Hennig, C., 2003, Biotic Element Analysis in Biogeography, *Syst. Biol.*, 52 (5): 717-723.
25. Hayek, A., 1924, Prodrromus Florae Peninsulae Balcanicae 1(2), Feddes Repert. (Beih.), 30 (1): 161 – 352.
26. Heltmann, H., 1985, Zur Endemismus der Südost-Karpatenraumes, *Siebenb. Archiv*, 3 (20): 157-216
27. Heuffel, J., 1858, *Enumeratio Plantarum in Banatu Temesiensi*, Caroli Ueberreuter, Vindobonae.
28. Holderegger, R., Thiel-Egenter, C., 2009, A discussion of different types of glacial refugia used in mountain biogeography and phylogeography. *J. Biogeogr.*, 36, 476-480.
29. Højsgaard, S., Halekoh, U., 2012, doBy: Groupwise summary statistics, general linear contrasts, population means (least-squares means), and other utilities, R package version 4.5.0.
30. Hurdu, B.I., Pușcaș, M., Turtureanu, P.D., Niketić, M., Vonica, G., Coldea, G., 2012, A critical evaluation of Carpathian endemic plant taxa from the Romanian Carpathians, *Contrib. Bot.*, in press.
31. Hyams, D. G., 2010, CurveExpert software, <http://www.curveexpert.net>. Javorka, S., 1935, Neue interessantere Pflanzenfunde, *Bot. Kozl.*, 32: 75 – 91.
32. Jetz, W., Rahbek, C., Colwell, R.K., 2004, The coincidence of rarity and richness and the potential signature of history in centres of endemism, *Ecol. Lett.*, 7: 1180-1191.
33. Josifović, M. (ed.), 1970-1977, Flora of SR Srbija 1-9. - -Serbian Academy of Art and Sciences, Beograd, [in Sserbian].
34. Kitching, I.J., 1998, *Cladistics: The Theory and Practice of Parsimony Analysis*, Oxford University Press, 228 p.
35. Laffan, S.W., Crisp, M.D., 2003, Assessing endemism at multiple spatial scales, with an example from the Australian vascular flora, *J. Biogeogr.*, 30: 511-520.
36. Linder, H.P., 2001, On Areas of Endemism, with an example from the African Restionaceae, *Syst. Biol.*, 50 (6): 892-912.
37. López-Pujol, J., Zhang, F.-M., Sun, H.-Q., Ying, T.-S., Ge, S., 2011, Centres of plant endemism in China: places for survival or for speciation?, *J. Biogeogr.*, 38: 1267-1280.
38. Marhold, K., Hindák, F., 1998, *Checklist of Non-Vascular and Vascular Plants of Slovakia*, VEDA, Vydavateľstvo Slovenskej Akadémie Vied, 687 p.
39. Mihăilescu, V., 1963, *Carpații Sud-Estici de pe teritoriul României. Studiu de geografie fizică cu privire specială la relief*, Ed. Științifică, București, 373 p.
40. Mirek, Z., Piekos-Mirkowa, H., Zajac, A., Zajac, M., 2002, *Flowering Plants and Pteridophytes of Poland: A Checklist*, W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Krakow, 442 p.
41. Mitchell, T.D., Carter, T.R., Jones, P.D., Hulme, M., New, M., 2004, A comprehensive set of high-resolution grids of monthly climate for Europe and the globe: the observed record (1901-2000) and 16 scenarios (2001-2100), *Tyndall Centre Working Paper*, 55: 1-25.
42. Morariu, I., Beldie, A., 1976, Endemismele din flora României, în: *Flora R.S.R.*, 13, (ed. de A. Beldie & I. Morariu), Ed. Acad. R.S.R., București, p. 97-105.
43. Morrone, J.J., 1994, On the Identification of Areas of Endemism, *Syst. Biol.*, 43 (3): 438-441.
44. Morrone, J.J., 2009, *Evolutionary Biogeography: an integrative approach with case studies*, Columbia University Press, 301 p.
45. Negrean, G., Oltean, M., 1989, Endemite și zone endemoconservatoare din Carpații Sud-Estici, *Ocrot. nat. med. înconj.*, 33 (1): 15-26.
46. Nelson, G.J., Platnick, N.I., 1981, *Systematics and Biogeography: Cladistics and Vicariance*, Columbia University Press, 567 p.
47. Niketić, M., 2007, Endemic representatives of genus *Cerastium* L. in Southeastern Europe. Taxonomy, chorology and ecology, University of Belgrade, Faculty of Biology. (PhD Thesis) [in Serbian].
48. Nimis, P.L., Bolognini, G., 1993, Quantitative phytogeography of the Italian beech forests. *Vegetatio*, 109, 125-143
49. Nixon, K.C., 2002, *Winclada Ver. 1.00.08*, Published by the Author, Ithaca, NY.
50. Obradović, M., 1966, Pflanzengeographische analyse der flora des Fruška-Gora-Gebietes, *Matica Srpska*, Novi Sad (in Serbo - Croatian).

51. Oprea, A., 2005, *Lista critică a plantelor vasculare din România*, Ed. Univ. "Alexandru Ioan Cuza", Iași, 668 p.
52. Pawłowski, B., 1970, Remarques sur l'endémisme dans la flore des Alpes et des Carpates, *Vegetatio*, 21: 181-243.
53. Pax, F., 1898-1908, *Grundzüge Der Pflanzenverbreitung in Der Karpathen*, Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig, 269 p.
54. Piekos-Mirkowa, H., Mirek, Z., 2003, Endemic taxa of vascular plants in the Polish Carpathians, *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 72 (3): 235-242.
55. Pop, G.P., 2006, *Carpații și Subcarpații României*, ed. 2, Presa Universitară Clujeană, Cluj-Napoca, 260 p.
56. Pușcaș, M., Taberlet, P., Choler, P., 2008, No positive correlation between species and genetic diversity in European alpine grasslands dominated by *Carex curvula*, *Divers. Distrib.*, 14: 852-861.
57. Prodan, I., 1939, *Flora pentru determinarea și descrierea plantelor ce cresc în România. (II) Noțiuni generale de fitogeografie*, Tipografia "Cartea Românească", Cluj-Napoca, 713 p.
58. R Development Core Team, 2010 - *R: A Language and Environment for Statistical Computing*, <http://www.r-project.org/>, R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
59. Randelović, N., Randelović, V., 1999, *Crocus banaticus* Gay. In: Stevanović, V. (ed): *Red Data Book of Flora of Serbia 1*, fide Lj. Miljković [in Serbian with English abstract].
60. Ronikier, M., 2011, Biogeography of high-mountain plants in the carpathians: An emerging phylogeographical perspective, *Taxon*, 60: 373-389.
61. Ronikier, M., Cieslak, E., Korbecka, G., 2008, High genetic differentiation in the alpine plant *Campanula alpina* Jacq. (*Campanulaceae*): Evidence for glacial survival in several Carpathian regions and long-term isolation between the Carpathians and the Alps. *Molecular Ecology*, 17: 1763-1775.
62. Sanda, V., Popescu, A., Doltu, M., Doniță, N., 1983, Caracterizarea ecologică și fitocenologică a speciilor spontane din flora României, *Muz. Brukenthal. Studii și Comunic. Șt. Nat.*, 25: 5-126.
63. Sarić, M. R., Diklić, N. (eds), 1986, *Flora of SR Srbija 10*. - -Serbian Academy of Art and Sciences, Beograd, 400 p. [in Serbian].
64. Sarić, M. R. (ed.), 1992, *Flora of SR Srbija*, ed. 2, 1. - -Serbian Academy of Art and Sciences, Beograd, 429 p. [in Serbian].
65. Săvulescu, T., 1940, Der Biogeographische Raum Rumäniens, *Ann. de la Faculté d'Agonomie de Bucarest*, 1: 1-50.
66. Schur, J.F., 1866, *Enumeratio Plantarum Transsilvaniae*, Guilielmum Braumüller, Vindobonae, 984 p.
67. Simonkai, L., 1887, *Enumeratio Florae Transsilvanicae Vasculosae Critica*, Kir. Magyar Természettudományi Társulat, Budapest, XLIX + 678 p.
68. Singarayer, J.S., Valdes, P.J., 2010, High-latitude climate sensitivity to ice-sheet forcing over the last 120 kyr. *Quaternary Science Reviews*, 29, 43-55.
69. Soó, R., 1967, Die Dactylorhiza -arten und -formen in der flora Rumaniens, *Rev. Roum. Biol. - Bot.*, 12, 2-3: 225-242.
70. Stojanov, N., Stefanov, B. & Kitanov, B., 1966-1967, *Flora na Bălgarija*, 1-2, 4 edn. Nauka i iskustvo, Sofija.
71. Tassenkevich, L., 1998, *Flora of the Carpathians: Checklist of the Native Vascular Plant Species*, National Academy of Sciences of Ukraine - State Museum of Natural History, Lviv, 610 p.
72. Thuiller, W., Lafourcade, B., Engler, R., Araújo, M.B., 2009, Biomod - a platform for ensemble forecasting of species distributions. *Ecography*, 32, 369-373.
73. Tribsch, A., 2004, Areas of endemism of vascular plants in the Eastern Alps in relation to Pleistocene glaciation, *J. Biogeogr.*, 31, 747-760.
74. Tutin, T.G., Heywood, V.H., Burges, N.A., Valentine, D.H., Walters, S.M., Webb, D.A., 1964-1980, *Flora Europaea*, I-V, Cambridge University Press.
75. Vischi, N., Natale, E., Villamil, C., 2004, Six endemic plant species from central Argentina: An evaluation of their conservation status. *Biodivers. Conserv.*, 13, 997-1008.
76. Witkowski, Z.J., Król, W., Solarz, W., 2003, *Carpathian List of Endangered Species*, WWF and Institute of Nature Conservation, Polish Academy of Sciences, Vienna - Krakow, 64 p.
77. Zhang, L.B., Comes, H.P., Kadereit, J.W., 2001, Phylogeny and Quaternary history of the European montane/alpine endemic *Soldanella* (*Primulaceae*) based on its and AFLP variation, *Am. J. Bot.*, 88: 2331-2345.
78. ***, 1952-1976, *Flora R.P.R.-R.S.R.*, 1-13, Ed. Acad. R.P.R.-R.S.R., București.
79. ***, Flora Europaea online edition (<http://rbg-web2.rbge.org.uk/FE/fe.html>).
80. ***, The Plant List Database (<http://www.theplantlist.org/>).

Cuprinsul tezei de doctorat

Introducere.....	i
1. Endemismul în lumea plantelor vasculare.....	1
1.1. Modelele de speciație și semnificația evoluționistă a endemismului.....	1
1.1.1. Cauze ale speciației.....	1
1.1.2. Modele de speciație.....	4
1.1.3. Speciația la plante.....	5
1.2. Conceptul de specie și influența variabilității sale asupra inferențelor biogeografice.....	7
1.2.1. Specia, temă fundamentală în filosofia științei.....	9
1.2.2. Specia în biologie. Variabilitate conceptuală.....	11
1.2.3. Direcții conceptuale dominante.....	13
1.2.4. Natural vs. artificial. Dinamic vs. static.....	15
1.2.5. Remarci finale asupra conceptului de specie.....	17
1.3. Fenomenul de endemism.....	18
1.3.1. Terminologie.....	19
1.3.2. Fenomenul de endemism în biogeografie și biologia evolutivă.....	20
1.3.3. Taxonomia endemitelor.....	26
1.3.4. Ariile de endemism.....	27
1.3.5. Aspecte de conservare.....	28
2. Endemismul în Carpații Românești.....	30
2.1. Geografia Carpaților.....	30
2.1.1. Unitățile geomorfologice majore ale lanțului carpatic și integrarea lor în Sistemul Alpin European (SAE).....	30
2.1.2. Carpații Sud-Estici.....	32
2.2. Studii fitogeografice în Carpații Românești.....	36
2.3. Opinii asupra fitodiversității endemitelor din Carpații României.....	40
3. Analiza bogăției specifice a endemitelor din Carpații Românești.....	42
3.1. Construirea bazei de date a endemitelor carpatice.....	42
ARTICOLUL 1: O EVALUARE CRITICĂ A LISTEI FITOTAXONILOR CARPATICI DIN CARPAȚII ROMÂNIEI.....	46
Introducere.....	48
Materiale și Metode.....	49
Rezultate și discuții.....	50
Concluzii.....	52
Referințe bibliografice.....	58
Articolul 2: PATTERN-URI DE ENDEMISM LA PLANTELE DIN CARPAȚII ROMÂNESȚI (Carpații Sud – Estici).....	61
Introducere.....	63
Materiale și Metode.....	63
Rezultate și discuții.....	66
Concluzii.....	73
Referințe bibliografice.....	77
3.2. Pattern-uri de endemism la plante în Carpații Românești. Pot oferi modelele de paleodistribuție mai multe indicii?.....	82

Introducere.....	82
Materiale și Metode.....	86
Rezultate și discuții.....	92
4. Analiză biogeografică a Carpaților României.....	101
4.1. Biogeografia cantitativă.....	101
4.2. Non-metric Multidimensional Scaling (NMDS).....	103
4.3. Analiza parcimonioasă a endemismului (PAE).....	105
4.4. Clustering-ul ierarhic.....	108
4.4.1. Metoda lui Ward.....	108
Concluzii.....	117
Bibliografie.....	120
Material suplimentar 1: Lista critică și distribuția taxonilor endemici din flora	
Carpaților Sud-Estici.....	132
Material suplimentar 2: Bibliografie selectivă folosită la construirea bazei de date a endemitelor	
carpatice din România.....	179