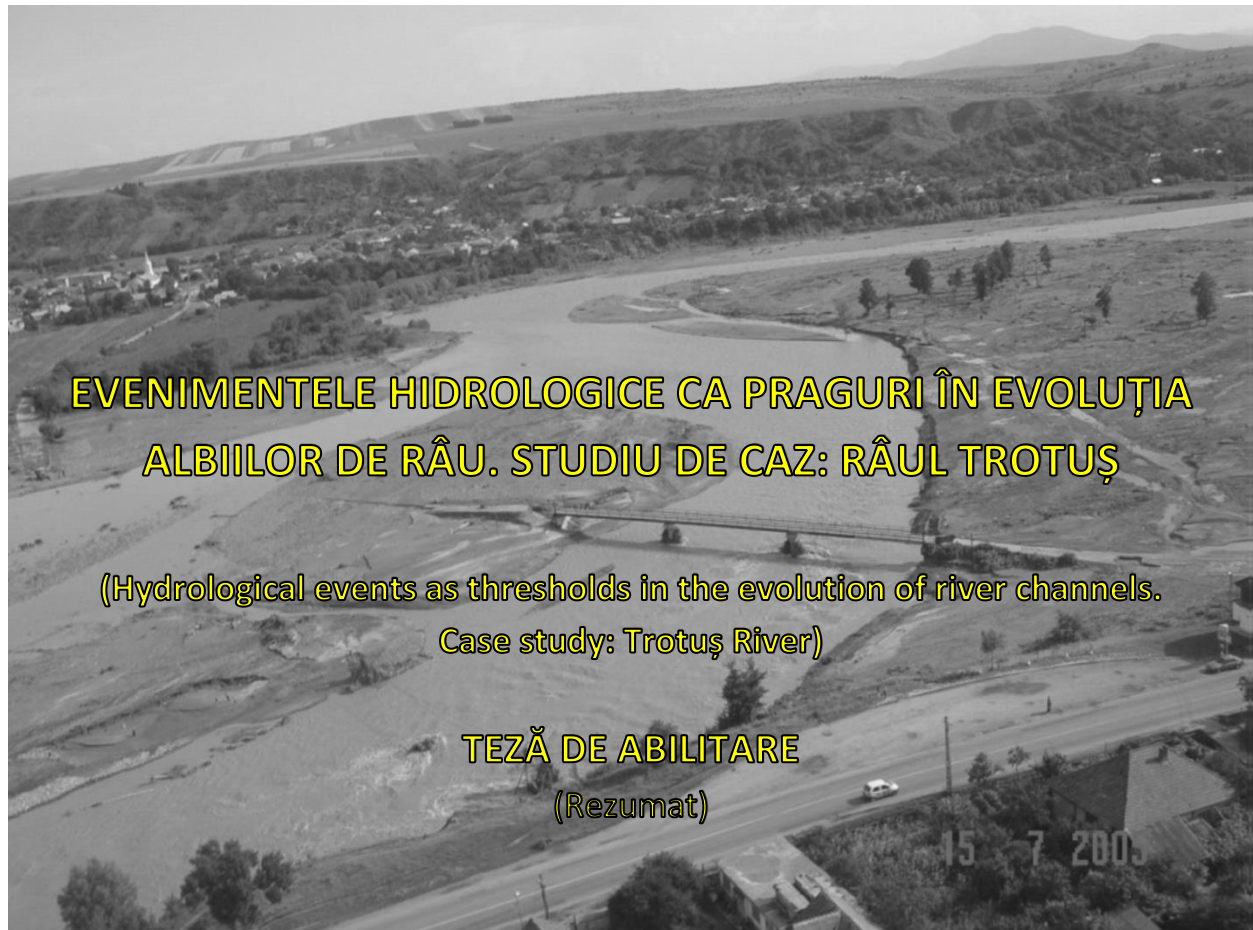




**UNIVERSITATEA "AL.I.CUZA" IAȘI**

**DOMENIUL:** Geografie



**CANDIDAT:**

**Prof. univ. dr. Dan Dumitriu**

Facultatea de Geografie și Geologie

Departamentul de Geografie

**Iași**

**2017**

## CUPRINS

<b>I. REZUMAT</b> .....	5
<b>I. ABSTRACT</b> .....	7
<b>II. EVENIMENTELE HIDROLOGICE CA PRAGURI ÎN EVOLUȚIA ALBIILOR DE RÂU</b> .....	9
<b>II 1. Introducere</b> .....	9
II 1.1. Terminologie.....	9
II 1.2. Zona de studiu.....	11
II 1.3. Baza de date și metodologia utilizată.....	12
<b>II 2. Parametri hidraulici</b> .....	13
II 2.1. Debitul la maluri pline.....	13
II 2.2. Viiturile medii anuale și viiturile catastrofice.....	15
II 2.3. Debitele efective.....	17
II 2.3.1. Curgerea lichidă cu efectivitate geomorfologică.....	17
II 2.3.2. Debitul efectiv.....	17
II 2.4. Puterea specifică și puterea critică a curentului.....	20
II 2.5. Cantitatea totală de energie generată în timpul evenimentelor de viitură.....	26
II 2.6. Efortul tangențial de antrenare.....	29
<b>II 3. Caracteristicile celor mai importante evenimente de inundație (2000-2014)</b> .....	31
II 3.1. Clasificarea evenimentelor de inundație.....	31
II 3.2. Principalele evenimente de inundație din perioada 2000-2014.....	33
<b>II 4. Transportul de aluviuni în suspensie în relație cu parametrii hidraulici</b> .....	42
II 4.1. Transportul de aluviuni în suspensie în raport de debitul lichid.....	43
II 4.1.1. Curba transportului de aluviuni (sediment rating curve).....	43
II 4.1.2. Efectul de histerezis.....	48
II 4.2. Transportul de aluviuni în suspensie în raport de puterea curentului.....	68
II 4.3. Transportul de aluviuni în raport de cantitatea de energie disipată.....	72
<b>II 5. Variabilitatea temporală a debitului solid în suspensie și a ariilor sursă</b> .....	76
II 5.1. Variabilitatea temporală a debitelor de aluviuni în suspensie.....	76
II 5.2. Variabilitatea temporală a ariilor sursă.....	79
<b>II 6. Producția de aluviuni asociată evenimentelor de viitură</b> .....	84
<b>II 7. Impactul geomorfologic al viiturilor din perioada 2000-2014</b> .....	91
II 7.1. Ajustarea albiei prin procese de eroziune verticală.....	91
II 7.2. Ajustarea albiei prin procese de eroziune laterală.....	95
<b>III. EVOLUȚIA ȘI PERSPECTIVELE CARIEREI ACADEMICE</b> .....	101
<b>IV. BIBLIOGRAFIE</b> .....	108
IV 1. Lucrări proprii utilizate.....	108
IV 2. Referințe bibliografice.....	109

## SUMMARY

I.ABSTRACT (Ro).....	5
I.ABSTRACT (Eng).....	7
II. HYDROLOGICAL EVENTS AS THRESHOLDS IN THE EVOLUTION OF RIVER CHANNELS...	9
<b>II 1. Introduction</b> .....	9
II 1.1. Terminology.....	9
II 1.2. Study area.....	11
II 1.3. Data base and methodology.....	12
<b>II 2. Hydraulic parameters</b> .....	13
II 2.1. Bankfull discharge.....	13
II 2.2. Mean annual floods and catastrophic floods.....	15
II 2.3. Effective discharges.....	17
II 2.3.1. Geomorphic stream flows.....	17
II 2.3.2. Effective discharge.....	17
II 2.4. Specific stream power and critical stream power.....	20
II 2.5. Total energy generated by the flood .....	26
II 2.6. Critical shear stress .....	29
<b>II 3. Characteristics of major flood events (2000-2014)</b> .....	31
II 3.1. Classification of flood events.....	31
II 3.2. Major flood events from 2000 to 2014.....	33
<b>II 4. Suspended sediment transport in relation to hydraulic parameters</b> .....	42
II 4.1. Suspended sediment transport related to streamflow discharge.....	43
II 4.1.1. Sediment rating curve.....	43
II 4.1.2. The hysteresis effect.....	48
II 4.2. Suspended sediment transport related to stream power.....	68
II 4.3. Suspended sediment transport related to the energy generated by the flood..	72
<b>II 5. Temporal variability of solid suspended sediment and source areas</b> .....	76
II 5.1. Temporal variability of suspended sediment load.....	76
II 5.2. Temporal variability of source areas.....	79
<b>II 6. Sediment yield associated to flood events</b> .....	84
<b>II 7. Geomorphic impact of floods from 2000 to 2014</b> .....	91
III. ACADEMIC CAREER. EVOLUTION AND PROSPECTS.....	101
IV. REFERENCES.....	108
IV 1. Candidate's publications.....	108
IV 2. Literature.....	109

## I. REZUMAT

Teza prezentată în scopul abilitării sub titlul "*Evenimentele hidrologice ca praguri în evoluția albiilor de râu. Studiu de caz: râul Trotuș*" se încadrează domeniului Geografie și reprezintă o sinteză a rezultatelor activității de cercetare de după finalizarea tezei de doctorat.

Rezultatele acestei cercetări au fost diseminate fie prin publicarea în reviste sau cărți de specialitate, fie prin prezentarea lor în cadrul unor conferințe naționale sau internaționale.

Cercetările au pornit de la o constatare din teren și anume după evenimentele de inundație din anul 2005, albia râului Trotuș, din sectorul mijlociu și inferior, a început să-și schimbe fizionomia prin trecerea de la o albie cu pat de pietriș, la una mixtă cu pat de pietriș și roca in situ. Pentru a oferi răspuns acestor modificări au fost derulate o serie de cercetări, rezultatele principale fiind inserate în această teză de abilitare. Din anul 2007 albia râului Trotuș este cuprinsă într-o monitorizare continuă, atât în ceea ce privește dinamica laterală (prin monitorizarea malurilor cu ajutorul scannerului laser), cât și dinamica verticală (măsurători pe profile transversale).

Din punct de vedere structural, capitolul II al tezei de abilitare cuprinde trei direcții principale de cercetare și anume: *parametrii hidrologici și hidraulici cu rol în transportul de aluviuni și modificarea înfățișării albiei; transportul de aluviuni în suspensie în raport cu unii parametri hidraulici sau efectivitatea geomorfologică și impactul geomorfologic al evenimentelor de inundație din perioada 2000-2014 asupra albiei râului Trotuș*. Unele din aceste abordări constituie o premieră pentru cercetarea geomorfologică din România (relațiile existente între transportul de aluviuni în suspensie și puterea curentului sau cantitatea totală de energie disipată; efectul de histerezis etc.).

În secțiunea dedicată parametrilor hidraulici au fost calculate (pe baza datelor din teren și a celor furnizate de către Administrația Națională „Apele Române - Siret”) și analizate valorile *debitului la maluri pline, ale debitului efectiv, ale debitului mediu la viitură, ale puterii specifice a curentului, ale energiei totale cheltuite în timpul viiturii și ale efortului tangențial de antrenare critic*. În funcție de debitul la maluri pline (și anume depășirea acestuia) au fost stabilite cele 64 de evenimente de inundație, din perioada 2000-2014, analizate în aceste studii. Valorile raportului debitul la maluri pline/debitul efectiv sunt apropiate de 10 la stațiile extracarpatiche și de 6-7 în cursul superior, corelându-se cu tendințele de degradare mai accentuate din cursul mijlociu și inferior. În ceea ce privește puterea curentului și efortul tangențial de antrenare s-a urmărit stabilirea faptului dacă acești parametri au depășit pragurile necesare pentru schimbările geomorfologice majore (pentru puterea curentului  $300 \text{ Wm}^{-2}$ , iar pentru forța tangențială  $100 \text{ Nm}^{-2}$ ) observate în cadrul albiei râului Trotuș. În multe din cazurile analizate aceste praguri au fost cu mult depășite, ceea ce explică schimbările survenite în albia râului Trotuș. Schimbările înregistrate în cursul mijlociu și inferior, în perioadele în care puterea curentului a depășit  $300 \text{ Wm}^{-2}$ , scot în evidență eficacitatea evenimentelor extreme de viitură, care imprimă anumitor sectoare ale albiei Trotușului un anumit caracter de instabilitate. În restul sectoarelor, albia Trotușului poate fi încadrată în categoria albiilor dinamic stabile, situație în care pot să apară anumite schimbări datorate eroziunii laterale sau în adâncime, provocate de către evenimentele de viitură din primăvară-vară.

A doua direcție de cercetare a avut drept scop determinarea relațiilor existente între transportul de aluviuni în suspensie și o serie dintre parametrii hidraulici enunțați anterior. Această abordare a urmărit identificarea efectivității geomorfologice a marilor evenimente de inundație. Este bine știut faptul că efectivitatea geomorfologică este definită drept lucrul geomorfologic produs în timpul unui eveniment de viitură. Lucrul geomorfologic efectuat de o

anumită viitură poate fi cuantificat prin cantitatea de aluviuni transportată și din acest motiv am utilizat drept reper al eficacității geomorfologice a viiturilor, cantitatea de aluviuni în suspensie tranzitată în timpul acestor evenimente. Predominarea buclei de histerezis aparținând tipului I (pozitivă sau în sensul acelor de ceasornic - clockwise), când vârful concentrației de aluviuni în suspensie apare înaintea vârfului debitului lichid, indică surse limitate de aluviuni în cadrul albiei sau chiar o epuizare a acestora. Acest fapt confirmă tendințele de degradare a albiei din anumite sectoare ale râului Trotuș. De asemenea, rezultatele confirmă faptul că puterea curentului explică peste 70% din variabilitatea producției de aluviuni din tipul unui eveniment de viitură. Cele mai mari rate ale transportului de aluviuni în suspensie au fost asociate unor valori ridicate ale puterii specifice a curentului și ale cantității de energie generată pe unitatea de suprafață.

În privința impactului geomorfologic al evenimentelor de viitură s-a observat că acesta este destul discontinuu în spațiu, deoarece au fost sectoare de albie puternic afectate, în alternanță cu unele care nu au suferit decât schimbări minore. La scara întregului bazin, viiturile din 2005 au avut cel mai important impact geomorfologic din perioada 2000-2014 și nu numai. Pe anumite sectoare de albie însă, schimbările produse în urma viiturilor din 2010 și 2012 au fost mult mai evidente decât cele datorate viiturii din 2005, confirmând astfel faptul că, uneori, se observă o corelație scăzută între magnitudinea viiturii și impactul geomorfologic al acestora, mai importantă fiind durata evenimentului. În cazul râului Trotuș, realitatea vizibilă din teren a fost în perfectă concordanță cu rezultatele prelucrării datelor disponibile, confirmând faptul că lărgirea, agradarea sau degradarea reprezintă răspunsul principal al albiei față de viiturile din perioada de studiu.

Geomorfologia fluvială va rămâne în continuare domeniul principal de cercetare, axat însă pe studii interdisciplinare. În viitorul apropiat mi-am propus rezolvarea unor probleme punctuale în cadrul acestui vast domeniu, și anume: *identificarea modificărilor la nivelul albiilor de râu din ultimii 50 de ani și a factorilor de control care au cauzat aceste transformări; reconstituirea evoluției rețelei hidrografice pe baza studiilor de petrografie și morfometrie a pietrișurilor; evoluția holocenă a râurilor din partea de est a României; problema surselor de aluviuni pornind de la fenomenul de histerezis; problema conectivității surselor de aluviuni cu albiile râurilor; crearea unei școli de geomorfologie fluvială în cadrul Universității "Al.I.Cuza" din Iași.*

## I. ABSTRACT

The thesis elaborated and hereby presented under the title „*Hydrological events as thresholds in the evolution of river channels. Case study: river Trotuș*” falls within the field of Geography and was envisioned as a synthesis of results yielded by the candidate’s research activity following the defense of his doctoral thesis.

These results were disseminated either by publishing several books or papers in well-respected journals, or by showcasing them in national and international conferences.

The research was prompted by a field observation according to which, after the flood events in 2005, the mid- and lower reaches of river Trotuș started changing their physiognomy by transitioning from gravel bed river to gravel-bed-bedrock river. In order to find an explanation for these modifications ample research was carried out by the candidate and the main findings were inserted in this habilitation thesis. From 2007 onwards Trotuș river channel was monitored permanently, both in terms of lateral dynamics (by surveying the banks using laser scanning) and vertical dynamics (cross section measurements).

In terms of structure, the second chapter of the habilitation thesis comprises three main directions of the research: *hydrologic and hydraulic parameters which influence sediment transport and changes in the channel aspect; suspended sediment transport in relation to certain hydraulic parameters or geomorphic effectiveness; and the geomorphic impact of flood events which occurred from 2000 to 2014 on Trotuș river channel*. Some of these approaches were employed for the first time by the candidate in the geomorphological research from Romania, as is the case with the relationships between suspended sediment transport and stream power or total energy expenditure, the hysteresis effect etc.

In the section dedicated to hydraulic parameters were assessed (based on field data and data provided by the Romanian Administration for Water Management - Administrația Națională „Apele Române - Siret”) and analyzed the values of the *bankfull discharge, effective discharge, mean annual flood, stream power, total energy generated by the flood and critical shear stress*. Based on the bankfull discharge (more specifically, on the number of instances when its value was exceeded), it was established that 64 flood events occurred from 2000 to 2014, which were subsequently analyzed in these studies. The values of the bankfull discharge / effective discharge ratio are close to 10 at extra-Carpathian gauging stations and 6-7 in the upper course, which correlates with the tendencies towards degradation in the mid- and lower courses. As regards the stream power and critical shear stress we aimed to establish whether these parameters exceeded the thresholds for the major geomorphological changes ( $300 \text{ Wm}^{-2}$  for stream power, and  $100 \text{ Nm}^{-2}$  for the shear stress) documented in Trotuș river channel. In many of the analyzed cases these thresholds were far exceeded, which explains the changes observed in the channel bed. The modifications occurring along the mid- and lower courses (during the periods when the stream power exceeded  $300 \text{ Wm}^{-2}$ ) showcase the efficacy of extreme flood events which generate a certain degree of instability in some reaches of Trotuș river channel. Moreover, the remaining reaches of the channel fall into the dynamic stable category wherein some changes may occur, elicited by lateral erosion or downcutting induced by spring-summer flood events.

The second direction of the research was aimed at determining which are the relationships between suspended sediment transport and several hydraulic parameters previously mentioned. The purpose of this approach was to assess the geomorphic effectiveness (defined as the geomorphic work produced during a flood event) of major flood events. The geomorphic work exerted by a flood can be quantized using the amount of

transported sediment, therefore we employed the suspended sediment transited during these events as an indicator for the geomorphic efficacy of floods. The prevalence of type I (positive or clockwise) hysteresis loop whereby the peak concentration of suspended sediment occurs before the peak streamflow discharge indicates limited or even depleted sediment sources within the channel, which confirms the tendencies towards degradation of certain reaches of Trotus river channel. Furthermore, the results confirm that stream power accounts for more than 70% of the variability in the sediment yield during a flood event. The largest sediment transport rates were associated with high values of stream power and of the amounts of energy spent per unit area.

As regards the geomorphic impact of flood events, it has been documented that it manifests rather discontinuously across space, resulting in highly altered channel reaches alternating with reaches which have undergone only minor changes. At the scale of the entire drainage basin, the floods of 2005 had the strongest geomorphic impact during the surveyed timeframe (2000-2014), but not limited to. Along certain channel reaches, however, the changes caused by the 2010 and 2012 flood events were much more evident compared to 2005, thus confirming that in some instances the correlation between flood magnitude and geomorphic impact is low, whereas the duration of the event prevails in terms of relevance. In the case of river Trotus, the facts observed in the field were in perfect agreement with results yielded by processing the available data, which confirms that widening, aggradation or degradation were the main response of the channel to flood events throughout the investigated timeframe.

Fluvial geomorphology will continue to be the main field of research for the candidate, but focusing more on interdisciplinary studies. In the foreseeable future I intend to find answers to several problems arising in this vast field, including: *identifying changes in channel beds in the past 50 years and the controls which caused these transformations; reconstructing the evolution of the drainage network based on gravel petrography and morphometry studies; the Holocene evolution of rivers in Eastern Romania; shedding light on sediment sources based on the hysteresis phenomenon; the connectivity of sediment sources with river channels; creating a school of fluvial geomorphology at "Al. I. Cuza" University of Iasi.*

Prof. univ. dr. Dan Dumitriu

