

CONTRIBUȚII LA STUDIUL IMPACTULUI SCHIMBĂRILOR CLIMATICE ASUPRA STEJARULUI PUFOS (*QUERCUS PUBESCENS* WILLD.)

CZU: 551.583:582.632.2

DOI: <https://doi.org/10.52673/18570461.25.2-77.04>Doctor în științe biologice, conferențiar cercetător **Ala DONICA**E-mail: aladonica1980@gmail.comORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3308-8048>Doctor în științe fizico-matematice, cercetător științific principal **Valentin RĂILEANU**E-mail: valentinraileanu11@yahoo.comORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2000-8216>Doctor în științe geonomice, cercetător științific superior **Tatiana BUNDUC**E-mail: tatiana.i.popusoi@gmail.comORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7706-2451>Cercetător științific **Nicolae GRIGORAȘ**E-mail: kolitagrigoras@yahoo.comORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2529-6000>Cercetător științific **Sergiu TONOFREI**E-mail: tonofrei.serghei@gmail.comORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3944-6197>

Institutul de Ecologie și Geografie, USM

CONTRIBUTIONS TO THE STUDY OF THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE DOWNY OAK (*QUERCUS PUBESCENS* WILLD.)

Summary. The downy oak is (*Quercus pubescens*) a Mediterranean, thermophilic, xerophilous and heliophilous species, that can be found at the edge of its natural distribution area within the Republic of Moldova. The study identified that the chorology of the downy oak is directly dependent on geographical features (latitude, altitude, exposure, etc.) and topo-climatic conditions. The degree of aridity and the restrictive nature of climatic conditions on forest ecosystems were assessed. Through climate modeling, obvious spatial changes in the average annual temperature and average annual amount of precipitation during the tree vegetation season (April-October) have been forecasted and mapped; the physical-geographical subregions most likely to (re)experience the impact of climate aridification were identified; and the main measures for adaptation and resilience of forest ecosystems to climate change were listed. Given the ecological role of the downy oak in building climate-resilient forest ecosystems, we recommend it in efforts to expand the national forest fund, especially in the southern part of the country (the forest-steppe hills of Tigheci, the forest-steppe plain of Lower Bâc, etc.).

Keywords: climate change, downy oak, natural area, vulnerability, climate modeling.

Rezumat. Stejarul pufos (*Quercus pubescens*) este o specie mediteraneeană, termofilă, xerofilă și heliofilă, aflată la limita arealului său natural de răspândire în Republica Moldova. Studiul relevă faptul că distribuția stejarului pufos este influențată direct de caracteristicile geografice (latitudine, altitudine, expoziție etc.) și de condițiile topo-climatice. A fost determinat gradul de ariditate și caracterul restrictiv pe care condițiile climatice îl impun ecosistemelor forestiere; prin modelări climatice, au fost prognozate și cartate spațial schimbările semnificative ale temperaturii medii anuale și ale cantității medii anuale de precipitații în sezonul de vegetație al arborilor (aprilie-octombrie); au fost identificate subregiunile fizico-geografice care vor (re)simți cel mai mult impactul aridizării climei; au fost enumerate principalele măsuri de adaptare și reziliență a ecosistemelor forestiere la schimbările climatice. Având în vedere rolul ecologic al stejarului pufos în edificarea ecosistemelor forestiere reziliente la schimbările climatice, îl recomandăm pentru activitățile de extindere a fondului forestier național, în special în partea de sud a țării (Dealurile de silvostepă ale Tigheciului, Câmpia de silvostepă a Bâcului Inferior etc.).

Cuvinte-cheie: schimbări climatice, stejar pufos, areal natural, vulnerabilitate, modelări climatice.

INTRODUCERE

Impactul schimbărilor climatice asupra ecosistemelor silvice este descris din ce în ce mai detaliat în literatura de specialitate, urmând legătura „cauze – efecte produse și riscuri asociate – posibile măsuri de intervenție, adaptare și management”. Ultimul raport în domeniu indică faptul că activitățile umane, prin emisii de gaze cu efect de seră, au cauzat fără echivoc încălzirea globală, temperatura medie globală depășind 1,1 °C în anii 2011–2020, comparativ cu perioada 1850–1900. Modelările climatice globale, care limitează încălzirea suprafeței terestre la 1,5 °C (>50%) sau la limita de 2 °C (>67%) implică o reducere rapidă a gazelor cu efect de seră în toate sectoarele socio-economice [1].

Efectele schimbărilor climatice, atât pozitive, cât și negative, vor declanșa schimbări cantitative și calitative în compoziția, structura și funcționarea pădurilor și vor „forța” speciile la răspunsuri adaptive. Pentru pădurile din regiunea bioclimatică temperat-continentală sunt preconizate creșteri ale cantității de precipitații medii anuale cu până la 10%, în principal iarna, în paralel cu reducerea precipitațiilor de vară, în mai multe zone (până la -10%). Lipsa potențială a precipitațiilor de vară, cu secetele declanșate ulterior, va fi principalul factor de constrângere al creșterii și productivității pădurilor temperat-continentale, iar creșterea temperaturii și modificările precipitațiilor vor predispuce pădurile la atacul insectelor dăunătoare și la boli fungice [2].

În condițiile aridizării climei și creșterii frecvenței riscurilor asociate schimbărilor climatice, fragmentarea habitatelor și amplasarea speciilor la hotarul arealului lor natural sunt factori limitativi în dezvoltarea ecosistemelor forestiere [3]. Etajul arborescent al fondului forestier din Republica Moldova este format dintr-o varietate destul de largă de specii de arbori (peste 65 de specii), iar etajul arbustiv – din peste 20 de specii. Speciile naturale autohtone predomină în majoritatea unităților silvice gestionate de către Agenția „Moldsilva” [4]. Totuși, pădurile mezofite central-europene din nordul și centrul Republicii Moldova se află la limita sud-estică a arealului lor natural, iar în zona de sud a țării, ecosistemele forestiere alcătuite din stejar pufos (*Quercus pubescens*) sunt localizate la limita nordică a arealului de răspândire naturală [5]. Din cauza posibilităților schimbări climatice, cele mai vulnerabile zone din Republica Moldova vor fi: *sudul* (cu un nivel scăzut de împădurire, 8,8%) și, *parțial, centrul* (unde în prezent se află cea mai mare suprafață acoperită de păduri, circa 17,9% din teritoriul total al zonei geografice).

Bazându-ne pe informația de mai sus, obiectivul principal al acestei lucrări constă în evaluarea impactului potențial al schimbărilor climatice asupra răspândirii speciei native, edificatoare pentru ecosistemele silvice din sudul țării – stejarul pufos (*Quercus pubescens* Willd.), în corelație cu optimul ecologic al speciei, precum și determinarea avantajelor și dezavantajelor generate de schimbările climatice. Actualitatea studiilor este determinată și de prevederile legislației și tratatelor naționale și internaționale din domeniul protecției mediului [6; 7; 8; 9].

MATERIALE ȘI METODE

Caracterizarea fizico-geografică a teritoriului analizat s-a realizat conform ultimelor studii în domeniu [10; 11].

Indicele de ariditate de Martonne (IM) a fost aplicat pentru determinarea gradului de ariditate al regiunii pentru perioade distincte (un an sau o lună), fiind o expresie a caracterului restrictiv pe care condițiile climatice îl impun anumitor formațiuni vegetale. Calculul IM anual s-a efectuat după formula:

$$IM = P/(T+10),$$

unde:

P – suma anuală a precipitațiilor atmosferice (mm);

T – media anuală a temperaturii aerului (°C);

10 – constanta de Martonne [12].

Tipurile de climă după IM cuprind în total 7 clase de ariditate, în care umiditatea crește odată cu creșterea valorilor IM și invers, ariditatea sporește odată cu scăderea acestora. Valorile IM pot fi raportate la tabelele de referință privind *favorabilitatea climatică pentru dezvoltarea tipurilor de vegetație* [13] sau *vulnerabilitatea pădurilor* [14].

Modificările valorilor medii ale temperaturii și precipitațiilor în zona de sud a Republicii Moldova, în perioada 2081–2100, au fost evaluate utilizând atât valorile medii lunare, înregistrate de Serviciul Hidrometeorologic de Stat (SHS), în perioada de referință 1986–2005, cât și datele generate de Modelul Climatic Regional CORDEX Europe, inclus în Atlasul Interactiv (www.interactive-atlas.ipcc.ch) din raportul de evaluare al Comisiei Interguvernamentale pentru schimbări climatice (IPCC AR6 WG1). Hărțile au fost obținute prin modelări cartografice complexe utilizând metoda ecuațiilor de regresie și analiza reziduurilor regresiei [15].

Pentru repartizarea spațială a valorilor temperaturii și precipitațiilor pe teritoriul țării, în ArcGIS s-a utilizat procedura Raster Calculator din modulul Map Algebra a extensiunii Spatial Analyst (efectuarea operațiilor aritmetice cu hărți digitale ca variabile numerice). Drept soft de prelucrare a datelor inițiale a servit

Programul Statgraphics Centurion XVI, pentru estimarea temporală a indicilor respectivi [16]. Materialele inițiale de studiu au constituit datele multianuale privind regimul termic și cantitatea anuală/lunară de precipitații, colectate de către autori de la Serviciul Hidrometeorologic de Stat, pentru perioada 1980–2022.

Baza de date pentru elaborarea materialului cartografic privind corologia cvercineelor pe teritoriul țării s-a bazat pe informația oferită de programele europene EUFORGEN și EUFGIS [17] și datele din literatura de specialitate [5; 18; 19].

REZULTATE ȘI DISCUȚII

1. Obiectul și regiunea studiată

Stejarul pufos sau pubescent (*Qercus pubescens* Willd.) este o specie mediteraneeană, termofilă, xerofilă și heliofilă, manifestând o rezistență deosebită față de influența temperaturilor caniculare și a deficitului de umiditate. Dintre toate speciile native de stejar care vegetează în Republica Moldova, stejarul pufos ocupă cea mai mică suprafață și nu dispune de areal continuu. Stejarul pufos, în condiții optime, atinge înălțimea de 20–25 m și diametrul de până la 40–50 cm, având o coroană bogat ramificată, largă, neregulat răsfrată, rară și luminoasă. Pe tulpina scurtă și strâmbă a acestuia se formează un ritidom brun-negricios, cu o structură fină și o constituție moale, moderat gros, dens și adânc crăpat, în proci dreptunghiulare. Frunzele de dimensiuni mici și pieleose, cu lungimea de 4,5–8,0 cm, iar lățimea de 3–6 cm, au forma obovată sau lat-obovată și baza cordat-emarginată. Distanța mică de răspândire a polenului de la un anumit arbore în stejărete (de până la 100 m), blocarea polenului de către coroanele arborilor vecini și neconcordanța perioadei de polenizare a diferiților arbori într-un masiv creează obstacole serioase pentru panmixie și pot duce la izolări considerabile și la diferențieri ale populațiilor de stejar pufos chiar și pe suprafețe limitate [18].

Din punct de vedere corologic, stejarul pufos are o gamă largă de distribuție, ocupând aproape toată Europa Centrală și de Sud, din vestul Spaniei până în Ucraina și podișul Anatoliei, cu câteva populații izolate în zona caucaziană. Pădurile dominate de această specie sunt destul de comune în sudul Europei, în timp ce în Europa Centrală sunt influențate de condițiile microclimatice [20]. În Republica Moldova, pădurile de stejar pufos sunt răspândite preponderent în sudul țării.

Distribuția stejarului pufos și exigențele ecologice ale acestuia față de principalii factori de mediu depind în mod direct de caracteristicile geografice (latitudine, altitudine) și condițiile topoclimatice (unități specifice

de relief – deal, văi, luncă, terase etc.; expoziția versantului, înclinația pantei, acumulări de apă etc.).

Din punct de vedere fizico-geografic, partea de sud a țării cuprinde două zone geografice, cu următoarele unități de relief: Câmpiile și Podișurile de Silvestepă ale Moldovei de Sud și Câmpiile și Podișurile de Stepă ale Moldovei de Sud (Figura 1) [11].

În cadrul zonei de silvestepă, în regiunea fizico-geografică Câmpiile și Podișurile de Silvestepă ale Moldovei de Sud se disting patru subregiuni cu caracteristici fizico-geografice aparte [21]:

- *Depresiunea de Silvestepă a Sărutei*, cu o suprafață de 1.164,85 km², este situată în nord-vestul regiunii de studiu. Altitudinea maximă reprezintă 246,2 m în dealul Curătura, iar cea minimă – 2,51 m, la confluența râului Săruta cu râul Prut. Relieful actual al subunității este rezultatul dezvoltării văilor râulețelor Săruta, Sărma și Lăpușna, văi cu aspect asimetric, în care predomină versanții de dreapta, domoli, prelungi, cu expoziție sud-estică, iar cei de stânga sunt scurți și

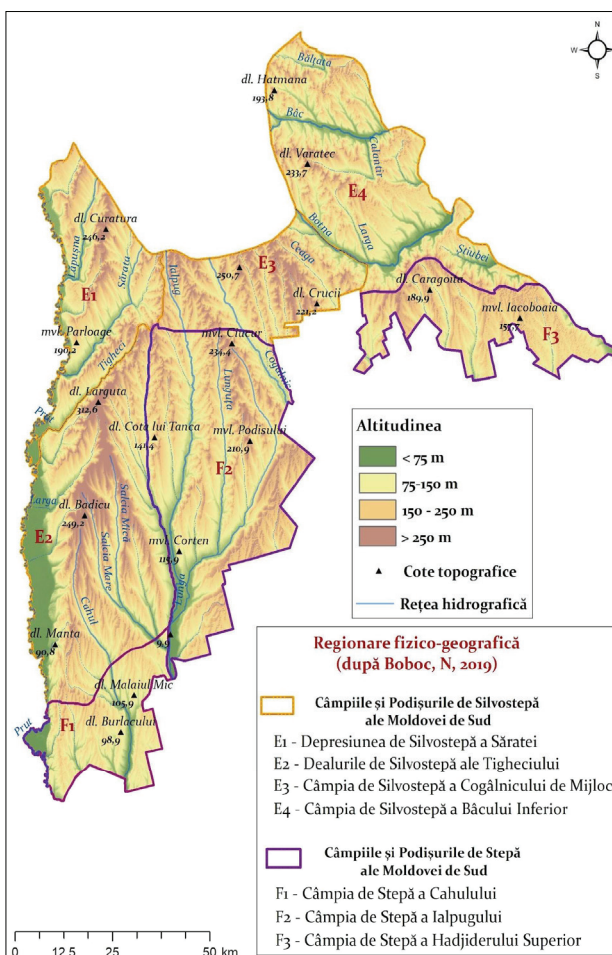


Figura 1. Harta altitudinală și regionarea fizico-geografică a teritoriului cercetat (modelări cartografice proprii, realizate pe baza datelor din literatura de specialitate).

Sursa: elaborată de autori.

abrupți, deseori afectați de alunecări de teren. Predomină solurile de cernoziom levigat, cernoziom tipic și cernoziom carbonatic [22].

- *Dealurile de Silvestepă ale Tigheciului* (2.249,27 km²) se prezintă sub forma unor coline înguste și prelungite, separate de văi paralele. În această subunitate se află cel mai înalt punct altitudinal din regiunea de studiu – dealul Lărguța (312 m). Altitudinea medie este de 125,1 m, iar gradul de înclinare a versanților de circa 4°. Relieful este puternic afectat de procese erozionale și alunecări de teren. Predomină solurile zonale, cernoziomurile, iar la altitudini de peste 250 m, sub o vegetație silvică se întâlnesc soluri cenușii molice.

- *Câmpia de Silvestepă a Cogâlnicului de Mijloc* ocupă o suprafață de 963,4 km². Din punct de vedere morfometric, câmpia cuprinde înălțimi între 21,6 m și 265 m (alt. max. 262,7 m în dealul Movila), cu o altitudine medie de 150,4 m și o pantă medie a versanților de 4,5°. Relieful este fragmentat de afluenții râurilor Ialpug, Cogâlnic și Botna, iar lunca Cogâlnicului are lățimi variabile, de la 1 km până la 3,5 km. Solurile dominante sunt cernoziomurile tipice și carbonatice, iar la altitudini mai mari apar și cele levigate.

- *Câmpia de Silvestepă a Bâcului Inferior* are o suprafață de 1.876,04 km². Altitudinea maximă se află în dealul Văratcă – 233,7 m. Câmpia este secționată de râurile Bălțata, Bâc și Botna (afluenții de dreapta ai Nistrului). Altitudinea medie este de circa 110 m. Solurile s-au format pe depozite nisipoase, argile loessoide și loessuri, fiind reprezentate în cea mai mare parte de cernoziomurile carbonatice.

În zona de stepă, regiunea fizico-geografică Câmpiile și Podișurile de Stepă ale Moldovei de Sud cuprinde trei subunități:

- *Câmpia de Stepă a Cahulului* reprezintă un relief acumulativ, cu suprafețe relativ plane, traversat de bazinul hidrografic Cahul. Ocupă altitudini de până la 105,9 m în dealul Mălăiul Mic. Suprafața regiunii este de doar 744,01 km². Învelișul edafic este reprezentat de cernoziomuri tipice, slab humifere și, pe alocuri, cernoziomuri carbonatice.

- *Câmpia de Stepă a Ialpușului* deține o suprafață de 2.233,06 km². Altitudinile sunt cuprinse între 120 și 150 m, iar valoarea maximă, de 234,4 m, se înregistrează la movila Ciucur. Relieful este puternic fragmentat de văi preponderent consecvente (Ialpug, Lunga, Lunguța), caracterizându-se prin cel mai înalt grad de fragmentare din țară – 5,8 km/km² (interfluviile Lunga – Lunguța). Predomină cernoziomuri tipice și, uneori, carbonatice, cu conținut ridicat de humus în orizontul superior.

- *Câmpia de Stepă a Hadjerului Superior* – limita sud-estică a regiunii studiate – ocupă o suprafață de

912,8 km². Relieful cuprinde suprafețe netede, sub formă de platouri, având altitudini între 100 și 150 m. Altitudinea maximă este de 208,4 m în dealul Săiți, iar cea minimă coboară sub 0 m. Regiunea este străbătută de râuri mici, precum Sărata, Copceac, Bebei, Hagider și Căplani, care se varsă direct în limanurile Mării Negre. Tipurile de sol dominante aparțin cernoziomurilor carbonatice, tipice și slab humifere.

Analizând materialele cartografice și datele din literatura de specialitate, menționăm faptul că, în zona de studiu, *Quercus pubescens* este localizat în următoarele subregiuni fizico-geografice:

- Dealurile de silvestepă ale Tigheciului, unde pădurile de stejar pufos ocupă niveluri hipsometrice medii, iar cele mai înalte niveluri (peste 250 m altitudine) sunt acoperite de pădurile de gorun (*Quercus petraea*). Cele mai mari sectoare de păduri de stejar pufos sunt înregistrate în apropierea satelor Baimaclia, Sărata Nouă, Iargara, Băiuș, Baurci-Moldoveni, Larga Veche. Cele mai sudice sectoare de păduri cu stejar pufos au fost înregistrate între satul Colibași și orașul Vulcănești, iar în sud-estul republicii – în apropierea satului Biruința;

- În Depresiunea de silvestepă a Săratei, pădurile cu stejar pufos se află în apropierea satului Cărpineni;

- Pe Câmpia de silvestepă a Cogâlnicului de Mijloc, sectoarele de pădure cu stejar pufos și dumbrăvi cu porumbar s-au păstrat la sud de satul Codreni, stația Zloți și satul Cărbuna. Aici, pădurile cu stejar pufos ocupă, în special, versanții cu expoziție sudică și sud-vestică;

- Pe Câmpia de silvestepă a Bâcului Inferior, sectoare de stejar pufos sunt identificate în pădurea Hârbovăț.

Drept componentă principală a reliefului din zona colinară, versanții asigură condiții climatice variate, urmare a expoziției, înclinării, profilului pantei, altitudinii etc. Astfel, pădurile cu stejar pufos ocupă câmpiile și dealurile de silvestepă din sudul țării, preferând *versanții sudici*, care se caracterizează prin exces de căldură și lumină și un deficit de umiditate; cei puternic înclinați au un exces de căldură și un deficit de umiditate mai pronunțat decât cei moderat înclinați. Pe *versanții sud-vestici* și *vestici*, comparativ cu cei estici, pădurile de stejar pufos beneficiază de mai multă căldură și mai puțină umiditate în zilele însorite. Versanții estici oferă un plus de căldură și lumină în orele dimineții, dar și un deficit de umiditate pe tot parcursul verii. Stejarul pufos este deosebit de sensibil la înghețurile târzii (fenomen ce se explică prin prezența gelivurilor) [18; 23], de aceea preferă versanții superiori și mijlocii, cu expoziții însorite, unde temperaturile sunt mai ridicate decât în partea inferioară a versanților.

Azonal, unele sectoare de pădure cu stejar pufos au fost identificate în partea centrală a Republicii Moldova (satele Sadova, Codreanca, Trebujeni), pe versanții abrupti ai fluviului Nistru (satele Copanca, Vertiujeni), iar cel mai nordic sector de pădure de stejar pufos a fost înregistrat în bazinul râului Prut (Fetești, rn. Edineț) [24; 25].

În aria analizată – sudul Republicii Moldova, pădurile cu stejar pufos sunt răspândite pe zone și cuprind teritoriile mai multor entități silvice (Tabelul 1).

2. Factorii cu impact asupra ecosistemelor silvice, inclusiv asupra arboretelor de stejar pufos.

Ultimul raport din domeniu [26] indică faptul că, la nivel european, cel mai puternic impact asupra stării de sănătate a pădurilor exercită insectele (cele mai intense vătămări fiind provocate de insectele defoliatoare). Factorii abiotici au fost al doilea agent cauzal responsabil de deteriorarea coronamentului arborilor. Jumătate dintre simptomele apărute la nivelul coroanelor de arbori au fost cauzate de secetă, urmate de acțiunea zăpezii, ghe-

ții și vântului. Al treilea grup este reprezentat de acțiunea vătămătoare a ciupercilor/fungilor. Totuși, raportul menționează că *principala cauză a mortalității speciilor de arbori* (conifere și foioase) *o constituie factorii abiotici*, urmați de insecte, incendii și ciuperci.

Organele vegetative și reproductive ale stejarului pufos sunt grav afectate de următorii factori biotici [27]:

- frunzele: Molia verde a stejarului (*Tortrix viridana* L.), Cotarul verde (*Operophtera brumata* L.), Omida păroasă a stejarului (*Lymantria dispar* L.), Fluturile cu coada aurie (*Euproctis chrysorrhoea* L.), Cotarul brun (*Erannis defoliaria* C.). Dintre ciuperci - făinarea frunzelor, cauzată de ciupercile *Microsphaera alphitoides* Griff. et Maubl., *Microsphaera abbreviata* Peck.F.C. sau *Oidium aldhitoides* Griff. et Maubl.;

- lemnul sub scoarță: Croitorii pestriți ai stejarului (*Plagionotus arcuatus* L., *P. detritus* L.), Croitorul mic al stejarului (*Cerambyx scopolii* Fuessl.) și alți croitori mici din genurile *Hylotrechus* și *Hloroforus*, Gândacul de scoarță a lemnului (*Xyleborus* (Anisan-

Tabelul 1

Răspândirea teritorială a suprafețelor de pădure cu stejar pufos (*Quercus pubescens* – STP) în fondul forestier aflat în proprietate publică a statului, la nivelul entităților silvice/ocoalelor silvice, gestionate de Agenția „Moldsilva”

Nr.	Entitatea silvică (Întreprindere de Stat)	Ocolul silvic	Suprafața fondului forestier (ha)		
			Total	STP	%
1.	Întreprinderea pentru Silvicultură „Silva-Sud” Cahul	Baimaclia	4.203,3	285,9	6,8
		Cociulia	4.493,3	44,8	1,0
		Moscova	2.964,2	38,2	1,3
		Slobozia	1.418,7	0,1	0,0
		Larga	4.192,7	385,6	9,2
		Cahul	2.517,1	24,4	1,0
		Taraclia	2.379,8	10	0,4
	Total		22.169,1	789,0	19,7
2.	Întreprinderea silvo-cinegetică Cimișlia	Cimișlia	3.608,7	1,2	0,0
		Mihailovca	2.745,2	79,5	2,9
		Zloți	3.382,9	234,7	6,9
	Total		9.736,8	315,4	3,2
3.	Întreprinderea pentru Silvicultură Iargara	Băiuș	3.351,1	184,5	5,5
		Leova	5.548,9	83,5	1,5
	Total		8.900,0	268,0	3,0
4.	Întreprinderea pentru Silvicultură Tighina	Căinari	2.304,2	15,0	0,7
		Căușeni	4.083,6	128,1	3,1
		Hârbovăț	3.894,0	524,4	13,5
		Olănești	2.937,6	46,9	1,6
		Talmaza	4.708,1	337,1	7,2
	Total		17.927,5	1.051,5	5,9

drus) *dispar* F.), Buprestide cu două puncte (*Agrilus biguttatus* L.) și Cariul de scoarță al stejarului (*Scolytus intricatus* Ratz.);

- ghinda: Trombarul ghindei (*Balaninus* (*Curculio*) *glandium* Mrsh.) și ciupercile din genurile *Ceratotistis* (*C. roboris*, *C. valachicum*), *Fusarium* (*F. sporotrichiella*, *F. gubbosum*). Dintre animale, mistreții (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758) pot aduce pagube însemnate în semănăturile directe de ghindă. Printre factorii abiotici, seceta prelungită din luna august este una dintre cauzele principale ale pierderii ghindei. Ceilalți factori abiotici, ca zăpada și chiciura, în general, sunt mai puțin dăunători, cu excepția cazurilor în care acționează simultan [28].

Teritoriile din sudul și sud-estul Republicii Moldova înregistrează un deficit accentuat de precipitații, fiind extrem de vulnerabile la secetă [29]. În aceste regiuni, deficiențele de precipitații depășesc 80%: 8 ani din 10 sunt secetoși, spre deosebire de nord și centru, unde doar 2-3 ani din 10 (20-30% din probabilitate) sunt secetoși. Sub impactul schimbărilor climatice, în pădurile din țară se preconizează o creștere a ponderii speciilor xerofite și mezo-xerofite pe seama scăderii speciilor mezo-higrofitice și higrofitice, cu o posibilă extindere a arealului de elemente edificatoare sudice și sud-estice (*Quercus pubescens*) pe seama scăderii elementelor nordice și vestice (*Quercus petraea*, *Q. robur*), precum și continuarea procesului de ruderalizare a învelișului ierbos forestier [30].

Impactul aridizării climei asupra speciilor forestiere poate fi negativ sau pozitiv în funcție de un ansamblu de factori locali [13]. Astfel, la nivel național, pentru perioada 2000–2020, s-a stabilit o corelație directă între suprafața ocupată de o anumită specie forestieră și impactul combinat al extremelor de temperatură și de precipitații (îndeosebi pentru suprafețele ocupate de speciile *Carpinus spp.*, urmate de *Salix spp.*, *Populus spp.*, *Acer spp.*, *Robinia spp.*, *Quercus spp.* etc.) [31]. În ceea ce privește producția de biomasă, speciile *Carpinus spp.*, *Fraxinus spp.*, *Acer spp.*, *Ulmus spp.*, *Tilia spp.*, *Salix spp.*, *Pinus spp.* și *Robinia spp.* au fost cele mai afectate de condițiile climatice extreme. De asemenea, în contextul aridizării climatice focarele de insecte defoliatoare – *Lymantria dispar* L., *Stereonychus fraxini* Geer. – și dăunătorii xilofagi ocupă suprafețe tot mai mari în fondul forestier.

S-a constatat și o corelație semnificativă între parametrii meteorologici și apariția incendiilor forestiere. Suprafața pădurilor afectate de incendii de vegetație în Republica Moldova (1990–2020) prezintă o tendință liniară relevantă statistic, de creștere cu 108 ha/deceniu, cu o variabilitate interanuală ridicată. În partea de sud a țării, în lunile iulie și august, vor apărea cele mai favorabile condiții pentru declanșarea incendiilor (în sce-

nariile climatice RCP 4.5 și RCP 8.5, pentru perioada 2021–2050) [32].

3. Aspecte fito-climatice ale regiunii studiate

Conform sistemului Köppen-Geiger de clasificare a climatelor, zona analizată face parte din subprovincia Dfb – climat temperat-continental umed, cu veri călduroase – temperaturi medii sub 22 °C, cea mai rece lună înregistrând o medie sub 0 °C, iar cel puțin patru luni au o medie de peste 10 °C [33]. În cadrul regiunii studiate, diferențierile hipsografice dintre zona de câmpie joasă (până la 150 m altitudine), câmpie (150-200 m) și podiș (peste 200 m) explică și particularitățile bioclimatice. Astfel, în zona de câmpie joasă se înregistrează valori termice mai ridicate, media anuală fiind de peste 10,5 °C (iulie – mai mare de 22,5 °C, ianuarie sub -1,5 °C) și cantități reduse de precipitații cu o medie anuală sub 500 mm. Altitudinea își pune accentul pe distribuția valorilor climatice, astfel că în zona de podiș – partea sud-vestică și vestică a regiunii cercetate – se înregistrează o temperatură medie anuală ușor mai scăzută, 10,0-10,5 °C (iulie – 21,5-22,0 °C, ianuarie – între -2,0 și -1,5 °C) și o creștere a cantităților de precipitații medii anuale spre 550-600 mm [34]. De altfel, studiile recente indică prezența a două tipuri de climă conform gradului de ariditate, în partea de sud a țării: climă semiumedă (predominantă în regiune) și climă de tip mediteraneeană (în zonele de câmpie joasă, în văile râurilor) [34].

Din punct de vedere fito-climatic, regiunea studiată prezintă un climat sub-umed, sub-continental (SH3c), ceea ce permite dezvoltarea predominantă a asociațiilor de plante termofile, și anume: un amestec dintre pădurile de foioase mixte termofile și vegetația de origine mediteraneeană, urmate de păduri de foioase de silvostepă, alternate cu stepe, pe alocuri – păduri de foioase cu specii mezofite, stepe, vegetația ecosistemelor acvatică și palustre etc. [35]. Prin urmare, pe lângă climă, și particularitățile biotopului își pun amprenta asupra răspândirii anumitor formațiuni vegetale.

4. Determinarea impactului schimbărilor climatice asupra ecosistemelor silvice

Pentru determinarea gradului de ariditate al regiunii cercetate și identificarea zonelor de vulnerabilitate a pădurilor în raport cu aridizarea climei, cu particularități distincte, a fost utilizat Indicele de Martonne (IM) comparat cu date de referință (Tabelul 2; Tabelul 3). Calculând IM pentru perioada 1980–2020, putem observa că valorile sale variază pentru teritoriul cercetat între 22,1 și 33,0 unități, fapt explicat prin influența reliefului (forme de relief, înclinare, expoziție etc.) asupra climei. Astfel, cu cât altitudinea este mai joasă, cu atât valorile IM sunt mai mici, iar cu cât valorile altitudinale sunt mai mari, cu atât valorile IM cresc (Figura 2).

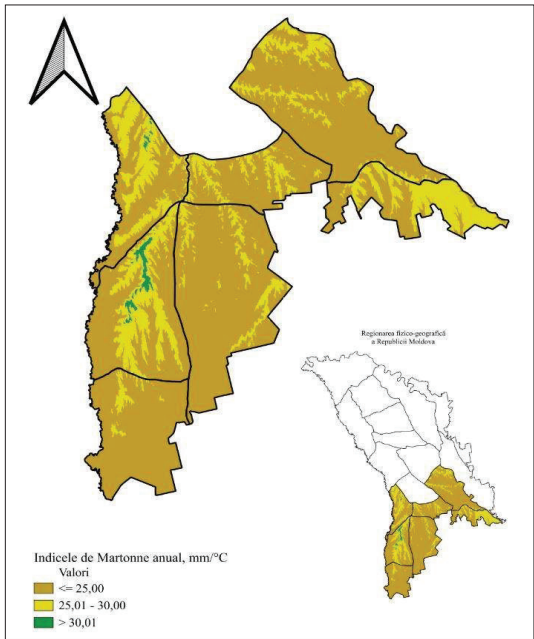


Figura 2. Repartiția spațială a valorilor medii ale Indicelui de Martonne pe teritoriul studiat 1980–2020.
Sursa: elaborată de autori.

Tabelul 2
Clasificarea tipurilor de climă după Indicele de ariditate de Martonne [20]

Tipuri de climă	Valori anuale ale IM (mm/°C)
Arid	IM<10
Semiarid	≥10 - <20
Mediterranean	≥20 - <24
Semiumed	≥24 - <28
Umed	≥28 - <35
Foarte umed	≥35 - <55
Extrem de umed	≥55

Comparând valorile IM obținute cu datele din literatura de specialitate [12; 13], care determină climatul caracteristic în conexiune cu tipul de vegetație, conchidem că, în general, clasificarea fito-climatică descrisă mai sus se respectă. Astfel, teritoriul studiat dispune de *condiții climatice favorabile pentru dezvoltarea vegetației de stepă, cu predominarea gramineelor* (IM cu valori cuprinse între 20-25 unități), și doar pe alocuri, condiții propice pădurilor de silvostepă (IM între 25-35 unități). La nivel național, aceste date pot fi interpretate și corelate cu regiunea geobotanică a Republicii Moldova [5], care încadrează zona studiată în următoarele unități:

1. Subregiunea pădurilor submezofile de gorun cu tei și frasin din podișul Tigheci (unde valorile IM înregistrează cele mai înalte valori);
2. Subregiunea silvostepii cu păduri poienite termofile de stejar pufos și stejar brumăriu (IM între 25-30 unități);
3. Regiunea stepei Bugeac cu pajiști de păiuș și negară (IM sub 25 unități).

Având în vedere particularitățile fizico-geografice, climatice și geobotanice descrise mai sus și aplicând clasificările din literatura de specialitate (Tabelul 3), s-a stabilit că ecosistemele forestiere din regiunea de studiu se încadrează în trei zone de vulnerabilitate față de schimbările climatice:

- **Zona de vulnerabilitate foarte înaltă** (IM între 14,0-25,0 unități), cu un climat semiarid și un deficit de durată în umiditate, care induce degradarea pădurilor, zonă localizată preponderent pe teritoriile cu altitudine sub 150 m .
- **Zona de vulnerabilitate înaltă** (IM între 25,01-30,0 unități), cu un climat moderat arid și deficiențe persistente de umiditate, zonă situată pe teritoriile cu altitudini între 150-225 m.

Tabelul 3
Corelații între indicele de ariditate de Martonne și zonele de vulnerabilitate ale pădurilor [1]

IM	Clasificarea climei	Zone de vulnerabilitate ale pădurilor	
		Indicator	Nivel de vulnerabilitate*
10-25	Semiarid	A	Foarte înalt
25-30	Moderat arid	B	Înalt
30-35	Puțin umed	C	Mediu
35-40	Moderat umed	D	
40-50	Umed	E	Scăzut
50-60	Foarte umed	F	
60-180	Excesiv de umed	G	De la mediu la foarte înalt

**Notă:* Zona A: deficit de durată în umiditate care conduce la degradarea pădurilor; Zona B: perturbări persistente ale regimului de umiditate; Zona C: tulburări de umiditate în anumiți ani; Zona D: perturbări ușoare ale umidității în anumiți ani; Zona E: condiții optime ale umidității; Zona F: condiții optime ale umidității; Zona G: deteriorarea treptată a condițiilor de mediu din cauza excesului de umiditate.

▪ **Zona de vulnerabilitate medie** (IM între 30,01-35,5 unități), cu un climat slab umed și perturbări de umiditate doar în anumiți ani, localizată pe suprafețe restrânse din unitatea fizico-geografică Dealurile de silvostepă ale Tigheciului.

Din perspectiva aspectelor temporale ale IM, calculate pentru stațiile meteorologice Ștefan-Vodă (situată în Câmpia de stepă a Hadjiderului Inferior) și Cahul (din Dealurile de silvostepă ale Tigheciului), în *perioada de vară* (iunie-august – luni caracterizate prin aportul scăzut de precipitații și temperaturi maxime) se constată descreșteri ale valorilor acestui indice, începând cu anii '80 ai secolului XX (în mare măsură, determinate de creșterea fondului termic). Conform datelor obținute, se observă că în anii secetoși (2007–2009, 2011, 2015, 2019, 2020) sunt înregistrate valori scăzute ale IM, care determină predominanța climatică specifică zonei de stepă în regiune (Figura 3).

Studiile climatice recente prognozează tendințe clare de aridizare a climei în partea de sud a țării [15]. Pe baza modelărilor proprii, cele trei scenarii climatice (RCP 2.6, RCP 4.5 și RCP 8.5) prognozează modificări semnificative ale temperaturii medii anuale și ale cantității medii anuale de precipitații în sezonul de vegetație al arborilor (aprilie-octombrie), cu un accent deosebit asupra perioadei de vară (iunie-august), caracterizată prin temperaturi ridicate și aport redus al precipitațiilor (Figura 4).

În toate cele trei scenarii climatice, se prognozează creșteri ale temperaturii medii a aerului în perioada de vară (pentru comparație, în perioada de referință 1986–2005 aceasta a fost de aproximativ 21,0-22,0 °C). Totuși, o schimbare mai pronunțată a temperaturii medii anuale se înregistrează pentru perioada 2081–2100, în cadrul scenariului climatic RCP 8.5, conform căruia, în întreaga zonă de câmpie din sudul țării se

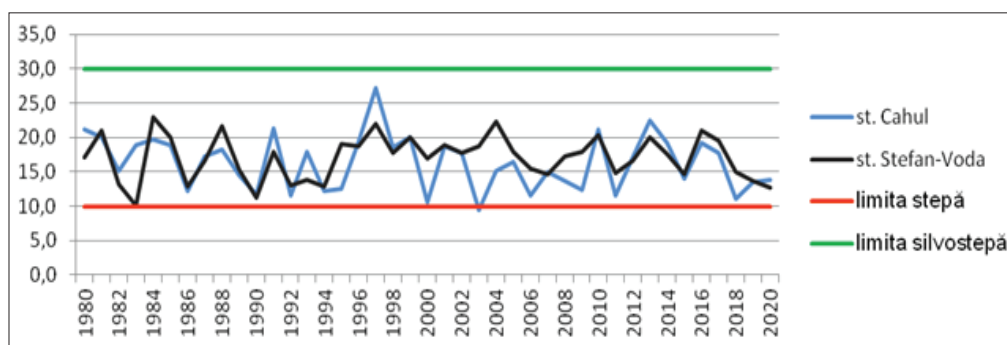


Figura 3. Evoluția multianuală a Indicelui de ariditate de Martonne (vara) pentru stațiile meteorologice Cahul și Ștefan Vodă (1980–2020).

Sursa: elaborată de autori.

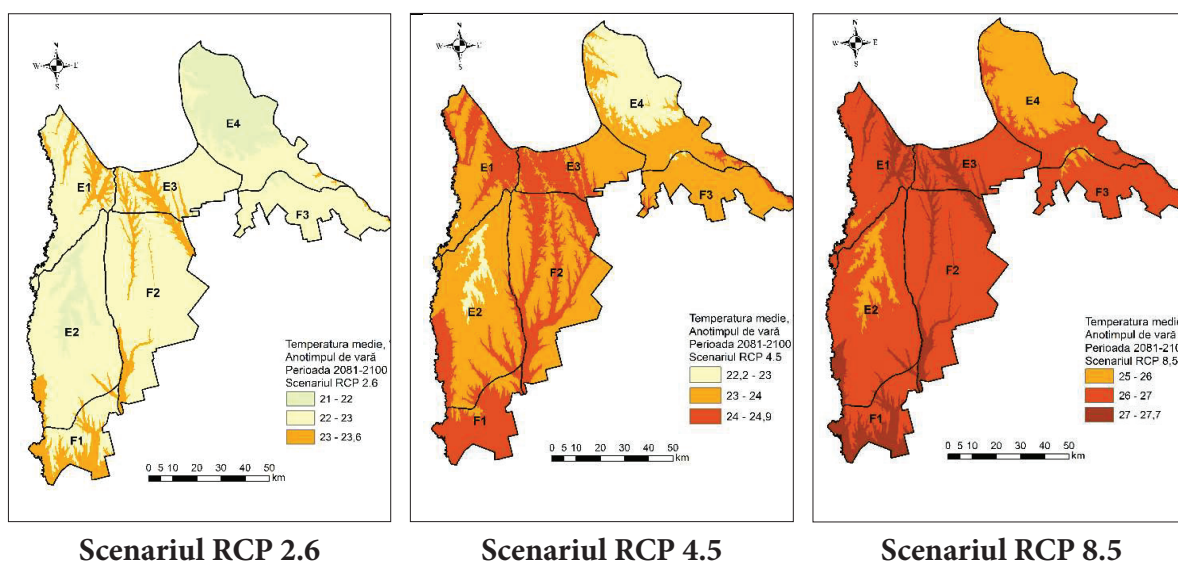


Figura 4. Prognoza temperaturii medii a aerului în zona de studiu, pentru sezonul de vară (iunie-august), în perioada 2081–2100, conform celor trei scenarii climatice (RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 8.5).

Sursa: elaborată de autori.

estimează vara temperaturi medii ale aerului de circa 26,0 – 27,5 °C. Pentru comparație, temperaturile medii anuale prognozate sunt de circa 23,0 – 24,5 °C în scenariul climatic RCP 4.5 și de circa 22,0 – 23,5 °C în scenariul RCP 2.6.

La nivel local, studiile au arătat că *apa constituie principalul factor limitativ*, în raport cu temperatura, pentru procesul de biosinteză al arborilor [36]. Spre exemplu, pentru *Quercus robur*, deficitul de precipitații în sezonul de vegetație precedent și în toamna anterioară determină scăderea lățimii lemnului timpuriu (lemn de primăvară – mai puțin dens, deschis la culoare, poros, format în prima parte a sezonului vegetativ), în timp ce anii secetoși au condus la valori scăzute ale lățimii totale a inelului anual al arborelui [37]. *Quercus pubescens* nu prezintă scăderi semnificative ale creșterii în condiții de secetă și dispune de o capacitate mai ridicată de rezistență în condiții aride față de *Quercus robur*, datorită conductivității stomatice mai mari, nivelului redus de embolie a vaselor și bunei aprovizionări cu apă prin sistemul radicular [38; 39].

Rapoartele climatice pentru Republicii Moldova, estimează că *evaporarea potențială* va spori cu 7-11% în lunile de creștere activă a vegetației (aprilie-septembrie), în perioada 2016–2035, și până la 42-47%, în perioada 2081–2100 [29]. Pentru zona cercetată, schimbări evidente sunt prognozate și în distribuția teritorială a cantității de precipitații în sezonul cald (Figura 5), comparativ cu perioada de referință (1986–2005), când cantitățile de precipitații însumau 300-350 mm în zona de silvostepă și 265-300 mm în zona de stepă din sudul țării. În toate cele trei scenarii climatice (RCP 2.6, RCP 4.5 și RCP 8.5), vegetația

din subregiunea fizico-geografică Câmpia de stepă a Ialpușului, urmată de Câmpia de silvostepă a Cogâlnicului de Mijloc, va resimți cel mai mult deficitul de precipitații atmosferice, care se va accentua sub impactul temperaturilor medii anuale (în creștere pentru aceste teritorii chiar și în cel mai moderat scenariu climatic RCP 4.5) [15].

Recentele modelări climatice [3] privind compatibilitatea parametrilor climatici pentru creșterea și dezvoltarea stejarului pufos pe teritoriul Republicii Moldova, în două scenarii climatice (RCP4.5 și RCP 8.5, pentru anul 2070), susțin afirmațiile noastre referitoare la creșterea vulnerabilității ecosistemelor silvice sub impactul aridizării climei. Astfel, în sudul țării se preconizează – mai ales în scenariul climatic RCP 8.5 – extinderea teritoriilor cu condiții climatice incompatibile dezvoltării stejarului pufos. Totuși, apar oportunități de avansare a speciei către limita nordică a arealului său, spre partea centrală a țării (o creștere/extindere de circa 30% a suprafeței compatibile în scenariul RCP 4.5, dar semnificativ mai redusă – aproximativ 6% – în scenariul RCP 8.5).

La nivel european, se prognozează deplasări corologice ale speciilor de arbori mediteraneeni către pădurile din Europa de Vest și Centrală [40]. Stejarul *Quercus ilex* și *Quercus pubescens* ar putea beneficia, parțial, de pe urma schimbărilor climatice, devenind din ce în ce mai competitivi comparativ cu speciile de arbori mai puțin toleranți la secetă, precum fagul. Conform mai multor scenarii climatice, până în anul 2100, *Quercus ilex* și *Quercus pubescens* își vor extinde arealul de distribuție către Europa Centrală, în special în Franța și sud-vestul Germaniei [38].

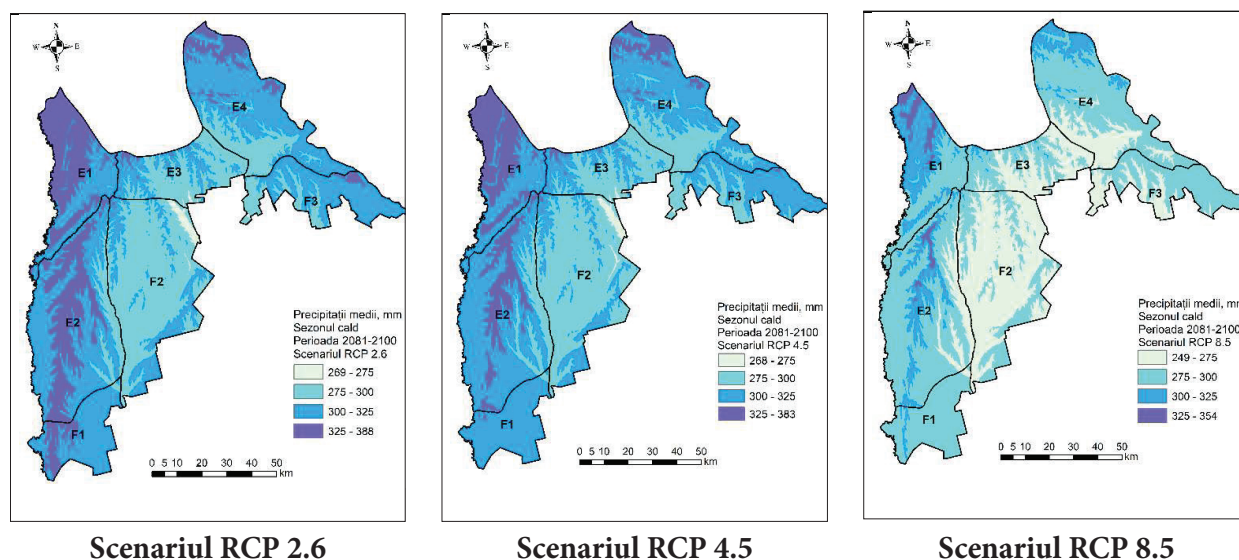


Figura 5. Prognoza cantității medii de precipitații în zona de studiu, pentru sezonul cald (aprilie-octombrie), în perioada 2081–2100.

Sursa: elaborată de autori.

Pentru speciile forestiere, *compatibilitatea ecologică* este determinată de regimul de temperatură, de precipitațiile atmosferice, precum și de particularitățile substratului. Habitatele stejarului pufos se caracterizează, în general, prin cantități foarte reduse de precipitații (<400 mm în perioada de vegetație), secetă de vară mediu-prelungită și temperaturi cuprinse între 0 °C și 5 °C în lunile reci de iarnă [20]. Solurile afânate sau moderat compacte sunt favorabile dezvoltării stejarului pufos, cu o rădăcină pivotant-trasată, care se adâncește în sol până la 6-8 m și ajunge la straturile umede/pânza apelor freatice. În literatura de specialitate există diverse opinii cu privire la favorabilitatea condițiilor de climă și de sol pentru dezvoltarea speciei (Tabelul 4). În acest context, stejarul pufos, din perspectiva exigențelor sale ecologice, întrunește condiții optime de creștere și dezvoltare în regiuni uscate, dar depinde semnificativ și de particularitățile fizico-geografice locale (exemplul indicat mai sus – prezența pădurilor de stejar pufos anume în cele patru subunități ale zonei fizico-geografice Câmpiile și Podișurile de silvostepă ale Moldovei de Sud).

Menționăm faptul că, la nivel național, pentru conservarea *in situ* a unicității și diversității ecosistemelor pădurilor de stejar pufos au fost instituite 15 arii naturale protejate (24.653,7 ha), acestea fiind parte din Rețeaua Ecologică Națională și Rețeaua Emerald [41]. Iată de ce, pentru o parte dintre păduri, se recomandă efectuarea lucrărilor de substituie a arboretelor de salcâm cu specii autohtone; organizarea lucrărilor de conservare a speciilor de plante rare; eliminarea speciei invazive *Acer negundo* etc. Pentru regiunea analizată,

se indică necesitatea promovării speciilor autohtone de arbori, precum: stejar pufos (*Quercus pubescens*), stejar brumăriu (*Quercus pedunculiflora*), stejar pedunculat (*Quercus robur*) și a speciilor însoțitoare: arțar tătareșc (*Acer tataricum*), arțar comun sau jugastru (*Acer campestre*), păr sălbatic (*Pyrus pyrastrer*), ulm de câmp (*Ulmus carpinifolia*), frasin comun (*Fraxinus excelsior*), pin negru (*Pinus nigra*) etc.

Un alt studiu [3] subliniază că în alegerea speciilor pentru zona de silvostepă se va acorda prioritate stejarului pedunculat, și mai ales speciilor xerofite, cum ar fi stejarul pufos și stejarul brumăriu, iar în scenarii climatice mai radicale este justificată migrarea asistată a unor specii mediteraneene (de exemplu, stejarul de stâncă *Quercus ilex*). De asemenea, în condițiile climatice actuale și în cele prognozate, se consideră oportună utilizarea speciilor de pin (pin negru, pin silvestru) în lucrările de regenerare forestieră sau împăduriri localizate în zona de silvostepă, precum și completarea cvercineelor cu specii secundare (jugastru, paltin de câmp, frasin, tei argintiu, carpen, ulm, cireș).

Rolul ecologic esențial al stejarului pufos în edificarea ecosistemelor forestiere adaptate la temperaturi ridicate și un regim pluviometric redus este recunoscut, în special, în împăduririle terenurilor din zonele aride (precum Oltenia, Bărăgan, Dobrogea din România). Totuși, una dintre principalele provocări în managementul dinamic al acestei specii este numărul foarte mic de arborete forestiere desemnate ca surse pentru producerea materialului de reproducere, precum și arborete desemnate drept resurse genetice forestiere [42]. În Republica Moldova, studiile privind

Tabelul 4

Favorabilitatea condițiilor de climă și sol în dezvoltarea stejarului pufos (*Quercus pubescens*) [3]

Indicatori	Valori / parametri						
Temperatura medie anuală (°C)	+8	+9	+10	+11			10-15 °C, conform [20]
Precipitații anuale (mm)	400	500	600	700			≥500 mm
Lungimea perioadei bioactive (luni)	6	7	8				
Altitudinea (m)	100	200	300	400	500	600	700
Expoziție versanți	însoriți	semi-însoriți	semi-umbriți				
Aciditatea solului (pH în apă)	7,2	7,0	6,8	6,6	6,4	6,2	6,0
Compactitatea solului	foarte afânate	afânate	moderat compacte	compacte	foarte compacte		
Textura solului	nisipos	nisipo-lutos	luto-nisipos	lutos	luto-argilos	argilo-lutos	argilos

Notă: limite de toleranță ale speciei față de factorii ecologici

limită

suboptim

optim

structura populațiilor de stejar pufos pe baza caracterelor morfometrice au scos în evidențiat că populațiile din Baimaclia, Băiuș și ÎSC „Manta V” s-au păstrat cel mai bine și că sunt cele mai productive, fiind recomandate pentru obținerea statutului de resurse genetice forestiere. De asemenea, forma coroanei rămurilor împrăștiată poate fi folosită ca indice expresiv în lucrările de selecție individuală pentru identificarea genotipurilor valoroase [43]. În paralel cu consolidarea rețelei de conservare a resurselor genetice existente, este esențială selectarea de noi specii de arbori mai bine adaptate la condițiile climatice viitoare. Totuși, în procesul de înlocuire a arboretelor forestiere, trebuie asigurată o diversitate genetică cât mai largă [44].

CONCLUZII

1. Pentru teritoriul cercetat, stejarul pufos se dezvoltă preponderent în zona de silvostepă, regiunea fizico-geografică Câmpiile și Podișurile de Silvostepă ale Moldovei de Sud, pe niveluri hipsometrice medii (150-250 m), pe versanți superiori și mijlocii, cu expoziții însorite, în climat temperat-continental, pe soluri cenușii de pădure.

2. Prin Indicele de Martonne (IM) s-a determinat gradul de ariditate al regiunii de sud a țării și caracterul restrictiv impus de condițiile climatice anumitor formațiuni vegetale. Se indică faptul că teritoriul studiat dispune doar pe alocuri de condiții climatice favorabile dezvoltării pădurilor de silvostepă, cea mai mare parte a teritoriului prezentând condiții favorabile dezvoltării vegetației de stepă.

3. Regiunea de studiu se încadrează în trei zone de vulnerabilitate a pădurilor față de schimbările climatice: zona de vulnerabilitate foarte înaltă, cu un climat semiarid și un deficit de durată în umiditate, localizată preponderent în teritorii sub 150 m altitudine; zona de vulnerabilitate înaltă, cu un climat moderat arid și tulburări de durată ale umidității, în teritoriile cu altitudini între 150-225 m; zona de vulnerabilitate medie, cu un climat puțin umed și tulburări de umiditate doar în anumiți ani, localizată în unitatea fizico-geografică Dealurile de silvostepă ale Tigheciului.

4. În regiunea de sud a țării, cele trei scenarii climatice (RCP 2.6, RCP 4.5 și RCP 8.5) prognozează schimbări evidente ale temperaturii medii anuale și ale cantității medii anuale de precipitații pentru sezonul de vegetație a arborilor (aprilie-octombrie), cu accent deosebit pe perioada de vară (iunie-august), cunoscută prin temperaturi ridicate și aport scăzut al precipitațiilor. În toate scenariile, vegetația din subregiunea fizico-geografică Câmpia de stepă a Ialpuului, urmată de Câmpia de silvostepă a Cogălnicului de Mijloc,

va resimți cel mai acut deficitul de precipitații atmosferice, intensificat de creșterea temperaturilor medii anuale, chiar și în cel mai moderat scenariu (RCP 4.5).

5. Având în vedere optimul ecologic al speciei, se constată menținerea favorabilității climatice pentru pădurile de stejar pufos în unitățile de relief Dealurile de silvostepă ale Tigheciului și Câmpia de silvostepă a Bâcului Inferior, în toate cele trei scenarii climatice (până în 2100).

6. În condițiile aridizării climei, stejarul pufos poate deveni o specie cu rol ecologic major în edificarea ecosistemelor forestiere din sudul țării, fiind o specie adaptată la temperaturi înalte (termo-toleranță ridicată), la precipitații reduse și dispunând de o gamă variată de biotopuri.

7. Se recomandă conservarea *in situ* a unicității și diversității ecosistemelor pădurilor de stejar pufos, promovând speciile autohtone precum: stejar pufos (*Quercus pubescens*), stejar brumăriu (*Quercus pedunculiflora*), stejar pedunculat (*Quercus robur*) și specii însoțitoare: arțar tătareșc (*Acer tataricum*), arțar comun sau jugastru (*Acer campestre*), păr sălbatic (*Pyrus pyrastrer*), ulm de câmp (*Ulmus carpinifolia*), frasin comun (*Fraxinus excelsior*), pin negru (*Pinus nigra*) etc., adaptate la condițiile climatice actuale și cele prognozate, precum și luarea în calcul a opțiunii de migrare asistată pentru unele specii mediteraneene.

8. Sub impactul schimbărilor climatice, se recomandă consolidarea rețelei de conservare a resurselor genetice existente; ecosistemele silvice cu stejar pufos din Dealurile de silvostepă ale Tigheciului prezintă unele dintre cele mai valoroase și diversificate resurse genetice forestiere și posibil unele dintre cele mai bine adaptate la schimbările climatice.

BIBLIOGRAFIE

1. IPCC: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 2023, 1-34.
2. Impacts of Climate Change on European Forests and Options for Adaptation. 2008. AGRI-2007-G4-06 Report to the European Commission Directorate-General for Agriculture and Rural Development, 173 p.
3. Bouriard, L.; Bouriard, O.; Enescu, M. et al. Adaptarea sectorului forestier din Republica Moldova la schimbările climatice: Manual pentru personalul silvic. Unitatea Consolidată pentru Implementarea Programelor IFAD (UCIP IFAD). Chișinău: Tipogr. „Arva Color”, 2024. 320 p.
4. Talmaci, I.; Prosii, E.; Mardari, A.; Varzari, A.; Galupa, A. Pădurile din Republica Moldova: Starea actuală, indicatori calitativi și cantitativi. În: Revista Pădurii, nr. 3, 2018, 7-20.

5. Postolache, Gh. Vegetația Republicii Moldova. Ediția 2. Universitatea de Stat din Moldova. Grădina Botanică (Institut) „Al. Ciubotaru”. Chișinău: Lexon-Prim, 2024. 519 p.
6. Hotărârea de Guvern nr. 409/2024 cu privire la aprobarea Strategiei de mediu pentru anii 2024-2030. În: Monitorul Oficial, nr. 325-328, art. 650/2024.
7. Hotărârea de Guvern Nr. 624/2023 cu privire la aprobarea Programului Național de adaptare la schimbările climatice până în anul 2030. În: Monitorul Oficial, nr. 448-451 art. 1086/2023.
8. Convenția-Cadru cu privire la schimbarea climei, New-York, 1992.
9. Convenția privind Diversitatea Biologică, Rio de Janeiro, 1992.
10. Boboc, N. Probleme de regionare fizico-geografică a teritoriului Republicii Moldova. În: Buletinul Academiei de Științe a Moldovei, Științele Vieții, nr. 1 (307), 2009, 161-169.
11. Boboc, N. Regionarea fizico-geografică a Republicii Moldova. În: Atlas Schimbările climatice și starea actuală a peisajelor. Chișinău: Impressum, 2021, p. 73.
12. De Martonne, E. Traité de géographie physique, Vol. I: Notions generales, climat, hydrographie. In: Geogr. Rev., 15, 1925, 336-337.
13. Satmari, A. Lucrări practice de biogeografie. Timișoara: Eurobit, 2010. 85 p.
14. 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, [online] https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cee_files/idmp-cee/idmp-act.5.2-output2-m3.pdf (consultat: 24.04.2025).
15. Răileanu, V.; Bejan I.; Nedelcov, M.; Boboc, N.; Cojocari, R.; Munteanu, V.; Crivova O.; Jechiu I.; Mleavaia, G. Atlas Schimbările climatice și starea actuală a peisajelor. Chișinău: Impressum, 2021. 100 p.
16. Bănică, S., Benea, I., Herișanu, Gh. Sisteme informaționale geografice și prelucrarea datelor geografice. București: Ed. Fundației România de Măine, 2008. 138 p.
17. EUFORGEN: European Forest Genetic Resources Programme. Distribution maps. *Quercus pubescens*, [online] <https://www.euforgen.org/species/quercus-pubescens> (consultat: 24.04.2025).
18. Florență, Gh. Particularitățile biologice ale stejarului pufos (*Quercus pubescens* Willd.) din Republica Moldova. Autoreferatul tezei de doctor în științe biologice. Chișinău, 2015. 30 p.
19. Donica, A.; Jechiu, Ir. Aspecte corologice ale speciilor de stejari (*Quercus robur*, *Q. petraea*, *Q. pubescens*) pe teritoriul Republicii Moldova. În: Starea actuală a componentelor de mediu, Chișinău, 12-13 decembrie 2019, 244-253.
20. Pasta, S.; de Rigo, D.; Caudullo, G. *Quercus pubescens* 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. Publ. Off. EU, Luxembourg, 2016, 156-157.
21. Bunduc, T. Relații pedo-geomorfologice în bazinul hidrografic Larga (Colinele Tighecului). Chișinău: Impressum, 2021. 164 p.
22. Ursu, A.; Overcenco, A.; Curcubăt, S.; Miron, A. Solurile pădurilor din Republica Moldova. Chișinău: Impressum, 2022. 132 p.
23. Cuza, P. Capacitatea de adaptare a frunzelor stejarului pufos (*Quercus pubescens* Willd.) în funcție de doză și durata fracționării dozelor șocului termic. În: Mediul Ambiant, nr. 6(42), 2008, 23-26.
24. Gociu, D., Grigoraș, N. Stejarul pufos (*Quercus pubescens* WILD.) – specie autohtonă importantă sub aspect de cercetare științifico-aplicativă. În: Mediul Ambiant nr. 3(75), 2014, 40-42.
25. Botnărescu, V., Florență, Gh. Răspândirea stejarului pufos (*Quercus pubescens*) în Moldova. În: Materialele Simpozionului științific internațional: Rezervația „Codrii” 40 ani. Chișinău: Î.E.P. Știința, 2011, 56-59.
26. Michel, A.; Kirchner, T.; Prescher, A.-K.; Schwärzel, K. editors. Forest Condition in Europe: The 2023 Assessment. ICP Forests Technical Report under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (Air Convention). Eberswalde: Thünen Institute, 2023. 103 p.
27. Clinovschi, F. Dendrologie. Editura Universității Suceava. 2005. 299 p.
28. Gherghel, M. Cartea Pădurarului. Ghid practic al silvicultorului. Ed. Petru Maior Reghin. 2016. 894 p.
29. Daradur, M.; Cazac, V.; Josu, V.; Leah, T.; Lopotenco, V.; Rajendra, P. Pandey; Shaker, R.; Talmaci, I.; Caisin, V.; Isac, A. Planul Național privind Seceta în Republica Moldova (traducere din l. engleză). Chișinău: Estetini. 2020. 120 p.
30. Postolache, Gh. Ecosistemele naturale. Vulnerabilitatea și adaptarea la schimbarea climei. Schimbarea climei: cercetări, studii, soluții: culegere de lucrări. Chișinău, 2000, 42-48.
31. Taranu, L.; Trescilo, L.; Bugaeva T., et al., Climate Change Impacts, Risks and Vulnerabilities in the Republic of Moldova: Observed Trends and Future Projections. Public Institution Environmental Projects Implementation Office”. Chișinău: Bons Offices, 2023. 367 p.
32. Taranu, L.; Deveatii, D.; Trescilo L., et al. Vulnerability Assessment and Climate Change Impacts in the Republic of Moldova: Researches, Studies, Solutions. Climate Change Office, Min. of Agriculture, Regional Development and Environment of the Rep. of Moldova, United Nations Environment Programme. Chișinău: Bons Offices, 2018. 352 p.
33. Peel, M.C.; Finlayson, B.L.; McMahon, T.A. Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. In: Hydrol. Earth Syst. Sci., 11, 2007, 1633-1644.
34. Atlas Factorii abiotici de mediu și securitatea ecologică. 2023. Ministerul Educației și Cercetării, Universitatea de Stat din Moldova, Institutul de Ecologie și Geografie. Chișinău: Impressum. 104 p.
35. Botti, D. A phytoclimatic map of Europe. In: Cybergeo: European Journal of Geography, 2018.

36. Caisin, V. Creșterea arborilor pentru 25 de ani și clima. În: Mediul Ambiant, nr. 2 (20), 2005, 15-21.

37. Nedelcov, M.; Donica, A.; Agapi, I.; Grigoraș, N. Relații temporale între parametri climatici și creșterile anuale ale speciilor forestiere (studiu de caz). În: Culegerea de articole științifice dedicată membrului corespondent AȘM Ion Dediu la 85 ani de la naștere și 62 ani de activitate științifică: Impactul antropic asupra calității mediului. Ministerul Educației, Culturii și Cercetării, Institutul de Ecologie și Geografie. Chișinău: Impressum, 2019, 223-234.

38. Fruchtenicht, E.; Neumann, L.; Klein, N.; Bonal, D.; Brüggemann, W. Response of *Quercus robur* and two potential climate change winners – *Quercus pubescens* and *Quercus ilex* – To two years summer drought in a semi-controlled competition study: I – Tree water status. Environmental and Experimental Botany, Volume 152, 2018, 107-117.

39. Damesin, C.; Rambal, S. Field study of leaf photosynthetic performance by a Mediterranean deciduous oak tree (*Quercus pubescens*) during a severe summer drought. New Phytologist, Vol. 131 (2), 1995, 159-167.

40. Hickler, T.; Vohland, K.; Feehan, J.; Paul, A. Miller, et al. Projecting the future distribution of European potential natural vegetation zones with a generalized, tree species-ba-

sed dynamic vegetation model. In: Global Ecology and Biogeography 21(1), 2011, 50-63.

41. Postolache, Gh. Ariile naturale protejate din Moldova. Rezervații silvice. Vol. 3. Chișinău: Știința, 2018. 212 p.

42. Apostol, E. N.; Dinu, C. G.; Apostol, B.; Ciuvăț, A., et al. 2016. Importance of pubescent oak (*Quercus pubescens* Willd.) for romanian forests in the context of climate change. In: Revista de Silvicultură și Cinegetică. Anul XXI, nr. 39, 29-33.

43. Cuza, P. Variabilitatea caracterelor morfometrice ale arborilor în populațiile stejarului pufos (*Quercus pubescens* Willd.) din Republica Moldova. În: Studia Universitatis. Seria „Științe ale naturii”, nr. 1, 2007, 205-209.

44. Bordács, S., Zhelev, P., Schirone, B. EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use of pubescent oak (*Quercus pubescens*). European Forest Genetic Resources Programme (EUFORGEN), European Forest Institute, 2019. 6 p.

NOTĂ. Cercetările au fost realizate în cadrul proiectului instituțional 010801 *Sporirea securității ecologice și rezilienței geo-ecosistemelor la modificările actuale de mediu.*



Inessa Țăpina. *Natură moartă cu flori de hârtie*, 1992, ulei pe pânză, 71 × 80 cm.