

# Riscul la incendii în pădurile din România: cartare și metode de evaluare

I. Barbu

**Barbu I.**, 2018. The wildfire risk in Romanian forests: mapping and assessments of methods. Bucov. For. 18(2): 155-163.

**Abstract.** The paper presents the results of a risk analysis of forest fires at the county level, based on published statistical data of 1976-2000 period ("Health condition of the forests in Romania") and different methodologies to assess the fire risk of forest stands, using the Standardized Precipitation Index (SPI) and a methodology that integrates GIS techniques. The global fire risk model, based on the cumulated ranks on the analyzed period, indicated a very high risk for forests in the South-West and South-East of Romania (Caraș Severin and Gorj counties, respectively Tulcea and Constanța counties), while other eight counties were included in the higher fire risk category. Among the models of fire occurrence based on SPI, the higher variance has been explained by the cumulated value of SPI in winter, spring and summer (44%). The method based on ranking scores takes into account six main factors with contribution to the occurrence of forest fires - vegetation type, distance to forest edge/roads, maximum temperature, maximum moisture, historical occurrence of forest fire, based on which is provided a 5 - class risk system. This method is extended further by using GIS tools, which could provide mapped information on the forest fire risk.

**Keywords** wildfire risk, SPI, mapping, Romania

**Author.** Ion Barbu (ionbarbu51@gmail.com) - "Marin Drăcea" National Research-Development Institute in Forestry, Station Câmpulung Moldovenesc, 73b Calea Bucovinei, Câmpulung Moldovenesc, Suceava, Romania.

**Manuscript** received November 15, 2018; revised December 5, 2018; accepted

## Introducere

Incendiile forestiere sunt cel mai adesea fenomene spontane, a căror declanșare și evoluție depinde de o serie de factori favorizanți, precum starea și natura materialului combustibil (proporția vegetației vii și a materialului vegetal mort, compoziția, structura și desimea pădurii, gradul de compactare a materiei moarte etc.) sau condițiile orografice și de vreme, pre-

cum și factorii cauzali (naturali și antropici), iar în ultimul rând, măsurile de prevenire și stingere luate (Stolle și Lambrin 2003, Yakubu et al. 2015). În ultimii ani, pe fondul încălzirii climei se constată la nivel mondial o creștere a duratei și amplitudinii condițiilor de vreme favorizante pentru producerea de incendii de pădure (Davis et al. 2018).

Nici România nu face excepție, teritoriul fiind caracterizat printr-o variabilitate ridicată a

condițiilor climatice, care au condus de-a lungul timpului la apariția unor perioade extrem de secetoase sau extrem de ploioase (Topor 1963), ce au favorizat adesea producerea de pagube importante (Dissescu 1946), așa cum s-au înregistrat în anii 2000, 2003, 2007 datorită secetei și incendiilor sau în anii 2005 și 2008 datorită excesului de precipitații din timpul sezonului de vegetație (Barbu et al. 2001-2008). Conceptul la modă al „schimbărilor climatice” este adesea invocat pentru a explica apariția acestor fenomene, concluzionându-se - uneori fără argumente - că evenimentele recente sunt cele mai distrugătoare sau că, în perspectivă, frecvența acestora va conduce la alterarea condițiilor de viață ale populației umane (Barbu și Popa, 2001-2003).

În cazul particular al culturilor de rășinoase în afara arealului, în special din zona colinară și de câmpie (Barbu & Teodosiu 2008), este cunoscută existența unor cantități apreciabile de material lemnos de mici dimensiuni, provenind din rupturi de zăpadă și din eliminare naturală, ce s-au acumulat la sol. În anumite perioade, acest material devine foarte combustibil, contribuind la amplificarea pagubelor produse de incendii (Barbu 1991, Geambașu și Barbu 1987). De asemenea, schimbările din structura proprietății asupra pădurilor au condus la practici greu controlabile, care amplifică riscul incendiilor în suprafețele vecine fondului forestier de stat, împreună cu riscul de extindere a acestor incendii în pădurile gestionate de RNP-Romsilva.

În acest context, ținând cont de posibilitățile de prognozare a apariției unor fenomene extreme pe baza parametrilor ce descriu regimul de precipitații, cuplate cu frecvența factorilor perturbatori din viața pădurii, se poate evidenția ciclicitatea manifestării perioadelor secetoase și a celor ploioase, precum și posibilitatea de prognoză a apariției unor astfel de fenomene în viitor (Adam 2007, Badea et al. 1998, Marcu 1966, Simionescu et al. 2001).

Cunoașterea distribuției spațio-temporale și a periodicității cu care apar și se manifestă secetele și incendiile în pădurile din România

prezintă importanță în gestionarea riscului de apariție a incendiilor.

Mai mulți factori pot contribui la favorizarea și extinderea incendiilor de pădure. Astfel, raportat la tipul de vegetație și la densitatea acesteia, pădurile și, mai ales, plantațiile dese de rășinoase, sunt mult mai expuse. Factorii geomorfologici ai terenului influențează condițiile micro- și topoclimatice; aici menționăm altitudinea, forma de relief, microclimatul (expunerea la vânt, versanții însoriți), expoziția, panta și distanța față de căile de acces. De asemenea, solul și vegetația se influențează reciproc, solurile fertile determină creșteri mai mari, solurile sărace și superficiale creșteri mai reduse și o rată a mortalității (material combustibil) mai mare. Un alt factor îl constituie modul de gospodărire a pădurilor, riscul fiind mai ridicat în arboretele tinere, neparcuse cu lucrări de îngrijire cu o rată ridicată a eliminării naturale, în parchete cu resturi de exploatare distribuite pe toată suprafața sau în arborete frecventate pentru recoltarea unor produse nelemnoase.

Scopul lucrării îl constituie caracterizarea riscului la incendii forestiere la nivel de direcție silvică, precum și prezentarea unor metodologii de evaluare a riscului, folosind indicatori climatici și metode GIS de cartare.

## Material și metodă

La cartarea riscului la incendii s-au utilizat date statistice compilate după cele publicate la nivel de direcție silvică, pentru perioada 1976-2000. Pentru perioada 1976-1985, datele sunt cele din statistica publicată de Nițescu et al. (1992) (capitolul 7.8, pp. 292-293), iar pentru perioada 1986-2000 cele disponibile în lucrarea Simionescu et al. (2001) (cap. 7.12, pp. 770-775).

Indicele standardizat al precipitațiilor (SPI) (Doeksen 1991, Mc Kee 1993) este un alt indicator ce poate fi utilizat în modelarea riscului la incendii de pădure. La nivelul României, s-a propus formula de mai jos, bazată pe precipitațiile medii multianuale ( $P_m$ ), precipitațiile reale

( $P_i$ ) și coeficientul de variație al precipitațiilor pentru perioada analizată ( $s_i$ ) (Barbu și Popa 2003):

$$SPI = \frac{P_i - P_m}{P_m} \cdot S_i$$

Calculul coeficienților de variație al precipitațiilor lunare sau periodice s-a făcut pe baza analizei varianței calculată cu formulele (Barbu 2005 - 2008):

$$s_j^2 = \frac{\sum(X_{ij} - X_{mj})^2}{n - 1}$$

unde:  $s_j^2$  - varianța precipitațiilor în perioada  $j$  cu  $j = 1...12$ ;  $n$  - numărul de ani din perioada analizată (1921-1960);  $X_i$  - valoarea precipitațiilor din perioada  $j$  a anului  $i$ ;  $X_m$  - valoarea medie a precipitațiilor în perioada  $j$ ;

$$s_{\%} = cv = \left(\frac{s}{x}\right) \times 100$$

în care  $s_{\%}$  - abaterea standard.

Cele două metodologii de evaluare a riscului la incendii la nivel de unitate amenajistică și folosind tehnici GIS sunt prezentate la finalul capitolului de rezultate.

## Rezultate

### Cartarea riscului la incendii

Datele la nivel de direcție silvică au fost ordonate crescător, în raport cu principalii parametri ai incendiilor de pădure (nr. incendii, suprafață afectată) și au rezultat grafice care au permis stabilirea unor clase de risc care diferențiază între ele anumite zone din țară (tabelul 1, figurile 1-5, figurile S1-S5 Material suplimentar).

Raportat la numărul total de incendii, cele mai numeroase s-au înregistrat în pădurile din sud-vestul țării, în special direcțiile silvice Caraș Severin și Gorj, cu peste 150 de cazuri în perioada analizată. În zone cu risc ridicat s-au încadrat județele Hunedoara, Alba, Cluj și Me-

hedinți, în fiecare dintre acestea înregistrându-se între 100-150 de incendii, iar în clasa de risc mijlociu (50-100 de incendii forestiere în perioada analizată) s-au încadrat direcțiile silvice Buzău, Maramureș, Vâlcea, Bihor, Argeș, Constanța și Brașov.

Rezultatele calculelor referitoare la numărul de incendii înregistrat la 10.000 ha fond forestier în perioada 1976-2000 sunt prezentate în figura S2 (Material suplimentar); datele au fost ordonate crescător, iar pe această bază s-au constituit trei clase de risc, prezentate în harta din figura 2. Distribuția suprafețelor medii afectate de incendii la nivelul fiecărei direcții silvice este prezentată în figura S3 (Material suplimentar), pe baza acestora diferențiindu-se patru clase de risc (figura 3).

Ierarhizarea direcțiilor silvice în raport cu suprafața incendiată la 1000 ha fond forestier, pentru perioada 1976-2000, este prezentată în figura S3 (Material suplimentar), iar clasele de risc în figura 4. Riscul global la incendiu s-a determinat prin însumarea punctelor aferente claselor de risc la incendiu, calculate în funcție de numărul total de incendii înregistrat în perioada analizată, numărul de incendii la 10.000 ha fond forestier, suprafața incendiată la 1000 ha fond forestier și de suprafața medie afectată de un incendiu, pentru fiecare direcție silvică analizată. În tabelul 1 (Material suplimentar) se prezintă modul de calcul al riscului global, pe baza claselor de risc estimate anterior, valorile obținute permițând ierarhizarea direcțiilor silvice în raport cu riscul global și gruparea lor în clase de risc (figura 5).

### Modelarea numărului de incendii pe baza indicelui standardizat al precipitațiilor (SPI)

Analiza corelației a indicat că cea mai strânsă legătură se înregistrează între valorile SPI din iarnă ( $R^2 = 0,25$ ). Analiza a pus în evidență și valoarea de predicție a indicelui SPI din timpul iernii și al primăverii: pentru un indice SPI cuprins între 1,5-2,0, numărul de incendii la nivelul țării va fi de peste 120 (120-200 sau chiar mai mare), iar pentru valori pozitive ale

**Tabelul 1** Ierarhizarea direcțiilor silvice pe clase de risc, în funcție de diferite caracteristici ale incendiilor  
*Hierarchy of County Forest Administration by risk classes, based on different characteristics of fires*

Clasă de risc	Valoare/clasă de risc	Direcții silvice
Nr. total de incendii înregistrate per direcție silvică		
I - risc redus	< 50	VN, GR, CV, TR, BR, CL, BT, IS, B, BC, IL, ICAS, TM, BN, NT, VS, GL, OT, SB, SV, HR, SJ, SM, DB, AR
2 - risc mijlociu	51-100	BZ, MM, VL, BH, AG, CT, BV
3 - risc ridicat	101-150	HD, CJ, MH
4 - risc foarte ridicat	>150	GJ, CS, AB
Nr. de incendii/10000 ha de pădure		
I - risc redus	<5	VN, CV, SV, BC, NT, BN, HR, IS, AR, SB, ICAS, TM, AG, GR, VL, MM, MS, BT, DB, HD, CS, BV, VS, BH, TR, SJ, PH
II - risc mediu	5,1-10	BZ, SM, MH, AB, BR, GJ, OT, CJ, DJ, CL, TL, IL
III - risc ridicat	>10	B, GL, CT
Suprafața medie incendiată (ha)		
I - risc redus	<2	B, BT, DB, BC, IS, NT
II - risc mijlociu	2-4	BN, ICAS, MS, AG, CV, BH, OT, VS, VR, CJ, DJ, VN, CL, PH, GL, MH, SM, BZ, BV, IL, AB, SV, VL, GJ
III - risc ridicat	4-6	CT, TL, HD, HG, MM, SJ, AR, BR, TM, TL
IV risc foarte ridicat	>6	SB, CS
Suprafața incendiată (ha · 1000 ha <sup>-1</sup> )		
I - risc redus	<1	VN, BC, CV, NT, BT, SV, BN, IS, ICAS, DB, AG, GR, MS, B, HR
II - risc mijlociu	1-2	BH, VS, AR, VL, PH, BV, TM, MM, SB, HD, BZ, OT, TR, CJ, SM
III - risc ridicat	2,1-3	MH, DJ, SJ, AB, CL, GJ, GL
IV - risc foarte ridicat	>3	CS, IL, BR, TL, CT
Riscul global la nivel de direcție silvică		
I - risc redus	4-6	BC, BT, DB, IS, NT, BN, CV, GR, SV, VN, ICAS, AG, HR, NS, VS, B
II - risc mijlociu	6,1-8	AR, BH, BV, OT, PH, SM, TR, TM, VL, BZ, CL, MM, SJ, SB
III - risc ridicat	8,1-10	CJ, DJ, GL, HD, IL, AB, BR, BH
IV - risc foarte ridicat	>10	GJ, TL, CT, CS

SPI din timpul iernii, numărul de incendii din anul următor va fi mai mic de 40. Ecuația de regresie pentru calculul numărului probabil de incendii în funcție de SPI în timpul iernii este:

$$y = -26,06 x + 62,99 \quad (1)$$

unde:  $y$  - numărul anual de incendii,  $x$  - indicele SPI din timpul iernii.

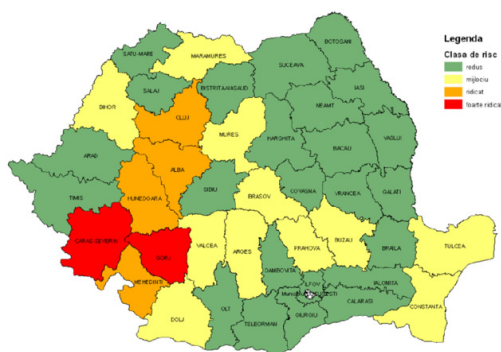
Pe baza analizei corelației dintre numărul de incendii anual și valoarea medie a SPI din timpul iernii și al primăverii, constatăm cel mai mare coeficient de corelație  $r = -0,62$

( $R^2 = 0,384$ ), ecuația de regresie având următoarea formă:

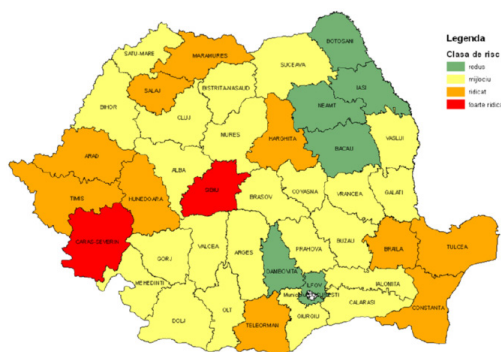
$$y = -37,89 x + 65,4 \quad (2)$$

unde:  $y$  - numărul de incendii în anul  $i$ ,  $x$  - SPI mediu din timpul iernii și al primăverii anului  $i$ .

Pentru valori ale  $SPI_{(i+p)}$  de peste 1,5, numărul de incendii probabil este peste 150, iar pentru valori SPI de 1,5, numărul incendiilor scade la valori sub 40 (de peste patru ori mai redus). De menționat că s-au calculat corelații și pentru celelalte cupluri de anotimpuri, dar



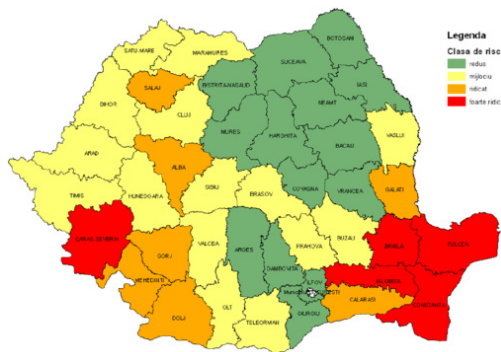
**Figura 1** Distribuția riscului la incendii determinat pe baza numărului total de incendii  
*The risk of forest fires determined on the total number of fires occurrences*



**Figura 3** Distribuția riscului la incendiu, calculat în funcție de suprafața medie a unui incendiu de pădure  
*Distribution of forest fires risk calculated by the average area of a forest fire*



**Figura 2** Distribuția claselor de risc la apariția incendiilor forestiere în funcție de numărul de incendii înregistrate la 10.000 ha fond forestier  
*Distribution of risk to forest fires based on number of fires recorded per 10,000 hectares forest*



**Figura 4** Distribuția riscului la incendiu în funcție de suprafața incendiată la 1000 ha fond forestier  
*The distribution of forest fire risk based on the burned area per 1000 hectares of forest*

valorile obținute nu au valoare de predicție.

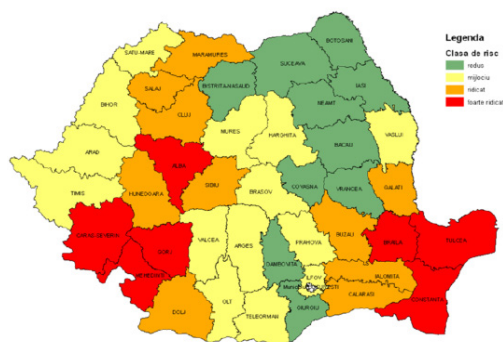
O corelație semnificativă ( $p < 0,01$ ) s-a observat între valoarea medie a SPI din toamna anului anterior, iarna și primăvara anului în curs (sezonul rece) și numărul total de incendii înregistrat anual în perioada (1976-2000) de 25 ani analizată:

$$y = -37,56 SPI_{IX-i...vi} + 67,9 (R^2 = 0,216) \quad (3)$$

unde:  $y$  - numărul probabil incendii în anul

în curs,  $SPI$  - valoarea medie SPI din toamna anului anterior  $i-1$ , iarna și primăvara anului în curs.

O corelație mai puternică s-a obținut între indicele SPI din primele 3 anotimpuri ale anului ( $I + P + V$ ) și numărul total de incendii din anul în curs. Valoarea de predicție a regresiei obținute este mult mai bine asigurată statistic, însă necesită date din primăvara și vara anului în curs când, de regulă, se înregistrează majoritatea incendiilor.



**Figura 5**

Distribuția riscului global la incendiu, calculat prin însumarea punctelor claselor de risc, determinate în funcție de numărul total de incendii înregistrat în perioada analizată, numărul de incendii la 10.000 ha fond forestier, suprafața incendiată la 1000 ha fond forestier și de suprafața medie afectată de un incendiu

*The total fire risk distribution calculated by summing the risk class points determined by the total number of fires recorded during the analyzed period, with the number of fires per 10,000 hectares from forest fund, with for 1000 hectares burned and the average area affected by a fire*

Pentru estimarea numărului de incendii la nivelul întregii țări în funcție de valoarea medie a SPI din primele trei sezoane (iarnă, primăvară și vară) se poate utiliza formula 4:

$$y = -45,78 SPI \left( \frac{I + P + V}{3} \right) + 66,25 \quad (4)$$

( $R^2 = 0,44$ ), unde:  $y$  - numărul estimat al incendiilor din anul în curs,  $SPI$  - valoarea medie a indicelui standardizat al precipitațiilor din primele trei anotimpuri ale anului în curs.

$$SPI = \left( \frac{I + P + V}{3} \right)$$

### Estimarea riscului la incendii la nivel de arboret

O modalitate de evaluare a riscului și de încadrare a unei păduri în clasă de risc la incendii forestiere pe bază de scoruri este prezentată în tabelul 2. Din analiza condițiilor în care s-au produs incendiile de pădure în țara noastră a rezultat că principalii factori care influențează extinderea și intensitatea pagubelor sunt: (i) tipul de vegetație (pentru evaluarea tipului de vegetație în raport cu riscul la incendiu în tabelul 3 au fost sintetizate principalele caracteristici ale acestora care servesc la ierarhizarea riscului); (ii) distanța față de lizieră, localitate sau calea de acces; (iii) temperatura maximă a aerului în zilele anterioare incendiului; (iv) umiditatea aerului, la amiază, în zilele anterioare incendiului și (v) frecvența incendiilor de pădure în zona caracterizată prin parametri zonal-locali menționați anterior (se calculează ca raport procentual între numărul de incendii înregistrate în pădurea cu caracteristicile respective și numărul total de incendii înregistrat în zonă (ocol silvic, direcție silvică etc.).

Fiecare factor este ierarhizat în ordine des-

**Tabelul 2** Principalii parametri care permit estimarea riscului local la incendii

*The main parameters used to estimate the local forest fire risk*

Tip de vegetație <sup>*)</sup>		Distanța față de lizieră, drum (m)		Temperatura maximă (°C)		Umiditatea maximă		Frecvența incendiilor <sup>**)</sup> (istoric) (%)		Risc de incendii
Clasă	Notă	Clasă	Notă	Clasă	Notă	Clasă	Notă	Clasă	Notă	Nivel de risc
I	5	<100	5	>40	5	<35	5	>35	5	f. ridicat
II	4	<500	4	35-40	4	<35	4	>30	4	ridicat
III	3	1000	3	30-35	3	<35	3	≤20	3	mediu
IV	2	1500	2	25-30	2	>35	2	<10	2	scăzut
V	1	2000	1	<25	1	>35	1	0	1	f. scăzut

Notă. Abrevieri: \*) Caracteristicile tipului de vegetație, \*\*) Numărul de incendii corespunzătoare tipului de vegetație și distanței față de lizieră/nr. total de incendii.

creșcătoare (în funcție de parametrii săi la data evaluării riscului), în raport cu riscul la incendiu și primește o notă de la 5 la 1. Prin însumarea notelor fiecărei caracteristici a pădurii (arboretului) luată în studiu se obține nota riscului la incendiu. Pe baza încadrării în clase a riscului, putem opta pentru un număr de 3-5 clase. Astfel, numărul maxim de puncte din exemplul de față este 25, iar cel minim 5. Astfel, se vor putea construi artificial 5 clase de risc (tabelul 4).

Exemplificare: se dorește estimarea riscului la incendiu al unui arboret de pin silvestru din plantație, în vârstă de 30 ani, neparcurs cu lucrări silvotehnice, situat în etajul fitoclimatic al gorunetelor, cu primăveri și veri secetoase. Distanța față de lizieră 200 m. Cu ajutorul datelor din tabelul 2 evaluăm fiecare parametru, astfel:

Tip de vegetație	5 puncte
Distanța la lizieră	5 puncte
Temperatura maximă 35 - 40°C	5 puncte
Umiditatea aerului <35%	5 puncte
Frecvența incendiilor	2 puncte
<b>Total</b>	<b>22 puncte</b> (risc foarte ridicat)

Pe baza unor asemenea evaluări, determinate la nivel de unitate de producție, se poate întocmi harta riscului la incendii (de exemplu la nivelul unei unități de producție sau al unui ocol silvic).

### Cartarea riscului la incendii folosind metode și tehnici GIS

În figura 6 se prezintă schema logică pentru cartarea riscului la incendii folosind metode și

tehnici GIS care permit obținerea automată a unor hărți tematice sau complexe, în baza cărora se poate dezvolta strategia de combatere a incendiilor (figura 6). Datele de bază care pot fi sintetizate în hărți vizează următoarele aspecte: (i) date istorice referitoare la frecvența și intensitatea incendiilor, (ii) tipul de vegetație și indicele de densitate al acesteia, (iii) hărți generale în care sunt reprezentate rețelele de infrastructură și sistemul socio-economic, distribuția trupurilor de pădure etc., (iv) date meteorologice actualizate (obținute din măsurători la stații meteorologice automate care transmit informațiile la baza de date). Pe baza acestora, se elaborează hărți ale temperaturilor maxime și minime, ale umidității aerului, vitezei și direcției vântului și ale precipitațiilor.

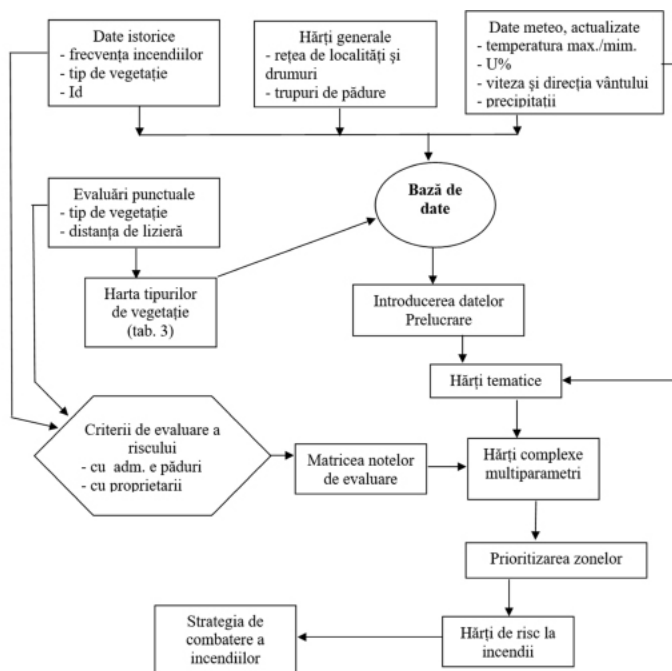
Utilizând hărțile forestiere, se realizează evaluări ale tipului de vegetație în raport cu riscul de apariție a incendiilor. Datele sunt introduse într-o baza de date, iar după prelucrare se obțin o serie de hărți tematice. Principalele hărți tematice care se pot obține sunt: harta incendiilor anterioare, harta tipurilor de vegetație (în raport cu riscul la combustie și incendiu), harta distanțelor față de localități și căi de acces, harta temperaturilor maxime și minime,

**Tabelul 4** Clase de risc la incendii

<i>Fire risk classes</i>	
Clasa de risc la incendiu de pădure	Nr. puncte (conform tabelului 3)
Foarte ridicat	21-25
Ridicat	16-20
Mijlociu	11-15
Scăzut (reduc)	6-10
Foarte redus	< 5

**Tabelul 3** Criterii de determinare ale caracteristicilor tipului de vegetație forestieră sub raportul riscului la incendii

<i>Criteria for determining the characteristics of forest vegetation types in terms of fire risk</i>											
Tip	Compoziție (% rășinoase)		Vârsta (ani)		Id		Material combustibil (la sol, pe picior)		Lucrări anterioare executate		Nr. maxim de puncte
	Clasă	Notă	Clasă	Notă	Clasă	Notă	Clasă	Notă	Clasă	Notă	Nivel de risc
I	100R	5	10-50	5	>08	5	Abundent	5	Nu	5	20-25
II	80R	4	>50	4	07-08	4	F. frecvent	4	Slabe	4	15-20
III	50R	3	>80	3	05-07	3	Freevent	3	Mijlocii	3	10-15
IV	30R	2	>100	2	03-05	2	F. puțin	2	Corecte	2	5-10
V	<10R	1	>100	1	<03	1	Lipsă	1	Corecte	1	<5



**Figura 6** Schema logică pentru cartarea riscului la incendiu folosind metode și tehnici GIS

*Logic scheme for mapping fire risk using GIS methods and techniques*

harta zonelor cu umiditate maximă și minimă (NOAA-AVHRR-Moisture Condition Index), harta cantităților de precipitații din ultimele zile, săptămâni, luni, harta cursurilor de apă și a lacurilor existente în zonă și harta riscului la incendiu de pădure.

Prin asigurarea accesului la baze de date amenajistice și meteorologice este posibilă realizarea și la nivelul României a unei unități de modelare și prognoză, care să transmită periodic evaluări compartimentelor interesate de la nivelul ministerelor și al Regiei Naționale a Pădurilor.

## Discuție

Rezultatele cercetărilor constituie o contribuție la cunoașterea regimului incendiilor forestiere pe teritoriul României pe de o parte, iar

pe de altă parte, pot servi la dezvoltarea unui sistem informatic de asistare a deciziilor pentru prognoza și evaluarea zonelor de risc și stabilirea pe această bază a soluțiilor de management. Rezultatele obținute prin metodele de mai sus pot fi utile pentru fundamentarea modului de gestionare durabilă a fondului forestier al României, dar și pentru alte domenii potențial afectate de variabilitatea regimului precipitațiilor. Efectele posibile ale aplicării rezultatelor cercetărilor se vor putea cuantifica valoric prin pagubele evitate, dar mai ales calitativ, prin conservarea diversității structurale și funcționale a pădurilor. Fundamentarea soluțiilor de gestionare durabilă va permite raționalizarea costurilor și maximizarea

efectelor pozitive și limitarea pierderilor în viitor.

## Bibliografie

- Adam I., 2007. Metodă de evaluare a riscului de incendiu în pădurile României. *Analele ICAS* 50: 261-271.
- Anonymous, 1966. *Atlasul climatologic al Republicii Socialiste România*. Ed. CSA – Institutul Meteorologic, București
- Barbu I., Cenușă R., 1974. *Diagrame climatice tip Walter-Lieth pentru stațiile meteorologice din România*. *Lucrări științifice studențești*. Universitatea Brașov.
- Barbu I., 1991. *Moartea bradului*. Simptom al degradării mediului. Ed. Ceres, București, 278 p.
- Barbu I., Popa, I., 2002. Cartarea teritoriului României în raport cu lungimea medie a perioadelor de secetă și uscăciune. *Bucovina Forestieră* 9(1-2): 37-51.
- Barbu, I., Popa, I., 2003. *Monitoringul secetei în pădurile din România*, Ed. Tehnică Silvică, 127 p.
- Barbu, I. Teodosiu, M. 2008. Present state of the conifers outside their natural range in Romania. *Austrian Journal*

- of Forest Science 39: 39-50.
- Badea, O. 1998. Forest condition Monitoring in Romania 1990 – 1996. ONF. Depart. des Recherches Tehniques, 62 p.
- Davis K.T., Higuera P.E., Sala A., 2018. Anticipating fire-mediated impacts of climate change using a demographic framework. *Functional Ecology*, 32:1729–1745. DOI: 10.1111/1365-2435.13132.
- Dissescu, C., 1946. Un fenomen meteorologic neobișnuit – seceta anului 1946. *Bul. Inst. Meteorologic, București*
- Doesken N.J., McKee T.B., Kleist J., 1991. Development of a surface water supply index for the western United States Climatology Report Number 91-3, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- Geambașu N., Barbu I., 1987. Fenomenul de uscarea a bradului în pădurilor din Bucovina. *Revista Pădurilor* 102(3): 133-139.
- Marcu, Gh. 1966. Studiul cauzelor și al metodelor de prevenire și combatere a uscării stejarului. CDTEF, București.
- McKee T.B., 1993. Standardised index of precipitation – a new method for drought monitoring CPC monitoring and data United States Soil Moisture Monitoring.
- Nițescu C., Simionescu A., Vlădescu D., Vlăduleasa A. 1992. Starea fitosanitară a pădurilor și culturilor forestiere din România în perioada 1976-1985. Editura Inter-Media, București, 309 p.
- Simionescu A., Mihalciuc V., Lupu D., Vlăduleasa A., Badea O., Fulicea T. 2001. Starea de sănătate a pădurilor din România în perioada 1986-2000. Regia Naționala a Pădurilor, București, 934 p.
- Stolle F., Lambin E.F., 2003. Inter-provincial and inter-annual differences in the causes of land-use fires in Sumatra, Indonesia. *Environmental Conservation* 30(4): 375-387.
- Topor N., 1963. Ani ploioși și ani secetoși. Ed. Inst. Meteorologic, București, 302 p.
- Yakubu, I., Mireku-Gyimah, D., Duker, A.A., 2015. Review of methods for modelling forest fire risk and hazard. *African Journal of Environmental Science and Technology* 9(3): 155-165. DOI: 10.5897/AJEST2014.1820.

### Material suplimentar

Versiunea online a articolului conține material suplimentar.

**Fig. S1-S6** (Ierarhizarea riscului la incendiile de pădure la nivel de direcție silvică)

**Tabelul S1** (Tabel cu calculul riscului global la incendiile de pădure la nivel de direcție silvică)