

**UNIVERSITATEA BABEȘ - BOLYAI**  
**FACULTATEA DE GEOGRAFIE**  
**ȘCOALA DOCTORALĂ DE GEOGRAFIE**

**TEZĂ DE DOCTORAT**

**Rezumat**

**HAZARDE NATURALE ȘI RISCURI ASOCIATE ÎN VALEA  
TARCĂULUI**

**Conducător de doctorat:**

**Prof. Univ. Dr. IOAN-AUREL IRIMUȘ**

**Doctorand:**

**IOANA VIERU**

**Cluj-Napoca, 2012**

## CUPRINS

<b>Capitolul 1. Introducere</b> .....	1
<b>Capitolul 2. Valea Tarcăului – coordonate fizico - geografice</b> .....	5
2.1. Așezarea și limitele.....	5
2.2. Geologia.....	7
2.2.1. Pânza de Tarcău.....	7
2.2.1.1. Formațiunile paleocen - eocene.....	9
2.2.1.2. Formațiunile oligo - miocene.....	11
2.2.1.3. Elemente de tectonică.....	14
2.2.2. Pânza de Macla – Audia.....	15
2.2.3. Pânza de Teleajen.....	16
2.2.4. Pânza de Ceahlău.....	19
2.3. Relieful.....	20
2.4. Clima.....	26
2.5. Hidrografia.....	27
2.6. Solurile.....	28
2.7. Vegetația.....	29
2.8. Elementul antropic.....	29
<b>Capitolul 3. Metodologie</b> .....	31
3.1. Hazardul, riscul și concepte asociate.....	31
3.2. Managementul riscului.....	38
3.3. Metode de evaluare a riscului.....	41
3.3.1. Harta hazardului.....	46
3.3.2. Evaluarea riscului specific.....	48
3.4. Modelarea zonei inundabile unidimensională.....	54
<b>Capitolul 4. Dendrocronologia în studiul hazardelor naturale</b> .....	59
4.1. Prelevarea și analiza probelor.....	61
4.2. Studiu dendrohidrologic.....	64
4.3. Studiu dendroclimatic.....	66
4.3.1. Reconstituire climatică.....	66
4.3.2. Analiza anilor caracteristici.....	78

<b>Capitolul 5. Hazardul hidric și riscul asociat</b> .....	87
5.1. Analiza hazardului hidric.....	87
5.2. Analiza riscului asociat hazardului hidric.....	110
<b>Capitolul 6. Hazardul geomorfologic și riscul asociat</b> .....	128
6.1. Analiza hazardului geomorfologic.....	128
6.2. Analiza riscului asociat hazardului geomorfologic.....	140
<b>Capitolul 7. Concluzii</b> .....	144
<b>Bibliografie</b> .....	147

## 1.INTRODUCERE

Lucrarea își propune să analizeze hazardele naturale și riscurile asociate acestora în Valea Tarcăului, rezumându-se la cele hidrice și geomorfologice datorită importanței acestora în dinamica locală. Metodologia utilizată în evaluarea nivelului hazardelor și riscurilor pune în prim plan siguranța populației și neîntreruperea activităților economice. În consecință, s-a detaliat situația sectorului inferior al văii datorită concentrării populației aici și a măsurilor de protecție realizate în decursul ultimilor ani, cu influență asupra nivelului hazardului și vulnerabilității elementelor expuse.

**Cuvinte cheie:** hazard hidric, hazard geomorfologic, Valea Tarcăului, dendrocronologie, zona inundabilă, eroziune liniară,

## 2. VALEA TARCĂULUI – COORDONATE FIZICO – GEOGRAFICE

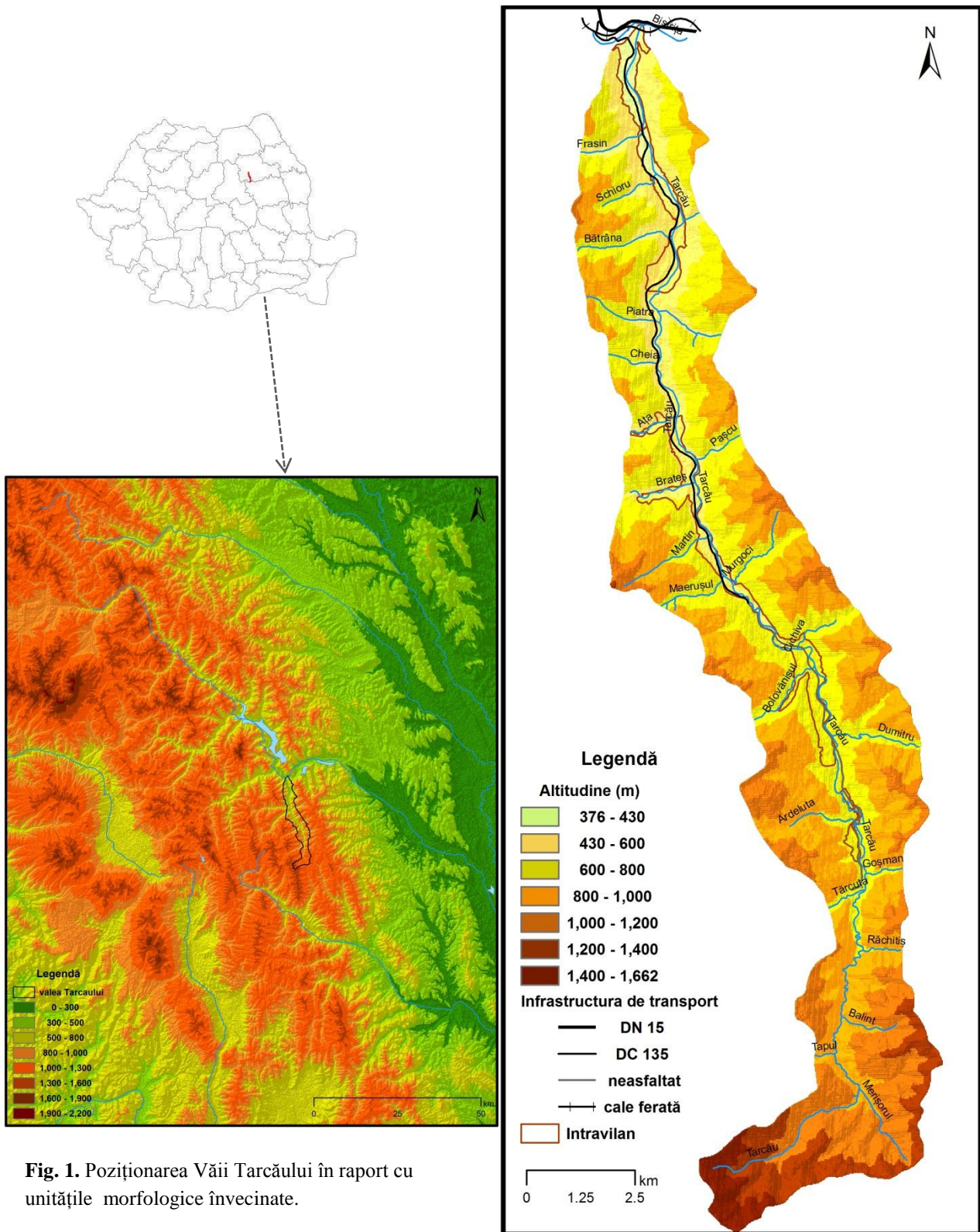
### 2.1. Așezare și limite

Râul Tarcău, afluent de dreapta al Bistriței, drenează munții cu același nume, ai Grupei Transilvano - Moldoveană a Carpaților Orientali, cursul principal având o lungime de 33 km, iar bazinul său hidrografic o suprafață estimată la 392 km<sup>2</sup>.

### 2.2. Geologia

Valea se suprapune doar pânzei de Tarcău, constituită din formațiuni paleocen-eocene, și oligo - miocene. În cadrul primelor domină gresia de Tarcău, unde ponderea gresiilor depășește 80% iar acestea sunt dispuse în bancuri metrice de 1,3 m, 3,5m sau chiar peste 10 m intercalate cu argile roșii și verzi în strate sub metrice. În cazul formațiunilor oligo - miocene se remarcă gresiile de Fusaru în strate de 0,5 m până la 5 m care alternează cu nivele de argile, marne și calcare sideritice, suprapuse peste disodilele inferioare cu grosimi de 250 - 300 m care cuprind o gamă diversă de roci pelitice de la argilele cenușii sau cenușii-negricease și până la argile brune asemănătoare disodilelor.

În partea internă a pânzei de Tarcău stilul tectonic al formațiunilor este impus de gresia de Tarcău și gresia de Fusaru, roci masive și cu competență destul de ridicată, care determină un sistem de cute sinclinale și anticlinale normale, drepte, largi între 2-5 km și orientate pe direcția nord-sud pe distanțe de până la 30 km.



### **2.3. Relieful**

Dominanța gresiilor determină versanți cu pante accentuate, predominând cele de 15.1 - 35° și 35.1 - 55° prezența culmilor cu spinarea îngustă, cu vârfuri ascuțite și înșeuări puțin adânci. Văile săpate în gresie sunt și ele adânci și înguste, prezintă rupturi de pantă, un profil transversal în V ascuțit și adesea albiu adâncite în canion. Predomină versanții cu expoziție nordică (15.23%), urmați de cei cu expoziție vestică, nord-vestică, estică și nord estică cu ponderi aproximativ egale (în jur de 13%). În cazul reliefului fluviatil se evidențiază 7 niveluri de terase: terasa de luncă de 2-3 m, terasa de 5-7 m, terasa de 8-12 m, terasa de 15-20 m, terasa de 25-30 m, terasa de 35-40 m .

### **2.4. Clima**

Temperaturile înregistrate la stația Pângărați (365m) indică o valoare medie anuală de 8.4<sup>0</sup>C și o variabilitate mai pronunțată în sezonul rece. Amplitudinea termică medie anuală oscilează între 22 – 23<sup>0</sup>C, semnalând un continentalism termic moderat (Apăvăloae, în Grasu și colab. 2010).

Cantitatea medie anuală de precipitații variază în jurul valorii de 800 mm (media intervalul 1991-2011 fiind de 801 mm pentru postul din aval, Cazaci, și 851mm pentru postul Ardeluța aflat în amonte la o altitudine de 700m). Cele mai mari cantități de precipitații cad vara când mediile lunare depășesc 100 mm. Valorile maxime lunare se înregistrează în lunile iunie-august, în timp ce minimele apar în luna februarie. Direcția dominantă (45%) a vânturilor este vestică.

### **2.3. Hidrologia**

Regimul hidrologic al Tarcăului este cel carpatic estic caracterizat printr-o alimentare pluvială intensă, prin absența viiturilor de iarnă, prin faptul că apele mari de primăvară încep în martie și țin până în luna mai, acestora adăugându-se viituri în perioada iulie-august. Sursele de alimentare ale apelor curgătoare din munții Tarcău sunt superficială, circa 75-85 % și subterane de 15-25 % (Ujvari 1972).

### **2.4.Solurile**

Pe baza flișului bogat în baze s-au dezvoltat cambosoluri și spodisoluri. Cambosolurile apar în ecartul altitudinal 400 m – 1450-1500m, și sunt reprezentate de tipurile eutricambosoluri și districambosoluri. Spodisolurile ocupă suprafețe restrânse, în arealele celor mai mari înălțimi (culmea Grindușu-Tărhăuș), la un etaj superior districambosolurilor, începând de la 1450 – 1500 m, subtipul prezent fiind prepodzolul.

## 2.5. Vegetația

Vegetația specifică bazinului Tarcăului aparține în proporție de 83% zonei forestiere, în care domină etajul amestecurilor, (molidul, bradul și fagul), urmat de cel al molidului, format din molidișuri pure și molideto - brădete.

## 2.6. Elementul antropic

Populația prezentă în Valea Tarcăului este distribuită neuniform în satele Tarcău (1978 persoane), Cazaci (518 persoane), Brateș (324 persoane), Schitu Tarcău (49 persoane) și Ardeluța (31 persoane), cea mai mare concentrare observându-se sectorul inferior al văii, unde și configurația acesteia permite extinderea suprafeței construite. Principala activitate economică o reprezintă exploatarea forestieră.

# 3. METODOLOGIE

## 3.1. Hazardul, riscul și concepte asociate

UNISDR (2009) identifică *hazardul* cu un fenomen periculos, o substanță, activitate umană periculoasă sau o stare ce poate cauza pierderi de vieți omenești sau doar efecte negative asupra sănătății, pagube la nivelul bunurilor materiale, pierderea serviciilor și posibilităților de întreținere, disfuncționalități sociale sau economice sau impact negativ asupra mediului. Hazardul poate fi considerat probabilitatea ca o amenințare anumită să se concretizeze într-o anumită perioadă de timp (Fell R., Ho K.K.S., Lacasse S., Leroi E., (2005).

“Internationally agreed glossary of basic terms related to disaster management” definește *riscul* ca numărul posibil de pierderi umane, persoane rănite, pagube asupra proprietăților și întreruperi de activități economice într-o perioadă de referință într-o regiune data, generate de un fenomen extreme. Poate cel mai des, riscul este considerat a fi produsul dintre hazard, elementele expuse la risc și vulnerabilitate (Kleist et al 2006, Papathoma - Köhle et al 2007).

*Vulnerabilitatea* este o caracteristică intrinsecă a unei comunități, care este prezentă chiar și atunci când nu se manifestă nici un eveniment periculos. Aceasta derivă din recunoașterea faptului că fiecare geosistem/geocomponent posedă susceptibilitate diferită de a înregistra daune specifice, conforme cu riscul asumat (Thywissen, 2006).

*Elementele expuse la risc* sunt reprezentate de populație, clădiri, infrastructură, elemente de mediu și activități economice aflate în aria de acțiune afectată de hazard (Fell,

R., Ho, K.K.S., Lacasse S., Leroi E., 2005). Gradul de afectare al acestora depinde în mare parte și de gradul de pregătire al populației.

UNISDR definește *gradul de pregătire* ca totalitatea activităților și măsurilor luate în avans pentru asigurarea răspunsurilor efective în cazul producerii unui dezastru, incluzând polițe de asigurare, avertizarea și evacuarea temporară a populației și a bunurilor dintr-o locație amenințată de un potențial hazard.

### 3.2. Managementul riscului

În analiza riscului se pleacă de la cel mai mic element, respectiv fenomenul care poate avea manifestare extremă, ulterior analiza hazardului completându-se cu cea de frecvență

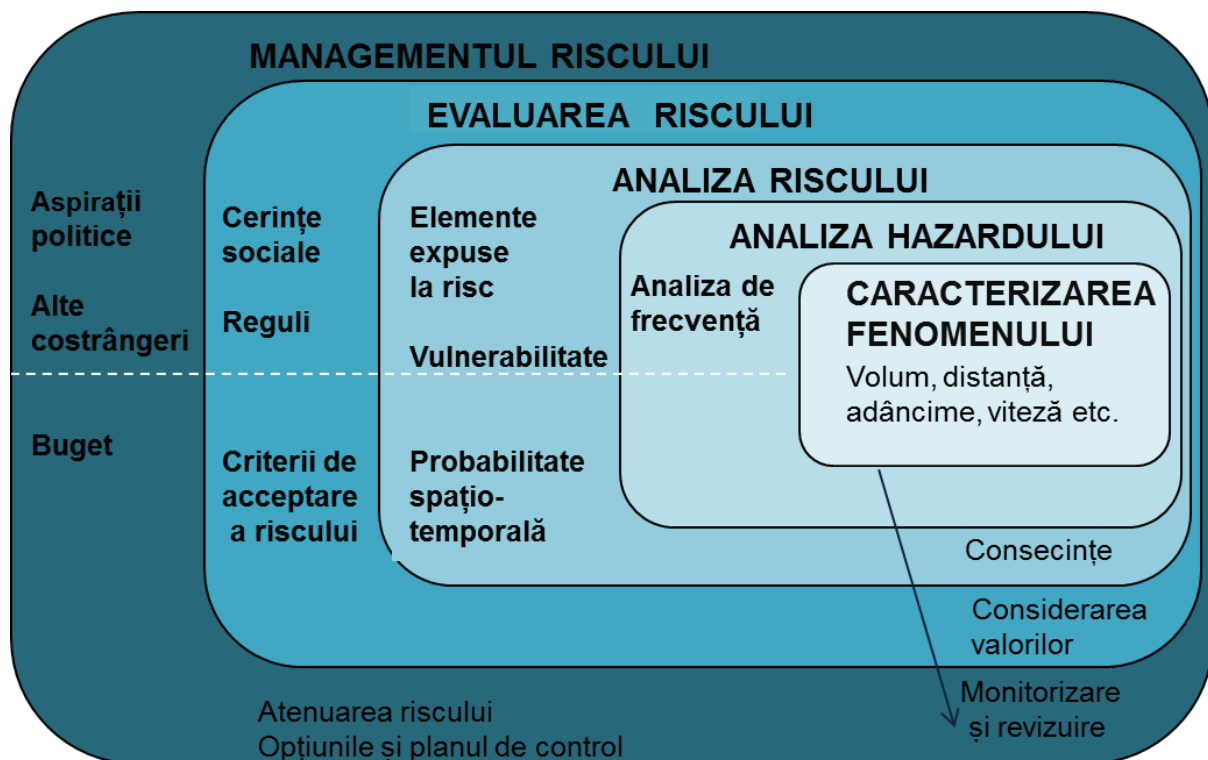


Fig.2. Etapele managementului riscului (după Fell R., Ho K.K.S., Lacasse S., Leroi E., 2005)

prin care se stabilește probabilitatea de produce și perioada de recurență. Analiza hazardului este înglobată în analiza riscului. Scopul analizei riscului este estimarea consecințelor negative asupra societății respectiv pagube sau chiar pierderi de vieți omenești generate de posibilele procese naturale periculoase (Douglas 2007, Fuchs 2009). Finalizarea evaluării corecte a riscului se traduce printr-un plan de management concret, care poate fi susținut de



bugetul administrației locale și care prin implementare duce în timp la atenuarea riscului în forma în care acesta a fost cunoscut la momentul elaborării planului.

### 3.3. Metode de evaluare a riscului

Se disting două direcții importante în cercetarea riscurilor asociate hazardelor naturale:

- *metodele cantitative*, se bazează pe analiza datelor statistice. Evaluarea riscului se face pe baza modelării numerice a caracteristicilor fenomenelor, conform rezultatelor acestora se estimează vulnerabilitatea elementelor la risc și se delimitează arealele expuse la risc.
- *metodele calitative*, folosesc calificative pentru aprecierea intensității manifestării fenomenelor extreme, a probabilității de producere, a nivelului hazardului și riscului asociat acestuia .

#### Metodologia de evaluare a riscurilor în Valea Tarcăului

Hărțile hazardului și riscului la inundații pentru valea Tarcăului au fost realizate pentru fenomenele cu perioadă de revenire mai mare de 100 de ani folosind metodologia adoptată în 2008 în Provincia Autonomă Bolzano/Tirolul de Sud pentru realizarea hărților de risc incluse planului urbanistic regional (\*\*2008a). Conceptul pune pe primul plan salvarea vieților umane, a centrelor locuite, neîntreruperea activităților economice și siguranța aprovizionării. În cazul hazardului geomorfologic s-a folosit aceeași metodologie, adaptându-se doar elementele pentru stabilirea nivelului hazardului la informațiile disponibile.

#### 3.3.1. Harta hazardului

Aceasta se realizează pe baza intensității și a probabilității de producere a fenomenului, ținându-se totuși cont de măsurile de protecție existente. Intensitatea fenomenului (tabelul 1) se combină în cadrul unei matrice (fig.3) cu probabilitatea de

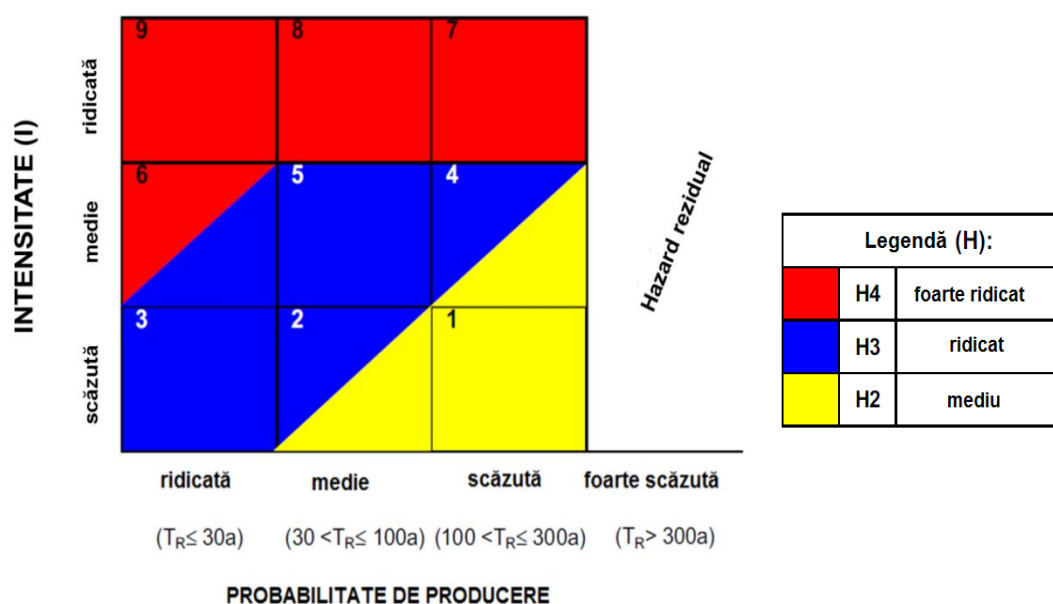
**Tabel .1.** Valorile prag pentru stabilirea intensității fenomenelor (modificate după BUWAL 1998, citat de \*\*\* 2008a)

Fenomen	Valori prag	Intensitate scăzută	Intensitate medie	Intensitate ridicată
viitură, viitură torențială	viitură <1.5%; viitură torențială 1,5 – 15%; < 30% material solid; < 40 km/h	$h < 0.5m$ $h \times v < 0.5 \text{ m}^2/s$	$h < 0.5 - 2m$ $h \times v < 0.5 - 2 \text{ m}^2$	$h > 2m$ $h \times v > 2 \text{ m}^2/s$
curgere de debris	panta > 15%, material solid 30-70%, 40->60km/h	-	$M < 1m$ sau $v < 1m/s$	$M > 1m$ sau $v > 1m/s$
eroziune	continuă	$d < 0.5m$	$d = 0.5 - 2m$	$d > 2m$
h= înălțimea stratului de apă; h x v= presiune hidrodinamică; d= grosimea medie a materialului erodat sau a eroziuni malurilor, măsurată perpendicular pe panta, mal abrupt; M= grosimea depozitului				

producere (tabelul 2), rezultând astfel pentru fiecare tip de fenomen un nivel al hazardului cuprins între mediu și foarte ridicat.

**Tabel 2.** Probabilitatea de producere exprimată în perioadă de revenire ( modificată după BUWAL 1998 citat de \*\*\* 2008a)

Probabilitate de producere		Perioadă de revenire ( $T_R$ )	
<b>ridică</b>	100% pana la 82%	$T_R \leq 30$ ani	<b>foarte frecvent</b>
<b>medie</b>	82% pana la 40%	$30 \text{ ani} < T_R \leq 100$ ani	<b>frecvent</b>
<b>scăzută</b>	40% pana la 15%	$100 \text{ ani} < T_R \leq 300$ ani	<b>rar</b>
<b>foarte</b>	<15%	$T_R > 300$ ani	<b>foarte rar</b>



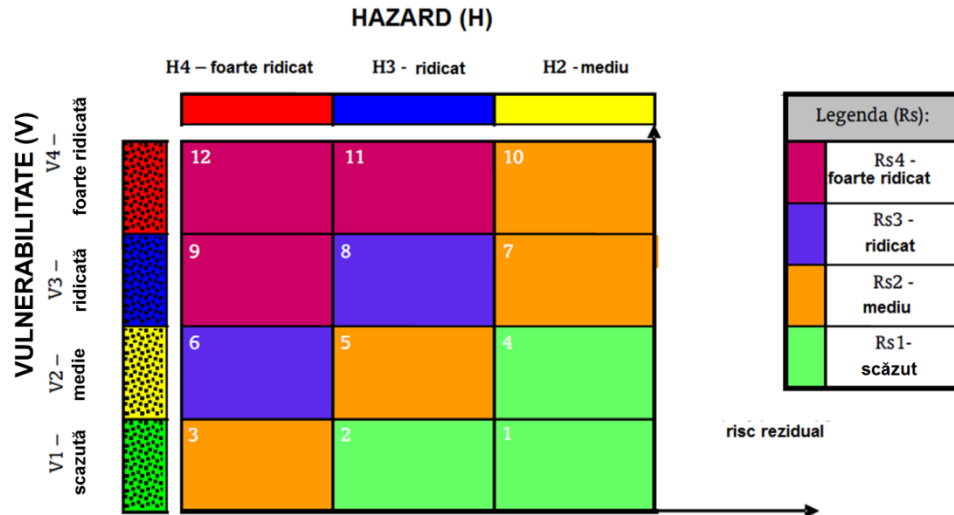
**Fig. 3.** Matrice pentru definirea nivelului hazardului în cazul fenomenelor hidrice, (modificată după BUWAL 1998 citat de \*\*\* 2008a).

### 3.3.2. Evaluarea riscului specific

Riscul specific reprezintă prejudiciul cauzat în cazul unui element expus la risc în funcție de nivelul hazardului și al vulnerabilității (fig.3). Acesta se exprimă prin relația  $R_s = H \cap V$ . Pentru cuantificarea vulnerabilității acestora se consideră elementele individual, care sunt încadrate în 4 clase de vulnerabilitate: foarte ridicată, ridicată, medie, scăzută. Rezultă 4 clase ale riscului :

- *foarte ridicat* – indică posibilitatea pierderilor de vieți umane și a leziunilor grave, a producerii de daune grave în cazul clădirilor, al infrastructurii, și al mediului, distrugerea activității economice.

- *ridicat* – subliniază posibilitatea apariției problemelor în asigurarea siguranței populației, a perturbării funcționării clădirilor și a infrastructurii cu imposibilitatea



**Fig. 4.** Matricea combinării claselor de hazard (H) și vulnerabilitate (V) pentru obținerea riscului specific (modificată după BUWAL 1998, citat de \*\*\* 2008a).

folosirii acestora, întreruperea activității socio-economice și pagube de mediu importante.

- *mediu* - indică posibilitatea apariției daunelor minore la clădiri, infrastructură și mediu care nu prejudiciază siguranța persoanelor, funcționarea clădirilor și a activităților socio-economice. Se consideră pericolul a fi redus chiar și pentru persoanele aflate în exteriorul clădirilor.

-*scăzut* – caz în care daunele sociale, economice și de mediu sunt marginale.

### 3.4. Modelarea zonei inundabile

Pentru obținerea înălțimii stratului de apă în vederea stabilirii intensității inundației s-a calculat zona inundabilă cu ajutorul programului de modelare unidimensională HEC-RAS. Analizele hazardelor hidrice bazate pe modelări unidimensionale, din care rezultă hărți de hazard se compun din 4 părți: colectarea datelor, o parte hidrologică, una hidraulică și calcularea zonei inundabile (Panayotis et al. 2008). HEC-RAS modelează unidimensional suprafața apei, atât pentru mișcarea uniformă cât și pentru mișcarea turbulentă, în cazul celor trei regimuri: subcritic, supercritic sau mixt.

Calcululele hidraulice sunt realizate pentru fiecare profil transversal în parte, pentru a obține altitudinea suprafeței apei, adâncimea critică, altitudinea gradientului energetic și viteza (Ackerman et al. 2000). Nivelul apei calculat pentru fiecare profil transversal se transpune pe modelul digital de elevație pentru a putea stabili limita arealului inundabil.

HEC-RAS a fost folosit pentru modelarea zonei inundabile doar pentru 4.8 km, pe baza a 111 profile transversale ridicate în sectorul inferior al văii Tarcău, respectiv sectorul cuprins între postul hidrometric Cazaci și confluența Tarcăului cu Bistrița.

#### 4. DENDROCRONOLOGIA ÎN STUDIUL HAZARDELOR NATURALE

Dendrocronologia reprezintă știința datării inelelor de creștere ale arborilor, incluzând investigațiile privind informațiile conținute în structura inelelor datate, și aplicațiile acestora în probleme de mediu și istorice (Kaennel, Schweingruber 1995).

##### 4.1. Prelevarea și analiza probelor

Se pot preleva două tipuri de probe: carote, obținute cu ajutorul unui burghiu Pressler sau secțiuni transversale. Pe ambele acestea se măsoară lățimea inelelor de creștere la microscop la o precizie de 0,001 mm.

##### 4.2. Studiu dendrohidrologic

Acest tip de studiu se bazează pe principiul proces – eveniment – răspuns reprezentat schematic în figura 5. Pe baza anomaliilor de creștere identificate la nivelul inelelor anuale se stabilește frecvența de producere a procesului cauzator, în timp ce pe baza poziției arborilor în relație cu arealul de manifestare se poate determina extinderea spațială a acestuia. Frecvență obținută astfel poate fi doar o una minimă. Anomaliile de creștere analizate s-au rezumat la canalele traumatiche rezinifere, și țesut calus datorita absenței celorlalte.

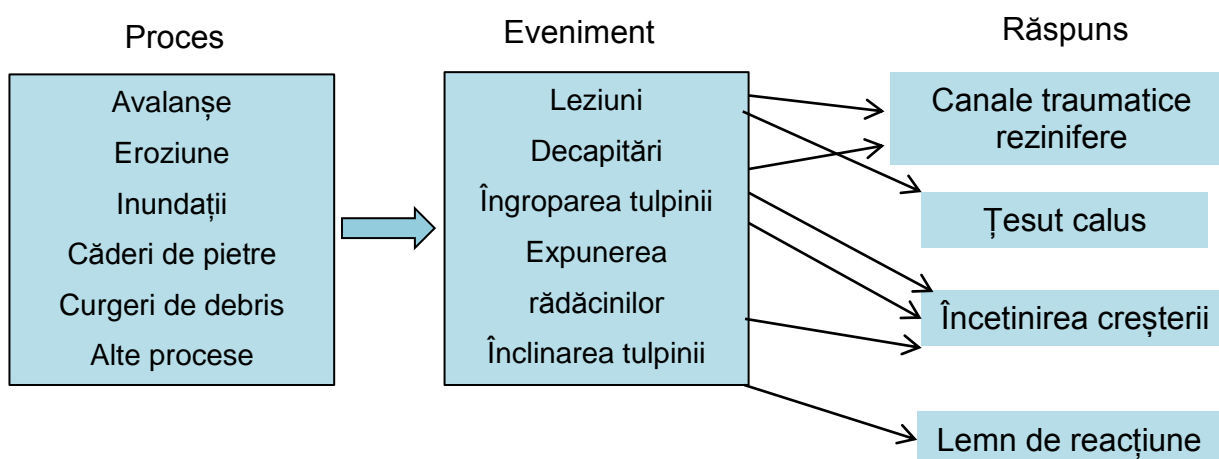


Fig 5. Conceptul proces – eveniment - răspuns ( după Schroder, 1978)

##### 4.3. Studiu dendroclimatic

###### 3.5.3.1. Reconstituire climatică

Variația lățimii inelelor este de obicei neomogenă, incluzând și influența vârstei, care determină scăderea grosimi inelului odată cu creșterea acesteia din urmă. În cazul predominării acestor variații, se impune o *standardizare* a datelor, pentru a obține o serie nouă cu tendință de creștere eliminată și de asemenea o medie și o variație mai omogene în timp (Fritts, 1979). Aceasta constă în eliminarea variațiilor pe termen lung din cadrul unei serii de creștere, prin divizarea valorilor acesteia la valorile estimate de către o funcție de netezire, și astfel transformarea acesteia într-o serie temporală de indici de creștere (Kaennel, Schweingruber, 1995). Alegerea *funcției de netezire* folosită în standardizare depinde și de caracteristicile seriei ce trebuie indexată și de interesul utilizatorului asupra variațiilor de joasă, medie sau înaltă frecvență. În cazul standardizării seriei din Valea Tarcăului s-au folosit 5 dintre aceste funcții din care rezultă 5 serii dendrocronologice, etapele prelucrării statistice în vederea reconstituirii climatului fiind sintetizat în figura 6. Aceasta se realizează în două etape, calibrare și verificare, și necesită 2 șiruri de date climatice sub forma valorilor

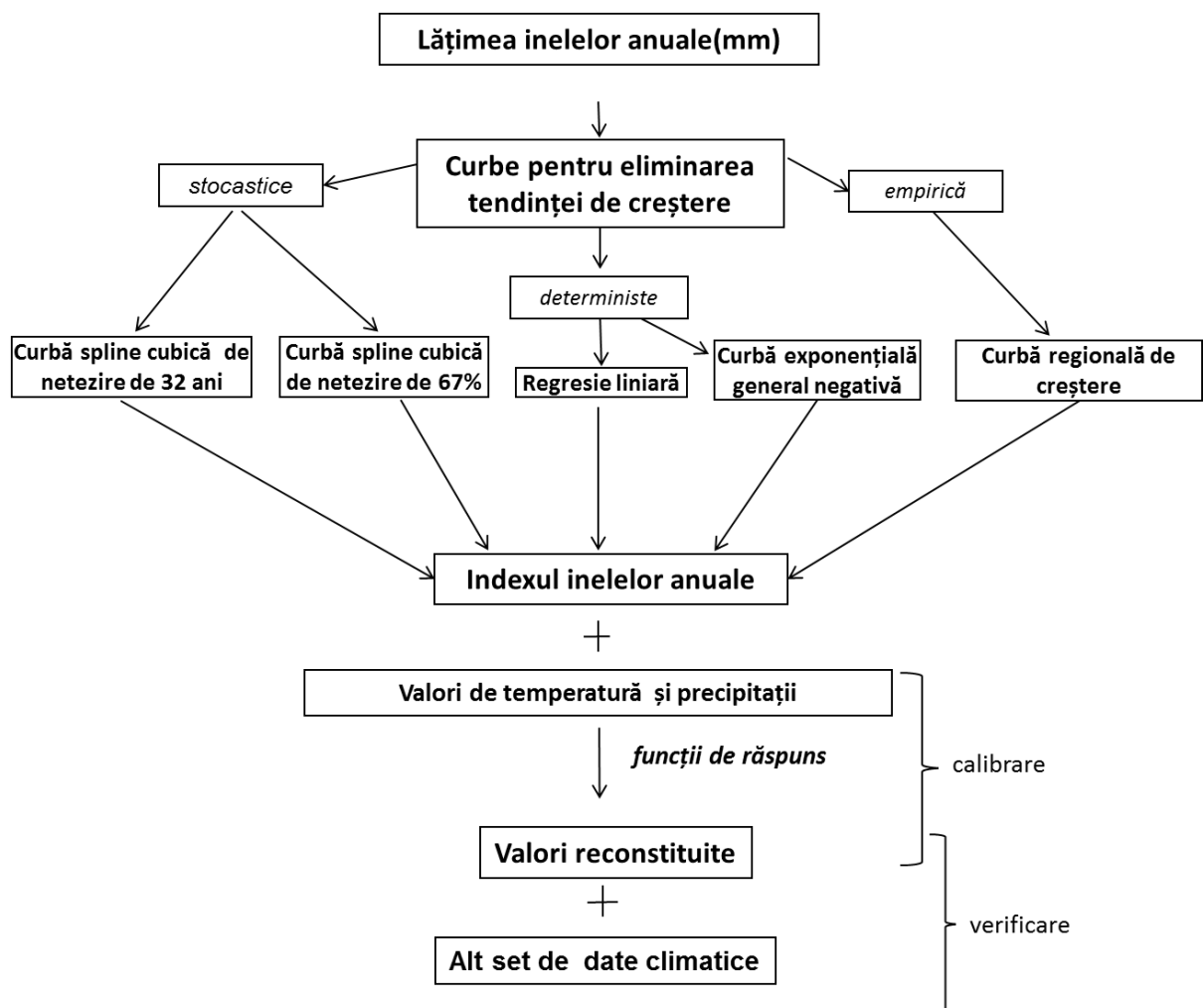
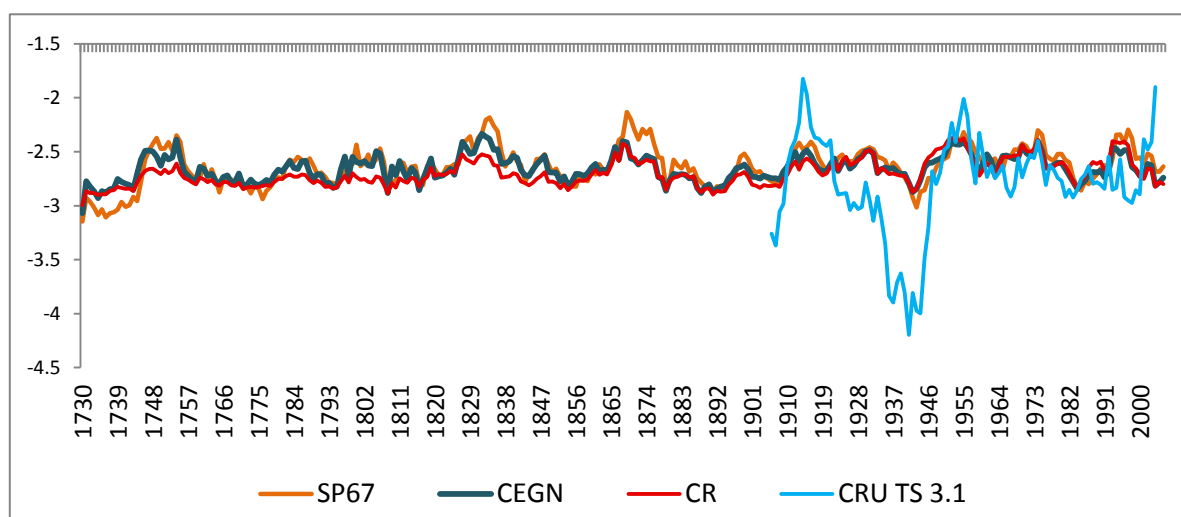


Fig. 6. Etapele procesului de reconstituire a variației climatice trecute.

medii lunare de temperatură și precipitații, cu lungimi minime de 30 ani.

*Calibrarea* constă în identificarea funcțiilor de răspuns, respectiv relația statistică pe baza căreia elementele climatice condiționează creșterea inelelor anuale.

*Verificarea* valorilor reconstituite se realizează folosind un set de date climatice diferit de cel introdus pentru calibrare. Coeficienții ecuației de calibrare sunt aplicați datelor climatice fie aparținând unui interval temporal diferit, fie unei alte stații meteorologice



**Fig.7.** Variația decadală a temperaturilor de iarnă reconstituite (noiembrie, decembrie, ianuarie), și a celor ale punctului de grid CRU TS 3.1 reprezentativă pentru arealul studiat.

Seria dendrocronologică Tarcău are o lungime de 338 ani acoperind intervalul 1673-2011, iar vârsta medie a arborilor este de 226 ani. Valoarea de 0,234 o încadrează în categoria seriilor cu sensibilitatea medie.

Toate cele 5 serii de indici au indicat același răspuns la temperatură și precipitații, deși cu mici diferențe la nivelul intensității: temperaturile de iarnă (noiembrie – decembrie - ianuarie) și precipitațiile de vară (iulie) influențează creșterea inelelor anuale în cazul pădurii Goșman (fig. 4.2.), coeficienții de corelație și răspuns depășind limitele intervalului de confidență de 95% pentru aceste luni.

Figura 7 prezintă variația temperaturilor de iarnă reconstituite pentru intervalul 1730-2011, pe baza indicilor inelelor anuale, obținuți cu ajutorul curbelor de standardizare: funcția spline cu prag de 67%, curba exponențială general negativă și curba regională de creștere. Pentru toate cele trei reconstituirii se poate identifica o ușoară tendință pozitivă.

Valorile de corelație obținute între precipitațiile reconstituite și cele calculate pentru punctul de grid, nu depășesc pragul de 0,5, însă, rezultatele obținute ar susține ipoteza creșterii cantității de precipitații, reflectată în valorile de debite. Calcularea unei tendințe

liniare pentru debitele măsurate la postul Ardeluța în perioada 1976-2011 indică o creștere cu 0,83 m<sup>3</sup>/s a debitelor medii, valoare validată de o semnificație statistică de 0,001, și o creștere cu 1,5 m<sup>3</sup>/s a debitelor maxime, în condițiile în care debitul mediu multianual pentru aceeași perioadă este de 1,15 m<sup>3</sup>/s. De asemenea, valorile de precipitații măsurate la postul Ardeluța în perioada 1981-2011 pentru luna iulie indică o creștere a acestora cu 33 mm, la o semnificație statistică de 0.05.

### 3.5.3.2 Analiza anilor caracteristici

Pe baza variației anuale a lățimii inelelor de creștere, se pot identifica și anii cu condiții climatice extreme, atât pozitive și negative pe baza anilor caracteristici. Referindu-se la aceștia, Schweingruber și Kaennel (Schweingruber et. al., 1990, Kaennel și Schweingruber, 1995) indică următorii doi parametri:

- an eveniment sau inel caracteristic – anul în care creșterea radială dintr-o serie de creștere este evident mai redusă sau mai ridicată decât valoarea medie a lățimii inelelor anuale;
- an caracteristic – anul eveniment pentru care majoritatea arborilor dintr-o populație prezintă un inel caracteristic de aceeași natură (pozitiv sau negativ).

Relația parametri climatici – ani caracteristici pozitivi sau negativi se poate evalua pe baza corelației între variația celor două seturi de date. Astfel, se analizează valorile de temperatură și precipitații pentru două sezoane de vegetație, cel al anului pentru care se face analiza, și cel al anului anterior, cunoscută fiind influența ambelor sezoane asupra creșterii radiale a arborilor.

Calculul anilor caracteristici în cazul seriei dendrocronologice Tarcău s-a efectuat pentru perioada 1800-2011, identificându-se de 12 ani, dintre care 5 pozitivi și 7 negativi, enumerați în tabelul 3.

Analiza parametrilor climatici pentru acești ani a subliniat faptul că regimul termic din sezonul de vegetație este principalul factor care condiționează creșterea radială, anii caracteristici negativi corelându-se bine cu anii în care valorile temperaturilor de vară scad considerabil sub medie, în timp ce anii pozitivi sunt asociați verilor foarte calde (însă nu

**Tabel 3.** Anii caracteristici ai seriei dendrocronologice Tarcău

An	Tip
<b>1821</b>	-
<b>1873</b>	+
<b>1893</b>	-
<b>1902</b>	+
<b>1927</b>	+
<b>1937</b>	+
<b>1947</b>	-
<b>1948</b>	-
<b>1949</b>	-
<b>1964</b>	-
<b>1996</b>	-
<b>1998</b>	+

secetoase, deficitul de precipitații limitând creșterea), extremele secolului fiind caracterizate de ani cu creștere accentuată apărută pe fondul verilor calde.

## **5. HAZARDUL HIDRIC ȘI RISCUL ASOCIAT**

### **5.1. Analiza hazardului hidric**

Atât la nivel național, cât și în cazul râului Tarcău, predomină viiturile pluviale, urmate apoi de cele pluvio - nivale. Peste 66% din viiturile cu debitul maxim anual înregistrate în intervalul 1991-2011 se produc vara, 26.19% apar toamna, respectiv în lunile septembrie și octombrie, în timp ce doar 7.14% din viiturile cu debit maxim anual înregistrate în ultimii 20 de ani în bazinul Tarcăului s-au produs primăvara. Frecvența viiturilor este foarte ridicată, acestea producându-se anual, însă valori ridicate ale debitelor, care depășesc media multianuală a debitelor maxime pentru ultimii 20 de ani, apar în anii 1991, 1998, 2001, 2002, 2005, 2010 și 2011.

Valorile medii lunare de precipitații înregistrate la posturile hidrometrice Cazaci și Ardeluța în intervalul temporal 1991-2011 pentru lunile de vară se încadrează între 112 mm pentru luna august (ambele posturi) și 154.4 mm (Cazaci), respectiv 147.3 mm pentru luna iulie (Ardeluța). Maximul istoric al precipitațiilor căzute în 24 de ore, de 150.7 mm (Ardeluța) înregistrat în data de 12 iulie 2005 se apropie de valorile medii lunare pentru aceeași lună. Acesta, a generat și viitura cu cel mai mare debit de vârf înregistrat la ambele posturi hidrometrice: 217 m<sup>3</sup>/s la Cazaci și 127 m<sup>3</sup>/s la Ardeluța. Pe baza acestei viituri istorice din iulie 2005 a fost realizată harta zonei inundabile pentru bazinul Tarcăului de către SGA Neamț.

#### **5.1.1. Zona inundabilă**

În cea mai mare parte a văii Tarcăului, nivelul apei nu depășește malurile, în cazul unei viituri similare celei istorice din iulie 2005, apărând doar câteva areale inundate în aval de confluența Aței cu Tarcăul.

Datorită inundării Luncii Lăcătușului destul de frecvent, a numărului ridicat de gospodării (20-25), expuse la inundații, a erodării malului stâng în acest sector, (în 2005 structura unei case fiind afectată prin îndepărtarea aluviunilor de sub temelia casei) în toamna anului 2011 s-au finalizat o serie de lucrări menite să protejeze acest areal de viituri:

- lucrări de curățare a albiei, îndepărtându-se un ostrov de 40 000 m<sup>3</sup>;
- s-a încercat accentuarea pantei râului;



- s-a construit un zid de protecție de 900 m lungime și 2 m înălțime pe malul stâng al Tarcăului, înălțat cu încă 1m de depozite aluvionare ;

- s-a încercat mutarea talvegului înspre malul stâng, respectiv la baza zidului de protecție, în arealele în care talvegul preexistent nu era foarte pronunțat.

În consecință, a fost necesară recalcularea zonei inundabilă, pentru sectorul aflat în aval de postul Cazaci până la confluența cu Bistrița, realizată pe baza a 111 profile transversale cu ajutorul programului HEC-RAS. Rezultatele indică faptul că lucrările de protecție sunt în conformitate cu proiectul, iar rolul acestora este îndeplinit, nivelul apei calculat în cazul unei viituri cu debit de vârf de 217 m<sup>3</sup>/s nu depășește coronamentul zidului de protecție.

### **5.1.2. Studiu dendrohidrologic**

Pe baza metodologiei prezentată în capitolul anterior s-au analizat probele extrase din 34 de molizi aflați pe malul drept al râului Tarcău. Lipsa arborilor și în special a coniferelor de pe malul stâng a restrâns studiul doar la malul drept. În cazul a 38 % din arborii studiați nu au fost identificate canale traumatice rezinifere, ceea ce indică o creștere neperturbată. În cazul celor la care acestea apar, ele au fost identificate pentru anii: 1942, 1943, 1946, 1947, 1948, 1953, 1969, 1971, 1973, 1974, 1975, 1986, 1994, 1995, 1998, 1999, 2002, 2005, 2006, 2007. Din păcate, în majoritatea cazurilor, procentul de arbori care indică reacția pentru fiecare an în parte este destul de scăzut, de multe ori, canalele traumatice rezinifere identificate pentru un an apărând doar la 1-2 arbori. Singurul eveniment care este confirmat de numărul minim de arbori necesar, este cel din 1994, iar localizarea arborilor care îl semnaleză indică malul drept în imediata apropiere a confluenței râului Frasin cu Tarcăul.

### **5.1.3. Harta hazardului hidric**

Harta zonei inundabile a fost realizată pentru debitul viiturii istorice, iar pe baza acesteia harta hazardului la inundații. Ținând cont de intensitatea ridicată, nivelul apei depășind 2 m la ambele posturi hidrometrice, și de probabilitatea scăzută de producere a acesteia s-a considerat hazardul ca fiind foarte ridicat pentru întreaga vale a Tarcăului. În ceea ce privește sectorul aflat în aval de postul hidrometric Cazaci nivelul hazardului variază între foarte ridicat pentru albia majoră și ridicat și mediu pentru arealele adiacente albiei.

## **5.2. Analiza riscului asociat hazardului hidric**

### **5.2.1. Analiza elementelor expuse la risc**

Elementele expuse la risc pot fi încadrate în categorii foarte diferite, de la populație la structuri construite, activități economice și elemente de mediu. În cazul Văii Tarcăului considerând pagubele rezultate în urma inundațiilor, se observă înregistrarea doar a pagubelor directe, respectiv a celor tangibile, nefiind cazul pierderilor de vieți omenești.

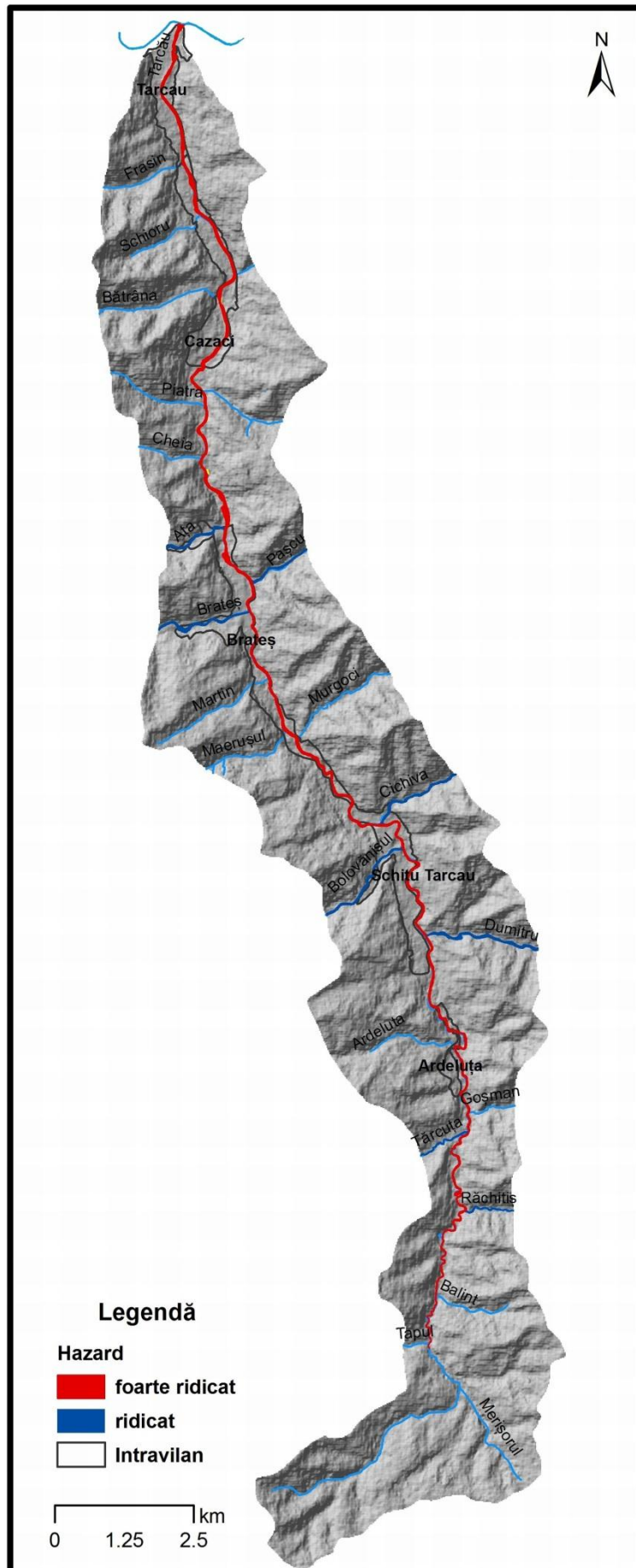
Clasificarea acestora în funcție de tipul elementului afectat, indică 3 categorii: locuințele și toate anexele acestora, infrastructura de transport și cea liniară.

**Tabel.34.** Pagube pe categorii, pentru anii 2004 - 2012

<b>Tip element afectat</b>	<b>Pondere</b>
gospodării si anexe	1,12
drumuri, poduri, punți și podețe	98,84
linii de tensiune	0,04

Pagubele cele mai importante s-au înregistrat la nivelul infrastructurii de transport. Drumul comunal 135 care leagă Valea Tarcăului la rețeaua de drumuri

naționale, este amplasat pe terasele inferioare ale Tarcăului, iar datorită eroziunii laterale intense în timpul viiturilor acesta poate fi afectat. De asemenea, probleme apar la confluente din cauza subdimensionării canalelor prin care afluenții Tarcăului sunt canalizați pe sub drumul comunal, și a acțiunii materialului solid transportat de cursul de apă. Ponderea redusă a pagubelor la nivelul gospodăriilor se explică prin înălțimea redusă a stratului de apă în arealele locuite și depărtarea locuințelor de maluri, fiind afectate mai ales anexele acestora. Măsurile de protecție la inundații și eroziune laterală sunt reprezentate de ziduri de gabioane și de beton.



**Fig.8.** Harta hazardului la inundații pentru Valea Tarcăului.

### **5.2.2. Vulnerabilitatea elementelor expuse la risc**

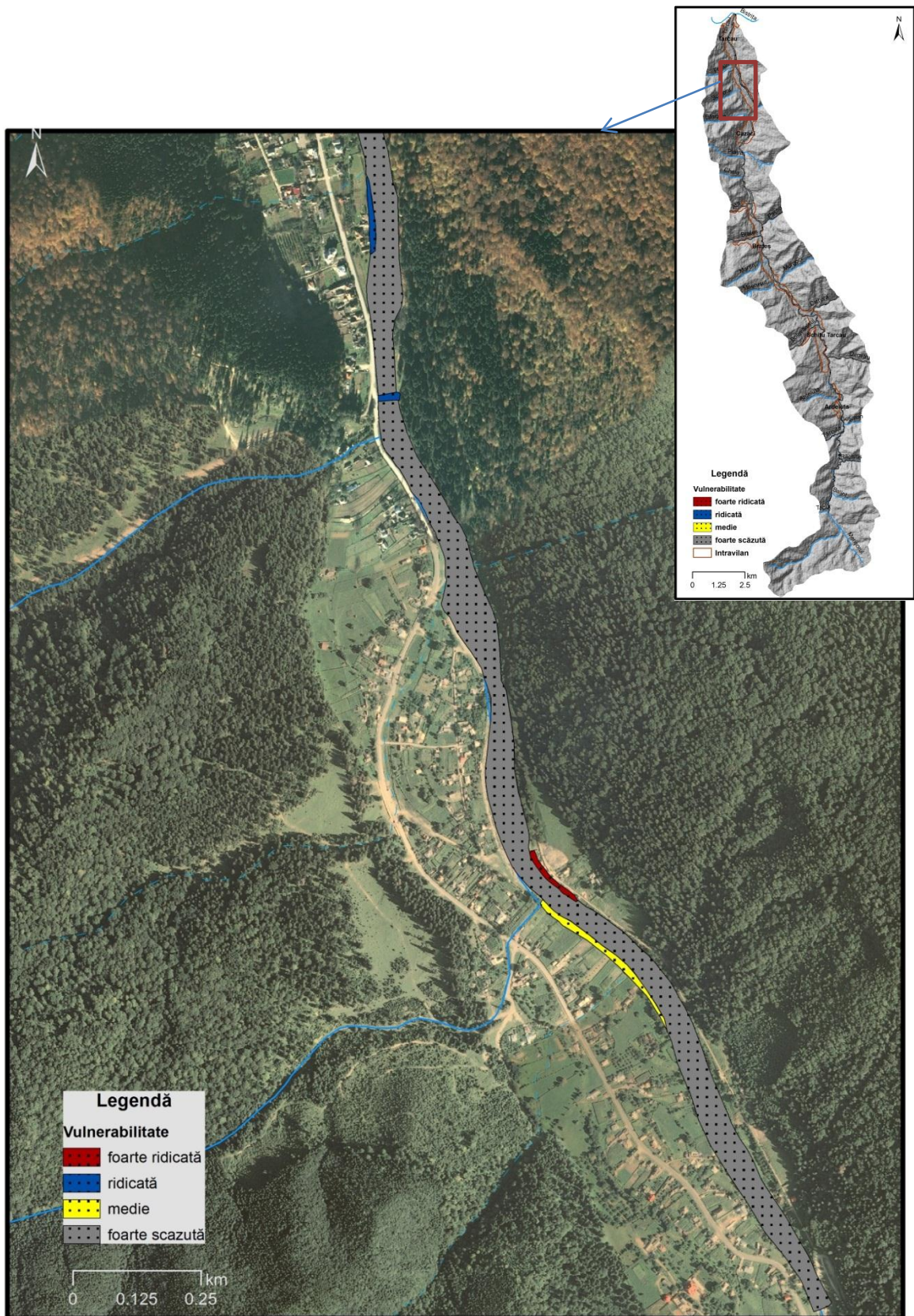
În evaluarea vulnerabilității elementelor expuse la risc în cazul întregii văi a Tarcăului, s-a ținut cont de nivelul foarte ridicat al hazardului estimat, însă, și de extensiunea zonei inundabile, care practic nu depășește albia majoră, cu câteva mici excepții.

Elementele ce ar putea fi considerate ca fiind expuse la risc se rezumă astfel la cele prezente în albia Tarcăului, singurele la care se poate face referire în acest caz fiind podurile. În consecință, s-a introdus o nouă clasă de vulnerabilitate, complementară matricei prezentată în capitolul de metodologie, respectiv vulnerabilitate foarte scăzută, reprezentată cu culoarea gri la nivelul albiei. Practic, lipsa elementelor antropice în albie ar implica abordarea susceptibilității albiei la procese de eroziune laterală, însă inexistența informațiilor necesare pentru formularea unor concluzii veridice, a determinat formularea doar a ipotezei vulnerabilității foarte scăzute.

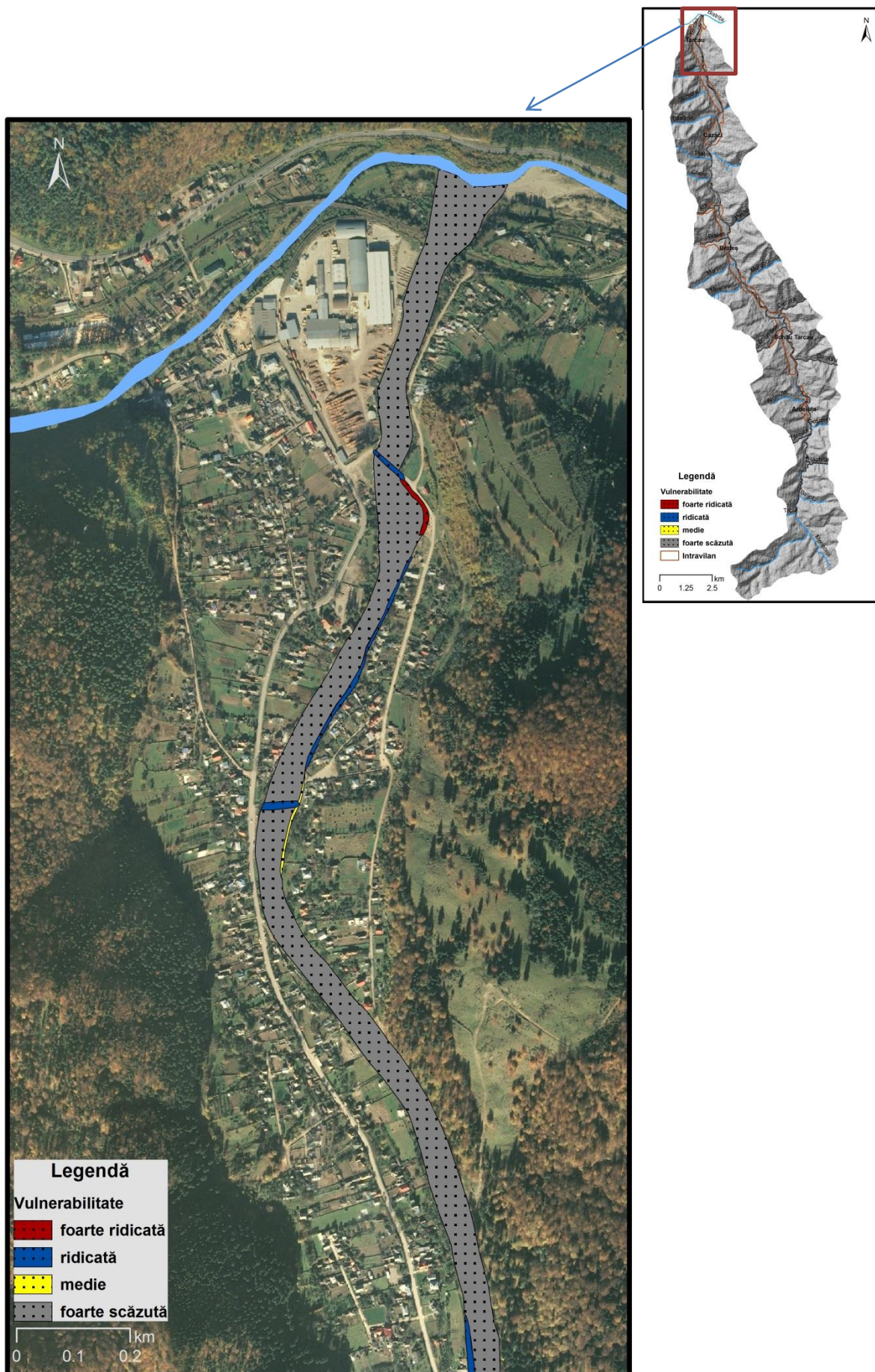
Datorită configurației albiei în amonte de râul Ața nivelul apei la viitură nu îl depășește pe cel al malurilor. Elementele vulnerabile prezente în aval de acesta includ : 1 pod, 2 punți pietonale, 2 drumuri sătești, 3 cabane turistice, anexe gospodărești, și culturi agricole. Vulnerabilitatea fiecărui element s-a clasificat pe atât baza informațiilor privind pagubele produse anterior, în cazul în care acestea au existat, cât și din perspectiva posibilelor leziuni fizice, și a siguranței, luând în considerare populația ce poate fi afectată. Se observă preponderența vulnerabilității ridicată și foarte ridicată, atribuită infrastructurii de transport sau a elementelor gospodărești.

### **5.2.3. Riscul asociat hazardului hidric**

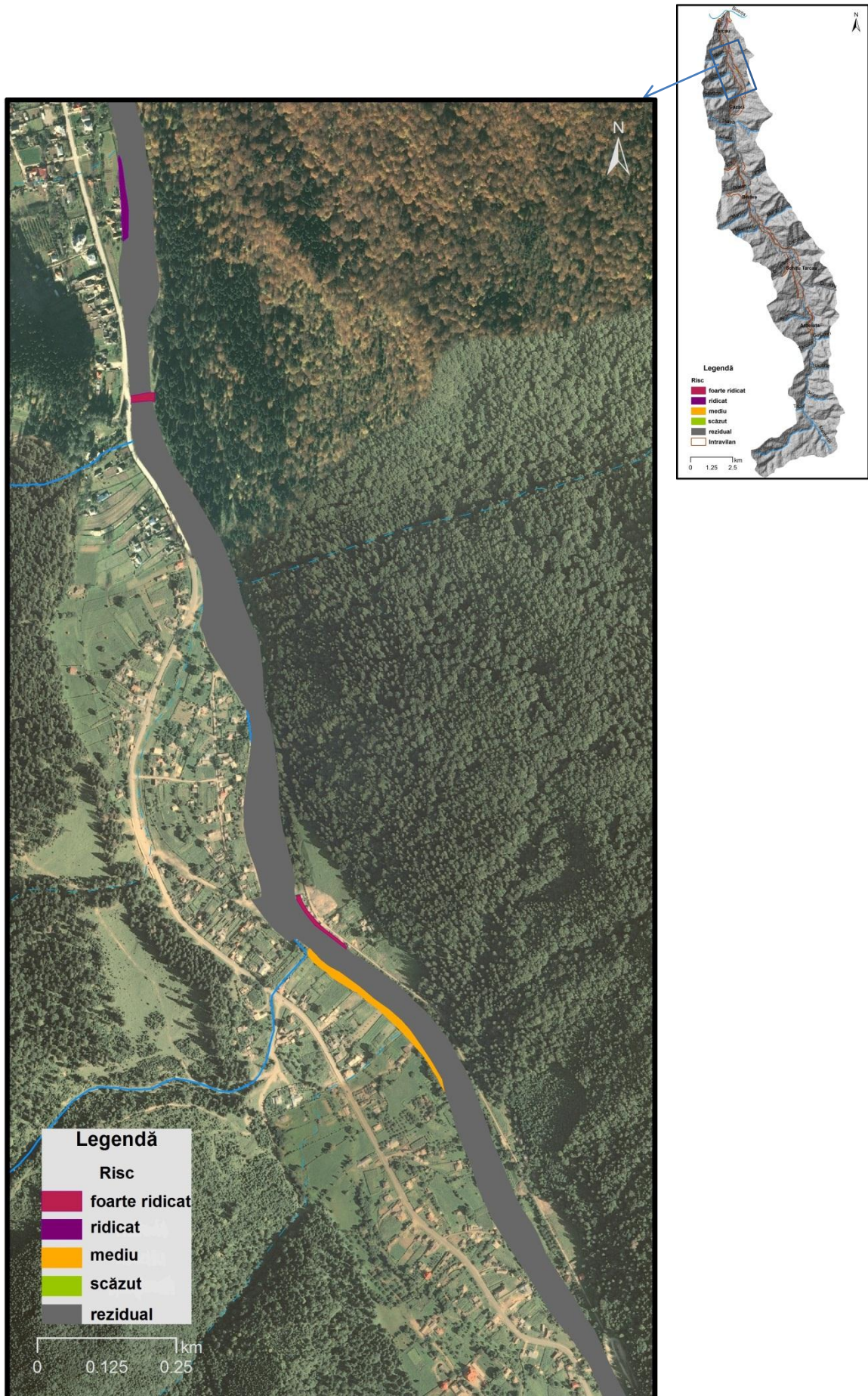
Riscul specific se stabilește pe baza relației  $R_s = H \cap V$ , iar harta riscului se obține prin intersectarea celei a hazardului cu cea a vulnerabilității elementelor expuse la risc. Ca și în cazul vulnerabilității unde s-a creat clasa celei foarte scăzute, s-a introdus clasa riscului rezidual, pentru a reliefa situația în care vulnerabilitatea foarte scăzută se suprapune hazardului foarte ridicat ambele indicate în cazul albiei Tarcăului. Se observă predominanța acestuia, numărul de elemente vulnerabile fiind redus. Acestea se rezumă în principal la elemente de infrastructură, respectiv poduri, punți și drumuri sătești. Tuturor acestora li se atribuie un grad ridicat și foarte ridicat de risc, datorită probabilității afectării lor și implicit a perturbării sau chiar a întreruperii circulației care poate determina izolarea temporară a număr mai mic sau mai mare de persoane, în funcție de locația producerii. Acestora li se adaugă puținele areale cu anexe gospodărești și culturi agricole cărora li se atribuie un risc scăzut sau ridicat în funcție de caz.



**Fig. 8.** Vulnerabilitatea elementelor expuse la risc hidric în satul Cazaci



**Fig. 9.** Vulnerabilitatea elementelor expuse la risc hidric în satul Tarcău



**Fig.11.** Harta riscului asociat hazardului hidric pentru satul Cazaci.

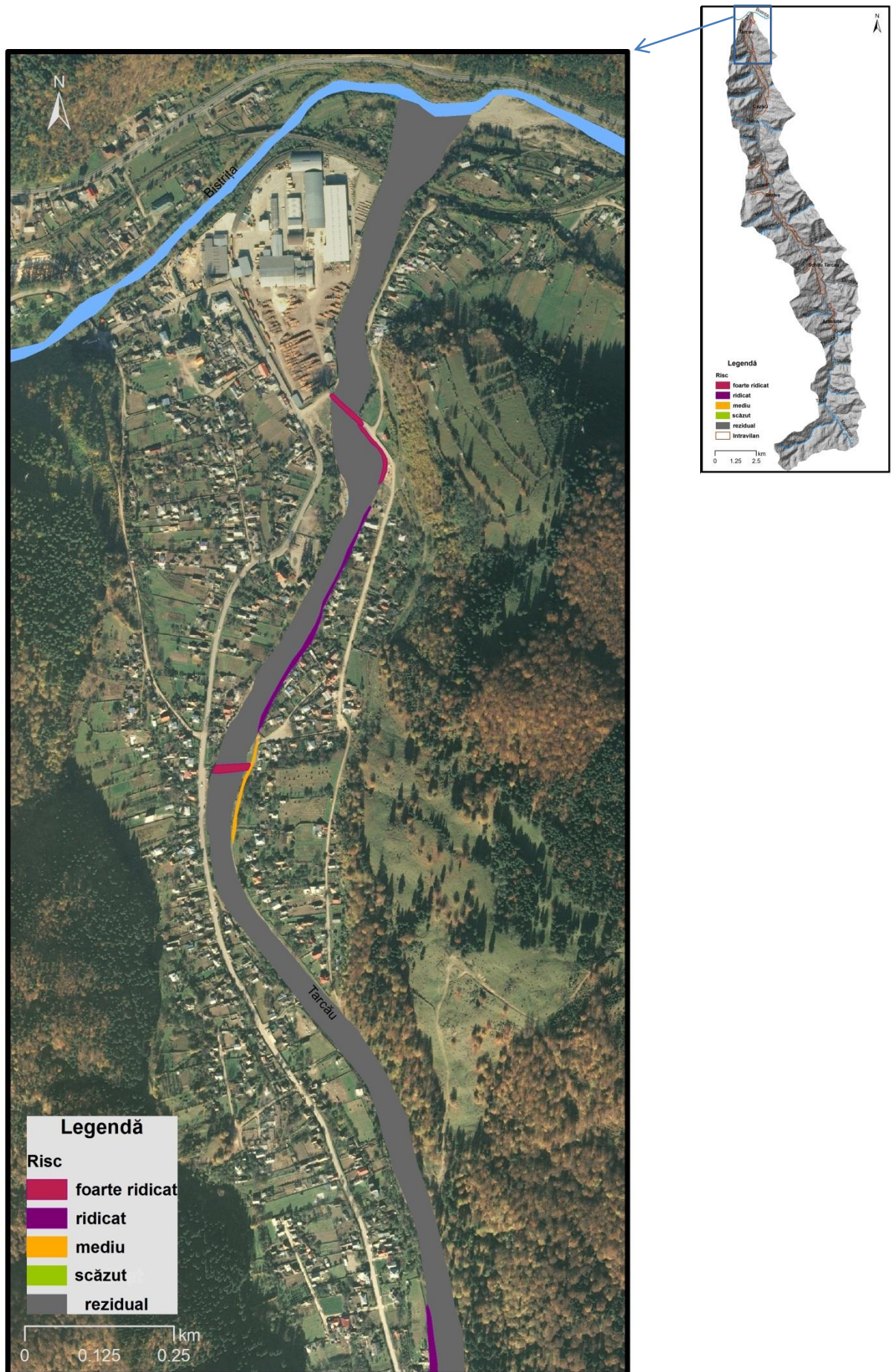


Fig.12. Harta riscului asociat hazardului hidric pentru satul Tarcău.



## 6. HAZARDUL GEOMORFOLOGIC ȘI RISCUL ASOCIAT

### 6.1. Analiza hazardului geomorfologic

În cazul văii Tarcăului se evidențiază procesele rezultate din eroziunea hidrică liniară (ogașe, ravene, torenți), cărora li se adaugă surpările. Formarea și evoluția acestora depinde de o serie de factori climatici, geomorfologici litologici, biogeografici și antropici, însă poate cel mai important factor care determină manifestări accentuate îl reprezintă precipitațiile. Pentru bazinul Pângărați Rădoane N (1980) a atribuit o importanță sporită celor de peste 50 mm/24 h cu caracter torențial. Puținele evenimente înregistrate în cazul Tarcăului, pentru care se cunoaște exact data producerii și pentru care se dețin informații privind cantitatea de precipitații măsurată la posturile pluviometrice indică de asemenea valori de peste 50 mm/24 h.

Intervenția antropică rezultă în urma activităților de exploatare forestieră. Adesea, concentrarea apei se realizează fie în lungul drumurilor forestiere fie pe traseele de tractare a lemnului exploatate, care nu se suprapun cu drumurile forestiere, apărând frecvent ogașe.

Ravenele au o distribuție mai restrânsă, duritatea substratului și grosimea relativ redusă a deluviilor formate pe acestea împiedicând adesea adâncirea formelor de eroziune liniară până la dimensiunile unei ravene. Un caz particular îl reprezintă ravenele aflate pe terasa cu altitudine relativă de 35 - 40 m prezentă fragmentată pe stânga Tarcăului între afluenții Bătrâna și Frasin, care secționează frontul terasei, vârful acestora înaintând regresiv pe podul terasei. Torenții au o răspândire relativ uniformă în Valea Tarcăului.

Pentru elaborarea **hărții hazardului**, a vulnerabilității și riscului s-a adaptat metodologia folosită în evaluarea hazardelor hidrice, păstrându-se matricea de combinarea a vulnerabilității și hazardului pentru stabilirea claselor de risc. Din cauza lipsei informațiilor necesare pentru a stabili intensitatea fenomenului conform valorilor prag ale metodologiei tiroleze, cât și a imposibilității determinării unei perioade de revenire pentru fiecare, s-au utilizat alte clase pentru a stabili nivelul hazardului stabilite pe baza informațiile deținute. S-au stabilit 3 clase: scăzut, mediu și ridicat.

Dacă în cazul arealelor inundate de râul Tarcău s-a observat influența măsurilor de protecție în reducerea vulnerabilității elementelor expuse, în acest caz se evidențiază ineficiența măsurilor realizate incorect sau nefinalizate. Efectul lor este aproape nul, deși se reține materialul solid în spatele zidului de protecție, acțiunea erozivă a apei asupra drumului

nu este înlăturată, la fiecare eveniment cu precipitații abundente sau la topirea rapidă a zăpezilor drumul comunal și gospodăriile din imediata apropiere a acestuia putând fi inundate.

## **6.2. Analiza riscului asociat hazardului geomorfologic**

Vulnerabilitatea elementelor expuse la risc a fost stabilită pe baza pagubelor generate în anii precedenți de procesele geomorfologice la nivelul infrastructurii de transport, aceasta fiind singura afectată de ele. S-au stabilit 4 clase foarte scăzută, scăzută, medie și ridicată atribuite astfel:

- cea foarte scăzută apare în cazul arealelor forestiere, unde infrastructura de transport lipsește;
- cea scăzută pentru cazul în care pagubele sunt generate la nivelul anexelor gospodărești, nefiind cazul afectării locuințelor;
- cea medie pentru arealele în care elementele expuse la risc includ drumurile secundare, în principal cel de pe malul drept al Tarcăului, care urmărește traseul fostei mocănițe, fiind o alternativă de acces în anumite areale în cazul în care DC135 este blocat pe anumite sectoare;
- cea ridicată descrie vulnerabilitatea drumului comunal 135.

Principalele elemente expuse la risc sunt reprezentate de drumuri, și într-o proporție foarte mică de anexe gospodărești. Ca și în cazul hazardului, arealele cu vulnerabilitate medie sau ridicată se concentrează în sectorul inferior al văii, antropizarea fiind mai accentuată în acest caz.

Combinând informațiile de pe harta hazardului cu cele de pe cea a vulnerabilității elementelor la risc se obținut valorile riscului pentru fiecare areal. Astfel, se identifică 3 areale cu risc foarte ridicat, respectiv cele având vulnerabilitate ridicată la confluența pârâului Cheia cu Tarcăul, a pârâului Bătrâna și sectorul cuprins între pârâul Schioru și Frasin. Ținând cont de localizarea punctuală a arealelor cu nivel mediu și ridicat de risc, și de suprafața redusă a acestora, se poate concluziona că în valea Tarcăului riscul la procese de versant este scăzut.

Nu în ultimul rând, trebuie ținut cont de manifestarea adesea simultană spațial și temporal a fenomenelor extreme hidrice și geomorfologice, în condițiile în care pentru ambele elementul declanșator îl reprezintă căderea unor cantități importante de precipitații. Astfel, gestionarea unuia dintre ele nu trebuie să îl excludă pe celălalt.

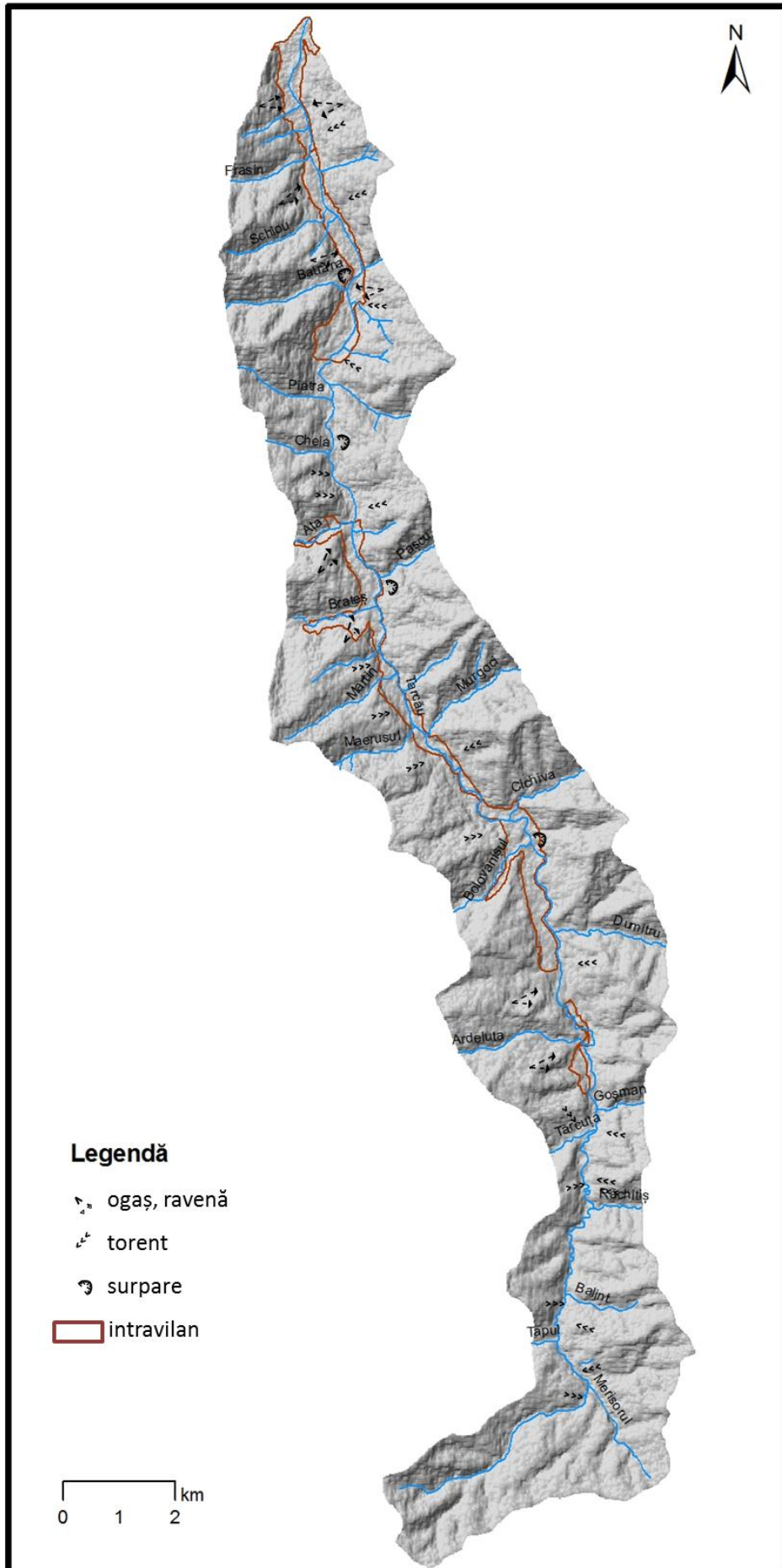


Fig.13. Harta proceselor contemporane de versant pentru Valea Tarcăului.

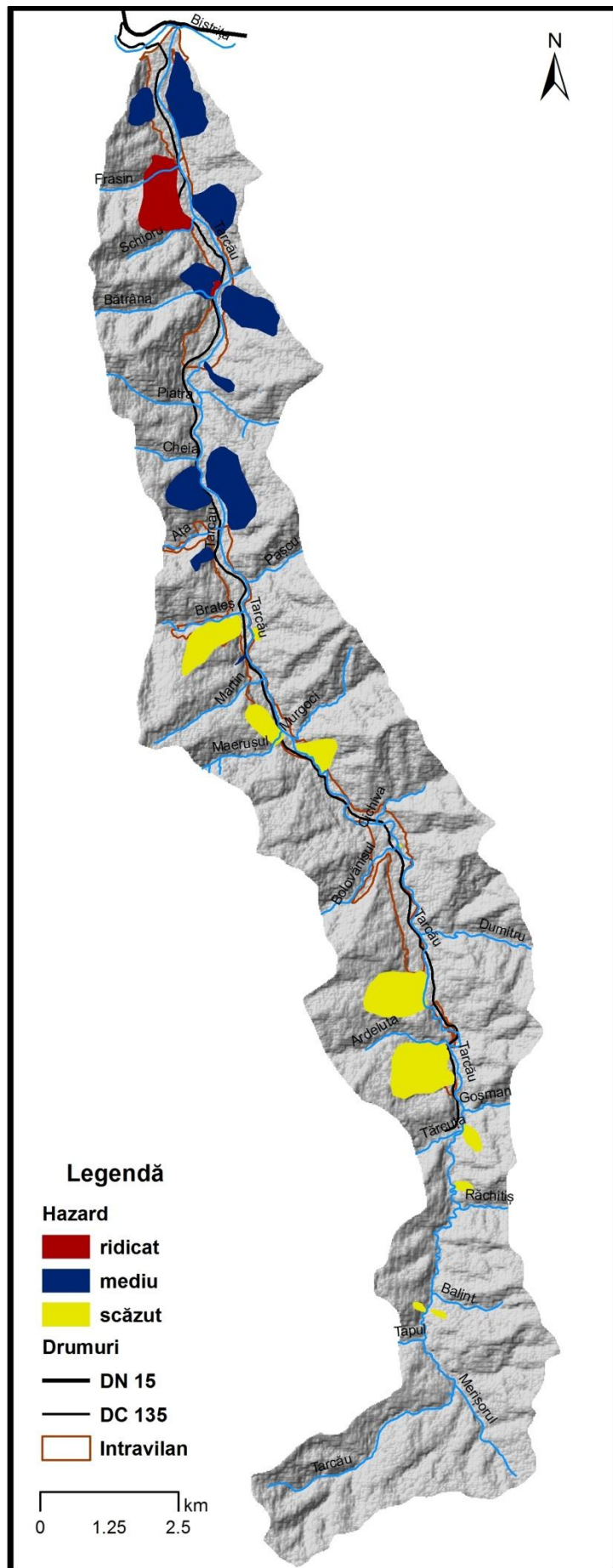
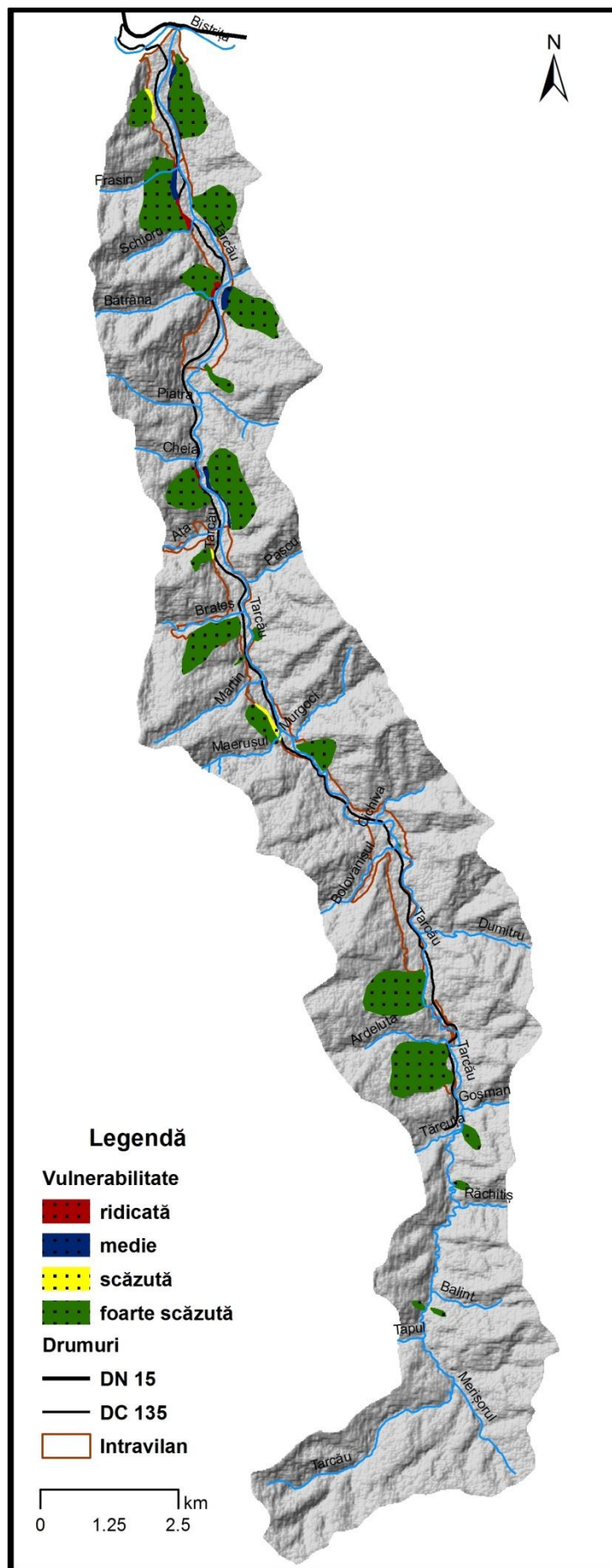
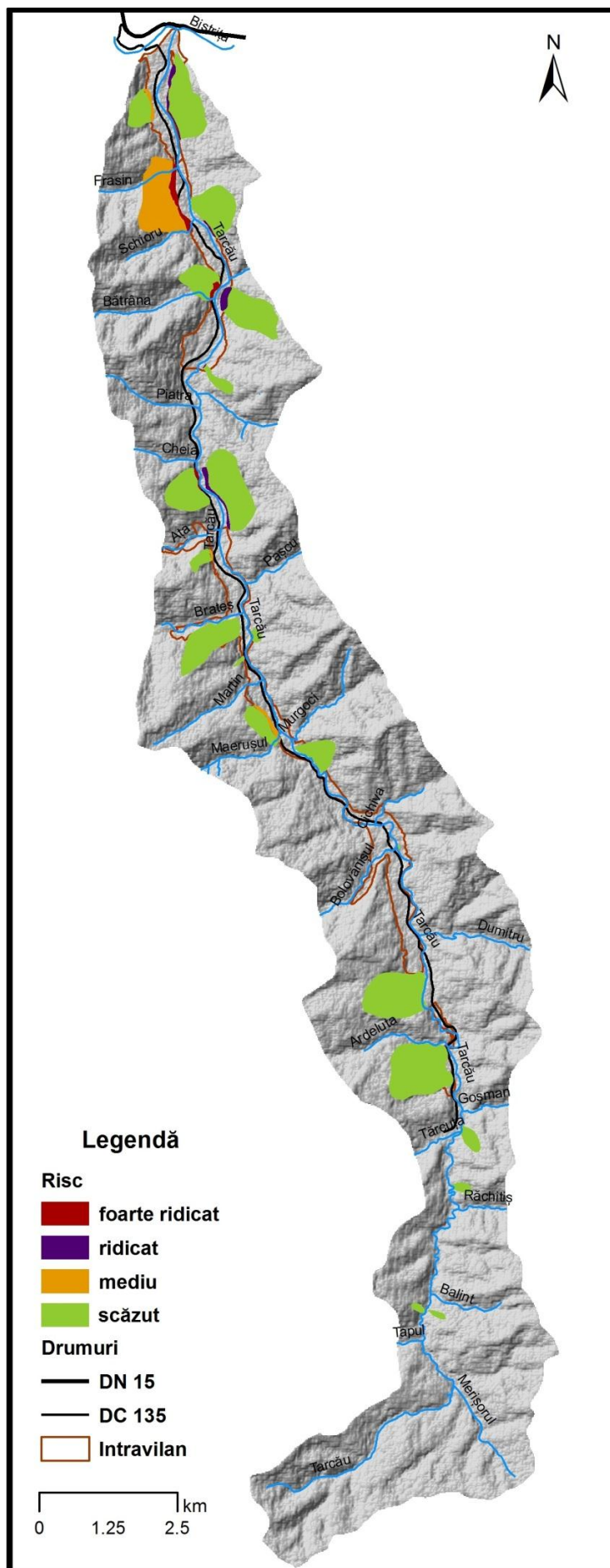


Fig.14. Harta hazardului geomorfologic în valea Tarcăului.



**Fig.16.** Harta vulnerabilității elementelor expuse la risce asociat hazardelor geomorfologice în valea Tarcăului



**Fig.6.8.** Harta riscului asociat hazardului geomorfologic în Valea Tarcăului.

## 7.CONCLUZII

În intenția de a surprinde specificitatea arealului analizat, s-au aplicat metodologii concepute pentru arealele montane, interpretarea rezultatelor acestora încercând a se face prin prisma datelor obținute, deși acestea nu au fost în toate cazurile suficiente.

Prezența inundațiilor ca fenomen extrem principal, alături de cea a formelor eroziunii liniare la nivelul versanților, evidențiază astfel importanța precipitațiilor în determinarea fenomenelor de risc în Valea Tarcăului, cantitatea, intensitatea și distribuția lor spațială controlând manifestările fenomenului hidric și geomorfologic.

Alături de precipitații se evidențiază doi factori de control importanți: structura geologică și extinderea vegetației forestiere. Suprapunerea văii Tarcăului pe stratele groase de gresie compactă se reflectă atât în configurația albiei, cât și a versanților. În cazul albiei, adâncirea acesteia pe axul unui sinclinal, asigură secțiunea necesară evacuării volumului de apă fără a inunda suprafețe importante adiacente malurilor, în timp ce la nivelul versanților aceasta conferă stabilitate, în ciuda pantelor ridicate și a fragmentării acestora care favorizează o scurgere ridicată.

Suprafața bazinului Tarcăului acoperită în proporție de 83% cu vegetație forestieră asigură interceptarea unui procent important din precipitații, determinând un timp de concentrare mai mare în cazul viiturilor, și un impact eroziv mai redus asupra solului. De altfel, se observă că activitate mai intensă procesele de versant în cazul arealelor despădurite.

De asemenea, prezența extinsă a pădurilor de conifere a favorizat utilizarea acestora ca indicatori ai dinamicii fenomenelor climatice și hidrice. Studiu dendrohidrologic deși cu rezultate parțiale, coroborându-le cu cele ale modelării zonei inundabile, confirmă extensiunea redusă a arealului inundat de râul Tarcău, informație ce poate fi transpusă în grosimea stratului de apă necesară în stabilirea nivelului hazardului. Studiul dendroclimatologic a indicat stabilitate climatică, cu o ușoară tendință pozitivă, care reflectă valori mai ridicate ale parametrilor climatici pentru ultimul secol. Acesta a contribuit și la deschiderea perspectivei de utilizare a metodelor complementare de investigație pentru completarea informațiilor asupra arealului de studiu, răspunsul arborelui la condițiile de creștere putând fi folosit și pentru studiu altor fenomene.

Rezultatele indică per total un nivel foarte scăzut (rezidual) și scăzut al riscului asociat hazardelor hidrice și unul scăzut asociat celor geomorfologice, cu situații localizate de risc ridicat. Acesta rezultă atât pe fondul unui hazard foarte ridicat însă a unei vulnerabilități foarte scăzute ca în cazul fenomenelor hidrice, cât și pe fondul unor niveluri scăzute ale ambilor parametri ca în cazul celor geomorfologice. Hazardului hidric foarte ridicat i se

asociază un risc rezidual și scăzut, atât datorită manifestări sale preponderent în albie unde ponderea elementelor antropice posibil vulnerabile este foarte redusă, cât și datorită eficienței măsurilor de protecție la inundații, care reduc vulnerabilitatea elementelor expuse la risc. În schimb, în cazul proceselor geomorfologice, absența măsurilor de protecție cât și ineficiența unora dintre cele existente permit manifestări mai intense ale căror consecințe se reflectă în vulnerabilitatea medie și ridicată a drumurilor. Astfel, pentru acestea se pot propune măsuri de reducere efectelor negative generate de depunerea depozitelor pe terasamentul drumurilor.

Conform modelării zonei inundabile sunt expuse inundațiilor doar culturi agricole, anexe gospodărești și elemente ale infrastructurii de transport, însă, deoarece recalibrarea albiei este recentă, iar anul acesta nu s-au produs viituri care să confirme înălțimea stratului de apă în condițiile noii albiei, propunerea sau realizarea altor măsuri de protecție la inundații pentru arealele considerate încă a fi vulnerabile este inutilă în acest moment.

Se observă că principalul element expus la riscul asociat ambelor tipuri de hazarde este reprezentat de infrastructura de transport. În funcție de vulnerabilitatea acestuia pe viitor, trebuie continuată studiarea măsurilor de reducere a acesteia, atât din cauza costurilor ridicate de întreținere, cât și din cauza conectivității reduse a Văii Tarcăului cu infrastructura națională.

## BIBLIOGRAFIE

1. Ackerman, C. T., Evans, T.A., Brunner G. W., (2000), *HEC-Geo-RAS, Linking GIS to Hydraulic Analysis using ARC/INFO and HEC-RAS*, în Maidment and Djokic, Hydrologic and Hydraulic Modelling support, with Geographic Information Systems, Environmental Systems Institute, Redlands.
2. Allen, K., (2003), *Vulnerability reduction and the community-based approach*, in Pelling M.(ed): *Natural disasters and development in a globalizing world*, Routledge.
3. Apăvăloae M., Ardelean C., Enea V, (2011), Pângărați, studiu monografic, Ed. Crigarux, Piatra-Neamț.
4. Arghiuș, V. I., (2008), *Studiul viiturilor de pe cursurile de apă din estul Munților Apuseni și riscuri asociate*, Ed Casa cărții de știință, Cluj-Napoca.
5. Armaș, Iuliana, (2008), *Percepția riscurilor naturale: cutremure, inundații, alunecări*, Ed. Univ. București.



6. Barbu, N., Lupașcu Gh., Rusu, C., Toderița Maria, Barbu Alexandrina (1983), Les sols des Montagnes de Goșman, Analele științifice ale Universității Al. I. Cuza din Iași, tomul XXIX, s II b, Geologie-geografie.
7. Barroca, B., Bernadara P., Mouchel, J.M., Hubert G., (2006), *Indicators for identification of urban flooding vulnerability*, Natural Hazards Earth System Sciences, 6, 553-561.
8. Băcăuanu, V., (1974), *Dicționar geomorfologic cu termeni corespondenți în limbile franceză, germană, engleză, rusă*, Editura Științifică, București.
9. Bălțeanu, D., Alexe, Rădiță, (2001), *Hazarde naturale și antropice*, Edit. Corint, București.
10. Băncilă, I., (1958), *Geologia Carpaților Orientali*, Editura Științifică, București.
11. Băncilă, I., (1955) *Paleogenul zonei mediane a flisului*, Bul.Acad.RPR Sect. II/VII- București.
12. Benedek, J., Schultz, Ed.,(2002), *Riscurile în contextul tranziției demografice și epidemiologice*, în Riscuri și Catastrofe, vol II, Casa Cărții de Știință, Cluj-Napoca.
13. Biondi, F., Waikul, K., (2004), *DENDROCLIM2002: A C++ program for statistical calibration of climate signal in tree ring chronologies* , Computers and Geosciences, 30.
14. Bogdan Octavia, Niculescu Elena (1999) *Riscurile climatice din Romania*, Academia Română, Institutul de Geografie, București
15. Bojoi, I., Surdeanu, V., (1970), *Considerații asupra reliefului din bazinul hidrografic al Tarcăului*, Lucrările stațiunii “Stejaru”, Pângărați.
16. Bollschweiler M. (2007) – Spatial and temporal occurrence of past debris flow in the Valais Alps – result from tree-ring analysis, *Geo-Focus*, 20
17. Briffa, K.R., Melvin, T.M., (2011), *A closer look at regional curve standardization of tree-ring records: justification of the need, a warning of some pitfalls and suggested improvements in its application*, In Hughes, M.K., Diaz, H.F., Swetnam, T.W., *Dendroclimatology: Progress and prospects*, Springer Verlag.
18. Brunner, G. W., CEIWR-HEC, (2010a ), *HEC-RAS River Analysis System - Users' Manual version 4.1.*
19. Brunner, G. W., (2010b), *HEC-RAS River Analysis System - Hydraulic Reference Manual version 4.1.*
20. Büntgen, U., Frank, D.C., Schmidhalter, M., Neuwirth, B., Seifert, M., Esper, J., (2006), *Growth/climate response shift in a long subalpine spruce chronology*, *Trees* 20 99-110.
21. Büntgen, U., Esper, J., Frank, D.C., Treydte, K., Schmidhalter, M., Nicolussi, K., Seifert, M., (2005), *The effect of power transformation on RCS – evidence from three millennial-*

- length alpine chronologies*. In Gärtner, H., Esper, J. Schleser, G. (Eds.), *TRACE - Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology* 3, 141-149.
22. Catană, C., Grasu, C., Stoica, Ghe., (1988), *Quelques donnees sur la matiere organique et la composition chimico-mineralogique des lutite oligocenes du lithofacies de Fusaru de la nappe de Tarcau*, Anal. St. Univ. AL I Cuza geol geo XXIV, Iași.
  23. Chow Ven Te., (1964), *Handbook of applied hydrology: a compendium of water-resources technology*, McGraw-Hill Book Company, New York
  24. Cook E.R., Kairiukstis L.A., (1990), *Methods of dendrochronology, Applications in the environmental sciences*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London.
  25. Cook, E.R., Briffa, K.R, Meko, D.M., Graybill, D.A, Funkhouser, G., (1995), *The "segment length curse" in long tree ring chronology development for paleoclimatic studies, The Holocene*, 5.2 229-237.
  26. Cook E.R., Krusic P.J., (2005) ARSTAN 4.1b, [www.ldeo.columbia.edu](http://www.ldeo.columbia.edu)
  27. Cropper, J.P., (1979), *Tree-ring skeleton plotting by computer*, 39 47-59.
  28. Dăscălescu, 1980, *Contribuții la studiul vegetației lemnoase din bazinul Tarcăului (Jud. Neamț)*, Muzeul de Științele Naturii Bacău
  29. Diaconu, C., (1994), *Sinteze și regionalizări hidrologice*, Edit. Tehnică, București
  30. Dinu, C., (1985), *Geological study of the Cretaceous Flysch deposits in the Upper Course of Trotus Valley (East Carpathians)*, An. Inst. Geol. și Geofiz., 1965, București.
  31. Donisă, I., (1965), *Valea Bistriței: studiu geomorfologic*, Iași, teză de doctorat.
  32. Do Hung, Thanh, (1974), *Relieful structural și petrografic din Munții Tarcăului între Valea Dămuc și Valea Tarcău*, Universitatea București, Facultatea de Geologie și Geografie, Teză de doctorat.
  33. Douglas, J., (2007), *Physical vulnerability modeling in natural hazards risk assessment*. Natural Hazards and Earth System Sciences 7.
  34. Dumitrescu, I., Săndulescu, M., Lăzărescu, V., Mirăuță, O., Pauliuc, S., Georgescu, C., (1962), *Memoire a la carte tectonique de la Roumanie*, An. Com.Geol., XXXII, București.
  35. Esper, J, Cook, E. R., Krusic, P.J., Peters, K., Schweingruber, F.H., (2003), *Tests of the RCS method for preserving low-frequency variability in long tree-ring chronologies*, Tree-ring research, 59(2), 2003.
  36. Fell R., Ho K.K.S., Lacasse S., Leroi E., (2005), *State of the art Paper1, în Landslide risk management*, Editori Hungr, O., Fell, R., Couture, R., Eberhardt, E., Taylor and Francis Group, London.

37. Filipescu, M. Ghe., (1955), *Vederi noi asupra tectonicii flisului Carpaților Orientali*.  
Anal. Univ. Bucuresti, seria St. Nat., 6-7, București.
38. Fritts H.C., (1976) *Tree rings and climate*, Academic press, London, New York, San Francisco
39. Fuchs S., (2009), *Susceptability versus resilience to mountain hazards in Austria- Paradigm of vulnerability revisited*, Natural Hazards Earth System Sciences 9, 337-352.
40. Grasu, C., Catană, C., Grinea, D., (1988), *Flisul carpatic. Petrografie și considerații economice*, Ed. Tehnică, București.
41. Grasu, C., Catană, C., Boboș, I., (1996), *Petrografia formațiunilor din flisul intern carpatic*, Ed. Tehnică, București.
42. Grasu, C., Miclăuș, C., Brânzilă, M., Baciu, D. S., (2010), *Munții Hășmașului, Monografie geologică și fizico-geografică*, Ed Universității Alexandru Ioan Cuza, Iași.
43. Grasu, C., Miclăuș, C., Florea, Fl., Șaramet, M., (2007), *Geologia și potențialul economic a rocilor bituminoase din România*, Ed. Univ. “ Alexandru Ioan Cuza” , Iași.
44. Grecu, Florina, (1997), *Fenomene naturale de risc – geologie și geomorfologie*, Ed. Univ. București.
45. Grecu, Florina, (2006), *Hazarde și riscuri naturale*, Ed. Univ. București.
46. Grissino-Mayer H.D., (2001), *Evaluating crossdating accuracy: a manual and tutorial for thee computer program Cofecha*, Tree-ring research, 57(2) 2005-221
47. Gherman, J., Solcanu, M., (1969), *Tectonica și sisturilor negre dintre valea Biczului și valea Brateșului*, St. Cercet.; geol; geofiz; geogr; seria geol, 14/1, București.
48. Gonzales, I.G. (2001), *Weiser, a computer program to identify event and pointer years in dendrochronologica series*, Dendrochronologia, 19: 239-244
49. Goțiu, Dana, Surdeanu, V., (2007), *Noțiuni fundamentale în studiul hazardelor naturale*, Ed. Presa Universitară Clujeană.
50. Goțiu, Dana, Surdeanu, V., (2008), *Hazarde naturale. Studiu de caz: Țara Hațegului*, Presa Universitară Clujeană, Cluj-Napoca.
51. Helama S., Lindholm M., Timonen., Eronen M., (2004) Detection of climate signal in dendrochronological data analysis: a comparison of tree-ring standardization methods, Theoretical and Applied climatology, 79, 239-254
52. Holmes L, R., (1983) Computer assisted quality control in tree ring dating and measurement, Tree ring bulletin, vol 43

53. Huttenlau, Matthias, (2010), *Risk-based consequences of extreme natural hazard processes in mountain regions. Multi-risk analysis of extreme los scenario in Tyrol, Austria*, teza de doctorat.
54. Ichim, I., Bătucă, D., Rădoane M., Duma, D., (1989) *Morfologia și dinamica albiilor de râuri*, Editura tehnică, București.
55. Ionesi, L., (1957), *Contribuții la studiul Paleogenului din valea superioară a Tarcăului.*, Anal St. Univ. "Al. I. Cuza", Iași, Geol-Geogr III/1-2, Iași.
56. Ionesi, L., (1962), *Geologia regiunii dintre pârâul Bolovăniș și pârâul Rădvanu (valea superioară a Tarcăului)*, D. S. , Com. Geol. , XLIV (1956-1957), București.
57. Ionesi, L., Grasu, C., (1987), *Precizări litostratigrafice la limita Eocen Oligocen în litofaciesul de Tarcău-Fusaru*. St. Cercet.; Geol; Geofiz; Geogr., seria Geol., 32, Acad. Rom., București.
58. Irimuș, I.A.(1997), *Cartografiere geomorfologică*, Ed. Focul Viu, Cluj-Napoca
59. Irimuș, I. A., Vescan I., Man T., (2005) *Tehnici de cartografiere, monitoring și analiză GIS*, Ed. Casa Cărții de Știință, Cluj-Napoca.
60. Irimuș, I.A., (2006), *Hazarde și riscuri asociate proceselor geomorfologice în aria cutelor diapire din Depresiunea Transilvaniei*, Ed. Presa Universitară Clujeană.
61. Jones P., Harris I., University of East Anglia Climatic Research Unit (CRU) (2008) CRU Time Series (TS) high resolution gridded datasets, [Internet]. NCAS British Atmospheric Data Centre, Available from [http://badc.nerc.ac.uk/view/badc.nerc.ac.uk\\_\\_ATOM\\_\\_dataent\\_1256223773328276](http://badc.nerc.ac.uk/view/badc.nerc.ac.uk__ATOM__dataent_1256223773328276)
62. Kaennel, Schweingruber (1995), *Multilingual glossary of dendrochronology*, Paul Haupt Publishers Berne Stuttgart, Vienna
63. Kern, Z., Popa, I., (2007), *Climate-growth relationship of trees species from a mixed stand of Apuseni Mts Romania*, Dendrochronologia 24, 109-115.
64. Kleist, L. Thieken, A.H., Köhler, P., Müller, L., Seifert, I., Borst, D., Werner U. (2006) *Estimation of the regional stock of residential buildings as basis for a comparative risk assessment in Germany*, Nat. Hazards Earth Syst, Science 6.
65. Lebenzon, C., (1973), *Nannoplanctonul calcaros al depozitelor oligocene și Miocene inferioare din cursul superior al văii Tarcăului (valea Tărcuța și valea Răchitișului)*, D. S. Inst. Geol. , LIX/4, București.
66. Lebenzon, C., (1973), *Nannoplanctonul calcaros din stratele de Podu Secu și orizontul bazal al Gresiei de Fusaru din valea Tărcuța*, D.S. Inst. Geol. LIX/4, București.
67. Luca O., (1993) *Hidraulica râurilor*, note de curs, București

68. Luchi N., (2005) Systemic induction of traumatic resin ducts and resin flow in Austrian pine by wounding and inoculation with *Sphaeropsis sapinea* and *Diplodiascrobiculata*, *Planta* 221.
69. Mac, I., Petrea D.,(2003) “*Polisemia evenimentelor geografice extreme.*” în *Riscuri și catastrofe*, vol.1, Casa Cărții de Știință, Cluj Napoca.
70. Mac, I., Petrea D.,(2003) “*Sisteme geografice la risc.*” în *Riscuri și catastrofe*, vol.2, Casa Cărții de Știință, Cluj Napoca.
71. Macovei, Ghe., Atanasiu, I., (1934), *L’evolution geologique de la Roumanie*, Cretace Ins.Geol.Rom., VI (1931), București.
72. Meyer, F.D., (1999), Pointer year analysis in dendroecology: a comparison of methods, *Dendrochronologia*, 16-17:193-203
73. Meyer, V., and Messner, F. , (2007), *Guidelines for direct, tangible flood damage evaluation*, în Messner F., Penning-Rowse, E., Green, C., Meyer, V., Tunstall, S., and van der Veen, A., (2007) *Evaluating flood damages: guidance and recommendations on principles and methods*.
74. Moldovan, F., (2003), *Fenomene climatice de risc*, Ed. Echniox, Cluj-Napoca.
75. Munich Re (ed) 2007., *Topic Geo –Natural catastrophes 2006: Analyses, assessments, positions*. Munich Rückversicherungsgesellschaft, self-publisher Munich.
76. Nicolussi, K. , Briffa, K.R. , Melvin T. M., Thurner, Andrea, Vieru Ioana, Zieher T. (2012), *Ring-width growth patterns at different stem heights in Pinus Cembra trees and implications for chronology bias*, în curs de publicare, prezentat în cadrul conferinței Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology, Potsdam/Eberswalde 9-12 mai 2012
77. Papathoma-Köhle, M., Neuhäuser, B., Ratzinger, K., Wenzel, H., and Dominey-Howes D., (2007) *Elements at risk: a framework for assessing the vulnerability of communities to landslides*. *Natural Hazards and Earth System Sciences* ,7.
78. Panayotis, P. Kortenhaus, A., Swerpel, B., Jimenez J.A., (2008). *Review of Flood Hazard Mapping*, [www.floodsite.net](http://www.floodsite.net).
79. Parajka, J. et al., (2010), Seasonal characteristics of flood regimes across the Alpine-Carpathian range, *Journal of Hydrology* 394, 78-89.
80. Pârnu, G., (1964), *Carierile din RPR*, Ed. Tehică, București.
81. Penning-Rowse, E.C. , Green , C., (2000a), *Enhanced appraisal of flood elevation benefits: New approaches and lessons from experiences*. In Parker, D.J. (ed). *Floods*, Routledge.

82. Penning-Rowsell, E.C. , Green , C., (2000b), *New insight into the appraisal of flood alleviation benefits. Flood damage and flood loss information.* Water and Environment Journal, 14, 347-353.
83. Penning-Rowsell, E.C. , Green , C., Johnson C, Tunstall S., Tapsell S., Morris J., Chatterton, J., Coker, A., Green C., (2003) *The benefits of flood and coastal defense : techniques and data for 2003 Middlesex University Press, Middlesex*
84. Pender, G., Bates, P.D., Wright, N.G., Falconer, R., Lin, B., (2006), *An overview of the structure and inundation modelling activities of the flood risk management research consortium.* In van Alphen, J., van Beck, E., Taal, M., (eds), *Floods, from Defence to Management*, Taylor & Francis.
85. Pine, J.C., (2009), *Natural Hazards Analysis. Reducing the impact of Disasters*, CRC Press, New York.
86. Platagea, Gh., (1966) Parametri ai ploilor torentiale utilizati in calculele hidrologice privind scurgerea maximă. Studii de hidrologie XVII-ISCH:84-85.
87. Popa I (2004), *Fundamente metodologice și aplicații în dendrocronologie*, Ed. Tehnică-Silvică, Câmpulung Molodovenesc
88. Popa, I., Cheval, S.,(2007), *Early winter temperature reconstruction of Sinaia area (Romania) derived from tree-rings of silver fir (Abies alba mill.)*, Romanian Journal of Meteorology, vol. 9, no. 1-2
89. Popa I., (2009a) *Monitoringul integrat al proceselor auxologice din Carpații Orientali în condițiile schimbărilor climatice PN 09460108, Faza I 2009, Impactul fenomenelor meteorologice extreme asupra proceselor de creștere radială în ecosistemele montane*, Regia Națională a Pădurilor , Institutul de Cercetări si Amenajări Silvice, Stațiunea Experimentală de Cultura Molidului, Câmpulung Moldovenesc
90. Popa, I., (2009b), *Analiza dendroecologică a regimului perturbărilor în pădurile din nordul Carpaților Orientali*, Bucovina forestieră, XI, 1, 17-29.
91. Popescu, Gr., (1958), *Contribuții la stratigrafia flisului cretacic dintre Valea Prahovei și Valea Buzăului cu privire specială asupra văii Teleajenului*, St. Cercet. geol; geofiz; geogr; seria geol; III/3-4, București.
92. Posea, G., Grigore , M., Popescu N., Ielenicz M., (1976), *Geomorfologie*, Editura Didactică și Pedagogică, București
93. Rădoane, M., Rădoane N., Ioniță I., Surdeanu, V., (1999), *Ravenele. Forme, procese și evoluție*, Presa Universitară Clujeană, Cluj-Napoca.

94. Rădoane N., (1980), Contribuții la cunoașterea unor procese torențiale din bazinul râului Pângărați, în perioada 1976-1979, în Studii și cercetări de geologie, geofizică și geografie. Seria Geografie, Ed. Academiei Române, București
95. Rădoane N., (1986), *Efectul antropic în proveniența și afluența aluviunilor din bazine hidrografice mici*, Lucrările Primului simpozion PEA, Piatra-Neamț
96. Rădoane, N., (2002), *Geomorfologia bazinelor hidrografice mici*, Editura Universității din Suceava, Suceava.
97. Renn, O., (2008), *Concepts of Risk: An interdisciplinary review .Part2. Integrative Approaches*. GAIA 17/2.
98. Rusu, C., Barbu, N., Lupașcu Gh., Toderița Maria, Barbu Alexandrina (1982), *Solurile din Munții Tarcău*, Analele științifice ale Universității Al. I. Cuza din Iași, tomul XXVIII, s II b, Geologie-geografie
99. Salmi, T., Määttä, A., Anttila, P., Ruojo-Airola, T., Amniell, T., (2002), *Detecting trends of atmospheric pollutants by the Mann Kendall test and Sen's slope estimate – The Excel Template application Makesens*, Edit. Finnish Meteorological Institute, Helsinki.
100. Săndulescu, M., (1984), *Geotectonica României*, Ed.Tehnică, București.
101. Săndulescu, M., Antonescu, E., Platon, E., (1993), *La nappe de Macla entre les vallées de Tărcuța et Ața (Monts de Tarcău)-Correlations regionales et paleogeographiques*, Rev. Roum. de Geol. , 37, București.
102. Săndulescu, M., (1990), *Le flysch Cretacee de la zone du Mont Ceahlău et du bassin du Bicaz (Carpathes Orientales)*, D. S. Inst. Geol. Si Geofiz., 74/4, (1987), București.
103. Săndulescu, M., Săndulescu, Jana, (1964), *Aspecte stratigrafice și structurale ale flisului paleogen din regiunea Ghelița (Tg Secuiesc)*, D. S Com. Geol. XLIX/I, București.
104. Schweingruber F.H., (1988) *Tree rings. Basics and applications of dendrochronology*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht
105. Schweingruber F.H., Eckstein, D., Serre-Bachet, F., Braker, O.U., (1990), *Identification, presentation and interpretation of even years in dendrochronology*, *Dendrochronologia*, 8:9-39
106. Schweingruber F.H.,(2001) *Dendrokologische Holzanatomie*.Paul Haupt, Bern, Tuttgart, Wein
107. Schweingruber F.H., Börner A., Schulze E.-D., (2006) *Atlas of woody plant stems, evolution, structure, and environmental modification*, Springer, Verlag Berlin Heidelberg

108. Schweingruber, F. H., (2007), *Wood structure and environment*, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg.
109. Shroder, J.F., (1978), *Dendrogeomorphological analysis of mass movements on Table Cliffs Plateau*, Utah, Quat. Res., 9.
110. Sidor, G., (2009), *Analiza comparativă a reacției arborilor la influența factorilor de mediu în condițiile de vegetație din Carpații Orientali*, Revista pădurilor, anul 124, nr 6, 20-24
111. Sorocovschi, V., (2003), *Riscuri hidrice*, în *Riscuri și Catastrofe*, vol II, Casa Cărții de Știință, Cluj-Napoca.
112. Sorocovschi, V., (2007), *Vulnerabilitatea componentă a riscurilor. Concept, variabile de control, tipuri și modele de evaluare*, în *Riscuri și Catastrofe*, an IV, nr 4/2007, Casa Cărții de Știință, Cluj-Napoca.
113. Stoffel M., Bollschweiler M., (2008) – *Tree ring analysis in natural hazards research – an overview* in Nat. Hazards. Earth Syst. Sci.
114. Stoffel, M., (2008), *Dating past geomorphic processes with tangential rows of resin ducts*, *Dendrochronologia*, vol.26. Elsevier
115. Șerban Gh., Băținaș R., (2005) *Noțiuni practice de hidrologie generală*, Casa Cărții de Știință, Cluj-Napoca
116. Thywissen, Katharina, (2006), *Components of Risk, A Comparative Glossary*, UNU Institute for Environment and Human Security, Bonn, Germany.
117. Timiș I. Voichița (2010), *Cercetari dendroecologice și dendroclimatologice la molid zâmbru și jneapăn din ecosistemele forestiere de limita din Parcul Național Munții Rodna*, teza de doctorat
118. Topor, N., (1965), *Tipuri de circulații și centri de acțiune atmosferică deasupra Europei*, Institutul Meteorologic, București.
119. Topor, N., (1963), *Ani ploioși și secetoși în Republica Populară Română*, Institutul Meteorologic, București.
120. Ujvari, I., (1972), *Geografia apelor României*, Ed. Științifică, București
121. Valmore, C., LaMarche, J.R., (1974), *Frequency dependent relationships between tree-ring series along an ecological gradient and some dendroclimatic implication*, *Tree ring bulletin* 34, 1-19.
122. Verșescu Gh., (2005), *Monografia comunei Tarcău, județul Neamț cu 21 de clișee în text*, Ediția a II-a (reproducere fidelă a primei ediții din 1942), Editura Nona, Piatra Neamț



123. Vieru Ioana (2012), *Global warming, spatial and temporal patterns in Europe*, Studia Universitatis Babeș-Bolyai Geographia, Vol.1/2012, , pag.33-44.
124. Warner, J.C., Brunner, G. W., Wolfe, B.C., Piper, S.S., (2010), *HEC-RAS River Analysis System Application Guide*
125. Woo, G., (2002), *Natural Catastrophe Probable Maximum Loss*. British Actuarial Journal, 8, pp 943-959.
126. Zăvoianu, I., Dragomirescu, S., (1994), *Cercetări asupra terminologiei folosite în studiul fenomenelor naturale extreme*, Studii și cercetări de geografie, t. XLI.
127. \*\*\* Anuarul hidrologic (1941-1975), Consiliu Național al Apelor, Institutul de Meteorologie și Hidrologie.
128. \*\*\* Buletin hidrometeorologic zilnic: buletin meteorologic 1974-1990, Consiliu Național al Apelor, Institutul de Meteorologie și Hidrologie.
129. \*\*\* Buletin Meteorologic de prognoză lunară ( 1988-1999) Consiliu Național al Apelor, Institutul de Meteorologie și Hidrologie.
130. \*\*\* (1992) Atlasul cadastrului apelor din România, București
131. \*\*\* (2008) Deliberazione della giunta provinciale 28 luglio 2008, n2741, *Direttive per la redazione dei piani delle zone di pericolo secondo la legge urbanistica provinciale*, legge provinciale 11 agosto 1997, n13, articolo 22/bis / Beschluss der Landesregierung vom 28 Juli 2008, Nr. 2741, *Richtlinie zur Erstellung der Gefahrzonenpläne gemäß Landraumordnungsgesetz*, Landesgesetz vom 11 August 1997, Nr. 13 Artikel 22/bis.
132. \*\*\* (2002a), *Amenajament silvic Ocolul Silvic Tarcău*, Direcția silvică Neamț, Institutul de cercetări și amenajări silvice.
133. \*\*\* (2002b), *Amenajament silvic Ocolul Silvic Brateș*, Direcția silvică Neamț, Institutul de cercetări și amenajări silvice.
134. \*\*\* (1992) *Internationally agreed glossary of basic terms related to disaster management*, IDNDR 1990-2000, DHA, Geneva.
135. \*\*\* (2005) Proiect tehnic “ *Înlăturarea efectelor calamităților naturale, refacere drum comunal DC 135 km. 16 + 400 – 17 + 000 Comuna Tarcău, Județul Neamț*” – Beneficiar Consiliul Local al Comunei Tarcău, Cluj-Napoca.
136. \*\*\* 2004 – 2012, Rapoarte operative ale Serviciului Voluntar pentru Situații de Urgență, Primăria Comunei Tarcău, Secretar Protecție civilă.
137. \*\*\* (2008) Reactualizare Plan urbanistic general al comunei Tarcău, Județul Neamț.
138. <http://climexp.knmi.nl> °
139. [www.eca.knmi.nl](http://www.eca.knmi.nl)

140. [www.munichre.com](http://www.munichre.com)
141. [www.rowater.ro](http://www.rowater.ro)
142. [www.unisdr.org](http://www.unisdr.org)
143. [www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)