



Revistă tehnico-științifică editată de Societatea „Progresul Silvic”

COLEGIUL DE REDACȚIE

Redactor responsabil:

Prof. Dr. Ing. Stelian A. Borz

Membri:

Prof. Dr. Ing. Ioan V. Abrudan

Ing. Codruț Bîlea

Prof. Dr. Ing. Alexandru L. Curtu

Conf. Dr. Ing. Mihai Daia

Conf. Dr. Ing. Gabriel Duduman

Conf. Dr. Ing. Sergiu Horodnic

ISSN: 1583-7890

ISSN (Varianta online): 2067-1962

Indexare în baze de date:

CABI

DOAJ

Google Academic

SCIPPIO

CUPRINS

Ala Donica, Rodica Cojocari, Valentin Răileanu, Nicolae Grigoraș

Evaluarea impactului aridizării asupra ecosistemelor forestiere: studiu de caz în podișul de silvostepă al Nistrului.....1

Flavius Bălăcenoiu

*Reconstituirea invaziei produse de specia alogenă *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Hemiptera, Tingidae) în România.....11*

Constantin Cătălin Buștihan, Stelian Alexandru Borz

Acuratețea metodelor tradiționale folosite pentru estimarea mărimii prejudiciilor aduse arborilor.....19

Victor Sfeclă, Irina Sfeclă, Veaceslav Ghendov

**Epipactis leptochila* (Godfery) Godfery (Orchidaceae) - specie nouă pentru flora Republicii Moldova.....37*



Journal edited by the “Progresul Silvic” Society

EDITORIAL BOARD

Editor in Chief:

Prof. Dr. Stelian A. Borz

Editorial Members:

Prof. Dr. Ioan V. Abrudan

Eng. Codruț Bîlea

Prof. Dr. Alexandru L. Curtu

Assist. Prof. Dr. Mihai Daia

Assist. Prof. Dr. Gabriel Duduman

Assist. Prof. Dr. Sergiu Horodnic

ISSN: 1583-7890

ISSN (ONLINE): 2067-1962

Indexed by:

CABI

DOAJ

Google Academic

SCIPPO

CONTENTS

Ala Donica, Rodica Cojocari, Valentin Răileanu, Nicolae Grigoraș

Assessment of the aridity's impact on forest ecosystems: a case study in the Dniester forest-steppe plateau.....1

Flavius Bălăcenoiu

*Invasion of alien species *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Hemiptera, Tingidae) in Romania.....11*

Constantin Cătălin Buștihan, Stelian Alexandru Borz

Accuracy of the commonly used methods in estimating the size of mechanical damage to residual trees.....19

Victor Sfeclă, Irina Sfeclă, Veaceslav Ghendov

**Epipactis leptochila* (Godfery) Godfery (Orchidaceae) - a new species in the flora of Republic of Moldova.....37*



EVALUAREA IMPACTULUI ARIDIZĂRII ASUPRA ECOSISTEMELOR FORESTIERE: STUDIU DE CAZ ÎN PODIȘUL DE SILVOSTEPĂ AL NISTRULUI

Ala Donica^{1,*}, Rodica Cojocari², Valentin Răileanu², Nicolae Grigoraș¹

¹Institutul de Ecologie și geografie, grupul de cercetare „Ecobiologie silvică”, str. Academiei 1, municipiul Chișinău, MD-2028, Republica Moldova, e-mail: ieg@ieg.md.

²Institutul de Ecologie și geografie, laboratorul „Climatologie și riscuri de mediu”, str. Academiei 1, municipiul Chișinău, MD-2028, Republica Moldova, e-mail: ieg@ieg.md.

REPERE

- Vulnerabilitatea speciilor mezofile față de schimbările climatice este redată prin indici eco-climatici.
- Există tendințe evidente de aridizare în Podișul de silvostepă a Nistrului.
- Extinderea suprafețelor cu specii de arbori rezistente, trebuie să fie continuată.

INFORMAȚII ARTICOL

Istoricul articolului:

Manuscris primit la: 12 mai 2023

Primit în forma revizuită: 30 mai 2023

Acceptat: 30 mai 2023

Număr de pagini: 10 pagini.

Tipul articolului: Cercetare

Editor: Stelian Alexandru Borz

Cuvinte cheie:

Schimbări climatice

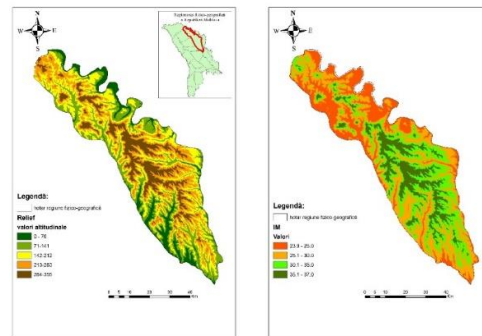
Scenarii climatice

Ecosisteme forestiere

Indici eco-climatici

Vulnerabilitate

REZUMAT GRAFIC



REZUMAT

Favorabilitatea climatică a Podișului Nistrului pentru ecosistemele forestiere a fost evaluată prin calcularea indicilor ecometrice climatici. Valorile anuale ale indicelui de ariditate indică prezența condițiilor climatice semi-umede, favorabile vegetației de silvostepă, delimitează mai multe zone de vulnerabilitate a pădurilor și stabilește tendințe clare de instalare a condițiilor climatice semi-aride, îndeosebi în perioada de vară. Valorile indicelui perioadelor uscate cresc începând cu anii '80, indicând prezența, tot mai crescută, a zilelor uscate, cu impact deosebit asupra ontogenezei plantelor. Tendințe evidente de aridizare pentru Podișului de silvostepă a Nistrului, sunt prognozate în toate cele 3 scenarii climatice (RCP 2.8, RCP 4.5 și RCP 8.5), comparativ cu perioada de referință luată în studiu (1986-2005). Astfel, cercetările științifice în domeniul managementului durabil al sectorului forestier și extinderea suprafețelor forestiere cu specii rezistente noilor condiții de mediu, trebuie să fie continuate și dezvoltate.

* Autor corespondent. Tel.: +373-79597939.

Adresa de e-mail: aladonica1980@gmail.com

1. INTRODUCERE

Schimbările climatice devin unul dintre cele mai vizibile și evidente fenomene, care generează efecte globale, regionale și locale, recunoscute prin modificările spațiale și temporale ale componentelor climatice. Este demonstrat faptul că, sub influența activităților antropice, toate componentele de mediu sunt într-o permanentă schimbare, inclusiv ecosistemele forestiere. Fiecare dintre ultimele patru decenii a fost mai cald decât orice alt deceniu care l-a precedat. Temperatura globală în primele două decenii ale secolului XXI (2001-2020) a fost cu 0,99 °C (0,84 până la 1,1 °C) mai mare decât în perioada 1850-1900. Începând cu anul 1970, schimbările din biosfera terestră au fost relaționate cu încălzirea globală: zonele climatice s-au deplasat spre poli în ambele emisfere, iar sezonul de vegetație s-a prelungit în medie cu până la două zile pe deceniu (pentru emisfera Nordică). Schimbările climatice induse de activitățile umane au impact și asupra repartiției și intensității fenomenelor meteorologice extreme cum ar fi valurile de căldură, precipitațiile abundente, secetele și ciclonii tropicali etc. Se estimează că încălzirea globală va continua să intensifice ciclul global al apei, inclusiv variabilitatea acestuia, precipitațiile globale musonice și severitatea evenimentelor umede și secetoase. Odată cu încălzirea globală, fiecare regiune va experimenta schimbări simultane și multiple ale factorilor de impact climatic [1].

Ținând cont de poziția geografică a Republicii Moldova în partea de Sud-Est a Europei unde, conform estimărilor, ritmul schimbărilor climatice este cu mult mai accelerat decât cel mediu global, se poate afirma că manifestarea acestora va avea un caracter mai pronunțat în următorii ani, comparativ cu perioadele precedente, prin modificarea regimului temperaturii și al precipitațiilor [2,3]. Impactul indus de acțiunea factorilor abiotici și biotici asupra ecosistemelor forestiere prezintă un indicator important al stării acestora. Ultimul raport din domeniu [4] indică faptul că, la nivel european, principalul factor care a afectat starea de sănătate a pădurilor a fost reprezentat de către atacurile de insecte, responsabile pentru 24,6% din simptomele de deteriorare. Cele mai intense vătămări au fost induse de către insectele defoliatoare. Factorii abiotici, au fost al doilea agent cauzal care a generat impact negativ asupra coroanei arborilor (16,2% din simptomele de deteriorare). Din acest grup, aproape jumătate din simptome (46,2%) au fost cauzate de către secetă, urmate de acțiunea zăpezii, gheții și vântului. Al treilea grup a fost reprezentat de către acțiunea vătămătoare a ciupercilor (11,8% din toate simptomele de deteriorare, incluzând ciuperca de putregai, putregaiul rădăcinilor, făinarea și alte ciuperci). Dintre acțiunile umane cu impact asupra stării de sănătate a pădurilor, se menționează vătămările apărute ca rezultat al intervențiilor silvotehnice și al exploatării forestiere neconforme. Totuși, raportul menționează și faptul că principala cauză a mortalității arborilor (conifere și foioase, anul 2021) a fost relaționată cu grupul factorilor abiotici, urmată de acțiunea insectelor, incendiilor și a ciupercilor.

Schimbările climatice, caracterizate prin creșterea temperaturii și a evapotranspirației, intensifică stresul termic și cel pluviometric pentru ecosistemele naturale. Principalele riscuri induse de schimbările climatice asupra pădurilor din partea centrală a Republicii Moldova vor consta în reducerea zonelor forestiere mezofile (arborete de fag, gorun și stejar) în favoarea pădurilor termofile de gorun cu arbori de scumpie și pășuni xerofile. Dintre speciile de amestec, carpenul și frasinul ar putea fi cele mai vulnerabile în condițiile aridizării. Se preconizează că în perioada 2021-2039 starea fitosanitară a pădurilor se va schimba în mod semnificativ (risc mediu spre ridicat) sub

influența schimbărilor climatice [5]. Pentru zonele aflate la limita arealului natural de distribuție din zona silvostepii (limita xerică), disponibilitatea apei va determina schimbări în structura și funcționarea ecosistemelor forestiere, iar prin schimbările, relativ mici, în echilibrul umidității solului se va ajunge la schimbări majore, de ordin ecologic (corologia speciilor, diminuarea nivelului serviciilor ecosistemice, etc.) [6]. În acest context, sunt necesare studii privind impactul schimbărilor climatice și a riscurilor generate de acestea asupra ecosistemelor forestiere reprezentative, aflate la limita arealelor naturale de distribuție, în regiuni considerate a fi cele mai vulnerabile la schimbările climatice.

2. MATERIALE ȘI METODE

Indicii ecometrici climatici sunt formule de calcul pentru favorabilitatea climatică, care iau în considerare valorile efective ale factorilor climatici principali. Interpretarea rezultatelor se realizează fie prin încadrarea lor în tabelele de valori precalculate, fie prin comparații spațiale, respectiv altitudinale. În scopul identificării unei expresii matematice general valabile a valențelor ecologice ale unei stațiuni, s-a dezvoltat o serie întreagă de formule și tabele de interpretare, unele bazându-se pe factorii climatici, altele pe cei biogeografici. Din perspectiva analizelor biogeografice, indicii ecometrici sunt instrumente foarte utile în aprecierea favorabilității pentru un anumit tip de ecosistem, în care indicii ecometrici sunt expresiile numerice ale acestei favorabilități [7].

Ariditatea este o noțiune cu interpretare spațio-temporală care exprimă un dezechilibru hidric. Conceptul de zonă aridă este expresia spațială a ieșirilor de apă din sistem ce depășesc constant intrările. Principalii factori ai aridității sunt precipitațiile, temperatura, continentalitatea, albedoul etc. Din punct de vedere biogeografic, insuficiența apei în sol produce un deficit de creștere al speciilor vegetale și chiar creează vaste discontinuități în covorul vegetal [8]. Indicele eco-climatic de Martonne (*IM*), permite determinarea gradului de ariditate al unei regiuni pentru perioade caracteristice (un an sau o lună), fiind o expresie a caracterului restrictiv pe care condițiile climatice îl impun anumitor formațiuni vegetale. Pentru determinarea indicelui de ariditate corespunzător perioadei dorite, care reprezintă, în mod obligatoriu, o succesiune de luni consecutive, se calculează media aritmetică a indicilor specifici fiecărei luni (**Relația 1**). Valorile obținute se raportează la tabelele de referință privind favorabilitatea climatică pentru dezvoltarea tipurilor de vegetație [7] sau privind vulnerabilitatea pădurilor [9].

$$IM = \frac{P}{(T + 10)} \quad (1)$$

unde: *P* este suma anuală a precipitațiilor atmosferice în mm, *T* - media anuală a temperaturii aerului în °C [10].

Intensificarea procesului de aridizare în perioada activă de vegetație, îndeosebi între lunile mai-august, influențează negativ fazele de ontogeneză ale plantelor. Indicele perioadelor uscate (*Izu*), reprezintă raportul dintre numărul zilelor uscate, înregistrate în anumiți ani și media lor multianuală [11], fiind exprimat prin **Relația 2**.

$$Izu = \frac{\sum zu (V - VIII)}{X zu (V - VIII)} \quad (2)$$

unde: $\sum zu (V - VIII)$ este suma zilelor uscate înregistrate în perioada mai-august, perioadă cu creștere intensivă a plantelor, $X zu (V - VIII)$ - media multianuală a zilelor uscate (lunile mai-august).

Valorile obținute se raportează la tabelul de referință privind favorabilitatea climatică pentru dezvoltarea plantelor. Acest indice este utilizat, la nivel regional, de către Global Water Partnership pentru estimarea secetelor din Sud-Estul Europei [12]. Hărțile din studiul de față au fost obținute prin modelări cartografice complexe utilizând metoda ecuațiilor de regresie și analiza reziduurilor. Repartițiile spațiale ale temperaturii și precipitațiilor în limitele teritoriului Republicii Moldova reflectă particularitățile reliefului ca factor de genă al climei, păstrând în același timp valorile intacte pentru pozițiile stațiilor meteorologice. În ArcGIS s-a utilizat funcționalitatea Raster Calculator din modulul Map Algebra a extensiei Spațial Analyst (efectuarea operațiilor aritmetice cu hărți digitale ca variabile numerice) [13]. Ca program de prelucrare a datelor inițiale s-a folosit Statgraphics Centurion XVI în estimarea temporală a indicilor respectivi. Materialele inițiale de studiu au fost datele multianuale privind regimul termic și cantitatea anuală și lunară de precipitații, colectate de la Serviciul Hidrometeorologic de Stat, pentru perioada anilor 1980-2020, perioadă recomandată de către IPCC în măsurătorile climatice. Cercetările au fost realizate în cadrul Institutului de Ecologie și geografie al Republicii Moldova, de către grupul de cercetare „Ecobiochimie silvică” și laboratorul de „Climatologie și riscuri de mediu”, în cadrul Proiectului instituțional „Crearea și ținerea Băncii de date a Registrului sistemului informațional al Ariilor Naturale Protejate de Stat” și a proiectului 20.80009.7007.08: „Modelarea spațio-temporală a componentelor abiotice de mediu în scopul evaluării securității ecologice ale peisajelor”.

3. REZULTATE ȘI DISCUȚII

Conform raionării fizico-geografice a Republicii Moldova (2019) [14], teritoriul supus cercetării se încadrează în Regiunea Podișurilor și Câmpiilor de silvostepă a Moldovei de Nord, subregiunea Podișul de silvostepă al Nistrului, care ocupă interfluviul Răut-Nistru (altitudinea maximă 350 m) și ocupă 10,49% din suprafața Republicii Moldova (**Figura 1**). Podișul prezintă un relief moderat fragmentat de un sistem de văi și ravene înguste, uneori în formă de chei (densitatea fragmentării este cuprinsă între 1,9 și 2,1 km/km²). Se înregistrează o pondere mare a versanților cu panta mai mare de 6° (11,8% din suprafața totală) iar în zona de studiu se dezvoltă în mare măsură procesele erozionale, alunecările de teren și cele carstice. Precipitațiile medii anuale depășesc 600 mm. Suma temperaturilor active din perioada de vegetație este de 2900° în nord și de 3150° în sudul subregiunii fizico-geografice. Temperatura medie a lunii ianuarie variază de la -4,5 °C în nord până la -3,5 °C în sud, iar cea a lunii iulie, de la 19,5 °C în nord până la 20 °C în sud. Pe soluri cenușii molice, cenușii și cernoziomuri levigate sunt răspândite dumbrăvi de gorun și carpen în sud, și de gorun și cireș în nord. Pădurile ocupă 11,0% iar terenurile agricole 79,8% din suprafața totală a subregiunii [15].

Repartiția valorilor altitudinale din cadrul zonei de studiu are un impact direct asupra distribuției resurselor pedo-climatice și biotice din regiune. Calculând indicii de ariditate De Martonne (*IM*) pentru perioada 1980-2020, observăm faptul că valorile sale variază în cuprinsul zonei de studiu, fapt explicat prin parametrii locali cu influențe asupra climei (forme de relief, înclinare, expoziție, etc.). Astfel, în cadrul Podișului de silvostepă al Nistrului, valorile *IM* anuale

Donica et al.: Evaluarea impactului aridizării asupra ecosistemelor forestiere...

variază în limitele 23-37 unități, având valori mai joase la extremitatea nord-vestică și nord-estică a podișului (**Figura 2**). Cu cât altitudinea este mai joasă cu atât teritoriul podișului este caracterizat de valori mai mici ale *IM*, și cu cât valorile altitudinale sunt mai mari, cu atât valorile *IM* cresc. Comparând valorile obținute cu datele din literatura de specialitate, care determină climatul caracteristic în conexiune cu tipul de vegetație, se poate afirma faptul că, în general, teritoriul podișului dispune de condiții climatice semi-umede, favorabile dezvoltării atât vegetației de stepă, cât și a comunităților de silvostepă. Dacă integrăm valorile *IM* obținute în zonele de vulnerabilitate ale pădurilor față de aridizare (conform datelor din literatura de specialitate), se poate preciza faptul că vegetația forestieră din acest areal se încadrează preponderent în următoarele zone:

- Zona cu vulnerabilitate foarte ridicată (valorile *IM* sub 25 unități), caracterizată de un climat semi-arid, unde deficitul de durată în umiditate poate induce degradarea și/sau distrugerea pădurilor, identificată în sectoarele periferice din partea de nord a podișului;
- Zona cu vulnerabilitate ridicată (valorile *IM* cuprinse între 25-30 unități), caracterizată de prezența unui climat moderat arid, unde este posibilă înregistrarea modificărilor de durată ale umidității, identificată în sectoarele din partea nordică a podișului și în regiunile periferice;
- Zona cu vulnerabilitate medie (valorile *IM* cuprinse între 30-35 unități), caracterizată de prezența unui climat puțin umed, cu modificări ale umidității doar în anumiți ani, identificată în sectoarele din partea centrală și de sud a podișului. Valorile *IM* peste 35 unități indică un climat favorabil dezvoltării pădurilor în regiune, deoarece nu sunt înregistrate modificări ale regimului higrometric.

Variația temporală a *IM* pentru stația meteorologică Soroca în perioada de vară (iunie, iulie și august sunt luni recunoscute prin aportul mai scăzut al precipitațiilor în regiune și prin prezența celor mai ridicate temperaturi ale aerului pe parcursul anului), evidențiază descreșteri semnificative ale valorilor acestui indice, care indică instalarea condițiilor climatice specifice zonei de stepă în regiune, îndeosebi în anii secetoși (**Figura 3**). În același timp, se remarcă faptul că în ultimul deceniu, descresc intens valorile *IM* în regiune, vara instalându-se condiții climatice favorabile dezvoltării vegetației de stepă cu graminee, fapt indus de scăderea cantității de precipitații și de creșterea temperaturii aerului în regiune.

În Republica Moldova, lunile mai-august sunt cunoscute prin intensificarea procesului de aridizare a climei, cu influențe negative asupra fazelor de ontogeneză ale plantelor. Calculul indicelui perioadelor uscate (*Izu*), pentru teritoriul Podișului de silvostepă al Nistrului, indică un trend temporar de creștere a valorilor, începând cu anii '80 (în mare parte, determinată de creșterea fondului termic). Conform analizei datelor se observă că în anii secetoși, îndeosebi din ultimele decade (2007-2009, 2011, 2015, 2019) sunt înregistrate valori înalte ale *Izu*, care indică prezența tot mai crescută a perioadelor secetoase caracterizate de lipsa precipitațiilor atmosferice în regiune (**Figura 4**). Comparând valorile obținute ale *Izu* cu datele de referință din literatura de specialitate, se constată faptul că în regiune, pentru perioada de studiu, sunt foarte puțini ani umezi, încadrați în așa numită „perioadă normală” (valori ale *Izu* între 0,1-1,0 unități), precum și faptul că este în creștere frecvența anilor cu prezența „perioadelor uscate moderate” (*Izu* între 1,1-2,0). De asemenea, ultimul deceniu a fost încadrat în categoria „perioade uscate semnificative” (*Izu* între 2,1-3,0).

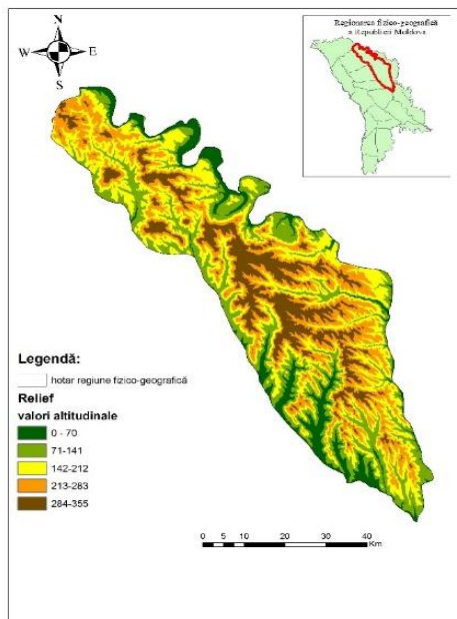


Figura 1. Repartiția altitudinii absolute în zona de studiu.

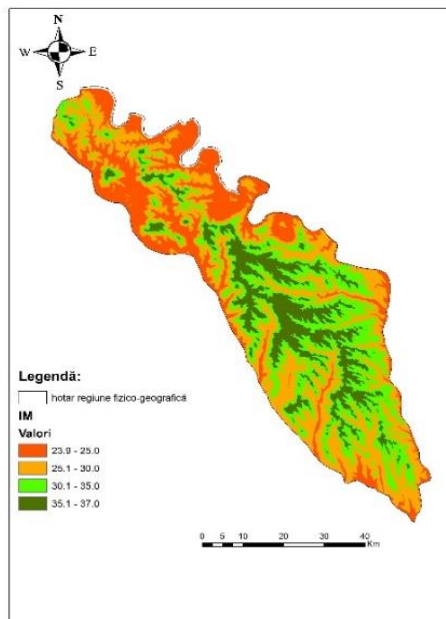


Figura 2. Repartiția spațială a valorilor medii ale IM în zona de studiu, în perioada 1980-2020.

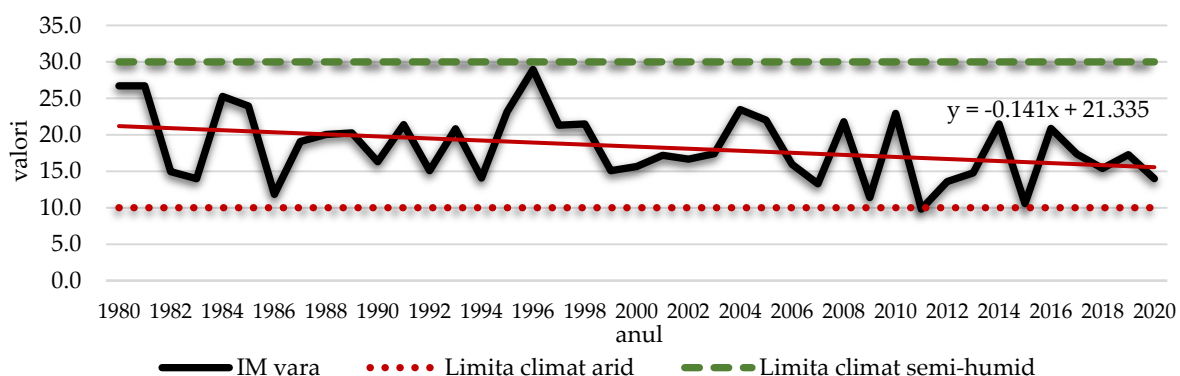


Figura 3. Repartiția spațială a valorilor IM (sezonier-vara), conform datelor stației meteorologice Soroca (1980-2020).

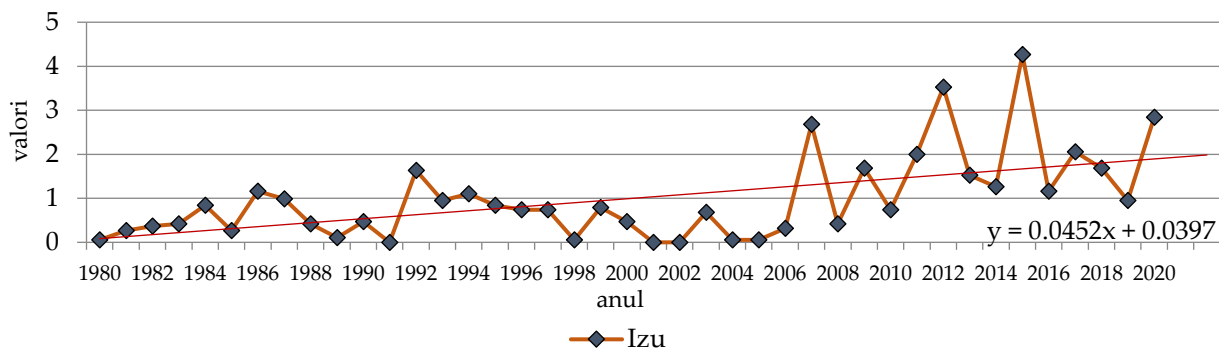


Figura 4. Distribuția temporală a valorilor indicelui perioadelor uscate (*Izu*), conform datelor stației meteorologice Soroca (1980-2020).

Studiile climatice recente [16] indică tendințe evidente de aridizare în regiunea luată în studiu. În general, parametrii climatici din cadrul Podișului de silvostepă al Nistrului, pentru perioada de referință luată în studiu (1986-2005), prezentau următoarele valori: media anuală a temperaturii aerului de 9,5 - 10,0 °C și cantitatea medie anuală de precipitații de 600-650mm. Pentru perioada de vară, valorile temperaturii medii anuale cresc până la 20,0 - 21,0 °C, iar cantitatea medie anuală de precipitații pentru sezonul cald variază între 350-400 mm. Conform cercetărilor din domeniu, cele trei scenarii climatice (RCP 2.8, RCP 4.5 și RCP 8.5) prognozează schimbări evidente în temperatura medie anuală și cantitatea medie anuală de precipitații pentru anotimpul de vară, pentru toate perioadele viitoare (2021-2040; 2041-2060 și 2081-2100). Astfel, în toate cele trei scenarii climatice, se prognozează creșteri ale temperaturii medii a aerului în perioada de vară, în comparație cu perioada de referință (**Figura 5**). Totuși, o schimbare mai evidentă a temperaturii medii anuale se înregistrează pentru perioada 2081-2100, în scenariul climatic RCP 8.5, conform căruia în extremitatea sudică a podișului se prognozează prezența temperaturilor aerului de 26.0 - 26.5 °C vara. În comparație, temperaturile medii anuale prognozate sunt de 23 - 24 °C în scenariul climatic RCP 4.5 și de 22 - 23 °C în scenariul RCP 2.8. Schimbări evidente se vor înregistra și în distribuția teritorială a cantității de precipitații pentru sezonul cald (**Figura 6**), în comparație cu perioada de referință (1986-2005).

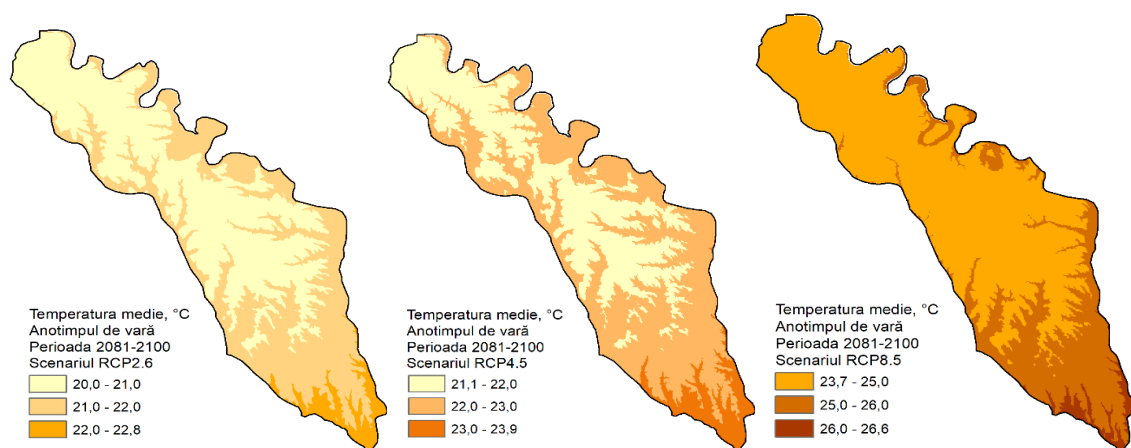


Figura 5. Prognoza temperaturilor medii pentru zona de studiu în anotimpul de vară (2081-2100).

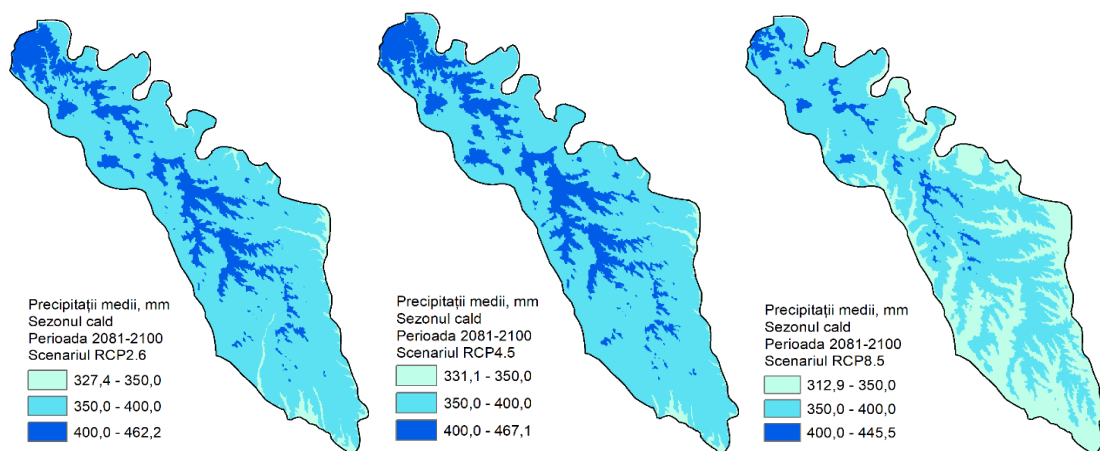


Figura 6. Prognoza cantității medii de precipitații pentru zona de studiu în anotimpul de vară (2081-2100).

Astfel, pe teritoriul Podișului de silvostepă al Nistrului, repartiția spațială a valorilor maxime ale cantității de precipitații (circa 400-450 mm) este inegală conform celor trei scenarii climatice.

Chiar dacă sunt înregistrate tendințe slabe de creștere a cantității de precipitații (cu circa 10%), față de perioada de referință, pe fondul creșterii temperaturii medii a aerului, în regiune se va resimți impactul schimbărilor climatice. Aceste schimbări trebuie analizate în corelație cu parametri climatici optimi dezvoltării speciilor de arbori mezofite, care predomină în compoziția arboretelor din zona de studiu. Aridizarea va avea impact asupra ecosistemelor forestiere, îndeosebi în perioada critică de vegetație a arboretelor (iunie-august), cu producerea unor schimbări la nivelul sensibilității speciilor forestiere față de deficitul de apă, modificări în structura compozițională a ecosistemelor respective și deplasări corologice ale speciilor [17]. Spre exemplu, cercetările autoecologice pentru speciile *Quercus robur* și *Quercus petraea* realizate la nivel european, care includ și teritoriul Republicii Moldova, indică faptul că optimul ecologic pentru aceste specii se încadrează în temperaturi medii anuale între 5-15 °C și precipitații atmosferice anuale de peste 400 mm, iar datorită adaptărilor la mediul înconjurător, aceste specii pot fi întâlnite și în afara acestor valori optime - zona sub-optimului [18]. Totuși, ecosistemele forestiere din zona de studiu vor resimți impactul schimbărilor climatice în combinație cu alți factori abiotici și biotici, cum ar fi scăderea nivelului apelor subterane, absența inundațiilor, poluarea aerului și apei, neadaptarea practicilor silvice la modificările de mediu etc. Astfel, preocupările privind cercetările științifice în domeniu, managementul durabil al sectorului forestier și extinderea suprafețelor forestiere cu specii de arbori care vor rezista și se vor dezvolta în noile condiții de mediu trebuie să fie continuate și dezvoltate. În acest context, studiile pot fi corelate și încadrate în unele cerințe ale Programului național de extindere și reabilitare a pădurilor pentru perioada 2023-2032 și ale Planului de acțiuni pentru implementarea acestuia, pe perioada 2023-2027, care vizează întemeierea culturilor forestiere adaptate schimbărilor climatice, adaptarea sectorului de producere a materialului forestier semincer și săditor la evoluția schimbărilor climatice, obținerea unor păduri diversificate, cu respectarea balanței dintre compoziția, structura specifică și condițiile edafice și climatice, care să realizeze indici favorabili de producție (biodiversitate optimă) etc. [19].

4. CONCLUZII

- 1) În teritoriul studiat sunt prezente mai multe zone de vulnerabilitate a ecosistemelor forestiere și se preconizează instalarea condițiilor climatice semi-aride;
- 2) Valorile indicelui perioadelor uscate indică, începând cu anii '80, prezența unui număr tot mai mare de zile uscate în regiune, cu impact negativ asupra plantelor;
- 3) Tendințe evidente de aridizare în zona de studiu sunt prognozate prin toate cele 3 scenarii climatice (RCP 2.8, RCP 4.5 și RCP 8.5), comparativ cu perioada de referință luată în studiu (1986-2005);
- 4) Arboretele autohtone vor fi influențate de acțiunea conjugată a factorilor abiotici, biotici și antropici. Se preconizează că se vor extinde suprafețele ocupate de speciile mezo-xerofite și xerofite. În acest context, studiile privind managementul durabil al sectorului forestier și extinderea suprafețelor forestiere prin folosirea de specii care vor rezista și se vor dezvolta în noile condiții de mediu, trebuie să reprezinte o prioritate sectorială a țării.

CONFLICT DE INTERESE

Autorii nu declară niciun conflict de interese.

EXTENDED ABSTRACT

Title in English: *Assessment of the aridity's impact on forest ecosystems: a case study in the Dniester forest-steppe plateau*

Introduction: *Climate change is becoming one of the most visible and obvious phenomena at global, regional and local scale, being recognized by the spatial and temporal changes of the climate components. In this context, the studies on climate changes impact and associated risks on representative forest ecosystems are needed to adapt the forestry practices to such changes.*

Materials and methods: *Eco-metric indices are very useful tools in assessing the favorability of an area for a certain type of ecosystem. The eco-climatic index of De Martonne (IM), allows the determination of the degree of aridity of a region for characteristic periods (a year or a month), being an expression of the restrictive character that the climatic conditions impose on certain plant formations. The index of dry periods (Izu), represents the ratio between the number of dry days, recorded in specific years, to their multiannual average. In this study, the obtained values were related to reference tables and maps have been obtained by cartographic modeling using the method of regression and the analysis of residuals. The study used the multi-year data on the thermal regime and the annual/monthly amount of precipitation, collected from the State Hydrometeorological Service, for the period of 1980-2020.*

Results and discussions: *Within the Dniester Plateau, the annual values of IM are 23-37 units (being directly related to the altitude of the territory), indicating the presence of semi-humid climatic conditions, favorable for the development of forest-steppe vegetation. They also indicate several areas of forest which is vulnerable to climate changes (from the very high, to high and medium vulnerability) and show clear tendencies for semi-arid climatic conditions, specific to the steppe zone, especially during the summer period. The Izu values have been increasing since the 80s, indicating a lack of atmospheric precipitation in the region, with a particular impact on plant ontogenesis. Obvious climate changing trends for the Dniester forest-steppe plateau are forecast by all 3 climate scenarios (RCP 2.8, RCP 4.5 and RCP 8.5), compared to the reference period taken into study (1986-2005). Even if there are weak trends to increase the amount of precipitation (by about 10%), the region will witness the impact of the climate changes. These changes have to be analyzed in correlation with the climatic parameters which are optimal for the mesophilic tree species development and with the species which dominate in the forest stands of the area.*

Conclusions: *Scientific research in the field of sustainable management of the forestry sector and the expansion of forest areas with tree species resistant to the new environmental conditions must be continued and developed.*

Keywords: *Climate change, Climate scenarios, Forest ecosystems, Eco-climatic indices, Vulnerability.*

REFERINȚE

1. IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Disponibil la: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf, accesat în data de 02.06.2023.
2. Nedealcov M., Răileanu V., Chirică L., Cojocari R., Sîrbu R., Corceanu A., Rusu A., 2013: Atlas. Resursele climatice ale Republicii Moldova. Academia de Științe a Moldovei, Ministerul Mediului al Republicii Moldova, Institutul de Ecologie și geografie, Chișinău, Î.E.P. „Știința” (în colaborare cu editura „Strih” SRL), 76 p.
3. Nedealcov M., Răileanu V., Cojocar R., Croitoru Gh., Mleavaia G., Crivova O., 2018: Factorii meteo-climatici de risc asociați schimbărilor climatice pe teritoriul Republicii Moldova. Institutul de Ecologie și geografie, Chișinău, 144p.
4. Michel A., Kirchner T., Prescher A-K., Schwärzel K., 2022: Forest Condition in Europe: The 2022 Assessment. ICP Forests Technical Report under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (Air Convention). Eberswalde: Thünen Institute. <https://doi.org/10.3220/ICPTR1656330928000>.

5. Hotărârea Nr. 1009 din 10-12-2014 cu privire la aprobarea Strategiei Republicii Moldova de adaptare la schimbarea climei până în anul 2020 și a Planului de acțiuni pentru implementarea acesteia. Disponibil la: https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=114739&lang=ro#, accesat în data de 27.05.2023.
6. Mátyás C., Sun G., 2014: Forests in a water limited world under climate change. *Environmental Research Letters*, 9(8), 1-10.
7. Satmari A., 2010: *Lucrări practice de biogeografie*. Edit. Eurobit. Timișoara, 85 p.
8. World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP): *Handbook of Drought Indicators and Indices* (M. Svoboda and B.A. Fuchs). 2016. *Integrated Drought Management Programme (IDMP), Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2*. Geneva. Disponibil la: https://www.droughtmanagement.info/literature/GWP_Handbook_of_Drought_Indicators_and_Indices_2016.pdf, accesat în data de 10.05.2023.
9. *Integrated Drought Management Programme in Central and Eastern Europe, 2014: Assessment of drought impact on forests. Milestone no.3. Elaboration of maps for current climate, 2050 and 2070 in Bulgaria, Lithuania, Slovenia and Ukraine (pilot area) and determination of forest vulnerability zones*. Global Water Partnership. Central and Eastern Europe (GWP CEE). Regional Secretariat. Slovak Hydrometeorological Institute. Bratislava, Slovakia. Disponibil la: www.gwpceeforum.org, accesat în data de 11.05.2023.
10. De Martonne E., 1926 : Une nouvelle fonction climatologique. L'indice d'aridite. *La Meteorologie*, nr.V(I), p.449-458.
11. Nedealcov M., 2020: *Schimbările climatice regionale*. Institutul de Ecologie și geografie, Chișinău. 366p.
12. *Global Water Partnership Central and Eastern Europe, 2015: Guidelines for the preparation of Drought Management Plans. Development and implementation in the context of the EU Water Framework Directive*, Global Water Partnership Central and Eastern Europe, 48p. Disponibil la: https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cee_files/idmp-cee/idmp-guidelines-final-pdf-small.pdf, accesat în data de 15.05.2023.
13. Patriche C.V., 2009: *Metode statistice aplicate în climatologie*. Editura „Terra Nostra”, Iași, 170 p.
14. Boboc N., 2009: Probleme de regionare fizico-geografică a teritoriului Republicii Moldova. *Buletinul AȘM, Științele Vieții*, 1(307), 161-169.
15. *Atlas Republica Moldova: factori naturali și antropici de risc*. Institutul de Ecologie și geografie. Editura „Impressum”, Chișinău, 104p.
16. Răileanu V., Bejan I., Nedealcov M., Boboc N., Cojocari R., Munteanu V., Crivova O., Jechiu I., Mleavaia G., 2021: *Atlas - Schimbările climatice și starea actuală a peisajelor*. Chișinău, Editura „Impressum”, 100p.
17. Linder M., Garcia-Gonzalo J., Kostrom M., Green T., 2008: *Impacts of climate change on European forests and options for adaptation*. Disponibil la: https://www.researchgate.net/publication/285320195_Impacts_of_climate_change_on_European_forests_and_options_for_adaptation, accesat în data de: 02.06.2023.
18. Eaton E., Caudullo G., Oliveira S., de Rigo D., 2016: *Quercus robur and Quercus petraea in Europe: distribution, habitat, usage and threats*. In: San-Miguel-Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. (Eds.), *European Atlas of Forest Tree Species*. Publication Office EU, Luxembourg.
19. Hotărârea Guvernului Nr. 55/2023 cu privire la aprobarea Programului național de extindere și reabilitare a pădurilor pentru perioada 2023-2032 și Planului de acțiuni pentru implementarea acestuia pe perioada 2023-2027. *Monitorul Oficial Nr.85-86 (8591-85-92)*, 2023, 7-42. Disponibil la: <https://monitorul.gov.md/ro/monitorul/view/pdf/2618/part/2#page=1>, accesat în data de 18.05.2023.



RECONSTITUIREA INVAZIEI PRODUSE DE SPECIA ALOGENĂ *CORYTHUCHA ARCUATA* (SAY, 1832) (HEMIPTERA, TINGIDAE) ÎN ROMÂNIA

Flavius Bălăcenoiu^{a,b,*}

^a Institutul Național de Cercetare Dezvoltare în Silvicultură „Marin Drăcea”, Eroilor 128, 077190, Voluntari, România.

^b Departamentul de Silvicultură, Facultatea de Silvicultură și exploatarea forestiere, Universitatea Transilvania din Brașov, Șirul Beethoven 1, 500123, Brașov, România.

REPERE

- Prin vătămările pe care le produce, *C. arcuata* poate avea efecte majore asupra pădurilor de cvercinee.
- S-au formulat trei ipoteze de lucru cu privire la invazia speciei *C. arcuata* în România.
- Insecta are o mare capacitate de a invada teritoriile noi și de a migra rapid.

INFORMAȚII ARTICOL

Istoricul articolului:

Manuscris primit la: 20 decembrie 2022

Primit în forma revizuită: 31 mai 2023

Acceptat: 31 mai 2023

Număr de pagini: 8 pagini.

Tipul articolului: Cercetare

Editor: Stelian Alexandru Borz

Cuvinte cheie:

Corythucha arcuata

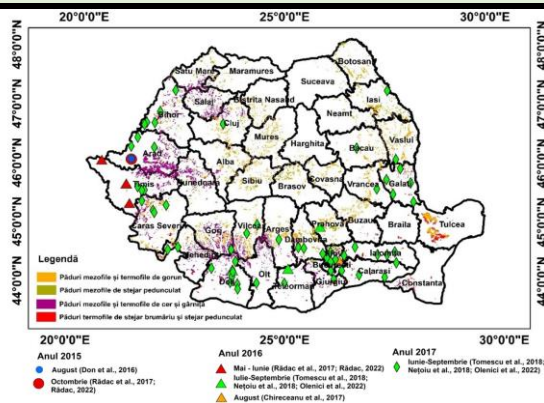
Specie invazivă

Specie alogenă

Păduri de stejar

Invazie biologică

REZUMAT GRAFIC



REZUMAT

Corythucha arcuata este o specie alogenă invazivă de origine nord-americană care în Europa a fost raportată pentru prima dată în anul 2000, în Italia. Prin vătămările pe care le produce, în special asupra arborilor de stejar, această specie poate avea efecte negative majore asupra stării de sănătate a pădurilor de cvercinee din Europa și, implicit, asupra celor din România. Scopul acestei lucrări a fost acela de a reconstitui invazia provocată de insecta *C. arcuata* în România pentru a înțelege cum a reușit să se răspândească atât de rapid. Rezultatele acestei lucrări conduc spre trei ipoteze de lucru: 1) fenomenul de invazie provocat de insecta *Corythucha arcuata* în România s-a produs cu o viteză extrem de mare; 2) insecta a sosit în România cu mai mult timp înainte de prima semnalare din 2015; 3) *C. arcuata* a pătruns în România pe căi diferite în același timp, sau la o diferență mică de timp. Această lucrare scoate în evidență faptul că insecta are o mare capacitate de a invada teritoriile noi și de a migra rapid.

* Autor corespondent. Tel.: +40-726-242-507.
Adresa de e-mail: flavius.balacenoiu@icas.ro

1. INTRODUCERE

Corythucha arcuata (Say, 1832) (Hemiptera, Tingidae) este o specie de origine nord-americană care produce decolorări clorotice asupra frunzișului arborilor gazdă, hrănindu-se cu seva din frunze atât în stadiul de nimfă cât și în stadiul de adult [1]. În zona sa de origine, potrivit unor studii realizate în regiunea nearctică a Americii de Nord [2,3], această insectă se dezvoltă pe plante gazdă precum *Quercus alba* L., *Quercus macrocarpa* Michaux, *Quercus montana* Willdenow, *Quercus muehlenbergii* Engelman, *Quercus prinoides* Willdenow, *Quercus rubra* L., dar și pe alte specii de *Quercus* (Fagaceae). De asemenea, insecta a mai fost observată ocazional pe specii gazdă din genul *Acer*, *Malus* sau *Rosa*.

În Europa, până în 2019, *Corythucha arcuata* a fost semnalată pe plante gazdă precum: *Quercus petraea* L., *Quercus robur* L., *Quercus pubescens* Wild., *Quercus virgiliana* Mill., *Quercus cerris* L., *Quercus rubra* L., *Rubus ideaus* L., *Rubus ulmifolius* Schott., *Castanea sativa* Mill., *Rosa canina* L., *Ulmus minor* Mill. și *Malus sylvestris* (L.) Mill. [1,4-8]. În anul 2019, gama de specii gazdă a ploșniței dantelate a stejarului a fost studiată mai îndeaproape de o echipă eurasiatică de cercetători [9] în 20 de grădini botanice și arborete din 7 țări. Din cele 48 de specii de stejar cercetate, 27 au fost identificate ca fiind gazde adecvate. Niciunul dintre stejarii roșii din America de Nord nu a fost găsit ca gazdă potrivită, însă, aproape toți stejarii eurasiatici au fost înregistrați ca gazde preferate de insecta *C. arcuata*. Mai mult decât atât, în studiul realizat de [9] s-au înregistrat 29 de alte specii gazdă, care nu sunt cvercinee (*Castanea* spp., *Rubus* spp., *Corylus* spp., *Acer* spp., *Prunus* spp., *Tilia* spp. etc.).

Această insectă a fost semnalată pentru prima dată în Europa, în anul 2000, în Italia [10]. În anul 2002 insecta a fost raportată în sudul Elveției [5] și în Turcia [11], iar în anul 2005 în Iran [12]. Câțiva ani mai târziu, în anul 2012 a fost observată pentru prima dată în Bulgaria [6], iar în 2013 în Ungaria [13], Croația [7] și Serbia [14-16].

În România, insecta a fost observată pentru prima dată în anul 2015, în vestul țării [17-19], urmând ca în august 2016, să fie depistată și în sudul țării [8,20-22]. Pentru a înțelege cum a reușit această insectă să se răspândească atât de rapid în doar câteva luni cât și pentru a obține o imagine de ansamblu a invaziei provocate în România, s-a recurs la reconstituirea invaziei, acesta fiind scopul lucrării de față.

Dincolo de atingerea acestui scop, acest studiu și-a propus să răspundă la întrebări precum: i) a reușit această insectă să invadeze teritoriile dintre vestul și sudul României în doar câteva luni? ii) este *C. arcuata* prezentă în România cu mult timp înainte de prima semnalare? iii) și nu în ultimul rând, a pătruns această ploșniță în România pe căi diferite în același timp?

2. MATERIALE ȘI METODE

Pentru reconstituirea invaziei produse de ploșnița dantelată a stejarului în România s-a recurs la o metodă de lucru de tip „review”. Astfel, rezultatele cercetărilor identificate în literatura de specialitate cu privire la raportarea ploșniței în România sau răspândirea sa în teritoriu s-au

Bălăcenoii: Reconstituirea invaziei produse de specia alogenă *Corythucha arcuata*...

prezentat în ordine cronologică cu scopul de a înțelege mai bine fenomenul de invazie produs. Într-un final, plecând de la întrebările anterior formulate, precum și pe baza compilării exhaustive de date din literatura de specialitate, s-a recurs la emiterea și dezvoltarea a trei ipoteze privind modul de invazie a insectei *C. arcuata* în România (a se vedea capitolul Rezultate și discuții). Pentru a scoate în evidență relația dintre intensitatea atacurilor provocate și unitățile ecosistemice invadate, s-a recurs la cartografierea vătămărilor produse în fiecare an de *Corythucha arcuata* pe harta ecosistemelor de cvercinee din România [23]. Redactarea hărților a fost realizată cu ajutorul programului ArcGIS 10.3 dezvoltat de ESRI.

3. REZULTATE ȘI DISCUȚII

Prima raportare a speciei *Corythucha arcuata* în România a fost înregistrată în august 2015 [17] în Grădina Botanică Macea din județul Arad (**Figura 1**). În luna octombrie a aceluiași an, în proximitatea Grădinii Botanice din Arad, insecta fost semnalată din nou [18,19] (**Figura 1**). Un an mai târziu, în anul 2016, *Corythucha arcuata* a continuat să fie prezentă în vestul României, fiind observată de [18] în alte trei locuri (**Figura 1**). De asemenea, în 2017 insecta a fost observată pentru prima dată în sudul țării (**Figura 1**), atât în apropiere de București [8,20,22] cât și în alte trei locuri din Prahova, Teleorman și Dolj [8,22].

În 2017, la doar doi ani după prima semnalare, rezultatele unui amplu proiect de cercetare național [8], al cărui scop principal a fost de a depista răspândirea acestei specii în România, au arătat că insecta a fost prezentă în 67 puncte din 124 de culturi din pepinieră, terenuri forestiere, sau arborete cu specii din genul *Quercus* (**Figura 1**). Conform descrierii fitoclimatice realizată de [8] pentru habitatele în care *Corythucha arcuata* a fost semnalată în anul 2017, insecta a invadat păduri situate între 34 și 534 metri altitudine, cu temperaturi medii anuale cuprinse între 8,2 °C și 11,7 °C și precipitații medii anuale cuprinse între intervalul 419,6 și 860 mm.

Această descriere fitoclimatică a habitatelor în care *Corythucha arcuata* a fost semnalată până în 2017 ajută la înțelegerea modelului invaziei produs în România, mai ales că autorii studiului [24] consideră că răspândirea unei specii invazive este influențată semnificativ de factorii climatici. Faptul că în 2017 insecta și-a făcut simțită prezența în mai multe locuri de pe întreg teritoriul extra-carpatic, nu înseamnă neapărat că, în acel an, insecta a ajuns într-un punct culminant al procesului de invazie biologică. Această răspândire de la un an la altul se poate datora faptului că, spre deosebire de anii precedenți, începând cu anul 2017 s-au efectuat monitorizări intensive cu obiectivul specific de a depista insecta în cât mai multe locuri cu specii gazdă de cvercinee.

De asemenea, chiar dacă insecta a fost raportată atât în nordul, vestul cât și în centrul României, cele mai multe puncte unde insecta a fost prezentă și unde a produs decolorări puternice au fost situate în sudul țării, unde fusese semnalată pentru prima dată cu doar un an în urmă. Interesant este că aceste puncte din sudul țării care au fost semnalate în 2016 se află la distanțe de până la 350 de km față de primele locuri raportate în 2015.

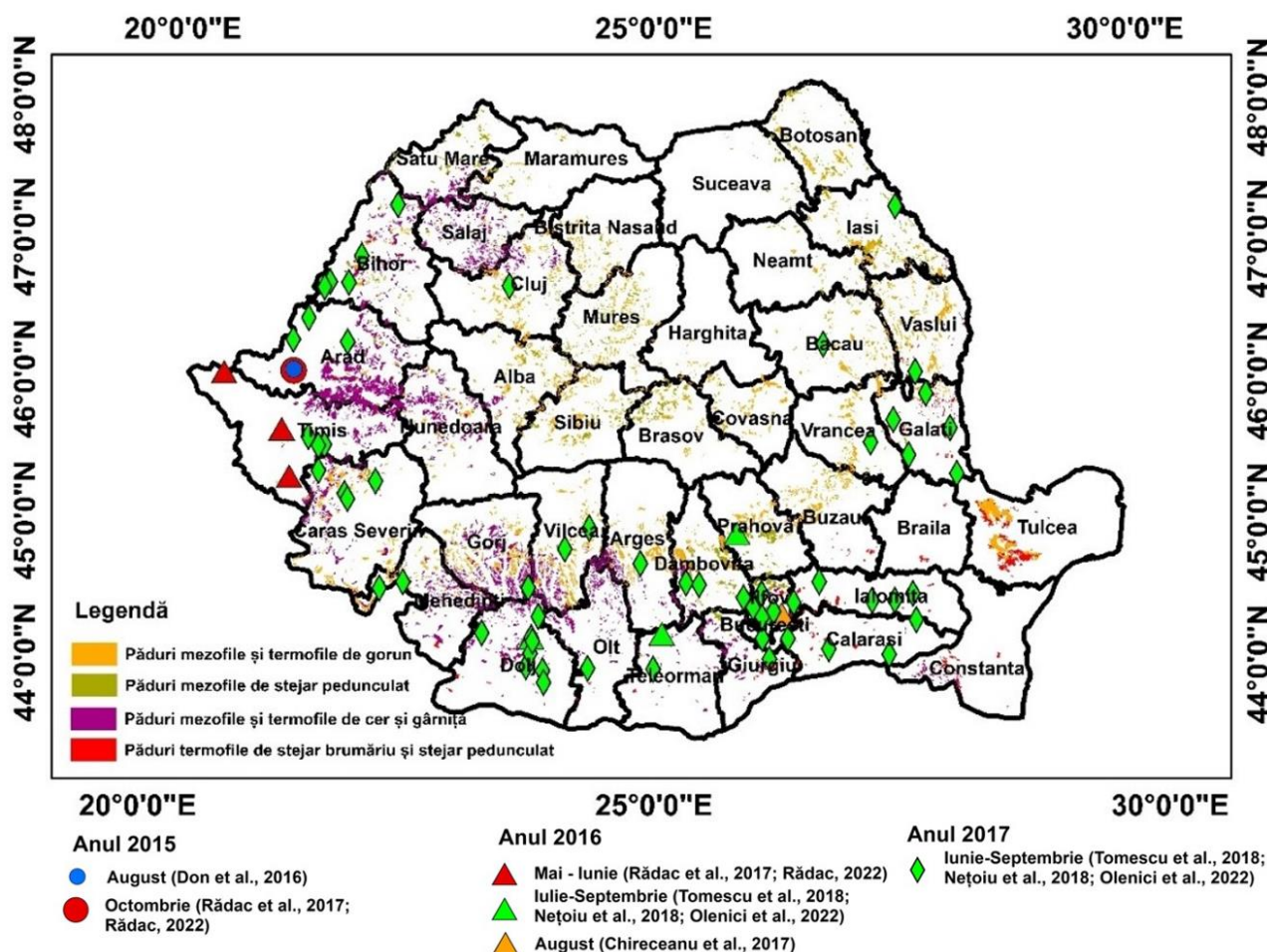
Bălăceni: Reconstituirea invaziei produse de specia alogenă *Corythucha arcuata*...

Figura 1. Locurile din România în care a fost raportată insecta *C. arcuata* în perioada 2015-2017.

Plecând de la întrebările formulate în introducerea acestei lucrări, dacă se are în vedere reconstituirea modelului real al invaziei provocate de *Corythucha arcuata* în România, considerentele prezentate mai sus conduc spre trei ipoteze de lucru:

- Fenomenul de invazie provocat de insecta *Corythucha arcuata* în România s-a produs cu o viteză extrem de mare, parcurgând, în doar un an, peste 300 de km și reușind astfel să se extindă în doar doi ani în întreg exteriorul Arcului Carpatic;
- Corythucha arcuata* a sosit în România cu mai mult timp înainte de prima semnalare din 2015, însă a fost prezentă în densități scăzute, care au ajutat-o să supraviețuiască, să se înmulțească și să invadeze teritoriul fără să își facă simțită prezența;
- Insecta a pătruns în România pe căi diferite în același timp, sau la o diferență mică de timp. O poartă de intrare în România ar putea fi sudul țării (dinspre Bulgaria), iar cealaltă poartă poate fi vestul țării (dinspre Serbia sau Ungaria).

Prima ipoteză, conform căreia *Corythucha arcuata* și-a extins arealul pe întreg teritoriul României într-un singur an, a fost luată în calcul după ce, în alte studii [1,25-28] rezultatele au arătat că în țări precum Ungaria, Croația, Slovenia sau Turcia a avut o expansiune rapidă, invadând într-un timp scurt teritorii mari. Cu toate acestea însă, dacă se ia în considerare distanța de ordinul

Bălăcenoii: Reconstituirea invaziei produse de specia alogenă *Corythucha arcuata*...

sutelor de kilometri precum și lanțul carpatic dintre primele puncte semnalate în 2015 în vestul țării și numeroasele puncte depistate în 2016-2017, nu există un temei științific astfel încât această ipoteză să poată fi validată. Această necunoscută poate fi rezolvată prin elaborarea unor studii pluridisciplinare care să aibă la bază indici de vegetație și biofizici extrași din imagini satelitare, și, în acest fel, prin urmărirea decolorărilor produse de insectă să se poată identifica traseul real al insectei din 2015 până în 2017.

Cea a doua ipoteză, conform căreia insecta *Corythucha arcuata* este prezentă în România cu mult timp înainte de prima semnalare, a mai fost abordată într-o altă lucrare științifică [8]. Acest studiu menționează că specialiști silvici din România [8] au susținut că simptome precum cele cauzate de atacul acestei insecte au mai fost observate în trecut în pădurile de cvercinee din partea de sud a țării, dar nu au existat investigații specifice pentru a determina cauza lor la acel moment. Mai mult decât atât, această ipoteză este susținută și de faptul că în țările vecine României, ploșnița a fost semnalată cu mult timp înainte de prima raportare din România. De exemplu, în Ungaria și Serbia insecta a fost observată pentru prima dată în 2013 [13,15], iar în Bulgaria este semnalată încă din 2012 [6]. Având în vedere aceste considerente, există posibilitatea ca insecta *Corythucha arcuata* să fi fost prezentă în România înainte de 2015, însă nivelul redus al populațiilor din faza incipientă a procesului de invazie a ajutat-o să se răspândească în teritoriu fără să fie observată.

Plecând de la cea de-a doua ipoteză, care scoate în evidență că, în anii 2012-2013 insecta a fost deja prezentă atât în Bulgaria, cât și în Ungaria și Serbia, s-a dezvoltat cea de-a treia ipoteză care a mai fost menționată în studiul [8]. Aceasta presupune că insecta *Corythucha arcuata* ar fi putut să pătrundă în România concomitent, pe căi diferite. O poartă de intrare în țară ar putea fi frontierele din sudul României iar cealaltă poartă ar putea fi frontierele din vestul țării. Această ipoteză se bazează pe faptul că înainte de primele semnalări în România, insecta a fost prezentă simultan atât în țările din sudul României precum Turcia sau Bulgaria, cât și în cele din vest: Italia, Elveția, Croația, Ungaria și Serbia. Această ipoteză mai poate fi susținută și de faptul că în țările din nordul și estul României insecta a fost semnalată după ce aceasta a fost observată în România: Ucraina 2017 [29], Republica Moldova 2018 [30]. Cu toate acestea, validitatea acestei ipoteze este dificil de verificat și necesită studii genetice ale insectelor din fiecare regiune.

4. CONCLUZII

Insecta a fost semnalată pentru prima dată în România în anul 2015, în vestul țării. Având în vedere că prezența insectei a fost semnalată mai întâi în vestul țării și la scurt timp în sud, migrarea ei s-ar fi putut face din țările vecine: Ungaria, și Serbia (în vest și sud-vest) și Bulgaria (în sud). În țările menționate, semnalarea insectei s-a făcut înainte de 2015, mai exact în perioada 2012-2013. Insecta are o mare capacitate de a invada teritoriul noi și de a migra rapid. În România a înaintat, din sud către centrul țării, circa 300 km într-un an, iar în doi ani a reușit să infesteze întreg teritoriul extracarpatic.

MATERIALE SUPLIMENTARE

Nu este cazul.

Bălăcenoiu: Reconstituirea invaziei produse de specia alogenă *Corythucha arcuata*...

FINANȚARE

Cercetările pentru realizarea prezentei lucrări au fost efectuate în cadrul proiectului PN23090102 „Fundamente științifice în vederea dezvoltării unor metode de protecție a pădurilor”. De asemenea, publicarea a fost susținută prin programul „Creșterea capacității și performanței instituționale a INCDS „Marin Drăcea” în activitatea de CDI - CresPerfInst” (Contract nr. 34PFE/30.12.2021) finanțat de Ministerul Cercetării, Inovării și Digitalizării prin Programul 1 - Dezvoltarea sistemului național de cercetare - dezvoltare, Subprogram 1.2 - Performanță instituțională - Proiecte de finanțare a excelenței în CDI.

MULȚUMIRI

Rezultatele prezentate în această lucrare constituie o parte din lucrarea de doctorat a lui Flavius BĂLĂCENOIU - Comportamentul invaziv, bioecologia și managementul speciei alohtone *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Hemiptera, Tingidae) în pădurile de cvercinee din România.

EXTENDED ABSTRACT – REZUMAT EXTINS

Title in English: Invasion of alien species *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Hemiptera, Tingidae) in Romania.

Introduction: Commonly known as oak lace bug, *Corythucha arcuata* is an invasive alien species of North American origin that was first reported in Europe in 2000, in Italy. Due to the damage it causes, especially to oak trees, this species is considered an insect that can have major negative effects on the oak forests' health in Europe and Romania.

Materials and methods: The goal of this paper was to reconstitute the invasion of the oak lace bug in Romania to understand how it managed to spread so quickly. For this purpose, based on exhaustive compilation of literature data, the occurrence of oak lace bug was pointed each year on the map of oak ecosystems in Romania. This study is based on a review of available papers that have reported the occurrence of the species in different parts of the country, based on which a map was developed to show the species' spreading in time at the national level.

Results and discussion: In Romania it was reported for the first time in 2015, in the western part of the country and in a few months, in 2016, it was detected in the southern part of the country, at a distance of over 300 km. The results of this study led to three hypotheses: 1) the invasion of oak lace bug in Romania occurred with an extremely high speed; 2) the insect arrived in Romania long before the first report (the one from 2015); 3) *C. arcuata* entered Romania in different places at the same time, or at a small-time difference.

Conclusions: This study highlights that the insect has a great ability to invade new territories and migrate quickly. In Romania it advanced from the south of the country to its center, approximately 300 km in one year, and in two years it managed to infest the entire extra-Carpathian territory.

Keywords: oak lace bug; invasive alien species; oak forests; biological invasions.

REFERINȚE

1. Mutun S., Ceyhan Z., Sözen C., 2009: Invasion by the oak lace bug, *Corythucha arcuata* (Say), (Heteroptera: Tingidae), in Turkey. Turkish Journal of Zoology, 33(3), 263–268. <https://doi.org/10.3906/zoo-0806-13>
2. Connell W.A., Beacher J.H., 1947: Life history and control of the oak lace bug. University of Delaware Agricultural Experiment Station.
3. Drake C.J., Ruhoff F.A., 1965: Lacebugs of the world: a catalog (Hemiptera: Tingidae). Chinchas de encaje del mundo: un catálogo (Hemiptera: Tingitidae). US Nat. Mus. Bull, 243, 1-634.
4. Bernardinelli I., 2000: Distribution of the Oak lace bug *Corythucha arcuata* (Say) in northern Italy (Heteroptera Tingidae). Redia, 83, 157-162.

Bălăcenoiu: Reconstituirea invaziei produse de specia alogenă *Corythucha arcuata*...

5. Forster B., Giacalone I., Moretti M., Dioli P., Wermelinger B., 2005: Die amerikanische eichennetzwanze *Corythucha arcuata* (Say)(Heteroptera, Tingidae) hat die Sudschweiz erreicht. Mitteilungen-Schweizerische Entomologische Gesellschaft, 78(3/4), 317.
6. Dobрева M., Simov N., Georgiev G., Mirchev P., Georgieva M., 2013: First record of *Corythucha arcuata* (Say)(Heteroptera: Tingidae) on the Balkan Peninsula. Acta Zoologica Bulgarica, 65(3), 409-412.
7. Hrašovec B., Posarić D., Lukić I., Pernek M., 2013: Prvi nalaz hrastove mrežaste stjenice (*Corythucha arcuata*) u Hrvatskoj. Šumarski List, 137(9-10), 499-503.
8. Tomescu R., Olenici N., Netoiu C., Balacenoiu F., Buzatu, A., 2018: Invasion of the oak lace bug *Corythucha arcuata* (Say.) in Romania: a first extended reporting. Annals of Forest Research, 61(2), 161-170. <https://doi.org/10.15287/afr.2018.1187>
9. Csóka G., Hirka A., Mutun S., Glavendekić M., Mikó Á., Szócs L., Paulin M., Eötvös C.B., Gáspár C., Csepelényi M., 2019: Spread and potential host range of the invasive oak lace bug [*Corythucha arcuata* (Say, 1832) - Heteroptera: Tingidae] in Eurasia. Agricultural and Forest Entomology, 22(1), 61-74. <https://doi.org/10.1111/afe.12362>
10. Bernardinelli I., Zandigiacomo P., 2000: Prima segnalazione di *Corythucha arcuata* (Say)(Heteroptera, Tingidae) in Europa. Informatore Fitopatologico, 50(12), 47-49. <http://hdl.handle.net/11390/710684>
11. Mutun S., 2003: First report of the oak lace bug, *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Heteroptera: Tingidae), from Bolu, Turkey. Israel Journal of Zoology, 49(4), 323-324.
12. Samin N., Linnavuori R.E., 2011: A contribution to the Tingidae (Heteroptera) from north and northwestern Iran. Entomofauna, 32(25), 373-380.
13. Csóka G., Hirka A., Somlyai M., 2013: A tölgy csipkésposloska (*Corythucha arcuata* Say, 1832–Hemiptera, Tingidae) első észlelése Magyarországon. Növényvédelem, 49(7), 293-296.
14. Glavendekic M., Vukovic-Bojanovic V., 2017: Prvi nalaz hrastove mrežaste stenice *Corythucha arcuata* (Say) (Hemiptera: Tingidae) u Bosni i Hercegovini i novi nalazi u Srbiji. Book of Abstracts of XI Symposium of Entomologists of Serbia, Goc, 70-71. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71063-1_74-1
15. Pap P., Drekić M., Poljaković-Pajnik L., Marković M., Vasić V., 2015: Monitoring zdravstvenog stanja šuma na teritoriji Vojvodine u 2015 godini. Topola, 195(196), 117-133.
16. Poljaković-Pajnik L., Drekić M., Pilipović A., Nikolić N., Pap P., Vasić V., Marković M., 2015: Pojava velikih šteta od *Corythucha arcuata* (Say)(Heteroptera: Tingidae) u šumama hrasta u Vojvodini. XIII savetovanje o zaštiti bilja. Zbornik Radova. Str, 63.
17. Don I., Don C.D., Sasu L.R., Vidrean D., Brad M.L., 2016: Insect pests on the trees and shrubs from the Macea Botanical Garden. Studia Universitatis „Vasile Goldiș” Arad, 11(2), 23-28.
18. Rădac I.A., Pintilioaie A.M., Mancu C.O., Rakosy L., 2017: Prima semnalare a speciilor *Amphiareus obscuriceps* (Poppius, 1909) și *Corythucha arcuata* (Say, 1832) în România [The first report of *Amphiareus obscuriceps* (Poppius, 1909) and *Corythucha arcuata* (Say, 1832) in Romania]. Cel De-al XXVII-Lea Simpozion Național al Societății Lepidopterologice Române, 7-8.
19. Rădac I.A., 2022: Expansiunea unor specii native sau alogene de bruchine și heteroptere în România (Insecta: Coleoptera, Heteroptera). Teză de doctorat. Universitatea Babeș-Bolyai Cluj Napoca, p. 35.
20. Chireceanu C., Teodoru A., Chiriloaie A., 2017: First record of oak lace bug *Corythucha arcuata* (Tingidae: Heteroptera) in Romania. 7th ESENIAS Workshop with Scientific Conference, 28-30.
21. Nețoiu C., Tomescu R., Olenici N., Buzatu A., Bălăcenoiu F., Iliescu O., 2018: The invasive insect species in Oltenia region (Romania). Oltenia. Studii și Comunicări. Științele Naturii. Muzeul Olteniei Craiova, 34.

Bălăcenoiu: Reconstituirea invaziei produse de specia alogenă *Corythucha arcuata*...

22. Olenici N., Bălăcenoiu F., Tomescu R., Nețoiu C., Buzatu A., Alexandru A., 2022: Invasive alien forest insect species in south-eastern Romania. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 50(1), 12618. <https://doi.org/10.15835/nbha50112618>
23. Gancz V., Doniță N., Biriș I.A., Apostol J., Marcu J., 2008: Harta pădurilor din România pe unități ecosistemice (1:100.000). Editura Silvică, Voluntari, ISBN 978-973-88379-2-8.
24. Paulin M., Hirka A., Eötvös C.B., Gáspár C., Fürjes-Mikó Á., Csóka G., 2020: Known and predicted impacts of the invasive oak lace bug (*Corythucha arcuata*) in European oak ecosystems—a review. *Folia Oecologica*, 47(2), 131-139. <https://doi.org/10.2478/foecol-2020-0015>
25. Kucukbasmaci I. (2014). Two new invasive species recorded in Kastamonu (Turkey): Oak lace bug [*Corythucha arcuata* (Say, 1832)] and sycamore lace bug [*Corythucha ciliata* (Say, 1832)] (Heteroptera: Tingidae). *Journal of Entomology and Nematology*, 6(8), 104-111. <https://doi.org/10.5897/JEN2014.0102>
26. Csepelényi M., Csókáné Hirka A., Szénási Á., Mikó Á., Szőcs L., Csóka G., 2017: Az inváziós tölgy csipkésposloska [*Corythucha arcuata* (Say, 1832)] gyors terjeszkedése és tömeges fellépése Magyarországon - Rapid area expansion and mass occurrences of the invasive oak lace bug [*Corythucha arcuata* (Say 1932)] in Hungary. *Erdészettudományi Közlemények*, 7(2), 127-134. <https://doi.org/10.17164/EK.2017.009>
27. Jurc M., Jurc D., 2017: The first record and the beginning the spread of oak lace bug, *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Heteroptera: Tingidae), in Slovenia. *Šumarski List*, 141(9-10), 485-488. <https://doi.org/10.31298/sl.141.9-10.5>
28. Simov N., Grozeva S., Langourov M., Georgieva M., Mirchev P., Georgiev G., 2018: Rapid expansion of the Oak lace bug *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Hemiptera: Tingidae) in Bulgaria. *Historia Naturalis Bulgarica*, 27, 51-55.
29. Meshkova V., 2022: Insecte fitofage invazive în pădurile și parcurile din Ucraina. *Bucovina Forestieră*, 22(1), 29-40. <https://doi.org/10.4316/bf.2022.004>
30. Derjanschi V., Mocreac N., 2018: Tigrul stejarului *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Heteroptera, Tingidae) - specie nouă invazivă în fauna Republicii Moldova. *Buletin Științific. Revista de Etnografie, Științele Naturii și Muzeologie (Serie Nouă)*, 28(41).



ACCURACY OF THE COMMONLY USED METHODS IN ESTIMATING THE SIZE OF MECHANICAL DAMAGE TO RESIDUAL TREES

Constantin Cătălin Buștihan^a, Stelian Alexandru Borz^{a,*}

^aDepartment of Forest Engineering, Forest Management Planning and Terrestrial Measurements, Faculty of Silviculture and Forest Engineering, Transilvania University of Brașov, Șirul Beethoven 1, Brașov 500123, Romania, constantin.bustihan@student.unitbv.ro (C.C.B.), stelian.borz@unitbv.ro (S.A.B.).

HIGHLIGHTS

- Estimates of two methods of wound shape approximation are compared to reference data.
- Approximating the shape of the wounds to rectangles overestimates the size of the wounds.
- Approximating the shape to ellipses works relatively well in a certain range of sizes.

ARTICLE INFO

Article history:
Manuscript received: 03 June 2023
Received in revised form: 05 June 2023
Accepted: 05 June 2023
Page count: 18 pages.

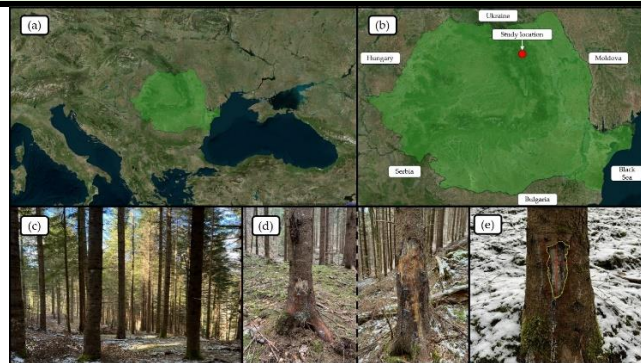
Article type: Research Article

Editor: Stelian Alexandru Borz

Keywords:

Timber harvesting
Mechanical damage
Wound size
Estimation
Accuracy

GRAPHICAL ABSTRACT



ABSTRACT

Mechanically damaging the trees in one of the impacts caused by timber harvesting. There are many methods used to quantify the extent and severity of the damage, many of which share a common feature, namely the use of wound size for classification of the damage. However, no study quantified how the approximation of wounds to given parametric geometrical features may impact the accuracy of residual tree damage estimates. Based on a sample of 70 trees, digital pictures, and manual measurements taken in the field, this study compares the accuracy of estimates obtained by approximating the shape of the wounds to rectangles and ellipses with those obtained by digitizing the wounds seen in pictures. Approximating the shape to a rectangle overestimates the area of the wound proportionally to its size. Approximating the shape to an ellipse works well only in a limited range of sizes and, in general, provides better estimates than those based on rectangles. Future studies should explore the potential of LiDAR, computer vision and deep learning techniques in mapping and estimating the extent and severity of mechanical damage.

* Corresponding author. Tel.: +40-742-042-455.
E-mail address: stelian.borz@unitbv.ro

1. INTRODUCTION

Delivering the wood to industry involves several operational steps, many of which are developed at the felling site and which may have an impact on the forest stands [1]. Mechanical damaging of residual trees is one of the impacts caused by machines to the stands, which may affect further the quality and value of future forests [2]. The extent and severity of mechanical damage depends on several factors such as the type of machines used, type of operation, harvesting system and extraction method used, skills of the workers, stand density, extraction intensity, silvicultural treatment, ground slope, species, and season of operation [2-4]. Although a damage-free operation is usually not possible, one of the goals of planning and implementing timber harvesting operations should be to find ways to limit its extent and severity [5].

Providing recommendations on the most suitable working methods so as to avoid damage to residual trees is typically based on a quantitative evaluation of the damages. Once these quantifications were done, their outcomes are typically linked to relevant quantitative or qualitative factors with the aim to characterize a given harvesting method in terms of damage or to provide information on the best suited harvesting methods to given conditions.

There are many methods and systems which were developed and tested to quantify the extent and severity of mechanical damage to residual trees [e.g. 4, 6-9]. Many of them share a common feature, namely the use of the wound size for some sort of classification that is designed to characterize the mechanical damage. From practical and scientific points of view, the size is important to characterize both the extent and severity of the damage, and many of the quantification systems hold several size classes which are useful to provide information on the severity of damage [6, 8], since wound closure is dependent on its size [2]. Estimation of the wound size is commonly based on taking two measurements that are rather intuitive and easily to identify and visualize in the field. Typically, the height and the width of the wound are taken by a tape, and usually their values are rounded to the nearest centimeter. The height is taken as the maximum height along the tree's taper while the width is taken as the maximum width along the tree's circumference [6]. Then, the area of a wound is approximated to a known, parametric shape such as an ellipse [5] or a rectangle [6], to produce an estimate of the wound's size.

Unfortunately, the shapes of the wounds are frequently more complex than that of a parametric geometrical feature, which rather challenging for a correct estimation of their size. Then, for a given site, it is common in science and practice to use the same parametric feature when estimating the size of the wounds, irrespective of the variability in shape found in the field, which brings some accuracy limitations in estimating the extent and severity of the damage. For instance, an approximation of oval-shaped wounds to rectangles would produce overestimates in size, the same way in which an approximation of rectangularly-shaped wounds to ellipses will produce underestimates in size. Undoubtedly, there are many studies reporting on the damage to the residual trees. For instance, the study of [2] has characterized extensively the problem, being based on many available studies reflecting the causes and effects of mechanical damage. However, to the best knowledge of the authors, no study was carried out to evaluate how the approximation of

wounds to given parametric geometrical features may impact the accuracy of residual tree damage estimates.

The goal of this study was to evaluate how the approximation of wound size to given parametric geometrical features may affect the accuracy of residual stand damage estimations. The objectives of the study were i) to develop a reliable method to estimate the size of the wounds with the main purpose of using its estimates as a reference, ii) to compare the estimates produced by the commonly used size approximation methods to the reference ones and iii) to formulate recommendations for improvement in the methods used to quantify the mechanical damage to residual trees.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Area of study

The field phase of the study was carried out in Neamț county in a forest dominated by Norway spruce (**Figure 1**). Thinning operations were done in the compartment taken into study one year before the collection of the data.

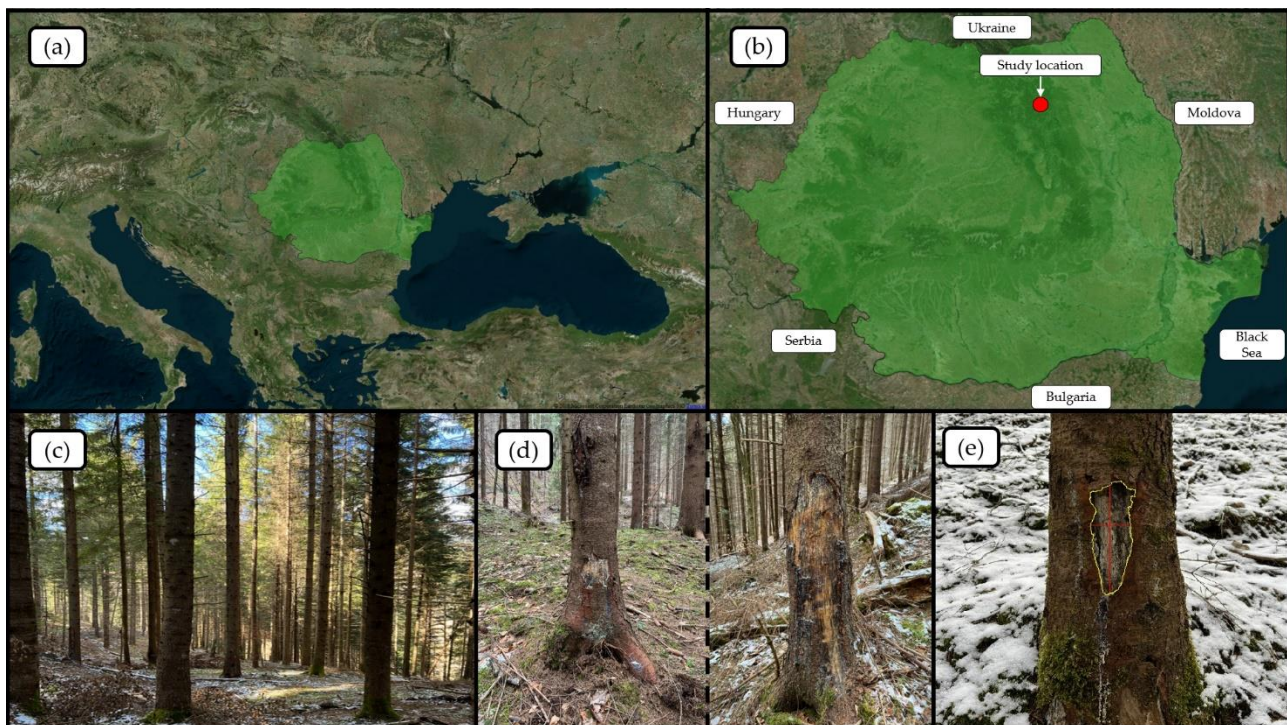


Figure 1. Location of the study. Legend: (a) - location of Romania at the European level, (b) - location of the study area at national level, (c) forest stand after the thinning operations, (d) examples of regularly shaped (left) and irregularly shaped (right) mechanical damages from the study area, (d) - an image processed in AutoCAD Map 3D [10] to determine the size of the wound based on digitization. Source: figure developed and compiled in QGIS [11] and Microsoft® PowerPoint [12] based on field collected photographs and freely-available thematic layers of QGIS.

Buștihan & Borz: Accuracy of commonly used methods in estimating the size of damage...

The area of the forest compartment is of 42.25 hectares, and the area of the harvesting site was of 22 hectares. A detailed description of the site, stand and harvesting parameters is given in **Table 1**.

Table 1. Description of the site taken into study

Parameter	Measurement unit	Value	Comments
Site parameters			
Elevation	m	710-970	Source: Forest management plan
Aspect	-	Northern	Source: Forest management plan
Slope	°	27	Source: Forest management plan
Stand parameters			
Flora	-	<i>Asperula-Dentaria</i>	Source: Forest management plan
Composition	-	40% Norway spruce 20% Silver fir 20% European beech 20% Sycamore maple	Source: Forest management plan
Density before harvesting	tenths	0.9	Source: Forest management plan
Average DBH	cm	18.6	Wood selling documents
Average height	m	13	Wood selling documents
Average tree size	m ³	0.08	Wood selling documents
Volume fore extraction	m ³	1140.81	Wood selling documents
Silvicultural system	-	Thinning	Wood selling documents
Harvesting parameters			
Harvesting system	-	Motor-manual felling and delimiting, pre-skidding and skidding with a cable skidder	-
Harvesting method	-	Tree length	-

Dominant in the extracted volume were the coniferous trees, accounting for 827 m³, followed by beech (237 m³) and other broadleaves (76 m³). Pre-skidding and skidding were done by a skidder equipped with a winch, which is the dominant extraction method used in Romania [1,13].

2.2. Study design and data collection

In total, a number of 70 wounds were taken into study as they were identified on the trees in the field. The field phase of the study consisted of several tasks such as identifying the wounded trees, geo-location of the wounded trees by a handheld GPS unit (Garmin GPSMap 64sx, [14]), measurement of the distance from the wounded tree to the nearest skid trail, and tree level measurements on the wounds. For each wound (**Figure 2**), the maximum height (hereafter h_{max}) and

maximum width (hereafter w_{max}) were measured by a tape to the nearest centimeter. The maximum width was measured along the circumference of the tree. For characterization, the diameter at the breast height (DBH) of each wounded tree was taken to the nearest centimeter by a caliper. Then, the diameter at the lower, middle (D_{mid}) and upper part of the wound were taken as well at the nearest centimeter.

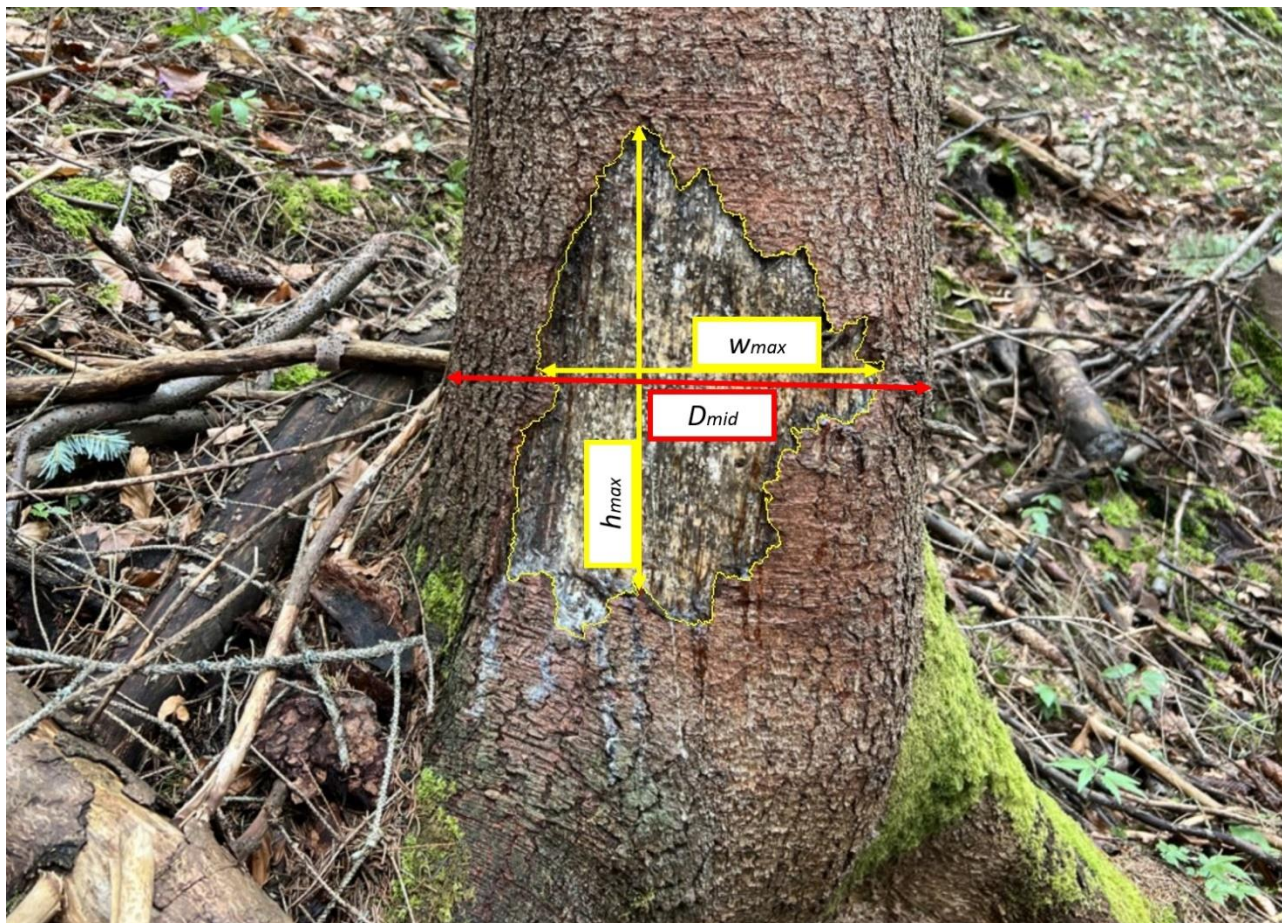


Figure 2. Concept used in the field measurements. Legend: h_{max} - maximum height of the wound, w_{max} - maximum width of the wound, D_{mid} - diameter of the tree measured at the middle of the h_{max} . Note: the border between the wound and bark was digitized as a closed polyline after picture scaling, and then the projected area of the wound was taken from polyline's properties.

In a next step, pictures were taken perpendicularly on the wound from a distance of approximately one meter. The pictures were numbered according to the wound identified on each tree and were paired with the manually taken data. An iPhone 13 ProMax [15] platform was used to collect the pictures in the default mode. The pictures were stored on the device's internal memory and the results of the manually taken measurements were noted on a field book.

2.3. Data processing

At the office, the pictures were downloaded and systematized in folders named by the tree and wound identification numbers. The results of manual measurements were then inserted in a

Buștihan & Borz: Accuracy of commonly used methods in estimating the size of damage...

Microsoft® Excel [12] sheet which included the following features: identification numbers of the trees and wounds, DBH (cm), diameters at the bottom (D_{bot} , cm), middle (D_{mid} , cm) and upper (D_{upp} , cm) part of the wound, maximum wound height (h_{max} , cm) and maximum wound width (w_{max} , cm).

By using AutoCAD Map 3D (student version, 2013) [10], each of the pictures was inserted in the work space, and scaled based on the wound's corresponding h_{max} which was used as a scaling reference. To do so, a line having length equivalent to h_{max} was first drawn in the work space. Then, the corresponding picture was uploaded, rotated (when necessary), scaled and placed so as the maximum height from the picture was fitted to the line previously drawn; then, the projected area of the wound (PA_{auto} , cm²) was measured by finely digitizing the border between the wood and the bark in the form of a closed polyline (**Figure 2**), and the value of the projected area was taken from the polyline's properties.

In a next step, the digital width of the wound (w_{auto}) was measured in AutoCAD to the nearest centimeter for each picture, and the results were used to check the accuracy of the wound's, width data collected manually ($w_{auto} \leq w_{max}$), as well as to compute an area scaling factor for each picture according to **Equation 1**. The best estimate of the real area of the wound (WA_{ref} , cm²) was computed by multiplying the projected area (PA , cm²) with the area scaling factor (ASF) according to the **Equation 2**. This was also done for each picture.

$$ASF \text{ [unitless]} = w_{max} \text{ [cm]} / w_{auto} \text{ [cm]} \quad (1)$$

$$WA_{ref} \text{ [cm}^2\text{]} = PA_{auto} \text{ [cm}^2\text{]} \times ASF \quad (2)$$

Where:

ASF - area scaling factor; w_{max} - maximum width of the wound as measured in the field; w_{auto} - the width of the wound measured in AutoCAD, WA - estimate of the real area of the wound, PA - projected area of the wound as measured by digitization in AutoCAD.

$$WA_{rec} \text{ [cm}^2\text{]} = h_{max} \text{ [cm]} \times w_{max} \text{ [cm]} \quad (3)$$

$$WA_{eli} \text{ [cm}^2\text{]} = h_{max} / 2 \text{ [cm]} \times w_{max} / 2 \text{ [cm]} \times \pi \quad (4)$$

Where:

WA_{rec} - area of the wound approximated with a rectangle; h_{max} - maximum height of the wound as measured in the field; w_{max} - maximum width of the wound as measured in the field; WA_{eli} - area of the wound approximated with an ellipse; π - constant, $\pi = 3.1415$.

For comparison purposes, based on the manually collected data, the areas of the wounds were also estimated by approximation to a rectangle (WA_{rec} , cm²) and an ellipse (WA_{eli} , cm²). The estimations were based on **Equations 3** and **4**.

2.4. Statistical analysis

Statistical analysis aimed at i) describing the data characterizing the wound and sample tree size and at ii) comparing the datasets to estimate the trends in differences. In a first step, descriptive statistics were developed for the diameter at the breast height (DBH , cm), maximum height of the wound (h_{max} , cm), maximum width of the wound (w_{max} , cm), maximum width of the wound measured in AutoCAD (w_{auto} , cm), wound area approximated by a rectangle (WA_{rec} , cm²), wound area approximated by an ellipse (WA_{eli} , cm²), projected area of the wound as measured by digitization in AutoCAD (PA , cm²) and the estimate of the real area of the wound (WA_{ref} , cm²). The descriptive statistics were the minimum, maximum, mean and standard deviation values.

Comparison of data was done in biplots by taking as a reference the value of the estimate of the real area (WA_{ref} , cm²). It was compared with the values of the wound area approximated by a rectangle (WA_{rec} , cm²) and by an ellipse (WA_{eli} , cm²), respectively. The biplots were developed so as to show the identity (equality) line, and the technique of linear regression through origin was used to identify trends in the magnitude of differences. To do so, the wound area approximated by a rectangle (WA_{rec} , cm²) and by an ellipse (WA_{eli} , cm²), respectively, were used as explained variables, and the value of the estimate of the real area of the wound (WA_{ref} , cm²) was used as an explanatory variable. Simplified Bland and Altman plots were developed to show the differences between the reference and compared estimates. Two plots were developed; the first one was used to show the differences between the real area of the wound (WA_{ref} , cm²) and the wound area approximated by a rectangle (WA_{rec} , cm²) against their mean values, and the second one was used to show the differences between the real area of the wound (WA_{ref} , cm²) and the wound area approximated by an ellipse (WA_{eli} , cm²) against their mean values. Then, the differences between the real area of the wound (WA_{ref} , cm²) and the areas approximated by a rectangle (WA_{rec} , cm²) and an ellipse (WA_{eli} , cm²), respectively, were checked by the use of the common error metrics such as the bias ($BIAS$), mean absolute error (MAE), and root mean squared error ($RMSE$). These were applied to the sample with the main goal of characterizing the differences in the range of values observed, as well as on categories of wound size, to show how the differences may be affected by the wound size. In this last case, the categories of size taken into analysis were the following: ≤ 100 , 101-200, 201-300, 301-400 and > 400 cm². All the analytical steps, as well as the development of plots supporting the statistical analysis were done in Microsoft Excel®.

3. RESULTS

3.1. Descriptive statistics of the wound size

The main descriptive statistics of the wound-related variables are presented in **Table 2**. DBH of the sampled trees varied between 19 and 48 cm, averaging approximately 32 cm. The identified

wounds had heights between 7 and 133 cm and widths between 4 and 32 cm. The average wound had a height and a width of approximately 30 and 16 cm, respectively.

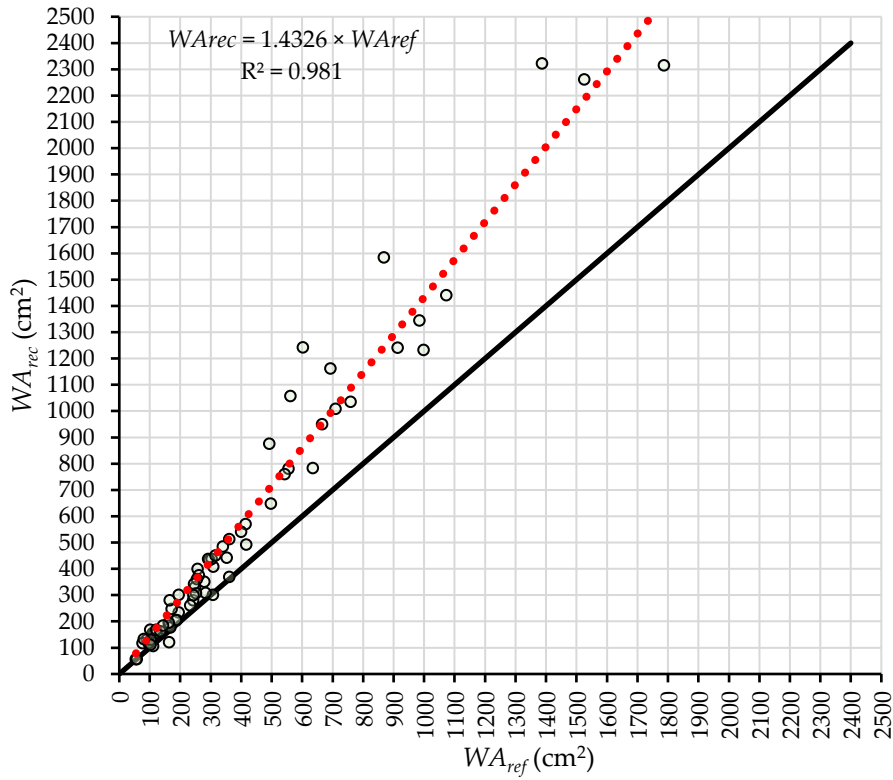
Table 2. Descriptive statistics of wound-related variables

Parameter	Minimum value	Maximum value	Mean value	Standard deviation
Diameter at the breast height (DBH , cm)	19	48	31.74	6.74
Maximum height of the wound (h_{max} , cm)	7	133	30.46	22.06
Maximum width of the wound (w_{max} , cm)	4	32	15.84	6.58
Maximum width of the wound measured in AutoCAD (w_{auto} , cm)	3	30	14.86	6.10
Wound area approximated by a rectangle (WA_{rec} , cm ²)	56	2322	541.57	531.19
Wound area approximated by an ellipse (WA_{eli} , cm ²)	44	1824	425.34	417.18
Projected area of the wound as measured by digitization in AutoCAD (PA , cm ²)	41	1787	362.66	337.44
Estimate of the real area of the wound (WA_{ref} , cm ²)	55	1787	386.16	354.58

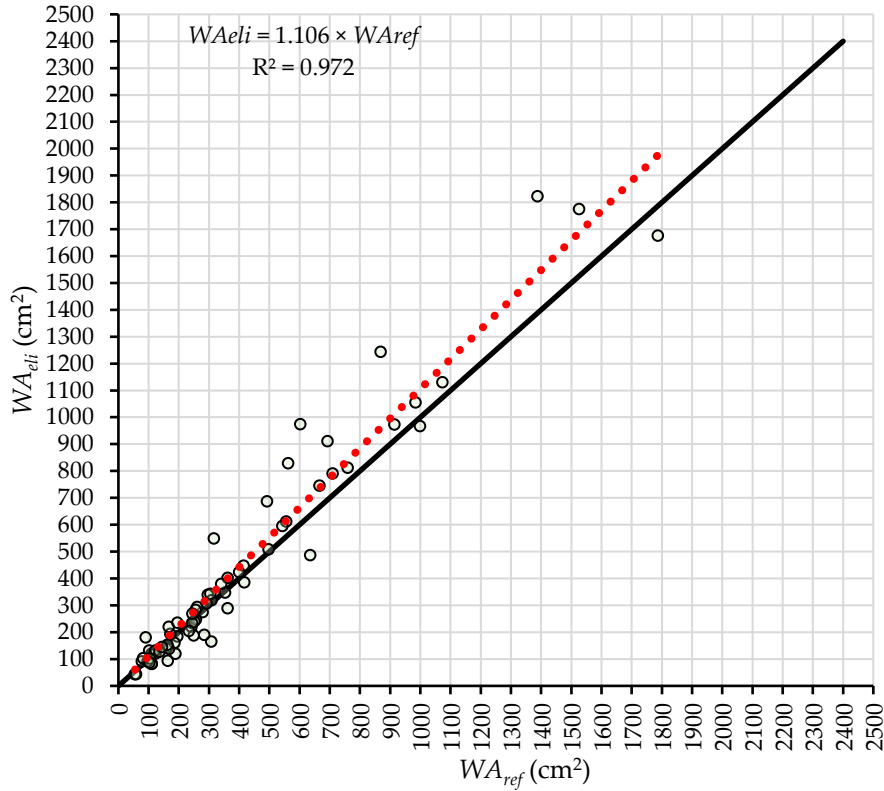
The width of the wound measured in AutoCAD was smaller though close in size with the real one. It varied between 3 and 30 cm, averaging approximately 15 cm (Table 2). Based on the field collected data on the height (h_{max}) and width (w_{max}) of the wounds, as well as on the area estimated by digitization in AutoCAD, there were important differences in the areas approximated by a rectangle (WA_{rec}), an ellipse (WA_{eli}) and the area calculated by digitization (WA_{ref}), respectively, as shown in Table 2.

3.2. Differences in wound area estimates

There were important differences between the wound areas approximated by a rectangle (WA_{rec} , cm²) and the wound areas taken as a reference (WA_{ref} , cm²), as shown in Figure 3a. As a fact, approximating the wound areas by rectangles, largely overestimated the reference areas in a size domain exceeding 100 cm². As the size of the wound increased, so did the overestimation by approximating it to a rectangle, with differences that exceeded 500 cm² for large wounds (Figure 3a). The model of the regression through origin, indicated an increase in overestimation of 1.4 times the reference wound area. There were also differences between the wound areas approximated by an ellipse (WA_{eli} , cm²) and the wound areas taken as a reference (WA_{ref} , cm²), as shown in Figure 3b, but these were of a lower magnitude. As shown, there was a trend of over-estimating the area by approximation to an ellipse, but the model of the regression through origin indicated a lower slope, therefore a lower magnitude in overestimation as a function of the wound size. Up to wound sizes of 400 cm², the differences between the area approximated to an ellipse and the reference wound area was in a range of ± 100 cm², without a clear trend of over- or underestimation. Beyond this threshold, there was a trend indicating an overestimation of the area.



a



b

Figure 3. Agreement between the reference area of the wound (WA_{ref}) and the wound areas approximated by a rectangle (WA_{rec} , panel a) and an ellipse (WA_{eli} , panel b). Legend: black diagonal line stands for the identity (equality) line and the red dotted line stands for the regression through origin line.

Similar findings may be seen in **Figure 4**, which shows the simplified Bland-Altman plots mapping the differences against the mean values. **Figure 4a**, for instance shows the differences between the reference wound areas and the wound areas approximated to a rectangle. As shown, as the wound area increased, the differences between WA_{ref} and WA_{rec} became larger, indicating that the size of the wound is a factor that affects the magnitude in estimations. In most cases, the differences were negative, therefore approximating the wound areas by a rectangle increasingly outputted higher values as opposed to the reference wound areas, indicating the trend of overestimation.

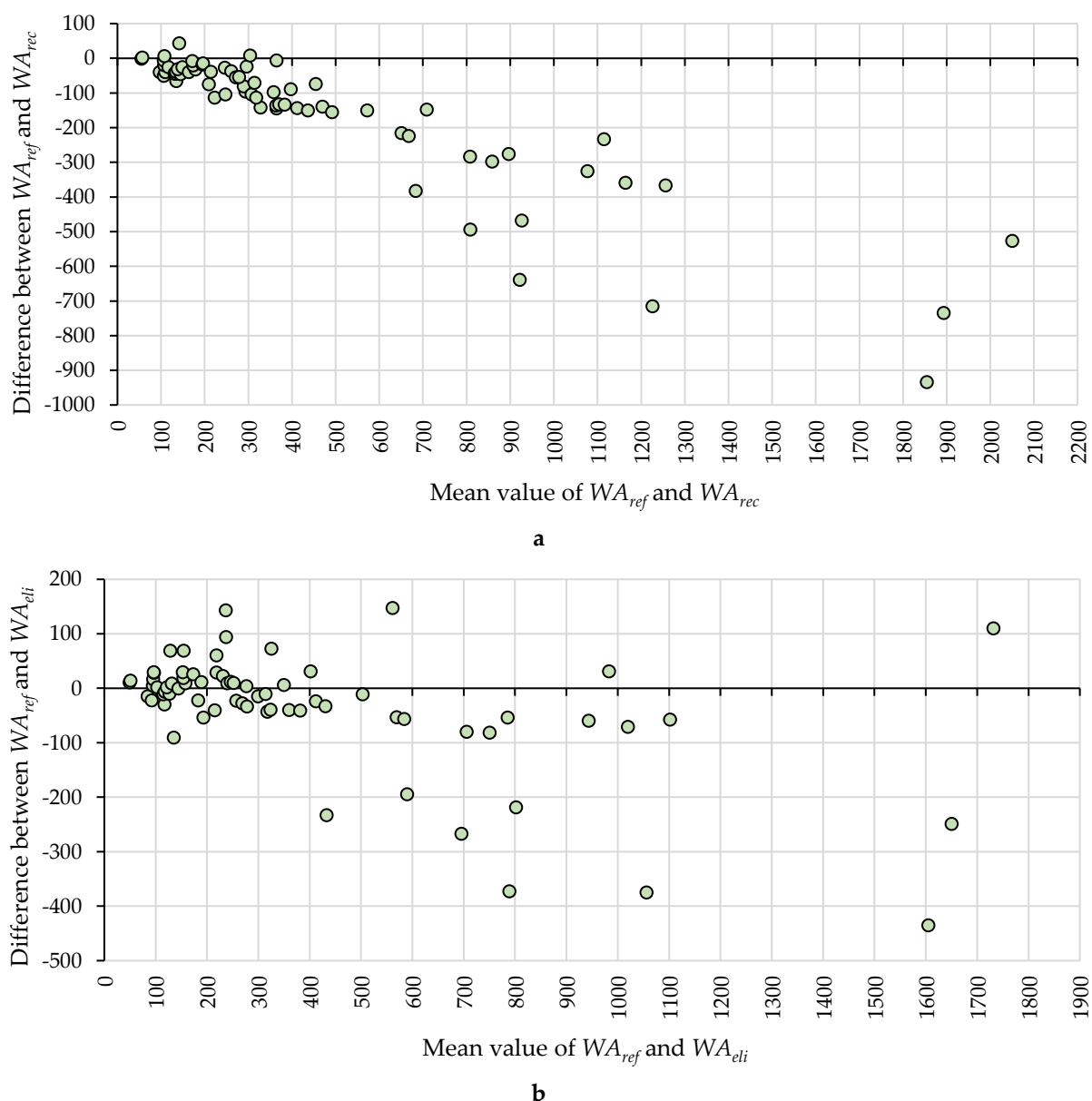


Figure 4. Simplified Bland and Altman plots of the differences between the reference wound area and the area of wounds approximated by a rectangle (WA_{rec} , panel a) and an ellipse (WA_{eli} , panel b).

The trend was not the same when approximating the wound areas to ellipses, as shown in **Figure 4b**. Here, the magnitude of over- and underestimation increased by the wound size; however, the general trend was not to overestimate, at least in the range of up to 400 cm².

Tables 3 and **4** show the results of the main difference metrics for the area approximated to a rectangle (**Table 3**) and to an ellipse (**Table 4**). When approximating the wound area to a rectangle, there was a general overestimation by approximately 155 cm² (*BIAS*, **Table 3**). However, the magnitude of overestimation increased as a function of the wound size. For those wounds having an area of less than 100 cm², the difference was of up to 25 cm² as opposed to the wounds having a size of more than 400 cm², where the overestimation accounted for more than 300 cm². Mean absolute error (*MAE*, **Table 3**) and the root mean squared error (*RMSE*, **Table 3**) had similar trends, consistently showing that the magnitude of overestimation depended on the wound size.

Table 3. Difference metrics on categories of sizes for the wound area approximated to a rectangle

Wound size	BIAS	MAE	RMSE
≤ 100 cm ²	-24.92	25.68	32.03
101 – 200 cm ²	-35.55	40.25	49.24
201 – 300 cm ²	-83.69	83.69	93.32
301 – 400 cm ²	-98.47	100.25	113.57
> 400 cm ²	-381.36	381.36	439.84
Overall	-155.41	157.11	249.26

Table 4. Difference metrics on categories of sizes for the wound area approximated to an ellipse

Wound size	BIAS	MAE	RMSE
≤ 100 cm ²	-16.21	26.28	39.28
101 – 200 cm ²	7.09	23.49	30.71
201 – 300 cm ²	7.64	29.42	37.88
301 – 400 cm ²	-18.30	67.62	97.47
> 400 cm ²	-128.66	160.14	189.98
Overall	-39.17	57.23	105.26

When approximating the wound size by an ellipse, the difference metrics indicated a lower magnitude in overestimation (**Table 4**). Overall, there was an overestimation of up to 40 cm² (*BIAS*, **Table 4**), but on size categories, there were some cases showing a slight underestimation (101 to 300 cm²). Mean absolute error (*MAE*, **Table 4**) and the root mean squared error (*RMSE*, **Table 4**) had similar trends, showing small differences in estimates for wound sizes of up to 300 cm².

By comparing the difference metrics of the two methods of approximating the wound areas, one can see that an approximation by an ellipse consistently returned results that were closer to ground truth as opposed to the approximation by rectangles. By various difference metrics, approximating the wound areas by ellipses returned differences which were 2 to 4 times less as opposed to approximating the wound areas by rectangles (**Tables 3** and **4**). Also, in the range of wound sizes of up to 300 cm², there was no evident trend in increasing or decreasing the magnitude of differences when approximating the wound areas by ellipses, which was different in the case of approximating them by rectangles; in this last case the differences had an increasing trend.

4. DISCUSSION

4.1. Methods used to estimate the wound area

Based on the research done so far on the topic, there is no method able to give an exact resemblance of the wound size. Collecting data in the form of maximum height and width of the wound is easy and intuitive in the field since one can readily spot such dimensions on the trees. However, there are instances in which this could be time consuming, particularly when the wounds have a complex shape featuring several candidates for height and width, which was the case of this study when collecting the field data, and which could have some effects on the estimates. On the other hand, taking digital pictures with the aim of digitizing the edge of the wounds holds the advantage of a more accurate tracking of the wound shape. Since the pictures were taken perpendicularly on the wounds, the wound sizes estimated from them could stand for a more accurate representation of the ground truth. However, this procedure has some limitations, namely the need to scale the pictures, and the high amount of time spent to digitize the edges so as to extract their size. The pictures were scaled in this study based on the height of the wounds therefore, a transformation was required over the area obtained from digitization so as to account for the roundness of the tree on the wound's width. In addition, area estimates of the wounds showing a large height could have been affected by the fact that no corrections were added to account for the deviance from a straight line. To get more accurate estimates, there are several technologies on the market that could support either the effort of collecting the height and width, or the whole process of mapping the size of the wounds. Previous studies have demonstrated that LiDAR technology integrated in low-cost devices may prove accurate in estimating wood biometrics when using freeware software for measuring the length and diameter of the logs [16]. To some extent, this technology could be adapted to get reliable estimates on the width and height of the wounds. Computer vision and deep learning algorithms have progressed at an increased pace so as today they are able to perform object- and instance-based segmentation of the pictures [17] which could stand for another way of getting more reliable data. However, this approach to the problem would require testing for scalability. Most probably, a combination between LiDAR and other computer vision algorithms would be a good approach to automatically detecting and measuring the size of the wounds. Last but not least, LiDAR technology is currently able to provide centimeter accuracy in forests. Several platforms were tested with the aim of finding effective solutions to wood measurement [18-21], many of which could be adapted to support the evaluation of the extent and severity of mechanical damage. The device used in this study to collect the pictures is equipped with a close-range LiDAR sensor and some attempts were taken to scan the wounds. Some examples of wound scans are shown in the Appendix section, indicating the potential of using this technology for measuring the mechanical damage to the trees.

4.2. Agreement of the methods and limitations

Estimating the extent and severity of mechanical damage to the residual trees has been carried out by manual methods which involve the collection of dimensional data serving to the quantification of the wound size. Most commonly, the size of a wound is approximated to a rectangle based on its height and width that are measured on the tree. This procedure may work very well

when the shape of the wound resembles a square or a rectangle. However, when there is a significant deviation from these geometrical shapes the accuracy of the method drops significantly, as shown by this study. As a fact, approximating the shape of the wound to a rectangle tends to overestimate the size of the wounds, which may have implications at least for practice. Compared to the reference areas which were estimated by digitization, the approximation of wound sizes to a rectangle was characterized by a proportional bias, showing that as the size of the wound increases, the difference between the reference area and the area approximated by a rectangle increases also. By the results of the regression through origin, the magnitude in overestimation may be of a factor of 1.4.

Approximating the area of the wounds by an ellipse has returned results that agreed more with the reference data. Particularly in the range of sizes of up to 400 cm², the differences were in the range of ± 100 cm². For larger sizes, however, the differences started to increase, which could be the effect of the wounds' shape. Overall, the approximation of the wound shape by an ellipse worked better compared to the approximation by a rectangle. Some examples of wound shapes and their areas estimated by digitization and by approximation to a rectangle and to an ellipse are given in the Appendix section.

4.3. Limitations of the study

For better predictions on how the method of wound shape approximation would work, a sample of consistent size would be required to reflect both the variability in size and in the shape of the wounds. One limitation of this study is that it is based on a limited amount of information. However, some variability in the size and shape of the wounds was present in the sample used to compare the outcomes in estimates. Although the best effort has been given in the field to detect and measure the maximum height and width of each wound, in some cases these may be missed or in the office part they could run on slightly different directions in the pictures. Future work attempting to quantify the wound size by the methods described herein should consider placing marks on the points between which the measurements are taken. This step was omitted in this study because the collected pictures were also intended for checking the capabilities of some computer vision algorithms in detecting the wounds in pictures and quantifying their size.

5. CONCLUSIONS

Based on the results of this study, the following may be concluded:

- 1) There are important differences in estimates produced by the method used to approximate the area of a wound, even though the values used to compute the areas were the same. Although not specifically compared in this study, by its geometrical properties, the approximation by an ellipse will always return lower values in wound size as compared to an approximation by a rectangle;
- 2) Approximating the shape of a wound by an ellipse provides more accurate results on the size of the wounds as opposed to approximating their size by rectangles. This was shown by the difference metrics used, consistently indicating that the wound size estimates by

approximation to an ellipse were closer to the reference data. Therefore, based on the results of this study, the manually collected data could be used to provide estimates in wound size by giving priority to the shape approximation to an ellipse;

- 3) Approximating the shape of the wounds by a rectangle would produce proportional deviations from the ground truth, as proved by the results of this study, which will have a magnitude proportional to the size of the wounds.

SUPPLEMENTARY MATERIALS

Not the case.

FUNDING

This work received no funding.

ACKNOWLEDGEMENTS

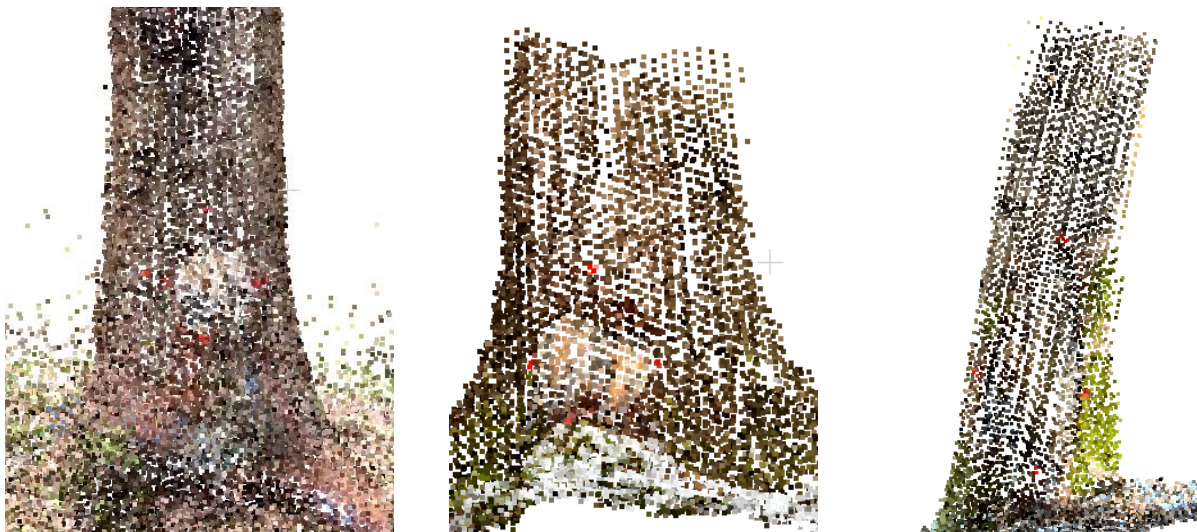
The Authors would like to thank to the management of the forest district that logistically supported this study and who wished to remain anonymous. Also, the Authors would like to thank to the Department of Forest Engineering, Forest Management Planning and Terrestrial Measurements, Faculty of Silviculture and Forest Engineering, Transilvania University of Brasov, for providing the equipment needed in the field data collection activities.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

APPENDIX

APPENDIX A – Examples of scans run by the close-range LiDAR sensor of the iPhone 13 Pro Max platform used to collect pictures



APPENDIX B – Examples of wounds and their areas obtained by digitization and by approximation to a rectangle and an ellipse



$WA_{rec} = 105 \text{ cm}^2$
 $WA_{eli} = 82 \text{ cm}^2$
 $WA_{ref} = 111 \text{ cm}^2$



$WA_{rec} = 2322 \text{ cm}^2$
 $WA_{eli} = 1824 \text{ cm}^2$
 $WA_{ref} = 1388 \text{ cm}^2$



$WA_{rec} = 280 \text{ cm}^2$
 $WA_{eli} = 220 \text{ cm}^2$
 $WA_{ref} = 242 \text{ cm}^2$



$WA_{rec} = 1161 \text{ cm}^2$
 $WA_{eli} = 912 \text{ cm}^2$
 $WA_{ref} = 693 \text{ cm}^2$



$WA_{rec} = 300 \text{ cm}^2$
 $WA_{eli} = 236 \text{ cm}^2$
 $WA_{ref} = 308 \text{ cm}^2$



$WA_{rec} = 1242 \text{ cm}^2$
 $WA_{eli} = 975 \text{ cm}^2$
 $WA_{ref} = 602 \text{ cm}^2$



$WA_{rec} = 759 \text{ cm}^2$
 $WA_{eli} = 596 \text{ cm}^2$
 $WA_{ref} = 543 \text{ cm}^2$



$WA_{rec} = 195 \text{ cm}^2$
 $WA_{eli} = 153 \text{ cm}^2$
 $WA_{ref} = 163 \text{ cm}^2$



$WA_{rec} = 875 \text{ cm}^2$
 $WA_{eli} = 687 \text{ cm}^2$
 $WA_{ref} = 493 \text{ cm}^2$

EXTENDED ABSTRACT – REZUMAT EXTINS

Titlu în română: Acuratețea metodelor tradiționale folosite pentru estimarea mărimii prejudiciilor aduse arborilor

Introducere: Introducerea lemnului în circuitul economic necesită implementarea mai multor operații, multe dintre acestea fiind realizate în pădure și având un anumit impact asupra arboretelor. Prejudiciile aduse arborilor pe picior pot să influențeze negativ calitatea și valoarea arboretelor, motiv pentru care unul dintre obiectivele principale ale planificării și organizării exploatării lemnului ar trebui să fie acela de a limita amploarea acestora. Există mai multe metode și sisteme care se folosesc pentru a cuantifica nivelul prejudiciilor aduse arborilor remanenți. Multe dintre acestea folosesc mărimea rănilor pentru a clasifica amploarea prejudiciilor prin asimilarea formei acestora cu forme geometrice cunoscute. Din păcate, forma rănilor este de multe ori mult mai complexă decât cea a formelor geometrice folosite, ceea ce poate să cauzeze erori importante în estimare. Deși există multe studii cu privire la mărimea prejudiciilor și factorii care le cauzează, nu s-au identificat studii care să evalueze modul în care aproximarea formei rănilor poate să influențeze acuratețea rezultatelor.

Materiale și metode: Acest studiu are al bază un eșantion de 70 de arbori pe care s-au identificat răni cauzate de colectarea lemnului cu tractoare. Pentru toți arborii s-au cules date de teren cu privire la înălțimea și lățimea maximă a fiecărei răni, precum și alte date cum ar fi diametrul la înălțimea pieptului și diametrul la mijlocul fiecărei răni identificate. Apoi s-au preluat fotografiile de la distanța de un metru, perpendicular pe suprafața rănilor. În etapa de birou, datele colectate manual s-au utilizat pentru a estima mărimea rănilor prin asimilarea formei acestora cu dreptunghiuri și cu elipse. Fotografiile au fost prelucrate în AutoCAD Map 3D prin aducerea la scară reală, digitizarea conturului rănilor și estimarea ariei acestora. Setul de date obținut prin prelucrare digitală a servit drept referință pentru compararea cu datele provenite din măsurătorile manuale. Pentru comparare s-au elaborat grafice și modele de regresie liniară fără termen liber, precum și grafice simplificate Bland-Altman. În plus s-au calculat diferențele medii, eroarea medie absolută și eroarea medie pătratică.

Rezultate și discuții: Luând ca referință setul de date obținut prin prelucrare digitală, aproximarea suprafețelor rănilor cu dreptunghiuri a supraestimat aria reală și a fost caracterizat de proporționalitate în mărimea supraestimărilor astfel că, în măsura în care mărimea rănilor a crescut, a crescut și mărimea supraestimării. Aproximarea suprafețelor rănilor cu elipse a furnizat rezultate mai apropiate de cele reale, mai ales până la mărimi de la 400 cm². Ambele metode de aproximare a suprafeței rănilor au fost caracterizate de o acuratețe mai ridicată la rănilor cu suprafețe mici. Diferențele medii dintre ariile luate ca date de referință și cele estimate prin aproximarea cu dreptunghiuri și cu elipse au fost de –155 și, respectiv, –39 cm². Diferențele medii dintre ariile luate ca date de referință și cele estimate prin aproximarea cu dreptunghiuri au arătat un trend crescător până la 400 cm² iar diferențele medii dintre ariile luate ca date de referință și cele estimate prin aproximarea cu elipse nu au fost caracterizate de un trend dat până la 400 cm². Unul dintre principalele neajunsuri ale metodei folosite pentru a genera datele de referință este cea legată de consumul de timp ridicat pentru aducerea la scară și digitizarea conturilor rănilor pe fotografii. Din acest punct de vedere, algoritmi inteligenți de ultimă generație precum și tehnologii avansate cum este cea LiDAR și viziunea computerizată pot să aibă un potențial ridicat în estimarea amplitudinii și mărimii prejudiciilor aduse arborilor. De asemenea, dacă se optează pentru aplicarea metodei digitale descrisă în acest studiu, este necesară marcarea punctelor între care se realizează măsurătorile manuale, ceea ce poate să asigure o prelucrare mai ușoară a fotografiilor.

Concluzii: Raportat la datele de referință folosite în acest studiu, aproximarea ariilor rănilor cu dreptunghiuri și elipse generează erori în estimările care se fac. Pe baza datelor măsurate în teren, aproximarea ariei rănilor cu elipse va genera rezultate mai apropiate de realitate în comparație cu aproximarea cu dreptunghiuri, ultima modalitate de aproximare generând și diferențe a căror mărime este proporțională cu mărimea rănilor.

Cuvinte cheie: exploatarea lemnului, prejudicii, mărime, estimare, acuratețe.

REFERENCES

1. Oprea I., 2008: Tehnologia exploatării lemnului. Editura Universității Transilvania din Brașov, 237p.
2. Vasiliauskas, R., 2001: Damage to trees due to forestry operations and its pathological significance in temperate forests. *Forestry*, 74, 320-331.
3. Danilović M., Kosovski M., Gačić D., Antić S., Stojnić D., 2015: Damage to residual trees and regeneration during felling and timber extraction in mixed and pure beech stands. *Šumarski list*, 5-6, 253-262.
4. Limbeck - Lilienau B., 2003: Residual stand damage caused by mechanized harvesting systems. Proceedings of the Austro 2003 meeting: High tech forest operations for mountainous terrain, October 5-9, Schlaegl, Austria, 11p.
5. Picchio R., Tavankar F., Bonyad A., Mederski P.S., Venanzi R., Nikooy M., 2019: Detailed analysis of residual stand damage due to winching on steep terrains, *Small-scale Forestry*, 18, 255-277.
6. Ciubotaru A., 2005: Stabilirea nivelului maxim al prejudiciilor admise prin activitatea de exploatare a pădurilor. Referat final al contractului nr. 55/2004, 175p.
7. Han H.S., Kellogg L.D., 2000: A comparison of sampling methods for measuring residual stand damage from commercial thinning. *International Journal of Forest Engineering*, 11(1), 63-71.
8. Meng W., 1978: Baumverletzungen Durch Transportvorgänge Bei Der Holzernte-Ausab Und Verteilung, Folgeschaden Am Holz Und Versuch Ihrer Bevertung. *Schriftenreihe Der LFV*. 53, 159-165.
9. Froese K., Han H.S., 2006: Residual stand damage from cut-to-length thinning of a mixed conifer stand in Northern Idaho. *Western Journal of Applied Forestry*, 21, 142-148.
10. AutoCAD Map 3D, version 2013, available at: www.autodesk.com, accessed: 2013.
11. QGIS, available at: <https://qgis.org/en/site/>, accessed: 03.06.2023.
12. Microsoft ® Office. Available at: <https://www.microsoft.com>, accessed: 03.06.2023.
13. Moskalik T., Borz S.A., Dvorák J., Ferencik M., Glushkov S., Muiste P., Lazdinš A., Styranivsky O., 2017: Timber harvesting methods in Eastern European countries: A review. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 38, 231–241.
14. Garmin GPS map 64sx. Available at: https://www8.garmin.com/manuals/webhelp/gpsmap64/EN-US/GPSMAP_64_OM_EN-US.pdf, accessed: 05.06.2023.
15. iPhone 13 Pro Max. Available at: <https://www.apple.com/ro/iphone-13-pro/>, accessed: 05.06.2023.
16. Borz S.A., Morocho Toaza J.M., Forkuo G.O., Marcu M.V., 2022: Potential of Measure app in estimating log biometrics: A comparison with conventional log measurement. *Forests* 13, 1028.
17. ilastik. Available at: <https://www.ilastik.org/>, accessed: 05.06.2023.
18. de Miguel-Díez F., Reder S., Wallor E., Bahr H., Blasko L., Mund J.-P., Cremer T., 2022: Further application of using a personal laser scanner and simultaneous localization and mapping technology to estimate log's volume and its comparison with traditional methods. *International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation*, 109, 102779.

Buștihan & Borz: Accuracy of commonly used methods in estimating the size of damage...

19. Balenović I., Liang X., Jurjević L., Hyyppä J., Seletković A., Kukko A., 2021: Hand-held personal laser scanning - current status and perspectives for forest inventory application. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 42, 165-183.
20. Tomašić J., Saloň S., Tunák D., Chudy F., Kardoš M., 2017: Tango in forests - an initial experience of the use of new Google technology in connection with forest inventory tasks. *Computers and Electronics in Agriculture*, 141, 109-117.
21. Niță M.D., Borz S.A., 2023: Accuracy of a Smartphone-based freeware solution and two shape reconstruction algorithms in log volume measurements. *Computers and Electronics in Agriculture* 205, 107653. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107653>



EPIPACTIS LEPTOCHILA (GODFERY) GODFERY (ORCHIDACEAE) - SPECIE NOUĂ PENTRU FLORA REPUBLICII MOLDOVA

Victor Sfeclă^{a,b,*}, Irina Sfeclă^b, Veaceslav Ghendov^b

^aUniversitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea de Științe Agricole Silvice și ale Mediului, str. Mircești, 48, MD-2049, Chișinău, Republica Moldova, victor.sfecla@spp.utm.md (V.S.).

^bGrădina Botanică Națională (Institut) „Alexandru Ciubotaru” a USM, str. Pădurii, 18, MD-2002, Chișinău, Republica Moldova, irinasfecla@gmail.com (I.S.); v_ghendov@mail.ru (V.G.).

REPERE

- *Epipactis leptochila* (Godfery) Godfery, specie nouă pentru flora Republicii Moldova.
- Evidențierea particularităților corologice și eco-cenotice în care vegetează populațiile în aria protejată „Dobrușa”.
- Stabilirea categoriei de raritate conform criteriilor de raritate pentru plante, IUCN.

INFORMAȚII ARTICOL

Istoricul articolului:

Manuscris primit la: 05 iunie 2023

Primit în forma revizuită: 06 iunie 2023

Acceptat: 06 iunie 2023

Număr de pagini: 12 pagini.

Tipul articolului: Cercetare

Editor: Stelian Alexandru Borz

Cuvinte cheie:

Flora Republicii Moldova

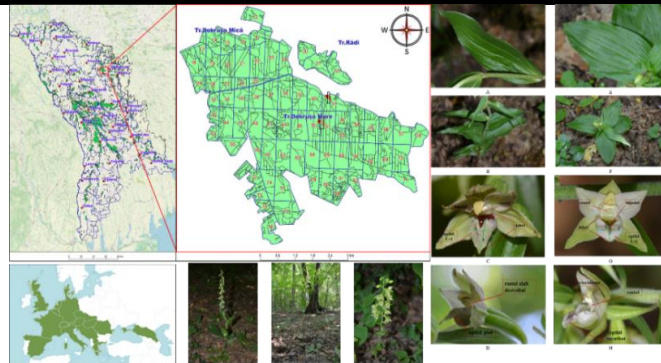
Aria protejată „Dobrușa”

Epipactis leptochila

Orchidaceae

Specie nouă

REZUMAT GRAFIC



REZUMAT

Studiile privind răspândirea și condițiile ecologice ale cenozelor de plante rare sunt necesare în dezvoltarea principiilor pentru protejarea acestora. Actualmente este cunoscut arealul pentru majoritatea speciilor rare din flora Europei de Est. Totodată, pentru multe dintre acestea sunt necesare studii aprofundate privind corologia, atât la nivel regional, cât și local. În această lucrare este raportată și descrisă o specie nouă, nerelată anterior pentru flora vasculară a Republicii Moldova, și anume *Epipactis leptochila* (Godfery) Godfery. În cadrul rezervației peisagistice „Dobrușa” este răspândită la altitudini de 240-280 m, în arborete de amestec în care predomină stejarul pedunculat, frasinul și carpenul. Cercetările au vizat evidențierea caracterelor morfologice distinctive și particularitățile corologice, habitatul, ecologia, perioada de înflorire și efectivul populațiilor de *E. leptochila*. Datorită distribuției limitate, se sugerează necesitatea includerii speciei *E. leptochila* în cea de-a IV-a ediție a Cărții Roșii a Republicii Moldova atribuindu-i-se categoria de raritate - Critic periclitată (CR).

* Autor corespondent. Tel.: +373-69533063.

Adresa de e-mail: victor.sfecla@spp.utm.md

1. INTRODUCERE

Genul *Epipactis* Zinn (Dumbrăviță) este unul dintre cele mai reprezentative, diverse și taxonomic dificile genuri ale familiei Orchidaceae Juss., ce cuprinde între 60 și 80 de specii răspândite în zonele cu climă temperată și subtropicală a Europei, Asiei, Americii de Nord și Africii [1, 2]. Complexitatea acestui gen poate fi rezultatul schimbărilor în sistemul de reproducere prin tranziția de la alogamie la autogamie [3,4]. În lucrarea științifică „Flora Europaea” pentru teritoriul Europei sunt raportate nouă specii [5], însă bazele de date online ce furnizează date mai recente atestă pentru această regiune 48 de specii [6]. În flora spontană a Republicii Moldova au fost identificate patru specii de Dumbrăviță [7-9], dintre care două sunt incluse în Cartea Roșie a Republicii Moldova (ediția a 3-a): *Epipactis palustris* (L.) Crantz și *E. purpurata* Sm. [10, 11]. În rezervația peisagistică „Dobrușa” au fost evidențiate două specii: *E. purpurata* Sm. și *E. helleborine* (L.) Crantz [12, 13]. Genul *Epipactis* cuprinde plante erbacee perene, geofite, rizomifere, cu lăstari erecti și inflorescențe racemoase terminale [5,7]. Toate speciile de *Epipactis* sunt plante cu potențial ornamental [14, 15], însă în condiții de cultură s-au dovedit a fi destul de capricioase. Cultivate *ex situ* (translocate din fitocenoze naturale), dumbrăvițele nu înfloresc în mod regulat, formează lăstari slabi, are loc inhibarea treptată și apoi moartea plantelor. Sunt sensibile la transplantare, reușita fiind de 20-25% [16].

În această lucrare este raportată și descrisă o specie nouă de *Epipactis*, nerelată anterior pentru teritoriul Republicii Moldova, și anume *Epipactis leptochila* (Godfery) Godfery. Cercetările noastre au avut drept scop evidențierea caracterelor morfologice distinctive și particularitățile corologice ale speciei *E. leptochila*.

2. MATERIALE ȘI METODE

Acest studiu este bazat pe cercetările floristice de teren efectuate în decursul sezoanelor de vegetație 2018-2022 în cadrul rezervației peisagistice „Dobrușa”, amplasată în raionul Șoldănești, între satele Olișcani, Chipeșca, Dobrușa și râul Ciorna. Aceasta are suprafața de 2634 ha și este gestionată de Ocolul Silvic Olișcani din cadrul Întreprinderii pentru Silvicultură Șoldănești [17].

Ca rezultat al cercetărilor floristice, realizate în conformitate cu metodologia școlii fitocenologice Europene [18], a fost identificată o specie nouă de *Epipactis* atât pentru arealul rezervației „Dobrușa” cât și pentru întreg teritoriul Republicii Moldova. Specimenul colectat de *E. leptochila* a fost erborizat și depus în Herbarul Grădinii Botanice Naționale „Al. Ciubotaru” (**Figura 1**). Specia a fost determinată după metoda clasică comparativ-morfologică [19-21], utilizând literatura floristică regională [5, 22, 23]. Nomenclatura binară a speciei este în conformitate cu nomenclatura internațională, actuală, precum: *The World Flora Online*, *FloraVeg.EU*, și *IPNI* [6,24,25], iar denumirea în limba română a fost atribuită corespunzător Determinatorului de plante din Flora Republicii Moldova [8]. Evaluarea speciei și atribuirea categoriei de periclitare pentru Republica Moldova s-a realizat în conformitate cu criteriile adoptate de Uniunea Internațională pentru

Sfeclă et al.: *Epipactis leptochila* - specie nouă pentru flora Republicii Moldova...

Conservarea Naturii [26]. Distribuția generală a speciei este prezentată în conformitate cu baza de date *Plants of the World online* și *IUCN Red List* [27, 28].



Figura 1. *Epipactis leptochila* (Godfery) Godfery: a – exemplar *in situ*; b – exsiccated

Pentru caracterizarea ambianței eco-cenotice în care vegetează populațiile de Dumbrăviță leptohilă, au fost efectuate descrieri floristice. Descrierea arboretelor s-a făcut conform metodelor utilizate în cercetarea ecosistemelor forestiere, prin înregistrarea pe teren a principalelor caracteristici structurale (compoziția, consistența, vârsta) [29], dar și a datelor din evidența descrierilor parcelare pentru Ocolul Silvic Olișcani [30]. Coordonatele punctelor de creștere, altitudinea și expoziția au fost stabilite utilizând dispozitivul GPS (model GPSMAP® 64s marca GARMIN). Harta privind răspândirea speciei *E. leptochila* pe teritoriul Republicii Moldova a fost elaborată utilizând aplicația gratuită cu sursă deschisă QGIS (GIS - Sistem de Informații Geografice). Pentru o confirmare mai amplă, rezultatele cercetărilor realizate au fost însoțite de fotografiile. Fotografiile au fost realizate cu aparatul de fotografiat Nikon 5200.

3. REZULTATE ȘI DISCUȚII

Etimologia numelui „*leptochila*” este aglutinarea a două cuvinte grecești: „λεπτό” - subțire și „χείλος” - buză. În cazul speciei *E. leptochila*, forma buzei inferioare, numită și labium, reprezintă unul din caracterele distinctive de determinare. În această ordine de idei, propunem nomenclatura speciei în limba română „Dumbrăviță leptohilă”, prin calchierea denumirii latine.

Epipactis leptochila (Godfery) Godfery, 1921, Jour. Bot. 59: 146; Moore, 1980, Fl. Europ. 5: 327; Ciocârlan, 2009, Fl. ilustr. a României: 948; Sârbu, Ștefan și Oprea, 2013, Pl. vasc. din România: 1020. - Dumbrăviță leptohilă. Plante perene, înalte de 20-70 cm, rizomifere. Tulpini erecte, cilindrice, ușor sinuoase, verde pal, glabre în partea inferioară și acoperită cu peri scurți, albicioși. Frunze 3-6(10),

Sfeclă et al.: *Epipactis leptochila* - specie nouă pentru flora Republicii Moldova...

de 5-11 cm lungime și 2,5-5 cm lățime, mai lungi decât internodurile, verzi, lucioase, cu textură mătăsoasă, fin nervurate, dispuse altern, distih pe tulpină. Inflorescențe racemoase, laxe, cu (5)8-40 de flori, de 7-30 cm lungime. Bractee liniar-lanceolate, de până la 9 cm lungime. Flori cleistogame, de culoare verde-gălbui până la roz-pal. Pediceli verde deschis, cu o nuanță de roz-pal la bază. Hipochilele labelor în formă de cupă, partea exterioară verde-roz, în interior maroniu-lucioase. Epichile ovat-acuminate, atenuate spre vârf, mai lungi decât late, de culoare verde-albicios, verde-roz sau verde-gălbui. Antere pedicelate. Rostel slab dezvoltat sau absent în anteză și lipsa viscidiumului. Perioada de înflorire cuprinde lunile iunie-august. $2n=36,40$.

E. leptochila este o specie endemică pentru continentul European, răspândită din vest până în Caucazul de Nord (**Figura 2**). În prezent este cunoscută răspândirea acestei specii în următoarele țări: Marea Britanie, Franța, Spania, Țările de Jos, Belgia, Luxemburg, Elveția, Italia, Danemarca, Germania, Austria, Slovenia, Cehia, Slovacia, Ungaria, Croația, Bosnia și Herțegovina, Muntenegru, Serbia, Macedonia de Nord, Grecia, Ucraina, România, Georgia și Rusia [26, 27, 31-40].

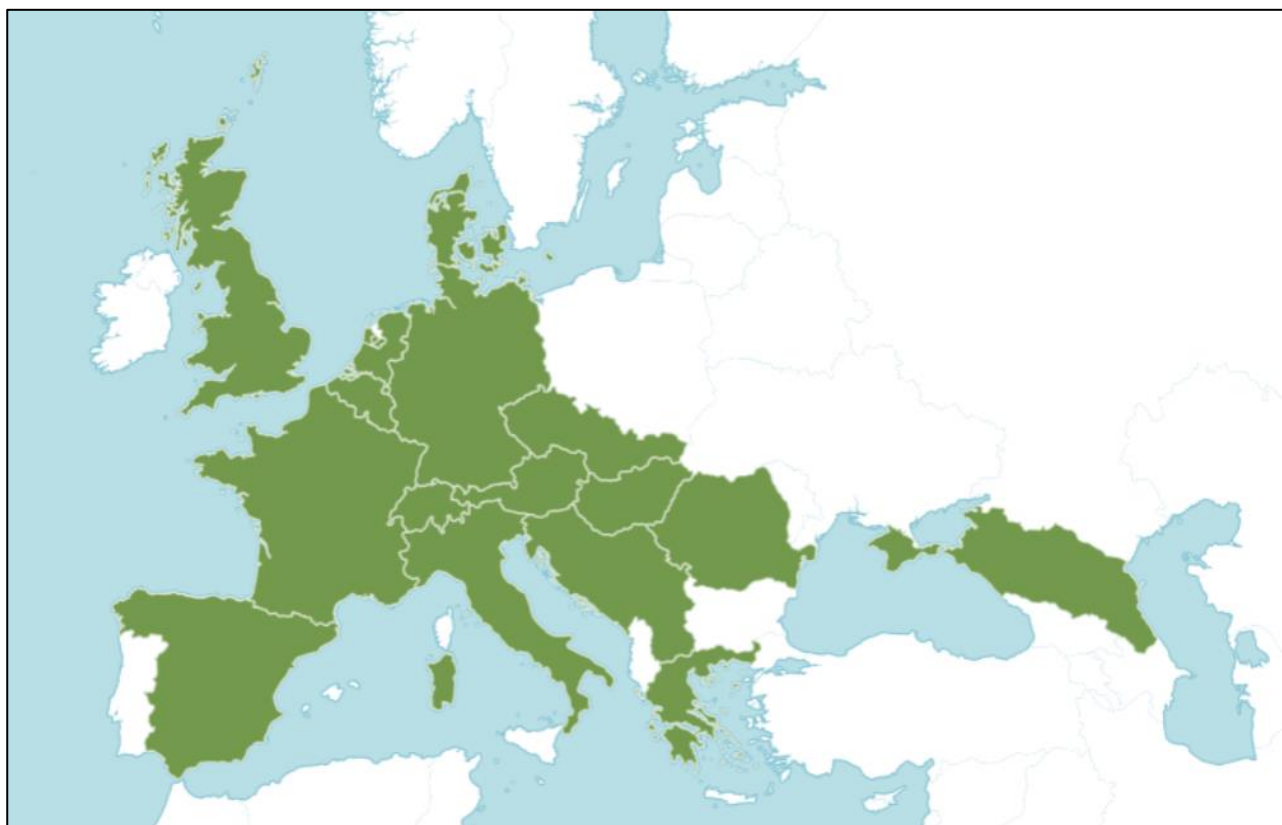


Figura 2. Arealul speciei *Epipactis leptochila* (Godfery) Godfery

Conform datelor din literatură, *E. leptochila* este o specie care se dezvoltă pe soluri calcaroase, preferă locurile umbrite și umede, formează populații mici în fitocenozele forestiere preponderent de fag (*Fagus sylvatica* L.), la altitudini de 700 până la 1600 m, se întâlnește și la altitudini mai mici (155-300 m) în păduri de stejar pedunculat (*Quercus robur* L.) cu carpen (*Carpinus betulus* L.) și tei pucios (*Tilia cordata* Mill.) [33, 37, 39, 41]. Unii autori au menționat că poate fi întâlnită în păduri de frasin (*Fraxinus excelsior* L.) în amestec cu alun, în mestecănișuri sau chiar și pe dunele de nisipuri (în nord-vestul Angliei) pe țărmul mării sub coronamentul pădurilor de rășinoase [31].

Sfeclă et al.: *Epipactis leptochila* - specie nouă pentru flora Republicii Moldova...

În rezervația „Dobrușa” au fost identificate două populații, în subparcelele 41A (47°48'25.16"N; 28°39'28.40"E) și 50E (47°47'55.50"N; 28°39'23.48"E); cu ajutorul GPS-ului au fost localizate coordonatele și amplasate pe harta rezervației (Figura 3).

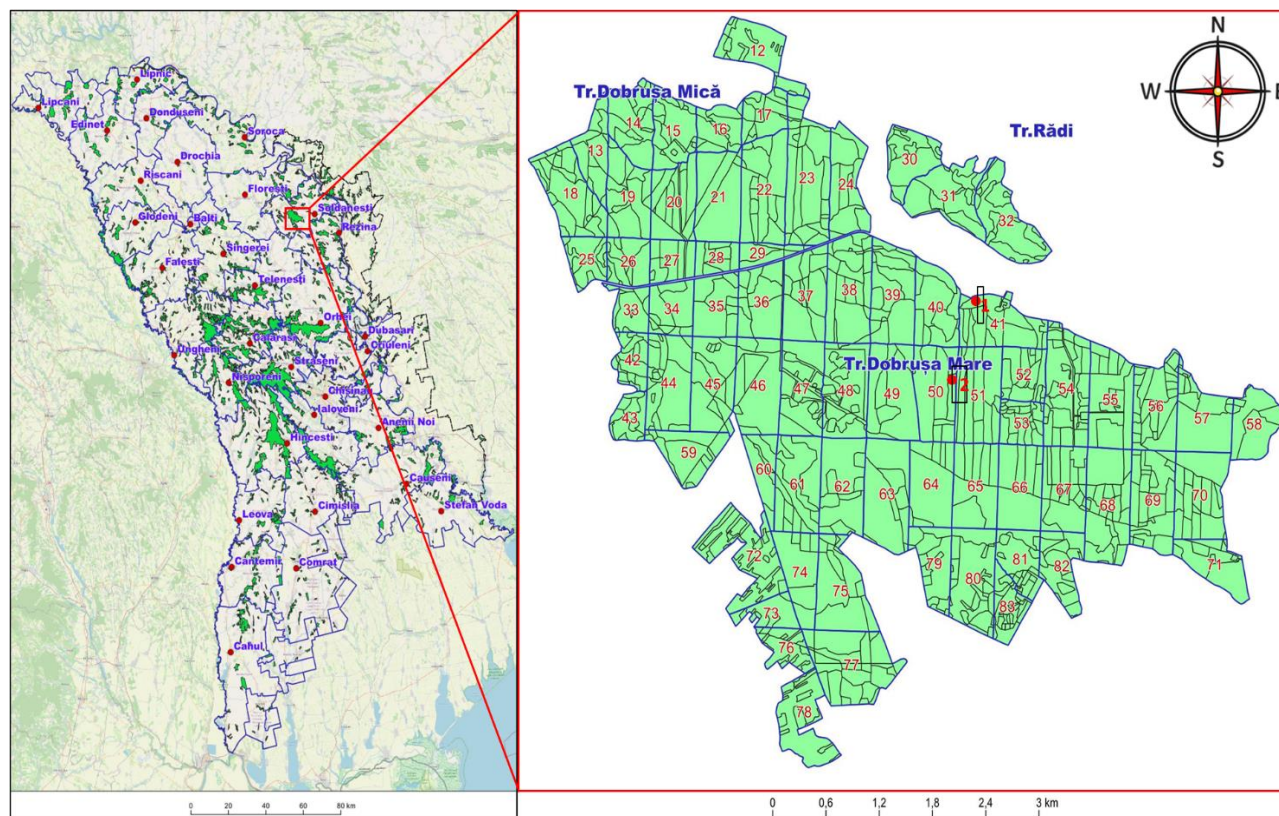


Figura 3. Răspândirea speciei *Epipactis leptochila* (Godfery) Godfery în rezervația peisagistică „Dobrușa”

Pentru evidențierea ambianței eco-cenotice în care vegetează populațiile de Dumbrăviță leptohilă, în limitele teritoriului cercetat, a fost efectuată descrierea habitatelor. Populația cu numărul 1 din subparcelele 41A (Figura 3), este reprezentată de un număr de 5 exemplare ce vegetează pe sol cenușiu deschis, versant inferior, ondulat, cu expoziție nord-estică, altitudine 240 m, parțial derivat de productivitate inferioară, relativ-plurien, cu consistență normală ($K=0,7$), vârsta medie 100 de ani. Stratul arborilor este bietajat, etajul superior este constituit preponderent din stejar pedunculat (*Quercus robur* L.) în amestec cu gorun (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) și frasin (*Fraxinus excelsior* L.). Etajul inferior este alcătuit din carpen (*Carpinus betulus* L.), jugastru (*Acer campestre* L.), cireș (*Prunus avium* (L.) L.) și ulm (*Ulmus glabra* Huds.). Stratul arbuștilor este reprezentat de exemplare solitare de corn (*Cornus mas* L.), păducel (*Crataegus monogyna* Jacq.), dârmoz (*Viburnum lantana* L.) și salbă râioasă (*Euonymus verrucosus* Scop.). Stratul erbaceu acoperă 30-40% din suprafața solului și include: *Arum orientale* M. Bieb., *Asarum europaeum* L., *Campanula trachelium* L., *Carex brevicollis* DC., *Carex pilosa* Scop., *Corydalis cava* (L.) Schweigg. & Körte, *Dactylis glomerata* L., *Epipactis purpurata* Sm., *Euphorbia amygdaloides* L., *Geum urbanum* L., *Glechoma hirsuta* Waldst. & Kit., *Platanthera bifolia* (L.) Rich., *Polygonatum multiflorum* (L.) All., *Pulmonaria obscura* Dumort., *Scilla bifolia* L., *Stellaria holostea* L., *Viola reichenbachiana* Jord. ex Boreau.



Figura 4. Habitatul speciei *Epipactis leptochila* (Godfery) Godfery în rezervația peisagistică „Dobrușa”, subparcelea 50E

Populația cu numărul 2 din subparcelea 50E (Figura 3 și 4), este reprezentată de un număr de 3 exemplare, vegetează pe sol cenușiu închis, versant mijlociu, ondulat, cu expoziție nord-estică, altitudine 278 m, arboret total derivat de productivitate mijlocie, relativ-echien, cu consistență normală ($K=0,7$), vârsta medie de 90 de ani. Stratul arborilor este bietajat, etajul superior este constituit preponderent din frasin (*Fraxinus excelsior* L.) în amestec cu gorun (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) și tei (*Tilia platyphyllos* Scop.). Etajul inferior este alcătuit din carpen (*Carpinus betulus* L.) și jugastru (*Acer campestre* L.). Stratul arbuștilor este reprezentat de exemplare solitare de clocoțiș (*Staphylea pinnata* L.), păducel (*Crataegus monogyna* Jacq.), dârmoz (*Viburnum lantana* L.) și salbă râioasă (*Euonymus verrucosus* Scop.). Stratul erbaceu acoperă 40-50% din suprafața solului și include: *Arum orientale* M. Bieb., *Asarum europaeum* L., *Campanula trachelium* L., *Carex brevicollis* DC., *Carex sylvatica* Huds., *Corydalis cava* (L.) Schweigg. & Körte, *Corydalis solida* (L.) Clairv., *Dactylis glomerata* L., *Geum urbanum* L., *Pulmonaria officinalis* L. și *Stellaria holostea* L.

Afinitate. Dintre speciile de *Epipactis* din flora Republicii Moldova, *E. leptochila* este cea mai apropiată ca aspect de *E. helleborine* (L.) Crantz, însă diferă în mod clar prin caracterele distinctive prezentate în Tabelul 1 și Figura A1.

Sfeclă et al.: *Epipactis leptochila* - specie nouă pentru flora Republicii Moldova...Tabelul 1. Caractere morfologice distinctive între *Epipactis leptochila* (Godfery) Godfery și *Epipactis helleborine* (L.) Crantz

Caracter morfologic	Specie	
	<i>E. leptochila</i>	<i>E. helleborine</i>
Frunze, textură	mătăsoasă	aspră
Frunze, nervuri	fin-nervurate	proeminent-nervurate
Filotaxie	spiralat, se diferențiază două ortostihuri (distih)	spiralat, nu se diferențiază ortostihuri
Epihil, formă	ovat-acuminată (în formă de vârf de săgeată)	cordat până la lat-ovat (în formă de inimă)
Epihil, lungime	mai lung decât lat	mai scurt decât lat
Epihil, vârful	plat	recurbat
Rostel	slab dezvoltat sau absent în anteză	prezent
Viscidium	absent	prezent

Sozologie. La nivel global, *E. leptochila* este o specie, în general, rară cu populații în scădere. În Franța și Germania această specie pare să nu fie amenințată, prin urmare riscul de dispariție la nivel european și global pentru *E. leptochila* este relativ scăzut. Aceasta a fost evaluată în anul 2011 și inclusă în Lista roșie IUCN [34] și în Lista roșie a plantelor vasculare din Europa [42], la categoria speciilor cu risc scăzut de amenințare (LC). *E. leptochila* se regăsește în Anexa II a Convenției privind Comerțul Internațional cu Specii Periclitat de Faună și Floră Sălbatică [43]. Regional, această specie se regăsește în listele roșii ale mai multor țări, precum: critic periclitat (CR) în Republica Cehă [44]; vulnerabilă (VU) în Bulgaria [45] și Slovacia [46]; moderat amenințată (NT) în Ungaria [47] și Elveția [48]. În flora Republicii Moldova, ținând cont că s-a identificat doar un loc de creștere, necesită a fi evaluată drept critic periclitată (CR), în conformitate cu categoriile de risc IUCN [26].

5. CONCLUZII

Ca rezultat al cercetărilor floristice în rezervația peisagistică „Dobrușa” a fost identificată *Epipactis leptochila* (Godfery) Godfery, ce reprezintă prima înregistrare a acestei specii pe teritoriul Republicii Moldova. Denumirea științifică atribuită în limba română este de Dumbrăviță leptohilă. Caractere morfologice distinctive între *E. leptochila* și *E. helleborine*, cea mai apropiată specie ca aspect, sunt clar definite prin utilizarea materialului proaspăt, ceea ce facilitează determinarea acestora. Conform categoriilor de risc IUCN se recomandă ca *E. leptochila* să fie inclusă în Cartea Roșie a Republicii Moldova, ediția a IV-a, atribuindu-i-se categoria de raritate - critic periclitată (CR). Pentru protejarea speciei *E. leptochila* se propun următoarele măsuri de conservare: monitorizarea și cercetarea în dinamică a populațiilor identificate, includerea în lista speciilor rare protejate prin Legea privind fondul ariilor naturale protejate de stat, protejarea populațiilor prin excluderea de la lucrările silvotehnice, planificate în Amenajamentul Ocolului Silvic Olișcani, a arboratelor în care sunt răspândite acestea.

FINANȚARE

Cercetările au fost susținute financiar în cadrul proiectelor: 20.80009.7007.14 - Cercetări privind mobilizarea diversității vegetale cu potențial ornamental pentru conservarea *ex situ.*; 20.80009.7007.22 -

Sfeclă et al.: *Epipactis leptochila* - specie nouă pentru flora Republicii Moldova...

Cercetarea și conservarea florei vasculare și macromicrobiotei din Republica Moldova, finanțate de Agenția Națională pentru Cercetare și Dezvoltare a Republicii Moldova.

MULȚUMIRI

Autorii adresează mulțumiri Întreprinderii pentru silvicultură Șoldănești, Ocolul silvic Olișcani pentru sprijinul acordat în realizarea cercetărilor în etapa de teren și Grădinii Botanice Naționale „Alexandru Ciubotaru” pentru suportul logistic pus la dispoziție pentru realizarea acestui studiu.

CONFLICT DE INTERESE

Autorii nu declară niciun conflict de interese.

ANEXE

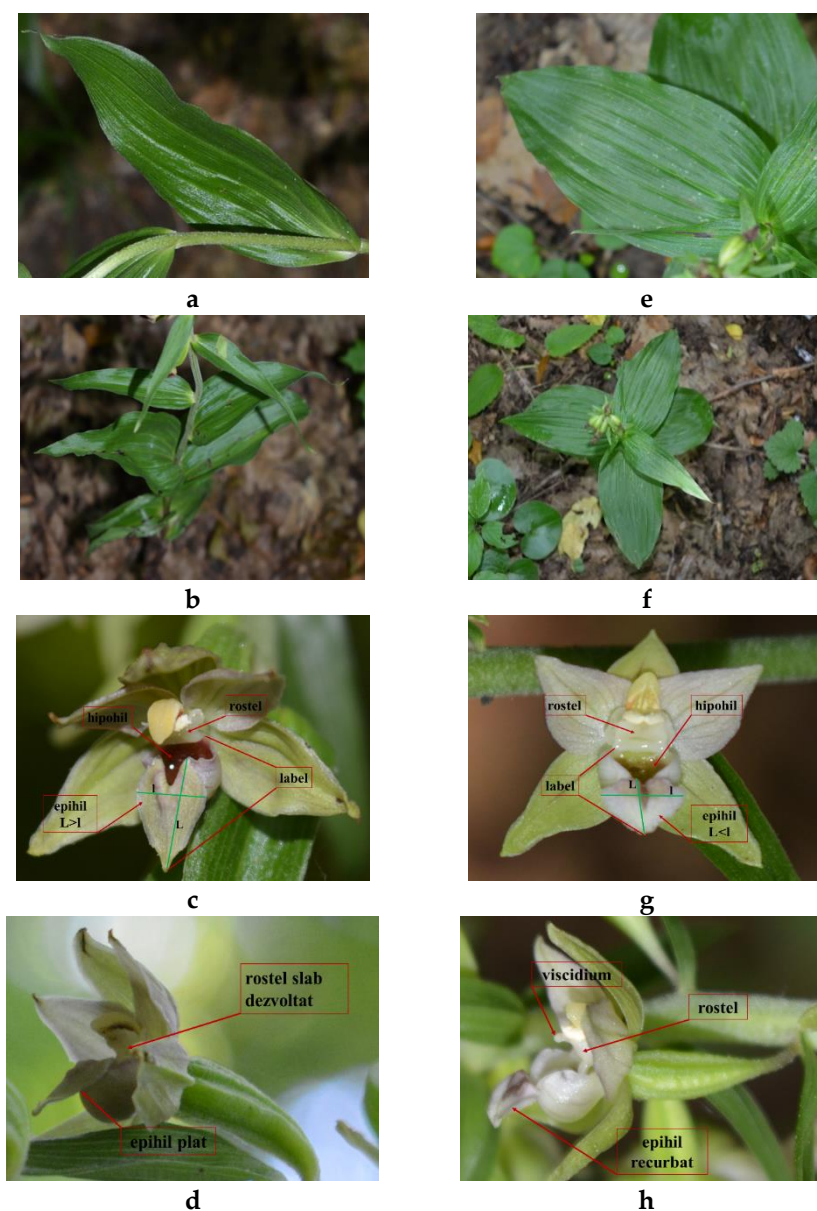


Figura A1. Distingerea morfologică între *Epipactis leptochila* (Godfery) Godfery (a-d) și *E. helleborine* (L.) Crantz (e-h)

REZUMAT EXTINS – EXTENDED ABSTRACT

Title in English: *Epipactis leptochila* (Godfery) Godfery (Orchidaceae) - a new species in the flora of Republic of Moldova

Introduction: The genus *Epipactis* Zinn is one of the most complicated genera of the family Orchidaceae, which includes 60-80 species, widespread in the temperate and subtropical climate zones of Europe, Asia, North America and Africa. There are attested 48 species of *Epipactis* on the territory of Europe. Four species were identified in the flora of the Republic of Moldova; two of them are included in the Red Book of the Republic of Moldova (3rd edition): *Epipactis palustris* (L.) Crantz and *E. purpurata* Sm. In the "Dobrușa" protected area, two species were previously identified: *E. purpurata* Sm. and *E. helleborine* (L.) Crantz. As a result of our research, we present in this article the *Epipactis leptochila* (Godfery) Godfery (Orchidaceae) recorded as a new species in the vascular flora of Republic of Moldova. Our research aimed to highlight the distinctive morphological characters and chorological particularities of the *E. leptochila* species.

Materials and Methods: This study is based on floristic field research carried out during the 2018-2019 vegetation seasons within the "Dobrușa" landscape reserve, managed by the Forest District Olișcani within the Șoldănești Forestry Enterprise. As a result of floristic research, carried out following the methodology of the European phytocenological school, a new species of *Epipactis* was identified for the area of the "Dobrușa" reserve and for the entire territory of the Republic of Moldova. The species was determined according to the classical comparative-morphological method, using the regional floristic literature. The binary nomenclature of the species is in accordance with current international nomenclature such as: The World Flora Online, FloraVeg.EU and IPNI. The species evaluation and the assignment of the endangered category of the Republic of Moldova, was carried out in accordance with the criteria adopted by the IUCN. The general distribution of the species is shown according to the Plants of the World online database and the IUCN Red List. For the characterization of the eco-cenotic environment in which the *E. leptochila* populations grow, floristic descriptions were carried out. The map regarding the distribution of the species *E. leptochila* on the territory of the Republic of Moldova was developed using the free open-source application QGIS.

Results and Discussions: *E. leptochila* is an endemic species of the European spread from the West of the continent to the North Caucasus. Globally, *E. leptochila* is a generally rare species with declining populations. In France and Germany this species appears not to be threatened, therefore the risk of a European and global extinction of *E. leptochila* is relatively low. In 2011 it was assessed and included in the IUCN Red List and in the European Red List of Vascular Plants, as Least Concern (LC) category. *E. leptochila* is listed in Appendix II of CITES. Regionally, this species is found in the red lists of several countries, such as: Critically Endangered (CR) in the Czech Republic; vulnerable (VU) in Bulgaria, Slovakia and Denmark; Near Threatened (NT) in Hungary and Switzerland. Two populations were identified in the "Dobrușa" reserve, in subplots 41A (47°48'25.16"N; 28°39'28.40"E) and 50E (47°47'55.50"N; 28°39'23.48"E); with the help of GPS the populations were located and placed on the reservation map. Taxa was found in "Dobrușa" protected area at 240-280 m altitude, where it inhabits mixed forests in which predominate the oak, hornbeam and ash tree. The diagnostic of morphology characters, distribution, habitat, ecology, flowering period and population size of the newly-recorded species are given. According to IUCN categories and criteria applied in Republic of Moldova, *E. leptochila* is assessed as Critically Endangered (CR).

Conclusions: As a result of floristic research in the "Dobrușa" landscape reserve, *Epipactis leptochila* (Godfery) Godfery was identified, which represents the first record of this species on the territory of the Republic of Moldova. The assigned scientific name in Romanian is "Dumbrăvița leptochilă". The distinctive morphological characters between *E. leptochila* and *E. helleborine*, the closest species in appearance, are clearly defined by the use of fresh material, which facilitates their determination. According to the IUCN risk categories, it is recommended that *E. leptochila* to be included in the Red Book of the Republic of Moldova, 4th edition, assigning it the category - Critically Endangered (CR). To protect the *E. leptochila* species, the following conservation measures are proposed: monitoring and research on the dynamics of the identified populations; inclusion in the list of rare species protected by the law in Republic of Moldova; protecting the populations by exempting the stands from timber extraction, which is planned in the management plan of Olișcani forest district.

Keywords: *Epipactis leptochila*, Orchidaceae, Republic of Moldova, new species, landscape reserve "Dobrușa"

REFERINȚE

1. Fateryga V.V., Fateryga A.V., Svirin S.A., 2015: *Epipactis leptochila* (Godfery) Godfery (Orchidaceae), a new species for the flora of Russia. Turczaninowia. Disponibil online la: <http://dx.doi.org/10.14258/turczaninowia.18.4.4> (accesat în 26 04 2023).
2. Flora of China. Disponibil online la: http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=2&taxon_id=1118514 (accesat în 02 05 2023).
3. Hertel S., Tsiftsis S., Antonopoulos Z., 2014: Journal Europäischer Orchideen. Disponibil online la: https://www.researchgate.net/publication/268815078_Epipactis_pinovica_Orchidaceae_a_new_orchid_species_of_Greece (accesat în 28 04 2023).
4. BSBI. Disponibil online la: https://bsbi.org/wp-content/uploads/dlm_uploads/Epipactis_Crib.pdf (accesat în 24 04 2023).
5. Moore D.M., 1980: *Epipactis* Zinn. În: Flora Europaea. Cambridge University Press, Vol. V., 326-328.
6. FloraVeg.EU. Disponibil online la: <https://floraveg.eu/taxon/overview/Epipactis> (accesat în 26 04 2023).
7. Geydeman T.S., 1986: Opredelitel' vysshikh rasteniy Moldavskoy SSR, Izd. Shtiintsa, Kishinev, Moldova,, 637.
8. Negru A., 2007: Determinator de plante din flora Republicii Moldova, Ed. Universul, Chișinău, Republica Moldova, 391, 978-9975-47-007-0.
9. Pînzaru P., Sîrbu T., 2016: Flora vasculară din Republica Moldova (lista speciilor și ecologia). Tipografia UST, Chișinău, Republica Moldova, 261, 978-9975-76-185-7.
10. Postolache G., 2015: *Epipactis palustris* (L.) Crantz. În: Cartea Roșie a Republicii Moldova, ed. a III-a, Știința, Chișinău, Republica Moldova, 157, 978-9975-67-998-5.
11. Postolache Gh., 2015: *Epipactis purpurata* Sm. În: Cartea Roșie a Republicii Moldova, ed. a III-a, Știința, Chișinău, Republica Moldova, 158, 978-9975-67-998-5.
12. Sfeclă V., Sfeclă I., 2018: The Orchids (Orchidaceae Juss.) of "Dobrușa" Landscape Reserve. In: 8th edition of the International Symposium Forest and Sustainable Development, Brașov, Romania, 25-27 October 2018, p61.
13. Scorțesco F., Sfeclă V., Izverscaia T., Ghendov V., 2020: Rare vascular plants in the "Dobrușa" landscape reserve. Journal of Botany. Disponibil online la: [https://doi.org/10.52240/1857-2367.2020.2\(21\).30](https://doi.org/10.52240/1857-2367.2020.2(21).30) (accesat în 26 04 2023).
14. Ciubotaru A., Postolache G., Teleuță A., Lazu Ș., Chirtoacă V., Toderaș L., Sava V., Ciorchină N., Colțun M., Codreanu V., Grati V., 2007: Lumea vegetală a Moldovei. Plante cu flori - III, Vol. 4, Editura Știința, Chișinău, Republica Moldova, 184, 978-9975-67-535-2.
15. Sava V., 2010: Plante decorative erbacee din flora spontană a Republicii Moldova, Tipograf. „Elena-V.I.", Chișinău, Republica Moldova, 230, 978-9975-9649-9-9.
16. Khomutovsky M.I., 2016: Cultivation of ground orchids and prospects for their use in landscaping. În: Proceedings of the VII International Scientific Conference Floriculture: History, Theory, Practice, Confido, Minsk, Belarus, 226-229, Disponibil online la: http://hbc.bas-net.by/hbcinfo/books/Conf2016_Minsk_CBG.pdf#page=226 (accesat în 03 05 2023).

Sfeclă et al.: *Epipactis leptochila* - specie nouă pentru flora Republicii Moldova...

17. Institutul de Cercetări și Amenajări Silvice (ICAS), 2017: Amenajamentul Ocolului Silvic Olișcani, Vol. I. Chișinău, Republica Moldova, 295.
18. Cristea V., Gafta D., Pedrotti F., 2004: Fitosociologie, Editura Presa Universitară Clujeană, Cluj-Napoca, România, 394, 973-610-192-4.
19. Váczy C., 1980: Lexicon Botanicum Polyglottum (Dicționar botanic poliglot), Editura Științifică și Enciclopedică, București, România, 1017.
20. Korovina O.N., 1986: Metodicheskiye ukazaniya k sistematike rasteniy, Leningrad, SSSR, 210.
21. Beentje H., 2016: The Kew Plant Glossary: An Illustrated Dictionary of Plant Terms. Royal Botanic Gardens Kew, UK, 192, 978-1-84246-605-6.
22. Ciocârlan V., 2009: Flora ilustrată a României: Pteridophyta et Spermatophyta, Editura Ceres, București, România, 1141, 978-973-40-0817-9.
23. Sârbu I., Ștefan N., Oprea A., 2013: Plante vasculare din România: determinant ilustrat de teren, Editura Victor B Victor, București, România, 1320, 978-606-8149-08-0.
24. WFO. Disponibil online la: <http://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-4000013619> (accesat în 29 04 2023).
25. IPNI. Disponibil online la: <https://www.ipni.org/n/633244-1> (accesat în 29 04 2023).
26. IUCN. Disponibil online la: <https://www.iucnredlist.org/resources/regionalguidelines> (accesat în 30 04 2023).
27. POWO. Disponibil online la: <http://www.plantsoftheworldonline.org/> (accesat în 30 04 2023).
28. IUCN Red List. Disponibil online la: <https://www.iucnredlist.org/species/175977/7160688> (accesat în 29 04 2023).
29. Nicolescu V. N., 2016: Silvicultură I. Biologia pădurii (ed. a III-a). Editura Aldus, Brașov, România, 193, 978-973-7822-92-5.
30. Institutul de Cercetări și Amenajări Silvice (ICAS), 2017: Amenajamentul Ocolului Silvic Olișcani, Vol. II, Chișinău, Republica Moldova, 846.
31. Squirrell J., Hollingsworth, P.M., Bateman R.M., Tebbit M.C., Hollingsworth M.L., 2002: Taxonomic Complexity and Breeding System Transitions: Conservation Genetics of the *Epipactis leptochila* Complex (Orchidaceae). Molecular Ecology. Disponibil online la: <https://doi.org/10.1046/j.1365-294X.2002.01610.x> (accesat în 04 05 2023).
32. Akhalkatsi M., Kimeridze M., Künkele S., Lorenz R., Mosulishvili M., 2003: Diversity and conservation of Georgian orchids. Project Report. Disponibil online la: https://www.researchgate.net/publication/233746707_Diversity_and_conservation_of_Georgian_orchids (accesat în 06 05 2023).
33. Petrova A.S, Venkova D.Y., 2006: *Epipactis leptochila* (Orchidaceae): a new species for the Bulgarian flora. Phytologia Balcanica. Disponibil online la: http://www.bio.bas.bg/~phytolbalcan/PDF/12_1/12_1_12_Petrova_&_Venkova.pdf (accesat în 03 05 2023).
34. Rankou H., 2011: *Epipactis leptochila*. The IUCN Red List of Threatened Species. Disponibil online la: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2011-2.RLTS.T175977A7160688.en> (accesat în 10 05 2023).

Sfeclă et al.: *Epipactis leptochila* - specie nouă pentru flora Republicii Moldova...

35. Djordjević V., Jakovljević K., Stevanović V., 2016: Three Taxa of *Epipactis* (Orchidaceae-Epidendroideae) New for the Flora of Serbia. *Phyton Annales Rei Botanicae*. Disponibil online la: [10.12905/0380.phyton56\(1\)2016-0077](https://doi.org/10.12905/0380.phyton56(1)2016-0077) (accesat în 08 05 2023).
36. Fateryga A.V., Popovich A.V., Fateryga V.V., Averyanova, E.A., Kreutz, K., 2018: New data on the genus *Epipactis* (Orchidaceae) in the North Caucasus with description of a new species. *Phytotaxa*. Disponibil online la: <http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.358.3.5> (accesat în 12 05 2023).
37. Irimia I., Postolache A., 2020: New Data for the Distribution of *Epipactis leptochila* (Godfery) Godfery in Romania. *Analele Științifice ale Universității „Al. I. Cuza”*. Disponibil online la: 5–12. https://www.researchgate.net/publication/340272624_NEW_DATA_FOR_THE_DISTRIBUTION_OF_EPIPACTIS_LEPTOCHILA_GODFERY_GODFERY_IN_ROMANIA (accesat în 11 05 2023).
38. Šabanović E., Đorđević V., Milanović Đ., Šarić Š., Huseinović S., Randelović V., Boškailo A., 2021: Checklist of the Orchidaceae of Bosnia and Herzegovina. *Phyton Annales Rei Botanicae*, Disponibil online la: <https://doi.org/10.12905/0380.phyton61-2021-0083> (accesat în 09 05 2023).
39. Pacsai B., Sisák I., Bódis J., 2022: *Epipactis* species and their habitat preferences in the western part of Hungary. *Acta Botanica Hungarica*. Disponibil online la: <https://doi.org/10.1556/034.64.2022.3-4.10> (accesat în 07 05 2023).
40. Krajnc A.U., Lipovšek M., Luthar Z., Ivanuš A., Miljuš S., Bohanec B., Šiško M., 2022: Taxonomic analysis of certain taxa of *Epipactis* in Slovenia. *Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics*. Disponibil online la: <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2022.125674> (accesat în 13 05 2023).
41. Scappaticci G., Démares M., 2003: Le genre *Epipactis* Zinn (Orchidales, Orchidaceae) en France et sa présence en région lyonnaise. *Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon*. Disponibil online la: <https://doi.org/10.3406/linly.2003.13449> (accesat în 10 05 2023).
42. European Commission, Directorate-General for Environment, Maxted, Bilz N., Lansdown M., et al., 2011: European red list of vascular plants. Disponibil online la: <https://data.europa.eu/doi/10.2779/8515> (accesat în 01 05 2023).
43. CITES. Disponibil online la: <https://checklist.cites.org/#/en> (accesat în 04 05 2023).
44. Holub J., Procházká F., 2000: Red list of vascular plants of the Czech Republic. *Preslia*. Disponibil online la: https://www.preslia.cz/archive/Preslia_72_2000_187-230.pdf (accesat în 14 05 2023).
45. Petrova A., Vladimirov V., 2009: Red List of Bulgarian vascular plants. *Phytologia Balcanica*. Disponibil online la: http://www.bio.bas.bg/~phytolbalcan/PDF/15_1/15_1_08_Petrova_&_Vladimirov.pdf (accesat în 11 05 2023).
46. Turis P., Kliment J., Feráková V., Dítě D., Eliáš P., Hrivnák R., Bernátová D., 2014: Red List of vascular plants of the Carpathian part of Slovakia. *Thaiszia Journal of Botany*. Disponibil online la: https://ibot.sav.sk/usr/Richard/docs/Turis_et_al_Thaiszia_2014_cz_SKKarpst.pdf (accesat în 08 05 2023).
47. Kiraly G., 2007: Red list of the vascular flora of Hungary, Sopron, Hungary, 73, 978-963-06-2774-0.
48. Mose, D.E., Gygas A., Bäumler B., Wyler N., Palese R., 2002: Rote Liste der gefährdeten Farn - und Blütenpflanzen der Schweiz. Disponibil online la: https://www.infoflora.ch/de/assets/content/documents/conservation_divers_D_F/Rote_Liste_D.pdf (accesat în 14 05 2023)