

**AVALANŞELE
CONDIȚII, TIPURI, RISCURI**

**ANCA VICTORINA MUNTEANU
ALEXANDRU NEDELEA
NARCISA MILIAN**

**AVALANȘELE
CONDIȚII, TIPURI, RISCURI**



**EDITURA UNIVERSITARĂ
București, 2012**

Colecția PĂMÂNTUL CASA NOASTRĂ

Redactor: Gheorghe Iovan

Tehnoredactor: Anca Munteanu, Cristina Stoian

Coperta: Brândușa Bălan, Ionuț Ursu

Foto copertă: Vlad Teofil (Munții Tian Shan), Pănescu Iulian (Munții Făgăraș - Șaua Caprei spre Căldarea Bălii)

Editură recunoscută de Consiliul Național al Cercetării Științifice (C.N.C.S.)

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
MUNTEANU, ANCA VICTORINA

Avalanșele : condiții, tipuri, riscuri / Anca Victorina Munteanu, Alexandru Nedelea, Narcisa Milian. - București : Editura Universitară, 2012

Bibliog.

ISBN 978-606-591-475-9

I. Nedelea, Alexandru

II. Milian, Narcisa

551.578.48

DOI: (Digital Object Identifier): 10.5682/9786065914759

© Toate drepturile asupra acestei lucrări sunt rezervate, nicio parte din această lucrare nu poate fi copiată fără acordul Editurii Universitare

Copyright © 2012

Editura Universitară

Director: Vasile Muscalu

B-dul. N. Bălcescu nr. 27-33, Sector 1, București

Tel.: 021 – 315.32.47 / 319.67.27

www.editurauniversitara.ro

e-mail: redactia@editurauniversitara.ro

Distribuție: tel.: 021-315.32.47 / 319.67.27 / 0744 EDITOR / 07217 CARTE

comenzi@editurauniversitara.ro

O.P. 15, C.P. 35, București

www.editurauniversitara.ro

Moto:

“Există o singură metodă sigură de a scăpa de o avalanșă:
să n-o cauți, să n-o declanșezi”.

Emilian Cristea

CUPRINS

Introducere	9
1. Avalanșele	11
1.1. Ce sunt avalanșele	11
1.2. Avalanșe – scurt istoric al cercetării și cunoașterii	12
2. Condiții de formare și producere a avalanșelor	17
2.1. Factorii potențiali	17
2.2. Factorii declanșatori	30
2.3. Mecanismul de declanșare a avalanșelor	36
2.4. Mecanismul desfășurării avalanșelor	39
2.5. Morfologia zonelor de avalanșă	39
2.6. Alte caracteristici ale avalanșelor	44
3. Tipuri și clasificări ale avalanșelor	47
4. Riscul generat de avalanșe	61
4.1. Cum sunt percepute avalanșele?	61
4.2. Efectele avalanșelor	65
4.3. Programul de nivologie al Administrației Naționale de Meteorologie	76
4.4. Activitățile turistice și impactul avalanșelor asupra acestora	91
4.5. Cum se produc accidentele cu avalanșe și recomandări pentru cei care merg în zona montană	98
4.6. Sursele de informare despre avalanșe	114
4.7. Cum se monitorizează avalanșele?	115
4.8. Hărțile de risc de avalanșă	116
4.9. Amenajările antiavalanșă	129
5. Exemple de manifestare a avalanșelor în diferite areale montane	141
5.1. Exemple de manifestare a avalanșelor în diferite areale montane din România	141
5.2. Exemple de manifestare a avalanșelor în diferite alte areale montane	171
Bibliografie	177

INTRODUCERE

Munții sunt areale pe care omul a căutat în permanență să le descopere tainele. Între aceste necunoscute sunt și avalanșele, ce reprezintă o manifestare naturală a zăpezii, condiționată de anumiți factori locali. A fost în permanență un dușman sau doar o simplă manifestare a naturii, pentru cei care ajungeau cât mai sus, pe cărările înzăpezite ale munților. Prezența activităților umane, în continuă expansiune, a ajuns și în spațiile guvernate de avalanșe. Fie că se afla pe munte pentru o activitate recreativă, sportivă, muncitorească sau din dorința să fie cât mai aproape frumusețile naturii, omul a ajuns să fie afectat de manifestarea acestor avalanșe. Astfel, multe calamități au avut loc. S-a simțit în permanență nevoia de cercetare amănunțită a tuturor problemelor generate de avalanșe, pentru a se cunoaște ce anume este necesar să se evite viitoare accidente.

Scrierea unei cărți despre avalanșe, ca un fenomen complex, ce afectează o gamă variată de componente ale mediului, reprezintă un pas îndrăzneț, mai ales că a necesitat o documentare susținută. Structurată în trei părți, cuprinse și în titlu, cartea aceasta arată detaliat condițiile de formare, tipologia și riscurile. Imaginile grafice și fotografice aduc un plus de informație, pe lângă cele conținute în text.

Vine să suplinească lipsa informațiilor din literatura geografică românească, despre acest subiect, prea puțin tratat. Se simțea nevoia unui asemenea abordări de temă, care se adresează unei game variate de cititori, atât celor care doresc să afle informații generale, cercetătorilor, meteorologilor, profesorilor, studenților, dar în egală măsură celor care ajung frecvent pe munte, drumeților, sportivilor, salvamontiștilor, silvicilor, jandarmilor montani, administratorilor de arii protejate, ai drumurilor sau locali, precum și celor care realizează diferite lucrări de infrastructură în spațiul montan. Poate fi un util ghid de pătrundere în tainele avalanșelor.

Pentru a ști cum să te protejezi față de riscurile iminente ale ariilor montane, trebuie să cauți să cunoști cât mai bine detaliile pe care natura le ascunde. Doar prin cunoaștere, poți să ști ce anume trebuie să faci, ca să te protejezi în fața manifestării acestora.

Aducem mulțumiri tuturor celor care ne-au sprijinit la realizarea acestei lucrări. În primul rând CNCSIS, pentru finanțarea acestei cărți și a proiectului *Evaluarea și monitorizarea riscului la avalanșe în contextul organizării și amenajării spațiului montan. Studiu de caz Munții Făgăraș și Piatra Craiului*, categoria IDEI, perioada de desfășurare 2009-2011, precum și proiectului *“The strategic grant POSDRU /89/1.5/S/ 58852, Project Program for*

postdoctoral researchers in science education, co-financed by the European Social Fund within the Sectoral Operational Program Human Resources' Development 2007–2013".

Mulțumim de asemenea tuturor colegilor și prietenilor, celor care ne-au sprijinit și ajutat cu informații, idei, sugestii, fotografii, celor de la Facultatea de Geografie, membrii ai proiectului (Laura Comănescu, Robert Dobre, Cătălina Gheorghe), de la Administrația Națională de Meteorologie, membrilor formațiilor Salvamont Zărnești, Sibiu, Pitești, Câmpulung, Bușteni, Brașov, Administrației Parcului Național Piatra Craiului (în special lui Mircea Vergheleț, Oliviu Pop, Costi Vezeanu), Clubului Alpin Român (Dan Vasilescu, Dinu și Marlene Mititeanu, Liliana Becea, Marius Scheaua), membrilor Clubului de Turism Montan Liliecii Brașov (Cosmin Munteanu, Mihai Zegrea, Dan Mazilu, Adi Mazilu, Emil Chambos), cabanierilor de la Curmătura - familia Dic, Jandarmeriei Montane, lui Pănescu Iulian, Roxana Trandafir, Vlad Teofil, Vasile Gavrilesco, Radu Emilian, Laurențiu Barza, Irinel Grigore, Francois Sivardiere, Cristina Stoian, Brândușa Balan, Ionuț Ursu, Florin Madar, Gina Badea, David Neacșu, Bogdan Costescu, Cosmin Dan, Bogdan Sulică, Victor Gheorghiu.

De asemenea, îi aducem un gând pios celei care a deschis drumul cunoașterii avalanșelor în România, Maria Dana Moțoiu.

1. AVALANȘELE

1.1. Ce sunt avalanșele

Conform glosarului de termeni referitori la zăpadă și avalanșe (www.slf.ch) avalanșă reprezintă „deplasarea rapidă a unei mase de zăpadă ce atinge un volum mai mare de 100 m³ și a cărei lungime depășește 50 m”, iar în timp ce Coch, în 1995, definește drept „o mișcare de materiale extrem de rapidă pe pantele abrupte”.

Oamenii de la munte obișnuiesc să folosească apelativul de avalanșă sau lavină tuturor mișcărilor de zăpadă sau gheață, cu sens de curgere (Iancu, 1978), care sunt naturale și necontrolabile (Moynier, 2006).

Termenul de avalanșă provine din limba franceză, de la verbul *avalier*, care înseamnă „a coborî o pantă”. Și în limba elvetiană romandă, cuvântul *avalantse* înseamnă tot „coborâre pe o pantă” (Gumuchian, citat de Voiculescu, 2002, a). De asemenea, cuvântul *lavina* (germ. Lawine) își are originea în latină, unde verbul *labi* înseamnă „a aluneca, a se strecura, a derapa”, și în retroroman, unde *labina* desemnează „alunecările de teren”, conform Comisiei de Glaciologie a Academiei Elvețiene de Științe Naturale. Aceasta definește avalanșa ca fiind: „material care alunecă sau se prăbușește cu viteză mare pe pante”. Termenul desemnează în general, avalanșele de zăpadă, mai rar avalanșele de gheață, de grohotiș sau de pietre (Moțoiu, 2008).

Avalanșele de zăpadă se declanșează pe pante abrupte (cu înclinație între 25°–50°), fără pădure, atunci când tensiunile mecanice din interiorul stratelor de zăpadă depășesc coeziunea corespunzătoare, sau prin creșterea greutateii ce se exercită asupra stratului de zăpadă pe versant (datorită ninsorilor, a trecerii schiorilor sau a vehiculelor de zăpadă, prin sărituri sau dislocări) sau prin slăbirea coeziunii zăpezii din interiorul stratelor, ca urmare a metamorfismului zăpezii. Avalanșele pot rezulta și din accelerarea proceselor de creep al zăpezii (G.S.A.N., 1993, citat de Moțoiu, 2008).

Problema fundamentală în prognoza amplitudinii avalanșelor este cunoașterea ariei de desfășurare a avalanșelor și a distribuției spațiale a instabilității zăpezii, ceea ce este dificil de determinat, datorită terenurilor inaccesibile în condiții de iarnă (McClung, Schweizer, 1993).

Sunt procese complexe, determinate de gravitație, ale zăpezii și gheții care alunecă sau se rostogolesc la vale, mărindu-și în aval volumul,

greutatea și viteza (Grecu, 2004). Se produc pe pante suficient de înclinate sau abrupte (20° – 50°) și au efecte asupra componentelor de mediu (Voiculescu, 2002, a).

Sunt fenomene regulate, pentru aceleași condiții morfologice și climatice, putând să deplaseze în mișcarea spre aval, milioane de metri cubi de zăpadă în câteva secunde. Au o nebănuită capacitate de smulgere și transport, modificând activ relieful, distrugând instalații, drumuri, construcții sau așezări, tot ceea ce interceptează în traseul lor (Bădescu, 1972; Weir, 2002). Cele mai mari prejudicii pe care le aduc sunt în economia forestieră, prin blocarea drumurilor forestiere (Alexa, 2005). În fig. 1 se pot vedea sugestiv aceste efecte, surprinse în anul 1852, pe Valea Chamonuy.



Fig. 1. Avalanșă pe Valea Chamonuy la 1852, reprezentată într-o litografie din Colecția muzeală Dauphinois (după Givry, Perfettini, 2004)

1.2. Avalanșe – scurt istoric al cercetării și cunoașterii

Avalanșele sunt fenomene care, prin amploarea și efectele provocate, au trezit interes mai ales acolo unde din necesități de dezvoltare spațială, arealele montane au fost invadate de om și activitățile sale. De aceea, aceste fenomene naturale, au fost cercetate cu mult interes, în special în țările din arealele alpine, Pirinei, Canada, SUA, țările nordice, Rusia. La Davos, în Elveția, a fost astfel creat, în anii '30, primul institut de cercetare, dedicat exclusiv studiului avalanșelor (SLF).

Încă de la început, au existat un mare număr de preocupări geomorfologice, în domeniul descrierii și explicării avalanșelor și mai ales al complexului de microforme rezultat din activitatea acestora. Contribuțiile științifice sunt însemnate în ceea ce privește și clasificarea acestora, toate având la bază cercetări de teren detaliate, în condiții foarte variate. Importante în acest sens sunt studiile de început realizate de Rapp (1959, 1960, 1973, 1996) în Munții Scandinaviei, Luckman (1975, 1977, 1992), Corner (1980), în arii montane nord-americane, Smith, Veyret (1960) și Hollerman (1964) în Alpi, Akitaya, Kawada (1971) în Japonia, Peev (1966) în Balcani, Hewitt (1967, 1972) în Himalaya și Kotlyakov (1972, 1974) în munții din Rusia etc.

Perfecționarea metodologiei de cercetare pe teren și în laborator a permis noi acumulări de informații și trecerea tot mai mult la analiza cantitativă și dinamică a acestor fenomene (McCarthy, Luckman, 1994; Keylock, 1997; Ancey et al., 2003; Evans, 2008; Hirashima et al., 2008, 2010; Johnson, Smith, 2010). Cercetări importante ca rezultate au fost efectuate în Scandinavia pe probleme de stratigrafie a depozitelor de avalanșe Blikra (1993, 1994), Blikra și colab. (1997), în America, în ceea ce privește avalanșele și raporturile lor spațiale și temporale cu vegetația (Johnson 1987; Butler 1985, 1988, 1990, 1992, 1997; Patten 1987, 1994; Weir, 2002; Ellis et al., 2010; Viglietti et al., 2010, etc.), clasificarea avalanșelor (Ancey, Charlier, 1996; Haegeli, McClung, 1999), precum și prezentate în toată complexitatea lor (McClung, Schweizer, 1993, 2006, Sivardiere, 2003; Tremper, 2008). Realizări însemnate există și în Europa Centrală, mai precis în Tatra înaltă, unde au fost monitorizate sute de culoare de avalanșe pe ambii versanți, atât în Slovacia (Luknis 1968, 1973, Minár et. al., 2006) cât mai ales în Polonia (Klimaszewski 1967, 1971, Kotarba 1970, 1981, 1983, 1984, Kotarba et al., 1987; Kotarba, Pench 2002, Kotarba, Dlugosz 2010, Krzemien 1985, Midriak 1984, Raczkowska 1990, 1997, 2006, Starkel 2006). Aspecte teoretice aparțin lui Chardon (1990, 1995) în contextul Alpilor de Nord (Franța) și Caine (1974).

Cercetările recente au evoluat și sunt deosebit de complexe, pe o mare varietate de teme. Au plecat de la preocuparea principală de cunoaștere a riscului indus de avalanșe, prăbușiri, torențialitate, alunecări de teren etc., reprezentarea mentală a acestora și cartografierea cât mai precisă, pentru documentația necesară în amenajări. În acest sens, menționăm preocupările din Alpi, unde evenimente extreme de acest tip au generat mari catastrofe în ultimii 20-30 de ani. Dintre studiile mai însemnate menționăm contribuțiile lui Adjel (1996), Pigeon (1998), Bridel et al., (1998), Strazzeri, Manche (1998), Jomelli, Francou (2000), Soldati (2000), Jamieson, Stethem (2002), Kienholz (2002), Tase, Jessica (2004), Givry, Perfettini (2004), Pudasain,

Hutter (2007), Copien et al., (2008), Cappabianca et al., (2008), McClung (2008), Hannesson et al., (2009), Simenhois, Birkeland (2010), Barbolini et al., (2011), Deline et al., (2011) și multe altele. De menționat și interesul tot mai evident de tratare în format digital a problemelor legate de avalanșe și mai ales a riscului acestora (Borrel, 1995; Bernard, 1996; Barbolini, Keylock, 2002; Barnikel, Becht, 2005; Ludkvist, 2005) și al evaluării efectelor probabile asupra economiei locale (Jónasson, Sigurðsson, Arnalds, 1999; Hervas 2003; Brundl et al., 2004; Keiler, 2004; Keiler et al., 2004; Fuchs et al., 2005, 2007; Hannesson et al., 2009). Cercetări valoroase au fost realizate și în munții Pirinei, Islanda, Japonia, SUA sau Canada (Dube et al. 2004; Sekiguchi, et al., 2005; Decaulne, Saemundsson, 2006; Conway et al., 2010; Spencer, Ashley, 2010; Wastl et al., 2011).

În România, avalanșele au intrat în atenție mult mai târziu decât în restul Europei. Primii care au făcut observații asupra avalanșelor au fost silvicii (Gaspar, Munteanu, 1968; Bădescu, 1972; Alexa, 2005).

Studiul științific asupra avalanșelor din Carpații românești, a avut după Voiculescu (2005), două etape: prima până în 1990, când sunt nuanțate suprafețele care canalizează avalanșe, ca procese erozionale, dar și ca fenomen de risc (Nedelcu, 1962; Micalevich-Velcea, 1960, 1961; Niculescu, Nedelcu, 1961; Niculescu, 1965; Iancu, 1970, 1973; Sîrcu, 1978; Popescu, Ielenicz, 1981; Ielenicz, 1973, 1984); cea de a doua etapă, de după 1990, are două tipuri de lucrări: cele generale, cu analiza fenomenelor de risc în ansamblu (Ciulache, Ionac, 1995; Bogdan, 1996; Bogdan, Niculescu, 1999, Grecu, 1997-2006; Moldovan, 2003) și cele specifice (Bălțeanu et al., 1989; Bălțeanu, Călin, 1996; Florea, 1996, 1998; Bogdan, 2000; Urdea, 2000; Voiculescu, 2002, 2004, 2009, 2010; Voiculescu, Vuia 2004; Munteanu, Constantinescu, 2003, 2006; Moțoiu, Milian, Trușcă 2004; Munteanu, 2004, 2006, 2007, 2008, 2009; Mihai, 2005; Moțoiu, 2005, 2008; Constantinescu, 2006; Moțoiu, Munteanu, 2006; Munteanu, Moțoiu, 2006; Nedelea, 2006; Voiculescu et al., 2007; Germain, Voiculescu, 2007; Ardelean, 2010; Câmpean, Câmpean, 2010; Covăsiu, Grigorș, State, Balint, Hogaș, Balint, 2011; Munteanu, Nedelea, Comănescu, 2011; Munteanu, Nedelea, Comănescu, Gheorghe, 2011; Micu, 2011; Simea, 2012).

Direcții deosebit de importante spre studierea avalanșelor, sunt în prezent la facultățile de Geografie din România (București, Timișoara, Cluj-Napoca), unde activitățile de cercetare sunt variate, în plină dezvoltare și aprofundare, a unei game cât mai variată de metode și probleme (abordări dendrogeomorfologie). Spațiile analizate se extind în cea mai mare parte a Carpaților Meridional, precum și în nordul celor Orientali.

De remarcat prezența singurei cărți dedicate exclusiv avalanșelor, scrisă de cea care a fost **Maria Dana Moțoiu**, publicată post-mortem (2008)

și rolul important pe care l-a avut în scurta sa activitate, în dezvoltarea nivologiei în cadrul ANM-ului, dar și în cadrul întregii activități montane de la noi, cu primele studii dedicate avalanșelor în detaliu, organizarea primelor stagii despre avalanșe, pentru membrii Salvamont, dar și pentru turiștii interesați (în cadrul Clubului Alpin Român), deschiderea unor noi direcții de cercetare în spațiile montane românești.

În România, în anii '70 a fost creat Salvamontul, pentru a contribui și la prevenirea și ajutorarea victimelor din avalanșe. În cea mai mare parte a ghidurilor și cărților turistice realizate despre spațiul Carpatic, au fost făcute precizări legate de prezența avalanșelor (Iliescu, 1936; Mitroiu, 1958; Ionescu – Dunăreanu, 1958, 1986; Cristea, Nedelcu 1971; Bălăceanu, Cocoti, Cristea, 1975; Stavros, 1979; Cristea, 1984; Fratu, 1986; Preda, 1981, 1990; Beleaua, Fratu, 1991; Coman, 1995; Popescu, 1996;).

În prezent, foarte multe din informațiile legate de avalanșe pot fi găsite în format electronic, pe diverse site-uri de internet. Pot fi aflate mult mai ușor materiale variate, descrieri de evenimente, explicații, fotografii, filme, etc.

În România există mai multe site-uri de unde pot fi culese diverse date despre avalanșe: generale, caracteristici, tipologii, statistici, precauții, comportament, măsuri de prevenire. Cel mai complet site este realizat de unul dintre cei mai activi *Oameni de Munte*, Dinu Mititeanu, a cărui experiență în parcurgerea spațiilor montane de la noi și din Lume, a reușit să redea într-o formă profesionistă, un ABC al avalanșelor, pentru cei care doresc să culeagă sursele de pe internet:

www.dinumititeanu.blogopedia.biz/10-avalanse. Multe din datele acestuia, au fost folosite și în această lucrare.

Alte site-uri românești, care abordează diverse aspecte ale avalanșelor, mai sunt: <http://avalanse.blogspot.com/>; www.alpinet.org; <http://www.derdelus.ro>; www.carpati.org; www.roxy-world.ro/avalanse; <http://avalanse.3x.ro>, etc..

Ca și exemple, câteva din site-urile străine care abordează problematica avalanșelor pentru diverse locații: în Europa, Serviciul European de Avalanșe: www.avalanche.org; elvețieni au Institutul de la Davos (www.slf.ch) (Fig. 80); Francezii au făcut la Grenoble, institutul ANENA – Association Nationale pour l'Etude de la Nieve et des Avalanches (www.anena.org), italienii Associazione Interregionale Neve e Valanghe (www.aineva.it), austriecii au Austrian Avalanche Warning Service (www.lavine.at), în Germania, Bavaria's Avalanche Warning Services (www.bayern.de/lfw/lfd), în Norvegia (www.snoskred.no), în Marea Britanie, Scoția (<http://www.sais.gov.uk>). Altele site-uri mai sunt: www.

snowdynamics.com; www.avalanche-center.org; www.avalanches.fr, etc. În
Canada și SUA: www.avalanchemapping.org; www.americanavalancheinstitute.com; [www.americanavalancheassociation .org](http://www.americanavalancheassociation.org); [www.ussartf.org/
avalanches.htm](http://www.ussartf.org/avalanches.htm); www.mtavalanche.com; www.avalanche.ca;
<http://utahavalanchecenter.org>; <http://geosurvey.state.co.us/avalanche>);
<http://mountaingearblog.com>.

2. CONDIȚII DE FORMARE ȘI PRODUCERE A AVALANȘELOR

Există o serie de condiții care trebuie îndeplinite pentru ca avalanșele să se poată forma. În funcție de rolul pe care îl au în dinamica fenomenului de avalanșă, se deosebesc două categorii de factori: *factori potențiali* (geomorfologici, meteorologici, biologici, antropici) și *factori declanșatori* (factorii potențiali în cazul în care depășesc pragurile care duc la dezechilibrarea maselor de zăpadă, vântul, trepidațiile antropice, cutremurele, grosimea zăpezii proaspăt căzute, etc.); (Grecu, 2006; Moțoiu, 2008).

Cei mai importanți parametri sunt cei topografici și climatici, care dau frecvența, dimensiunile, modul de manifestare al avalanșelor (Luckman 1977).

2.1. Factorii potențiali sau pregătitori sunt cei care determină condițiile propice de formare a avalanșelor: *geologici* (litologia, structura, tectonica), *geomorfologici* (relieful, morfologie, altitudine, panta, expoziția versantului, rugozitatea substratului), *meteorologici* (caracteristicile parametrilor meteorologici: intensitatea și durata precipitațiilor, grosimea, structura și caracteristicile fizice ale straturilor de zăpadă – existența straturilor slabe sau cu coeziune scăzută în cadrul stratului de zăpadă, temperatura aerului, radiația solară, vântul), *hidrografici* (dispunerea și caracteristicile rețelei hidrografice), în combinație cu cei *biologici* (caracteristicile și dispunerea vegetației) și *antropici* (omul și activitățile sale). Interacțiunile dintre aceștia se cumulează progresiv, până la declanșarea avalanșelor. Sunt mai multe lucrări care au abordat în diferite moduri studierea acestora (Ancey et al., 2003; Barbolini, et al., 2011; Barry, 2008; Grecu, 2006; Givry, Perfettini, 2004; Hannesson et al., 2009; Johnson, Smith, 2010; Luckman, 1977; McClung, 2000, 2001, 2003; McClung, Schweizer, 1993, 2006; Mititeanu, 2012; Moțoiu, 2005, 2008; Pudasain, Hutter, 2007; Rapp, 1959, 1973; Schumm, 1988; Schumm, Mosley, 1973; Sekiguchi et al., 2005; Simenhois, Birkeland, 2010; Stitzinger et al., 2001; Tremper, 2008; Voiculescu, 2002, a, 2009; Weir, 2002).

2.1.1. Factorii geologici sunt cei care condiționează prin litologie, structură, fragmentare, modul de dispunere al substratului. Astfel, structura

impune modul de aranjare al reliefului, pantele, expoziția; tectonica determină gradul de fragmentare, dimensiunile văilor; iar litologia imprimă anumite caracteristici rugozității.

2.1.2. Factorii geomorfologici sunt reprezentați de relief, morfologie, altitudine, pantă, expoziție, rugozitatea substratului. Sunt cei care determină potențialul de formare și localizare al avalanșelor, în funcție de anumite condiții locale (Johnson, Smith, 2010). Depind foarte strâns de caracteristicile geologice.

- **Relieful** este cel care reprezintă „patul” pe care se așterne stratul de zăpadă. Condiționează prezența locurilor favorabile pentru depunerea zăpezii. Deplasarea zăpezii, prin alunecare sau rostogolire pe acest pat, prin ruperea stabilității (aderenței, echilibrului), depinde de morfologia versanților și a văilor, precum și de gradul de înclinare al pantei (McClung, 2008).

- **Morfologia versanților și a văilor** contribuie în mod diferit la păstrarea și deplasarea zăpezii (McClung, 2002). Prezența unor aliniamente tectonice pot avea roluri deosebit de importante. Faliile determină apariția în relief a văilor, pe care se canalizează culoarele de avalanșă sau a abrupturilor cu rupturi de pantă, care produc dezechilibre în structura zăpezii. În bazinele aflate în zonele de obârșie sunt condiții de acumulare și depozitare a zăpezii. Acolo unde confluează mai multe vâlcele, se pot forma alte bazine care să stopeze sau să diminueze din energia avalanșelor. Aspectul și îngustimea creștelor pot determina formarea de cornișe (Fig. 4, 5). Suprafețele de versanți, mai puțin fragmentate, mai lungi, cu stâncărie la zi, dar mai ales cele înierbate pot determina acumularea unor mari cantități de zăpadă. Văile înguste, sub formă de „V”, sunt mai predispuse la avalanșele spontane venite de la partea superioară a versanților. Culoarele văilor impun traseul general al avalanșelor, iar lățimea talvegului, amplitudinea acestora (Fig. 166). La baza abrupturilor litologice se află depozitele cuaternare (grohotișuri) care sunt acoperite de materialul transportat de avalanșe (Fig. 176, 186, 189). În chei, în cariere sau pe canale de corhănit, există o morfologie favorabilă producerii avalanșelor (Fig. 167, 176, 178). Acolo unde versanții sunt fragmentați de organisme torențiale sau trepte structurale, există posibilitatea formării avalanșelor, mai ales când zăpada e proaspăt ninsă sau în cantități foarte mari (Munteanu, 2009).

- **Altitudinea** favorizează producerea avalanșelor indirect, deoarece imprimă anumite caracteristici morfologice, climatice, ale parametrilor meteorologici, ale vegetației și substratului (McClung, 2001). În general, în Carpații românești, altitudinile între care se desfășoară avalanșele variază în funcție de dimensiunile avalanșelor, cantitatea de zăpadă, caracteristicile

masivelor respective. În general, pentru munții înalți din Carpații Meridionali, pot fi cuprinse între 2500-2000 m în zona de declanșare și 1000-1200 m unde pot să ajungă depozitele. Cu cât scade altitudinea reliefului, scade și cea a zonelor funcționale. Prezența anumitor abrupturi structurale la altitudini mai mici, pot determina desfășurarea avalanșelor și la altitudini de 100 m sau chiar sub aceasta. Așa pot să fie, de exemplu, cazuri în sectoarele de chei din lungul văilor, sau pe canale de corhănit (Moțoiu, 2008; Munteanu, 2009) (Fig. 178).

- **Gradul de înclinare a terenului** sau **declivitatea, panta** este unul din factorii de bază al terenului în mișcarea zăpezii. Dacă se corelează cu rugozitatea, cantitatea de zăpadă sau condițiile meteorologice, pantele optime sunt cuprinse între 25°-50°, maxim între 35°-45° (Luckman, 1977; Tremper, 2008). Pantele care depășesc 45°-50° sau cele sub 30°, sunt insuficiente pentru acumularea zăpezii și declanșarea unor avalanșe în adevăratul sens al cuvântului, pe aceste valori fiind mai rare (Voiculescu, 2002, a). Alți autori dau drept cele mai frecvente valori de pante, cele între 30°-45° (Cox, Fulsaa, 2004, fig. 2). Uneori, în zone cu abrupturi structurale, pot fi avalanșe și la pante de peste 40°-50°. Pantele pot fi catalogate în funcție de categoriile de pante importante (Tab. 1). Pe văi și versanți se întâlnesc mai multe categorii de pante, avalanșele putând să se declanșeze în amonte, acolo unde sunt valorile optime, dar să ajungă în traseul lor și pe pante mai mici (sub 20°) sau mai mari (peste 45°) (Fig. 8).

Tab. 1. Categoriile de pante importante în defnirea avalanșelor (din Moțoiu, 2005)

Categorie de pante	Grade de înclinare
Moderat abruptă	Mai puțin de 30°
Abruptă	30° – 35°
Foarte abruptă	35° - 40°
Extrem de abruptă	Mai mult de 40°

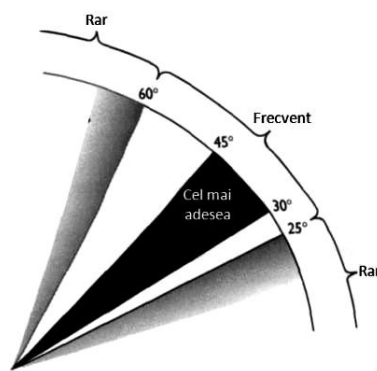


Fig. 2. Frecvența avalanșelor în funcție de variația unghiului de pantă (după Cox, Fulsaa, 2004)

- **Expoziția versanților** față de soare și vânt are un rol deosebit de important în depunerea, păstrarea, evoluția calităților zăpezii, precum și în declanșarea avalanșelor, în corelație cu particularitățile reliefului (Hannesson et al., 2009).

Expunerea versanților față de soare contribuie esențial la metamorfismul zăpezii, distribuția cantității de radiație solară directă, de energie calorică, tipologia avalanșelor. De asemenea, insolația și radiațiile reflectate în anumite momente ale zilei, determină încălzirea diferențiată a suprafețelor. Au loc dezechilibrări și topiri parțiale ale stratului de zăpadă și producerea de avalanșe. Au fost corelate orele de producere a avalanșelor și expoziția: între orele 9–12 pe versanții estici; între orele 12–14 pe versanții sudici; între orele 14–18 pe versanții vestici; între orele 18–24 pe versanții nordici (Bogdan, 1996, a; Bogdan, Niculescu 1999; Moțoiu, 2008).

Tab. 2. Clasele de rugozitate a solului, în funcție de expoziție și factorii de alunecare (după McClung, Schaerer, 1993)

Clase de rugozitate a solului	Coeficient de alunecare N		Intensitatea alunecării
	Expunere VNV – N - ENE	Expunere ENE – S - VNV	
Clasa I - depozit de debrisi format din blocuri ($d^* \geq 30$ cm); - teren accidentat cu blocuri de stâncă mai mari sau mai mici.	1,2	1,3	Mică
Clasa II - prezintă tufişuri mari de arin de munte, sau suprafețe cu vegetație arbustivă de înălțime mai mare de 1 m; - marghile, movile și vegetație (de dimensiuni mai mari de 50 cm); - prezintă poteci de vite foarte evidente; - grohotiș grosier ($d^* \text{ cca. } 10 \div 30$ cm)	1,6	1,8	Mare
Clasa III - vegetație ierboasă mică sau formată din plante în pernțe mici (erikacee, rhodoretum, afiniș, anini, scoruși, etc. cu dimensiuni sub 1m); - grohotiș fin ($d^* \leq 10$ cm), cu smocuri de iarbă sau vegetație în pernțe; - marghile și movile cu vegetație puțin evidente, cu dimensiuni până la 50 cm, alternând cu suprafețe netede înierbate; - vegetație ierboasă cu poteci de vite puțin evidente.	2,0	2,4	Puternică
Clasa IV - vegetație ierboasă, compactă, cu paiul lung, versanți netezi; - plăci de stâncă netede, cu șistozitate paralelă / conformă cu versantul; - suprafețe netede cu pământ amestecat cu debrisi; - vâlcele mlăștinoase.	2,6	3,2	Extremă

d^* reprezintă dimensiunea blocurilor care este determinantă pentru măsurarea rugozității suprafeței terenului.

Aproximativ 60% din avalanșe se produc pe versanții cu expoziție nordică (McClung, Schaerer, 2006). Aceasta, deoarece aceștia sunt în general cei umbroși, primesc o cantitate mai mică de căldură și de aceea pierd din energia calorică. Stratul de zăpadă va rămâne rece și se va stabiliza încet, în măsura în care cresc temperaturile aerului, mai ales primăvara. De aceea, pe majoritatea văilor expuse spre nord, nord-vest, nord-est, avalanșele cele mai puternice, sunt cele de fund, care se produc primăvara, atunci când toate straturile de zăpadă s-au încălzit suficient încât să determine mișcarea celui din bază. În schimb, pe versanții estici, sud-estici și în general pe cei însoriți, care permit topirea zăpezii mult mai rapid, avalanșele sunt mult mai numeroase în decursul întregii ierni. Primăvara, creșterea temperaturii și a gradului de insolație va accentua topirea mai rapidă și creșterea instabilității stratului de zăpadă, pe toate tipurile de expoziție (Moțoiu, 2008).

Tot un rol important îl are și expoziția versantului față de vânturile dominante. Pe acei versanți care sunt în general expuși vântului, se formează plăcile de vânt și cornișele (Fig. 4, 5). De aceea, multe avalanșe pleacă din creastă în momentul în care cornișele se rup prin propria greutate sau dacă au fost afectate de factori externi (turiști, schiori, animale) (McClung, Schweizer, 2006; Mititeanu, 2012; Tremper, 2008).

- **Fragmentarea reliefului** impune anumite caracteristici în modul de dezvoltare al proceselor actuale. Pantele sunt cele care prezintă rupturi (săritori, praguri), datorită fragmentării date de caracterul și dispunerea structurii, a creștelor (Fig. 7, 8).

- **Rugozitatea substratului** determină coeficientul de frecare dintre masele de zăpadă și substrat și influențează calitatea substratului de zăpadă care este cel mai apropiat de sol. Aceasta împreună cu tipul de zăpadă reprezintă factorii de control ai grosimii stratului de zăpadă necesar pentru acoperirea obstacolelor, înainte de a fi posibilă declanșarea avalanșelor (Hannesson et al., 2009; Moțoiu, 2008). Există 4 clase de rugozitate, diferențiate în funcție de anumite aspecte locale ale avalanșelor, caracteristice pentru diferite areale (McClung, Schaerer, 1993, tab. 2).

2.1.3. Factorii meteorologici influențează cantitatea de zăpadă, structura intimă a zăpezii, a fiecărui strat, relația dintre straturi și adeziunea zăpadă-sol, având rol de favorizare a producerii avalanșelor (Simenhois, Birkeland, 2010). Factorii meteorologici sunt deosebit de importanți, pentru că influențează și determină caracteristicile zăpezii.

Precipitațiile atmosferice prin variabilitatea și dinamica pe care o au în timp, au rolul de a determina formarea stratului de zăpadă și a evoluției sale calitative și cantitative. De exemplu, masa precipitațiilor recente (ploaie sau zăpadă) poate produce dezechilibre în straturile de zăpadă prin mărirea masei acestora (Moțoiu, 2008).

Zăpada reprezintă un amestec de cristale de zăpadă, granule de gheață, aer și apă în stare lichidă și este în realitate neuniformă, nu doar de la o zonă la alta, ci chiar în același loc: de la sol spre suprafață există de regulă o succesiune de straturi de zăpadă relativ distincte, cu caracteristici diferite. Când deosebirile au devenit semnificative, prezintă o mare posibilitate de a declanșa avalanșe. În funcție de adâncime, există variații de presiune, de temperatură, de structură, etc., zăpada fiind în continuă transformare (metamorfizm), care modifică permanent constituția interioară și legăturile dintre straturi și cu substratul (McClung, Schaerer, 2006; Moțoiu, 2005).

În funcție de umiditatea zăpezii, adică a conținutului de apă sub formă lichidă, se deosebesc mai multe categorii de zăpadă, adoptate de Comisia Internațională de Zăpadă și Gheață (International Commission on Snow and Ice – ICSI, preluat de McClung, Schaerer, 2006; Moțoiu, 2005), prezentate în tabelul 3 și Fig. 3:

Tab. 3. Sistemul de clasificarea ICSI pentru conținutul în apă al zăpezii (McClung, Schaerer, 2006)

Categorie de zăpadă	Observații	Conținut în apă (% din volum)
Zăpadă uscată	În general temperatura este sub 0°C, mai rar peste 0°C. Granulele de zăpadă dezagregată au tendința slabă de a adera una de alta atunci când sunt presate împreună, ca atunci când se dorește formarea unui bulgăre de zăpadă;	0 %
Zăpadă umedă	T = 0°C. Apa nu apare vizibilă, chiar dacă zăpadă este presată de 10 ori. Când este presată ușor, granulele au tendința de a se lipi una de alta;	< 3 %
Zăpadă udă	T = 0°C. Apa liberă poate fi recunoscută la o comprimare de 10 ori, ca meniscuri de apă între granulele de zăpadă alăturate, dar apa nu poate fi extrasă din zăpadă prin simpla strângere în mână a bulgărelui de zăpadă;	3-8 %
Zăpadă foarte udă	T = 0°C. Apa poate fi extrasă din zăpadă, prin simpla strângere în mână a bulgărelui de zăpadă, cu presiune moderată, dar mai există încă o cantitate apreciabilă de aer în porii stratului de zăpadă;	8-15 %
Zăpadă în stare de topire	T = 0°C. Zăpada este inundată de apă și conține o cantitate relativ mică de aer.	>15 %

Zăpada reprezintă condiția necesară pentru declanșarea avalanșelor. Modul cum evoluează este în strânsă legătură cu toți ceilalți factori. De calitatea pe care o are în timp, depind caracteristicile avalanșelor. Are proprietăți de izolator termic. Astfel, un strat de zăpadă proaspătă căzut

peste o zăpadă umedă tinde să întârzie consolidarea acestuia din urmă prin reînghețare. De aceea, sunt necesare și cunoașterea anumitor proprietăți ale zăpezii (densitate, porozitate, structură stratelor, rezistență).

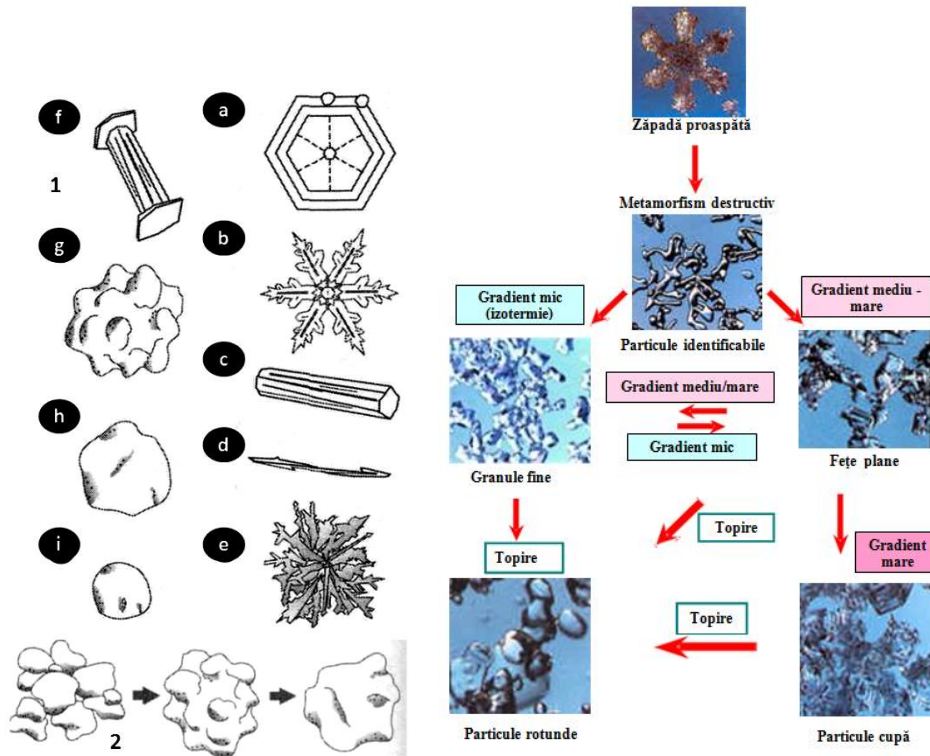


Fig. 3. Diferite tipuri de cristale de zăpadă: a farfurie, b dendrite (cristale stelare), c-d coloane, e spațiale, f - coloane plafonate, g - grindină moale, h - grindină (gheață solidă), i - lapoviță; 2- evoluția boabelor de zăpadă care sunt rotunjite și se transformă în cristale de gheață (stânga, după Cox, Fulsaa, 2004); schema metamorfismului zăpezii (dreapta, după CEN Meteo France)



Fig. 4. Cornișe formate la partea superioară a văilor de pe versantul estic al Munților Bucegi, spre platou și pe creasta Pietrei Mici din Piatra Craiului (Foto. Cosmin Munteanu)

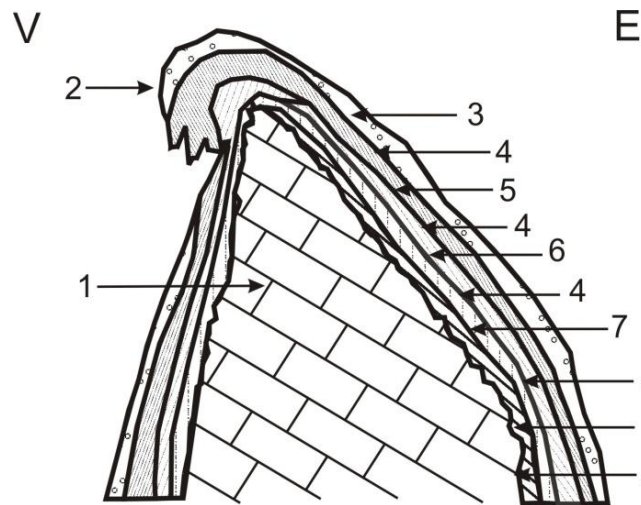


Fig. 5. Stratificarea zăpezii – situație favorizantă producerii avalanșelor: 1. roca în loc; 2. cornișă; 3. zăpadă proaspătă; 4. crustă de stratificare; 5. zăpadă veche; 6. zăpadă compactă cu cristale de reîngheț; 7. zăpadă compactată prin reîngheț și tasare; 8. zăpadă foarte compactă = patul de alunecare (Munteanu, 2009, după Urdea, 2000 a, cu modificări)

- *Densitatea zăpezii* este condiționată de modul de evoluție al ninsorii, precum și alți factori, cum ar fi: altitudinea, expoziția, tipul de climat, caracteristicile de intensitate și frecvență a ninsorilor, închegarea stratului de zăpadă. În clasificarea ICSI a tipurilor de zăpadă după densitate, există următoarele categorii, prezentate în tabelul 4 (preluate din Moțoiu, 2005). Spre exemplu, 1 metru cub de zăpadă „pulver” are sub 50 kg, în schimb 1 metru cub de gheață are peste 900 kg, iar un strat de zăpadă „firm” echivalează ca și masă, cu un strat de „pulver” de peste 10 ori mai gros (Mititeanu, 2012).

Tab. 4. Clasificarea ICSI a tipurilor de zăpadă în funcție de densitate (preluate din Moțoiu, 2005)

Tipul de zăpadă	Densitatea zăpezii
Zăpadă pulver	0,01- 0,03 g/cm ³
Zăpadă nouă	0,05-0,07 g/cm ³
Zăpadă nouă umedă	0,1- 0,2 g/cm ³
Zăpadă așezată	0,2-0,3 g/cm ³
Zăpadă cu aspect de chiciură	0,2-0,3 g/cm ³
Zăpadă așezată de vânt	0,35-0,40 g/cm ³
Firnul	0,40-0,85 g/cm ³
Zăpadă foarte umedă și firm	0,70-0,80 g/cm ³
Gheață de ghețar	0,85-0,91 g/cm ³

- *Porozitatea* este procentul ocupat de aer în cadrul stratului de zăpadă și are un rol marcant în modul cum se tasează zăpada (Moțoiu, 2005), precum și în stabilitatea zăpezii.

- *Structura straturilor* depuse de-a lungul iernii, ține de modul de evoluție morfologică și metamorfică a cristalelor de zăpadă (Temper, 2008). Variaza în funcție de condițiile locale ale reliefului, de parametrii meteorologici din timpul ninsorii și de după ninsoare, fiind transformată în timp (Mititeanu, 2012). Prin modul în care se formează legătura dintre straturi, dă o deosebit de mare importanță stabilității și implicit declanșării avalanșelor.

- *Rezistența stratului de zăpadă* este strâns legată de caracteristicile și modul de evoluție al densității zăpezii, a cristalelor și granulelor de zăpadă, precum și de valorile temperaturii, umidității, caracteristicile acestora fiind prezentate în Tab. 5 (Defern, 1998, citat de Moțoiu, 2008).

Tab. 5. Rezistența diferitelor tipuri de zăpadă și variația caracteristicilor acestora în timp (Defern, 1998, citat de Moțoiu, 2008)

Tipul de zăpadă	Rezistența	Variația în timp a rezistenței
Zăpadă proaspăt ninsă	Scăzută și foarte scăzută	Descrește în timp, deși anumite forme cristaline au inițial o coeziune mare datorită gradului mare de întrepătrundere a dentritelor cristalelor;
Particule de zăpadă rupte de vânt / zăpadă depusă în condiții de vânt	Medie până la ridicată	Creștere rapidă a rezistenței datorită tasării rapide și a îndesării;
Zăpadă tasată formată din granule rotunjite	Ridicată până la foarte ridicată	Crește odată cu timpul și cu densitatea;
Zăpadă veche cu un procent mare de cristale fațetate	Medie	Descrește odată cu creșterea ratei de creștere și a dimensiunii granulei de zăpadă;
Chiciură de adâncime / cristale tip cupă	Scăzută până la foarte scăzută	Descrește odată cu creșterea ratei de creștere și a dimensiunii granulei de zăpadă. Crește odată cu creșterea densității;
Chiciură de suprafață	Extrem de scăzută	Poate rămâne ca strat fragil perioade îndelungate atunci când stratul este îngropat sub zăpadă cu temperaturi scăzute;
Zăpadă topită și reînghețată	Ridicată când masa de zăpadă este înghețată	Rezistența crește odată cu numărul ciclurilor topire – înghețare. Când crește conținutul de apă lichidă zăpadă devine saturată în apă liberă (un amestec de apă cu zăpadă).

Influența stratului de zăpadă este deosebit de importantă în producerea avalanșelor. Data de apariție, de formare, durata și data

dispariției acestui strat, sunt direct influențate de mai mulți factori: valoarea altitudinală a izotermei de 0°C, de frecvența ninsorilor, de expoziția față de Soare și față de vânturile dominante (nordică) și de existența covorului vegetal (Voiculescu, 2002, a).

În funcție de caracteristicile prezentate, principalele *tipuri de zăpadă*, identificate de Comisia de Glaciologie a Academiei Elvețiene de Științe Naturale (citată de Moțoiu, 2008):

- *Firn / nevè* se referă la zăpadă din anul precedent, care a suferit îndelungate procese de metamorfism / metamorfoză (procesul de firnificare a zăpezii) prin supunerea la o serie de cicluri îngheț-dezghet, sub presiunea straturilor superioare de zăpadă. Contribuie la formarea și așa numitelor „oglinzi de firn”, care sunt pete mari de zăpadă strălucitoare, întărită, (crustă de firn), care se formează în special primăvara pe versanții expuși la soare;
- *Zăpada veche* este zăpada din stratele inferioare, depusă cu mai mult timp în urmă, cu o structură a stratelor care a suferit transformări în timp;
- *Zăpadă udă* sau *umedă* reprezintă zăpadă cu un conținut mare de apă liberă, lichidă, coeziune bună iar rezistența scade pe măsură ce crește umiditatea ei. Determină formarea avalanșelor de zăpadă umedă sau de topire, caracteristice primăverii;
- *Zăpadă granulară* / tip „*zahăr tos*” este zăpada formată din „cristale de tip cupă”, cu dimensiuni de câțiva mm și forme asemănătoare unor pahare sau cupe, rezultat final al metamorfismului distructiv al zăpezii;
- *Zăpadă terci* reprezintă zăpada foarte umedă (datorită cantității mari de apă lichidă din compoziție), granulată. Se formează primăvara prin repetarea zilnică a proceselor de topire și înghețare;
- *Zăpadă cu coeziune redusă* este formată din fulgi de zăpadă sau din particule identificabile, aici intrând:
 - ❖ *Zăpadă nouă* / *zăpadă recentă* / *zăpadă proaspătă* reprezentată de zăpada proaspăt ninsă, cu compactare și grad de metamorfism redus, căzută în ultimele 24 de ore;
 - ❖ *Zăpadă pulver* / *zăpadă prăfoasă* / *zăpadă pudroasă* - termenul desemnează zăpada din stratele superioare, cu coeziune scăzută și consistență pulverulentă, care, după ninsoare au fost expuse timp îndelungat la temperaturi foarte joase;

- ❖ *Zăpadă sălbatică* este zăpadă nouă sau proaspăt ninsă, la temperaturi joase și în absența vântului, care se depozitează liber, necompactat;
- ❖ *Zăpadă viscolită* desemnează zăpada transportată, compactată și redepusă de vânt, sub formă de scândură sau placă de zăpadă, generatoare a avalanșelor de placă;
- ❖ *Zăpadă în derivă* și cea *spulberată* sunt antrenate de vânt, la înălțimi mici, respectiv mari, deasupra solului.

Temperatura aerului reprezintă imprimarea unor condiții esențiale în determinarea caracteristicilor și dinamicii în timp și spațiu ale stratului de zăpadă. Este unul din factorii care influențează direct tot procesul de evoluție prin metamorfism, pe care zăpada îl suferă în timp, de la momentul formării și declanșării cristalelor de zăpadă și până la topirea acestora (McClung, Schaerer, 1993). Schimbările de temperatură, care au loc atât în timpul ninsorilor, cât mai ales după, condiționează modul de așternere al stratelor de zăpadă și implicit legăturile care se pot forma între acestea.

Ca de exemplu, menținerea unei temperaturi coborâte, sub valoarea de -5°C , după o ninsoare, într-un interval lung de timp, împiedică tasarea stratului de zăpadă (când se pot produce avalanșelor prăfoase sau afânate). În schimb, creșterea lentă a temperaturii aerului, urmată de cea din stratul de zăpadă, într-un interval de 2–3 zile, favorizează tasarea și consolidarea stratului de zăpadă, prin creșterea cantității de apă în stare lichidă, formându-se zăpada umedă și udă, grea (când se pot produce avalanșe de topire). Totodată, influențează radiația acumulată și emanată de stratul de zăpadă prin insolație (Moțoiu, 2008).

Vântul este un factor dinamic al atmosferei, care are rolul de a canaliza și depune straturile de zăpadă adaptate perfect morfologiei și substratului, în funcție de intensitatea, viteza, direcția, frecvența, pe care le are vântul în momentul ninsorii (McClung, Schaerer, 2006). Prin circulația și canalizarea maselor de aer, contribuie esențial la modul în care zăpada este depusă în văi sau spulberată, pe interfluvii și zonele neadăpostite de vegetație (Temper, 2008). Efectele sunt multiple, atât asupra modului de consolidare a zăpezii, cât și prin repartiția inegală a zăpezii și transformarea mecanică a cristalelor de zăpadă, formarea plăcilor, ruperea cornișelor. De asemenea, vântul accelerează schimburile termice între stratul de zăpadă și aerul atmosferic, influențând direct temperatura stratului de zăpadă (Moțoiu, 2005).

2.1.4. Factorii hidrografici sunt legați de prezența și caracteristicile rețelei hidrografice, care pot fi favorabile instalării, acumulării zăpezii, precum și pentru canalizarea avalanșelor. Cea mai mare parte a rețelelor

hidrografice care își au bazinele de recepție în etajele subalpine sau alpine, pot prezenta condiții potențiale pentru manifestarea avalanșelor.

2.1.5. Factorii biologici influențează modul în care se depune și curge cantitatea de zăpadă (Weir, 2002). Anumite caracteristici ale vegetației (tipul, gradul de împădurire, densitatea covorului vegetal, tipul asociațiilor vegetale și intensitatea pășunatului, lungimea firului de iarbă), influențează caracteristicile zăpezii. Este un strat protector, care se află între zăpadă și sol. Modifică permanent modul de evoluție al metamorfismului zăpezii, gradul de reflexie. Pot predispuce sau limita producerea avalanșelor, în timp ce elementele de faună pot contribui la declanșarea avalanșelor (Fig. 6, McClung, Schaerer, 1993).

- *Tipul de vegetație și de asociații vegetale* imprimă anumite caracteristici rugozității substratului. În funcție de tipurile de specii vegetale, rezistența la alunecare este diferită, modificând permanent evoluția metamorfismului prin fermentația ce are loc sub zăpadă. De aceea, vegetația este importantă în declanșarea sau frânarea avalanșelor. De exemplu, zăpada se fixează pe versanții unde se găsește vegetație arbustivă sau arborescentă, lemnoasă, cu înălțime egală sau mai înaltă decât grosimea stratului de zăpadă sau vegetație ierboasă, omogenă, cu firul lung; pot fi un plan ideal de alunecare, mai ales pentru avalanșele care se produc la schimbarea sezonelor, la altitudini de peste 1800 m. De aceea, pășunatul constituie o măsură eficientă de diminuare a avalanșelor generate prin aceste procese. Speciile de foioase au un rol protector mai slab decât coniferele sau pădurile de amestec, conifere și foioase (Tab. 6) (McClung, Schaerer, 2006; Moțoiu, 2008).

Tab. 6. Exemple de vegetație ca indicatori ai frecvenței de producere a avalanșelor (după McClung, Schaerer, 2006)

Minim o avalanșă mare la interval de:	Indicatori vegetali
1 –2 ani	Sâlcii și arini, sol fără vegetație, și tufișuri scunde; nu există copaci mai înalți de 1–2 m;
3 – 10 ani	Nu există copaci mari și nici lemn mort provenit din copaci maturi. Sunt prezenți copaci mai înalți de 1–2 m;
10 – 30 ani	Desiș de copaci tineri; sunt prezenți arbori din specii de climax, ca de exemplu coniferele; se pot folosi date din analize dendrocronologice;
25 –100 ani	Există arbori maturi din specii pioniere (dar nu conifere); sunt prezenți arbori tineri din specii de climax, ca de exemplu coniferele; se pot folosi date din analize dendrocronologice;
Mai mult de 100 de ani	Există arbori maturi ai speciilor de climax; se pot folosi date din analize dendrocronologice.

Pădurea de la partea superioară a etajului forestier, precum și *tufărișurile înalte subalpine*, pot avea un rol complex, deoarece determină depozitarea forțată a zăpezii, mai ales dacă sunt situate pe suprafețele aflate imediat sub linia crestei. Coronamentul arborilor poate intercepta între 50% până la 90% din ninsoare. Prezența acestor etaje vegetale și mai ales pădurea, pot împiedica evoluția în dimensiune a avalanșelor (Fig. 6, McClung, Schaerer, 2006; Moțoiu, 2008).

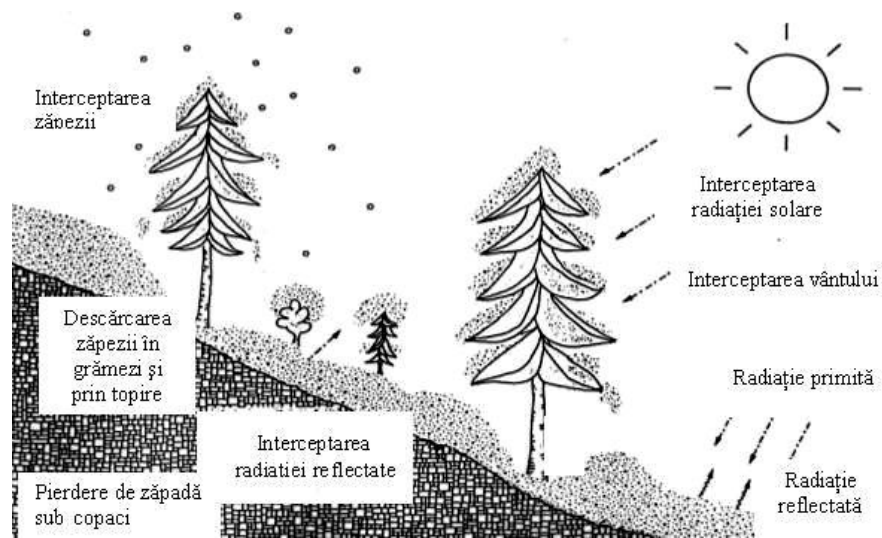


Fig. 6. Schema principalilor factori biologici care influențează structura și proprietățile stratului de zăpadă (după McClung, Schaerer, 1993)

Acolo unde versanții sunt acoperiți cu *vegetație alpină (pajiști) și subalpină pitică* de tipul ienupărului pitic, afinului, smârdarului etc., se creează condiții propice glisării zăpezii. În schimb, versanții pe care se află *vegetație subalpină de tip jnepeniși și cea forestieră*, sunt mai puțin predispuși avalanșelor, datorită faptului că prezența acestora fragmentează și reține zăpada. Doar uneori când jnepenișurile sunt acoperite sau „netezite” de zăpadă mai veche, pot deveni un pat de avalanșă pentru noul strat de zăpadă (Mititeanu, 2012).

Pe culmile de avalanșe, vegetația are un rol de indicator care poate duce la reconstituirea dimensiunilor avalanșelor și în funcție de care se pot identifica arealele de producere și ciclicitatea avalanșelor (Tab. 6, McClung, Schaerer, 1993).

- *Gradul de împădurire al terenului (densitatea covorului forestier)* are un rol de control în declanșarea avalanșelor (Weir, 2002). Rezistența la avalanșe, variază în funcție de tipul de pantă de vegetație și de gradul de acoperire cu arbori maturi. Arborii pot intercepta radiațiile solare directe sau

reflectate, modificând temperatura aerului sau a stratului de zăpadă (Fig. 6). De exemplu, pădurile de pe pantele abrupte împiedică formarea avalanșelor de mari proporții deoarece influențează caracteristicile stratului de zăpadă, în timp ce, avalanșele de mici dimensiuni, pot curge printre arborii cu densitate mică, rari. *Pădurile tinere (plantațiile sau cele care sunt supuse anual trecerii avalanșelor)* nu stabilizează straturile de zăpadă datorită diametrelor mici pe care le au copacii, putând fi acoperiți de stratul de zăpadă, avalanșa manifestându-se deasupra (McClung, Schaerer, 2006; Moțoiu, 2008).

2.1.6. Factorii antropici favorizează formarea avalanșelor, *indirect* prin anumite activități (defrișări, pășunat), desfășurate de-a lungul întregului an (dar mai ales vara), în arealele unde sunt condiții optime de apariție a avalanșelor și *direct* prin activități turistice, alpine specifice iernii sau prin declanșare artificială controlată.

- *Despăduririle* sunt constituite din defrișări în special la ras sau în bandă, cu crearea „scourilor” sau a „canalelor de corhănit”, pentru transportul de lemne pe linia de cea mai mare pantă, în cele mai multe cazuri pe canalele de scurgere ale organismelor torențiale. Acesta determină formarea a noi culoare în pădure sau se largesc considerabil cele existente prin distrugerea vegetației forestiere și arbustive, favorizând procesele de deplasare a materialelor pe versanți, inclusiv avalanșele (Voiculescu, 2002, a) (Fig. 118).

- *Activitățile turistice* (drumeție, schi, alpinism, etc.) pot avea un rol de favorizare a producerii avalanșelor, pe culoarele de avalanșă parcurse de turiști (schiori, alpiniști), cum sunt majoritatea potecilor care urcă de la baza masivelor spre creste (Fig. 85, 169).

- *Activitățile pastorale* pot fi factor negativ, prin crearea treptelor de tasare și distrugerea vegetației inițiale, contribuind la apariția și dezvoltarea unor microforme favorabile acumulării zăpezii. De asemenea, produc anumite modificări ale vegetației în sensul scăderii rugozității suprafeței versanților, respectiv eliminarea obstacolelor prin distrugerea tufărișurilor alpine (Fig. 167).

Pășunatul poate avea și un rol pozitiv, acolo unde vegetația este pășunată peste vară, contactul dintre zăpadă și substrat devenind mult mai stabil, iar zăpada nu mai glisează la fel de ușor ca pe suprafețele nepășunate (Moțoiu, Munteanu, 2006).

2.2. Factorii declanșatori

Pentru a se produce avalanșe, trebuie îndeplinite anumite condiții locale, anumite șocuri mecanice care să rupă echilibrul stratului de zăpadă (Moțoiu, 2008). Acestea sunt date de *factorii declanșatori*, care sunt de fapt

factorii potențiali, atunci când depășesc pragurile ce conduc la dezechilibrarea maselor de zăpadă (Grecu, 1997). Aceștia pot fi împărțiți în *factori geologici și geomorfologici* (cutremure, deranjări structurale, anumite valori locale ale pantelor), *factori meteorologici* (precipitații, vânt, temperatură, insolație, factori ai stratului de zăpadă – structura și grosimea stratului de zăpadă), *factori biologici* (trepidațiile și zgomotul produs de animale, vegetația), *factori antropici* (trepidațiile și zgomotul antropic):

2.2.1. Factorii declanșatori geologici pot apărea ocazional o dată cu producerea unor cutremure sau deranjări structurale (Grecu, 2006), care să producă rupturi în straturile de zăpadă.

2.2.2. Dintre factorii declanșatori geomorfologici, panta are importanța principală, fiind cea care determină mișcarea maselor de zăpadă pe versant, ceilalți factori (gelifracția, procesele gravitaționale) având un rol conex. Nu se poate spune că există o limită inferioară a unghiului de pantă sub care se poate spune în mod sigur că nu există pericol de declanșare a avalanșei (Moțoiu, 2005). În cazul zăpezii pulver, avalanșele au ca limită inferioară a unghiului de pantă valoarea de 25°, în timp ce, pentru zăpadă umedă, udă – curgerile de zăpadă îmbibată cu apă se pot produce și la unghiuri ale pantei mult mai mici (Tab. 7, McClung, Schaerer, 2006) Pericolul la avalanșă este în general la 38°-40°, când au loc cele mai frecvente avalanșe cu victime, dar pot fi și la 60° și la mai puțin de 40° (Tremper, 2008, Tab. 1, Fig. 8, 9):

Tab. 7. Caracteristici ale avalanșelor în funcție de unghiul de pantă, din zona de start (după McClung, Schaerer, 2006)

<i>Valoarea unghiului de pantă</i>	<i>Tipul de avalanșă</i>
60° - 90°	Avalanșele sunt rare, au loc prăbușiri de zăpadă în cantități mici
30° - 60°	Avalanșe de zăpadă fără coeziune/ avalanșe prăfoase/ avalanșe pulver
45° - 55°	Sunt frecvente avalanșele în plăci, de dimensiuni mici
35° - 45°	Avalanșe în plăci, de toate dimensiunile
25° - 35°	Frecvență mică a avalanșelor în plăci de mari dimensiuni; avalanșe de zăpadă fără coeziune; avalanșe de zăpadă umedă
10° - 25°	Frecvență mică a avalanșelor de zăpadă umedă și a curgerilor de zăpadă saturată în apă lichidă

Se poate întâmpla ca ruptura zăpezii să se producă acolo unde morfologia substratului este convexă, în timp ce, în partea concavă, să se depună mai multă zăpadă (Fig.7).