

**UNIVERSITATEA “BABEȘ-BOLYAI” CLUJ-NAPOCA  
FACULTATEA DE GEOGRAFIE**

**AVALANȘELE DIN MUNȚII RODNEI  
-TEZĂ DE DOCTORAT-**

*Rezumat*

**CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC**

**prof. univ. dr. VIRGIL SURDEANU**

**DOCTORAND**

**IOANA MARIA SIMEA**

**- CLUJ-NAPOCA -  
2012**

## Cuprins

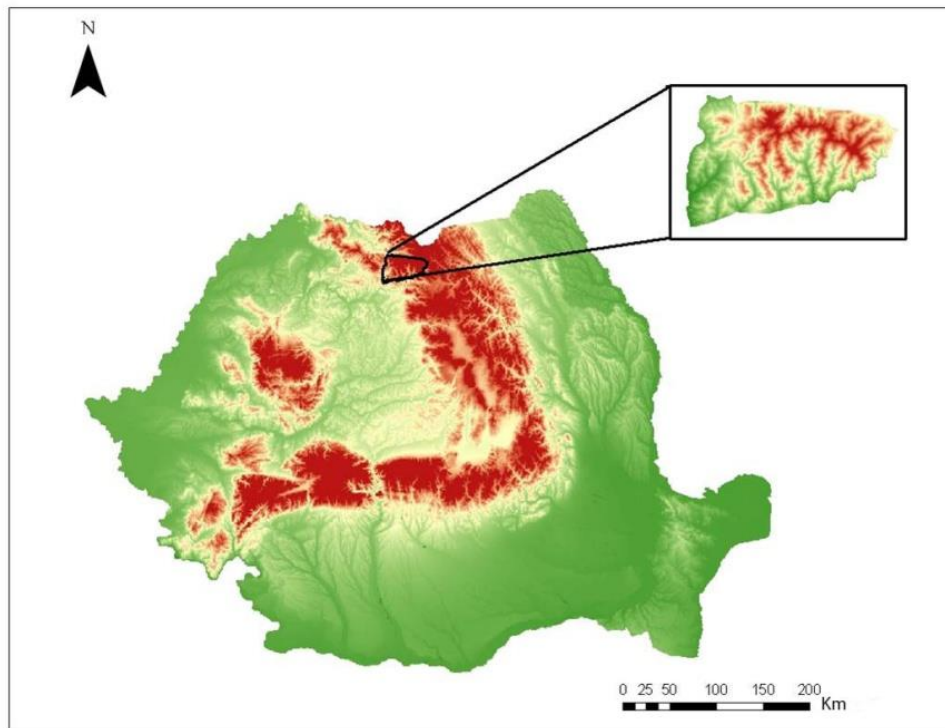
<b>1. ASPECTE INTRODUCTIVE .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>1.1. Delimitarea zonei de studiu .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>1.2. Scurt istoric al cercetărilor în domeniu.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>1.3. Metodologia de lucru.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>2. PREMISE FIZICO-GEOGRAFICE .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>2.1. Factorul geologic.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>2.2. Factorul climatic.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>2.3. Factorul hidrologic .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>2.4. Vegetația.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>2.5. Factorul pedologic .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>2.6. Activitatea antropică .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>3. AVALANȘELE.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>3.1. Aspecte generale .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>3.2. Clasificarea avalanșelor .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>3.3. Factori generatori ai avalanșelor .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>3.4. Caracteristici morfometrice ale culoarelor de avalanșă.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>4. DENDROGEOMORFOLOGIA ÎN DESCIFRAREA AVALANȘELOR. STUDII DE CAZ .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>4.1. Aspecte generale .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>4.2. Reacția arborilor la avalanșe în Munții Rodnei .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>4.3. Analiza activității avalanșelor din Valea Cobășel, utilizând inelele de creștere ale arborilor. Studiu de caz .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>4.4. Reconstrucția spațio-temporală a activității avalanșelor de sub Vf. Piatra Albă. Studiu de caz .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>5. SUSCEPTIBILITATEA TERENULUI LA AVALANȘE ..</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>CONCLUZII.....</b>	<b>25</b>
<b>Bibliografie.....</b>	<b>28</b>

**Cuvinte cheie:** avalanșe, Munții Rodnei, dendrogeomorfologie, carotă, susceptibilitate, GIS

## I. Aspecte introductive

### 1.1 Delimitarea zonei de studiu

Munții Rodnei constituie un mare horst asimetric având cea mai mare altitudine din Carpații Orientali (Vf. Pietrosul - 2303 m).



*Fig. 1 Localizarea Munților Rodnei*

Limita de nord cu Depresiunea Maramureș, este reprezentată de un abrupt puternic, corespunzător faliei tectonice Dragoș Vodă, cu orientare est-vest. Acesta marchează contactul dintre cristalinul Munților Rodnei și depozitele sedimentar-oligocene din Depresiunea Maramureșului. Spre vest, limita se suprapune peste linia de afundare a cristalinului sub depozitele flișului, pe care s-a greșit Valea Sălăuța,

continuându-se apoi pe Valea Carelor, până la vărsarea acesteia în Iza. Spre sud și sud-est, acești munți se întind până la valea Someșului Mare, continuându-se apoi de-a lungul unei falii urmărită, în parte, de aceeași vale a Someșului Mare. Limita estică este suprapusă de-a lungul pârauului Rotunda și a înșeuării din Pasul Rotunda, unde altitudinea scade la 1271 m. De aici, se continuă apoi pe pâraul Preluca și cursul Someșului Mare, separând Munții Rodnei de cristalinul Munților Suhard.

## **1.2. Scurt istoric al cercetărilor în domeniu**

Studiul de față abordează o serie de probleme legate de avalanșele din Munții Rodnei. Primele preocupări în ceea ce privește avalanșele în România, au avut loc în perioada interbelică, prin menționarea lor în publicațiile unor cluburi montane care activau în acea perioadă, cum sunt Clubul Alpin Român, Touring Club, Siebenburgischer Karpatischer Verein. De-a lungul timpului, au existat o serie de preocupări cu privire la condițiile meteorologice favorabile formării avalanșelor (Stoenescu, 1956), identificarea suprafețelor pe care avalanșele se deplasează, precum și rolul acestora în modelarea reliefului, (E. Nedelcu, 1962, Valeria Velcea, 1961, Gh. Niculescu, E. Nedelcu, 1961, Gh. Niculescu, 1966, Silvia Iancu, 1970, N. Popescu, M. Ielenicz, 1981, M. Ielenicz, 1984), clasificarea avalanșelor și factorii de declanșare ai lor (S. Ciulache, Nicoleta Ionac, 1995, Octavia Bogdan, Elena Niculescu, 1999, Florina Grecu, 1997, F. Moldovan, 2003). Mai recent, în studiul avalanșelor, există un interes crescut în utilizarea softurilor specializate de prelucrare și extragere a informațiilor din imagini satelitare, hărți topografice și ortofotoplanuri (C. Flueraru și colab., 2004; M. Török Oance, 2004 ) dar și în utilizarea metodei dendrogeomorfologice (M. Voiculescu, 2010).

Pe plan internațional, avalanșele au fost și sunt un subiect atent studiat. Au fost realizate multe studii valoroase, fiind abordate diferite aspecte legate de fenomenul avalanșelor.

În ceea ce privește cartarea culoarelor de avalanșă și studiul parametrilor morfometrici care caracterizează zonele de desprindere a avalanșelor, se remarcă anumite lucrări de referință în domeniu, aparținând următorilor cercetători: Maksimov (1965), Lachapelle (1968), Martinelli (1974), Lied, Bakkehoi (1980), Salm (1982), Pietri (1993), Hutter (1996), Bartelt et. al (1999), Munter (1999), Maggioni, Gruber (2003).

Producerea avalanșelor a fost studiată frecvent, cu ajutorul inelelor de creștere de-a lungul ultimelor decade de către: Schaerer (1972), Butler (1979, 1985), Boucher et al., (2003), Dubé et al. (2004), Butler, Sawyer, (2008), Stoffel et al. (2006a), Mundo et al., (2007), Casteller et al., (2008).

Mai recent, sistemul informatic a devenit indispensabil în prelucrarea și analiza datelor. Printre studiile cu aporturi deosebite în ceea ce privește metodele de cartare și analiza GIS a avalanșelor, precum și realizarea unor hărți de susceptibilitate și risc la avalanșe se remarcă: Gruber (1995, 2001), Kriz (2001), Barbolini, Keylock (2002), Gruber, Bartlet (2007), Barbolini et. al. (2009).

### **1.3. Metodologia de lucru**

Metodologia cercetării și analizei avalanșelor a urmat linia evolutivă a dezvoltării tehnicilor și metodelor de investigație proprii geografiei și a științelor conexe. Studiul avalanșelor din Munții Rodnei a fost ghidat după următoarele aspecte metodologice:

- analiza caracteristicilor fizico-geografice ale zonei de studiu, în vederea determinării cadrului natural în care se desfășoară avalanșele;
- identificarea arealelor afectate de avalanșe și a factorilor declanșatori ai acestora;
- reconstrucția spațio-temporală a activității avalanșelor prin studii de caz;
- cartarea arealelor susceptibile la avalanșe;

Activitatea de cercetare s-a desfășurat în conformitate cu scopul și obiectivele propuse și a parcurs următoarele etape: etapa de documentare sau pregătitoare, etapa de teren și etapa de laborator sau de sinteză.

*Etapa de documentare* a debutat cu consultarea bibliografiei și a altor surse de documentare de specialitate și generale. Informațiile obținute au fost sintetizate și a fost elaborată o strategie de lucru, care, a orientat procesul de cercetare în vederea atingerii obiectivelor propuse. În această etapă, au fost întocmite primele hărți (de vegetație, pedologice, etc.) utilizate în scopul identificării și aprecierii calitative a unor areale afectate de avalanșe, care au fost mai apoi investigate și monitorizate.

*Etapa de teren* a urmărit verificarea ipotezelor formulate în etapa de documentare, prin efectuarea unei cartări propriu-zise și a unor observații efectuate la fața locului. Cercetările din teren s-au concentrat asupra identificării arealelor afectate de avalanșe,

precum și asupra unor indicatori morfometrici ai zonei cum ar fi panta, expoziția, cubura în plan și în profil sau asupra unor aspecte legate de litologie, înveliș vegetal, etc. Datele rezultate au fost prelucrate cu ajutorul aplicațiilor GIS pentru o evaluare cantitativă și calitativă cât mai exactă a acestora. Pentru analiza activității avalanșelor s-a utilizat metoda dendrogeomorfologică

*Etapa de laborator* a avut ca scop prelucrarea complexă a informațiilor acumulate în primele două etape și completarea acestora cu informații noi.

Într-o ultimă fază, cea de sinteză, s-au formulat concluziile prin compararea și ierarhizarea rezultatelor obținute pe cale analitică. Informațiile rezultate din măsurătorile din teren și laborator, au fost prelucrate prin diferite metode statistice și matematice, în vederea obținerii hărții susceptibilității terenului la avalanșe, dar și pentru stabilirea unor corelații între parametrii luați în calcul.

Identificarea arealelor afectate de avalanșe, frecvența și intensitatea activității acestora, precum și cartarea arealelor predispuse formării avalanșelor, reprezintă aspectele care vor consemna utilitatea și impactul științific al studiului.

## **2. Premise fizico-geografice**

### **2.1. Factorul geologic**

Geologia are o mare importanță în evoluția și individualizarea unui teritoriu. Gradul de rezistență al rocilor influențează relieful unui teritoriu iar de proprietățile lor fizice (porozitate, compactitate, permeabilitate, solubilitate, etc.) și mecanice (rezistența la perforare sau eforturi mecanice) depinde răspunsul rocilor la acțiunea agenților subaerieni.

Geologia imprimă în mare parte trăsăturile morfologice ale reliefului, care în Munții Rodnei datorită șisturilor cristaline preponderente, dau masivitatea și înălțimea mare a culmilor, formând astfel un loc prielnic de producere a avalanșelor. Munții Rodnei sunt alcătuiți preponderent din șisturi cristaline și într-un procent mai mic din roci sedimentare și eruptive noi.

## 2.2. Factorul climatic

Factorul climatic are un rol cauzal în determinarea duratei, ritmului și intensității avalanșelor. Elementele climatice cu influență maximă în desfășurarea acestora sunt: precipitațiile, temperatura, insolația și vântul. Au fost analizate date de la stația meteorologică Iezer, situată la o altitudine de 1785 m, pe versantul nordic al Munților Rodnei.

*Precipitațiile atmosferice*, prin cantitatea și regimul de variație, joacă un rol important în declanșarea avalanșelor prin formarea stratului de zăpadă și a caracteristicilor sale cantitative și calitative. Potrivit datelor obținute pentru perioada 1979-2007, la stația meteorologică Iezer, cantitatea medie anuală de precipitații este de 1208,5 mm.

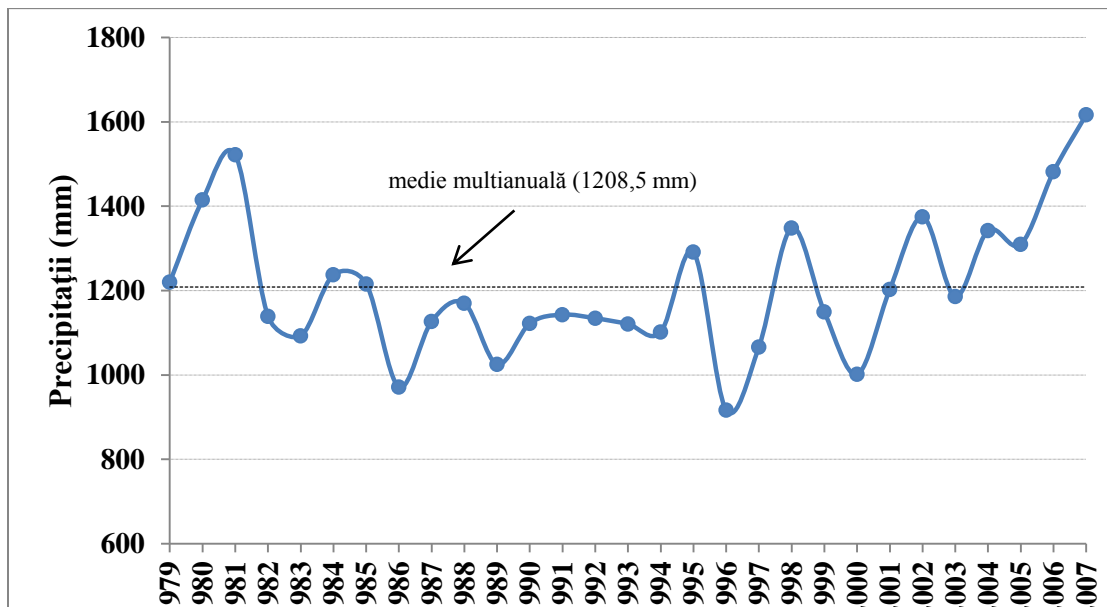
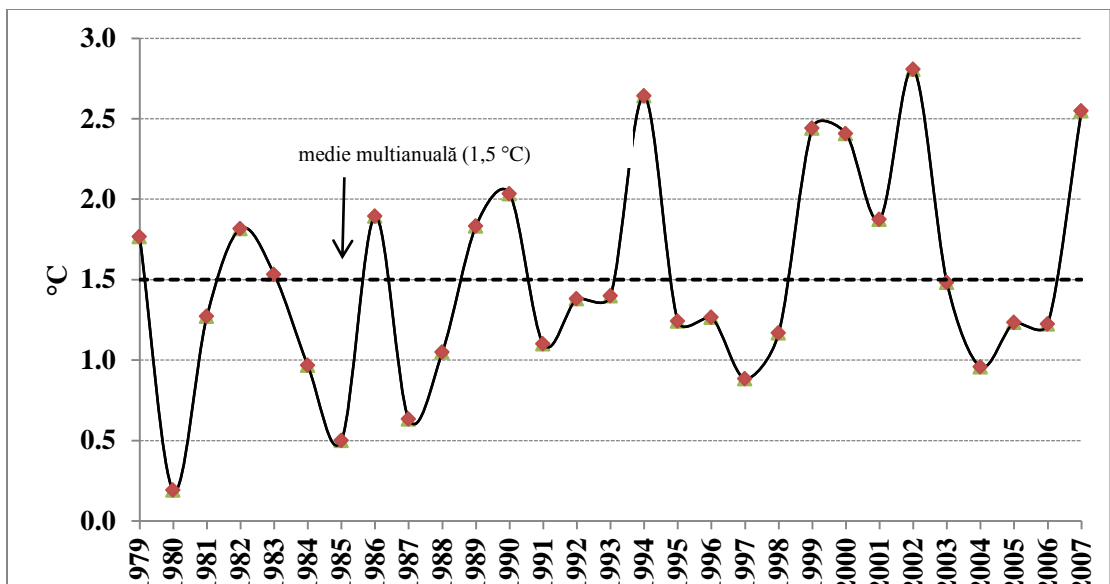


Fig. 2 Precipitații medii anuale la stația Iezer (1979-2007) (sursa: date prelucrate după arhiva ANM)

*Temperatura aerului* este un factor important care influențează caracteristicile și evoluția stratului de zăpadă.



*Fig. 3 Evoluția temperaturii medii anuale (1979-2007) (sursa: date prelucrate după arhiva ANM)*

Temperatura medie anuală la stația meteorologică Iezer, este de 1,5 °C iar amplitudinea medie anuală este de 17 °C.

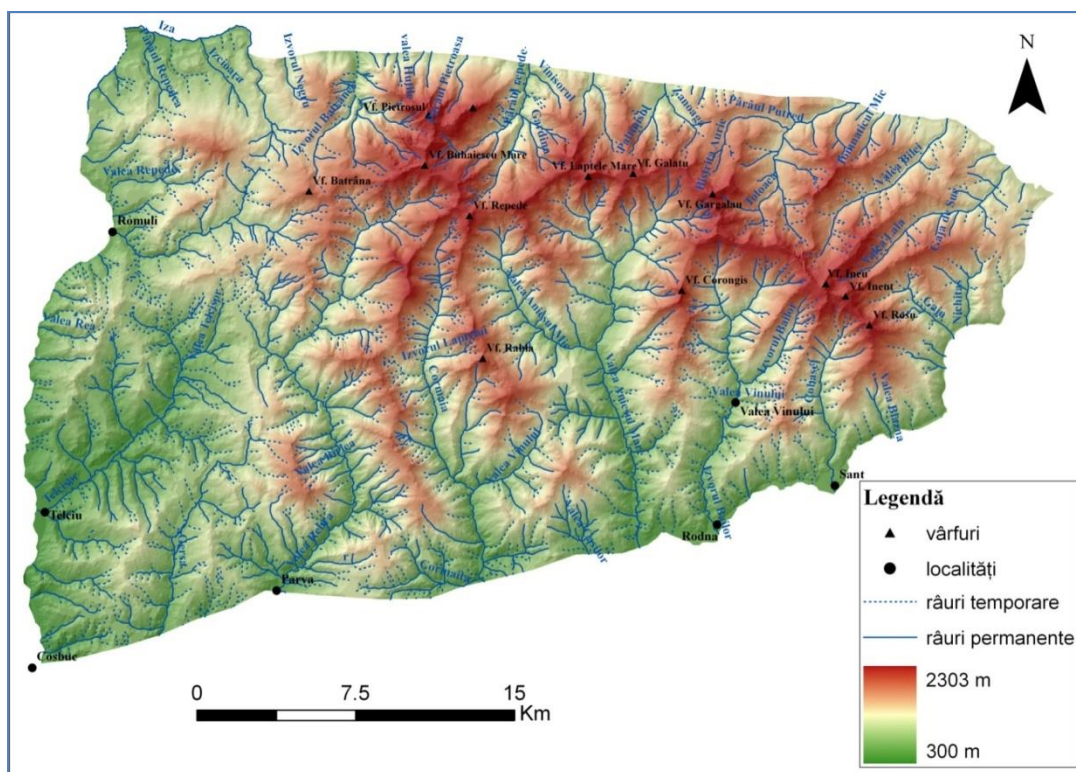
### **2.3. Factorul hidrologic**

Factorul hidrologic influențează apariția avalanșelor prin existența numeroaselor bazine de recepție a râurilor situate cu mult peste limita superioară a pădurii. În cadrul acestora se formează forme negative de relief de tipul văilor care favorizează formarea avalanșelor de culoar.

Rețeaua hidrografică din Munții Rodnei este organizată preponderant pe două direcții: nord și sud. Caracteristicile cursurilor de apă sunt date de relief, astfel râurile de pe versantul nordic sunt mai scurte și rezezi în timp ce cele de pe versantul sudic sunt mai lungi, formând bazine hidrografice mai mari.

În analiza factorului hidrologic, au fost utilizate date hidrologice pe o perioadă de 37 de ani (1968-2005) pentru râurile Vișeu (stația hidrologică Poiana Borșa), Iza (stația Săcel), Someșu Mare (stația Nepos), Cormaia (stația Sângeorz Băi), Rebra (stația Rebrîșoara), Sălăuța (stația Romuli și Salva) și Telcișor (stația Telciu).





*Fig. 4 Munții Rodnei – Harta rețelei hidrografice*

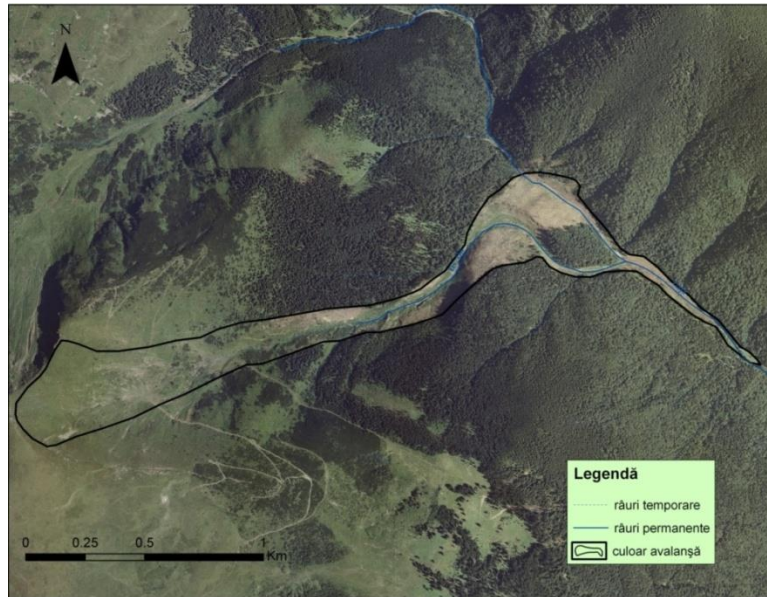
## 2.4. Vegetația

Este bine cunoscut din literatura de specialitate, rolul vegetației la reducerea și stabilizarea proceselor geomorfologice actuale. Repartiția altitudinală, compoziția, structura și vârsta pădurilor în cazul unui masiv montan, au o importanță esențială în geneza și evoluția avalanșelor (Gaspar, 1965).

În Munții Rodnei se constată o diferențiere a învelișului vegetal pe altitudine, în strânsă legătură cu factorii climatici și edafici. Astfel se evidențiază trei etaje de vegetație (Coldea, 1990): etajul montan cu două subetaje (subetajul montan mijlociu și subetajul montan superior), etajul subalpin și etajul alpin.

Vegetația naturală a Munților Rodnei, a suferit cu timpul, însemnate modificări provocate atât de factorii antropici cât și de cei naturali. O bună parte din jnepenișuri și majoritatea rariștilor subalpine au fost desființate pentru a lărgi suprafața pajiștilor. În multe situații, limita superioară a pădurilor de molid a fost coborâtă prin defrișări, favorizând curgerea avalanșelor prin aceste areale.

Există și cazuri în care, avalanșe de mari dimensiuni (64,1 ha) au distrus pădurea pe o lungime de aproximativ 3,8 km, cum este cazul celei de pe Izvorul Oii, care pornește de sub Vf. Roșu (fig. 5).



*Fig. 5* Culoarul de avalanșă de pe Izvorul Oii

## 2.5. Factorul pedologic

Condițiile de relief, climă și vegetație imprimă particularitățile solurilor din această zonă. În cadrul Munților Rodnei se disting șapte clase de soluri: protisoluri, cernisoluri, umbrisoluri, cambisoluri, luvisoluri, spodisoluri și histisoluri și un procent de 1,17% stâncărie.

În ceea ce privește acțiunea de eroziune a avalanșelor, acestea afectează atât structura superficială a solului cât și depozitele de deșeurilor de pe versant, rezultate în urma proceselor de meteorizare, etc. (Moțoiu, 2008). Astfel acestea în drumul lor, strâng toate aceste materiale, precum și trunchiuri de copaci pe care le depozitează în zona de depozit a avalanșei (fig. 33). Stratul de sol erodat și transportat de avalanșe, provine din zona de desprindere sau zona de transport a acestora (Gardner, 1983; Jomelli and Bertran, 2001).

Eroziunea solului este accentuată în cazul avalanșelor de fund, în cadrul cărora planul de alunecare se află pe sol. Dacă avalanșele de suprafață predomină, planul de alunecare se află în interiorul stratului de zăpadă și atunci stratul de sol este protejat, iar

de cele mai multe ori în această situație, zona de tranziție este acoperită de vegetație ierboasă. Aceasta este și cazul a numeroase culoare de avalanșă din Munții Rodnei.

## **2.6. Activitatea antropică**

Printre factorii generatori ai avalanșelor, se numără și omul, care, prin activitățile și intervențiile sale, constituie un factor perturbator. Zona Munților Rodnei a fost populată din timpuri străvechi datorită resurselor naturale ale solului și ale subsolului. Așezările omenești sunt situate de-a lungul văilor principale, astfel comuna Șanț se află pe cursul râului Someșul Mare, comuna Rodna este așezată la confluența pârâului Izvorul Băilor cu Someșul Mare, comuna Parva este situată pe Valea Rebra iar comunele Coșbuc, Telciu și Romuli se află pe cursul râului Sălăuța.

Avalanșele pot fi provocate de om și în mod involuntar, prin turiști, schiori, sunete, șocuri mecanice etc. În Munții Rodnei se practică mai multe tipuri de turism: de recreere, balnear, cultural, agroturism, etc., însă doar turismul de recreere implică și zonele predispuse avalanșelor. Datorită unui cadru natural aparte, în timpul iernii turismul se practică intens, de foarte multe ori chiar pe schiuri. Cele mai multe avalanșe cu victime sunt produse chiar de persoanele în cauză, prin greutatea suplimentară pe care acestea o exercită asupra stratului de zăpadă, care poate iniția ruperea unui strat mai fragil aflat în adâncime.

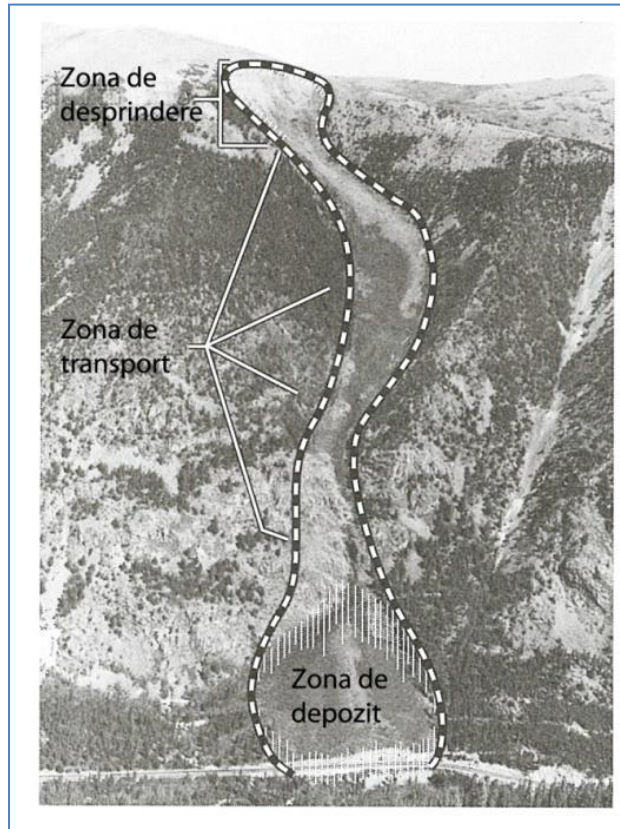
## **3. Avalanșele**

### **3.1. Aspecte generale**

Avalanșele reprezintă un important hazard natural, care cauzează pagube de ordin socio-economic în toate arealele în care se produc în lume. Ele sunt spectaculoase ca manifestare și pot avea efecte devastatoare atât asupra componentelor mediului cât și asupra omului.

Orginea termenului de “avalanșă”, provine după unii autori din limba franceză, de la verbul „avaler” care înseamnă a inghiți o pantă (Moțoiu, 2008). Alți autori (Voiculescu, 2008) spun că termenul ar proveni din limba elvețiană reto-romană, din

cuvântul “avalantse” care înseamnă a coborî o pantă. În cadrul avalanșelor se disting trei zone: zona de desprindere (declanșare), zona de transport (alunecare) și zona de depozitare sau conul de avalanșă (fig. 6).



*Fig. 6 Avalanșa – părți componente (McClung și Schaerer, 2006)*

### **3.2. Clasificarea avalanșelor**

De-a lungul timpului, clasificarea avalanșelor a trecut prin diferite etape, astfel încât aproape fiecare om de știință sau alpinist implicat în acest domeniu a propus un sistem de clasificare. La Congresul Internațional IUGG din 1957 din Toronto, de Quervain a făcut un inventar al clasificărilor avalanșelor existente:

El amintește de unele din primele clasificări, a lui Ratzel (1889) care a făcut diferența între avalanșele pulver (Staublawinen) și avalanșele de fund (Grindlawinen). Apoi în 1888, Coaz vorbește de trei tipuri de avalanșă: avalanșe pulver, avalanșe de zăpadă umedă și avalanșe de ghețari. În 1891, Pollak distinge între avalanșe pulver, avalanșe de zăpadă umedă și avalanșe de suprafață.

La noi în țară, una din primele clasificări ale avalanșelor a fost făcută de Topor în 1957. Acesta le împarte după modul în care iau naștere, în 5 grupe:

- avalanșe de ninsoare prăfoasă, care se produc în timpul ninsorilor abundente, alcătuite din cristale de gheață care cad peste o pătură veche de zăpadă;
- avalanșe de fund sau compacte, care se produc în perioadele calde ale iernii sau primăvara, când începe topirea zăpezii sau ploile;
- avalanșe în scânduri de zăpadă, care se produc pe terenuri cu înclinare mică, din cauza lipsei de aderență între stratele de zăpadă depuse succesiv;
- avalanșe în bulgări de zăpadă sau avalanșe de cataractă, frecvente primăvara sau vara, când blocuri de gheață cad din galeriile pereților abrupti sau din hornurile unde se depozitează zăpadă;
- avalanșe în cornișe sau balcoane, care se produc iarna sau primăvara, când stânca de care este prinsă cornișa se încălzește, și întreaga platformă suspendată se prăbușește cu zgomot;

Alte criterii după care au fost clasificate avalanșele (Voiculescu, 2002; Maria Moțoiu, 2008) sunt: forma de declanșare, forma de mișcare, situarea suprafeței de alunecare, forma culoarului de avalanșă, umiditatea zăpezii.

### **3.3. Factori generatori ai avalanșelor**

La producerea avalanșelor contribuie o serie de factori. În funcție de modul în care contribuie la geneza avalanșelor, aceștia pot fi împărțiți în factori pregătitori, factori potențiali și factori declanșatori (Grecu, 1997; Voiculescu, 2002, Moțoiu, 2008).

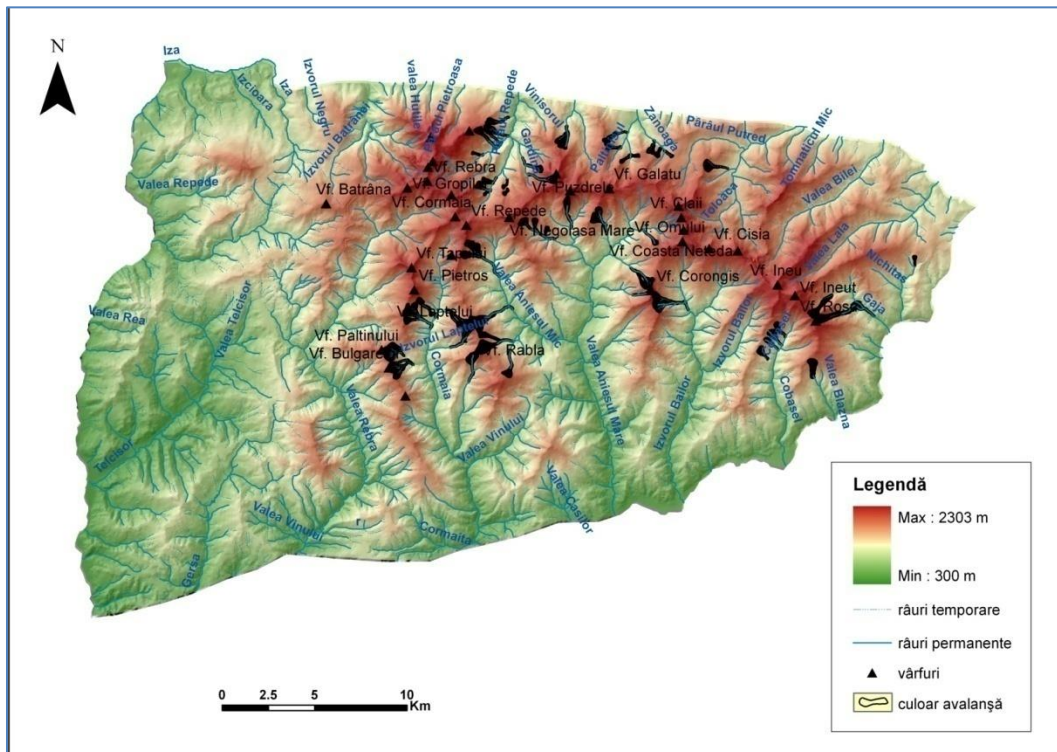
Factorii pregătitori se impart la rândul lor în factori naturali și antropici. Factorii potențiali sunt reprezentați de caracteristicile stratului de zăpadă. Factorii declanșatori influențează direct amploarea, frecvența și modul de manifestare al avalanșelor. Aceștia se împart în: factori morfometrici, factori climatici, factori biotici și factori accidentali.

### **3.4. Caracteristici morfometrice ale culoarelor de avalanșă**

În vederea identificării culoarelor de avalanșă din Munții Rodnei, s-au utilizat măsurătorile efectuate de-a lungul numeroaselor campanii în teren, precum și informații extrase și prelucrate din ortofotoplanuri și amenajamente silvice. În acest mod au fost

identificate 47 culoare de avalanșă care au de regulă o parte din zona de transport și zona de depozit situate sub limita superioară a vegetației forestiere.

Dintre cele 47 culoare de avalanșă analizate, unul singur depășește lungimea de 3000 m care coboară cea mai mare diferență de nivel, 1246 m. Acest culoar a fost format în urma unei avalanșe de mari dimensiuni din iarna anului 2005. De atunci aici, se produc avalanșe frecvente, dintre care una de dimensiuni mai mari în anul 2009.



*Fig. 7 - Munții Rodnei – Harta răspândirii avalanșelor*

## 4. Dendrogeomorfologia în descifrarea avalanșelor. Studii de caz

### 4.1. Aspecte generale

Încă din cele mai vechi timpuri există referiri la inelele de creștere ale arborilor ce ascund o serie de informații utile pentru diferite științe, însă studiul sistematic începe abia la debutul secolului XX-lea în S.U.A unde astronomul Andrew Ellicot Douglass, încearcă să descopere legătura dintre ciclicitatea activității solare și cea a climatului prin intermediul inelelor de creștere a arborilor.

Termenul de dendrocronologie provine din limba greacă: dendron – arbore, chronos – timp și logos – știință. După Shroder (1980), dendrocronologia este știința generală care se ocupă cu datarea inelelor anuale de creștere ale plantelor lemnoase și cu exploatarea informațiilor de mediu asociate acestor creșteri.

#### 4.2. Reacția arborilor la avalanșe în Munții Rodnei

Dendrogeomorfologia are la bază conceptul „proces-eveniment-răspuns” definit de Shroder în 1978 (fig. 86). Procesul se referă în acest caz, la orice tip de proces geomorfologic: avalanșe, căderi de pietre, curgeri de debrisi, etc. În cazul unui „eveniment”, procesul geomorfologic va afecta arborele, care va reacționa printr-un „răspuns” de creștere.

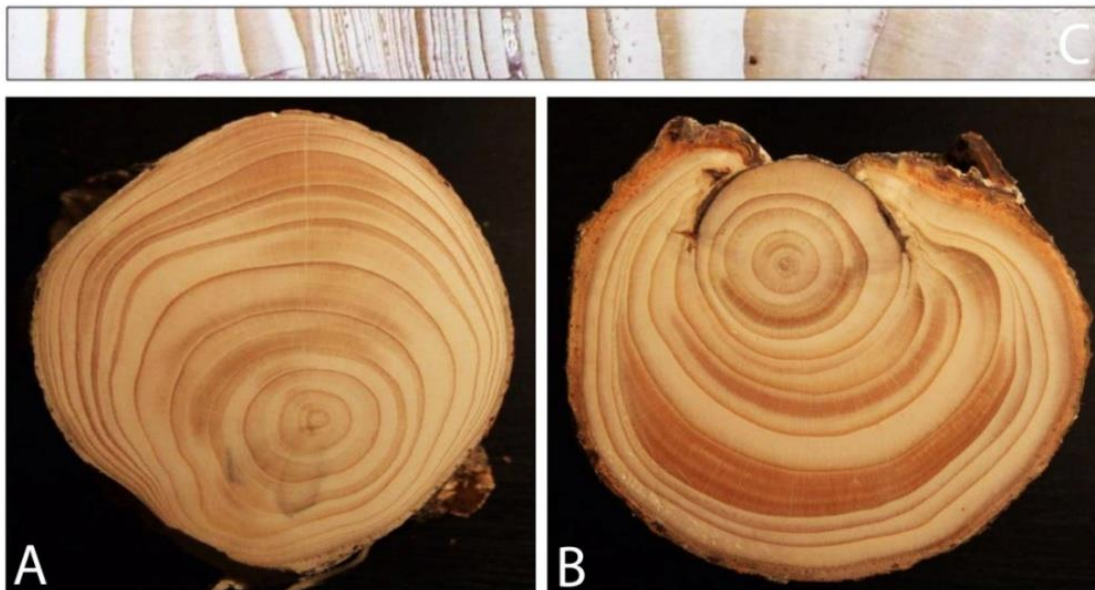


**Fig. 8** Morfologia arborelui înclinat (A), inele excentrice (B), lemn de reacție(C) - *Picea abies* (Munții Rodnei – Valea Cobășel)

În Munții Rodnei, în urma analizei arealelor afectate de avalanșe, s-au identificat arbori care prezentau cicatrici, înclinarea trunchiului (fig. 8), decapitarea și eliminarea ramurilor.

#### 4.3. Analiza activității avalanșelor din Valea Cobășel, utilizând inelele de creștere ale arborilor. Studiu de caz

Avalanșele reprezintă o amenințare, datorită capacității lor de distrugere, atât materială cât și umană. Informații asupra comportamentului spațial al evenimentelor din trecut sau analiza arealelor afectate de avalanșe lipsește cu desăvârșire în cadrul Munților Rodnei. Scopul acestui studiu de caz, este acela de a realiza o reconstrucție spațio-temporală a activității avalanșelor din Valea Cobășel.



*Fig. 9 Probe prelevate*

În teren au fost selectați un număr de 84 arbori *Picea abies* vizibil afectați de avalanșe, din care s-au extras de regulă două carote/arbore. În total au fost prelevate pentru analiză, 164 de probe dintre care 159 carote și 5 discuri (fig. 9). Analiza celor 84 de arbori, a dus la identificarea unui număr de 19 evenimente între anii 1961 și 2010. Din analiza lor reiese faptul că frecvența cea mai mare a avalanșelor a avut loc în deceniile VII, IX și XX. Evenimentele din anii 1961, 1964, 1979, 1986 și 2006 au avut cea mai mare intensitate, înregistrând cel mai mare număr de arbori afectați în raport cu cei care erau în viață la momentul (fig 10).

Perioada de recurență calculată este de 3,58 ani și a fost obținută, prin împărțirea numărului de ani asupra cărora s-au făcut observațiile (49 ani), la numărul de evenimente



identificate (19). Probabilitatea de producere a unei avalanșe într-un an pe Valea Cobășel este de 27,94%

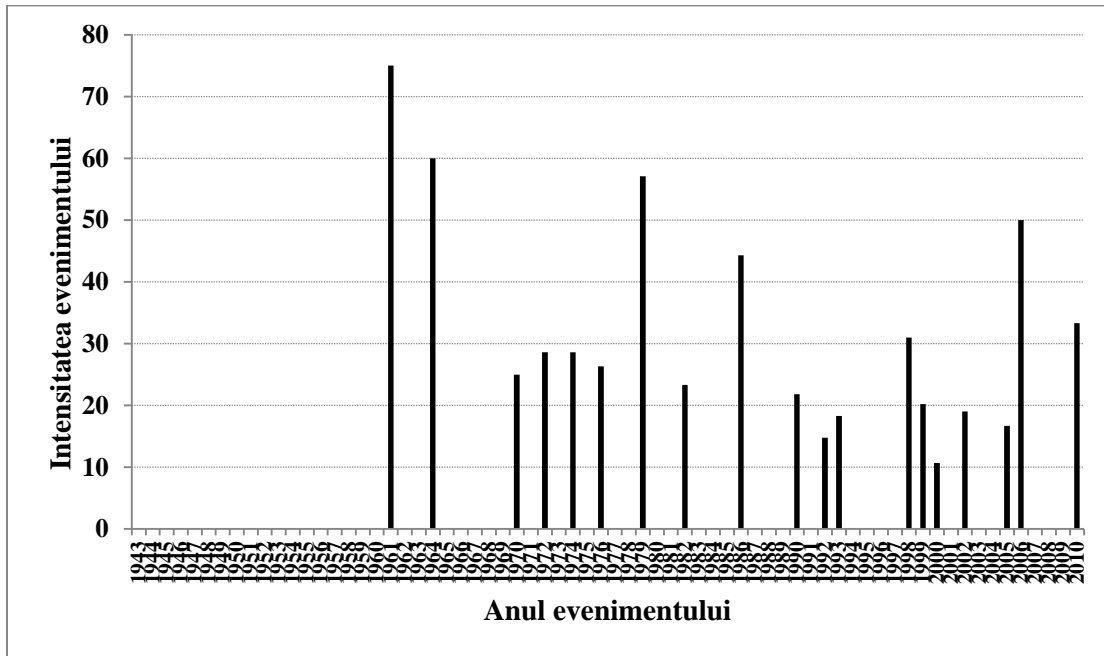


Fig 10 Frecvența evenimentelor datate în funcție de intensitatea lor

#### 4.4. Reconstrucția spațio-temporală a activității avalanșelor de sub Vf. Piatra Albă. Studiu de caz

Arealul de studiu este localizat în partea nordică a Munților Rodnei, pe versantul stâng al Văii Buhăescu în apropierea confluenței cu Pârâul Repede, sub Vf. Piatra Albă. Suprafața afectată are aproximativ 14 ha și o panta medie de 32°.

Vegetația forestieră este dominată de conifere (*Picea abies*) în partea superioară a culoarului de avalanșă și pădure de amestec în zona de curgere și zona de depozit. În partea superioară, arealul este străbătut de o veche potecă de vânătoare, rareori folosită în prezent.

În total, un număr de 75 de arbori (*Picea Abies*) au fost selectați (fig. 11), din care au fost prelevate un număr de 152 probe (142 carote și 10 discuri). A fost posibilă reconstrucția spațio-temporală a unui număr de 21 avalanșe produse între anii 1894 și 2010 (fig. 12).

Vârsta medie a arborilor selectați pentru studiu este 41,15 ani, cel mai bătrân arbore analizat având 117 inele de creștere (a.n. 1894), iar cel mai tânăr, 9 (a.n. 2002). În

partea superioară a culoarului de avalanșă predomină arbori cu vârste mai mici de 40 de ani, fapt datorat frecvenței mai mari a avalanșelor din acest sector. Pe măsură ce avalanșa coboară de-a lungul zonei de curgere, intensitatea ei scade, lucru care reiese și din vârsta arborilor aflați în partea inferioară a zonei de curgere și în zona de depozit.

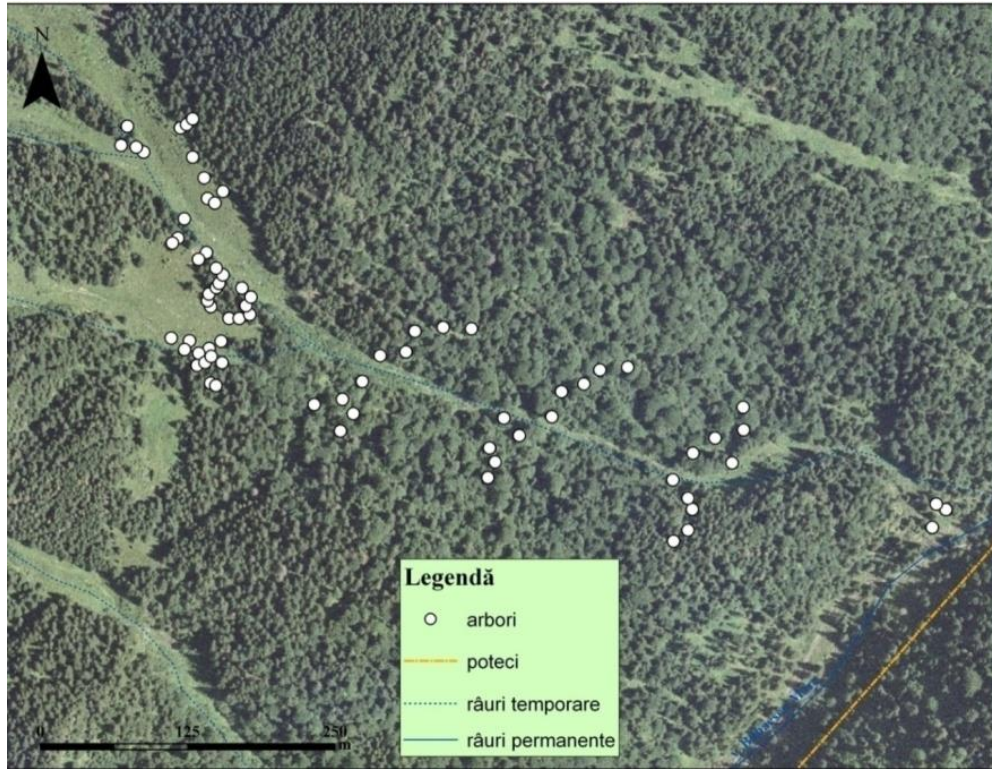


Fig. 11 Dispunerea arborilor selectați– versantul stâng al Văii Buhăescu, Munții Rodnei

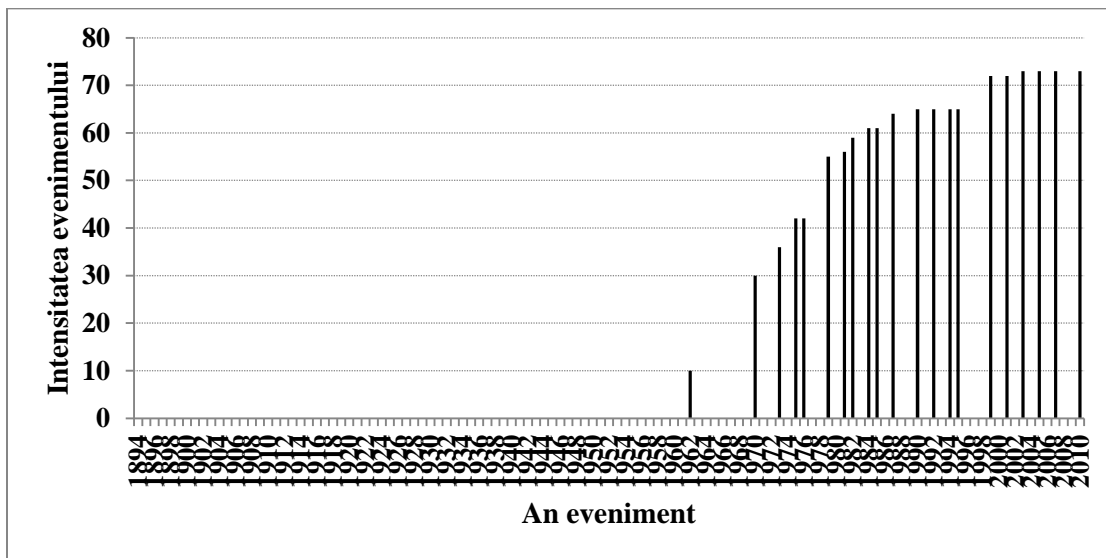
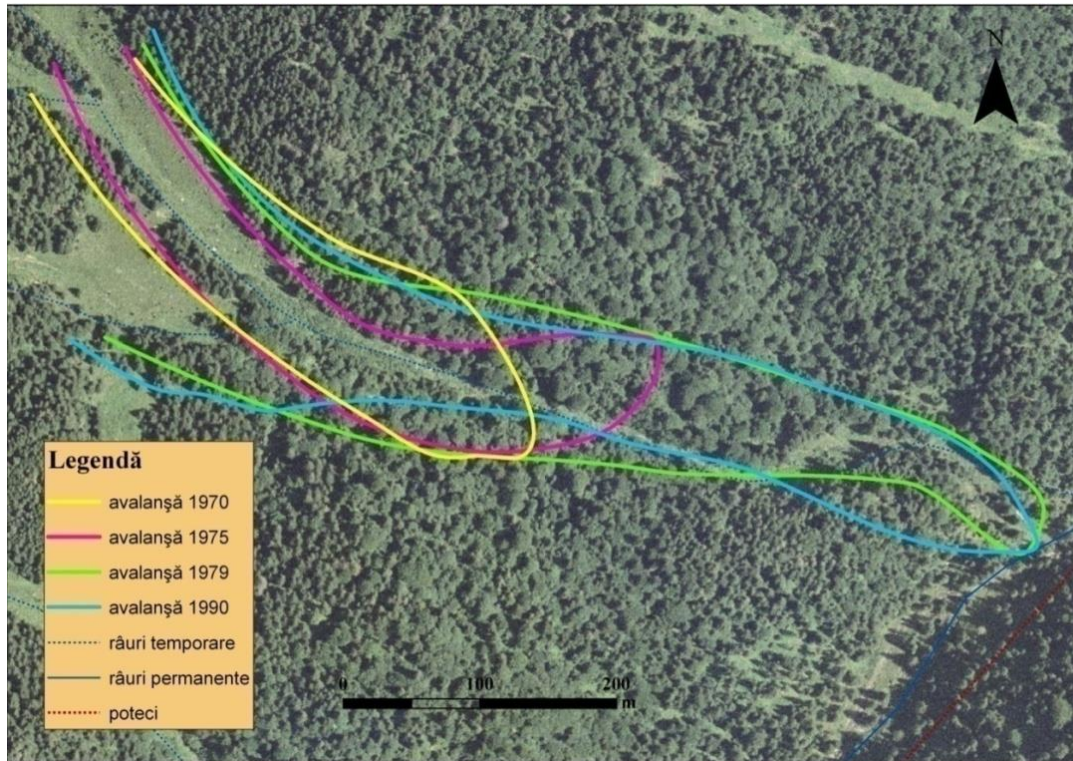


Fig 12 Frecvența evenimentelor datate în funcție de intensitatea lor

Extinderea spațială a fiecărui eveniment poate fi identificată utilizând poziția în cadrul culoarului a fiecărui arbore, care prezintă reacții de creștere pentru evenimentul respectiv. În fig. 13 se poate observa extinderea spațială a avalanșelor din anii 1970, 1975, 1979 și 1990.



**Fig. 13** Extinderea spațială a avalanșelor de sub Vf. Piatra Albă – Munții Rodnei

Perioada de recurență calculată pentru avalanșele produse în cadrul arealului de studiu este de 5,52 ani și a fost calculată prin împărțirea numărului de ani asupra cărora s-au făcut observațiile (116 ani) la numărul de evenimente identificate (21). Astfel probabilitatea de producere a unei avalanșe într-un an pe culoarul de avalanșă studiat este de 18,10%.

**Tabel 1** Perioada de recurență și probabilitatea de producere într-un an a avalanșelor sub Vf. Piatra Albă

Nr. Ani	Nr. Avalanșe	Perioada de recurență (ani)	Probabilitate de producere
116	21	5.52	18.10%

## 5. Susceptibilitatea terenului la avalanșe

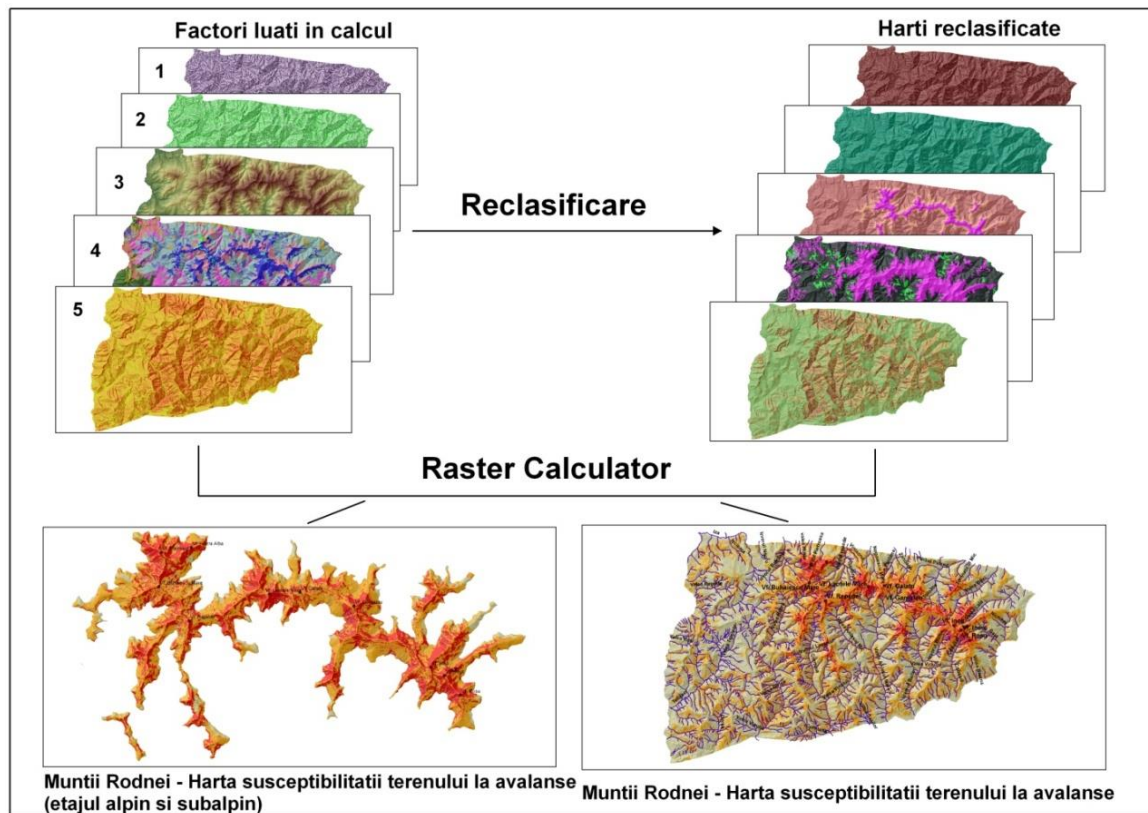
Pentru analiza susceptibilității terenului la avalanșe, se utilizează de regulă date legate de frecvența proceselor de avalanșe și diferiți indici de calcul (Gruber, 2001). Informații cu privire la activitatea avalanșelor din trecut, precum și informații legate de dimensiunea acestora, sunt esențiale pentru o analiză corectă. Pentru multe zone montane din țara noastră, inclusiv pentru Munții Rodnei, astfel de informații nu sunt exacte și complete. În astfel de cazuri, conceptele de bază ale susceptibilității terenului la avalanșe includ distribuția spațială a factorilor responsabili cu procesele care cauzează instabilitatea stratului de zăpadă și care ajută la determinarea zonelor predispuse fără implicații temporale. Strategiile în analiza avalanșelor, trebuie făcute cu scopul de a înțelege procesul și de a prezice apariția unor noi evenimente pentru a reduce din amplitudinea și pagubele produse de acestea.

Primul pas în crearea unei hărți de susceptibilitate și de validare a ei, este stabilirea unei baze de date spațiale pentru avalanșe, care în cazul de față este compusă din două părți: o parte care conține inventarierea zonelor de desprindere a avalanșelor și una ce conține caracteristicile topografice ce le cauzează. O hartă a susceptibilității, împarte stabilitatea pantei în categorii care variază de la stabil la instabil. Aceasta prezintă locațiile în care avalanșele s-ar putea produce.

A fost realizat un studiu amănunțit asupra topografiei terenului, pentru a determina factorii caracteristici zonelor de desprindere a avalanșelor. Avalanșele se pot întâlni pe pante cu caracteristici topografice diferite, excepție făcând arealele împădurite, unde vegetația forestieră împiedică de regulă formarea unei avalanșe. Arborii interceptează radiațiile solare directe sau reflectate, controlând astfel temperatura aerului și a stratului de zăpadă iar coroanele arborilor interceptează între 50% și 90% din ninsoare.

În acest studiu au fost folosiți un număr de cinci factori care pot influența declanșarea avalanșelor și anume: declivitatea terenului, curbura în plan a versantului, curbura în profil a versantului, utilizarea terenului și altitudinea (fig. 14).

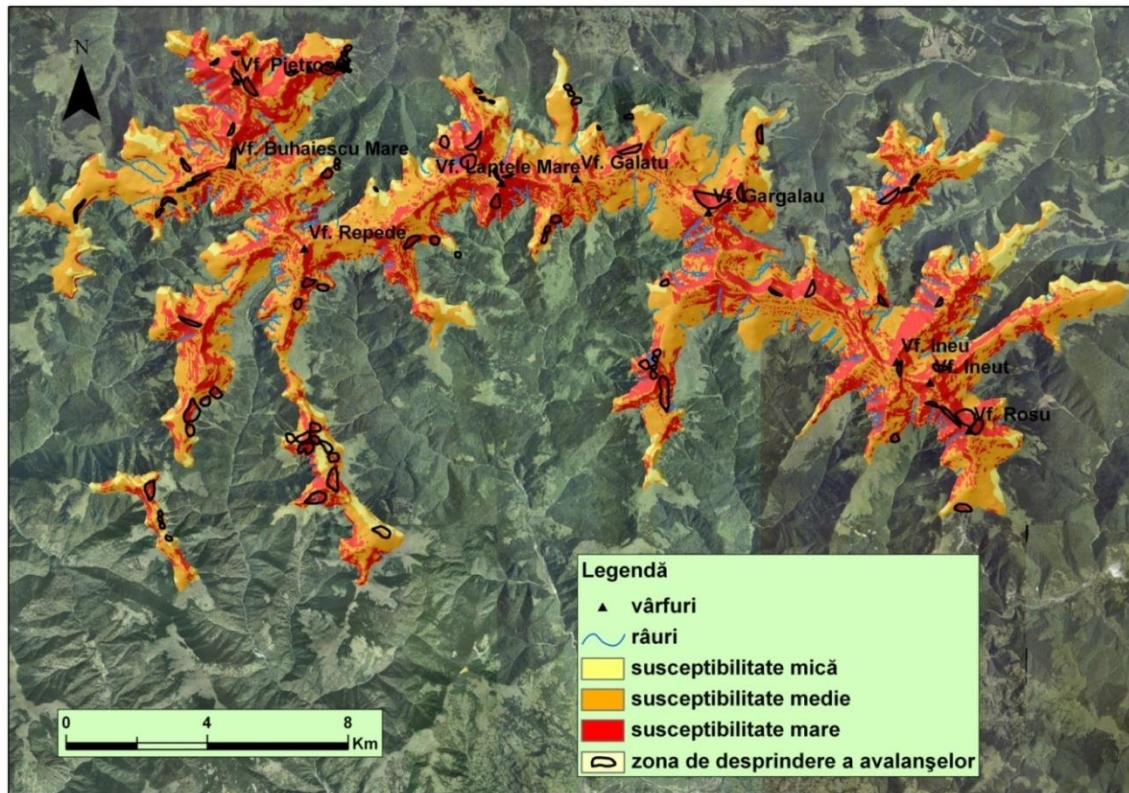
Ultimul pas a constat în realizarea hărții de susceptibilitate, prin integrarea parametrilor luați în calcul cu ajutorul tehnicilor GIS. Datorită faptului că majoritatea zonelor de desprindere a avalanșelor identificate se află deasupra limitei superioare a pădurii, am analizat doar arealele situate de la 1600 m în sus. Valorile integrate au fost clasificate în trei clase de susceptibilitate, pentru a face rezultatele mai ușor de înțeles.



**Fig. 14** Metodologia de calcul a susceptibilității terenului la procese de avalanșă prin bonitare (1 – curbura în plan, 2 – curbură în profil, 3 – altitudinea, 4 – utilizarea terenului, 5 – panta)

Din totalul celor aproximativ 140 km<sup>2</sup> cât reprezintă zona luată în calcul, rezultatele au indicat susceptibilitate mare la procesele de avalanșă pentru 50,6 km<sup>2</sup>, susceptibilitate medie pentru 79,9 km<sup>2</sup> și susceptibilitate mică pentru 9,6 km<sup>2</sup>. Areele cartate ca fiind cele mai susceptibile la declanșarea avalanșelor, ocupă 36,1% din suprafața luată în calcul și sunt situate pe versanții cu declivitate mare de o parte și de alta a crestei principale precum și în proximitatea vârfurilor Pietrosu, Puzdrele, Laptele Mare, Gărgălau, Roșu, etc.

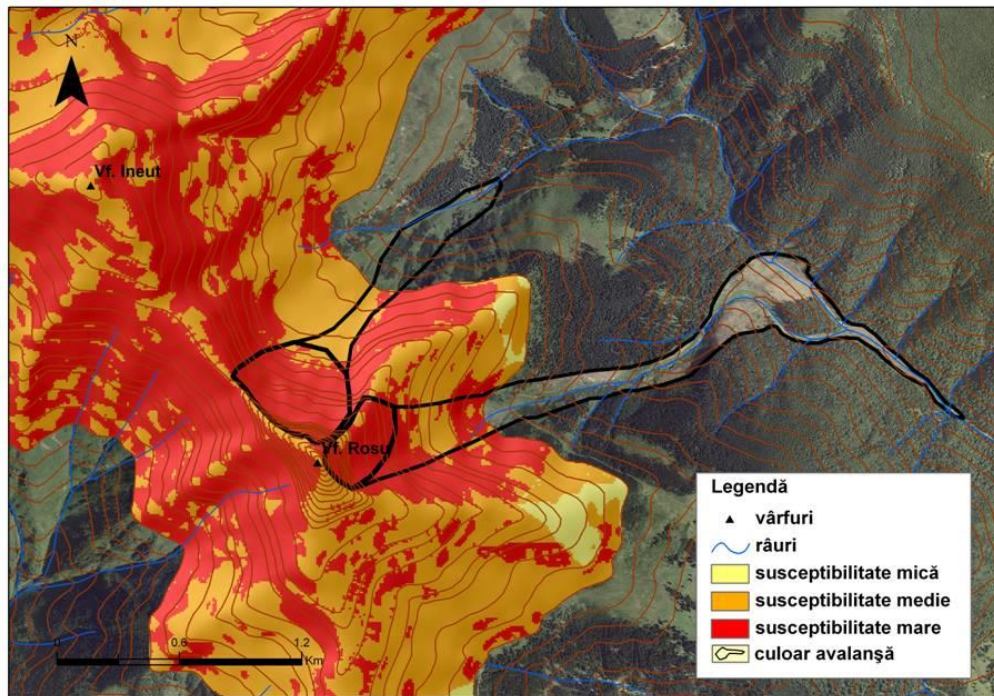
Un procent de 57% din suprafață este caracterizat de susceptibilitate medie la avalanșe și se întâlnește preponderant în partea vestică a arealului studiat, pe Piciorul Pleșcuței și între Vf. Galațu și Vf. Gărgălău. Zonele cartate ca fiind cel mai puțin susceptibile la declanșarea avalanșelor ocupă o suprafață redusă de 6,9 % din teritoriu.



*Fig. 15 Munții Rodnei – Harta susceptibilității terenului la avalanșe pentru zona alpină și subalpină*

Pentru validarea acestei metode s-a utilizat un număr de 94 de zone de desprindere cartate și măsurate în timpul campaniilor de teren precum și cu ajutorul informațiilor extrase din ortofotoplanuri și amenajamente silvice.

În urma analizelor efectuate, s-a evidențiat faptul că 89,4% din totalul culoarelor de avalanșă au zona de pornire situată în cadrul arealelor identificate ca având susceptibilitate ridicată la procesele de avalanșă. Restul de 10,6% din culoarele de avalanșă, se regăsesc în zonele ce prezintă susceptibilitate medie. Nicio zonă de desprindere nu este situată în cadrul arealelor identificate ca având susceptibilitate mică. În urma rezultatelor obținute considerăm modelul utilizat ca fiind unul valid.



*Fig. 16 Culoare de avalanșă și zona de pornire, sub Vf. Roșu*

### **Trasee turistice iarna în Munții Rodnei**

Harta susceptibilității terenului la avalanșe în Munții Rodnei este folositoare, pentru o apreciere corectă a zonelor predispuse formării avalanșelor. Aceasta poate fi utilă în timpul iernii, mai ales că există un interes tot mai crescut atât pentru turismul montan hibernal, cât și pentru practicarea sporturilor de iarnă din afara pârtiilor amenajate.

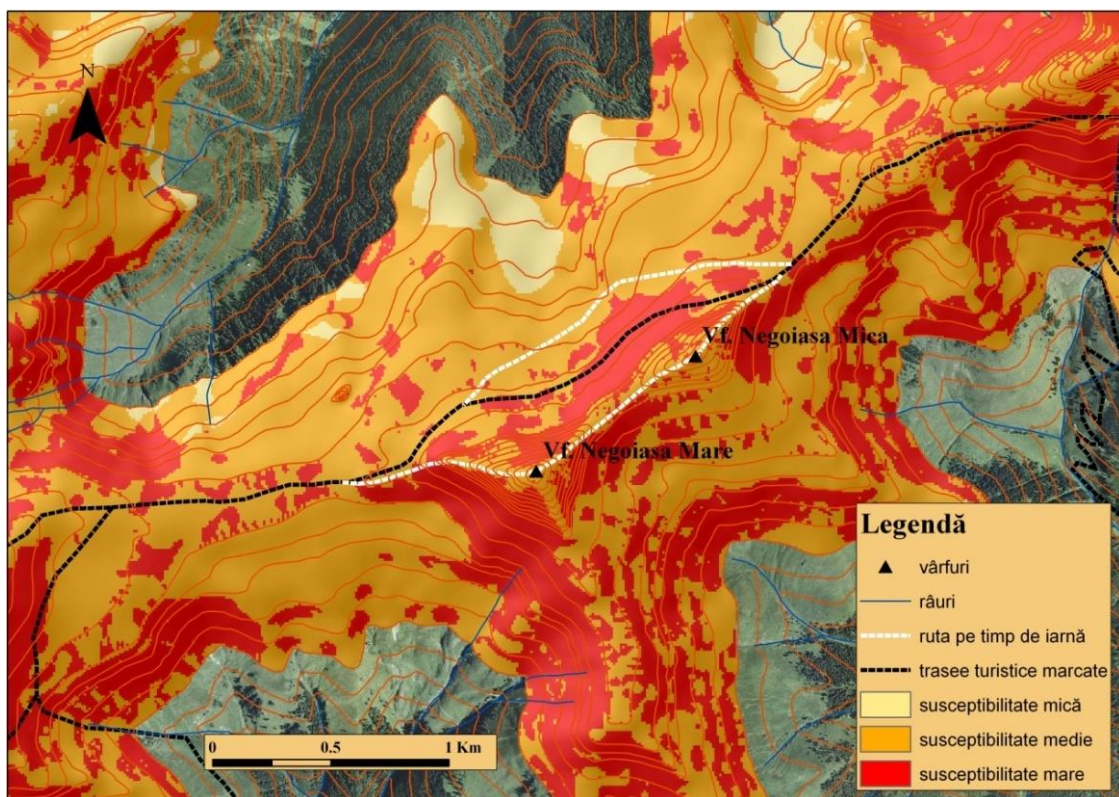
În Munții Rodnei în general, zonele care necesită o atenție sporită pentru parcurgerea lor pe timp de iarnă sunt următoarele:

- caldarea Iezer – Vf. Pietrosu, unde nu trebuie urmat traseul turistic de vară, cea mai sigură alternativă de urcare/coborâre fiind de la stația meteorologică spre Vf. Piatra Albă;
- zona de creastă dintre Vf. Buhăescu Mare, Vf. Buhăiescu Mic, Vf. Rebra, Vf. Cormaia, Vf. Repede, care pe timp de iarnă se parcurge fără a ocoli vârfurile;

- Vf. Negoiasa Mare și Vf. Negoiasa Mică, care iarna trebuie urcate sau ocolite prin partea nordică, coborând suficient pentru a evita zona cu susceptibilitate ridicată la formarea avalanșelor;

- Vf. Laptele Mare, care trebuie urcat în timpul iernii și nu ocolit pe poteca turistică;

Pe lângă acestea, sunt situații în care alegerea unei rute trebuie făcută la fața locului. În astfel de cazuri, nu există reguli general valabile, însă există metode prin care se pot organiza informațiile de care dispunem și care ne pot ajuta în luarea deciziei optime (Tremper, 2008).



**Fig. 17** Rute alternative pe timp de iarnă în zona de creastă Vf. Negoiasa Mare – Vf. Negoiasa Mică, Munții Rodnei

Metoda ALPRUT a fost definită de McCammon, 2002 (citată de Tremper, 2008) după ce a analizat incidența avalanșelor cu victime, de pe continentul nord american. El a ajuns la concluzia că, peste 93% din avalanșe s-au produs când trei sau mai mulți factori erau prezenți. În acest fel a creat o listă de întrebări, utilă în cazurile în care trebuie să alegem o rută pe timp de iarnă (tabel 2).



Când răspunsul este afirmativ la trei sau patru întrebări, luarea unei decizii necesită precauție. Dacă cinci sau mai mulți factori sunt prezenți, ar trebui aleasă o altă rută sau ar trebui luată în considerare, o posibilă amânare a parcurgerii traseului ales.

*Tabel 2 Metoda ALPRUT (McCammon, 2002 citat de Tremper, 2008)*

<b>Metoda ALPRUT</b>
S-au produs avalanșe în ultimele 48 de ore?
A nins în ultimele 48 de ore?
Poteca traversează culoare de avalanșe?
Zona de depozit a avalanșei se află în pădure sau într-o zonă stâncoasă?
Buletinul nivometeorologic estimează un risc de producere al avalanșelor considerabil, mare sau foarte mare?
Ați observat formarea unor crăpături sau ați auzit un sunet înfundat când ați pășit pe zăpadă?
Au fost temperaturi ridicate care au dus la topirea stratului de zăpadă?

Luarea unei decizii bune e vitală pentru parcurgerea traseelor turistice și practicarea sporturilor de iarnă, în condiții de siguranță, în zonele montane. Printr-o bună organizare a informațiilor disponibile se pot evita situațiile neplăcute.

## **CONCLUZII**

Elaborarea acestei lucrări a pornit de la ideea că, avalanșele reprezintă un proces frecvent întâlnit și prea puțin studiat în Munții Rodnei. În literatura geografică de specialitate, nu există o analiză de detaliu pe această temă, existând doar lucrări care scot în evidență, anumite aspecte generale legate de acest masiv muntos.

Obiectivul principal al acestui studiu a fost identificarea arealelor afectate de avalanșe, analiza frecvenței și intensității lor prin studii de caz, precum și realizarea unei hărți a susceptibilității terenului la avalanșe. Lucrarea este rezultatul unor numeroase investigații în teren, realizate cu scopul de a înțelege cauzele producerii avalanșelor, a răspândirii lor în teritoriu și a evoluției lor în timp.

Trăsăturile morfologice ale acestui teritoriu, reflectă în mare măsură geologia zonei, relieful fiind sculptat preponderent în șisturi cristaline și mai puțin în roci eruptive și sedimentare. Munții Rodnei se remarcă prin înălțime și masivitate, și conservă cel mai dezvoltat relief glaciatic din Carpații Orientali. Toate aceste caracteristici fac din acești munți, un loc prielnic de producere a avalanșelor.

Relieful impune anumite condiții topoclimatice, care la rândul lor imprimă avalanșelor o anumită frecvență și intensitate. Dintre factorii climatici care influențează activitatea avalanșelor, cei mai importanți sunt precipitațiile, stratul de zăpadă, temperatura aerului și a stratului de zăpadă, vântul și radiația solară.

Factorii biotici, prin tipul de vegetație și gradul de împădurire, au un rol important în declanșarea și frânarea avalanșelor. În ultimii 31 de ani, avalanșele au distrus în Munții Rodnei, 187,6 ha de pădure. Vegetația lemnoasă, constituie un indicator ce oferă informații utile cu privire la activitatea avalanșelor, prin studiile dendrogeomorfologice care utilizează inelele de creștere ale arborilor.

Morfologia bazinelor de recepție ale râurilor, situate cu mult peste limita superioară a pădurii, afectează partea superioară a domeniului forestier, determinând crearea unor culoare prin pădure, pe care se va canaliza zăpada pornită din golul alpin.

Unul din factorii generatori ai avalanșelor este și omul, care prin activitățile și intervențiile sale, constituie un factor perturbator. Activitățile antropice din Munții Rodnei, prin tăierea jnepenișurilor și coborârea limitei superioare a pădurii prin defrișări, favorizează curgerea avalanșelor.

Identificarea culoarelor de avalanșă din Munții Rodnei, s-a făcut pe baza măsurătorilor efectuate în teren, precum și a informațiilor extrase și prelucrate din ortofotoplanuri și amenajamente silvice. În acest mod, au fost identificate 47 de culoare de avalanșă, care pornesc din golul alpin și se opresc în interiorul fondului forestier și care afectează o suprafață de aproximativ 980 ha. Ele sunt răspândite preponderent, de o parte și de alta a crestei principale și a culmilor secundare lungi, din partea sudică a Munților Rodnei.

Analiza frecvenței și a extinderii spațiale a avalanșelor, a fost realizată cu ajutorul metodelor dendrogeomorfologice. Acestea au permis reconstrucția activității avalanșelor în Valea Cobășel și sub Vf. Piatra Albă. Inele de creștere au făcut posibilă, identificarea

unui număr de 40 de evenimente produse, începând cu anul 1894. Aceste date, împreună cu perioadele de recurență și probabilitatea de producere calculate, pot fi utile atât în probleme de amenajare și organizare teritorială în zona montană, cât și în crearea unor baze de date, care să conțină informații utile pentru practicarea sporturilor de iarnă și a turismului hivernal în zonă.

Cartarea arealelor cu diferite grade de susceptibilitate la avalanșe, a fost realizată datorită potențialului natural și turistic ridicat al Munților Rodnei. A fost calculată o susceptibilitate mare la avalanșe, pentru 50,6 km<sup>2</sup> din cei 140 km<sup>2</sup> luați în calcul. Aceste areale sunt situate pe versanții cu declivitate mare, de o parte și de alta a crestei principale, precum și în proximitatea vârfurilor Pietrosu, Puzdrele, Laptele Mare, Gărgălau, Roșu, etc.

Metoda utilizată în calculul susceptibilității a fost validată, prin utilizarea unui număr de 98 de zone de desprindere a avalanșelor. Acestea au fost suprapuse peste harta susceptibilității, iar în urma analizelor efectuate, s-a evidențiat faptul că 86% din totalul culoarelor de avalanșă, au zona de pornire situată în cadrul arealelor identificate ca având, susceptibilitate ridicată la procesele de avalanșă. O astfel de hartă este utilă, în prevenirea accidentelor și creșterea securității turiștilor.

Procesele de avalanșă din Munții Rodnei sunt complexe ca manifestare, iar analiza cantitativă și calitativă a factorilor care le generează, a permis o cunoaștere mai exactă a modului lor de manifestare. Rezultatele acestui studiu, legate de reconstrucția spațio-temporală a activității avalanșelor și de identificarea arealelor cu diferite grade de susceptibilitate la avalanșe, pot fi utile în diminuarea pagubelor și a pierderilor de vieți omenești pe care acestea le cauzează.

### **Bibliografie selectivă:**

**Alestalo J.** (1971) - *Dendrochronological interpretation of geomorphic processes*, Fennia, 105.

**Alexa B.** (1981) – *Aspecte de principiu privind problema avalanșelor de zăpadă în România*, Revista Pădurilor, nr. 6.

**Alexa B.** (1986) – *Contribuții la studiul combaterii avalanșelor de zăpadă din zona drumului Transfăgărășan*, Teză de doctorat, Universitatea din Brașov.

**Alexa B.** (2005) – *Monitorizarea avalanșelor produse în cuprinsul fondului forestier*, Revista Pădurilor, nr. 1.

**Alexa B.** (2007) – *Avalanșele și tehnica de combatere*, Ed. Constant, Sibiu.

**Barbolini M., Keylock C. J.** (2002) – *A new method for avalanche hazard mapping using a combination of statistical and deterministic models*, Natural Hazards and Earth System Science, 2.

**Barbolini M., Pagliardi M., Ferro F., Corradeghini P.** (2009) - *Avalanche hazard mapping over large undocumented areas*, Natural Hazards, vol. 56.

**Bădescu Gh.** (1972), *Ameliorarea terenurilor erodate. Corectarea torenților. Combaterea avalanșelor*, Editura Ceres, București.

**Bogdan O.** (1996) – *Hazard climatic și fenomen de risc*, Geographica Timisiensis, vol V.

**Bollschweiler M., Stoffel M.** (2007) - *Debris flows on forested cones – reconstruction and comparison of frequencies in two catchments in Val Ferret, Switzerland*, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 7.

**Bollschweiler, M.** (2007) - *Spatial and temporal occurrence of past debris flows in the Valais Alps – results from tree-ring analysis*, Geo-Focus, 20, 182 pp.

**Bollschweiler M., Stoffel M., Schneuwly D. M.** (2008a) - *Dynamics in debris-flow activity on a forested cone – a case study using different dendroecological approaches*, Catena, 72.

**Bollschweiler M., Stoffel M., Ehmisch M., Monbaron M.** (2007) - *Reconstructing spatio-temporal patterns of debris-flow activity with dendrogeomorphological methods*, Geomorphology, 87(4).

- Braam R. R., Weiss E. E. J., Burrough, A.** (1987b) – *Dendrogeomorphological analysis of mass movement: A technical note on the research method*, Catena 14.
- Braam R. R., Weiss, E. E. J., Burrough, A.** (1987a) - *Spatial and temporal analysis of mass movement using dendrochronology*, Catena, 14.
- Butler D. R., Malanson G. P.** (1985) - *A history of high-magnitude snow avalanches, southern Glacier National Park, Montana, USA*, Mountain Res. Dev. 5.
- Butler D. R., Sawyer, C.** (2008) - Review and comparison of the different methods used for dating high-magnitude snow avalanches, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 8.
- Butler D. R.**(1979) - *Snow avalanche path terrain and vegetation, Glacier National Park, Montana*. Arct. Alp. Res., 11.
- Butler D. R.** (1985) - *Vegetational and geomorphic change on snow avalanche path, Glacier National Park*, Great Basin Nat., 45.
- Capello C. F.** (1973) – *Il problema delle valanghe*, Bollettino Societa Geografica Italiana, Suppl. Vol II, 10.
- Casteller A.** (2008) – *Validating numerical simulations of snow avalanches using dendrochronology: the Cerro Ventana event in Northern Patagonia, Argentina*, Natural Hazards and Earth System Sciences 8, pp. 433–443
- Coldea, G.** (1990) - *Munții Rodnei. Studiu geobotanic*. Ed. Acad. RSR, București. 183 p.
- Comănescu Al.** (1967) – *Tipuri noi de lucrări folosite pentru amenajarea torenților și pentru stăvilirea avalanșelor*, MEF – Institutul de documentare tehnică, București.
- Dumitrescu I.** (1936) – *Avalanșele*, Buletinul alpin, an 4, nr. 4, Clubul alpin roman București.
- Flueraru C., Stăncălie Ghe., Savin Elena, Cătană Simona** (2004) – *Snow cover measurements in the Charpatians Mountains using satellite imagery*, Analele Univ. de Vest Timișoara, vol. XIV.
- Goțiu Dana, Surdeanu V.** (2008) - *Hazardele naturale. Riscurile asociate din Țara Hațegului*, Editura Presa Universitară Clujeană.
- Grecu Florina** (1997) – *Fenomene naturale de risc*, Geologie și Geomorfologie, Editura Universității București, București.
- Grissino-Mayer H. D.** (2001) - *Evaluating crossdating accuracy: a manual and tutorial for the computer program COFECHA*, Tree-Ring Res., 57.

- Gruber U., Haefner H.** (1995) – *Avalanche hazard mapping with satellite data and a digital elevation model*, Applied Geography, 15.
- Gruber U.** (2001) – *Using GIS for avalanche hazard mapping in Switzerland*. Proceedings of the 2001 ESRI International User Conference, San Diego, United States.
- Hitz O. M., Gärtner H., Heinrich I., Monbaron M.** (2008) - *First time application of Ash (*Fraxinus excelsior L.*) roots to determine erosion rates in mountain torrents*, Catena, 72.
- Iancu Silvia** (1970) - *Munții Parâng. Studiu geomorfologic*, Universitatea „Babeș Bolyai”, 494 p., Cluj.
- Lachapelle, E.** (1968) - *Snow avalanches*, in Dictionary of Geomorphology, ed. R. W. Fairbridge, Rheinhold, New York.
- Luckman, B. H.** (1977) - *The geomorphic activity of snow avalanches*, Geografiska Annaler, 59 A,1-2.
- Maggioni M., Gruber U.** (2003) - *The influence of topographic parameteres on avalanche release dimension and frequency*, Cold Region Science and Technology, vol. 37, pp. 407-419.
- McClung D.** (2001) – *Characteristics of terrain, snow supply and forest cover for avalanche initiation by logging*, Ann. Glaciol 32.
- McClung D., Schaerer P.** (2006) - *The avalanche handbook*, 3rd ed. Seattle: The Mountaineers.
- Mihai B., Oprea R., Șandric, I.** (2003) – *Aplicații GIS în amenajarea domeniilor schiabile. Studiu de caz domeniul Predeal – Clabucet*, Comunicări de Geografie, 6, Editura Universității din București.
- Moțoiu Maria Dana** (2008) – *Avalanșele și impactul lor asupra mediului. Studii de caz în Carpații Meridionali*, Ed. Proxima, 280 p.
- Munteanu Anca** (2004) - *The morphological aspects of the avalanche couloirs on the east part of Piatra Craiului ridge between Turnu and Ascutit peaks*, în Analele Universității de Vest din Timișoara, GEOGRAFIE, Vol. XIV.
- Salm, B.** (1982) - *Lawinenkunde fuer den Praktiker*. Verlag Schweizer Alpen-Club, Bern.
- Schweingruber F. H.** (1996) - *Tree rings and environment, Dendroecology*, Paul Haupt, Bern, Stuttgart, Wien, 609 pp.

- Seligman G.** (1936) – *Snow structure and Ski Fields*, Macmillan, London
- Simea Ioana** (2012) - *Using GIS for avalanche susceptibility mapping in Rodnei Mountains*, Riscuri și Catastrofe, nr. 1/2012, vol X, an XI, sub tipar.
- Sîrcu I.** (1978) – *Munții Rodnei studiu morfogeografic*, Editura Academiei Republicii Socialiste România, București.
- Stoenescu M.** (1956) – *Condițiile meteorologice favorabile formării avalanșelor*, Meteorologia și Hidrologia, nr.1.
- Stoffel M. and Beniston M.** (2006) - *On the incidence of debris flows from the early Little Ice Age to a future greenhouse climate: a case study from the Swiss Alps*, Geophys. Res. Lett, 33, L16404.
- Stoffel M., Bollschweiler M.** (2007) - *Tree-ring based reconstruction of past debris-flow events and assessment of future risks in 32 torrents of the Valais Alps (Switzerland)*, Quat. Int., 167/8.
- Stoffel M., Perret S.** (2006) - *Reconstructing past rockfall activity with tree rings: some methodological considerations*, Dendrochronologia, 24(1).
- Stokes M. A., Smiley T. L.** (1968) - *An introduction to tree-ring dating*, University of Chicago Press, Chicago, 73 pp.
- Surdeanu V., Olimpiu P., Chiaburu Mioara, Dulgheru M., Anghel T.** (2010) – *Le dendrogéomorphologie appliquée à l'étude des processus géomorphologiques des zones minières dans le Massif du Călimani (Carpates Orientales, Roumanie)*, Dendrogéomorphologie et dendroclimatologie – Méthodes de reconstitution des milieu géomorphologiques et climatiques des régions montagneuses, Ed. Presa Universitară Clujeană.
- Topor N.** (1957) – *Meteorologie turistică*, Editura Ceres, București, 153 pp.
- Tremper B.** (2008) - *Staying alive in avalanche terrain*, 2nd Edition. The Mountaineers.
- Voiculescu M.** (2002, a) – *Studiul potențialului geoecologic al Masivului Făgăraș și protecția mediului înconjurător*, Ed. Mirton, Timișoara, 376 p.
- Voiculescu M.** (2004, a) – *Întocmirea hărții riscului la avalanșe. Studiu de caz: cirul și valea glaciară Bâlea (Masivul Făgăraș)*, Riscuri și catastrofe, nr.1, Casa Cărții de Știință, Cluj Napoca.

**Weir P.** (2002) - *Snow avalanche management in forested terrain*, Res. Br., BC, Min. For., Victoria, BC. Land Manage. Hand. No. 55.

**Winter L. E., Brubaker L. B., Franklin J. F., Miller E. A., DeWitt D. Q.** (2002) - *Initiation of an old-growth Douglas fir stand in the Pacific Northwest: a reconstruction from tree-ring records*, Can. J. For. Res., 32.

**Winter M. G., Macgregor F., Shackman L.** (2008) – *Scottish Road Network Landslide Study Implementation*, Transport Scotland, Edinburgh.

**Yamaguchi D. K.** (1983) - *New tree ring dates for recent eruptions of Mount St. Helens*, Quat. Res., 20.

**Yanosky T. M.** (1982) - *Effects of flooding upon woody vegetation along parts of the Potomac River flood plain*, U.S. Geol. Surv. Prof. Pap., 1206.

**Yanosky T. M.** (1983) - *Evidence of floods on the Potomac River from anatomical abnormalities in the wood of flood-plain trees*, U.S. Geol. Surv. Prof. Pap., 1296.

**Yanosky T. M.** (1984) - *Documentation of high summer flows on the Potomac River from the wood anatomy of ash trees*, Water Resour. Bull., 20.

**Yamaguchi D. K.** (1985) - *Tree-ring evidence for a two-year interval between recent prehistoric explosive eruptions of Mount St. Helens*, Geology, 13.

**Zoltai S. C.** (1975) - *Tree ring record of soil movements on permafrost*, Arctic Alpine Res., 7, 331–340.

\*\*\* *Harta geologică 1:200000, foaia Vișeu (ediție 1968).*

\*\*\* *Harta solurilor 1:200000, foaia Borșa (ediție 1985).*

\*\*\* *CORINE- Baza de date spațiale( ediție 2005).*

\*\*\* *Hărți topografice 1:25000 (ediție 1980).*

\*\*\* *Ortofotoplanuri (ediție 2006).*