

Analiza dendroecologică a regimului perturbărilor în pădurile din nordul Carpaților Orientali

Ionel Popa

1. Introducere

Structura actuală a pădurii montane naturale, respectiv eterogenitatea acesteia, este o consecință a regimului perturbărilor produse în decursul timpului. Perturbarea este definită drept un eveniment relativ discret în timp, care modifică structura ecosistemului forestier, schimbând disponibilitatea resurselor, a substratului sau a mediului fizic (Pickett și White, 1985).

Analiza inelelor anuale și a structurii pe clase de vârstă reprezintă aspecte cheie în studiul dinamicii ecosistemelor forestiere (Fritts și Swetnam, 1989; Abrams et al. 2001). Pornind de la această abordare, a fost posibilă reconstituirea dezvoltării istorice a pădurilor sub aspectul periodicității și intensității perturbațiilor, a impactului variațiilor anuale și multianuale ale factorilor climatici extremi (Foster, 1988; Abrams et al., 1995; Cherubini et al., 1996; Abrams și Orwing, 1996; Abrams et al., 2001).

Dendroecologia, prin utilizarea seriilor dendrocronologice de indici de creștere, reprezintă o abordare modernă în evaluarea structurii trecute și prezente a arboretelor (Fritts și Swetnam, 1989). Variația parametrilor inelului anual este utilizată drept indicator sintetic în reconstituirea dinamicii istorice a regimului perturbațiilor în ecosis-

temul forestier, având ca fundament reacția arborelui - cuantificată în cazul nostru prin lățimea inelului anual - la orice modificare a mediului de viață (Giurgiu, 1967, 1974; Fritts și Swetnam, 1989; Abrams et al., 1995). Modificarea structurii ecosistemului forestier sub impactul unui factor de stres (doborâturi produse de vânt, intervenții silvotehnice, atacuri de insecte etc.) este reliefată fidel de arbore prin modificarea creșterii radiale. De exemplu, o modificare a creșterii radiale cu 100 % sau mai mult, pentru o perioadă de cel puțin 15 ani, este interpretată ca fiind un răspuns la o perturbare majoră a structurii ecosistemului forestier (Lorimer, 1985; Lorimer și Frelich, 1989). Interpretarea perioadelor cu creștere radială accelerată trebuie făcută însă cu precauție, deoarece ele pot avea și o cauză climatică, de exemplu o revigorare a proceselor fotosintetice după o secetă puternică. Se consideră, în general, că efectele climatice extreme asupra creșterii arborilor sunt de scurtă durată în regiunile temperate. De asemenea, factorii perturbatori determină modificări evidente ale structurii arboretului, care nu pot fi asociate cu schimbările pe termen scurt ale parametrilor meteorologici (Payette et al., 1990; Abrams și Nowacki, 1992; Abrams et al., 1995). Inelul anual constituie o arhivă, o adevărată bază de

date, privind variația seculară și multiseclară a factorilor perturbatori, atât la nivel global, cât și mezo- și microzonal.

Metoda clasică de evidențiere a regimului perturbațiilor este analiza grafică a curbelor de creștere radială (Payette et al., 1990; Abrams et al., 1995; Popa, 2002). În vederea completării analizei grafice privind identificarea perturbărilor endogene sau exogene intervenite în ecosistemul forestier, în literatura de specialitate sunt propuse diverse metode de cuantificare a frecvenței și intensității perturbării. Una dintre cele mai uzuale, bazate pe compararea creșterilor radiale ante- și postperturbare este metoda ratelor de creștere, în două variante: metoda ratelor de creștere clasică (Lorimer, 1985; Lorimer și Frelich, 1989; Payette et al., 1990; Abrams și Nowacki, 1992; Abrams et al., 1995) și metoda ratelor de creștere modificată (Popa, 2002). Metoda ratelor de creștere propusă de Lorimer (1985) definește un eveniment de accentuare bruscă a creșterii radiale în cazul în care procentul de creștere medie este peste 25 %. Perioada luată în calcul variază de la 5 la 15 ani, în funcție de regiunea geografică și este definită ca perioada în care efectele unui eveniment climatic extrem, cum este de exemplu seceta, sunt eliminate. Utilizând drept criteriu de clasificare amplitudinea ratelor de creștere (GC), se pot defini perturbări majore - $GC\% > 100$, perturbări moderate - $GC\%$ cuprins între 50 și 100 și perturbări minore, cu $GC\%$ cuprinse între 25 și 50% (Tift și Fajvan, 1999). Nowacki și Abrams (1997) definesc o perturbare moderată ca având o accentuare a creșterii mai mare de 25 % pentru o perioadă de minim 10 ani, iar o modificare a creșterii cu peste 50 % pe o durată de cel puțin 15 ani este identificată ca fiind o perturbare majoră. Variabilitatea ridicată a creșterilor radiale estompează într-o oare-

care măsură perioadele de creștere accentuată, evidente pe curba de creștere medie. De aceea, Popa (2002) propune o variantă modificată a metodei ratelor de creștere, utilizând drept reper creșterea radială din anul de referință și nu creșterea medie anterioară.

Utilizând seriile dendrocronologice pentru molid, brad și zâmbru din nordul Carpaților Orientali s-a urmărit evidențierea regimului factorilor perturbatori, sub raportul frecvenței și al intensității, cu efecte auxologice în ecosistemele forestiere.

2. Material și metodă

2.1. Zona de studiu și prelucrarea primară a seriilor dendrocronologice

Pentru evidențierea regimului factorilor perturbatori în zona studiată, s-au elaborat un număr de 12 serii dendrocronologice în ecosisteme forestiere în care influențele antropice au fost minime (fig. 1). Cercetările s-au desfășurat în două zone reprezentative din punct de vedere al impactului factorilor de stres, respectiv al doborâturilor produse de vânt, asupra arboretelor montane, opt serii dendrocronologice fiind situate în masivul Rodna din bazinul Bistriței Aurii și patru serii de indici de creștere în bazinul Moldovei. Majoritatea arboretelor din care s-au recoltat probele de creștere sunt lipsite de intervenții antropice majore, excepție făcând arboretele din Demacușa, Putredu A, B și Bila A, în care se constată intervenția umană prin extragerea lemnului rezultat în urma doborâturilor produse de vânt.

În fiecare suprafață experimentală au fost aleși, conform principiilor dendrocronologice (Fritts, 1976; Cook și Kairiukstis, 1990; Popa, 2002; Grissino, 2003), 18-25

Tabel 1. Parametrii statistici ai seriilor dendrocronologice
Statistical parameters of dendrochronological series

Specia	Denumire sondaj	Cod serie dendrocronologică	Latitudine	Longitudine	Altitudine (m)	Lungime serie (ani)	Sensibilitate medie	Raportul semnal/zgomot
Molid	Putredu	PUTA	47°33'	24°49'	1550	1793-2000 (208)	0.14	8.32
		PUTB	47°33'	24°49'	1500	1748-2000 (253)	0.14	11.15
		PUTC	47°33'	24°49'	1500	1732-2000 (269)	0.14	7.50
	Tomnatic	TOMA	47°32'	24°51'	1650	1822-2000 (179)	0.15	10.27
		BILA	47°31'	24°55'	1500	1769-2000 (232)	0.13	9.28
	Bila	BILB	47°31'	24°55'	1600	1831-2000 (170)	0.13	9.74
		BILC	47°31'	24°52'	1650	1818-2000 (183)	0.14	8.09
		GIUA	46°26'	25°26'	1300	1738-2000 (263)	0.17	12.39
Slătioara	SLAA	47°27'	25°38'	1300	1753-2000 (248)	0.15	7.41	
	Brad	SLAB	47°27'	25°38'	830	1670-2000 (331)	0.19	7.86
Brad	Demacusa	DEMA	47°39'	25°30'	1100	1670-2001 (332)	0.11	5.14
	Zâmbru	BILA	47°31'	24°52'	1650	1672-2000 (329)	0.15	6.88

2.3 Metoda separării semnalelor

Pentru evidențierea efectului acțiunii factorilor perturbatori asupra formei curbei de creștere radială s-a aplicat metoda separării semnalelor (Popa, 2002) care are la bază un principiu fundamental al dendrocronologiei, respectiv modelul agregat al inelului anual (Graybill, 1982; Cook și Kairiukstis, 1990). Pornind de la această teoretizare a inelului anual, modelul agregat al creșterii arborilor sintetizează ansamblul complex al factorilor de mediu în patru semnale: curba de creștere biologică, semnalul macroclimatic general al zonei, perturbările endo- și exogene și zgomotul sau eroarea inerentă.

Modelul agregat al inelului anual poate fi redat sintetic astfel (Cook și Kairiukstis, 1990):

$$R_t = A_t + C_t + \gamma D_{1t} + \gamma D_{2t} + E_t$$

unde:

R_t - lățimea inelului anual în anul t ;

A_t - relația creștere-vârstă determinată

de procesele fiziologice normale de îmbătrânire;

C_t - semnalul climatului general comun pentru toți arborii dintr-o anumită zonă geografică - variația macroclimatului;

D_{1t} - perturbările locale de natură endogenă cu origine în procesele de competiție inter- și intraspecifică caracteristică ecosistemelor forestiere;

D_{2t} - perturbările locale de natură exogenă cauzate de factori cu originea în afara arboretului cum ar fi atacurile de insecte, înghețuri târzii sau timpurii;

E_t - variabilitatea interanuală neexplicată, denumită zgomot;

g - variabilă binară (0 sau 1) care exprimă prezența sau absența unei perturbări locale de origine endo- sau exogenă.

Exprimarea într-o formă liniară a parametrilor inelului anual facilitează analiza conceptuală a fiecărei componente din model. Ipoteza liniarității și independenței componentelor modelului nu este întotdeauna verificată, cunoscut fiind faptul că unele proprietăți ale inelului anual sunt multiplicative (Fritts, 1976). De altfel, prin transformări adecvate, relațiile neliniare se pot liniariza, seria de creșteri fiind, astfel,

intrinsec, un proces liniar. Acceptând aceste ipoteze de liniaritate și independență, modelul oferă un instrument eficient de identificare și separare a diferitelor tipuri de influențe. Semnalele A_t , C_t și E_t sunt prezente în orice serie de creștere, iar D_{1t} și D_{2t} pot fi sau nu prezente în funcție de existența unor perturbări în anul t .

Procesul A_t este un proces nestaționar, care reflectă constrângerile geometrice privind adăugările de volum prin creșterea radială a trunchiului. În cazul în care acest tip de limitare este principala sursă a acestui semnal, forma generală a trendului A_t este exponențială, diminuându-se în raport cu vârsta. Acest tip de curbă este caracteristică arborilor care vegetează în teren liber, unde competiția inter- și intraspecifică sunt minime. În acest caz semnalul indus de vârstă poate fi modelat și separat prin intermediul modelelor matematice deterministice, prin netezirea curbei de creștere cu o funcție matematică. Însă, cel mai frecvent, influența strictă a vârstei asupra creșterii radiale este distorsionată datorită competiției și perturbărilor inerente ecosistemelor forestiere.

Semnalul C_t reprezintă influența climatului general - macroclimatul - respectiv impactul tuturor variabilelor climatice asupra creșterii radiale a arborilor, mai puțin parametrii climatici asociați cu perturbările endo- și exogene. Acesta este comun pentru toți arborii dintr-o anumită zonă ecologică sau geografică.

Răspunsul arborelui la perturbări locale de origine endogenă este cuantificat de D_{1t} . Acest tip de perturbare este determinat de factori legați de caracteristicile vegetației, independente de condițiile de mediu, fiind consecința dezvoltării arboretului prin care dispariția unui arbore dominant are efect numai asupra arborilor vecini și nu în tot arboretul. Acest tip de dezvoltare a arbore-

tului prin „goluri” determină diferite tipuri de variații ale lățimii inelului anual. De asemenea, practicile silviculturale, respectiv lucrările silvotehnice reprezentate de rărituri selective, tăieri de regenerare cu efecte locale pot constitui o sursă de perturbări endogene reliefate în semnalul D_{1t} . O proprietate importantă a acestui tip de perturbări este dată de caracterul aleatoriu, atât spațial, cât și temporal, nefiind posibilă corelarea semnalului D_{1t} de la un arbore cu cel de la un alt arbore din același arboret.

Perturbările exogene sunt determinate de factori de mediu, exteriori arboretului și independenți de acesta, fiind cuantificat în semnalul D_{2t} . Perturbările exogene pot fi de natură climatică: vânturi puternice, înghețuri târzii sau timpurii, chiciură sau de natură non-climatică reprezentat de incendii, atacuri de insecte, intervenții silvice sistematice etc. Diferențierea dintre perturbările endogene și cele de natură exogenă este dată de sincronizarea temporală și spațială a celor exogene. Semnalul D_{2t} este prezent la majoritatea arborilor din cadrul arboretului afectat de perturbare.

Un ultim semnal cuprins în modelul agregat al inelului anual este reprezentat de zgomot - E_t - care constituie varianța inexplicabilă, inerentă oricărui proces natural. Ea este determinată fie de variații reduse ale condițiilor de mediu, de gradienti hidrologici și ai caracteristicilor solului, de erori de măsurare etc. E_t se consideră a fi independent atât spațial, cât și temporal.

Acest model conceptual, bazat pe principiul modelului agregat liniar, permite descompunerea seriei de creștere într-un semnal deterministic, ca urmare a influenței pure a vârstei (A_t), două semnale stocastice comune (C_t și D_{2t}) și două semnale, de asemenea stocastice, singulare (D_{1t} și E_t). Separarea diferitelor semnale cuprinse în

inelul anual se realizează prin standardizare, adică prin transformarea seriei de creștere, exprimată în funcție de lățimea inelului anual sau alt parametru, în serie de indici relativi. Precizia și valabilitatea rezultatelor, aplicând modelul agregat al creșterii arborilor în separarea diferitelor influențe ale factorilor de mediu, depinde foarte mult de strategia de alegere și amplasare a suprafețelor de probă, a arborilor de sondaj. Prin metode de sondaj adecvate este posibilă minimizarea unui anumit semnal și maximizarea altuia.

Pornind de la acest concept al separării semnalelor s-a procedat la eliminarea influenței vârstei prin aplicarea unei funcții de standardizare exponențială negativă sau liniară (Fritts, 1976; Cook și Kairiukstis eds., 1990; Cook et al., 1997; Popa, 2002), obținându-se seriile de indici primari care includ atât semnalul de înaltă frecvență (C_t , D_{1t} și E_t), cât și cel de joasă frecvență, asociat cu perturbațiile majore (D_{2t}). Întrucât ecosistemele studiate sunt lipsite practic de intervenții antropice sub raportul lucrărilor silvotehnice de tipul tăierilor de regenerare, singurul factor perturbator cu impact asupra structurii arboretului sunt doborâturile produse de vânt.

În vederea eliminării influenței vârstei asupra seriilor de creștere radială s-a procedat la standardizarea acestora, bazată pe modelul agregat al inelului anual (Cook și Kairiukstis, 1990; Popa, 2002), prin intermediul unei funcții exponențiale negative sau liniare, prin intermediul programului ARSTRAN (Cook et al., 1997), obținându-se serii de indici primari de creștere.

Punerea în evidență a regimului perturbărilor, identificat în cazul seriilor de indici de creștere primari cu un semnal de joasă frecvență, s-a realizat prin metoda analizei grafice a seriilor individuale și medii coroborate (Popa 2002).

3. Rezultate

Analiza grafică a dinamicii creșterilor radiale la nivel de arbore permite identificarea atât a modificărilor structurale determinate de factori perturbatori cu acțiune locală, cât și a perturbărilor majore care afectează întreg ecosistemul. Analiza dinamicii istorice a structurii locale a arboretului necesită cercetări complexe de analiză dendroecologică (Payette et al., 1990; Cherubini et al., 1996), corelate cu distribuția pe clase de vârste a arborilor, dinamica în timp a regenerărilor. Însă printr-o strategie adecvată de selecție a arborilor de sondaj (Popa, 2002) este posibilă surprinderea perturbărilor majore reliefate în seria de creștere radială medie prin perioade de accentuare bruscă a proceselor auxologice (fig. 2, 3).

Suprafața experimentală din masivul Putredu A face parte dintr-un ecosistem tipic de limită, supus acțiunii antropice prin pășunat intensiv. Atât curbele de creștere radială individuale, cât și cea medie au o alură tipică arborilor dezvoltați în condiții de concurență redusă, cu un trend general exponențial negativ distorsionat de un semnal de înaltă frecvență cu determinare climatică. Totuși, se identifică o perioadă de accentuare bruscă a proceselor auxologice la nivelul anului 1893, perturbare prezentă la majoritatea arborilor din sondaj. Rărirea puternică a arboretului ca urmare a intervențiilor antropice în perioada 1989-1993 susținută prin vechimea și numărul cioatelor din arboret este confirmată prin puseul auxologic din deceniul următor. În cazul seriei dendrocronologice din suprafața Putredu B se observă două episoade de modificare semnificativă a structurii arboretului cu efecte auxologice majore: unul în jurul anului 1824, iar cel de-al doilea cu originea în anul 1860, perioada de accelerare a

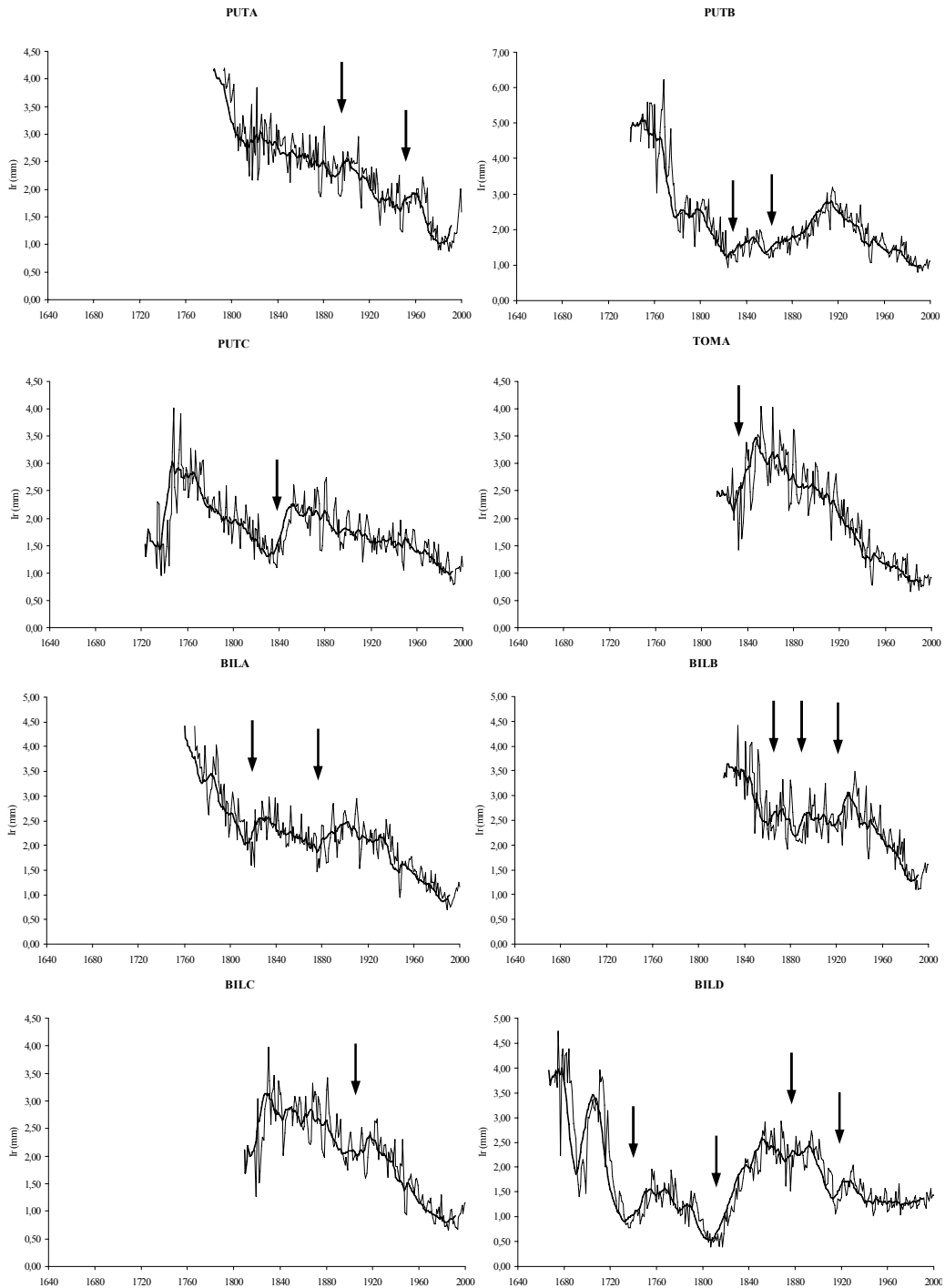


Fig. 2. Dinamica creșterilor radiale sub impactul factorilor perturbatori pentru seriile de creștere din Munții Rodnei
Dynamics of radial growth over disturbance factors for growth series from Rodna Mountains

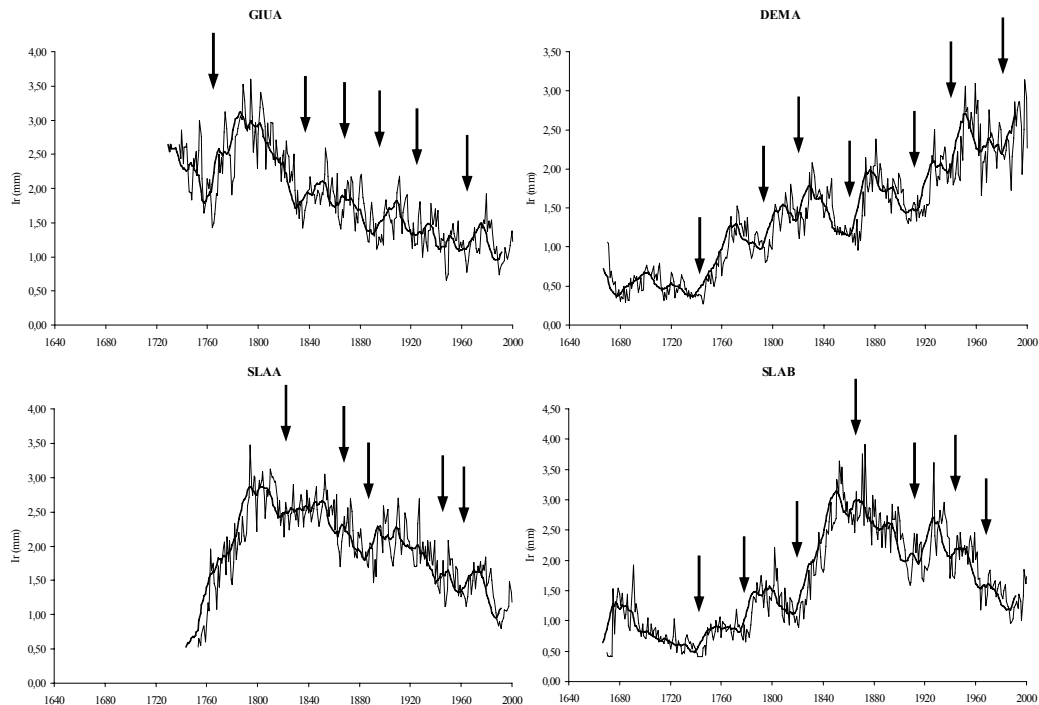


Fig. 3. Dinamica creșterilor radiale sub impactul factorilor perturbatori pentru seriile de creșteri din bazinul Moldovei
Dynamics of radial growth over disturbance factors for growth series from Moldova watershed

creșterii în diametru prelungindu-se până în anul 1910. Ecosistemul forestier actual din Putredu C este caracterizat prin prezența unui etaj superior (10-15 % din numărul total de arbori), format din arbori dominanți cu vârste de peste 250 de ani și un etaj inferior majoritar reprezentat de arborii cu vârste de 150-160 de ani. Apariția acestui etaj este confirmată de curba de creștere medie și este datorată unei doborâri produse de vânt în intervalul 1838-1843. Peste 80 % din arborii din sondaj au anul minim la 1,30 m în jur de 1850-1853, confirmând ipoteza rării puternice a arboretului la jumătatea secolului al XIX-lea, ca urmare a unei catastrofe eoliene. Posibilitatea intervenției antropice este exclusă, datorită inaccesibilității terenului, panta depășind 50-60°, arboretul fiind și în

prezent neafectat de măsurile silvotehnice. Poziționarea pe versanți cu expunere diferită a arboretelor cercetate în masivul Putredu nu a permis evidențierea unei corelații între perioadele de acțiune a factorilor perturbatori.

Suprafața din masivul Tomnatic realizează o trecere între seriile dendrocronologice din Putredu și Bila, fiind situată pe un versant adăpostit, cu risc redus la doborâri produse de vânt, lucru sesizabil și din forma curbei medii de creștere radială.

În cadrul masivului Bila, modul de amplasare a sondajelor, prin distribuirea lor pe ambii versanți ai bazinului superior al pârâului Bila, a permis o analiză complexă a dinamicii istorice a acțiunii factorilor perturbatori asupra structurii ecosistemelor forestiere. Se remarcă, în cadrul seriilor

BILA, BILB și BILC, perturbările din anii 1820, 1880 și 1920. Seria medie a creșterilor radiale pentru zâmbu (BILD) constituie imaginea fidelă și completă a istoriei regimului acțiunii factorilor de risc - în cazul de față reprezentați de doborâturile produse de vânt - din bazinul Bila, interesante sub aspectul efectelor fiind episoadele din anii 1699, 1736-1746, 1814-1817 și 1915.

Spre deosebire de ecosistemele forestiere din bazinul Bistriței Aurii, în cele din bazinul Moldovei se remarcă o frecvență mai mare a modificărilor structurale cu efecte auxologice semnificative, determinate de factori perturbatori. Astfel, în cazul arboretului din bazinul Demacușa, la brad se identifică aproximativ opt doborâturi majore în decurs de trei secole, produse la intervale aproximativ egale, de 35-40 de ani. Se remarcă, ca intensitate și durată, perioadele de creștere accelerată din anii 1745-1772, 1794-1814, 1825-1831, 1867-1881, 1913-1927, 1940-1951, 1964-1970. În cazul seriei de creștere din Codrul Secular Giumalău (GIUA) se identifică mai multe astfel de perioade de creștere accentuată brusc, cea mai evidentă fiind în jurul anilor 1760, când o doborâtură a pus în lumină brusc semințișul de 20-30 de ani existent. În Codrul Secular Slătioara se observă un regim identic al perturbațiilor la molid și brad, remarcându-se cele din anii 1740, 1777, 1820, 1865, 1890, 1964. Interesantă este perioada de reactivare bruscă a creșterii după 1945-1947, foarte evidentă la molid, având determinare climatică.

Eliminarea influenței vârstei prin standardizare primară determină o accentuare a alternanței perioadelor cu creștere accelerată cu perioade de reducere a acesteia. Perturbările identificate în cazul seriilor de creștere sunt evidențiate mult mai bine în

cazul indicilor primari. Analiza comparativă a semnalelor extrase permite stabilirea prin interdatare a unor evenimente eoliene cu efecte catastrofale, ele afectând toate seriile dendrocronologice.

O astfel de perturbare este cea din anii 1815-1820, prezentă cu o intensitate mai mare sau mai mică, la toate seriile dendrocronologice analizate, având în unele cazuri efecte majore asupra landşaftului forestier (BILB, BILC). În masivul Putredu, prin aplicarea metodei separării semnalelor, sunt evidențiate pe de o parte perturbările observate în cazul seriilor de creștere radială, fiind reliefate în același timp o suită de perturbări minore cu efecte auxologice pe perioade limitate la 5-10 ani (1795, 1820, 1860, 1893). În cazul arboretului din masivul Tomnatic, prin eliminarea semnalului deterministic reprezentat de vârstă (At), este pusă în evidență revitalizarea proceselor auxologice după seceta din anii 1945-1948 (fig. 4-5).

Seriile de indici de creștere primari permit analiza detaliată, în dinamică, a efectelor doborâturilor produse de vânt în bazinul superior al Bilei. Pornind de la seria dendrocronologică pentru zâmbu, cea mai veche perturbare majoră este identificată în anul 1699, fiind cel mai vechi eveniment eolian identificat în zona studiată. Acesta, prin modificarea structurii ecosistemului forestier determină, prin punerea în lumină, o accelerare a dezvoltării semințișului de zâmbu până în anul 1715-1720. Ca urmare a accentuării concurenței specifice, urmează un deceniu de reducere progresivă și continuă a ritmului de creștere radială. În jurul anului 1737 o doborâtură foarte puternică determină o modificare semnificativă a structurii arboretului, având drept efect o relansare bruscă a proceselor auxologice care se menține o perioadă de peste 20 de ani. Este posibil ca această doborâtură să fi

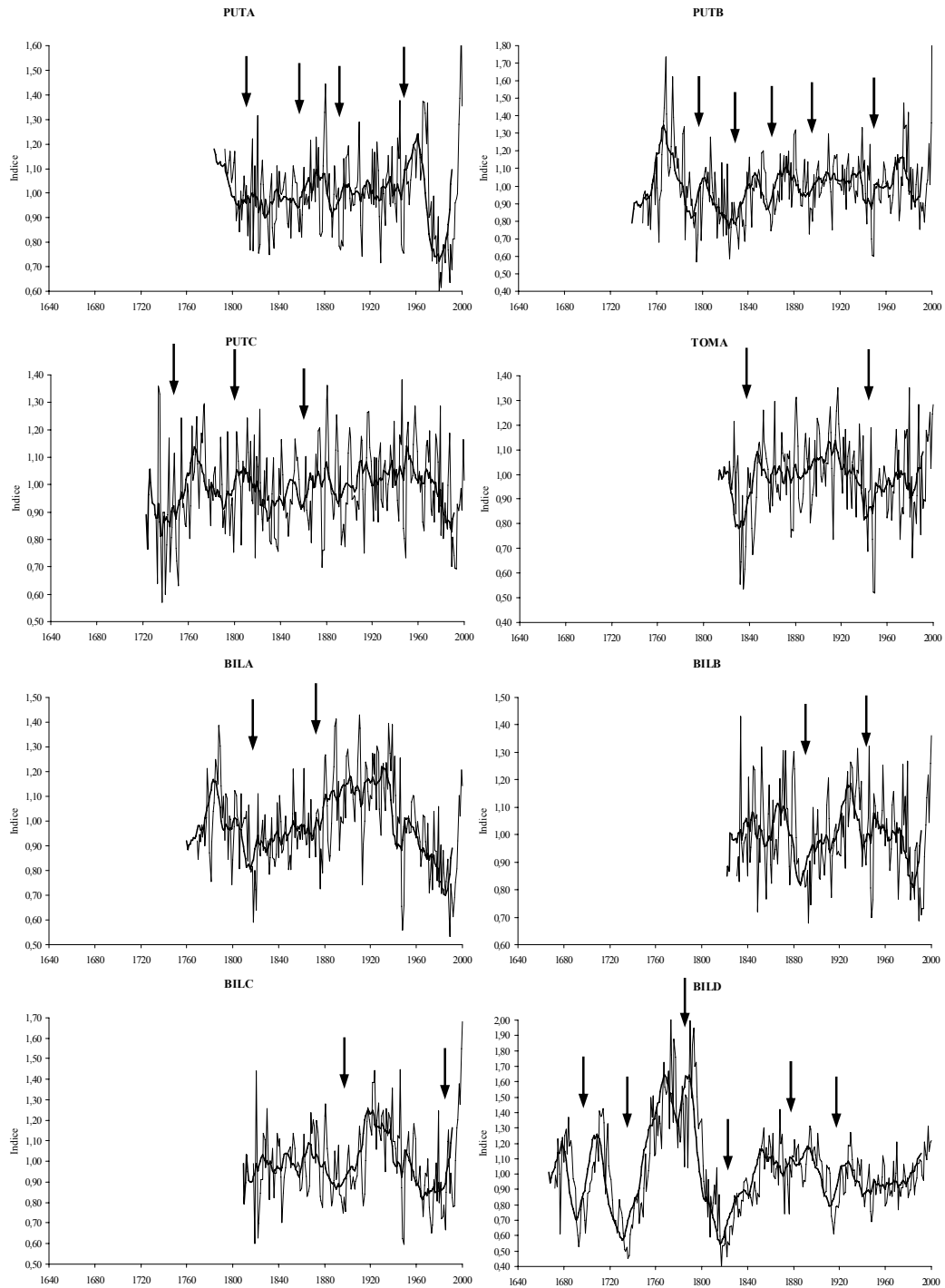


Fig. 4. Dinamica seriilor de indici primari sub impactul factorilor perturbatori din Munții Rodnei
 Dynamics of primary growth index over disturbance factors for dendrochronological series from
 Rodna Mountains

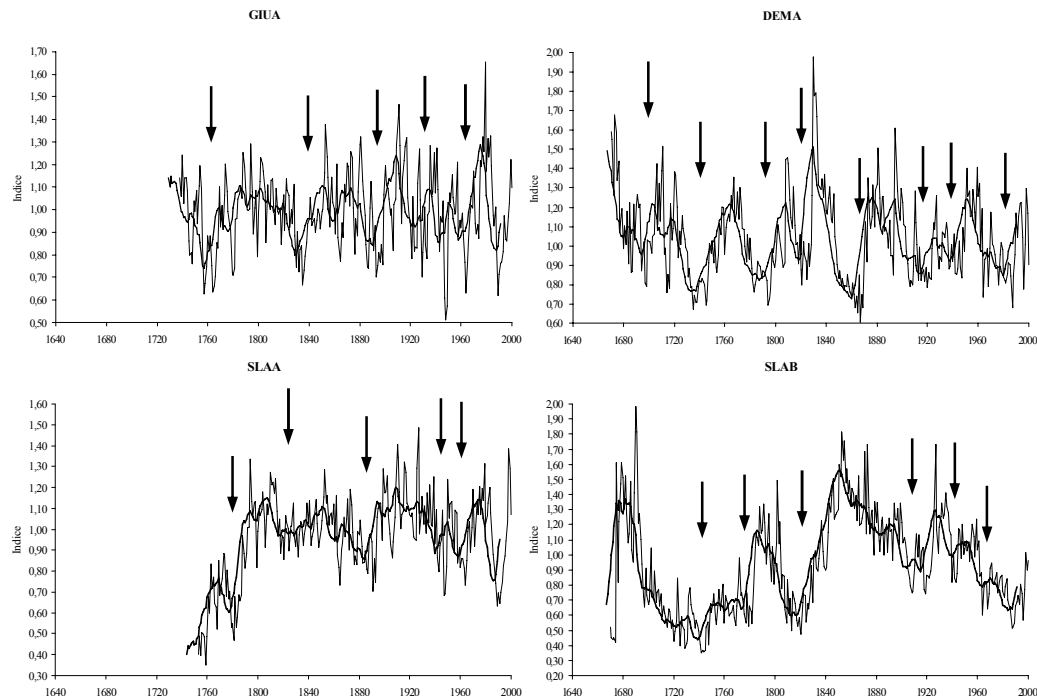


Fig. 5. Dinamica seriilor de indici primari sub impactul factorilor perturbatori din bazinul Moldovei
Dynamics of primary growth index over disturbance factors for dendrochronological series from
Moldova basin

determinat și apariția arboretului de pe versantul opus BILA, lungimea maximă a seriilor de creștere individuale identificate în zonă fiind în jurul anului 1769. Evenimentul eolian care a determinat modificări majore ale landşaftului forestier din zonă este cel din anul 1817-1820, având drept consecință o accelerare a creșterii etajului de zâmbru din BILD, apariția arboretului de molid de pe același versant (BILC) și a celui de pe versantul opus (BILB). Amprenta auxologică a acestei doborâturi este observată și în seriile dendrocronologice din bazinul Moldovei (GIUA, SLAA și DEMA), fiind foarte evidentă în cazul bradului din Codrul Secular Slătioara (SLAB).

O altă perioadă cu activitate eoliană foarte activă este cea din anii 1880-1890 identificabilă în semnalul din seria GIUA, SLAA, BILB, PUTB. Această doborâtură

este menționată și în analele vremii, fiind datată în 26 iunie 1885 în Moldova de nord (Fischer, 1899, citat de Ichim, 1988).

4. Discuții și concluzii

Doborâturile produse de vânt reprezintă principalul factor perturbator al ecosistemelor forestiere din nordul Carpaților Orientali (Barbu și Cenușă, 1987; Ichim, 1990; Popa, 2001) cu efecte semnificative pe plan economic și ecologic (Geambașu, 1979; Barbu, 1985; Popa, 2001). Impactul acestui factor de stres este evidențiat mai ales prin modificarea majoră a structurii arboretului, având drept consecință imediată creșterea bruscă a spațiului fotosintetic al arborilor rămași. Această modificare a

structurii ecosistemului forestier are consecințe directe asupra proceselor auxologice și, în principal, a creșterii radiale. În general, o accentuare bruscă a creșterii în înălțime sau în diametru apare în cazul unei expuneri la o lumină mai intensă, după ce inițial a fost într-un sistem concurențial puternic (Lorimer, 1980). De asemenea, există o corelație directă între intensitatea perturbării și ritmul de accelerare a creșterii radiale.

Studiile referitoare la dinamica structurii ecosistemelor forestiere sub impactul factorilor perturbatori oferă informații relevante pentru fundamentarea strategiilor de management durabil a pădurilor montane. Utilizând tehnicile de dendroecologie s-a reușit, în baza unei rețele de serii dendrocronologice, evidențierea regimului perturbărilor în pădurile montane din nordul Carpaților Orientali.

Prin intermediul ambelor metode de analiză grafică aplicate - a seriilor de creștere radială, respectiv a seriilor de indici de creștere primari obținuți prin metoda separării semnalelor - s-a identificat un regim diferit al factorilor perturbatori, mult mai activ în bazinul Moldovei decât în cel al Bistriței Aurii. Acest ritm diferit de manifestare a doborâturilor produse de vânt - considerate ca fiind principalul factor perturbator al structurii arboretelor cu efecte auxologice evidente - poate fi explicat parțial și prin tipul ecosistemelor incluse în sondaj. În cazul seriilor din munții Rodnei este vorba în principal de ecosisteme de limită cu vulnerabilitate medie sau scăzută la vânt, spre deosebire de cele din bazinul Moldovei, care sunt afectate frecvent de doborâturi produse de vânt.

Interesantă este perturbarea din jurul anului 1815-1820, prezentă la toate seriile cu o intensitate mai mică sau mai mare. Foarte evidentă este în cazul seriei de zâm-

bru - BILD, arborii reacționând foarte puternic printr-o creștere radială accelerată pe o durată de 40 de ani. Factorul perturbator cel mai probabil este o doborâtură produsă de vânt cu efecte catastrofale, perioada manifestării factorului perturbator coincidând cu perioada instalării arboretului din seria BILB din același masiv. Această perturbare majoră poate fi identificată clar și în cazul seriilor din Codrul Secular Giupalău, Codrul Secular Slătioara (atât la molid, cât și la brad), respectiv Demacușa (DEMA) la brad. Seriiile dendrocronologice din bazinul Moldovei prezintă o frecvență mult mai mare a perturbărilor, fiind identificate aproximativ opt doborâturi majore în decurs de trei secole în cazul seriei din Demacușa, produse la intervale aproximativ egale de 35-40 de ani. În cazul seriei de creștere din Codrul Secular Giupalău (GIUA), se identifică mai multe astfel de perioade de creștere accentuată brusc, cea mai evidentă fiind în jurul anilor 1760, când o doborâtură a pus în lumină brusc seminișul de 20-30 de ani existent. Alte perturbări semnificative sunt cele din 1890 și 1947-1948, ultima având drept cauză posibilă o revigorare a creșterii radiale ca urmare a secetei din perioada anterioară. Cea mai veche perturbare clară identificată se remarcă în seria pentru zâmbru - BILD - datând din anul 1730-1735.

Abordarea prin metode de dendrocronologie a dinamicii structurale a ecosistemelor forestiere deschide noi direcții de analiză și interpretare a relațiilor factor perturbator - structură - procese auxologice. Tehnicile dendroecologice privind dinamica auxologică, la nivel temporal și spațial, coroborate cu modificările structurale, reprezintă fundamentul metodologic al cercetărilor de reconstituire a evoluției istorice a ecosistemelor și landșaftului forestier.

Bibliografie

- Abrams, M.D., Copenheaver, C.A., Black, B.A., van de Gevel, S., 2001. Dendroecology and climatic impacts for a relict, old-growth, bog forest in the Ridge and Valley Province of central Pennsylvania, USA. *Can. J. Bot.* 79:58-69
- Abrams, M.D., și Nowacki, G.J., 1992. Historical variation in fire, oak recruitment, and post-logging accelerated succession in central Pennsylvania. *Bull. Torrey Bot. Club*, 119:19-28
- Abrams, M.D., Orwing, D.A., 1996. A 300-year history of disturbance and canopy recruitment for co-occurring white pine and hemlock on the Allegheny Plateau, USA. *Journal of Ecology* 84: 353-363
- Abrams, M.D., Orwing, D.A., Demeo, T.E., 1995. Dendroecological analysis of successional dynamics for a presettlement-origin white-pine-mixed-oak forest in the southern Appalachians, USA. *Journal of Ecology*, 83: 123-133
- Barbu, I., 1985. Doborâturile produse de vânt - o abordare ecosistemică. Manuscris I. C. A. S., 20 p.
- Barbu I., Cenușă, R., 1987. Asigurarea protecției arboretelor de molid împotriva doborâturilor și rupturilor de vânt și zăpadă, I.C.A.S. Seria II, București, 72 p.
- Cherubini, P., Piussi, P., Schweingruber, F.H., 1996. Spatiotemporal growth dynamics and disturbances in a subalpine spruce forest in the Alps: a dendroecological reconstruction. *Canadian Journal of Forestry Research* 26:991-1001
- Cook, E.R., Holmes, R.L., Bosch, O., Grissino, M.H.D., 1997. International tree-ring data bank program library. <http://www.ngdc.noaa.gov/paleo/treering.html>. Accesat în 2002.
- Cook, E.R., Kairiukstis, L.A. (eds.), 1990. *Methods of dendrochronology. Applications in the environmental sciences.* Kluwer. 394 p.
- Douglass, A.E., 1941. Crossdating in dendrochronology. *Journal of Forestry* 39:825-831.
- Foster, D.R., 1988. Disturbance history, community organization and vegetation dynamics of the old-growth Pisgah Forest, south-western New Hampshire, USA. *Journal of Ecology* 76: 105-134.
- Fritts, H.C., 1976. *Tree rings and climate*, Academic Press. London. 567 p.
- Fritts, H.C., Swetnam, T.W., 1989. Dendroecology, a tool for evaluating variations in past and present forest environments. *Adv. Ecol. Res.* 19: 111-188.
- Geambașu, N., 1979. Cu privire la influența doborâturilor de vânt din etajul molidișurilor asupra microreliefului. *Revista Pădurilor* 3: 147-149.
- Giurgiu, V., 1967. Studiul creșterilor la arborete. Ed. Agro-silvică. București. 322 p.
- Giurgiu, V., 1974. Cercetări privind variația ciclică a creșterilor la arbori. *Studii și cercetări. I.C.A.S.*, vol. XXX: 261-275.
- Graybill, D.A., 1982. Chronology development and analysis. In Hughes, M.K., Kelly, P.M., Pilcher, J.R. (eds.), *Climate from tree rings*, Cambridge University Press. :21-28.
- Grissino, M.H.D., 2003. Principles of dendrochronology. <http://web.utk.edu/~grissino/principles.htm>. Accesat în 2003.
- Holmes, R.L., 1983. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree Ring Bulletin* 43:69-75.
- Ichim, R., 1988. *Istoria pădurilor și silviculturii din Bucovina*. Ed. Ceres. București, 216 p.
- Ichim, R., 1990. *Gospodărirea rațională pe baze ecologice a pădurilor de molid*. Ed. Ceres. București, 196 p.
- Lorimer, C.G., 1980. Age structure and disturbance history of a southern Appalachian virgin forest. *Ecology*. 61:1169-1184.
- Lorimer, C.G., 1985. Methodological considerations in the analysis of forest disturbance history. *Canadian Journal of Forestry Research* 15: 200-213.
- Lorimer, C.G., Frelich, L.E., 1989. A method for estimating canopy disturbance frequency and intensity in dense temperate forests. *Canadian Journal of Forestry Research* 19:651-663
- Nowacki, G.J., și Abrams, M.D., 1997. Radial-growth averaging criteria for reconstructing disturbance histories from presettlement-origin oaks. *Ecol. Monogr.* 67:225-249
- Payette, S., Filion, L., Delwaide, A., 1990. Disturbance regime of a cold temperate forest deduced from tree-ring patterns: the Tantara Ecological Reserve, Quebec. *Canadian Journal of Forestry Research* 20:1228-1241
- Pickett, S.T.A., White, P.S. (eds.), 1985. *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Academic Press. Orlando, p. 1-13.
- Popa, I., 1999. Aplicații informatice utile în cercetarea silvică. Programul CAROTA și progra-

- mul PROARB. Revista Pădurilor 2: 41-42.
- Popa, I., 2001. Modele de stabilitate pentru arbori și arborete. Teză de doctorat. Universitatea Ștefan cel Mare. Suceava. 309 p.
- Popa, I., 2002. Elaborarea de serii dendrocronologice pentru molid, brad și gorun cu aplicabilitate în dendroclimatologie și dendroecologie. Referat științific final. I.C.A.S. Câmpulung Moldovenesc, 131 p.
- Tift, B.D., Fajvan, M.A., 1999. Red maple dynamics in Appalachian hardwood stands in West Virginia. Canadian Journal of Forestry Research 29:157-165.

Keywords: disturbance, dendroecology, tree rings, windthrow

Summary

Dendroecological analysis of disturbance regime in forests from the North of Eastern Carpathian

The present structure of natural forest ecosystems from the North of Eastern Carpathian, his heterogeneity, is the results of the historic disturbances. The wind damage represent the most important disturbance factor in these forests, with significant impacts on growth process through the modification of the spatial stand structure. The effects of the disturbance factor on the growth process is visible by a high acceleration of growth over more than 10 years.

Using the tools of dendroecology, respectively the graphical analysis of radial growth and primary growth index, obtained by the separation of signal, was possible to establish the disturbance regime in forest from the North of Eastern Carpathians. In Rodna Mountains windthrow frequency is lower than in Moldova basin, where we can see a major disturbance at every 35-40 years.

Interesting is that the windthrow from 1815-1820 is preset in all dendrochronological series, more or less intensive, having a great impact on the landscape of superior basin of Bila, determining the appearance of the stands from BILB and BILC and a high destructuration of stone pine ecosystem from BILD. Other important disturbance are from 1880-1890, very evident in the dendrochronological series from GIUA, SLAA, BILB, PUTB. This disturbance, assimilated with a windthrow, was mentioned in historic books dated in 26 June 1885 in the North of Eastern Carpathians.

Autorul. Dr. ing. Ionel Popa - cercetător principal III, activează în cadrul Stațiunii Experimentale de Cultura Molidului, Calea Bucovinei 73, 5950 Câmpulung Moldovenesc, jud. Suceava. E-mail: popa.ionel@icassv.ro.