

## Variabilitatea dimensională a arborilor și diversitatea florei vasculare în amestecuri de rășinoase cu fag din rezervația Codrul secular Slătioara

G. Duduman, C. Tomescu, M. Drăgoi, C. Palaghianu

Duduman G., Tomescu C., Drăgoi M., Palaghianu C., 2014. Tree size variability and plant diversity in mixed coniferous-beech forests in Slătioara Forest Reserve. Bucov. For. 14(2): 135-147, 2014.

**Abstract.** The paper analyses, from structural and compositional aspects, the diversity of vascular flora from natural mixed forests with coniferous and beech. Six experimental plots were installed in mixed forest stands with coniferous and beech from Slătioara natural reserve, and the vascular flora was studied on three different layers: trees, seedlings and herbaceous layer. For each layer the species diversity was assessed through Shannon index, and additionally, for trees' layer, the structural diversity was quantified with respect to the basal area, using the Gini index. It was observed that among the experimental plots, the Gini index ranges between 0.65 and 0.83, corresponding to the uneven-sized balanced structures, and Shannon index computed for species diversity ranges between 0.66 and 1.22 for trees layer, between 0.71 and 1.38 for seedling and between 1.12 and 2.38 for herbaceous layer. The structural diversity of trees layer assessed through the Gini index do not influences directly the species diversity of seedling and herbaceous layers. Nevertheless, when Gini index is higher than 0.48, only shadow tolerant species (ex. Silver fir) might form pure seedling patches. Additionally, regarding the trees layer, pure patches are formed only by beech (92%) or silver fir (8%), and the pure silver fir patches are characterized by low structural diversity (Gini index ranges between 0.27 and 0.32). Also, it was found that beyond certain thresholds of Gini index, the increase of structural diversity is associated with a decrease in the spread of variation of species diversity for all the analyzed layers, and the identified thresholds of Gini index are: 0.6 for trees layer, respectively 0.7 for seedling and herbaceous layers. **Keywords** structural diversity, species diversity, Gini index, Shannon index, Slătioara reserve.

**Authors.** Gabriel Duduman (gduduman@usv.ro), Cezar Tomescu, Marian Drăgoi, Ciprian Palaghianu - Faculty of Silviculture, University Ștefan cel Mare Suceava, Universității 13, 720229 Suceava, Romania.

**Manuscript** received November 25, 2014; revised December 17, 2014; accepted December 22, 2014; online first December 31, 2014.

## Introducere

Interesul pentru cunoașterea diversității biologice a ecosistemelor forestiere a crescut în special după Conferința Națiunilor Unite pe Mediu și Dezvoltare din 1992, de la Rio (UNCED 1993). Aceasta se referă la variabilitatea organismelor care trăiesc în păduri (plante, animale, microorganisme), la rolul lor ecologic și la diversitatea genetică asociată lor (FAO 1989). Diversitatea reprezintă suma diferențelor existente între membrii dintr-o unitate socială (Harrison și Sin 2006). Diversitatea biologică poate fi evaluată la nivel de peisaj, de ecosistem, de specii, de populații și la nivel genetic (Noss 1990).

Diversitatea speciilor poate fi cuantificată prin intermediul a numeroși indicatori, dintre care mai frecvent utilizați sunt: abundența și dominanța sau indicele Shannon (Botnariuc și Vădineanu 1982; Stohlgren 2007). Diversitatea structurală a unui arboret indică variabilitatea caracteristicilor dimensionale ale arborilor constituenți și este evaluată prin intermediul distribuțiilor arborilor în plan orizontal și vertical (Helms 1998). În cazul ecosistemelor forestiere, aceasta este considerată un proxy pentru diversitatea generală a biocenozelor (Staudhammer și LeMay 2001). În literatura de specialitate (Lexerød și Eid 2006; O'Hara et al. 2007; Duduman 2011) sunt prezentate mai multe metode de evaluare, fiind evidențiată utilitatea indicelui Gini (1912, 1921), precum și potențialul acestuia pentru evaluarea diversității structurale a unui arboret (Lundqvist 2004).

La nivel global, diversitatea – inclusiv diversitatea cormofitelor [plante vasculare sau traheofite care cuprind speciile vegetale ce au elemente specializate de conducere a sevei brute și a celei elaborate, iar corpul acestora, numit corm, este format din trei organe principale: rădăcină, tulpină și frunză (Abercrombie et al. 1966)] – se reduce în mod semnificativ de la ecuator spre poli (Qian și Ricklefs 2007), iar în raport cu altitudinea diversitatea crește de la altitudini mici spre altitudini mari până la

un punct după care începe să scadă (Guo et al. 2013).

Diversitatea florei vasculare în arborete cu structuri naturale este mai ridicată decât cea din arboretele cultivate (Halpern și Spies 1995; Keyes și Teraoka 2014), iar refacerea acesteia în pădurile puternic afectate de intervenția antropică se realizează în perioade de ordinul sutelor de ani (Halpern și Spies 1995), sau în perioade mult mai scurte acolo unde intensitatea managementului este ușoară sau redusă (Teodosiu 2014). Din acest punct de vedere este importantă cunoașterea diversității pădurilor naturale, care pot fi utilizate drept reper în aplicarea principiilor silviculturii apropiate de natură (Diaci et al. 2011). Cu atât mai mult, studiul dinamicii diversității poate pune în evidență tendințele succesiunilor naturale sau declinul anumitor specii (Klopčic și Boncina 2011). Diversitatea compozițională a etajului arborilor influențează în mod clar diversitatea compozițională a etajelor inferioare (subarboret și pătură erbacee) (Augusto et al. 2003), însă între variabilitatea dimensională a arborilor și diversitatea speciilor vasculare nu a fost identificată o dependență clară (Halpern și Spies 1995) și, de regulă, această legătură este analizată la nivelul etajului arborilor (Diaci et al. 2011).

Scopul acestui studiu îl reprezintă analiza diversității structurale și a speciilor din flora vasculară a amestecurilor naturale de rășinoase cu fag întâlnite în Codrul Secular Slătioara. În acest sens, s-a caracterizat diversitatea structurală a etajului arborilor, diversitatea compozițională a plantelor vasculare și s-a studiat relația dintre diversitatea structurală a etajului arborilor și diversitatea compozițională a florei vasculare.

## Metodologie

### Localizarea cercetărilor

Zona de studiu este localizată în Rezervația

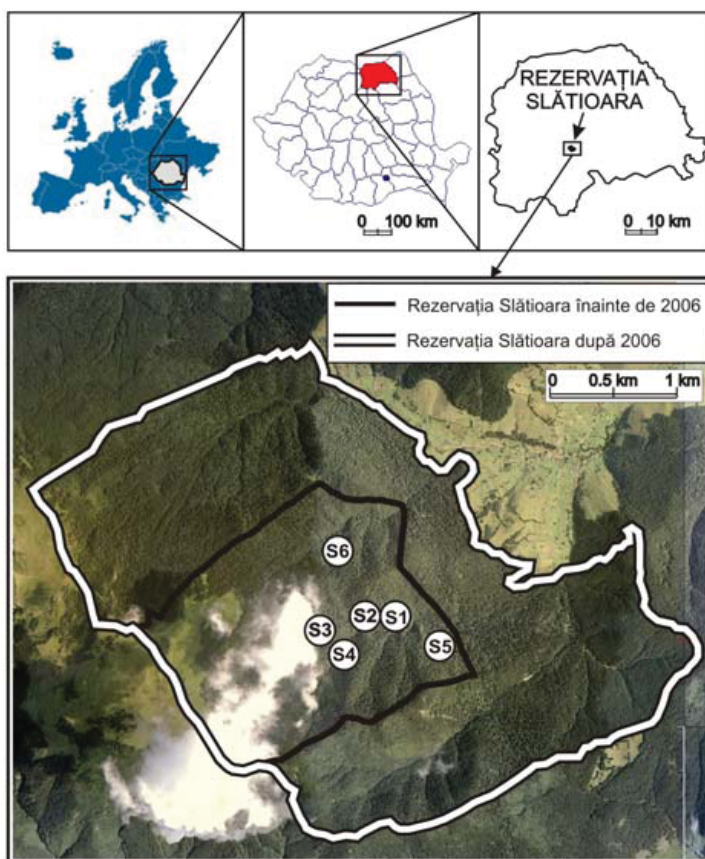
naturală Slătioara (Vest: 47°26'49" N, 25°36'06" E; Nord: 47°27'18" N, 25°37'29" E; Est: 47°26'37" N, 25°38'59" E; Sud: 47°26'03" N, 25°37'00" E). Rezervația se găsește pe versantul vestic al Munților Rarău, la altitudini cuprinse între 800 și 1510 m, sub influența climatului temperat continental, cu temperaturi medii anuale cuprinse între 3,9 și 5,8°C și precipitații medii anuale cuprinse între 700 și 810 mm.

Primele demersuri de protejare a acesteia datează din 1906 (Ștefureac 1965), în anul 1941 fiind recunoscută în mod oficial ca rezervație științifică și având la momentul respectiv o suprafață totală de 854,3 ha. După anul 2006, suprafața rezervației a fost majorată la 1064,2 ha (1044,8 ha de pădure și 19,4 ha de pășune) (figura 1).

Din punct de vedere al statutului de protecție, Codrul secular Slătioara este inclus

în categoria IUCN IV (arie de management a habitatelor/speciilor: arie protejată gospodărită în special pentru conservare), în cuprinsul său fiind interzise intervențiile antropice. În zona strict protejată nu au fost identificate influențe antropice asupra ecosistemelor forestiere, iar după 2006 și zona tampon a fost inclusă în regim de protecție absolută.

Cercetările s-au desfășurat în arborete corespunzătoare unui singur tip de habitat: R4101 păduri sud-est carpatice de molid (*Picea abies* L.), fag (*Fagus sylvatica* L.) și brad (*Abies alba* Mill.) cu *Pulmonaria rubra* L. (Doniță et al. 2005). Acesta ocupă 37,9% din suprafața totală a rezervației, fiind întâlnit pe versanți cu înclinări medii și expoziții diverse, pe soluri brune, mijlociu-profunde până la profunde, moderat-slab acide, mezo-eubazice, jilave, slab scheletice (Doniță et al. 2005), în care regenerarea naturală se realizează cu



**Figura 1** Localizarea rezervației Slătioara și a suprafețelor experimentale

uşurinţă pentru speciile principale (Paşcovschi şi Leandru 1958).

### Colectarea datelor

Datele au fost colectate din şase suprafeţe experimentale (Duduman et al. 2010) cu o mărime de 0,5 ha (50 x 100 m) (tabelul 1), instalate în arborete comparabile sub raportul condiţiilor de vegetaţie şi al caracteristicilor structurale. La amplasarea acestora s-au avut în vedere următoarele criterii: compoziţia - molid, brad şi fag în proporţii diferite, consistenţa - cel puţin 0,7 şi suprafaţa arboretului - cel puţin 5,0 ha.

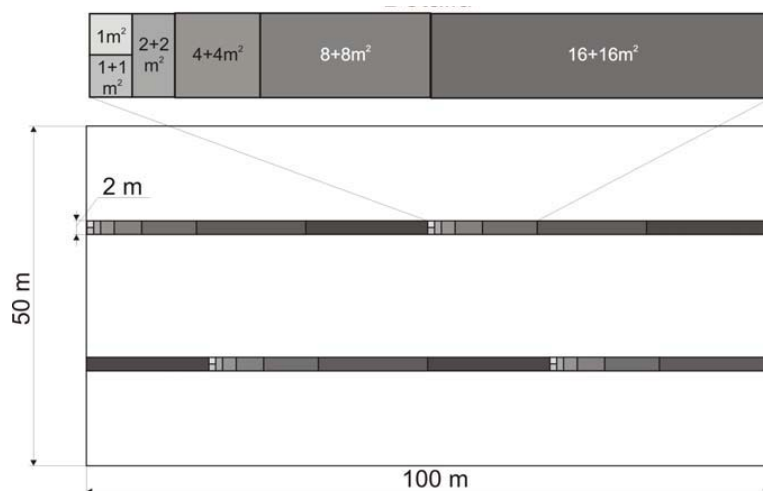
Pentru facilitarea colectării datelor, fiecare suprafaţă de studiu a fost împărţită în 50 de unităţi elementare de formă pătrată de 10x10 m (prescurtate în continuare UEL). Colectarea datelor s-a realizat diferenţiat pe etaje/sinuzii: etajul arborilor, al seminţişului şi pătura erbacee. Diferenţierea între etajul arborilor şi etajul seminţişului s-a realizat prin intermediul diametrului de bază, fiind utilizat în acest sens pragul de 2,0 cm: toate exemplarele cu diametrul de bază mai mare de 2,0 cm au fost incluse în etajul arborilor. Acest prag corespunde cu pragul de inventariere utilizat în studiul arboretelor tratate în codru grădinarit, unde arborii sunt încadraţi în 5 clase de grosimi (foarte subţiri, subţiri, mijlocii, groşi şi foarte groşi), arborii foarte subţiri (diametrul cuprins între 2,0 şi 14,0 cm) fiind inventariaţi doar în scop ştiinţific, celelalte clase fiind utilizate în practica curentă la reglementarea procesului de producţie la codru grădinarit. Utilizarea acestui prag se datorează faptului că rezul-

tatele obţinute prin acest studiu vor fi utilizate în ameliorarea tehnicilor de gospodărire a arboretelor cultivate, tratate în codru grădinarit. Pentru analiza diversităţii compoziţionale şi structurale a etajului arborilor, pentru fiecare exemplar s-a determinat specia şi s-a măsurat diametrul de bază (două diametre perpendiculare). În cazul seminţişului s-a determinat specia, iar pentru fiecare specie a fost determinat numărul de exemplare la nivelul fiecărei UEL. Plantulele au fost incluse în categoria seminţiş, însă inventarierea acestora s-a realizat odată cu inventarierea păturii erbacee, utilizând aceeaşi metodă. Rezultatele inventarierii plantulelor au fost extrapolate la hectar.

În cazul păturii erbacee s-au determinat specia şi numărul de exemplare din fiecare specie, inventarierea fiind realizată conform metodei propuse de Ivan (1979). Aceasta presupune determinarea suprafeţei minime necesare pentru surprinderea numărului maxim de specii şi a constat în amplasarea, în fiecare suprafaţă experimentală, a câte două benzi (2 x 100 m), paralele cu latura lungă a suprafeţei de studiu. În interiorul acestor benzi au fost amplasate suprafeţe de eşantionare cu mărimea dublată succesiv: 1 m<sup>2</sup>, 2 m<sup>2</sup>, 4 m<sup>2</sup> şi așa mai departe (figura 2). Principiul metodei constă în majorarea progresivă a suprafeţei de inventariere până când nu mai sunt identificate specii noi (curba de variaţie a numărului de specii în raport cu suprafaţa de inventariere se aplatizează). În interiorul fiecărei suprafeţe de eşantionare au fost determinate şi inventariate toate plantele vasculare din pătura erbacee. Inventarierea păturii erbacee s-a realizat în perioada aprilie-septembrie 2012, procentul suprafeţei de in-

**Tabelul 1** Descrierea condiţiilor de vegetaţie

Suprafaţa experimentală (SE)		Subparcela	Altitudine (m)	Expoziţie	Pantă (°)	Tip de sol
Nume	Cod					
Slătioara 1	S1	37A	920	S-E	34	Rendzină tipică
Slătioara 2	S2	37A	940	S-E	33	Rendzină tipică
Slătioara 3	S3	36A	1010	N-E	16	Rendzină tipică
Slătioara 4	S4	33A	1000	N-V	32	Rendzină tipică
Slătioara 5	S5	31	860	N	30	Rendzină tipică
Slătioara 6	S6	40A	930	N	27	Rendzină tipică



**Figura 2** Sistemul de eșantionare al benzilor și amplasarea acestora în suprafețele de studiu

ventariere a păturii erbacee fiind de 8% (400 m<sup>2</sup>) din suprafața totală de studiu.

### Analiza datelor

Pentru caracterizarea diversității structurale a fost utilizat indicele Gini, calculat în raport cu suprafața de bază prin încadrarea arborilor, în funcție de diametrul de bază, în categorii de diametre de 4 cm. Indicele Gini reprezintă raportul dintre (i) suprafața cuprinsă între curba Lorenz (1905) și diagonala omogenității perfecte și (ii) întreaga suprafață aflată sub această diagonală. Acest indice poate lua valori în intervalul 0-1. Cu cât o populație este mai omogenă, cu atât valoarea indicelui Gini va fi mai apropiată de 0. Formula generală a acestui indice este:

$$G = 1 - \sum_{i=1}^k \left[ (ba_{i-1} + ba_i) (n_i - n_{i-1}) \right] \quad (1)$$

în care:  $ba_i$  ( $ba_{i-1}$ ) reprezintă frecvența relativă a suprafeței de bază (%) a arborilor din toate categoriile de diametre mai mici sau egale cu categoria  $i$  ( $i-1$ ) (pentru  $i=1$ ,  $ba_{i-1}=0$ );  $n_i$  ( $n_{i-1}$ ) reprezintă frecvența relativă a numărului de arbori (%) din toate categoriile de diametre mai mici sau egale cu categoria de diametre  $i$  ( $i-1$ ) (pentru  $i=1$ ,  $n_{i-1}=0$ ); iar  $k$  reprezintă numărul categoriilor de diametre.

Indicele Gini a fost calculat pentru fiecare suprafață experimentală dar, pentru studiul relației dintre diversitatea structurală și cea a speciilor, indicele Gini a fost calculat și pentru fiecare UEL de 100 m<sup>2</sup>.

Diversitatea compozițională a fost evaluată prin intermediul indicelui Shannon (1948):

$$H = - \sum_{i=1}^k p_i \ln p_i \quad (2)$$

$$p_i = n_i / N \quad (3)$$

în care:  $k$  - numărul speciilor,  $p_i$  - frecvența relativă a speciei  $i$  în compoziție, calculată ca raport între numărul exemplarelor speciei  $i$  ( $n_i$ ) și numărul total de exemplare ( $N$ ).

Indicele Shannon ia valori în intervalul 0 (când toate exemplarele aparțin unei singure specii) și  $\ln(k)$  (când toate exemplarele celor  $k$  specii se găsesc în număr egal într-o biocenoză).

Indicele a fost calculat pentru flora vasculară la nivel de suprafață experimentală, apoi la nivel de etaj, la nivel de UEL pentru etajul arborilor și la nivel de suprafață de eșantionare pentru seminiș și pătura erbacee. Datorită modului de culegere a datelor din teren, pentru etajul arborilor a fost posibilă cuantificarea



diversității compoziționale la nivel de UEL în raport cu indicele Shannon. O astfel de analiză nu a putut fi realizată pentru semințiș și pătura erbacee pentru toate UEL, întrucât inventarierea la nivelul acestor etaje s-a realizat parțial conform metodei descrise anterior.

## Rezultate

### Diversitatea structurală a etajului arborilor

Analiza repartiției arborilor pe categorii de diametre arată că cele șase arborete studiate au structuri multietajate echilibrate (conform clasificării tipurilor de structuri întocmite de Baker et al. 1996). Coeficientul de variație a diametrelor ia valori în intervalul 75-127%, specifice structurilor de tip plurien. Suprafața de bază a acestor arborete înregistrează valori cuprinse între 40 și 56 m<sup>2</sup> · ha<sup>-1</sup>, mult superioare celor întâlnite în arboretele cultivate din România încadrate în același tip de pădure.

Indicele Gini este cuprins în intervalul 0,65-0,84, indicând un nivel ridicat al diversității structurale, estimate în raport cu suprafața de bază. Această afirmație este întărită de ecartul larg de variație a diametrelor (ex. categoria maximă de diametre este de 112 cm, în suprafețele experimentale S3 și S6).

Deși suprafețele experimentale de 0,5 ha se

caracterizează prin structuri naturale de tip plurien, cu valori ale indicelui Gini situate într-un interval relativ restrâns, în interiorul acestora există diferențe însemnate la nivel de UEL. La acest nivel, amplitudinea de variație a indicelui Gini este cuprinsă între 0,33 (S1) și 0,89 (S5), cea mai redusă fiind întâlnită în suprafețele experimentale S1 (0,33) și S2 (0,40). Valoarea medie a indicilor Gini, la nivel de suprafață experimentală, determinată pe baza valorilor stabilite la nivel de UEL, variază între 0,59 (S3) și 0,73 (S4) (Tabelul 3). Valorile mai mici ale acestor medii, comparativ cu valorile prezentate în tabelul 2 se datorează existenței unor zone restrânse (UEL) cu o diversitate structurală mai redusă ( $G < 0,3$ ), acestea fiind asociate zonelor în care nu există arbori, sau în care toți arborii sunt grupați într-o singură categorie de diametre ( $G = 0$ ), precum și zonelor în care diametrele arborilor sunt de regulă mai mici de 28 cm, iar numărul de arbori este limitat sau arborii sunt grupați în 2-4 categorii de diametre consecutive. De asemenea, diversitatea redusă este asociată UEL în care s-au înregistrat goluri, ca urmare a căderii recente a arborilor de dimensiuni mari, aceste goluri fiind de regulă acoperite cu semințiș.

**Tabelul 2** Caracteristicile etajului arborilor

SE	Arbori vii la hectar*	Suprafața de bază (G) (m <sup>2</sup> · ha <sup>-1</sup> )	Compoziția după G (%)**	Coeficientul de variație a diametrelor (%)	Indicele Gini
S1	1926	55,9	48BR 33MO 18FA 1PAM+TI	90,0	0,726
S2	2338	45,7	43BR 31MO 22FA 3PAM 1ME+PLT	75,0	0,654
S3	754	51,7	44FA 31MO 25BR	91,5	0,735
S4	1374	46,8	70BR 26FA 4MO	126,9	0,831
S5	820	41,3	52BR 41FA 7MO	123,9	0,822
S6	1110	50,2	45FA 43BR 12MO	115,8	0,809

Notă: \*După Duduman et al. 2010; \*\*Descrierea speciilor: MO – molid (*Picea abies*); BR - brad (*Abies alba*); FA – fag (*Fagus sylvatica*); PAM – paltin de munte (*Acer pseudoplatanus* L.); ME – mesteacăn (*Betula pendula* Roth); PLT – plop tremurător (*Populus tremula* L.); TI – tisă (*Taxus baccata* L.). Speciile reprezentate printr-un număr redus de exemplare la nivel de suprafață experimentală și pentru care suprafața de bază cumulată este ne semnificativă raportat la suprafața de bază totală nu au fost incluse în compozițiile prezentate tabelar (ex.: suprafețele experimentale S3÷S6).

### Diversitatea compozițională a plantelor vasculare

Valoarea indicelui Shannon la nivel de suprafață experimentală, calculat în raport cu frecvențele indivizilor și speciilor, variază între 0,66 și 1,22 pentru etajul arborilor (Tabelul 4). Aceste valori, raportate la valoarea maximă care poate fi atinsă în fiecare suprafață de probă ( $\ln(k)$ ), semnalează un nivel mediu al omogenității compoziționale, raportul fiind cuprins între 41 și 68%.

Valori ușor mai mari ale indicelui Shannon există la nivelul semințișului, cuprinse în intervalul 0,71-1,38. Acestea reprezintă între 43 și 86% din nivelul diversității maxime posibile la nivel de etaj și suprafață experimentală, aspect care indică faptul că, între frecvențele relative ale speciilor, diferențele sunt mai mici comparativ cu aceleași diferențe calculate pentru etajul arborilor. Compoziția semințișului, calculată pe număr de exemplare prin intermediul datelor culese din cele șase suprafețe experimentale este pentru amestecurile naturale

de rășinoase cu fag 63BR 25FA 6PAM 4MO 3DS (diverse specii: scoruș, plop tremurător, mesteacăn), cu diferențe între arborete date în special de variația proporției speciilor principale (BR, FA, MO), deoarece proporțiile însumate ale celorlalte specii de amestec variază în intervalul 3-16%.

În cazul păturii erbacee, datorită bogăției speciilor (numărul speciilor vasculare identificate pe teren variază între 28 și 50), valorile indicelui Shannon sunt cuprinse între 1,12 și 2,53, reprezentând între 34 și 72% din nivelul diversității maxime posibile, în condițiile descrise în suprafețele experimentale.

Pentru etajul arborilor, indicele Shannon al diversității compoziționale variază între 0 și 1,36 (valori calculate la nivel de UEL). Amplitudinea de variație este cuprinsă între 0,76 (S2) și 1,10 (S3 și S6). Ca și în cazul diversității structurale descrise prin intermediul indicelui Gini, omogenitatea diversității compoziționale este mai ridicată în suprafețele experimentale S1 și S2, unde se întâlnesc și cele mai ridicate valori ale indicelui Shannon. În aceste suprafețe experimentale diversitatea

**Tabelul 3** Variația indicelui Gini la nivel de UEL

Suprafața	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Gini minim	0,49	0,38	0,16	0,00	0,00	0,00
Gini maxim	0,82	0,78	0,80	0,88	0,89	0,84
Gini mediu	0,67	0,60	0,59	0,73	0,66	0,65
Amplitudine	0,33	0,40	0,65	0,88	0,89	0,84

**Tabelul 4** Diversitatea compozițională în suprafețele analizate

Suprafața	Arbori			Semințiș			Pătură erbacee			Total						
	<i>k</i>	N la hectar	<i>H</i>	$\ln(k)$	<i>k</i>	N la hectar	<i>H</i>	$\ln(k)$	<i>k</i>	N la 400 m <sup>2</sup>	<i>H</i>	$\ln(k)$	<i>k</i>	N <sub>T</sub> la hectar	<i>H</i>	$\ln(k)$
S1	5	1926	1,00	1,61	5	7542	0,87	1,61	44	1734	2,46	3,78	50	9468	2,66	3,91
S2	6	2338	1,22	1,79	7	10393	0,83	1,95	50	1758	2,50	3,91	58	12731	2,68	4,06
S3	4	754	0,91	1,39	3	9300	0,71	1,10	28	4068	1,12	3,33	32	10054	1,39	3,47
S4	4	1374	0,85	1,39	5	5951	1,38	1,61	34	3932	1,89	3,53	39	7325	2,11	3,66
S5	5	820	0,66	1,61	4	7634	0,86	1,39	38	7263	1,44	3,64	43	8454	1,60	3,76

Notă: Abrevieri: *k* – numărul de specii; N – număr de exemplare; *H* – valoarea indicelui Shannon al diversității compoziționale;  $\ln(k)$  – valoarea maximă posibilă a indicelui Shannon; N<sub>T</sub> – numărul total de exemplare calculat doar în raport cu etajele arborilor și semințișului.

speciilor din etajul arborilor este ridicată inclusiv la nivelul fiecărei UEL, iar diferențele observate între aceste unități elementare sunt relativ reduse. În schimb, la același nivel, în suprafața experimentală S5 media indicilor Shannon este de doar 0,46 și confirmă nivelul scăzut al diversității speciilor determinat prin intermediul aceluiași indice calculat la nivelul întregii suprafețe experimentale (Tabelul 4).

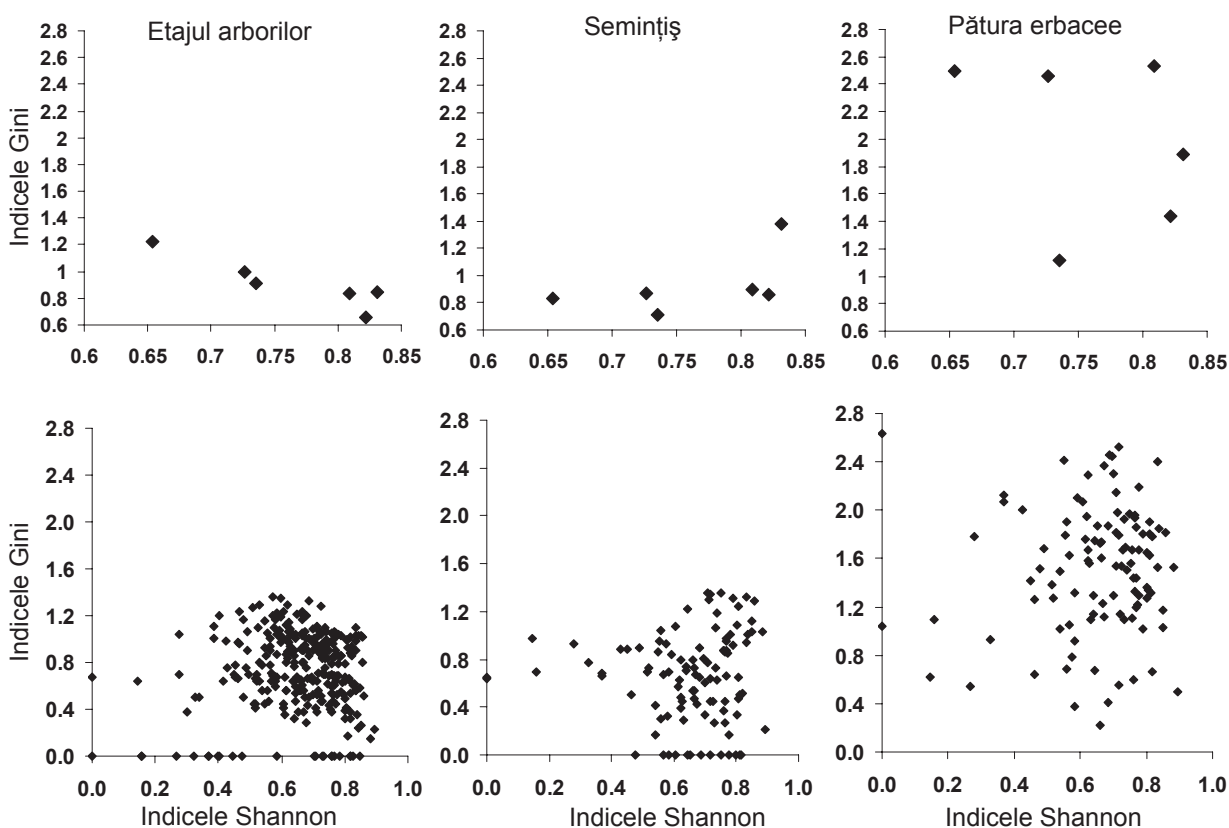
### Relația dintre diversitatea structurală și diversitatea compozițională

La nivel de suprafață experimentală se constată că pe măsură ce diversitatea structurală crește, diversitatea speciilor care apar în compoziția etajului arborilor se reduce. Aceeași tendință este semnalată și în privința influenței diversității structurale asupra diversității compoziționale a păturii erbacee. În cazul seminișului, tot la nivel de suprafață experimentală, se constată

o creștere a numărului de specii odată cu creșterea diversității structurale a arboretului (figura 3-A).

Aceste tendințe se mențin și în cazul analizei la nivel de UEL (figura 3-B), însă nu sunt foarte evidente și au, pentru mărimea considerată (100 m<sup>2</sup>) și în acest stadiu, un caracter exploratoriu. Totuși, se poate observa că la valori reduse ale diversității structurale ( $G < 0,5$ ), diversitatea compozițională a seminișului, exprimată prin indicele Shannon, înregistrează valori medii (în intervalul 0,65÷1,15), iar în zonele respective, în compoziția seminișului intră doar bradul, fagul și, uneori, paltinul de munte. La valori ale indicelui Gini mai mari de 0,5 ecartul de variație al indicelui Shannon crește. Tendințele sunt asemănătoare și în cazul diversității compoziționale a etajului arborilor, respectiv a păturii erbacee.

Analiza la nivel de UEL evidențiază în plus că, pentru fiecare etaj, există un prag al



**Figura 3** Relația dintre diversitatea structurală și diversitatea compozițională la nivel de suprafață experimentală (sus), și de UEL (jos)



diversității structurale de la care ecartul de variație al indicelui Shannon al diversității compoziționale începe să scadă. Pentru studiul de față, aceste praguri ale indicelui Gini sunt: 0,6 pentru etajul arborilor, respectiv 0,7 pentru semințiș și pentru pătura erbacee.

Diversitatea compozițională crește de la etajul arborilor spre etajul păturii erbacee. Dacă la nivelul etajului arborilor și al semințișului se întâlnesc UEL, în care indicele Shannon ia valoarea 0, în cazul păturii erbacee, indiferent de nivelul diversității structurale, nu au fost identificate UEL, în care pătura erbacee să fie absentă sau alcătuită dintr-o singură specie. În cazul semințișului, diversitatea compozițională se reduce până la o singură specie ( $H = 0$ ) doar în UEL în care indicele Gini este cuprins între 0,48 și 0,82; în 76% din cazuri specia respectivă este bradul, în rest fagul.

În cazul etajului arborilor, UEL mono-specifice ( $H = 0$ ) se regăsesc pe întregul ecart de variație al indicelui Gini. În 92% din cazuri, singura specie este fagul, bradul apărând în UEL mono-specifice în doar 8% din cazuri, și doar pentru valori ale indicelui Gini cuprinse între 0,27 și 0,32, aspect ce poate fi pus pe seama temperamentului puternic de umbră al bradului.

## Discuție

Rezultatele obținute privind diversitatea florei vasculare a amestecurilor naturale de rășinoase cu fag din rezervația Slătioara permit o mai bună înțelegere a modului de structurare și funcționare a acestor ecosisteme. Studii floristice în cadrul rezervației Slătioara au fost întocmite cu peste 70 de ani în urmă (Ștefureac 1941) cu scopul fundamentării constituirii acestei rezervații naturale. Acestea au fost completate ulterior prin cercetările întreprinse de Ștefureac (1970), Seghedin (1970, 1983), Pistică-Donose (1983), Tănase (2001), Grudnicki (2002) ș.a., mai recent fiind abordate prin studii suplimentare aspecte privind structura ecosistemelor (Cenușă et al. 2002a, 2002b;

Duduman 2009) și aspecte de auxologie și dendrocronologie (Popa 2002). Prin acest studiu se aduc informații suplimentare privind diversitatea florei vasculare a amestecurilor de rășinoase cu fag din rezervația Codrul secular Slătioara.

## Diversitatea structurală a etajului arborilor

Desimea arborilor în suprafețele experimentale este comparabilă cu valori ale desimii din alte amestecuri naturale de rășinoase cu fag din România (Teodosiu 2012, 2014), sau din alte țări (Slovenia, Croația, Slovacia, Bosnia-Herțegovina) (Diaci et al. 2011), dacă se are în vedere același prag de inventariere. Desimea diferită a arborilor din suprafețele studiate influențează în mod semnificativ repartiția acestora pe categorii de diametre și nivelul diversității structurale exprimate prin intermediul indicelui Gini. În acest sens, în rezervația Slătioara, numărul ridicat al arborilor foarte subțiri, coroborat cu deficitul de arbori subțiri și mijlocii reprezintă consecința creării ochiurilor de regenerare ca urmare a căderii arborilor de dimensiuni mari (Duduman 2009). Situația se schimbă acolo unde diferențele structurale între UEL sunt reduse. Omogenitatea diversității structurale în interiorul suprafețelor experimentale este ridicată acolo unde ecartul de variație a diametrelor este mic și desimea arborilor este ridicată (de exemplu suprafețele experimentale S1 și S2, unde categoriile maxime de diametre sunt de 56, respectiv 72 cm, iar numărul de arbori la hectar este de 1926, respectiv 2338).

Valorile mari ale indicelui Gini înregistrate la nivel de suprafață experimentală se datorează pragului de inventariere utilizat (2,0 cm). Dacă pragul de inventariere ar fi fost mai ridicat, valoarea indicelui Gini s-ar fi redus (Duduman 2009), ca urmare a diminuării semnificative a numărului total de arbori datorat excluderii categoriilor mici de diametre, fiind știut că, la aceste categorii, în arboretele cu structuri naturale numărul de arbori la hectar este foarte mare. Calculând pentru aceleași suprafețe

experimentale indicele Gini fără a include primele două categorii de diametre (arborii cu diametrul de bază cuprins între 2,1 și 10,0 cm), se obțin următoarele valori ale acestui indice: S1 – 0,536; S2 – 0,457; S3 – 0,660; S4 – 0,554; S5 – 0,602; S6 – 0,629. Acestea confirmă apartenența arboretelor la tipul de structură plurienă, conform limitelor stabilite anterior pentru indicele Gini (Duduman 2011).

### Diversitatea plantelor vasculare

Etajul arborilor se caracterizează și printr-un nivel mai ridicat al diversității compoziționale comparativ cu arborete cultivate asemănătoare. Speciile principale identificate sunt fagul și bradul. Bradul constituie principalul element de diversificare structurală în plan orizontal a arboretelor naturale studiate, fiind specia cu exemplare în cele mai multe categorii de diametre. Se reafirmă astfel ideea că bradul este scheletul structural al arboretelor de amestec din rezervația Slătioara (Cenușă et al. 2002a). Pe de altă parte, fagul se remarcă prin cea mai mare capacitate de ocupare a solului în aceste ecosisteme, regăsindu-se în toate UEL din suprafețele S4, S5 și S6 și în peste 92% din UEL ale celorlalte suprafețe experimentale.

În amestecurile naturale de rășinoase și fag din rezervația Slătioara semințișul se caracterizează printr-un nivel ridicat al diversității compoziționale, prin diferențe reduse de la o suprafață experimentală la alta, prin densități cuprinse între 4500 și 10500 exemplare la hectar, prin faptul că, alături de cele trei specii principale (molid, brad, fag), se instalează fără dificultate și speciile secundare, aspecte care confirmă ideea că structurile de tip plurien sunt cele mai indicate pentru asigurarea regenerării pădurii.

Prin bogăția de specii și prin abundență, pătura erbacee constituie componenta de care depinde în cea mai mare măsură nivelul diversității compoziționale exprimat prin indicele Shannon. Deși majoritatea speciilor aparținând semințișului, subarboretului sau

păturii erbacee se regăsesc în toate fazele de dezvoltare întâlnite în ecosistemele naturale, sunt necesare și în rezervația Slătioara studii privind dinamica diversității structurale și compoziționale, întrucât fazele de dezvoltare sunt determinante pentru abundența speciilor din aceste etaje (Halpern și Spies 1995).

### Relația dintre diversitatea structurală și diversitatea compozițională

Diversitatea structurală a etajului arborilor, evaluată prin intermediul indicelui Gini, nu influențează în mod direct diversitatea compozițională a semințișului și păturii erbacee (exprimată prin indicele Shannon), similar rezultatelor obținute în acest sens și de Halpern și Spies (1995). Totuși, Klinka et al. (1996) arată că diversitatea compozițională a etajelor inferioare depinde în mod semnificativ de închiderea coronamentului și de bonitatea stațională. În plus, utilizând și alți indicatori ai biodiversității, Duduman (2009) arată că indicele Shannon al diversității compoziționale a păturii erbacee depinde în special de densitatea semințișului care, la rândul său, depinde de variabilitatea dimensională a arborilor. Și Augusto et al. (2003) evidențiază diferențele existente între compozițiile păturilor erbacee din tipuri de pădure diferite, fără a prezenta astfel de rezultate la nivel de tip de pădure în raport cu tipul de structură.

Desimea mare a arboretelor studiate limitează accesul luminii directe la sol, favorizând în special instalarea semințișului format din specii cu temperament puternic de umbră. La nivel de suprafață experimentală se întâlnește o situație aparent paradoxală, molidul înregistrează în compoziția semințișului ponderi cuprinse între 0 și 3,3%, excepție S4, unde proporția sa atinge 18%, deși în compoziția etajului arborilor molidul deține doar 4%. Suprafața experimentală S4 este amplasată pe expoziție nord-vestică, pe versant cu înclinare mare, și beneficiază de lumină mai ales în partea a doua a zilei, aici etajul arborilor prezintă cel

mai ridicat nivel al diversității structurale dintre suprafețele analizate ( $G = 0,8$ ), desime medie și suprafață de bază mare la hectar (Tabelul 2). Este vorba deci de un arboret în care se asociază arbori de dimensiuni foarte mari cu arbori de dimensiuni mici și foarte mici. Un astfel de tip de asociere este favorabil instalării speciilor cu exigențe mai mari față de lumină, precum molidul. Paltinul este o specie cu comportament asemănător molidului în stadiul de semințis, ponderea sa în compoziția acestui etaj, la nivel de suprafață experimentală, fiind identificată între 3 și 14%.

Cu privire la relația dintre diversitatea structurală a etajului arborilor și diversitatea compozițională a semințisului, prin acest studiu se arată că, la valori ale indicelui Gini mai mari de 0,48, doar speciile de umbră (în special bradul) formează semințisuri pure la nivelul UEL considerate. În ceea ce privește relația dintre diversitatea structurală și cea compozițională a etajului arborilor, biogrupurile pure sunt formate în special din fag și mai rar din brad, iar cele formate doar din brad se caracterizează printr-un nivel redus al diversității structurale.

Chiar dacă nu a fost identificată o intercondiționare evidentă între diversitatea structurală a etajului arborilor și diversitatea compozițională a semințisului și a păturii erbacee, abordarea acestei problematice prin studii de detaliu poate clarifica modul în care etajele inferioare ale acestor ecosisteme depind de caracteristicile structurale și compoziționale ale etajului arborilor. De asemenea, rămâne de analizat și modul în care mărimea suprafeței elementare de studiu (în cazul de față 100 m<sup>2</sup>) influențează această dependență, dar și care este variația temporală a diversității ecosistemelor forestiere naturale din Codrul secular Slătioara.

## Concluzii

Rezultatele obținute prin acest studiu confirmă complexitatea relațiilor existente între com-

ponentele ecosistemelor forestiere naturale și necesitatea utilizării unei abordări holistice la proiectarea cercetărilor de acest tip.

Flora vasculară a acestor ecosisteme se caracterizează printr-o diversitate compozițională ridicată (între 32 și 58 de specii de cormofite identificate la nivel de suprafață experimentală), iar prin modul lor de asociere cuantificarea acestei diversități prin intermediul indicelui Shannon indică valori ridicate (1,39-2,73).

Diversitatea compozițională ridicată este coroborată cu variabilitatea dimensională ridicată a arborilor: indicele Gini calculat în raport cu suprafața de bază înregistrează valori cuprinse între 0,65 și 0,83, specifice doar arboretelor de amestec cu structuri naturale. Valorile se datorează frecvenței ridicate a numărului de arbori în categoriile mici de diametre și ecartului mare de variație a arborilor pe categorii de diametre pentru cele trei specii principale: brad, fag și molid.

## Mulțumiri

Autorii adresează mulțumiri referențelor anonimi pentru sugestiile făcute pe parcursul elaborării articolului.

## Bibliografie

- Abercrombie M., Hickman C.J., Johnson M.L., 1966. A dictionary of biology. Penguin Books: Harmondsworth, UK, 283 p.
- Augusto L., Dupouey J.-L., Ranger J., 2003. Effects of tree species on understory vegetation and environmental conditions in temperate forests. *Ann. For. Sci.* 60: 823-831.
- Baker J.B., Cain M.D., Guldin J.M., Murphy P.A., Shelton M.G., 1996. Uneven-aged silviculture for the loblolly and shortleaf pine forest cover types. General Technical Report SO-1 18, USDA Forest Service, Asheville, 65 p.
- Botnariuc N., Vădineanu V., 1982. *Ecologie*. Editura didactică și pedagogică, București, 439 p.
- Cenușă R., Popa C., Teodosiu M., 2002a. Cercetări privind relația structură-funcție și evoluția ecosistemelor forestiere naturale din nordul țării. *Anale ICAS* 45: 9-19.

- Cenușă R., Teodosiu M., Popa C., 2002b. Cercetări privind influența pădurii montane în modelarea principalilor parametri meteo-climatici (temperaturi, umiditate atmosferică, precipitații). *Anale ICAS* 45: 179-186.
- Diaci J., Rozenbergar D., Anic I., Mikac S., Saniga M., Kucbel S., Visnjic C., Ballian D., 2011. Structural dynamics and synchronous silver fir decline in mixed old-growth mountain forests in Eastern and Southeastern Europe. *Forestry* 84(5): 479-491.
- Doniță N., Popescu A., Paucă-Comănescu M., Mihăilescu S., Biriș I.-A., 2005. *Habitatele din România*. Editura Tehnică Silvică, București.
- Duduman G., 2009. Fundamentarea ecologică a calculului posibilității în pădurile tratate în codru grădinarit. Editura Universității Suceava, 300 p.
- Duduman G., Roibu C.-C., Duduman M.-L., Miron-Onciul M., 2010. The influence of competition and dimensional-spatial characteristics of trees on their radial growth in Old-Growth Slătioara forest, Romania. *AES Bioflux* 2(2): 215-230.
- Duduman G., 2011. A forest management planning tool to create highly diverse uneven-aged stands. *Forestry* 84(3): 301-314.
- FAO, 1989. Plant genetic resources: their conservation in situ for human use. Prepared in collaboration with the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), UNEP and IUCN. Rome, Italy.
- Gini C., 1912. Variabilitate și mutabilitate. Reprinted in: Pizetti E., Salvemini T. (Eds.) *Memorie di metodologica statistica*, 1955. Rome: Libreria Eredi Virgilio Veschi.
- Gini C., 1921. Measurement of inequality and incomes. *The Economic Journal* 31: 124-126.
- Grudnicki M., 2002. Ciuperci parazite și saprofite pe rasinoase în Codrul Secular Slătioara. „Mediul și cooperarea transfrontiera - TRANSECO 2002”, Suceava, pp. 137-143.
- Guo Q.F., Kelt D.A., Sun Z.G., Liu H.X., Hu L.J., Ren H., Wen J., 2013. Global variation in elevational diversity patterns. *Scientific reports* 3, 3007, DOI: 10.1038/srep03007.
- Halpern C.B., Spies T.A., 1995. Plant species diversity in natural and managed forests of the Pacific Northwest 1,2. *Ecological Applications* 5(4): 913-934.
- Harrison D.A., Sin H.-P., 2006. What is diversity and how should it be measured? In: Konrad A.M., Prasad P., Pringle, J.K. (Eds.), *Handbook of workplace diversity*. SAGE Publication Ltd., London, UK, 555 p.
- Helms J.A., (Ed.), 1998. *The dictionary of forestry*. Society of American Foresters, Bethesda, MD, USA.
- Ivan Doina, 1979. *Fitocenologie și vegetația Republicii Socialiste România*. Editura Didactică și Pedagogică, București, 332 p.
- Keyes C.R., Teraoka E.K., 2014. Structure and composition of old-growth and unmanaged second-growth riparian forests at Redwood National Park, USA. *Forests* 5: 256-268.
- Klinka K., Chen H.Y.H., Wang Q., de Montigny L., 1996. Forest canopies and their influence on understory vegetation in early-seral stands on West Vancouver Island. *Northwest Sci.* 70: 193-200.
- Klopcic M., Boncina A., 2011. Stand dynamics of silver fir (*Abies alba* Mill.)-European beech (*Fagus sylvatica* L.) forests during the past century: a decline of silver fir? *Forestry* 84(3): 259-271.
- Lexerød N.L., Eid T., 2006. An evaluation of different diameter diversity indices based on criteria related to forest management planning. *Forest Ecology and Management* 222: 17-28.
- Lorenz M.O., 1905. Methods of measuring the concentration of wealth. *Publication of the American Statistical Association* 70(9): 209-219.
- Lundqvist L., 2004. Stand development in uneven-aged sub-alpine *Picea abies* stands after partial harvest estimated from repeated surveys. *Forestry* 77(2): 119-129.
- Noss R.F., 1990. Indicators for monitoring biodiversity: A hierarchical approach. *Conservation Biology* 4: 355-364.
- O'Hara K.L., Hasenauer H., Kindermann G., 2007. Sustainability in multi-aged stands: an analysis of long-term planter systems. *Forestry* 80(2): 163-181.
- Pașcovschi S., Leandru V., 1958. *Tipuri de pădure din Republica Populară Română*. Editura Agro-Silvică de Stat, București, 459 p.
- Pisică-Donose A., 1983. Cercetări fiziologice la câteva plante ierboase din „Codrul secular Slătioara”. *Anuarul muzeului județean Suceava, Fascicula Științele Naturii VII*: 215-228.
- Popa I., 2002. Elaborarea de serii dendrocronologice pentru molid, brad și gorun cu aplicabilitate în dendroclimatologie și dendroecologie. *Anale ICAS* 45: 237-250.
- Qian H., Ricklefs R.E., 2007. A latitudinal gradient in large-scale beta diversity for vascular plants in North America. *Ecology letters* 10(8): 737-744.
- Seghedin T.G., 1970. Rezervațiile naturale, cunoașterea și protecția lor în județul Suceava. *Studii și comunicări, Lucrările sesiunii științifice pentru ocrotirea naturii în județul Suceava* 6-7, VI: 7-14.
- Seghedin T.G., 1983. *Rezervațiile naturale din Bucovina*. Editura Sport-turism, București.
- Shannon C.E., 1948. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal* 27: 379-423 (July) and 623-656 (October).
- Staudhammer C. L., LeMay V. M., 2001. Introduction and evaluation of possible indices of stand structural diversity. *Canadian Journal of Forest Research* 31(7): 1105-1115.
- Stohlgren T.J., 2007. *Measuring plant diversity – lesson from the field*. Oxford University Press, 389 p.
- Ștefureac T.I., 1941. Cercetări sinecologice și sociologice asupra Briofitelor din Codrul secular Slătioara (Bucovina). *Analele Academiei Române, memoriile secției științifice*, s. III, t. 16, mem. 27, 197 p.
- Ștefureac T.I., 1965. *Rezervația „Codrul secular Slătioara”*. În: *Ghid geobotanic pentru Moldova de Nord*. București, pp. 51-65.

- Ștefureac T.I., 1970. Relicte și endemisme în flora rezervațiilor naturale din Bucovina. Studii și comunicări, Lucrările Sesiunii Științifice pentru Ocrotirea Naturii în județul Suceava, 6-7, VI: 21-39.
- Tănase C., 2001. Macromycetes Species From the Natural Reserve „Slătioara Secular Forest” (Suceava County). Acta Horti Botanici Bucurestiensis 29: 99–107.
- Teodosiu M., 2012. Structura și dinamica arboretelor de molid din ecosistemele Rezervației Giumalău. Rezumatul tezei de doctorat, Universitatea Transilvania Brașov.
- Teodosiu M., 2014. Evaluarea naturalității și a structurii arboretelor în rezervațiile Pădurea Voievodeasa și Codrul Secular Loben din Obcinele Bucovinei. Bucovina Forestieră, 14(2): 173-184.
- UNCED, 1993. Multilateral Convention on biological diversity. United Nations, Treaty Series, 30619.



