

Metode de evaluare a riscului de apariție a vătămărilor de zăpadă în pădurile din România

Ion Barbu

1. Introducere

În ultimele decenii, vătămările produse de căderile masive de zăpadă, în special la începutul și la sfârșitul sezonului rece, sunt tot mai frecvente. Cele mai cunoscute au fost înregistrate în anii 1977, 1979, 1985, 1993, 1995 și 1996. Mai afectate de zăpadă sunt arboretele de rășinoase, în special cele de pini, molid, brad, douglas, iar în anumite condiții laricele și chiar foioasele. Vătămările cele mai mari se înregistrează în arboretele tinere, în vârstă de 15-40 ani. Tipul vătămărilor (rupturi de coroană, de trunchi, arbori dezrădăcinați și aplecați) variază dar, în general, în arboretele dese, dominante sunt dezrădăcinările și rupturile de trunchi, în timp ce în arboretele mai rare, rupturile de coroană (Barbu, 1982b). Denumirea generică "rupturi și doborâturi de zăpadă" va fi folosită în continuare în forma prescurtată RDZ^x).

Sub raportul gravității vătămărilor se apreciază că, în general, arborii cu vătămări în coroană mai pot fi menținuți în arboret: în cazul în care coroana rămasă reprezintă mai mult de șase verticile, arborii până la 50 ani își refac coroana după 3-5 ani (Ichim și Barbu, 1981). În ultimii ani, s-au înregistrat frecvente vătămări de zăpadă în culturile de rășinoase instalate în afara arealu-

lui natural al acestora. Cele peste 400.000 ha de culturi speciale de rășinoase pentru celuloză și colofoniu, instalate în perioada 1960-1985, au ajuns - în cea mai mare parte - la vârsta vulnerabilității maxime la zăpadă. Cele mai multe dintre aceste culturi au fost instalate în Subcarpați și în zona de dealuri, la altitudini de 200-800 m, în locul unor arborete de fag sau de amestecuri de foioase de productivitate mijlocie și inferioară, adesea degradate (Marcu, 1974; Popescu, 1966; Ionescu și Marcu, 1970).

În toamna anului 1995 (5-7 noiembrie) și în primăvara anului 1996 (15-17 aprilie), s-au înregistrat căderi mari de zăpadă, care au provocat, în special în Subcarpații de Curbură și în Subcarpații Sudici, vătămări frecvente în aceste culturi. Cele mai afectate au fost arboretele de pin și molid în vârstă de peste 20 ani, situate la altitudini de 300-500 m.

Cercetările efectuate în ultimii 25 de ani asupra vătămărilor produse de căderile de zăpadă în păduri (Barbu, 1979 a,b; Ichim și Barbu, 1981; Barbu, 1982) permit sintetizarea unor concluzii cu aplicabilitate practică imediată, care pot contribui la evitarea și diminuarea, în viitor, a pagubelor produse de căderile masive de zăpadă, având în vedere că împotriva factorilor determinanți (căderi masive de zăpadă aderente la

substrat) și favorizanți (relief, sol etc.) nu se poate lupta. În acest sens, experimentele efectuate în Germania, pentru a "scutura" zăpada de pe arbori utilizând escadrile de elicoptere militare au pus în evidență utopia acestui gen de intervenții.

Singurele măsuri raționale de prevenire și diminuare a vătămărilor (Barbu, 1982 a; Barbu și Cenușă, 1987) constau în:

(a) cartarea zonelor cu risc ridicat la apariția căderilor masive de zăpadă și evitarea instalării unor păduri vulnerabile (de rășinoase) în aceste zone. În mod natural, în zonele de risc ridicat, pădurile de rășinoase lipsesc sau sunt rare și amestecate.

(b) în zonele cu risc ridicat în care au fost instalate culturi de rășinoase, se vor efectua cartări mai detaliate, în sensul stabilirii urgențelor de intervenție pentru stabilizarea și mărirea rezistenței la zăpadă. Cartarea va avea drept obiective prioritare următoarele: (i) determinarea bandei altitudinale cu risc mare de apariție a vătămărilor de zăpadă (Barbu, 1979; 1982); (ii) delimitarea formelor de relief în funcție de intensitatea probabilă a vătămărilor de zăpadă (Barbu, 1982); (iii) delimitarea culturilor de rășinoase pe clase de vârstă, categorii de desime, compoziție (arborete pure și amestecate) și structură verticală (Barbu, 1982).

Din suprapunerea acestor hărți va rezulta o diversitate de unități staționale și de arborete, care pot fi ierarhizate în clase de mărimi ce se pot constitui în urgențe de intervenție. Pentru arboretele aflate în primele două clase de vulnerabilitate (primele urgențe de intervenție) se vor efectua studii mai detaliate, finalizate prin proiecte de lucrări, care vor preciza oportunitatea și intensitatea intervențiilor, felul intervențiilor, costurile și efectele (ecologice) imediate și de perspectivă.

Cercetările experimentale efectuate de I.C.A.S. au pus în evidență în detaliu modul

de intervenție și efectele posibile ale acestora (Ichim și Barbu, 1979; Barbu și Cenușă, 1987). Toate tehnologiile se află la dispoziția personalului tehnico-ingineresc din producție și trebuie aplicate coerent. Pentru specialiștii din producție problema care trebuie rezolvată este aflarea răspunsului la următoarele întrebări: unde, cât și cum intervenim cu lucrări silviculturale specifice pentru a preîntâmpina vătămările de zăpadă.

2. Factori implicați

Factori determinanți (factorii sau elementele cu acțiune de scurtă durată care modifică radical echilibrul arborilor și stabilitatea arboretului) sunt reprezentați de: condițiile aerosinoptice favorabile căderii unor cantități de precipitații sub formă de zăpadă de peste 40 mm în 24-48 ore (fig. 1): (a) $P > 40 \text{ mm}/24 \text{ h}$; (b) $t = 1,0-3,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$; (c) calm atmosferic.

Factorii predispozanți sunt factorii sau elementele care își exercită acțiunea un timp îndelungat - aproape toată viața - asupra arborelui; sub acțiunea factorilor determinanți se amplifică sau se reduc vătămările. Aceștia includ: factorii staționali - altitudine (fig. 2), forma de relief (fig. 3), panta, proprietățile hidrofizice ale solului, fertilitate (bonitatea etc.) și factorii ce depind de arboret: specia, structura orizontală și verticală a arboretului, vârsta, numărul de arbori la hectar (N/ha) (fig. 4), indicele de densitate (*Id*).

Factorii incitanți sunt factorii care favorizează evoluția negativă a stării de echilibru a arborelui; sub influența lor arborele evoluează inexorabil către moarte sau degradare, sub acțiunea factorilor determinanți. Efectul lor va fi cu atât mai evident cu cât impactul factorilor determi-

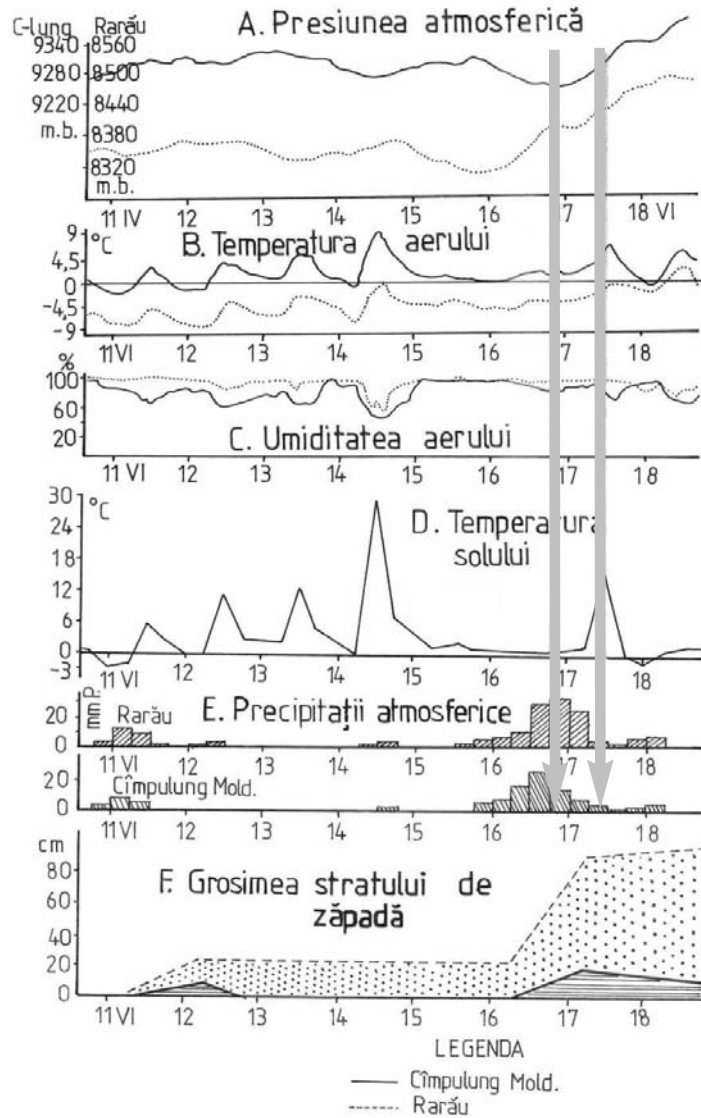
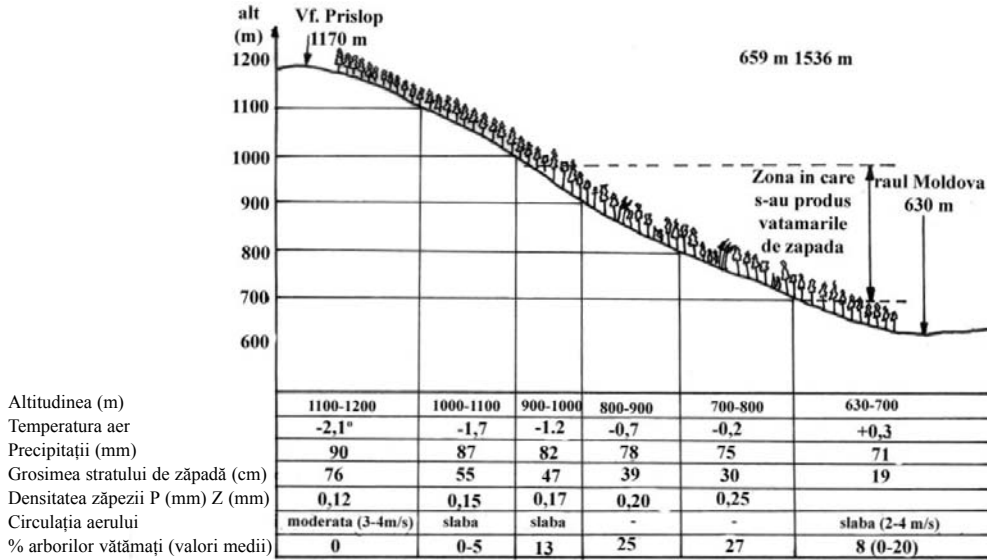


Fig. 1. Dinamica principalilor parametri meteorologici în intervalul 11-18 aprilie 1977 la stațiile meteorologice Cîmpulung Moldovenesc (659 m) și Rarău (1536 m). Cu săgeți a fost marcat începutul și sfârșitul producerii vătămărilor de zăpadă (RDZ) în pădure
 Dynamics of the main meteorological parameters between 11-18 April 1977 at the meteorological station Cîmpulung Moldovenesc (659 m) and Rarău (1536 m). Marked with arrows the beginning and the end of the period when the snow damages had produced). A - atmospheric pressure; B - air temperature; C - air humidity; D - soil temperature; E - precipitation; E - depth of snow cover.

nanți este mai mare: (a) abiotici - vântul, gerul; (b) biotici - vînatul, ciupercile (putregai); (c) antropici - intervenții silviculturale

(de la creare pînă la aplicarea tratamentelor); plantații cu desimi mari, coeficienți de zveltete nefavorabili (fig. 5);



Valorile au fost calculate folosindu-se gradientii din 7-17.04.1977 la stațiile meteo Câmpulung Moldovenesc și Rarău

Fig. 2. Variația altitudinală a parametrilor meteorologici și a vătămarilor cauzate arborilor de căderile masive de zăpadă din 16-18 aprilie 1977 (Barbu, 1982)
 Variation with the altitude of the meteorological parameters and of the damages produced by the big snow falls between 16-18 April 1977 in the Eastern Carpathians (Barbu, 1982)

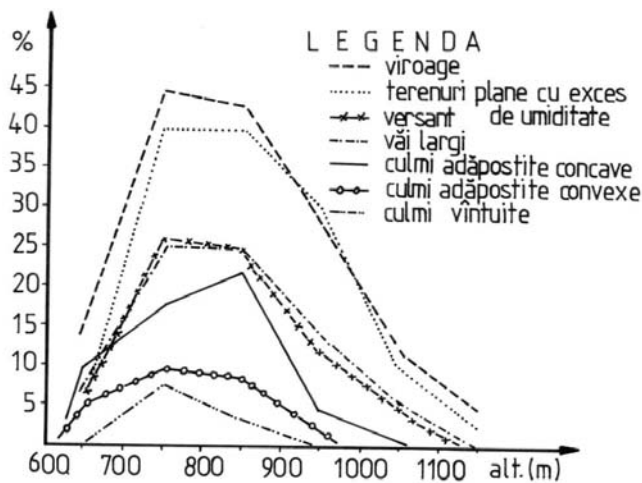


Fig. 3. Variația în raport cu altitudinea și forma de relief a frecvenței (%) arborilor vătămați de zăpadă în arborete de molid de 30-50 ani din O.s. Tomnatic (16-18.04.1977)
 Variation with the altitude and the relief forms of the snow damaged trees frequency (%), in Norway spruce stands of 30-50 years, from Forest District Tomnatic (16-18.04.1977)

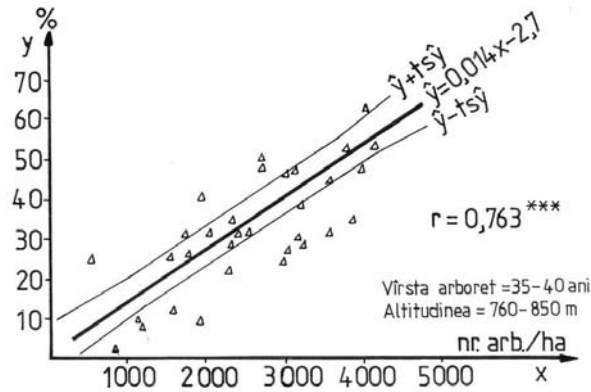


Fig. 4. Dreapta de regresie pentru corelația dintre desimea arboretului (N/ha) și frecvența arborilor vătămați de zăpadă (O.s. Tomnatic, U.P. VI Tomnatic, u.a. 56 A)
The regression straight for the correlation between the stand thickness (N/ha) and the frequency of trees damaged by snow (O.s. Tomnatic, U.P. VI Tomnatic, u.a. 56 A)

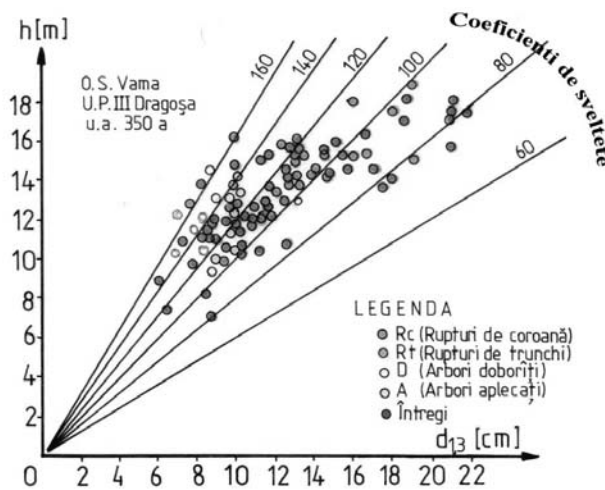


Fig. 5. Influența coeficienților de zveltețe (h/d) asupra formei vătămirilor produse de zăpadă arborilor de molid într-un arboret echiene de 25-30 ani ($N/ha = 3500$)
The influence of the slenderness coefficients (h/d) on the kind of damages produced to the spruce trees by snow in an even aged stand of 25-30 years ($N/ha = 3500$). *Rc* - crown break; *Rt* - trunk break; *D* - uprooted trees; *A* - bended trees; *I* - no damage

arborete tinere neparcuse cu curățiri și rărituri, arborete puternic vătămate de vânat, exploatare (arbori cu putregai), arborete echiene, vătămate anterior de zăpadă și vânt etc.

3. Bazele teoretice

Apariția unor căderi mari de zăpadă nu conduce neapărat la producerea vătămirilor în păduri. Probabilitatea apariției RDZ este o probabilitate condiționată și se obține din intersecția mulțimilor factorilor determinanți (fig. 6). Vătămirile de zăpadă în

păduri se produc numai atunci și numai acolo unde se realizează simultan toți acești factori, ceea ce în limbajul teoriei mulțimilor se referă la intersecția mulțimilor A, B și C.

Analizele statistice pe date reale, înregistrate la stațiile meteorologice, arată că în condițiile țării noastre, în mod frecvent, aceste condiții sunt îndeplinite simultan cel puțin în anumite ambianțe orografice (altitudine, formă de relief, poziție pe versant etc.) (Anonymous, 1982; Bordei, 1988; Topor, 1965).

În limbajul teoriei probabilităților, probabilitatea apariției RDZ este o probabilitate condiționată de realizarea în același timp și în același loc, a tuturor factorilor determinanți:

$$\begin{aligned} P_{RDZ} &= P(C \cap B \cap A) = \\ &= P_C \cdot P_C(B) \cdot P_{C \cap B}(A) = \\ &= P_C \cdot \frac{P(C \cap B)}{P_C} \cdot \frac{P(C \cap B \cap A)}{P(C \cap B)} \end{aligned}$$

unde:

P_{RDZ} - probabilitatea apariției unor vătămări de zăpadă semnificative (pe spații de zeci de mii de ha, în arborete diverse);

P_A - probabilitatea apariției unor căderi de zăpadă în cuantum de peste 40 mm în 24-48 ore;

P_B - probabilitatea ca temperatura medie să fie cuprinsă în intervalul 1,0-3,0 °C;

P_C - probabilitatea de a se înregistra calm sau ca viteza maximă a vântului să nu depășească 3 m/s într-un interval de 24 ore. Prin transformarea frecvențelor în probabilități, se pot calcula fiecare dintre parametrii de mai sus.

Calculul se poate realiza pe luni sau anual. Din analiza fenomenului în țara noastră, rezultă că peste 85 % din RDZ se

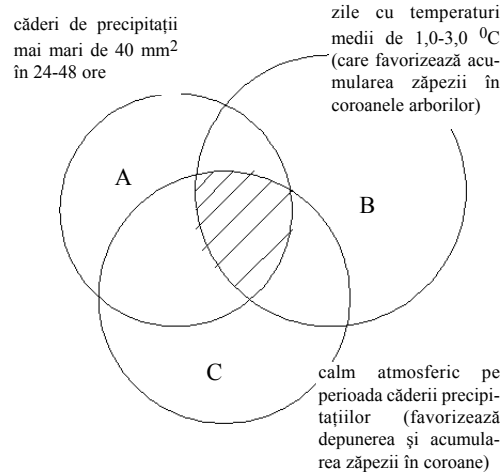


Fig. 6. Reprezentarea schematică a condițiilor de realizare a vătămărilor de zăpadă în păduri (RDZ) prin intersecția mulțimilor
Scheme of the occurrence of snow damages in forests, function of different conditions

înregistrează în martie-aprilie și octombrie-noiembrie.

Pentru operativitate, recomandăm studiarea acestor frecvențe pe perioade cât mai lungi la începutul și sfârșitul iernii. Indicatorul sintetic astfel obținut poate sta la baza fundamentării silviculturii și a măsurilor de gospodărire care se impun în culturi de rășinoase.

3. Evaluare pe baza frecvenței căderilor de zăpadă

Pentru studiul detaliat al riscului apariției vătămărilor de zăpadă într-o regiune este necesară întocmirea unui catalog al căderilor de zăpadă peste o anumită valoare cantitativă în 24-48 ore (de exemplu peste 5-10 mm echivalent apă). Exemplificăm prin prezentarea catalogului întocmit pentru Stația Câmpulung Mold. (659 m) în perioada 1961-1995 (anexa 1), date care pot fi stratificate și prelucrate statistic. În intervalul studiat - 35 ani - au fost înregis-

trate 128 căderi de zăpadă în echivalent apă >5 mm și 105 căderi în echivalent >10 mm.

Stratificarea căderilor de zăpadă în raport cu mărimea acestora, anual sau în lunile de iarnă, permite studiul legii frecvenței și, deci, obținerea parametrilor fundamentali ai evaluării riscului.

Legea frecvenței. Relația frecvență-cantitate (Sommerfeld, 1974; Tovissi și Vodă, 1982) (tabelul 1), pentru seria de căderi de zăpadă înregistrate în perioada 1961-1995, se poate exprima printr-o ecuație exponențială de forma (fig. 7):

$$N_i = 105,79 \cdot e^{-0,7754 Q_i} \quad (1)$$

sau, mai general,

$$y = A \cdot e^{-Bx} \quad (2)$$

unde:

$N_p(y)$ - numărul de căderi de zăpadă în echivalent apă $Q_i(x)$;

Q_i - clasa de mărime a căderilor de precipitații ($Q_1 = 10-20$ mm; $Q_2 = 21-30$ mm; $Q_3 = 31-40$ mm; $Q_4 = 41-50$ mm; $Q_5 = 51-60$ mm; $Q_6 > 60$ mm);

Logaritmând ecuația (2) rezultă:

$$\log y = \log A - B \cdot x \cdot \log e \quad (3)$$

Tabelul 1. Frecvența pe clase de mărimi a căderilor de zăpadă >10 mm în lunile de iarnă (X-IV) la stația meteorologică Câmpulung Moldovenesc în perioada 1961-1995
Frequency of the snowfall >10 mm on size classes in the winter months (X-IV) for the meteorological station Câmpulung Moldovenesc, in the period 1961-1995

Clasa (Q_i)	X	XI	XII	I	II	III	IV	Total
I	2	6	16	13	13	10	6	66
II	3	7	3	5	3	1	3	25
III	0,1			2	1	2	1	6
IV	0,1		1		1	1		3
V	0,1	1				1	2	4
VI	0,1						1	1

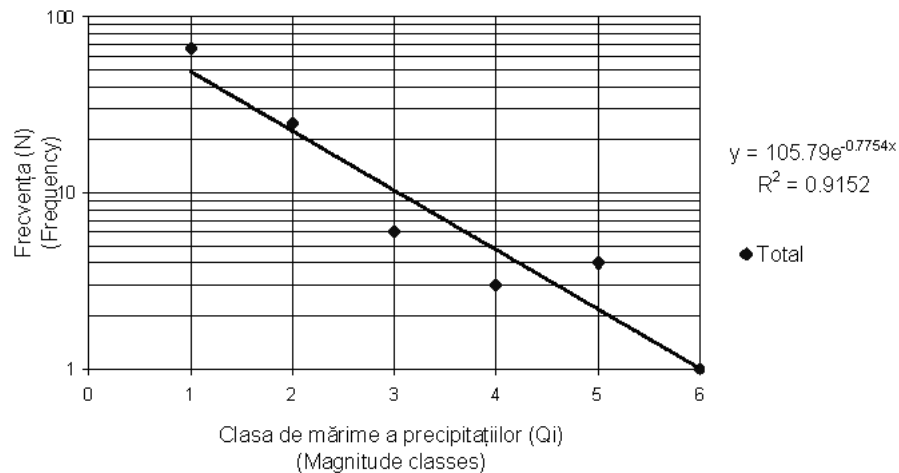


Fig. 7. Reprezentarea semilogaritmică a frecvenței căderilor de zăpadă >10 mm echivalent apă la stația meteorologică Câmpulung Moldovenesc (659 m), în perioada 1961-1995
The semilogarithmic representation of snowfalls frequency >10 mm for the meteorological station Câmpulung Moldovenesc, in the period 1961-1995

în care:

(N) y - numărul căderilor de zăpadă dintr-o anumită clasă de mărime $Q_i(x)$;

Coeficienții, așa după cum apar în figura 7, sunt: $\log A = a, B \cdot \log e = b, a = \log 105,79 = 2,02, b = -0,775 \cdot \log e = -0,775 \cdot 0,4343 = -0,336$

Coeficientul a variază în funcție de perioada de observații și, probabil, de la o regiune la alta, și reprezintă logaritmul numărului căderilor de zăpadă în quantum mai mare de 0,1 mm, în perioada de observații.

Coeficientul b reprezintă înclinarea dreptei semilogaritmice care aproximează cel mai bine valorile observate și nu ar trebui să depindă de perioada de observație, ci numai de regiunea climatică și de altitudine.

Numărul mediu anual al căderilor de zăpadă (N_{ii}) în quantum mai mare de 10 mm (echivalent apă) se calculează cu ajutorul relației:

$$a_{ii} = \log N_{ii} = \log N(Q_i) + b \cdot Q_i - \log T$$

unde:

N - reprezintă numărul total de căderi de zăpadă în quantum mai mare de 10 mm (echivalent apă); Q_i - clasa de mărime i ; T - perioada de observație.

Pentru stația meteorologică Câmpulung Moldovenesc avem: $a_{ii} = \log N_{ii} = \log 105,6 - 0,336 \cdot 1 - \log 35 = 2,02 - 0,336 - 1,54 = 0,14, N_{ii} = 1,38$.

Pe baza datelor din tabelul 1, am calculat și reprezentat grafic (fig. 8) ecuațiile care permit determinarea frecvențelor lunare ale numărului căderilor de zăpadă corespunzătoare anumitor clase de mărime.

În tabelul 2 s-au calculat valorile lunare ale coeficienților a și b . Se constată că pentru lunile cu căderi de zăpadă (X-IV), valoarea coeficientului b oscilează între -0,119

(aprilie) și -0,408 (ianuarie); cu cât valoarea lui b este mai mică, cu atât probabilitatea de apariție a condițiilor pentru producerea vătămărilor de zăpadă este mai mare și invers.

Prin cercetări detaliate ale arhivelor stațiilor meteorologice reprezentative pentru diferite regiuni (climatică, geomorfologice etc.), urmează a se stabili domeniile de variație ale acestui parametru și eventualele legături cu alți parametri referitori la frecvența și caracteristicile fizice ale precipitațiilor. Pe această bază, se vor putea elabora hărți de risc în legătură cu apariția unor căderi mari de zăpadă.

3.2. Probabilitatea de apariție a vătămărilor produse de zăpadă (RDZ)

Fundamentarea măsurilor de gospodărire (în special a arboretelor artificiale de rășinoase) necesită cunoașterea anticipată a riscului de apariție a RDZ. Este știut faptul că vătămările de zăpadă se înregistrează cu efecte catastrofale mai ales în arboretele tinere, de 15-50 ani, din acest motiv fiind necesară analiza probabilității de apariție a RDZ în această perioadă minimală de timp de 30-35 ani.

Determinarea frecvenței de apariție a căderilor de zăpadă, de o anumită cantitate, într-o anumită regiune, este elementul esențial în prognoza apariției RDZ. Relația frecvență-cantitate permite calculul numărului mediu anual de căderi de zăpadă în quantum $Q_i > Q_r$, unde Q_r este cantitatea care prezintă risc major pentru stabilitatea arborilor ($Q_r > 40$ mm/24 h). Acest număr poate fi considerat o măsură a gradului de risc la apariția RDZ (N_{I_r} - număr zăpezi Q_r/an). N_{I_r} se calculează cu formula:

$$N_{I_i} = 10^{a_{I_i} - b \cdot Q_i}$$

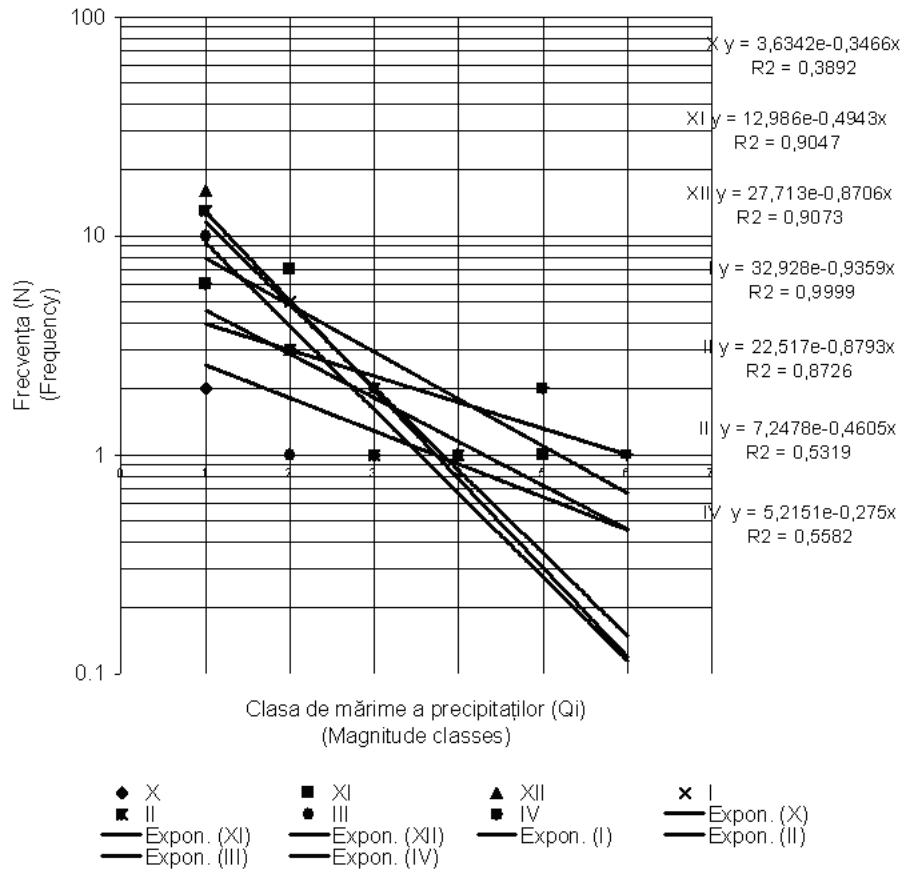


Fig. 8. Frecvența pe clase de mărimi a căderilor de precipitații >10 mm în lunile din sezonul rece, la stația meteorologică Câmpulung Moldovenesc, în perioada 1961-1995
The frequency on magnitude classes (Q_i) of snowfalls >10 mm in the winter season for the meteorological station Câmpulung Moldovenesc, in the period 1961-1995

Tabelul 2. Variația lunară a coeficienților a și b pentru stația Câmpulung Moldovenesc
Monthly variation of the a and b coefficients for the meteo station Câmpulung Moldovenesc

Luna	Valori ale coeficienților	
	$a = \log A$	$b = B \log e$
X	0,56	- 0,312
XI	1,11	- 0,214
XII	1,44	- 0,380
I	1,52	- 0,408
II	1,35	- 0,381
III	0,85	- 0,149
IV	0,72	- 0,119
Anual (X-IV)	2,02	- 0,336

Pentru o anumită regiune este foarte util să se cunoască probabilitatea de apariție într-un interval de timp a unei căderi de zăpadă care să producă vătămări semnificative în pădurile de rășinoase. Această probabilitate va fi denumită “riscul RDZ”, iar cunoașterea sa ar permite stabilirea mai precisă a limitelor pentru extinderea rășinoaselor și a măsurilor de gospodărire ce se impun în culturile deja instalate.

Probabilitatea de apariție a unei căderi de zăpadă în quantum Q_i în perioada T se

exprimă cu formula:

$$P_{(Q_i, T)} = 1 - e^{-N_{ii} \cdot (Q_i) \cdot T} \quad \text{sau}$$

$$1 - P = e^{-N_{ii} \cdot T}$$

Prin logaritmare se obține:

$$\ln(1 - P) = -N_{ii} \cdot T$$

unde:

$P_{(Q_i, T)}$ - probabilitatea de apariție în intervalul T a unei căderi de zăpadă în cuantum $>Q_i$;

N_{ii} - numărul mediu anual de căderi de zăpadă în cuantum $Q > Q_i$;

T - perioada de prognoză.

În tabelul 3 s-a calculat numărul mediu anual (N_{ii}) al căderilor de zăpadă din diferite clase de mărime ($Q_i > Q_j$), perioada medie de revenire (t_i) și probabilitatea de apariție a unor căderi de zăpadă în cuantum Q_i (sau mai mare) în zona Obcinelor Bucovinei (Câmpulung Moldovenesc).

Perioada medie de revenire a unei căderi de zăpadă se calculează cu formula:

$$t_i = \frac{1}{N_{ii}(Q_i)}$$

Rezultatele obținute privind probabilitatea de apariție a unor căderi de zăpadă $Q > Q_i$ în diferite perioade de timp (T) au fost reprezentate grafic în figura 9. Se constată că, în 10 ani, probabilitatea de apariție a unor RDZ semnificative $Q > Q_i$ este de 60 %, în 30 ani de 92 %, iar în 50 ani de 99 %.

Putem aprecia deci, că în zona cercetată, într-o perioadă de 50 ani, probabilitatea de apariție a unei căderi de zăpadă cu efect catastrofal în păduri este de circa 99 %. În consecință, trebuie adoptat un sistem de gospodărire care să țină cont de pericolul apariției vătămărilor de zăpadă. Pentru

realizarea unor arborete rezistente la zăpadă se recomandă crearea acestora la scheme largi (2500-3000 N/ha) și parcurgerea timpurie cu lucrări de curățiri, care să aducă numărul de arbori la hectar în domeniul valorilor optime recomandate (Barbu și Cenușă, 1987). Pe baza calculului probabilității de apariție a unor căderi mari de zăpadă se pot realiza, de asemenea, hărți de risc la apariția RDZ.

Aprofundând cercetările și coroborând valorile parametrilor observați ai căderilor de zăpadă cu condițiile pe care trebuie să le îndeplinească zăpada pentru a produce vătămări în păduri (Barbu, 1978; 1982; Ichim și Barbu, 1981) se pot stabili și mai precis parametrii cantitativi ai căderilor de zăpadă susceptibile să producă vătămarea arborilor. Astfel, s-a stabilit că vătămările de zăpadă se produc în păduri, acolo unde cuantumul precipitațiilor depășește o anumită valoare (variabilă de la o specie la alta și în funcție de parametrii biometrici ai arborilor), iar zăpada are densități mai mari de 150 kg/m³. La această valoare, rezistența de rupere a zăpezii crește foarte mult (Barbu, 1982), ceea ce explică acumularea ei în cantități mari pe coroane.

Pe baza datelor din catalogul căderilor de zăpadă de la Câmpulung Moldovenesc, s-a întocmit tabelul sintetic (tabelul 4), în care s-au stratificat, pe clase de mărime și pe categorii de densitate, toate căderile de zăpadă în cuantum mai mare de 10 mm echivalent apă din perioada 1961-1995.

În figura 10 s-a reprezentat grafic și s-au calculat ecuațiile de regresie ale frecvenței zăpezilor din diferite categorii de densitate în funcție de cantitatea căzută (Q). Valorile exponentului B din ecuațiile calculate pun în evidență că și sub raportul frecvenței zăpezilor periculoase sunt cele cu densități de peste 150 kg/m³. Calculând, pe baza metodologiei expuse anterior, probabili-

Tabelul 3. Calculul numărului mediu anual (N_{li}) al căderilor de zăpadă din diferite clase de mărime ($Q_i > Q_l$), al perioadei medii de revenire și al probabilității de apariție a unor căderi de zăpadă în quantum i (mm) sau mai mare în zona Obcinelor Bucovinei (Câmpulung Moldovenesc) Calculus of the mean annual number (N_{li}) of the snowfalls from different size classes ($Q_i > Q_l$), of the mead return period and of the snowfalls probability of occurrence of or biger i (mm) amount in the Obcinele Bucovinei area (Câmpulung Moldovenesc)

Clasa de mărime Q_i	Valoarea coeficient a_{11}^x, b	Nr. mediu anual de zăpezi Q_i		Perioada medie de re-venire θ (ani)	Probabilitatea de apariție în perioada T (ani)				
		N_{li}	N_{li} cumulat		1 an	5 ani	10 ani	30 ani	50 ani
Q_1		0,60	1,14	0,88	68	100	100	100	100
Q_2		0,30	0,54	1,9	42	94	100	100	100
Q_3	$a = 0,143$	0,14	0,24	4,3	22	70	90	100	100
Q_4	$B = -0,336$	0,06	0,10	10,0	10	40	60	93	99
Q_5		0,03	0,04	25,0	3	19	33	70	87
Q_6		0,01	0,01	100	1	5	10	26	39

Notă: S-au utilizat următoarele formule de calcul :

$$a_{11} = \log N_1 = \log N(Q_i \geq Q_1) + b Q_1 - \log T_{obs.} \quad (T_{obs.} = \text{perioada de observație})$$

$$N_{li} = 10^{a_{11} - b Q_i} \quad \log N_{li} = a_{11} - b * Q_i \quad Q_1 = 1; Q_2 = 2 \dots Q_6 = 6$$

$$\theta = \frac{1}{N_{li}}$$

$$\ln(1 - P) = - N_{li} * T$$

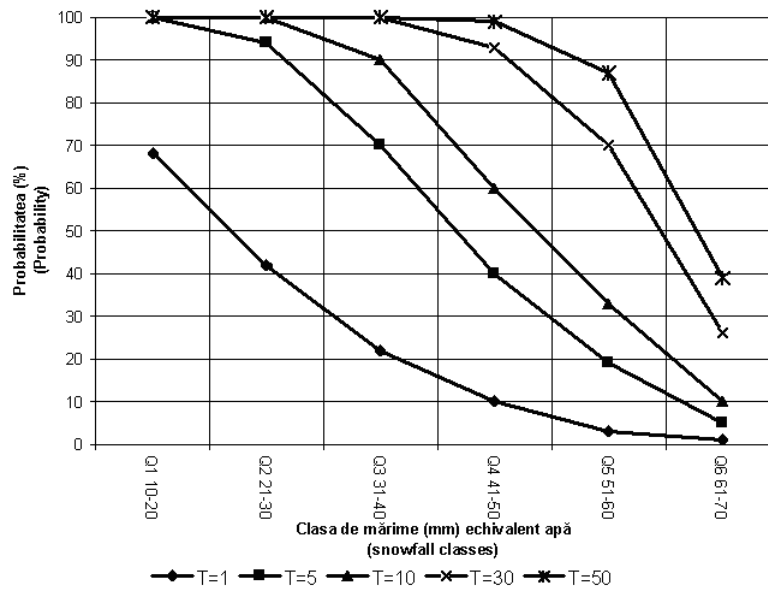


Fig. 9. Probabilitatea apariției la a unor caderi de zapada $Q > Q_i$ în diferite perioade de timp T (ani) Câmpulung Moldovenesc
The probability of the appearance at of same snowfalls $Q > Q_i$ in different periods of time T (years) Câmpulung Moldovenesc

Tabelul 4 Frecvența căderilor de zăpadă pe clase de mărimi și pe categorii de densitate la stația meteorologică Câmpulung Moldovenesc în perioada 1961-1995
Frequency of the snowfall on size classes and density categories at meteorological station Câmpulung Moldovenesc in period 1961-1995

Clasa de mărime Q_i (echivalent apă)	Categororia de densitate		
	$\rho < 110 \text{ kg/m}^3$	$\rho = 110-150 \text{ kg/m}^3$	$\rho > 150 \text{ kg/m}^3$
Q_1 10 - 20 mm	47	14	5
Q_2 21 - 30 mm	10	7	8
Q_3 31 - 40 mm	2	3	1
Q_4 41 - 50 mm	2	0	1
Q_5 51 - 60 mm	1	0	3
Q_6 > 60 mm	0	0	1

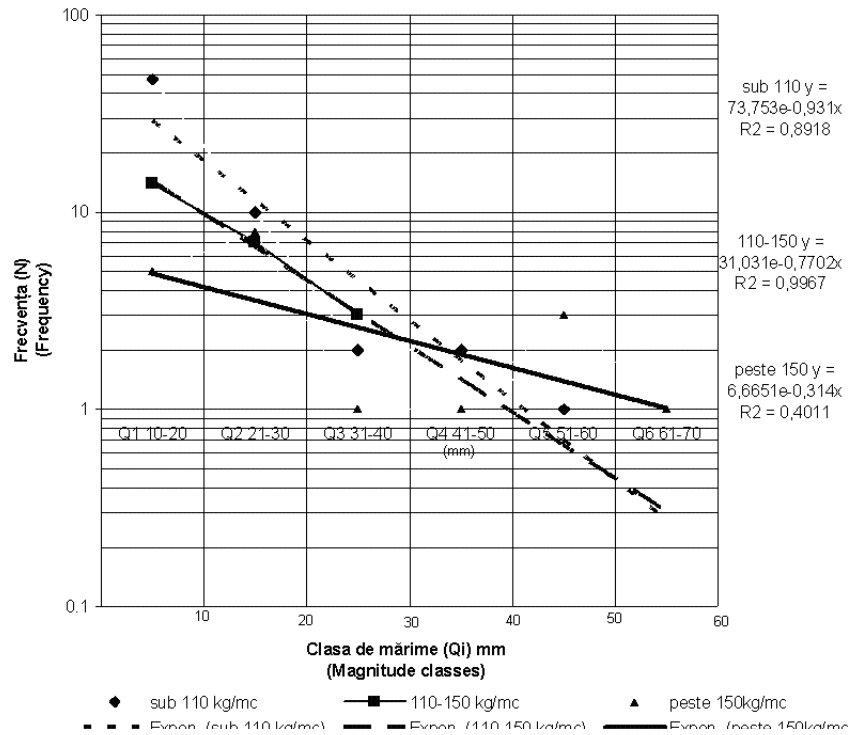


Fig. 10. Frecvența căderilor de zăpadă pe clase de mărimi și pe categorii de densitate la stația meteorologică Câmpulung Moldovenesc în perioada 1961-1995

The frequency of snow falls on size classes and density categories at meteorological station Câmpulung Moldovenesc, in the period 1961-1995

tatea de apariție a unor căderi de zăpadă din diferite clase de mărimi și categorii de densitate, se constată că probabilitatea de apariție a unor căderi de zăpadă de peste 40 mm (echivalent apă) cu densitatea mai mare de 150 kg/m^3 este mult mai mare decât în cazul celorlalte categorii de densi-

tate. Aceasta demonstrează clar că în condițiile aerosinoptice care favorizează apariția unor căderi mari de zăpadă, probabilitatea cea mai mare este ca zăpada să aibă densități mari, ceea ce se asociază cu un mare pericol de producere a vătămărilor de zăpadă în păduri.

Evaluarea riscului la apariția vătămărilor de zăpadă se poate face pentru fiecare stație meteo prin calcularea frecvenței căderilor de precipitații în 24 h mai mari de 40 l/m² și transformarea frecvenței în probabilitate. Pentru silvicultură, problema evaluării riscului corespunzător fiecărei stație meteorologice este laborioasă și adesea cu relevanță redusă, deoarece foarte rar stațiile meteorologice se află în păduri.

Bibliografie

- Anonymous, 1982. Geografia fizică a României. Ed. Academiei, București.
- Barbu, I., 1979 a. Factorii meteorologici care au favorizat producerea rupturilor și doborâturilor de zăpadă din 16-18 aprilie 1977 în pădurile din Bucovina. Rev. Păd. 1.
- Barbu, I., 1979 b. Cercetări privind influența reliefului în producerea rupturilor și doborâturilor de zăpadă din aprilie 1977 în pădurile din Bucovina. În vol. Lucrările Conferinței Naționale pentru Știința Solului, Brașov.
- Barbu, I., 1982 a. Zonarea pe baze geomorfologice a vulnerabilității la zăpadă a arboretelor. Buletinul societății de geografie din R. S. România, serie nouă. Vol. VI (LXXVI) București.
- Barbu, I., 1982 b. Cercetări privind influența factorilor din sol și a altor factori staționali asupra rupturilor și doborâturilor produse de zăpadă în pădurile din Bucovina. Teză de doctorat, Universitatea din Brașov.
- Barbu, I. și Cenușă, R., 1987. Asigurarea protecției arboretelor de molid împotriva doborâturilor de vânt și rupturilor de zăpadă. Seria a II-a ICAS, București.
- Bordei, N.I., 1988. Fenomene meteoclimatice induse de configurația Carpaților în Câmpia Română. Ed. Academiei, București.
- Ichim, R., Barbu, I., 1979. Relativ la gospodărirea pădurilor de molid din Bucovina cu privire specială la curățirea arboretelor tinere. Rev. Păd. 3.
- Ichim, R., Barbu, I., 1981. Rupturile și doborâturile de zăpadă din pădurile județului Suceava. Seria a II-a ICAS, București.
- Ionescu, Al., Marcu, Gh., 1970. Recomandări privind extinderea culturii pinului, pinului silvestru și pinului negru în România. I.C.S.P.S., București.
- Marcu, Gh., 1974. Cercetări privind extinderea molidului în R.S.R. Ed. Ceres, București.
- Popescu, C.I., 1966. Cultura pinului negru austriac. C.D.F., București.
- Sommerfeld, R.A., 1974. A Weibull Prediction of the Tensile Strength. Volume relationship. Geographical Research, 23.
- Topor, N., Stoica, C., 1965. Tipuri de circulație și centrul de acțiune atmosferică deasupra Europei. C.S.A., București.
- Tovissi, L., Vodă, V., 1982. Metode statistice. Aplicații în producție. Ed. Științifică și Enciclopedică, București.

Summary

Methods for the evaluation of risk to snow-damages in Romanian forests

Statistical information prove that in the last 50 years the damages caused by snow in forests (especially in the coniferous forests) significantly increased.

The research aims are to propose an holistic analysis of the snow damages in forests and for the management of the risk. A better knowledge of the risk can reduce of the impact of catastrophic damages as much is possible and restore the damaged forests in such way so that further catastrophes may be limited in their extent and effects.

The main causes of the occurrence of snow-damages are: (a) the structural modifications of forest landscape under human activities, through extension of the artificial coniferous plantations; (b) climatic changes with major effects, represented by the catastrophic rainfalls in short time (1-3 days) in the same region. When these are liquid, the catastrophic floodare are registered and when the precipitation are in snow-form, snow-damages in hilly forests or avalanches in high mountains are registered too. More than 10 catastrophic snow-damages have been reported in the last 20 years in Europe. In some regions, snow and wind damages represent more than 40-80 % of sustained cut in 10 years, with severe effects on the forest management and wood market.

In comparison with the wind damages, snow damages are more dangerous, because appear, ge-

nerally, in young stands, and the management of damaged stands is more difficult and risky.

In forests, snow damages are examined in relation with the geographical and meteorological conditions: (a) identification of the natural parameters in different region of Romania for the evaluation of natural risk to snow damages; (b) meteorological and climatological factors which determine snow damages in forests (determinant factors); evaluation of the risk on the basis of determinant factors - probabilistic model; (c) identification of the predisposant and incitant factors in snow damaged forests and quantification of their influence; (d) development of the methods and mapping criteria for the prognosis of risk to snow damages; (e) production of the methods for snow risk analysis and the specific management of stands; (f) rationalization of the financial and human efforts with an increase of the forest stability.

The results are based on the autor's experience in the research and evaluation of four catastrophic snow damages in Romania (1977, 1979, 1993, 1996). Some proposals for the evaluation of stands stability to snow and for the snow risk mapping of the Romanian territory have been developed in recent years.

Autorul. Dr. ing. Ion Barbu activează ca cercetător principal I, activează în cadrul Stațiunii Experimentale de Cultura Molidului Câmpulung Moldovenesc, jud. Suceava. Poate fi contactat prin e-mail: barbu.ion@icassv.ro.

Anexa 1. Catalogul căderilor de zăpadă (>5 mm) înregistrate la stația Câmpulung Moldovenesc în perioada 1961-1995
Registered snowfall (more than 5 mm water) at the meteorological station Câmpulung Moldovenesc, in the period 1961-1995

Anul	Data	T med. aer (°C)	Gros.strat zăpadă (hz)	Echiv. (Ha) apă (mm)	ha/hz (ρ kg/m ³)
1961	20.03	3,5	15	19,0	127
1962	24.01	-1,2	10	9,1	91
	29-31.01	-5,5	37	23,0	60
	14.02	1,3	16	24,0	150
	7.03	2,7	15	16,0	106
	15-16.03	-7,8	34	33,1	97
1963	8-10.01	-2,4	19	19,2	101
	2-3.04	0,0	15	13,0	87
	5-6.12	-5,2	10	8,6	86
	13-14.12	-9,6	16	14,0	88
	22-23.12	-3,7	12	14,5	121
1964	19-20.11	-0,3	10	7,2	72
	4-5.12	-0,4	16	10,4	65
1965	4-5.01	-1,8	10	7,2	72
	20-21.01	-0,7	16	15,6	97
	16-18.02	-1,5	20	15,0	75
	9-10.04	-0,3	7	16,7	239
1966	13-14.01	-7,5	20	15,8	79
	19-21.01	-7,7	16	21,3	133
	25-26.03	+1,1	13	14,6	112
	28.03-1.04	+0,2	16	30,0	187
	14-15.11	+0,7	24	31,6	132
	24-26.12	-0,7	10	8,2	82
1967	23-25.04	+6,5	3	35,3	1000
	9.12	-4,4	20	14,8	74
1968	3-4.01	-3,5	11	10,5	95
	16-18.02	-4,0	17	22,9	135
	1-3.03	-5,1	30	34,2	114
	9-10.04	+6,5	1	21,7	?
1969	4-7.02	-3,1	30	30,3	101
	17-18.04	+1,0	18	21,8	121
	25-28.11	+3,8	14	29,8	213
	2-3.12	+0,4	14	16,3	116
	20-21.12	-10,2	14	10,8	77
1970	17-20.01	-3,0	23	30,9	134
	9-12.02	-8,7	15	22,1	147
	25-27.02	-2,8	14	13,2	94
	11-13.04	+3,7	7	17,5	250
	22-23.10	+3,0	10	26,6	266
	21-24.12	-2,7	13	15,9	122
1971	31.12-1.01	-1,6	12	14,2	118
	5-7.03	-12,0	20	17,0	85
	16-17.10	-1,0	9	11,9	132
	1.11	+1,5	10	6,9	69
	21.11	-5,0	14	8,3	59
	9.12	-4,4	15	8,5	5

Anexa 1. Continuare

1972	9-12.03	-4,5	8	11,6	132
	4.10	+1,3	10	21,8	218
	22-23.10	+2,2	10	12,4	124
	19.11	+2,5	11	12,2	111
	24-25.11	+0,8	18	12,9	72
1973	27-28.02	-2,6	18	12,2	68
	14-16.03	-2,7	23	16,4	71
	1.11	-3,0	10	6,2	62
	15-16.12	-1,4	11	6,5	59
	1-2.11	+0,4	33	29,2	88
1974	14-17.12	-1,7	10	10,7	107
	8-9.01	+0,8	19	13,3	70
1975	15-17.02	-4,4	15	11,4	76
	20-21.02	-2,5	12	8,9	74
	26-27.02	-3,3	15	9,7	65
	24-25.11	-6,7	18	10,4	58
1976	13-15.01	-5,6	11	10,5	95
	26-30.01	-5,1	20	24,0	120
1977	11-12.12	-1,3	22	16,6	75
	28.02	-5,4	10	6,9	69
	11-12.04	+4,2	10	12,5	125
1978	16-17.04	+1,4	19	71,3	375
	2-4.02	-5,0	13	10,5	81
1979	7-8.02	-4,7	11	10,5	95
	30.11-.12	+1,0	11	27,0	245
	2-3.01	-6,0	12	10,4	87
1980	12-16.01	-4,5	29	32,3	111
	9-10.03	-1,5	11	9,5	86
	8-9.04	+1,5	16	53,5	334
	1.01	-4,2	22	17,8	81
1981	3-6.01	-6,5	33	26,6	81
	10.03	+1,5	10	9,2	92
	19-21.03	-0,7	11	8,9	81
	1-3.12	-6,2	11	15,5	141
	5-6.01	-1,3	21	13,1	62
1982	12-14.02	-2,0	14	13,9	99
	10-11.11	-3,1	27	23,4	87
	15-17.11	-2,4	22	20,4	93
	13-14.12	+4,3	32	25,5	80
1983	1-3.02	-5,4	14	9,3	66
	25-26.02	+1,1	15	13,8	92
	29-31.12	-1,3	24	16,9	70
1984	15-19.02	-8,6	15	11,2	75
1985	11-14.02	-5,1	51	46,4	91
	4-6.03	+0,1	13	18,7	144
	24-27.04	+6,0	9	51,3	570
	17-19.11	-4,0	11	10,3	94
	13.12	-1,4	10	5,9	59
1986	22-24.12	-1,2	12	10,4	87
	6-9.01	-10,6	29	24,9	86
	11-14.02	-12,9	11	12,5	114
	25-26.11	-0,8	23	22,5	98
	20-21.02	-3,9	14	14,8	106

Anexa 1. Continuare

1987	15-17.01	-5,5	17	16,9	99
	21-22.11	-0,2	12	13,0	108
1988	26-27.01	-1,8	18	18,9	105
	28-29.03	+2,9	13	49,0	376
	14-16.04	-1,2	8	17,2	215
	1-6.12	+1,6	20	21,2	106
1989	23.11	+2,0	12	12,6	63
1990	5-9.12	-2,0	12	10,2	85
	15.12	-0,6	11	12,0	109
1991	24-26.12	-4,0	14	4,9	35
1992	31.12-1.01	-5,9	12	9,4	78
	24-25.02	-1,4	15	8,2	55
	17-20.03	-1,2	15	13,0	87
1993	22-24.02	-4,6	15	12,8	81
	8-9.03	-7,0	12	10,5	88
	24-28.03	+0,4	32	51,9	162
	28-30.12	+1,0	10	18,9	189
1994	4.02	+1,5	14	14,8	106
	6-7.10	+1,6	7	27,0	385
	12-14.11	-3,6	11	24,4	222
	1-2.12	-4,5	13	7,2	55
1995	4-8.01	-3,3	11	11,1	101
	20-21.03	+4,4	29	28,2	97
	28-29.03	+1,8	10	18,7	187
	31.03-1.04	0	20	17,0	85
	5-7.11	-3,4	63	51,4	82
	5-6.12	-7,9	11	10,3	94
	12.12	-5,1	11	5,8	53
	27-28.12	-3,1	44	46,7	106