

ACADEMIA ROMÂNĂ
Instutul de Biologie București
UNIVERSITATEA TRANSILVANIA DIN BRAȘOV
Scoala Doctorala Interdisciplinara

REZUMAT
TEZĂ DE DOCTORAT

**Structura si auxologia unor paduri virgine din Muntii
Semenic, Muntii Retezat, Muntii Fagaras si Muntii
Penteleu**

Conducători științifici:
Acad. Octavian POPESCU

CS I dr.ing. Nicolae Ovidiu BADEA
Membru corespondent al Academiei Române

Doctorand
Ing. Șerban Mihai CHIVULESCU

BUCUREȘTI

2019

Cuprins

LISTA DE ABREVIERI	1
INTRODUCERE.....	2
1. SCOPUL ȘI OBIECTIVELE CERCETĂRILOR.....	2
2. METODA ȘI MATERIALUL DE CERCETARE.....	3
2.1. Localizarea cercetărilor	3
2.2. Metodologia de cercetare.....	3
3. REZULTATE OBȚINUTE.....	5
3.1. Analiza structurii arboretelor virgine cercetate	5
3.1.1. Structura arboretelor virgine în raport cu diametrul.....	5
3.1.2. Legătura dintre diametru și înălțimea arborilor.....	6
3.1.3. Structura arboretelor în raport cu volumul arborilor	8
3.2. Analiza auxologică a arboretelor virgine cercetate	9
3.2.1. Structura arboretelor în raport cu creșterea în diametru.....	9
3.2.2. Variația creșterilor radiale în raport cu diametrul arborilor	9
3.2.3. Serii dendrocronologice	10
3.1. Descrierea fazelor de dezvoltare identificate în cuprinsul arboretelor virgine cercetate.....	11
3.4. Biodiversitatea structurală, lemnul mort și aspecte privind biomasa și stocul de carbon ale acestuia din suprafețele de cercetare permanente virgine	12
3.4.1. Analiza biodiversității structurale. Curba Lorenz, indicii de testare a biodiversității structurale Camino și Gini.....	13
3.4.2. Estimarea biomasei supraterane și a stocului de carbon a lemnului mort.....	14
4. CONCLUZII	15
BIBLIOGRAFIE	17

LISTA DE ABREVIERI

ASAS – Academia de Științe Agricole și Silvice

INCDS Marin Drăcea – Institutul Național de Cercetare Dezvoltare “Marin Drăcea”

OS – Ocol Silvic

SCP – suprafața de cercetare permanentă

ua – unitate amenajistică

UP – unitate de producție

INTRODUCERE

În trecut, teritoriul actual al României era ocupat în proporție de aproximativ 80% de păduri, suprafața aproximativă cu 2000 de ani î. Hr. fiind de 18-19 milioane de hectare (Giurgiu, 2013). Cu toate că, intervențiile antropice au generat diminuarea considerabilă a suprafețelor ocupate de pădurile virgine, țara noastră deține aproximativ două treimi din suprafața totală a pădurilor virgine/cvasivirgine ale Europei – cu excepția Rusiei (Reininger,1997, Giurgiu, 2013, Chivulescu et al., 2014). Aceste structuri unice au o importanță deosebită în gestionarea pădurilor, iar prin cercetarea lor se poate înțelege mai bine dinamica pădurilor naturale și procesele ecosistemice care au loc în cadrul acestora (Wirth et al., 2009; Visnjic et al., 2013, Petrișan et al., 2015).

Dacă în România există suprafețe apreciabile de păduri virgine / cvasivirgine aceasta se datorează, în primul rând, strădaniilor oamenilor de știință, al silvicultorilor români care, în condiții vitrege, au propus și întreprins măsuri necesare pentru dănuirea în spațiul nostru geografic a acestui patrimoniu natural de excepție, arhetipuri, ceea ce în alte țări nu s-a făcut la timpul oportun (Giurgiu, 2012, 2013). Păstrarea și protejarea, în țara noastră, a acestor structuri unice în Europa s-a realizat cu mari eforturi ale personalităților silviculturii românești (Petre Antonescu, Alexandru Borza, Emil Pop și I. Popescu Zeletin).

Este cunoscut faptul că pădurile virgine au un potențial imens de cercetare și de aceea necesită exploatarea la maximum oportunitatea de a avea încă păduri virgine pe teritoriul țării noastre. Istoria ne-a arătat că pierderea ariilor naturale, din cauza industrializării și a altor activități antropice, a dus la o schimbare majoră a climei și a pierderii diferitelor valori materiale și spirituale, ireversibil. Acum, omul încearcă să reconstruiască și să păstreze aceste valori, imitând natura, principalele scopuri fiind acelea de a conserva ultimele păduri virgine rămase și de a studia aceste principii perfecte de funcționare a acestora, în vederea creării unor ecosisteme cât de cât asemănătoare.

1. SCOPUL ȘI OBIECTIVELE CERCETĂRILOR

Cercetările prezentate în această lucrare au o însemnătate deosebită și sunt de un real interes pentru preocupările actuale și de viitor ale silviculturii românești, europene și internaționale. Acestea au drept *scop* cunoașterea legităților de funcționare a ecosistemelor forestiere virgine în vederea dezvoltării și perfecționării mecanismelor de gestionare durabilă a lor.

Obiectivul principal al cercetărilor constă în cunoașterea pădurilor virgine, din punct de vedere structural și auxologic, pentru a putea oferi soluții ecologice și modele structurale specifice de gestionare durabilă a pădurilor, în general.

Obiectivele specifice ale cercetărilor se referă în principal la:

1. Analiza structurii arboretelor virgine și dinamica acestora;
2. Cunoașterea legităților auxologice specifice arboretelor virgine cercetate și legătura acestora cu condițiile de mediu;
3. Delimitarea și analiza fazelor de dezvoltare specifice pădurilor virgine;
4. Determinarea volumului de lemn mort și a nivelului de degradare a acestuia;

2. METODA ȘI MATERIALUL DE CERCETARE

2.1. Localizarea cercetărilor

Suprafețele de cercetare permanente (SCP) au fost amplasate în zone reprezentative pentru pădurile virgine de pe teritoriul României (Fig. 1) fiind amplasate în zone diferite (Munții Semenic, Munții Retezat, Munții Făgăraș și Munții Penteleu), diversificate din punct de vedere al caracteristicilor staționale și de vegetație ale arboretelor, considerate ca nefiind influențate de activitățile antropice și care prezintă caracteristici structurale specifice pădurilor virgine.

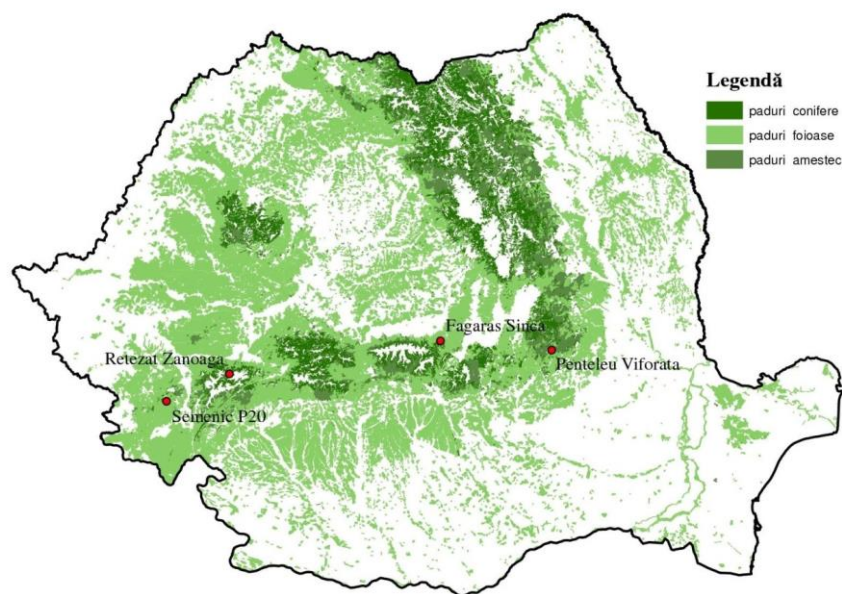


Fig. 1. Localizarea suprafețelor de cercetare pe harta acoperirii cu vegetație forestieră a României (EEA, 2000).

2.2. Metodologia de cercetare

În cadrul arboretelor selectate, s-au amplasat suprafețe de cercetare permanentă, cu mărimea de 1 ha, în care s-au inventariat toți arborii cu diametrul de bază mai mare de 80 mm.

Pentru **determinarea creșterii radiale**, pentru toți arborii au fost prelevate probe cu ajutorul burghiului Pressler. Pentru cercetările dendrocronologice au fost recoltate câte 40 de probe de creștere

pe întreaga durată ontogenetică a arborilor. În cazul suprafeței de cercetare permanentă Penteleu – Viforâta, au fost recoltate probe de creștere, pentru întreaga durată de viață, de la toți arborii din cuprinsul acesteia. Pentru măsurarea probelor de creștere radială s-a utilizat programul de măsurare a lățimii inelelor anuale bazat pe tehnici de analiză de imagine CooRecorder 7.4. Verificarea calității interdatării s-a realizat cu ajutorul aplicației informatice COFECHA (Holmes, 1983; Cook et al., 1997), iar pentru standardizarea seriilor de creștere s-a utilizat programul ASTRANwin (Cook și Krusic, 2006). Analiza și reprezentarea grafică a seriilor dendrocronologice s-a realizat cu ajutorul pachetelor dplR și detrendeR din cadrul programului Rstudio (Bunn, 2008, Campelo, 2012) pentru o perioadă comună de cel puțin 5 probe.

Analiza și caracterizarea **structurii arboretelor** cercetate s-a realizat cu ajutorul metodelor specifice (Giurgiu, 1979), realizându-se astfel principalele distribuții (în raport cu diametrul, cu înălțimea, clasa de calitate, poziția cenotică etc.). Pentru ajustarea distribuțiilor experimentale s-au folosit funcții teoretice precum: Beta, Gamma, exponențială, Weibull și Normală.

Determinarea volumului s-a realizat prin aplicarea metodei ecuației de regresie bifactorială pentru volumul arborilor bazată pe stabilirea curbei înălțimilor în raport cu diametrul arborilor (Giurgiu, 2004).

În vederea determinării **creșterii în volum** s-a utilizat *metoda bazată pe o singură inventariere și pe probe de creștere radială extrase de la arbori nedoborâți* (Giurgiu, 1979, Leahu, 1994, Badea 2008, Chivulescu et al, 2016). Această metodă permite determinarea creșterilor în volum pe categorii de diametre în funcție de creșterile radiale obținute din probele prelevate de la arbori.

Biodiversitatea structurală a arboretelor naturale virgine este de asemenea o componentă specifică de mare importanță în ceea ce privește funcționalitatea și stabilitatea pădurilor virgine, ea fiind “rezultatul unor îndelungate și complexe procese evolutive care s-au desfășurat de-a lungul erelor geologice” (Giurgiu, 2013).

Pentru testarea omogenității structurale s-a apelat la valorile indicilor Camino și Gini, iar pentru reprezentarea grafică la Curbei Lorenz.

Pentru estimarea **cantității de biomasă uscată și a stocului de carbon din lemnul mort** s-au folosit metode diferențiate de categoria de lemn mort (pe picior sau la sol).

Ca un rezultat al proceselor evolutive din cadrul acestora, pădurile virgine au o structură dinamică (Leibundgut, 1959). Caracterizarea acestora prin intermediul **fazelor de dezvoltare** se face prin intermediul unor procedee de investigare specifice (Cenușă, 1996).

Fazele de dezvoltare au fost determinate cu ajutorul metodologiei specifice în care sunt prezentate principalele caracteristici de recunoaștere și delimitare a fazelor de dezvoltare respective (Mayer, 1976; Cenușă, 1996; Roibu, 2010)

3. REZULTATE OBȚINUTE

3.1. Analiza structurii arboretelor virgine cercetate

3.1.1. Structura arboretelor virgine în raport cu diametrul

În trecut, distribuția arborilor în raport cu diametrul a fost folosită pentru descrierea structurală a pădurilor virgine (Roibu, 2010), aceasta reprezentând un indicator de caracterizare a arboretului, care se bazează pe analiza cantitativă și calitativă a parametrilor biometrici ai ecosistemelor forestiere (Leca, 2014).

Structural, arboretele pluriene și implicit cele virgine se deosebesc de cele echine printr-o existență semnificativă a mai multor arbori din categoriile de diametre inferioare. Aceste ecosisteme primare sunt caracterizate de un echilibru dinamic între procesele de regenerare și mortalitate (numărul arborilor cu diametre mici este mare și a celor cu diametre mari este mic) realizându-se astfel, o continuitate a stării de masiv a acestor arborete.

Cele mai potrivite funcții teoretice de caracterizare a frecvențelor s-au dovedit funcțiile Beta, Gamma și Weibull (Fig. 2).

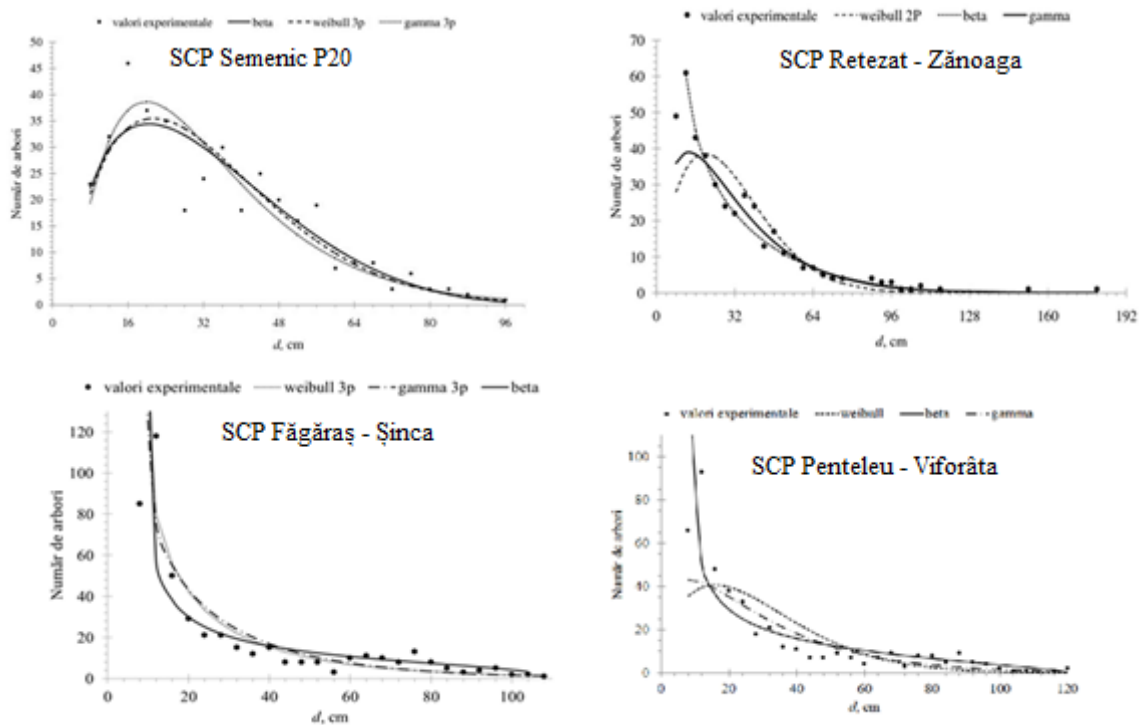


Fig. 2 Ajustarea distribuției experimentale prin aplicarea funcțiilor teoretice de repartiție Beta, Gamma și Weibull.

Diferențele existente între structurile arboretelor virgine cercetate se datorează, în mod logic, existenței fazelor de dezvoltare, caracteristice pădurilor virgine și a condițiilor de mediu care au influențat arboretelor respective de-a lungul timpului, confirmând astfel complexitatea structurală pe care o au pădurile virgine (Chivulescu et al., 2016).

3.1.2. Legătura dintre diametru și înălțimea arborilor

Relația dintre diametru și înălțime este un important element de descriere a arboretelor și a fost studiată, împreună cu intensitatea corelației și forma curbei înălțimilor de mari cercetători români din domeniul biometriei forestiere precum M. Prodan, I. Popescu-Zeletin și V. Giurgiu.

Pentru caracterizarea structurii arboretelor studiate, prin intermediul acestei relații corelative dintre diametru și înălțime, s-au măsurat principalele caracteristici ale arborilor (d și h) iar pentru trasarea curbei înălțimilor s-a folosit expresia matematică:

$$h = 1,3 + \frac{d^2}{a_0 + a_1 d + a_2 d^2 + a_3 d^3} \quad (\text{Giurgiu, 1999})$$

unde: d reprezintă diametrul arborelui

h - înălțimea arborelui

a_0, a_1, a_2, a_3 - coeficienți de regresie determinați prin calcule pe baza măsurătorilor

Pentru arboretele studiate curba înălțimilor are o formă normală, biologic motivată, care reflectă cât mai bine relația corelativă dintre diametrele și înălțimile arborilor (Fig. 3)

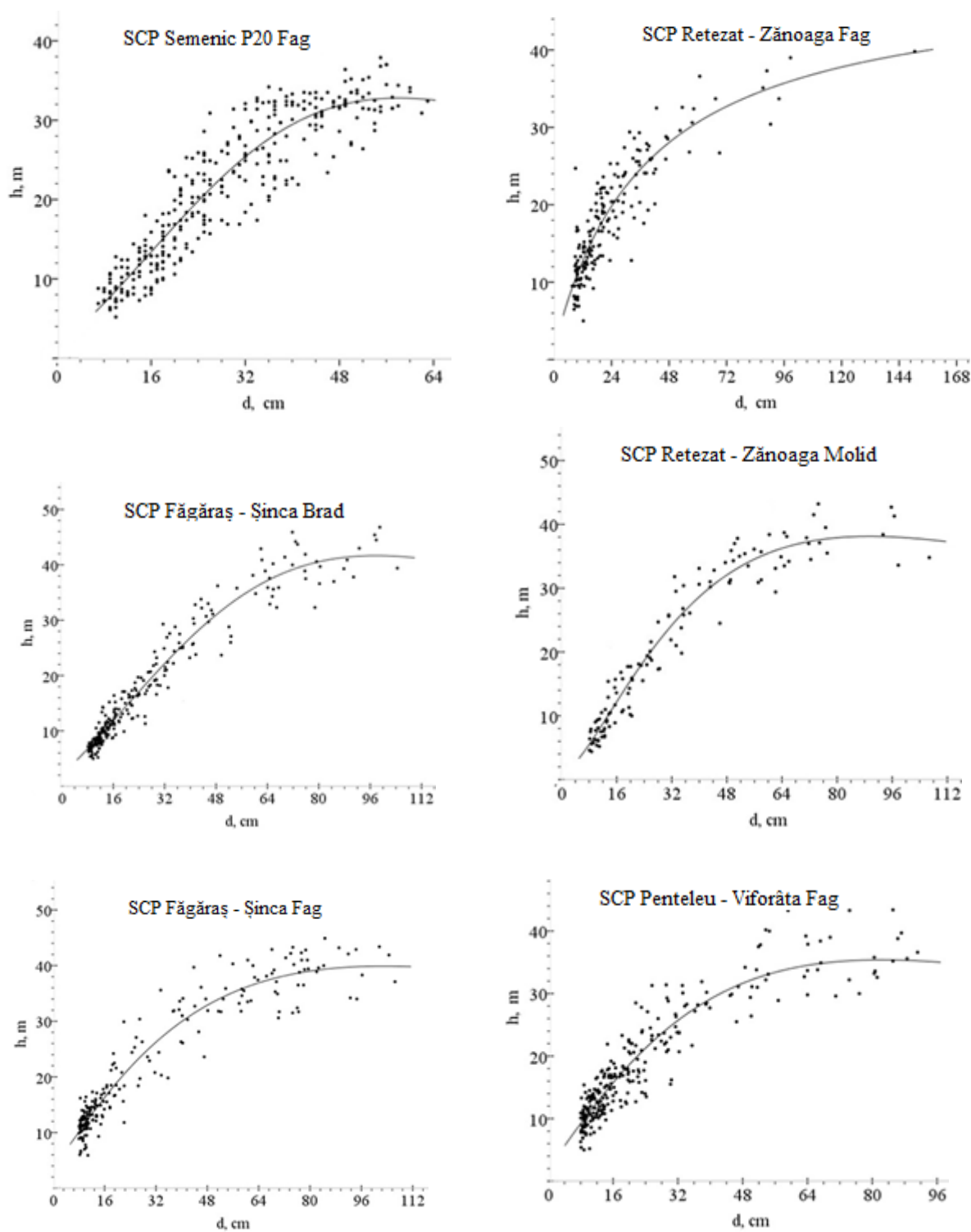


Fig. 3. Distribuția înălțimii în raport cu diametrul arborilor în suprafețele de cercetare permanente.

Strânsa legătură dintre cele două caracteristici dendrometrice (d și h), specifică arboretelor virgine, este evidențiată de valorile coeficientului de corelație (r) ($0,84 - 0,92$) confirmându-se în acest mod complexitatea acestor tipuri de ecosisteme (Tabelul 1).

Tabelul 1
Legătura corelativă dintre diametru și înălțime în arboretelor virgine studiate

Suprafața de cercetare permanentă SCP	Specia	Coefficientul de corelație r
Semenic P20	Fag	0,84
Retezat- Zănoaga	Fag	0,84
	Molid	0,84
Făgăraș-Șinca	Fag	0,92
	Brad	0,92
Penteleu-Viforâta	Fag	0,90
	Brad	0,90

3.1.3. Structura arboretelor în raport cu volumul arborilor

Comparativ cu arboretele echiene, arboretele pluriene și inclusiv cele virgine, au un volum la hectar mult mai mare, datorită prezenței arborilor de dimensiuni mari și foarte mari (Fig. 4). Proporția de participare a acestora și automat și volumul de lemn care se regăsește în arboret sunt dependente de mărimea și prezența fazelor terminale de dezvoltare a acestor arborete virgine.

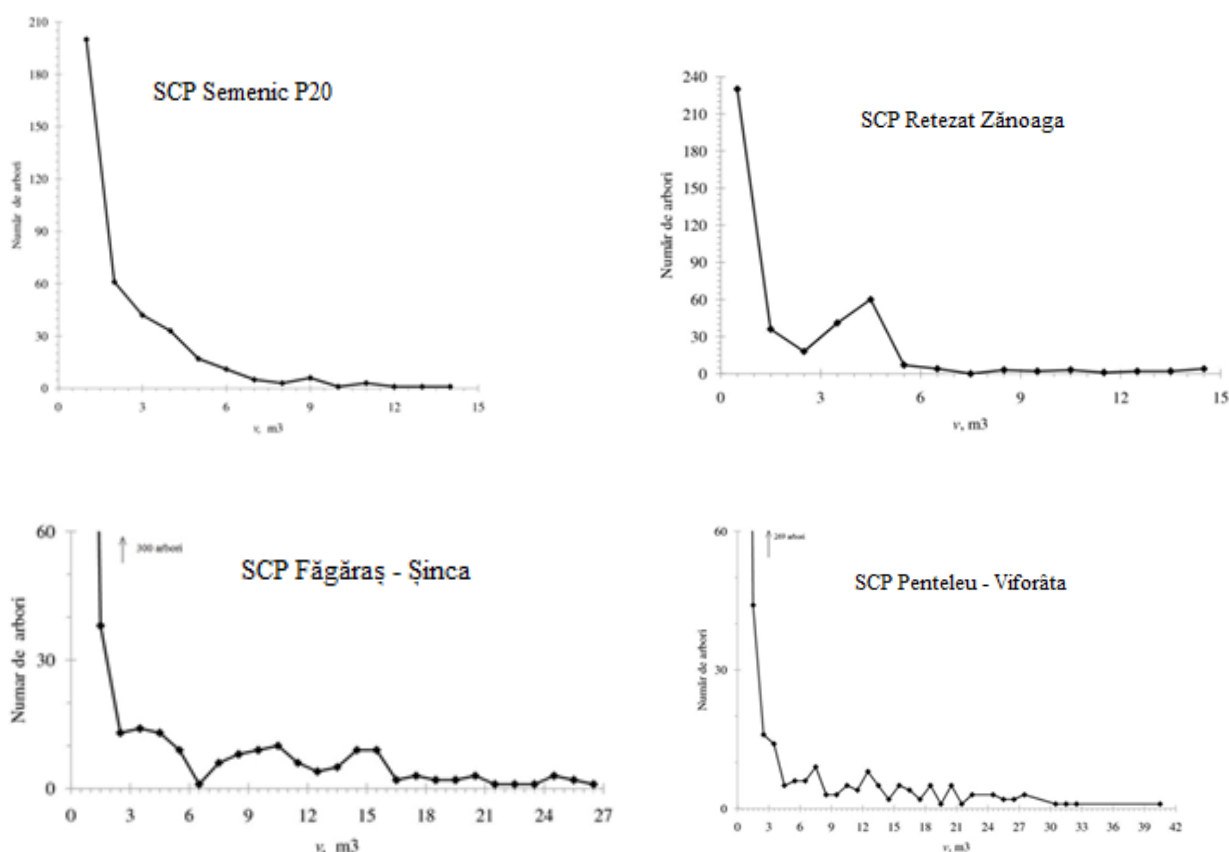


Fig. 4. Distribuția arborilor pe clase de volume în arboretele virgine cercetate.

3.2. Analiza auxologică a arboretelor virgine cercetate

3.2.1. Structura arboretelor în raport cu creșterea în diametru

Pentru caracterizarea structurii arboretelor virgine în raport cu creșterea în diametru a arborilor din cadrul suprafețelor de cercetare, s-a procedat la o stratificare a valorilor pe clase de creșteri în diametru. Astfel s-a putut observa o alură asemănătoare cu distribuțiile numărului de arbori pe categorii de diametre, de tip exponențial descrescător, cele mai multe valori înregistrându-se în categoriile inferioare de creșteri în diametru (Fig. 5) (Chivulescu et al., 2016).

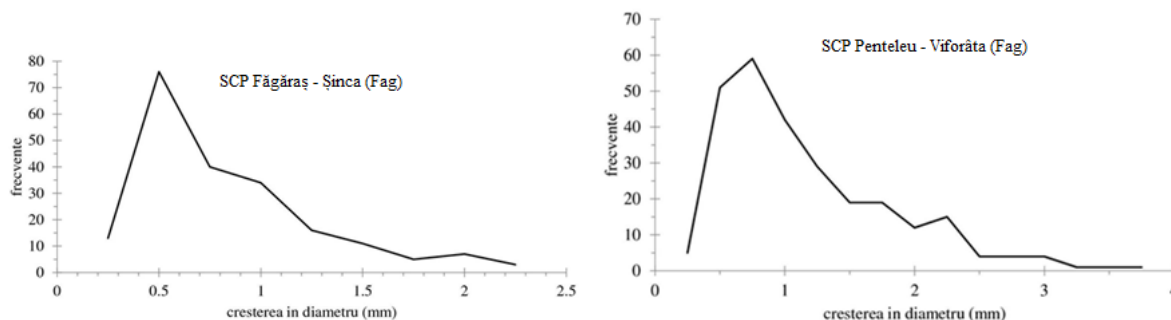


Fig. 5 Distribuția numărului de arbori pe clase de creștere în diametru.

3.2.2. Variația creșterilor radiale în raport cu diametrul arborilor

În cadrul suprafețelor de cercetare permanente se observă o variabilitate ridicată, datorată rapoartelor competiționale precum și a anumitor factori biotici sau abiotici (Leca, 2014). Astfel, valorile coeficienților de variație ai creșterii radiale, au tendință descrescătoare odată cu creșterea în diametru (Fig. 6), fapt explicabil prin aceea că rapoartele competiționale inter și intra specifice se diminuează ulterior ca efect al ocupării unor poziții stabile ale arborilor în arboret (Giurgiu, 1979; Leca, 2014).

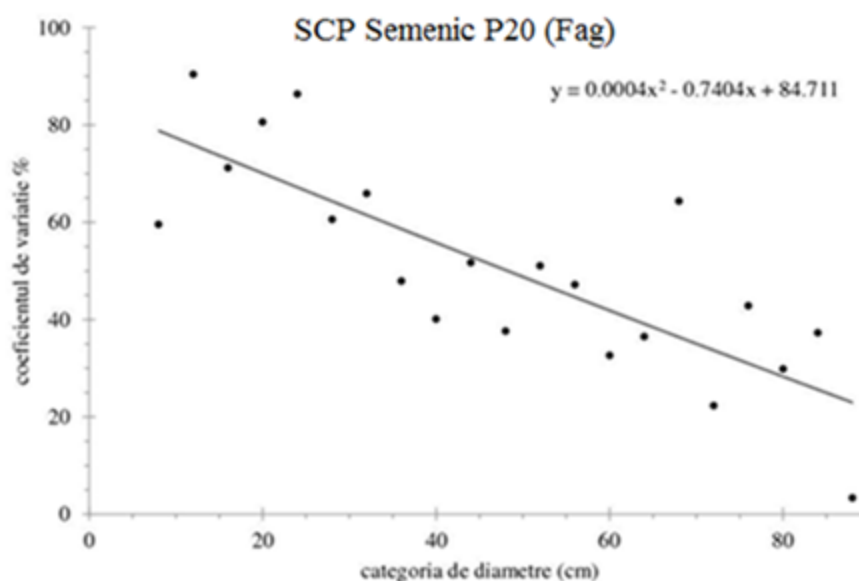


Fig.6. Distribuția coeficientului de variație al creșterii radiale în raport cu diametrul.

3.2.3. Serii dendrocronologice

În vederea elaborării seriilor dendrocronologice au fost prelevate probe de creștere radială pentru întreaga perioadă ontogenetică a arborilor, cu ajutorul burghiului Pressler, iar în urma prelucrărilor primare au fost analizate 725 probe de creștere (182 pentru specia brad, 447 pentru specia fag și 96 pentru specia molid).

În continuare s-a trecut la elaborarea a unui număr de 8 serii dendrocronologice (2 pentru specia brad, 4 pentru fag și 2 pentru molid) din cadrul celor patru suprafețe de cercetare permanente virgine, situate în zone diferite din punct de vedere geografic și climatic din Carpații Sudici (Munții Semenic, Munții Retezat, Munții Făgăraș și Munții Buzăului).

Reprezentarea grafică a acestor serii dendrocronologice s-a realizat cu ajutorul pachetelor *dplR* și *detrendeR* din cadrul programului *Rstudio* pentru o perioadă comună de cel puțin 5 probe. Pentru maximizarea raportului semnal – zgomot s-a folosit o standardizare după funcția spline (Fig. 7).

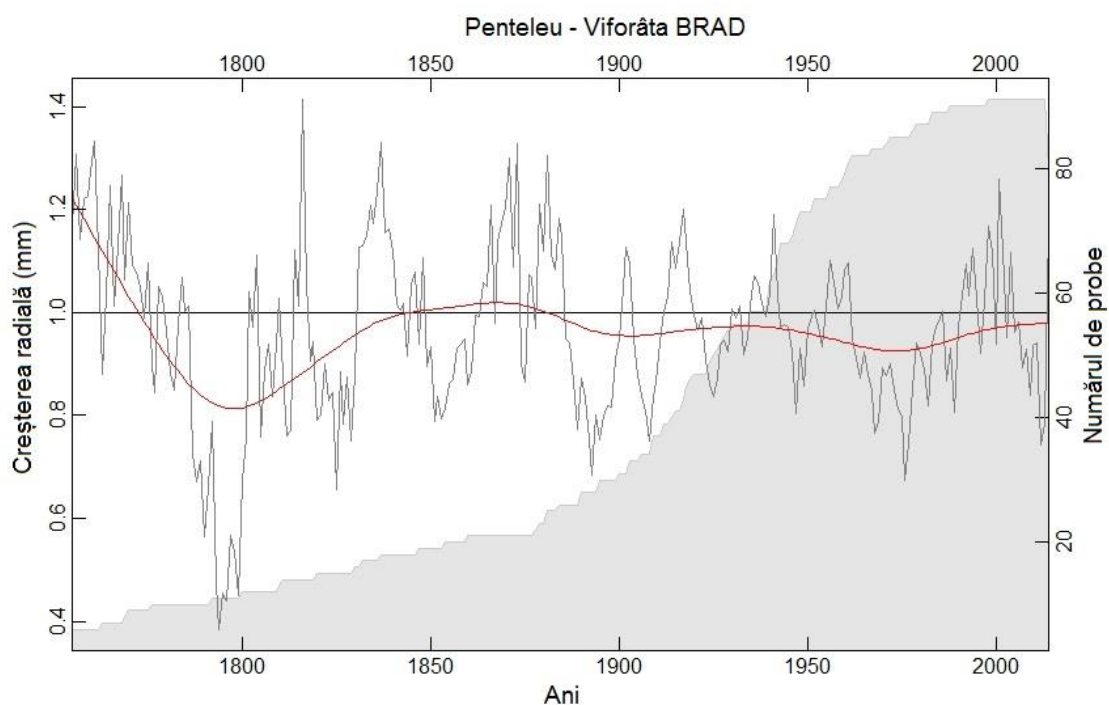


Fig. 7 Seria dendrocronologică Penteleu – Viforâta (**vifoBR**) standardizată după modelul spline (roșu).

3.1. Descrierea fazelor de dezvoltare identificate în cuprinsul arboretelor virgine cercetate

Pădurea reprezintă un sistem ecologic complex cu o structură dinamică fiind un rezultat al multiplelor procese organice și anorganice, cu o evoluție sinuoasă în timp și spațiu (Leibundgut, 1959; Cenușă, 1996; Roibu, 2013). Pornind de la această realitate, unii autori consideră că pădurile virgine au o dinamică specifică, determinată în principal de succedarea mai multor etape de evoluție (Cenușă, 1996). Pentru caracterizarea arboretelor virgine cercetate, pentru identificarea, delimitarea și descrierea fazelor de dezvoltare au fost utilizate proceduri metodologice specifice bazate pe definiția ”o fază de dezvoltare reprezintă o etapă de dezvoltare evident diferită structural în cadrul unei anumite asociații forestiere” (Cenușă, 1996).

În cadrul acestor cercetări au fost identificate și descrise fazele de dezvoltare pentru SCP Retezat – Zănoaga și SCP Penteleu – Viforâta (Fig. 8, Fig. 9).

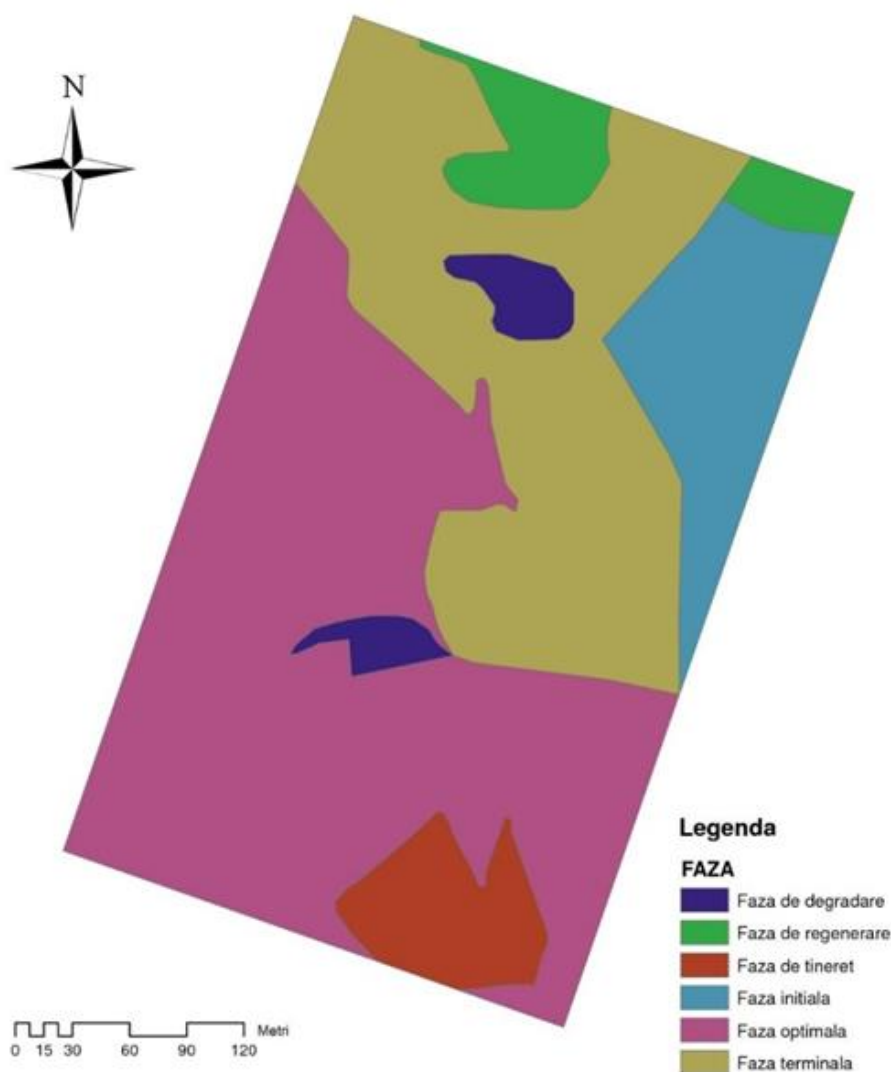


Fig. 8. Fazele de dezvoltare întâlnite și delimitate în cadrul arboretului din suprafața de cercetare permanentă Retezat – Zănoaga.

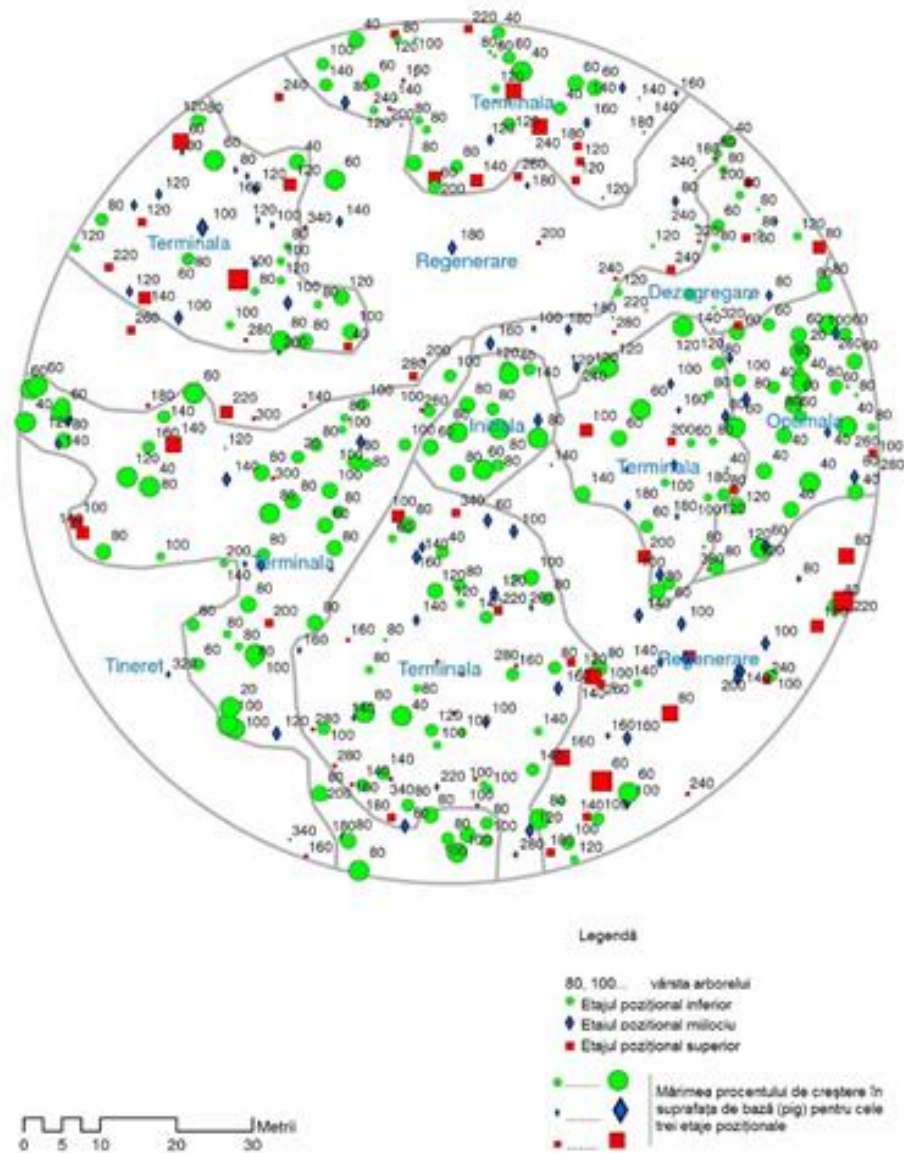


Fig. 9. Fazele de dezvoltare întâlnite și delimitate în cadrul arboretului din suprafața de cercetare permanentă Penteleu – Viforâta.

3.4. Biodiversitatea structurală, lemnul mort și aspecte privind biomasa și stocul de carbon ale acestuia din suprafețele de cercetare permanente virgine

Prezența lemnului mort în suprafețele de cercetare este consistentă, volumul acestuia având o medie de 104,461 m³/ ha. Suprafețele de cercetare fiind amplasate în zone diferite ale țării și având faze de dezvoltare ale arboretului și compoziții diferite, se poate afirma că această medie poate fi considerată reprezentativă pentru arboretele virgine, mai ales că este foarte apropiată de valorile din literatura de specialitate (Colak, 2010).

3.4.1. Analiza biodiversității structurale. Curba Lorenz, indicii de testare a biodiversității structurale Camino și Gini

Pentru testarea heterogenității arboretelor virgine studiate (Tabelul 2) s-au calculat indicii Camino (H) și Gini (G), iar reprezentarea grafică s-a realizat prin construirea curbei Lorenz (Fig. 10).

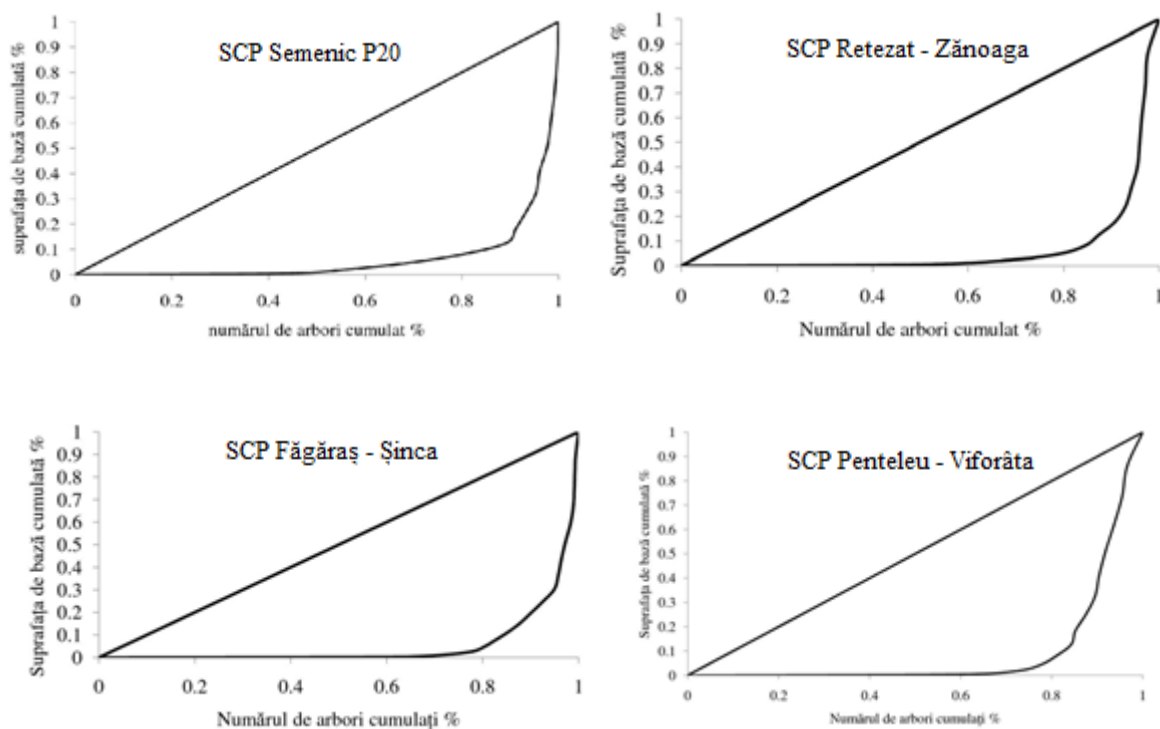


Fig. 10 Curba Lorenz.

Reprezentarea grafică indică o mare diversitate structurală, pentru toate suprafețele de probă permanente cercetate, specifică acestor tipuri de ecosisteme forestiere, suprafața dintre linia egalității și curba Lorenz fiind destul de mare, fapt demonstrat și de valorile indicelui Gini (G), care este foarte apropiat de valoare 1, valoare maximă a biodiversității.

Tabelul 2
Valorile indicilor Gini (G) și Camino (H) pentru suprafețele de probă permanentă Semenic P20, Retezat-Zănoaga, Făgăraș-Șinca și Penteleu-Viforâta

Suprafața de cercetare permanentă (SCP)	Indicele Gini (G)	Indicele Camino (H)
Semenic P20	0,88	1,73
Retezat-Zănoaga	0,88	1,71
Făgăraș-Șinca	0,70	1,66
Penteleu-Viforâta	0,84	1,74

3.4.2. Estimarea biomasei supraterane și a stocului de carbon a lemnului mort

Prezența lemnului mort este foarte importantă, în absorbția emisiilor de carbon din atmosferă (Weggler, 2012) și de aceea se impune cu necesitate estimarea stocului de carbon din lemnul mort în vederea unei gestionări durabile a pădurilor. Astfel pentru fiecare suprafață de cercetare permanentă din cadrul pădurilor virgine studiate s-a estimat stocul de carbon din lemnul mort în funcție de volumul, densitatea, biomasa supraterană și fracțiunea de carbon a lemnului mort (Tabelul 3).

Principalii indicatori utilizați pentru calculul stocului de carbon din lemnul mort existent în arboretele virgine cercetate Tabelul 3

Suprafața de cercetare	Volum (m ³ /ha)	Biomasa supraterana (t/ha)	Stoc de carbon (t/ha)
Semenic P20	48,94	17,40	8,17
Retezat - Zănoaga	97,14	30,51	14,34
Făgăraș - Șinca	148,40	26,63	12,52
Penteleu - Viforâta	123,35	24,08	11,32

Referitor la cantitatea de carbon stocată de lemnul mort este una estimativă și în cadrul cercetărilor ulterioare ar putea fi determinată mai precis dacă ar avea la bază măsurători directe.

4. CONCLUZII

Oportunitatea ca România să dispună încă de o suprafață considerabilă de păduri virgine a făcut ca cercetările efectuate, cu ocazia elaborării tezei de doctorat, să reprezinte un real progres în cunoașterea științifică a legităților de structurare și funcționare a acestor păduri, în scopul identificării de noi soluții pentru gestionarea pădurilor, în contextul manifestării tot mai accentuate a procesului schimbărilor climatice. Pe baza rezultatelor obținute în cadrul acestor cercetări se pot desprinde următoarele concluzii:

- ***Cu privire la analiza structurii arboretelor virgine cercetate***

- ✓ Informațiile obținute în suprafețele de cercetare permanente amplasate în arboretele virgine analizate s-au dovedit reprezentative și asigurate statistic pentru problematica cercetărilor întreprinse, conducând la surprinderea și fundamentarea științifică a legităților specifice de structurare și funcționare a pădurii naturale. Astfel, se confirmă distribuția de tip exponențial negativă a numărului de arbori în raport cu diametrul, potrivit căreia cei mai mulți arbori sunt situați în categoriile inferioare de diametre.
- ✓ Structura arboretelor virgine cercetate în raport cu volumul arborilor urmează, în mod legic, funcții teoretice de frecvență descrescătoare de tip Weibull cu doi și trei parametri evidențiindu-se aglomerarea unui număr mare de arbori în clase de volume inferioare comparativ cu numărul redus al arborilor groși cu volume mari.

- ***Cu privire la cunoașterea legităților auxologice specifice arboretelor virgine cercetate și legătura acestora cu condițiile de mediu.***

- ✓ Prin analiza auxologică a fost surprinsă, o legitate potrivit căreia, în raport cu creșterea în diametru, curba de distribuție are o alură descendentă, cu frecvențe mari în categoriile mici de creșteri radiale ceea ce confirmă existența în astfel de arborete a unor colectivități mari de arbori de mici dimensiuni, situați în etajul inferior, cu creșteri reduse și aflați în faza inițială.
- ✓ Variabilitatea ridicată a creșterii radiale în raport cu diametrul arborilor la nivelul întregului arboret dovedește încă o dată marea diversitate de vârste și dimensiuni ale arborilor prezenți, aflați în diferite faze de dezvoltare caracteristice acestor structuri, superioare celor specifice pădurii gospodărite.
- ✓ Valoarea seriilor dendrocronologice elaborate, dată de lungimea (de peste 227 ani), diversitatea acestora (pentru principalele specii din țara noastră) dar și de metodele moderne utilizate la prelucrarea și interpretarea datelor contribuie nemijlocit la dezvoltarea nivelului de cunoaștere acestor păduri în ansamblu .

- ✓ Identificarea spațială a diferitelor faze de dezvoltare pe suprafețe de mărimi diferite în cuprinsul arboretelor, caracteristici definitorii ale pădurilor virgine, a permis reprezentarea spațială și descrierea detaliată a fiecăreia dintre aceste faze, existând astfel posibilitatea surprinderii mecanismelor de funcționare și de structurare a acestora respectiv, a arboretelor virgine în care sunt prezente.
- **În ceea ce privește biodiversitatea structurală și biomasa în arboretele virgine studiate**
 - ✓ Arboretele virgine cercetate se caracterizează printr-un grad mai ridicat de heterogenitate, din punct de vedere structural, atât față de alte păduri virgine cât și față de pădurile pluriene gospodărite, dovedită și de rezistența acestor ecosisteme primare, caracterizate printr-un grad avansat de integritate, autoreglare, stabilitate și autoconservare, la acțiunea diferiților factori naturali.
 - ✓ Cantitatea medie de carbon stocată în lemnul mort aflat în diferite faze de descompunere (11,6 t/ha) se situează totuși sub media cunoscută în literatura de specialitate (17.0 t/ha) fapt explicabil prin aceea că în arboretele studiate lemnul mort provenit din speciile de rășinoase este preponderent iar fagul, mai puțin reprezentat, stochează o cantitate mai mare de carbon

*

*

*

Prezenta lucrare de doctorat aduce, prin rezultatele obținute cu ocazia cercetărilor efectuate, modeste contribuții în dezvoltarea cunoașterii legilor de structurare și a celor auxologice referitoare la arboretele virgine din țara noastră. Problematika structurii și creșterii pădurilor virgine din Carpații românești, continuă să rămână deschisă pentru dezvoltarea de ample și viitoare cercetări complexe inter- și transdisciplinare cu caracter fundamental care să conducă nemijlocit la cunoașterea aprofundată a legilor naturale care guvernează procesele specifice acestor sisteme biologice de mare complexitate.

Lista Publicatii :

- **Chivulescu, Ș., Leca, Ș., Silaghi, D., Cristea, V., 2018.** Structural biodiversity and dead wood in virgin forests from Eastern Carpathians. *Agriculture and Forestry*, 64 (1): 177-188
- **Chivulescu, S., Leca, S., Silaghi, D., Badea, O., 2016.** Growth of virgin forests in the Southern Carpathians. *Agriculture and Forestry*, 62 (3): 39-48. DOI:10.17707/AgricultForest.62.3.03
- **Chivulescu S., Badea O., Tomescu R., Silaghi D., Leca S., Turcu D., 2014,** *Structural features of virgin beech forests in Semenic mountains. The dynamic structure of virgin beech forest P20 Semenic between 2005-2013.*, Proc. Rom. Acad., Series B, 2014 16(2), p. 115-124.
- **Chivulescu, S., Leca, S., Silaghi, 2016:** Structura orizontala a unor arborete virgine din Carpatii Romanesti (Muntii Retezat, Muntii Fagaras si Muntii Penteleu), *Revista Padurilor*, 1-2 (2016)

BIBLIOGRAFIE

- Agnolleti, M. and Anderson, S. 2000 *Methods and Approaches in Forest History*. CABI Publishing, Wallingford, CT.
- Assmann, E., 1970. *The principles of forest yield study; studies in the organic production, structure, increment, and yield of forest stands*. Pergamon Press Oxford, New York, 506 p.
- Aubréville, A., 1938: *La forêt coloniale. Les forêts de l'Afrique Occidentale française*. Annales, Académie des Sciences Coloniales, IX. Paris, Société d'Éditions Géographiques, Maritimes et Coloniales. 244 pp.
- Badea, O., 2008. *Manual privind metodologia de supraveghere pe termen lung a stării ecosistemelor forestiere aflate sub acțiunea poluării atmosferice și modificărilor climatice*. Bucharest, Editura Silvică, 98p.
- Badea, O., Neagu, S., Bytnerowicz, A., Silaghi, D., Barbu, I., Iacoban, C., ... & Dumitru, I., 2011. Long-term monitoring of air pollution effects on selected forest ecosystems in the Bucegi-Piatra Craiului and Retezat Mountains, southern Carpathians (Romania). *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 4(2), 49.
- Barbu, I., Cenușă, R., 2001, *Regenerarea naturală a molidului, Stațiunea Experimentală de cultura Molidului, Seria: Lucrări de cercetare, Câmpulung Moldovenesc*, 238p.
- Bândiu, C., 2013, *Pădurea virgină arhetip de structurare și funcționalitate pentru pădurea cultivată, Pădurile virgine și cvasivirgine ale României, sub redacția Victor Giurgiu, Editura Academiei Române*, pp. 177-181.
- Biolley, H., 1901: *Le jardinage cultural*. *J. forestier suisse* 52: 67–104; 113–131.
- Biriș, I. A., Veen, P. (2005). *Virgin forests in Romania: inventory and strategy for sustainable management and protection of virgin forests in Romania*. *Document ICAS, Bucharest*.
- Bolea, V., 2011, *Arborii excepționali din făgeto-brădetul de la Șinca Veche (Munții Țaga, Brașov)*, *Revista de silvicultură și cinegetică*, pp.36-41.
- Brandli, U-B, et al., 2008, *Virgin Forest of Uholka: Nature Guide to the Largest Virgin Beech Forest of Europe: a UNESCO World Heritage Site*, Swiss Federal Research Institute WSL, 24p.
- Brang, P., 2005. *Virgin forests as a knowledge source for central European silviculture: reality or myth?*. *For. Snow Landsc. Res.* 79, 1/2, pp. 19 – 32.
- Bunn, A-G, 2008, *A dendrochronology program library in R (dplR)*, *Dendrochronologia*, nr. 26, pp. 115- 124.
- Bytnerowicz, A., Badea, O., Popescu, F., Musselman, R., Tanase, M., Barbu, I., ... & Postelnicu, D., 2005, *Air pollution, precipitation chemistry and forest health in the Retezat Mountains, Southern Carpathians, Romania*. *Environmental Pollution*, 137(3), 546-567.
- Calamini, G., et al., 2011, *Stand structure attributes in potential old-growth forests in the Apennines, Italy*. *Italian Journal of Forest and Mountain Environments*, nr. 66, pp. 365-381.
- Campelo, F., García-González, I., Nabais, C., 2012. *detrendeR—a graphical user interface to process and visualize tree-ring data using R*. *Dendrochronologia*, 30(1), pp.57-60.
- Centre for Environmental Data Archival (CEDA), 2014, *Climatic Research UNIT (CRU) time-series data sets of variation in climate with variations in other phenomena*
- Cenușă, R., 1996b. *Probleme de ecologie forestieră*. Editura Universității Suceava, Suceava, 165 p.
- Chapman, R.A., Heitzman, E. and Shelton, M.G. 2006 *Longterm changes in forest structure and species composition of an upland oak forest in Arkansas*. *For. Ecol. Manage.* 236, 85–92.
- Chivulescu, Ș., Badea O., Tomescu R., Silaghi D., Leca Ș., Turcu D.O., 2014. Structural features of virgin beech forests in semenic mountains. The dynamic structure of virgin beech forest p20 semenic between 2005–2013. Proceedings of Romanian Academy - Series B: Chemistry, Life Science and Geoscience 16 (2), pp.115-124**
- Chivulescu, S., Leca, S., Silaghi, D., Badea, O. (2016): Growth of virgin forests in the southern Carpathians. Agriculture and Forestry, 62 (3): 39-48. DOI:10.17707/AgricultForest.62.3.03**

- Chivulescu, S., Leca, S., Silaghi, 2016.** Structura orizontala a unor arborete virgine din Carpatii Romanesti (Muntii Retezat, Muntii Fagaras si Muntii Penteleu), Revista Padurilor, 1-2 (2016)
- Cline, A. C., Spurr, S. H., 1942. The Virgin Upland Forest of Central New England: A study of old growth stands in The Pisgah Mountain Section of Southwest New Hampshire, Harvard Forest Bulletin, No. 21
- Colak, A. H., Tokan, M., Kirca, S., 2010, Dead wood (Unseen Life on Dead), The Western Blacksea Forestry Research Institute-Bolu; Ministry of Environment and Forestry Various Publications Series Nr. 5, 108p.
- Cook, E. R., Holmes, R. L., Bosch, O. și Grissino, M. H. D. ,1997. International tree-ring data bank program library
- Cook, B. D. și Krusic, P. J. ,2006. ARSTAN 4.1_xp
- Christensen, M., Hahn, K., Mountford, E.P., Odor, P., Standovár, T., Rozenbergar, D., Diaci, J., Wijdeven, S., Meyer, P., Winter, S. and Vrska, T., 2005. Dead wood in European beech (*Fagus sylvatica*) forest reserves. *Forest Ecology and Management*, 210(1), pp.267-282.
- Diaci, J. (ed), 1999: Virgin forests and forest reserves in central and east European countries:History, present status and future development. Biotechnical Faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources, Ljubljana, Proceedings of the invited lecturers' reports presented at the COST E4 Management Committee and Working Groups meeting in Ljubljana, Slovenia, 25–28 April 1998. 171 pp.
- Diaci, J. (ed), 1999: Virgin forests and forest reserves in central and east European countries:History, present status and future development. Biotechnical Faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources, Ljubljana, Proceedings of the invited lecturers' reports presented at the COST E4 Management Committee and Working Groups meeting in Ljubljana, Slovenia, 25–28 April 1998. 171 pp.
- Dolocan, C., 2013, Cu privire la pădurile virgine și cvasivirgine din Munții Penteleu, Pădurile virgine și cvasivirgine ale României, sub redacția Victor Giurgiu, Editura Academiei Române, pp. 327-349.
- Duduman, G., 2009. Cercetări cu privire la modalitățile de stabilire a recoltelor de lemn în arboretele cu structură grădinărită. Teză de doctorat. Universitatea "Ștefan cel Mare" Suceava, 354 p.
- Duduman, G. , 2011, "A forest management planning tool to create highly diverse uneven-aged stands," *Forestry* 84(3): 301-314.
- EEA ,2000. Corine Land Cover, European Environment. Agency (EEA). Available at: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-2006-raster-2>
- EEA Raport No 2, 2013 - Adaptation in Europe. Addressing risks and opportunities for climate change in context of socio-economic developments, EEA Copenhagen 2013, Danmark, ISBN 978-92-9213-385-6, ISSN 1725-9177, doi: 10.2800/50924, 132p.
- Engler,A., 1900:Wirtschaftsprincipien für die natürliche Verjüngung der Waldungen mit besonderer Berücksichtigung der verschiedenen Standortsverhältnisse der Schweiz. *Schweiz. Z.Forstwes.* 51: 264–274; 300–310.
- Franklin, J.F., Mitchell R.J., Palik, B., 2007. Natural disturbance and stand development principles for ecological forestry. USDA Forest Service, GTR-NRS-19. 44p.
- Garcia Gonzalez, I., 2001. Weiser: a computer program to identify event and pointer years in dendrochronological series. *Dendrochronologia* 19 (2): 239-244.
- Gayer, K., 1898. Der Waldbau. vierte, verbesserte Auflage edition. Verlagsbuchhandlung Paul Parey, Berlin, Germany.
- Giurgiu, V., 1972. Metode ale statisticii matematice aplicate în silvicultură. Editura Ceres, București, 562 p.
- Giurgiu, V., 1979, Dendrometrie și auxologie forestieră. Editura Ceres, București, 691p.
- Giurgiu, V., 1988. Amenajarea pădurilor cu funcții multiple. Editura Ceres, București, 290 p.
- Giurgiu, V., 1999. Corelația între înălțimile și diametrele arborilor în arboretele echiene și pluriene din Romania, din *Silvologie* vol. II, sub redacția Victor Giurgiu, Editura Academiei Romane, București, pp. 9-64.

- Giurgiu, V., et al., 2001, Pădurile virgine din România, ASBL Foret Walolonne, Louvain la Neuve, 204p.
- Giurgiu, V., Decei, I., Drăghiciu, D., 2004, 2004. Modele matematico-auxologice și tabele de producție pentru arborete. Editura Ceres, București, 607p.
- Giurgiu, V., Decei, I., Drăghiciu, D., 2004, *Metode și tabele dendrometrice*, Editura Ceres, 575p.
- Giurgiu, V., 2012, Cu privire la pădurile virgine și cvasivirgine ale României. *Revista pădurilor*, nr. 2, pp. 53-53.
- Giurgiu, V. (sub red.), 2013, Pădurile virgine și cvasivirgine ale României, Ed. Academiei Române, 390 p.
- Giurgiu, V., 2013. Biodiversitatea pădurilor virgine și cvasivirgine ale României. Pădurile virgine și cvasivirgine ale României, redactor Acad. Victor Giurgiu, Editura Academiei Române, București, pp. 74-80.
- Göppert, H.R., 1868: *Skizzen zur Kenntnis der Urwälder Schlesiens und Böhmens*. Dresden, Blochmann & Sohn.
- Goslee K., Walker S.M., Grais. A., Murray L., Carasim F., Brown S. (2014): Technical Guidance Series: Module C-CS: Calculation for estimating Carbon Stocks. LEAF REDD: 44.
- Guiman, G., 2007, Optimizarea structurii arboretelor prin aplicarea tratamentului codrului grădinarit în fogete din Bazinul Mijlociu și Superior al Argeșului, Teză de doctorat, Universitatea Ștefan cel Mare, Suceava, 225p.
- Gurnaud, A., 1886: *La sylviculture française et la méthode de contrôle*. Besançon, Jacquin. 121pp.
- Holmes, R. L. (1983). Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-Ring Bulletin* 43: 69-78
- Ichim, R., 1968. Cercetări asupra preciziei metodelor de cubaj aplicate în arboretele de molid în raport cu variabilitatea formei arborilor, Institutul Politehnic, Brașov
- IPCC, 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4, Chapter 4, Forest Land: 83.
- Jones, E. W., 1945, The Structure and Reproduction of The Virgin Forest of The North Temperate Zone. *The New Phytologist*, 44(2), pp. 130 – 148.
- Klopčič, M., Jerina, K. and Bončina, A. 2010 Long-term changes of structure and tree species composition in Dinaric unevenaged forests: are red deer an important factor? *Eur. J. For. Res.* 129, 277–288.
- Korpel, S., 1995: *Die Urwälder der Westkarpaten*. Stuttgart, Jena, New York, Gustav Fischer. 310 pp.
- Leahu, I., 1994. *Dendrometrie*. București, Editura Didactică și Pedagogică Leibundgut, 1959
- Leibundgut, H., 1982: *Europäische Urwälder der Bergstufe: dargestellt für Forstleute, Naturwissenschaftler und Freunde des Waldes*. Bern, Stuttgart, Haupt. 308 pp.
- Mateescu, E., Sandu, I., 2015. Seceta in Romania - provocari si oportunitati de prevenire si combatere a efectelor in agricultura, din volumul: *Schimbari climatice globale. Grija pentru resurse naturale*, Editor: Cristian Hera, Editura Academiei Romane, Bucuresti, pp. 257 - 277.
- Mayer, H., 1976 a – *Europäische Literatur über Urwälder und Naturwaldreservate*. Invites Papers IUFRO World Congress Norway. Group 1.
- Mayer, H., 1976 b – *Gebirgswaldbau – Schutzwaldpflege*. Gustav Fisher Verlag Stuttgart.
- Mayer, H.; Zukrigl, K.; Schrempf, W.; Schlager, G. (eds), 1989: *Urwaldreste, Naturwaldreservate und schützenswerte Naturwälder in Österreich*, 2. Aufl. Wien, Institut für Waldbau, Bodenkundliche Universität.
- Merce O., Turcu D., Cadar N., 2009. *Jurnal - HFB, Banat's University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Timisoara*, vol. 13, pp. 318-333.
- Mlinsek, D., 1978: Brauchen wir Urwald? *Allg. Forstz.* 33: 684–686.
- Mlinsek, D., 1993: Research in virgin forests – for forestry and society. In: BROEKMEYER, M.A.E.; VOS, W.; KOOP, H. (eds) *European forest reserves. Proceedings of the European Forest Reserves Workshop, 6–8 May 1992, The Netherlands*. Wageningen, Pudoc Scientific Publishers.

- Montes, F., Sánchez, M. and Río Md, C.I., 2005 Using historic management records to characterize the effects of management on the structural diversity of forests. *For. Ecol. Manage.* 207, 279–293.
- Motta, R., Berretti, R., Dukic, V., Garbarino, M., Govedar, Z., Lingua, E., Maunaga, Z., Meloni, F., 2011. Toward a definition of the range of variability of central European mixed Fagus – Abies – Picea forests: the nearly steady-state forest of Lom (Bosnia and Herzegovina). *Can. J. For. Res.* 41, 1871–1884.
- Oszlányi, J., Grodzińska, K., Badea, O., & Shparyk, Y. ,2004. Nature conservation in Central and Eastern Europe with a special emphasis on the Carpathian Mountains. *Environmental Pollution*, 130(1), 127-134.
- Parviainen, J., Bücking, W., Vandekerckhove, K., Schuck, A. and Päivinen, R., 2000. Strict forest reserves in Europe: efforts to enhance biodiversity and research on forests left for free development in Europe(EU-COST-Action E 4). *Forestry*, 73(2), pp.107-118.
- Parviainen, J., 2005. Virgin and natural forests in the temperate zone of Europe. *Forest Snow and Landscape Research* 79 (1–2), 9–18.
- Parviainen, J., 2005. Virgin and natural forests in the temperate zone of Europe. *Forest Snow and Landscape Research* 79 (1–2), 9–18.
- Petrișan A.M., Petrișan I.C., 2005: Structure and biodiversity of a natural Silver fir – European beech forest. *International Conference, IUFRO, Australia.*
- Petritan, IC, B. Commarmot, ML Hobi, AM Petritan, C. Bigler, IV Abrudan, and A. Rigling. 2015. Structural patterns of beech and silver fir suggest stability and resilience of the virgin forest sinca in the southern carpathians, romania. *Forest Ecology and Management* 356 : 184-95.
- Pickett, S.T.A., White, P. S., 1985. *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics.* Academic Press, 472 p.
- Pintariș, K., 1959: *Urwald in Jugoslawien.* *Schweiz. Z. Forstwes.* 110: 163–168.
- Popa, I. (2004). *Fundamente Metodologice și aplicații de dendrocronologie,* Editura Tehnică Silvică, 200p.
- Popa, I., Sidor, C., 2013, *Structura spațială a unei păduri natural de limită altitudinală superioară din Munții Călimani,* sub redacția Victor Giurgiu, Editura Academiei Române, pp. 257 – 276.
- Prietzl, U., 1994, *Praxiorientiertes Verfahren zur Totholzaufnahme in Wirtschaftswaldem,* *Allgemeine Forestzeitung,* nr. 2, pp. 96-98.
- Reininger, H., 1997, *Pădurea seculară românească, arhetip pentru a silvicultură pe baze ecologice,* *Revista Pădurilor,* nr.4, pp. 92-94.
- Roibu, C., C. , 2010, *Cercetari dendrometrice, auxologice și dendrocronologice în făgetele din Podișul Sucevei aflate în limita estică a arealului,* Editura Universitara, Suceava.
- Roibu, C., C., 2013, *Dinamica structural și dendrocronologie pentru pădurea cvasivirgină "Făgetul Secular Humosul,* sub redacția Victor Giurgiu, Editura Academiei Române, pp. 277 – 309.
- Roibu C-C, 2013 (coord.) *Set up four trial markets in OGF for WWF demonstration areas, aiming to emphasis the unique values of OGF and importance of the dead trees in forest ecosystems, FY14 project.*
- Rubner, K., 1920: *Die waldbaulichen Folgerungen des Urwaldes.* *Naturwiss. Z. Forst-Landwirtschaft* 18: 201–214.
- Sandu, I., 2015. *Schimbari climatice observate si viitoare, conferinta: Ziua Mondiala a Meteorologiei cu tematica " Cunoasterea climei pentru prevenirea schimbarilor climatice,* ASAS, Bucuresti, 40p.
- Schuck,A.; Parviainen, J.; Bücking,W., 1994: *A review of approaches to forestry research on structure, succession and biodiversity of undisturbed and semi-natural forests and woodlands in Europe.* *Eur. For. Inst.Working Pap.* 3: 64 pp

- Silghi, D., 2013, Cercetări privind starea ecosistemelor forestiere din Parcul Național Retezat aflate sub acțiunea poluării atmosferice și a unor factori de stres, Teză de doctorat, Universitatea Transilvania, Brașov, 122 p.
- Smejkal G, Bândiu C, Vișoiu-Smejkal D (1995) Banater Urwülder. Mirton Verlag, Timișoara
- Stephens, M. A. (1979). Tests of Fit for the Logistic Distribution Based on the Empirical Distribution Function. *Biometrika* 66(3): 591-595
- Tomescu, R., et al, (2004-2006), Studiul factorilor de stabilitate în ecosistemele forestiere naturale, Evaluarea posibilităților de ameliorare a practicilor silvice în vederea gospodăririi durabile a pădurilor/A study of the Stability Factors in Natural Forest Ecosystems, Evaluation of the Possibilities to Ameliorate the Silvicultural Practices for the Sustainable Management of Forests, Forest Reserch and Management Institute (ICAS) Bucharest, The Ministry Of Agriculture, Forests and Rural Development, 3 volume
- Tomescu R., Târziu D. R., Turcu D. O. (2011): Importanța pentru Pădure a Lemnului Mort. *ProEnvironment/ProMediu*: 4(7).
- Tomescu R., Târziu D.R., Turcu D-O (2013): Contribuții la cunoașterea dinamicii structurii fâgetelor virgine din Rezervația Naturală Izvoarele Nerei-Semenic. In: Giurgiu V. (ed.): Păduri virgine și cvasivirgine ale României, București, Editura Academiei Române: 209-257
- Topor, N., 1964. Ani ploiosi si secetosi in Republica Populara Romania. Ed. Institutului Meteorologic, Bucuresti, 304 p.
- Turcu D-O, Ștețca IA (2006) The structure and dynamics of virgin beech forest ecosystems from “Izvoarele Nerei” Reserve—initial results. IUFRO International Conference “Beech Silviculture in Europe”, Brașov, Romania, 4–8 September 2006
- Turcu, D. O., & Stetca, I. A. (2006). The structure and dynamics of virgin beech forest ecosystems from “Izvoarele Nerei” reserve—initial results. *Andreas Bolte, Tomasz Czajkowski*, 18.
- UNFCCC (2013): Estimation of carbon stocks and change in carbon stocks in dead wood and litter in A/R CDM project activities: 23.
- Veen, P., et al., 2010, Virgin forests in Romania and Bulgaria: results of two national inventory projects and their implications for protection, *Biodivers Conserv*, nr. 19, pp. 1805-1819.
- Višnjić, Č. , Solaković, S., Mekić, F., Balić, B., Vojniković, S., Dautbašić, M., Gurda, S., Ioras, F., Ratnasingam, J., Abrudan, I.V., 2013. Comparison of structure, regeneration and dead wood in virgin forest remnant and managed forest on Grmeč Mountain in Western Bosnia, *Plant Biosyst.*, 147, pp. 913–922
- Wegglar K., Dobbertin M., Jüngling E., Kaufmann E., Thürig, E. (2012): Dead wood volume to dead wood carbon: the issue of conversion factors. *European Journal of Forest Research*, 131(5): 1423-1438.
- Westphal, C., et al., 2006, Is the reverse J-shape diameter distribution universally applicable in European virgin beech forests?, *Forest Ecology and Management*, nr. 223, pp. 75-83.
- Wirth, C., Gleixner, G., Heimann, M., 2009. Old-growth forests: function, fate and value, *Ecological Studies* 207, Springer, New York, Berlin, Heidelberg
- Zang, C., Biondi, F., 2015, treeclim: an R package for the numerical calibration of proxy – climate relationships, *Ecography*, nr. 38, pp. 431 – 436.