



UNIVERSITATEA “BABES-BOLYAI”
FACULTATEA DE GEOGRAFIE



BAZINUL NIRAJULUI STUDIU DE GEOMORFOLOGIE APLICATĂ

~ Rezumatul Tezei de Doctorat ~

Coordonator științific:

PROF. UNIV. DR. PETREA DĂNUȚ

Student-doctorand: ROȘCA SANDA MARIA

**Cluj Napoca
2015**

PARTEA I ASPECTE CONCEPTUALE, METODOLOGICE SI ISTORICUL CERCETARILOR

1.1. Geomorfologia Aplicată – conținut și semnificații	2
1.2. Retrospectivă privind cercetarea anterioară a bazinului Nirajului	7
1.3. Metodologia cercetării	11

PARTEA II BAZINUL NIRAJULUI – ASPECTE DE IDENTITATE GEOGRAFICĂ

2. BAZINUL NIRAJULUI - AȘEZARE GEOGRAFICĂ, LIMITE ȘI ELEMENTE DE INTEGRARE TERITORIALĂ

2.1. Poziția geografică și limite	20
2.2. Elemente de individualitate și subordonare geografică	21
2.3. Considerații generale asupra originii și evoluției reliefului	26
2.3.1. Evoluția paleogeografică	26
2.3.2. Particularități geologice ale substratului	31

3. CARACTERISTICI MORFOLOGICE ȘI MORFOMETRICE ALE TERITORIULUI ANALIZAT

3.1. Caracteristici morfometrice și morfografice ale bazinului hidrografic	33
3.2. Caracteristici morfometrice și morfografice ale versanților	
3.2.1. Hipsometria	49
3.2.2. Geodeclivitatea	50
3.2.3. Adâncimea fragmentării	52
3.2.4. Densitatea fragmentării	53
3.2.5. Curbura în plan	55
3.2.6. Curbura în profil	56
3.2.7. Curbura totală	57
3.2.8. Orientarea versanților	59
3.3. Caracteristicile morfometrice ale albiilor de râu	61
3.3.1. Tipologia albiei minore	64
3.3.2. Morfometria meandrelor râului Niraj	68

4. FACTORII FIZICO-GEOGRAFICI DETERMINANȚI AI RELIEFULUI ACTUAL

4.1. Factorul climato - hidrologic	73
4.1.1. Precipitațiile	74
4.1.1.1. Tendința cantitatii medii anuale de precipitații atmosferice	75
4.1.1.2. Caracteristicile perioadelor excedentare și deficitare sub aspect pluviometric	78
4.1.1.3. Cantitățile maxime de precipitații în 24 de ore	86
4.1.1.4. Identificarea perioadelor de revenire a precipitațiilor maxime	87
4.1.2. Temperatura aerului	88
4.1.3. Scurgerea și regimul hidric	88
4.1.3.1. Tendințe și variații ale scurgerii medii	90
4.1.3.2. Identificarea perioadelor de revenire a debitelor medii	92
4.1.3.3. Scurgerea maxima (analiza viiturilor)	95
4.1.3.4. Frecvența pe anotimpuri a viiturilor din perioada 1950-2012	106
4.1.3.5. Identificarea perioadelor de revenire a debitelor maxime	108

4.1.4. Debitul formativ al albiilor actuale	109
4.1.4.2. Determinarea debitului la maluri pline	114
4.1.4.3. Determinarea rugozității albiei	115
4.1.4.4. Identificarea perioadelor de revenire a debitelor la maluri pline	120
4.1.4.5. Calcularea puterii fluviale	122
4.1.4.6. Efectele scurgerii maxime	125
4.1.5. Variația debitului solid	129
4.1.6. Tendințe viitoare	132
4.2. Factorii biogeografici. Vegetația și solul	
4.2.1. Acoperirea terenului	135
4.2.2. Dinamica pădurilor din bazinul Nirajului în perioada 1970 – 2012	136
4.2.3. Caracterizarea învelișului de sol	139
4.2.4. Textura solului	141
4.3. Factorul antropic	147
CONCLUZIILE PĂRȚII a II-a	152

PARTEA III ANALIZA SPAȚIO-TEMPORALĂ A MORFODINAMICII BAZINULUI HIDROGRAFIC AL NIRAJULUI CA SUPT AL DEZVOLTĂRII TERITORIALE

5. MORFODINAMICA BAZINULUI NIRAJULUI	154
5.1. Concepte definitorii privind sistemele morfohidrografice	155
5.2. Procese geomorfologice contemporane	157
5.3. Sistemul albiilor de râu – funcționalitate, evoluție recentă și consecințe	159
5.3.1. Evoluția recentă a râului Niraj – migrările de albie	162
5.3.1.1. Baza de date utilizată	163
5.3.2. Identificarea variației spațio-temporale a ratei de meandrare	167
5.3.3. Delimitarea zonei de meandrare a râului	173
5.3.3.1. Delimitarea zonei de meandrare - aspecte metodologice	174
5.3.3.2. Zona Istorică de Meandrare (ZIM)	179
5.3.3.3. Zona de eroziune (ZE)	182
5.3.3.4. Zona cu restrictivitate pentru meandrare (ZRM)	184
5.4. Sistemul versanților	185
5.4.1. Inventarierea alunecărilor de teren	185
5.5. Rata medie de denudare a subbazinelor hidrografice determinate prin metoda curbelor hipsometrice procentuale	189
Cap. 6. PREDICȚIA SPAȚIALĂ A PROCESELOR GENERATOARE DE RISC	
6.1. Eroziunea solului prin Modelul U.S.L.E	196
6.1.1. Baza de date și Metodologia	199
6.1.2. Rezultate și discuții	205
6.2. Evaluarea susceptibilității la alunecări de teren	214
6.2.1. Conceptele de hazard, risc, probabilitate, vulnerabilitate și susceptibilitate la alunecări	214
6.2.2. Tipuri de modele folosite	216
6.2.3. Metode de validare ale modelelor și rezultatelor	222
6.2.4. Evaluarea susceptibilității la alunecări de teren conform legislației în vigoare (H.G. 447/2003)	227
6.2.4.1. Baza de date și metodologie	287
6.2.4.2. Rezultate și validare	237
6.2.5. Identificarea probabilității de apariție a alunecărilor de teren prin metoda	

BSA utilizând coeficienții de probabilitate HG	241
6.2.5.1. Realizarea bazei de date	242
6.2.5.2. Rezultate, validarea rezultatelor și a gradului de predictibilitate al modelelor aplicate	248
6.2.6. Aplicarea modelului statistic de determinare a susceptibilității la alunecări de teren (BSA) la scară mare (subbazinul Nirajul Mic)	
6.2.6.1. Baza de date și metodologia	256
6.2.6.2. Rezultate și validare	267
6.2.7. Aplicarea regresiei logistice în identificarea probabilității de apariție a alunecărilor de teren la scară mare (subbazinul Nirajul Mic)	
6.2.7.1. Baza de date și metodologie	269
6.2.7.2. Rezultate și validare	272
6.3. Predicția migrărilor de albie	281
6.3.1. Rezistența la eroziune pe baza rezistenței geologice și a protecției vegetale	
6.3.2. Aplicarea modelului probabilistic de determinare a instabilității albiei	281
6.3.2.1. Aspecte conceptuale și metodologice	288
6.3.2.2. Rezultatele aplicării modelului în zona test Murgești – Crăciunești	298
6.3.3. Delimitarea zonei libere de meandrare	292
6.3.3.1. Aspecte metodologice	295
6.3.3.2. Rezultate și discuții	299

CAP. 7. ABORDAREA MULTHAZARD ȘI IMPLICAȚIILE ACESTEIA ÎN AMENAJAREA TERITORIULUI

7.1. Hazardul și riscul la inundații	306
7.1.1. Aspecte metodologice	309
7.1.2. Realizarea benzilor de inundabilitate	312
7.1.3. Expunerea și riscul la inundații	314
7.2. Hazardul și riscul la alunecări	321
7.2.1. Aspecte teoretice și metodologice	321
7.2.2. Aplicarea unor scenarii de hazard la alunecări de teren la scară lunară	323
7.2.3. Analiza statistică precipitațiilor cauzatoare ale alunecărilor	324
7.2.4. Determinarea susceptibilității spațiale și temporale	330
7.2.5. Rezultatele scenariilor de hazard	334
7.2.6. Predicția temporală la scară mare	339
7.2.7. Analiza riscului la alunecări de teren	345
7.2.7.1. Aspecte conceptuale și metodologice	345
7.2.7.2. Analiza riscului la alunecări de teren la scară mare – studiu de caz Bazinul Nirajului Mic	348
7.3. Hazardul și riscul la meandrare	361

CAP. 8. EVALUAREA PRETABILITĂȚII TERENULUI LA DIFERITE FOLOSINȚE AGRICOLE UTILIZÂND TEHNICA BONITĂRII AGRICOLE

8.1. Aspecte metodologice și conceptuale	369
8.2. Realizarea bazei de date	373
8.3. Pretabilitatea terenului la diferite folosințe agricole	382
8.4. Validarea modelului	407
8.4.1. Aplicarea scenariilor pierderilor de sol în funcție de folosințele terenului la nivelul subbazinelor hidrografice	410

CAP. 9. ANALIZA MULTIHAZARD ȘI MULTIRISC LA NIVEL COMUNAL	416
9.1. Aspecte conceptuale și metodologice	416
9.2. Evaluarea riscului geomorfologic cumulat	418
10. CONCLUZII	438
11. BIBLIOGRAFIE	446

CUVINTE CHEIE: *Geomorfologie aplicată, alunecări de teren, meandrare, eroziunea solului, eroziunea fluviatilă, bonitarea terenului, multi-hazard, multi-risc, bazinul hidrografic al Nirajului.*

Mulțumiri

Elaborarea prezentei teze de doctorat a implicat un traseu sinuos, pe alocuri dificil, însă cu siguranță provocator. Realizarea ei a fost posibilă ca urmare a sprijinului oferit cu profesionalism de către o serie de persoane față de care doresc să îmi exprim gratitudinea.

Îi adresez respectuoase mulțumiri domnului profesor universitar doctor Petrea Dănuț, care, în calitatea de conducător științific m-a sprijinit prin sfaturile pertinente, prin permanenta îndrumare științifică, prin încrederea și încurajarea acordată în perioada de desfășurare a studiilor de doctorat. Dominei sale îi sunt recunoscătoare pentru îndrumarea în toate demersurile științifice ce au contribuit la dezvoltarea mea profesională.

Considerațiile mele se îndreaptă către profesorul Bilașco Ștefan datorită sfaturilor de specialitate în ceea ce privește obținerea, procesarea și prelucrarea bazelor de date digitale prin metode de actualitate, precum și a sprijinului profesional acordat în cadrul etapei de teren.

Mulțumesc, de asemenea, doamnei profesor Florina Grecu, de la Universitatea din București și domnului profesor Petru Urdea, de la Universitatea de Vest, precum și domnului profesor universitar Irimuș Ioan-Aurel, care au avut amabilitatea de a face parte din comisia de doctorat, oferindu-mi astfel onoarea de a mă asista în calitate de referenți.

Doresc să adresez mulțumiri comisiei de îndrumare a tezei de doctorat pentru contribuirea prin observațiile constructive de real folos și propunerile obiective ce au contribuit la îmbunătățirea lucrării. Îi mulțumesc profesorului Rus Ioan pentru inițierea în utilizarea tehnologiei GIS, sprijinirea constantă și punerea la dispoziție a materialelor cartografice încă din timpul elaborării lucrării de licență.

Le rămân profund recunoscătoare tuturor colegilor mei, profesori ai Școlii "Mihai Eminescu", Dej, pentru înțelegerea și sprijinul acordat, care a facilitat astfel participarea la numeroase manifestări științifice. Sincere mulțumiri colegei mele Sâncrăianu Ioana, profesor de limba și literatura română pentru corecturile făcute.

Gândurile mele se îndreaptă și spre profesorul Vulc Cristian, de la Grup Școlar Sanitar "Gheorghe Marinescu", Târgu Mureș, care cu profesionalism mi-a insuflat pasiunea pentru cunoaștere și cercetare, spiritul competitiv și permanenta curiozitate geografică încă din timpul liceului.

În mod categoric, finalizarea tezei de doctorat a fost posibilă cu sprijinul părinților cărora le mulțumesc pentru înțelegere!

Această lucrare este elaborată și publicată sub auspiciile Institutului de Cercetare a Calității Vieții, Academia Română ca parte din proiectul co-finanțat de Uniunea Europeană prin Programului Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013 în cadrul proiectului Pluri și interdisciplinaritate în programe doctorale și postdoctorale Cod Proiect POSDRU/159/1.5/S/141086

INTRODUCERE

Abordarea analitică din lucrarea de față, bazată pe disponibilitatea datelor și a informațiilor necesare, dorește a servi la o mai bună cunoaștere a potențialului geomorfologic și a fenomenelor geografice generatoare de risc din bazinul hidrografic al Nirajului, prin studierea factorilor genetici, a caracteristicilor calitative și cantitative precum și a efectelor acestora în mediul geografic.

Soluțiile bazate pe analiza geomorfologică aplicativă fac ca rezultatele obținute să poată fi puse în practică, deci să aibă drept calitate principală aplicabilitatea. Dezvoltarea laturii aplicative a cercetării geomorfologice devine esențială în condițiile în care se dorește o valorificare optimă a reliefului și oferirea unor soluții veridice pentru rezolvarea problemelor identificate.

Motivația alegerii acestei teme derivă din pasiunea pentru Geomorfologie și pentru studiul riscurilor geografice, dar și din dorința de a studia bazinul Nirajului cu scopul de a aplica principiile specifice și de a identifica aplicabilitatea metodelor geomorfologiei aplicate în obținerea unor soluții practice pentru disfuncțiile identificate. Astfel lucrarea este structurată în trei părți:

PARTEA I ASPECTE CONCEPTUALE, METODOLOGICE ȘI ISTORICUL CERCETĂRIILOR

Geomorfologia aplicată, ca ramură a geomorfologiei, are ca obiectiv aplicarea cunoștințelor de geomorfologie la soluționarea restricțiilor impuse de relief, dar și evaluarea potențialului geomorfologic astfel încât favorabilitatea și rolul acestuia ca resursă să fie mărit, iar efectele dăunătoare ale hazardelor naturale să fie diminuate. În elaborarea planurilor de urbanism, un rol important revine elaborării hărții de hazard/risc în vederea prevenirii dezastrelor naturale, respectiv a identificării riscurilor naturale de inundații și alunecări de teren. Apare astfel necesitatea identificării acestora la nivelul fiecărei unități administrativ-teritoriale.

OBIECTIVELE GENERALE

Având în vedere obiectivele generale specifice Geomorfologiei Aplicate, dorim ca acest studiu axat pe teritoriul bazinului hidrografic al Nirajului să atingă o serie de obiective generale și specifice:

- Identificarea proceselor și fenomenelor ca surse generatoare de risc în ecuația teritorială;
- Identificarea interdependențelor dintre procesele geomorfologice definitorii ce operează la nivelul bazinului Nirajului și modul în care acestea afectează vetrele de așezări și căile de comunicație;
- Evaluarea spațio-temporală a susceptibilității și hazardului la procesele geomorfologice inducătoare de risc;
- Realizarea unui model aplicativ de amenajare a bazinului Nirajului în raport cu factorii de risc.

METODOLOGIA CERCETĂRII

Lucrarea se bazează pe studii personale, pe munca de documentare a materialelor scrise și

cartografice, pe colectarea de date și informații, pe sinteza, analiza și prelucrarea materialului schematic și cartografic prin utilizarea de softuri specializate (fig.1).

Din punct de vedere didactic, lucrarea are dublu scop: de natură fundamentală (cunoașterea genezei și evoluției reliefului aferent bazinului hidrografic al Nirajului) și de natură aplicativă (rezultatele acestui demers științific pot servi ulterior la punerea în valoare a elementelor de favorabilitate a reliefului și alegerea celor mai bune metode de diminuare a restrictivității imunse la nivel local).

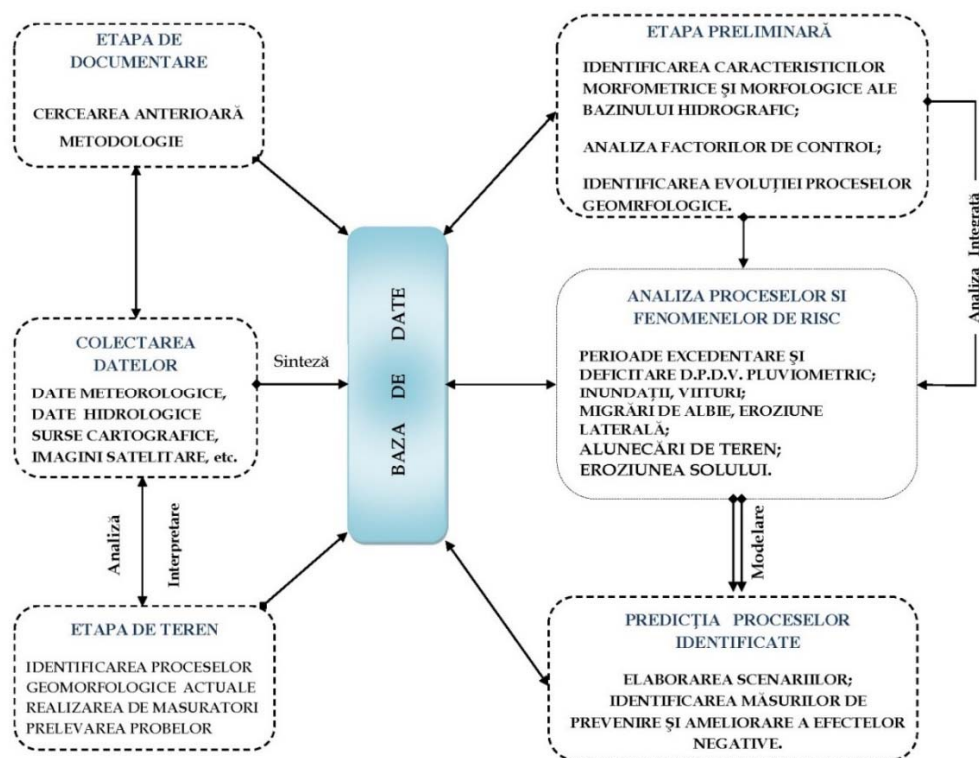


Fig. 1: Metodologia generală folosită

În primă fază, prin consultarea lucrărilor de specialitate din domeniu s-a conturat baza teoretică a lucrării și s-au ales celor mai relevante metodologii de cercetare.

Observația indirectă s-a realizat pe baza materialelor cartografice bogate, cu mare valoare științifică și practică totodată. În acest sens s-au analizat hărțile Austriece rezultate în urma campaniei a doua de măsurători (Franzische Aufnahme) ce a avut loc între anii 1806 – 1869, care acoperă în totalitate teritoriul României cu un total de 40 de foi de hartă. Campania a treia de măsurători topografice (Neue Aufnahme), desfășurată începând cu anul 1869, la scara 1:100000, Hărțile Topografice (editate între anii 1961-1964), scara 1:25.000, Imagini satelitare SPOT (2008), cu o rezoluție de 2,5 m, Ortofotoplanuri (2005, 2010), precum și planuri topografice 1:5000 (2005) și Imagini satelitare GOOGLE 2012 și 2013. Acestea au fost completate prin observații expediționale pentru observarea situației actuale.

Etapa de teren, atât de valoroasă pentru un geograf, a oferit informații prețioase în identificarea situației actuale, a poziționării zonelor afectate de procese geomorfologice, a ritmului acestora și a măsurilor de ameliorare aplicate de către autoritățile locale. În acest scop, utilizând tehnologia GPS, au fost identificate alunecările de teren active la nivelul lunii mai și iulie, 2012 și iulie 2013, procesele

erozionale manifestate la nivelul albiilor râului în iunie, 2012 și iulie 2013, când s-au realizat și măsurători topografice.

Granulometria depozitelor de albie s-a realizat prin prelevarea depozitelor din albia minoră a râului, folosind *eșantionarea volumetrică* a unor suprafețe de 1 m² la o distanță de aproximativ 10 km conform metodei propusă de Wolman (1954) și Leopold (1970).

Analiza statistică a datelor hidrologice (debit mediu, maxim, caracteristicile cantitative ale hidrografului de viitură) s-a realizat cu ajutorul programului Cavis. Estimarea probabilității de depășire și nedepășire a precipitațiilor și debitelor maxime, precum și perioadele de retur aferente acestora s-a realizat utilizând programul HYFRAN.

Prelucrarea datelor climatice a stat la baza analizei factorilor genetici, iar analiza precipitațiilor lunare pe baza *metodei ASPP-ului* a stat la baza determinării perioadelor excedentare din punct de vedere pluviometric.

Prin *metoda Sistemelor Informatice Geografice*, după realizarea bazei de date și prelucrarea acestora, s-a obținut reprezentarea cartografică a bazinului hidrografic analizat (Construirea Modelului Digital de Elevație al bazinului, harta pantelor, expoziția versanților, etc). Implementarea acestei metode s-a realizat prin intermediul produsului ESRI: ArcMap, Global Mapper, Quantu GIS, SAGA Gis.

Prin *comparații* cartografice ale materialelor din perioade diferite de timp s-a identificat evoluția plan-spațială a râului Niraj pe un ecart temporat de peste 100 de ani (1860-2013). Astfel s-au analizat parametrii morfometrici ai meandrelor: (amplitudine, lungime de undă, raza cercului înscris buclei de meandru, indicele de sinuozitate) precum și evoluția morfografică a fiecărei bucle de meandru (Conform clasificării lui Brice, 1974).

Desigur, în vederea atingerii obiectivelor principale enumerate, din punct de vedere metodologic și conceptual, s-au urmărit o serie de etape detaliate pe măsura avansării de la un capitol la altul.

PARTEA II BAZINUL NIRAJULUI – ASPECTE DE IDENTITATE GEOGRAFICĂ

Teritoriul studiat, reprezentat de bazinul hidrografic al râului Niraj, este situat în partea central estică a Depresiunii Transilvaniei, între bazinul hidrografic al Mureșului în nord și bazinul Târnavei Mici, în sud (fig. 2).

Elemente de individualitate și subordonare geografică:

Caracterul unitar al regiunii studiate derivă din caracteristicile specifice precum:

- înclinarea generală a reliefului de la NE la SV, care canalizează fluxurile energetice în aceeași direcție;
- succesiunea formelor de relief altitudinal: relief montan în bazinul superior (>1000 m), relief de deal înalt (400,1-550 m) în bazinul mijlociu și dealuri joase (284-400 m) spre zona de vărsare, de unde derivă panta accentuată a bazinului hidrografic, care va impune o torențialitate mai mare

a viiturilor și va influența timpii de concentrare a acestora, precum și o canalizare a energiilor cauzatoare de procese modelatoare ale reliefului;

- râul Niraj, primind un aport semnificativ de apă prin intermediul afluenților care își au obârșia în zona montană prezintă un regim de alimentare pluvio-nival;
- bazinul hidrografic este suprapus zonei de reactivare a fronturilor atmosferice; Masele de aer de origine vestică, care determină precipitații însemnate pe versantul vestic al Apusenilor, după traversarea Depresiunii Transilvaniei, în zona Subcarpaților Transilvaniei, se reactivează determinând căderea unor cantități mai mari de precipitații odată cu creșterea altitudinii ceea ce conduce la o morfodinamică avansată pe fondul declanșării alunecărilor de teren, a intensificării eroziunii solului precum și a cedării malurilor.

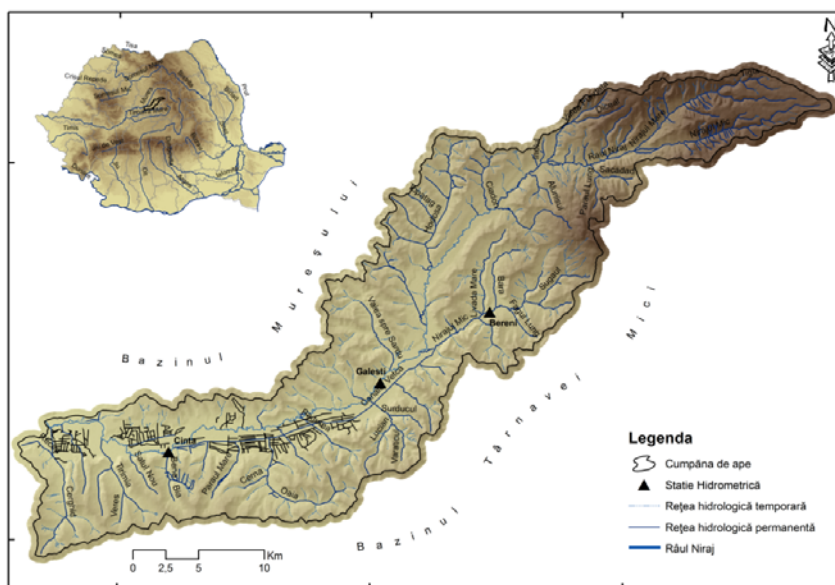


Fig. 2: Încadrarea în teritoriu a bazinului hidrografic al Nirajului

Componentele geografice menționate anterior dau unitate ansamblului teritorial analizat, însă unele diferențieri permit individualizarea a două sectoare: spațiul montan și piemontan, respectiv sectorul subcarpatic reprezentat prin alternanța arealelor deluroase și a celor depresionare, diferențiate prin alcătuire geologică (Fig. 3), morfologia reliefului, caracteristici climatice și implicit hidrologice ce au fost tratate în capitolul 2 și 3.

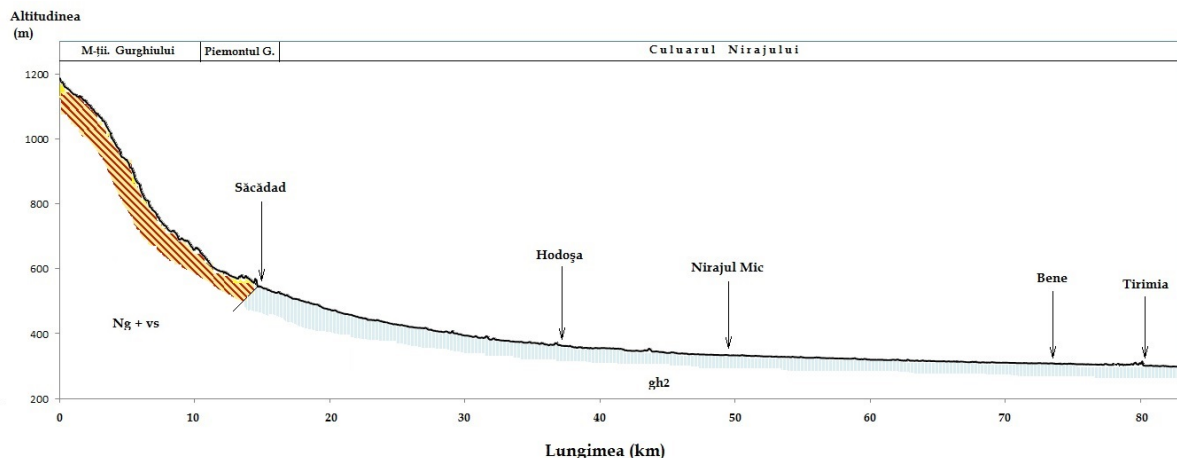


Fig. 3: Profil longitudinal pe râul Niraj

3. CARACTERISTICI MORFOLOGICE ȘI MORFOMETRICE ALE TERITORIULUI ANALIZAT

Morfometria (Geomorfometria) oferă, prin tehnici de investigare specifice, informații utile studiului de față, prin identificarea caracteristicilor numerice care permit apoi evaluări precise ale reliefului (Zăvoianu, 1978), și prin explicarea evoluției și identificarea tendințelor viitoare. Hărțile astfel obținute reliefează aspecte de favorabilitate și restrictivitate ale zonei analizate pentru dezvoltarea așezărilor, a căilor de comunicații sau pentru diferite folosințe ale terenului, ca urmare a condițiilor impuse de altitudine, pantă, adâncime a fragmentării, densitate a fragmentării, expoziție, etc.

3.1. CARACTERISTICI MORFOMETRICE ȘI MORFOGRAFICE ALE BAZINULUI HIDROGRAFIC

Suprafața bazinului hidrografic este de 658 km² (calculată ca urmare a delimitării bazinului hidrografic prin trasarea cumpenei de ape de pe hărțile Topografice 1:25000), încadrându-se în categoria bazinelor mijlocii, cu rol regularizator al scurgerii, în care efectul precipitațiilor abundente din amonte și topirea bruscă a zăpezii din zona montană se resimte cu întârziere.

Tabelul 1: Caracteristici morfometrice ale bazinului hidrografic al Nirajului

Suprafața bazinului (km ²)	Perimetrul (km)	Altitudinea Maximă (m)	Altitudinea Minimă (m)	Altitudinea Medie (m)	Lățimea medie (km)
658	201	1578	284	523	9,29
Energia de relief (m)	Densitatea de drenaj (km/km ²)	Elongația	Panta generală (°)	Coeficientul de circularitate	
1294	1,14	0,43	7,80	2,21	

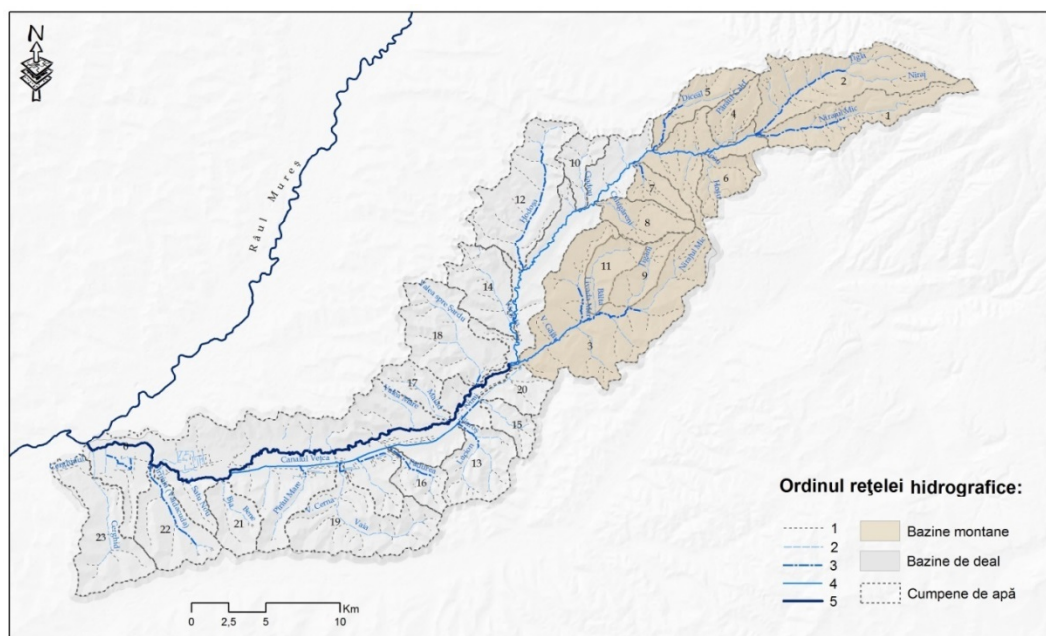


Fig. 4: Ierarhizarea rețelei hidrografice în sistem Horton-Strahler cu evidențierea subbazinelor hidrografice de deal și de munte

Analizând forma bazinului cu pătratul ca formă de referință, valoarea pentru bazinul Nirajului este de 0,26 , valoare inferioară unității de referință 1. Această formă alungită a bazinului hidrografic determină o întârziere a debitelor de vârf și o scădere a amplitudinii viiturilor. Se poate observa faptul că bazinul hidrografic delimitat de cumpăna de ape poate fi împărțit în unități componente subordonate ierarhic, de tipul bazinelor hidrografice secundare. Informații importante se obțin analizând rețeaua hidrologică pe ordine de afluenți, cu evidențierea zonelor de incizie a afluenților bazinelor limitrofe. Pentru a calcula indicii morfometrici hidrologici, s-au identificat subbazinele hidrografice din cadrul bazinului Niraj. Pentru a realiza ierarhizarea morfohidrografică, s-a utilizat metoda introdusă de Horton, R.E., (1945) și Strahler, A.N., (1957). Bazinul Nirajului însumează 363 de segmente de ordinul 1, 213 de ordinul 2, 23 de ordinul 3, 9 de ordinul 4, respectiv 1 de ordinul 5. Se remarcă numărul ridicat de talveguri elementare, cu lungime mică, care favorizează scurgerea apelor pe versanți, prezența lor fiind legată de rezistența diferită la eroziune.

Tabelul 2: Lungimea segmentelor de râu, densitatea drenajului și gradul de torențialitate al bazinelor hidrografice

Bazinul Hidrografic	ORDINUL					RL =Lx/Lx+1	Lungimea Totală	Dd =ΣL/F	T = Dd/f
	N1	N2	N3	N4	N5				
1. Pârâul Litigios	13,98	3,81	-	-	-	8,89	17,79	1,36	2.52
2. Zambo	20,64	4,92	2,59	-	-	3,04	28,15	1,48	2.35
3. Pârâul Cald	9,26	2,76	0,97	-	-	3,10	12,99	1,29	1.61
4. Văratiful	9,91	8,75	2,38	-	-	2,40	21,04	1,05	1.40
5. Ciadon	5,69	4,68	-	-	-	5,18	10,37	1,15	1.72
6. Diceal	5,8	2,69	3,69	-	-	1,44	12,18	0,93	1.01
7. Ceghid	21,95	8,54	-	-	-	2,57	30,49	1,05	3.75
8. Pădurea	5,8	2,69	3,69	-	-	1,44	12,18	1,35	0.87

9.	Valea spre Sardu	22,27	8,2	0,78	-	-	6,61	31,25	1,00	1.92
10.	Bogdan	4,79	7,54	-	-	-	0,63	12,33	1,37	4.15
11.	Oaia	36,75	15,41	0,93	-	-	9,47	53,09	1,29	0.94
12.	Tirimia	8,66	1,67	15,18	-	-	2,64	16,92	0,76	1.38
13.	Bene	4,81	8,02	-	-	-	0,59	12,83	1,06	2.52
14.	Nirajul Mic II	46,93	26,35	7,77	8,7	-	2,02	89,75	1,03	1.91
15.	Nirajul Mic	18,04	6,33	8,59	-	-	1,78	32,96	1,31	1.17
16.	Nirajul Mare	20,06	13,98	7,88	-	-	1,6	41,92	1,07	1.26
17.	Stejarul	3,64	4,25	-	-	-	0,85	7,89	1,12	1.58
18.	Aluniș	7,71	0,66	1,49	-	-	6,06	9,86	1,23	1.09
19.	Maiad	6,28	4,35	-	-	-	1,44	10,63	1,06	1.77
20.	Săcădad	7,79	3,4	-	-	-	2,29	11	1,1	1.83
21.	Pârâul Mare	4,11	5,74	0,89	-	-	3,57	11	1,1	0.92
22.	Hodoșa	34,22	12,51	-	-	-	2,73	47	1,23	3.32
	Bazinul Nirajul	715,22	180,48	59,89	54,56	42,29	2,33	1052,44	1,59	1.73

$N_{1,2,3,4,5}$ – ordinul râului, R_L – raportul lungimilor, D_d – Densitatea drenajului (km/km^2), T – Gradul de torențialitate

Frecvența talvegurilor elementare redă influența litologiei, a rezistenței la eroziune și a protecției vegetale oferită de vegetația lemnoasă, în special. Astfel, bazinele hidrografice situate în zona deluroasă, pe un substrat marno-argilos și cu un coeficient redus de împădurire înregistrează valori mai ridicate ale frecvenței talvegurilor elementare (Oaia, Nirajul Mic, Nirajul Mare, Pădurea).

Privind bazinul hidrografic ca sistem deschis, cu organizare și ierarhizare proprie, pentru a înțelege funcționarea sa, trebuie analizate variabilele de control. Dacă debitul solid și lichid este condiționat de cantitatea de precipitații, organizarea scurgerii cu morfografie și morfometrie specifică este condiționată de particularitățile litologice, structurale, de vegetație, mod de utilizare al terenului și nu în ultimul rând de gradul de intervenție a omului. Scurgerea lichidă și solidă poate fi privită ca o axă longitudinală de concentrare maximă a fluxurilor de masă și energie (Bojoi și colab., 1998). Baza de date necesară pentru această analiză este compusă din valoarea unghiului de confluență și a unghiului de adaptare (măsurate în grade), lungimea luncii în aval și amonte față de punctul de curbă, unde s-a măsurat unghiul de adaptare, în metri și numărul de mărime Horton-Strahler. Analizând parametrii hidrologici ai sectoarelor de luncă din bazinul Nirajului, s-au determinat unele aspecte care nu au mai fost studiate până în prezent (analiza s-a făcut după metoda propusă de Bojoi și colab. 1998).

3.2. CARACTERISTICI MORFOMETRICE ȘI MORFOGRAFICE ALE VERSANȚILOR

Din categoria caracteristicilor morfometrice și morfografice ale versanților care au fost analizate în cadrul capitolului 3.2 amintim: hipsometria, geodeclivitatea, adâncimea fragmentării, densitatea fragmentării, curbura în plan, curbura în profil, curbura totală, orientarea versanților date care vor fi incluse ca baze de date de intrare în modelele de determinare a probabilității de apariție a alunecărilor

de teren.

3.3. CARACTERISTICILE MORFOMETRICE ALE ALBIILOR DE RÂU

S-a realizat o bază de date morfometrice pe baza caracteristicilor albiei minore și majore obținute prin realizarea de profile transversale, precum și prin măsurarea directă a meandrelor de pe materialele cartografice din perioade diferite. Astfel, principalele idei în jurul cărora se constituie analiza de față sunt:

- încadrarea tipologică a albiei râului Niraj,

- identificarea variabilității morfometrice a albiei minore și majore a râului,
- dinamica secțiunilor transversale în lungul râului.

Posibilitatea efectuării profilelor transversale cu ajutorul softurilor G.I.S. are o mare aplicabilitate datorită cantității mari de informații obținute pe fondul economiei de timp și energie raportată la sistemul clasic de obținere a acestora. Pentru validare s-au realizat o serie de profile transversale cu ajutorul stației totale. Astfel, se remarcă profilele din zona de munte cu sectoare mai adânci, cu pantă accentuată și lățimi ale albiei majore reduse, pe alocuri cu sectoare de lărgire în zonele depresionare (fig. 5).

În zona subcarpatică, de dealuri, profilele devin mai largi din amonte spre aval, prezintă diferite nivele de terasă pe care s-au dezvoltat în timp așezările umane (fig. 6 și fig. 7). Totuși, pe fondul modificării rocilor componente, versanții au un risc geomorfologic ridicat, fiind susceptibile la alunecări, surpări și activitate torențială.

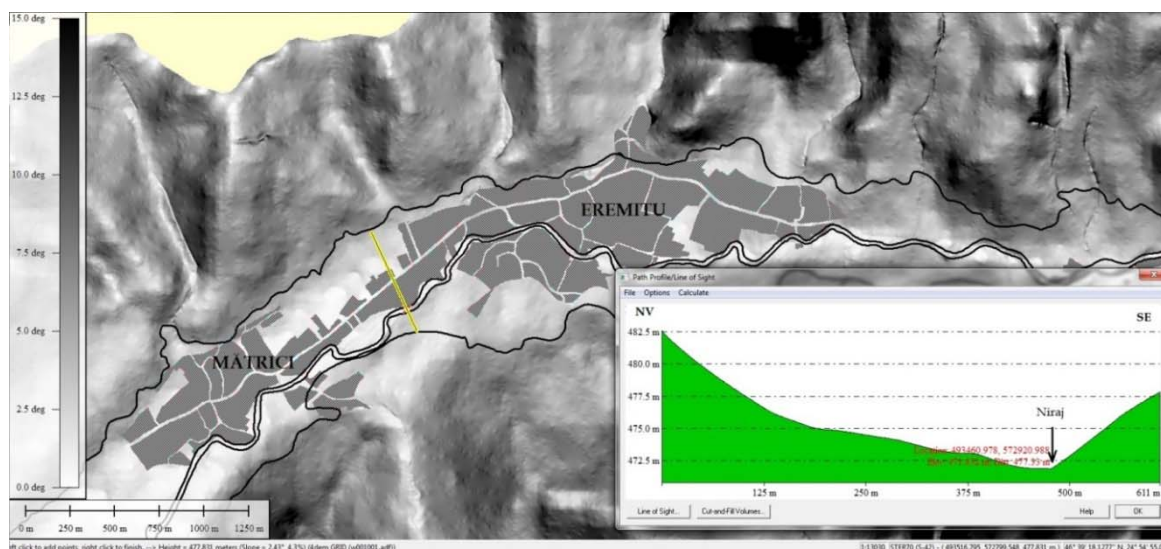


Fig. 5: Profil transversal prin lunca Nirajului în aval de Eremitu

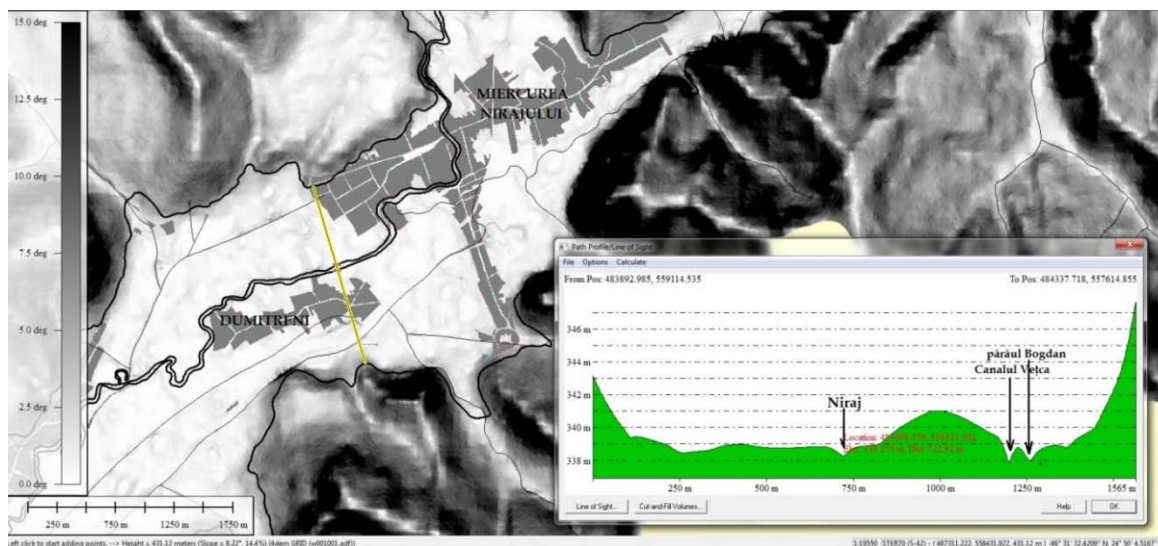


Fig. 6: Profil transversal prin lunca Nirajului în aval de Miercurea Nirajului

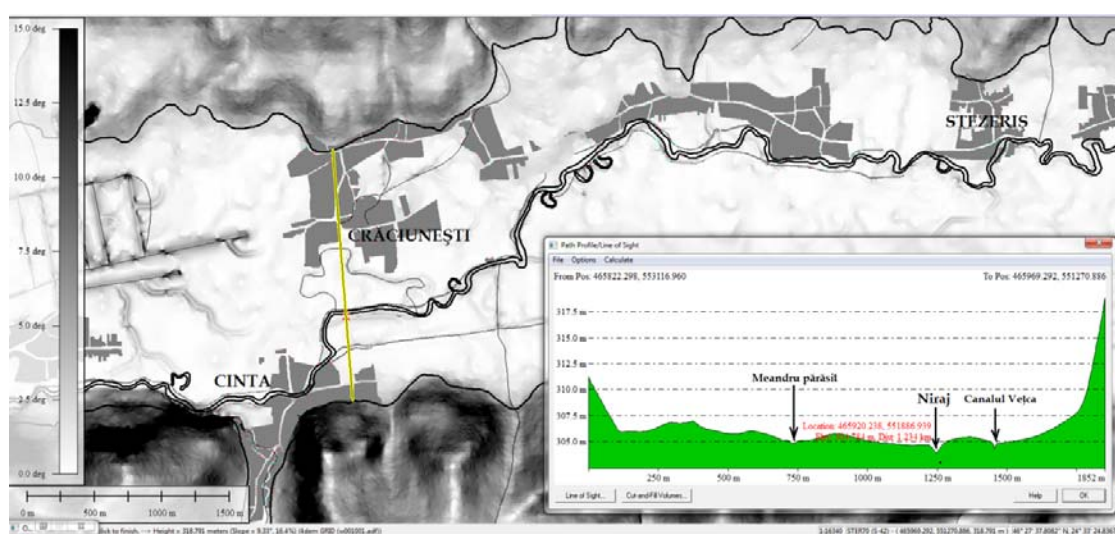


Fig. 7: Profil transversal prin lunca Nirajului în aval de Crăciunești

În bazinul inferior, pe fondul micșorării pantei și a modificării condițiilor geologice energia râului este canalizată spre eroziunea laterală și pe transportul sedimentelor din amonte rezultând aluvionarea laterală (reniile), în cadrul albiilor (ostroave) și la confluențe (conuri aluviale).

Pentru analiza dinamicii albiei minore s-a analizat elementul de bază al acesteia: bucla de meandru la nivelul cărora s-a determinat morfometria meandrelor râului Niraj: raza de curbură, coarda, lățimea albiei minore și lungimea cursului de apă între extremitățile corzii pentru bucla de meandru, respectiv lungimea de undă a meandruului.

Acestea au fost utilizate mai apoi în studiul de față și în identificarea zonei libere de meandrare a râului, a calculării puterii de eroziune a apei pe baza debitelor la maluri pline și în trasarea benzilor de inundabilitate.

Astfel, analizând variația indicelui de sinuozitate pentru întreaga perioadă analizată se poate observa tendința evidentă de scădere a acestuia de la 1,7, care corespunde râurilor meandrate, la 1,17, specific cursurilor sinuoase. Având în vedere valoarea medie de 1,17 la nivelul anului 2012, încadrăm

râul Niraj în categoria râurilor sinuoase.

Tabelul 3: Variația coeficientului de sinuozitate 1806-2012

Indice sinuozitate 1806	Indice sinuozitate 1869	Indice sinuozitate 1970	Indice sinuozitate 2012
1,7	1,67	1,59	1,17
<i>curs meandrat</i>	<i>curs meandrat</i>	<i>curs meandrat</i>	<i>curs sinuos</i>

Având la dispoziție surse cartografice pe un ecart de 100 de ani, acești parametri au fost trasați pe toate sursele de date cartografice, obținând astfel o imagine concretă asupra evoluției spațio-temporare a albiei minore a râului. Tehnologia G.I.S. permite analiza statistică a indicilor măsurati, reprezentarea grafică a acestora (fig. 8), precum și realizarea de corelații cu altitudinea, suprafața bazinului hidrografic sau lungimea râului.

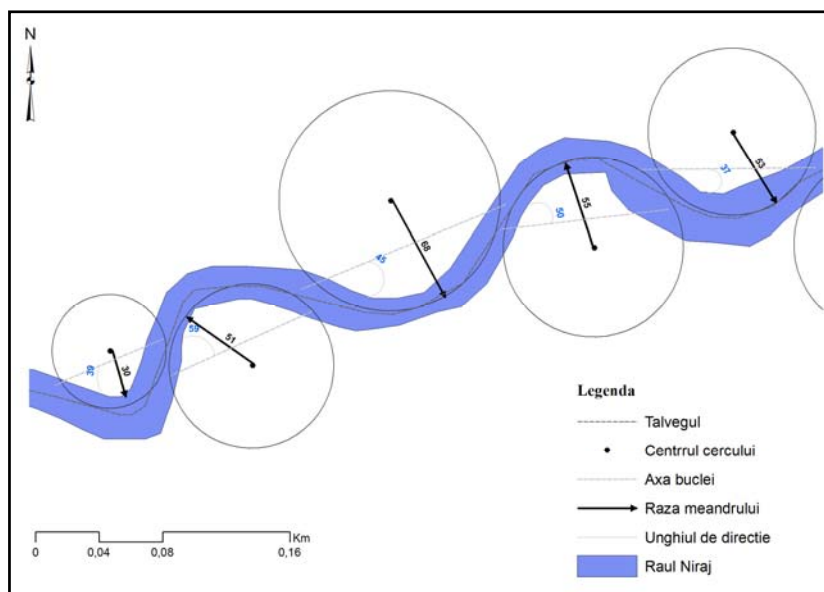


Fig. 8.: Indici morfometrici ai meandrelor determinați în mediu G.I.S.

4. FACTORII FIZICO-GEOGRAFICI DETERMINANȚI AI RELIEFULUI ACTUAL

Din categoria factorilor care au conlucrat și conlucrează în prezent la nivelul modelării reliefului și a impunerii unui anumit tip de peisaj, amintim factorii: climatici, hidrologici, pedologici, tectonici și, nu în ultimul rând, factorii antropici, fiecare dintre aceștia fiind tratați în cadrul capitolului 4.

Această abordare a inclus:

- Identificarea tendinței cantității medii anuale de precipitații atmosferice pentru perioada 1970-2012 la nivel decadal, sezonă și anotimpual;
- Identificarea perioadelor excedentare și deficitare sub aspect pluviometric prin determinarea anomaliei standardizate și ponderate de precipitații (ASPP);
- Analiza tendinței și a variației scurgerii medii și maxime și identificarea perioadelor de

revenire ale acestora;

- Analiza factorilor biogeografici: vegetația și solul, etapă care a permis încadrarea comunelor și a subbazinelor hidrografice pe clase de naturalitate al peisajului precum și pe clase a presiunii antropice asupra pădurilor și a terenurilor agricole.

Detaliem, în ceea ce urmează, rezultatele obținute asupra debitului formativ al albiilor actuale (Roșca și colab., 2015): Analiza caracteristicilor morfometrice ale râului a permis divizarea acestuia în 7 sectoare a căror diferențiere tipologică a fost făcută, în principal, pe baza a două elemente definitorii: panta de curgere, respectiv indicele de sinuozitate (tabelul 4).

Tabelul 4: Caracteristici morfometrice și geologice ale sectoarelor de râu

Caract.	Sect. 1	Sect. 2	Sect. 3	Sect. 4	Sect. 5	Sect. 6	Sect. 7	Niraj
Geologia	Ng+vs	pn	qh2	qh2	qh2	qh2	qh2	-
Lungimea (km)	14	24	9	7	13	6	9	82
Panta (m/km)	6,77	9,66	7,25	5,16	2,01	1,14	1,12	3,64
SI max	1,62	2,27	1,95	1,58	1,75	1,27	1,12	2,27
SI mediu	1,26	1,43	1,43	1,22	1,25	1,20	1,06	1,27

Ng+vs – Formațiuni vulcanogen sedimentare, pn-pietrișuri, nisipuri, argile, cărbuni, marne nisipoase, qh2 – depozite deluvial-proluviale

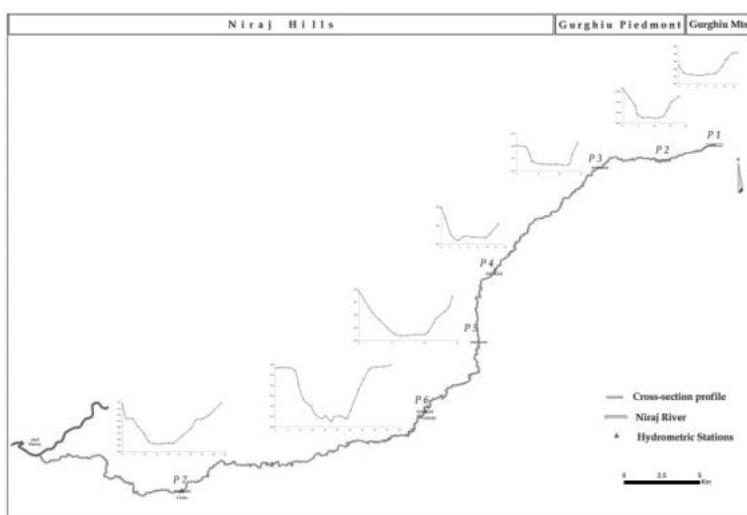


Fig. 9: Localizarea secțiunilor transversale

Din punct de vedere hidrologic s-a determinat *debitul la maluri pline* considerat, în studiul de față, a fi debit formativ al albiilor actuale. Pentru realizarea acestei etape, în faza de teren s-au realizat o serie de profile transversale cu ajutorul cărora s-au determinat elementele secțiunii active de scurgere pentru șapte sectoare ale râului ale căror albi sunt diferite sub aspect tipologic.

Folosind datele obținute în etapa cercetărilor de teren s-au identificat o serie de parametri caracteristici (Fig. 10) precum: *Suprafața secțiunii active* (ω) ca rezultat a însumării secțiunilor parțiale (I...XVI) dintre verticalele de sondaj ($h_1...h_n$) folosind formulele cunoscute pentru calcularea suprafețelor triunghiulare și trapezoidale;

$$\omega = [(h_1 b_1) / 2] + [(h_1 + b_2) b_2] / 2 + \dots + [(h_{n-1} + h_n) b_{n-1}] / 2 + [(h_n b_n) / 2] \text{ (m)}$$

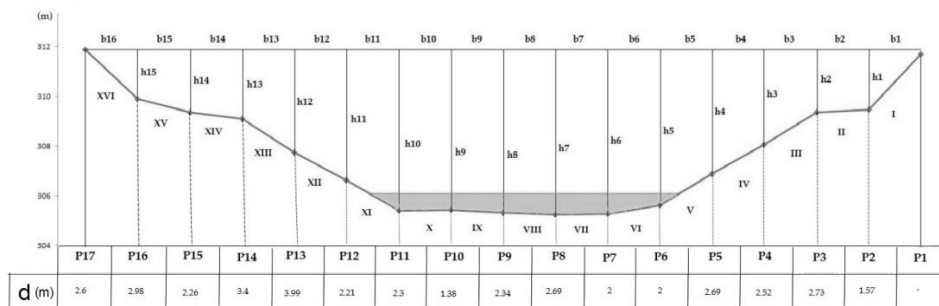


Fig. 10: Profilul transversal 7 (realizat în aval de postul hidrometric Cinta)

- Perimetrul udat (P) determinat pe baza formulei (Zăvoianu, 2007) :

$$P = \sqrt{b_1^2 + h_1^2} + \sqrt{b_2^2 + (h_2 - h_1)^2} + \dots + \sqrt{b_n^2 + h_n^2} \quad (\text{m}),$$

Unde, b_1, b_n reprezintă distanțele dintre verticalele de sondaj

h_1, h_n reprezintă adâncimea verticalelor de sondaj

Adâncimea maximă (h_{max}), adâncimea medie (h_{med}) și raza hidraulică (R) au fost de asemenea determinate. Raza hidraulică a fost calculată ca raport între suprafața secțiunii (ω) și perimetrul udat (P);

Debitul la maluri pline, numit de Ichim și colab. (1989), „debitul de umplere al albiei” iar în literatura anglosaxonă „bankfull discharge”, reprezintă parametrul fundamental de estimare și dimensionare a geometriei hidraulice a albiei. Un prim pas în calcularea debitului la maluri pline îl reprezintă identificarea nivelului la maluri pline atât pe teren cât și pe secțiunile albiei în profil transversal.

Pentru calculul debitului la maluri pline s-a utilizat formula Manning – Strickler, Leopold, (1954):

$$Q_b = A \cdot k \cdot (R^{2/3} \cdot S^{1/2}) / n,$$

Unde: Q_b – Debitul la maluri pline [m^3/s], A - Suprafața secțiunii active [m^2], k – constanta de conversie egală cu unitatea [$k=1$], R – Raza hidraulică [m], S – Panta hidraulică (panta suprafeței libere în mișcare uniformă egală cu panta talvegului) [%], n – coeficientul de rugozitate calculat după formula Stickler, $n = d_{50}^{1/6} / 21,1$ [m].

Determinarea rugozității albiei. Rugozitatea albiei reprezintă unul dintre principalii factori care influențează acțiunea apei asupra patului albiei și a malurilor acesteia, fapt pentru care determinarea acesteia reprezintă un pas important și indispensabil într-un studiu precum cel de față.

Pentru determinarea rugozității albiei s-a procedat la analiza granulometrică a depozitelor de albie din cadrul fiecărui sector analizat. Sub aspect metodologic analiza depozitelor din albia minoră s-a realizat, pentru fiecare sector în parte, în manieră globală (fără a se face distincție între pavaj și subpavaj), acestea fiind clasificate ulterior în 14 clase granulometrice, conform scării Wentworth, la un interval de 1 phi: blocuri (peste -8 phi), bolovăniș (între -6 și -8 phi), pietriș (între -1 și -6 phi), nisip (între 4 și -1 phi) și silt (< 4 phi).

În studiul de față s-a optat pentru calculul rugozității conform formulei Stickler:

$$n = D_{50}^{1/6} / 21,1, \text{ unde:}$$

n = rugozitatea, A = Aria suprafeței active, R = Raza hidraulică, S = Panta râului, Q = Debitul, D_{50} = Diametrul median.

Determinarea puterii fluviale. Puterea cursului de apă reprezintă un indicator care, în literatura de specialitate, este apreciat ca fiind factorul principal în evaluarea eroziunii albiei minore și a dinamicii acesteia (Hickin și Nanson, 1984), în analiza transportului de sedimente (Bagnold, 1966) și a depunerii acestora (Simons, 1966), dependent, la rândul său, de conceptul de rezistență al malurilor. Indicatorul mai sus menționat exprimă capacitatea râului de a prelua și transporta sedimentele în timpul scurgerii la nivel punctual. De aceea, estimarea acestui parametru este necesară pentru identificarea tendințelor dinamice ale albiilor.

În 1966, Bagnold definește puterea brută a cursului de apă ca produs între greutatea specifică a apei, debitul și panta de curgere a apei: $\Omega = \gamma \cdot Q \cdot S$, unde, Ω = puterea brută a cursului de apă, γ = greutatea specifică a apei [kg/m³], Q = debitul [m³/s], S = panta cursului de apă [m/m]

Raportând puterea râului pe unitatea de suprafață, Bull, 1979, pentru a determina puterea disponibilă pentru erodare și transport la nivelul secțiunilor transversale, propune următoarea relație (formula 3): $\zeta = \Omega / W$, unde: ζ = Puterea specifică a albiei [W/m], Ω = puterea brută a cursului de apă [W/m], W = lățimea suprafeței active de scurgere [m]. Acest indicator este calculat, în cazul de față, pe unitate de perimetru ud al secțiunii transversale.

Studiile de specialitate care vizează identificarea puterii fluviale au scos în evidență o tendință longitudinală (Magilligan, 1992, Lawler, 1995, Leece, 1997, Knighton, 1999). Utilizând noile tehnologii GIS și LIDAR s-a determinat puterea fluvială la nivel continental (Finlayson et. all, 2002, Finlayson and Montgometry, 2003) precum și la nivelul bazinelor hidrografice mari și medii (McCandless și colab, 2002, 2003, Jain și colab., 2005, Worthy, 2005, Stacey, 2007), autorii atrăgând atenția asupra necesității utilizării unui DEM cu o rezoluție de până la 1 m² în vederea obținerii unor rezultate viabile. Totuși, cele mai multe abordări privind debitul la maluri pline și puterea fluvială corespunzătoare acestuia (fie că este vorba despre abordări aplicative ori inovative).

Ținând cont de metodologia descrisă anterior se pot anticipa o serie de etape indispensabile în vederea identificării relațiilor dintre scurgere și ale tendințelor de meandrare, ale căror rezultate vor fi descrise în cele ce urmează.

O primă etapă ar consta în identificarea spectrului granulometric al materialului de albie în relație cu variabilele bazinului hidrografic (suprafață, geologie, altitudine, pantă) precum și evidențierea distribuției granulometrice în profilul longitudinal obținut pe baza analizei statistice granulometrice (Fig.11).

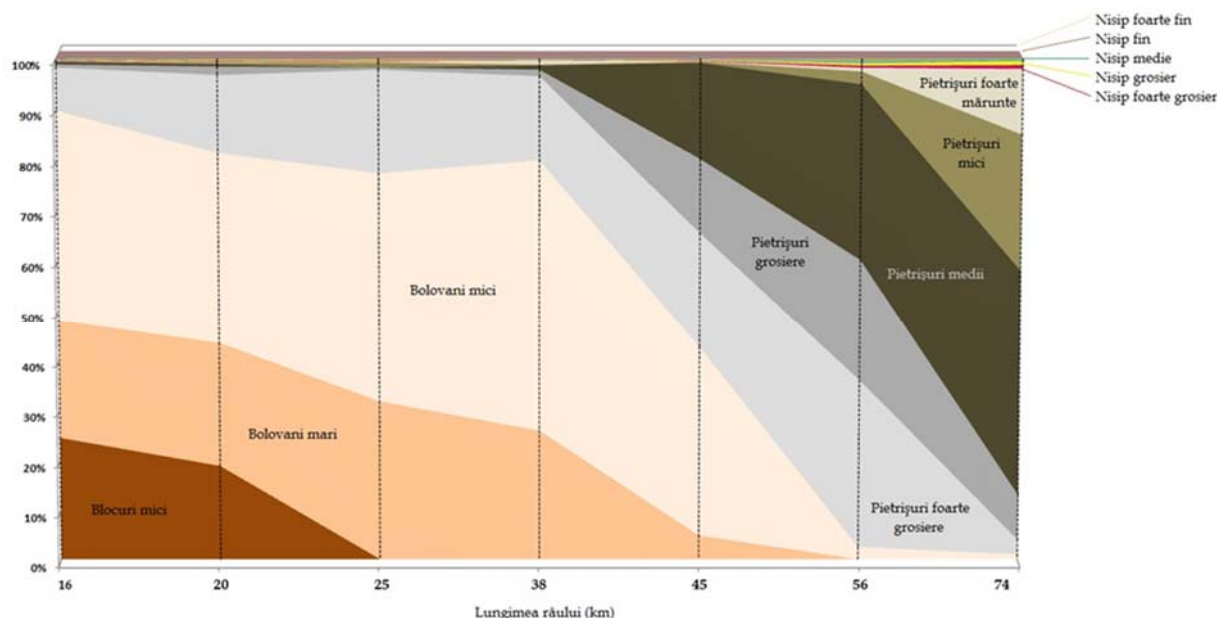


Fig. 11 : Spectrul granulometric al depozitelor de albie ale râului Niraj

Distribuția ideală a materialului de albie de-a lungul râului urmărește reducerea ponderilor claselor granulometrice în direcția scurgerii (Rădoane și colab., 2002). În cazul de față, se pot observa totuși variații explicabile prin aportul de material adus de afluenții principali precum și prin efectul lucrărilor de îndiguire și regularizare executate. În 1875, Sternberg, analizând variația dimensiunii materialelor de albie de-a lungul râurilor, identifică o reducere a dimensiunii acestora în lungul râului după o relație de tip exponențial. Acest fenomen este observabil și la nivelul râului Niraj: clasa blocurilor este dominantă în bazinul superior al râului, urmată fiind de clasa bolovanilor și a pietrișurilor, a căror pondere crește în sectorul median și inferior al râului. Acest proces de sortare a materialului din albie, realizat într-o perioadă lungă de timp, s-a realizat în concordanță cu rezistența patului albiei la efectele scurgerii lichide și solide imprimate energetic de puterea râului.

Se individualizează sectoarele superior și mijlociu ale căror histograme sunt caracterizate prin unimodalitate (Fig. 12.A) și sectorul inferior caracterizat prin bimodalitatea depozitelor de albie (Fig. 12.B). Acest fenomen este identificat și la nivelul râurilor din nord-estul României, explicația derivând din competiția dintre sortare și atriție (Rădoane și colab., 2002). Pentru a putea aprecia care este cauza diminuării dimensiunii depozitelor din albie de-a lungul râului, cercetările realizate pe plan mondial pun accent pe raportul dintre sortarea hidraulică (Knighton, 1982) și uzura mecanică (Ibbeken, 1983) la nivelul segregării depozitelor de albie.

În urma prelucrării statistice a datelor eșantionate, în etapa de laborator, s-a identificat valoarea diametrului mediu (D50), parametru necesar în procesul cuantificării valorii rugozității albiei minore (fig. 12).

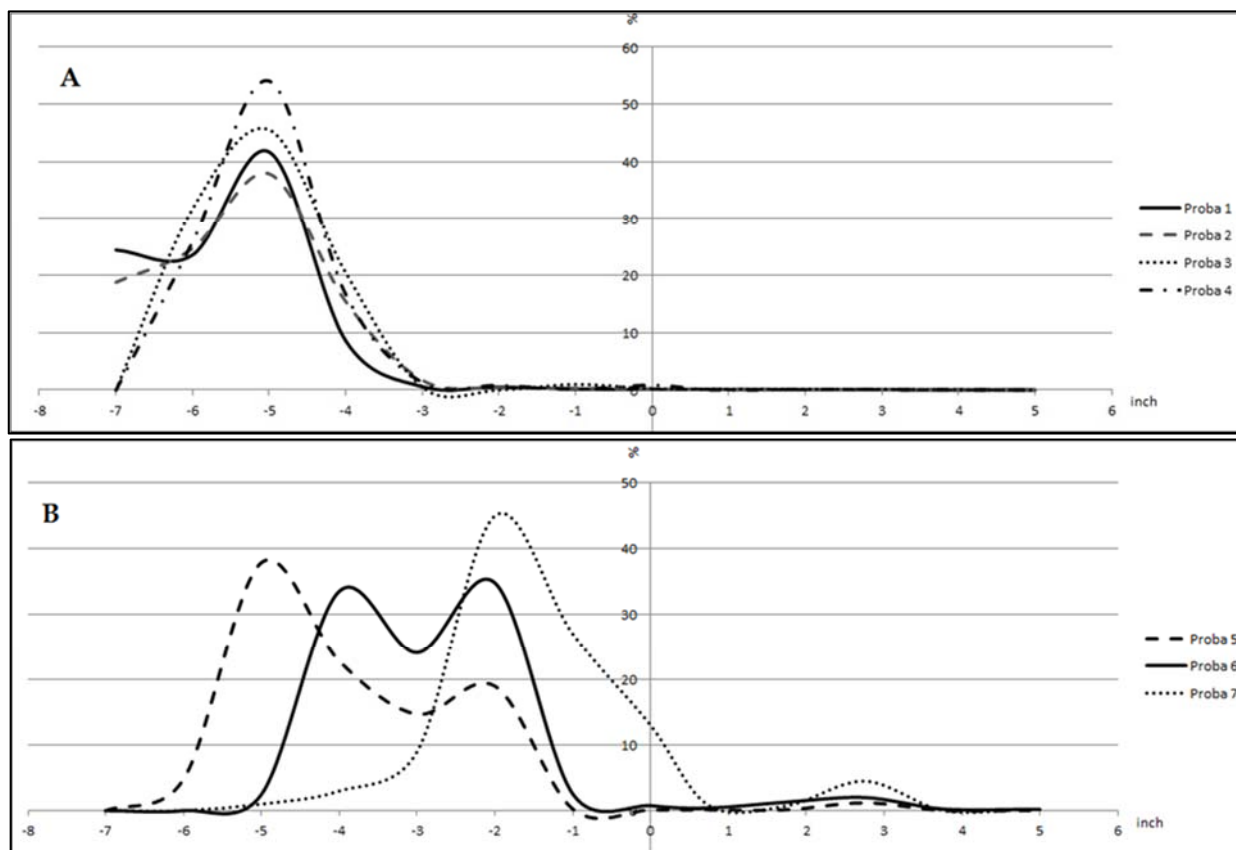


Fig. 12: Histogramele distribuției granulometrice ale depozitelor de albie ale râului Niraj

Se observă tendința de diminuare a valorii D50 în lungul râului de la o valoare superioară de 0,915, specifică probei numărul 1 la kilometrul 16 al râului, până la valoarea 0,356, pentru proba numărul 7, situată în cursul inferior la kilometrul 74 al râului.

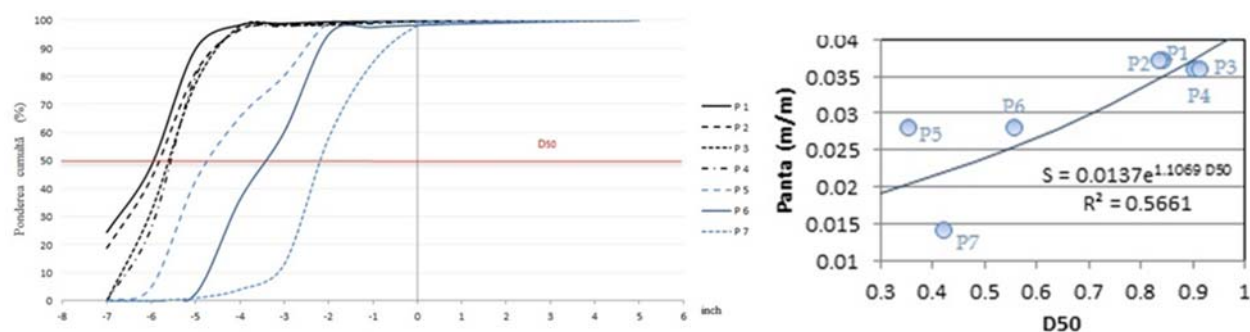


Fig. 13: Valoarea diametrului median D50 și corelația dintre D50 și panta râului (m/m)

Corelația medie ($R^2=0,566$) dintre diametrul median (D50) și panta râului reflectă de asemenea diminuarea dimensiunii materialului din albie în profil longitudinal.

Utilizând datele obținute în urma realizării profilelor transversale, aplicând metodologia descrisă anterior și utilizând formula Manning – Strickler, în puncte reper, s-au obținut *valorile debitului la maluri pline*. Pentru două dintre secțiunile de calcul există posibilitatea validării ca urmare a proximității față de stațiile hidrometrice: Găleşti (pentru profilul 6) și Cinta (pentru profilul 7). Se poate observa o creștere a valorii debitului la maluri pline de-a lungul râului ca urmare a modificărilor parametrilor

morfometrice ce caracterizează albia minoră (perimetrul udat și aria secțiunii active), cea mai ridicată valoare fiind calculată pentru profilul 7 (situat în imediata apropiere a stației hidrometrice Cinta).

Tabelul 5: Valorile calculate ale debitului la maluri pline

Nr. secțiunii	P (m)	A (m)	R (m)	S (‰)	n	V _m (m/s)	Q _b (m³/s)
1	20.3	10.9	0.538	1.745	0.046	1.9	20.8
2	33.6	19.6	0.584	1.745	0.046	2.0	39.3
3	29.8	17.7	0.595	2.756	0.047	2.5	44.7
4	23.0	22.6	0.982	2.756	0.047	3.5	79.6
5	29.5	29.4	0.995	0.465	0.040	1.7	50.1
6	96.2	111.5	1.159	0.465	0.043	1.7	195.3
7	89.8	174.7	1.945	1.957	0.041	5.3	928.2

Unde P - Perimetrul udat, A - aria suprafeței active, R – Raza hidraulică, S – panta râului, n – rugozitatea, V_m – Viteza medie, Q_b – Debitul la maluri pline.

Identificarea perioadelor de revenire a debitelor maxime. Având la dispoziție datele provenite de la stația hidrometrică Bereni și Cinta (situate în imediata apropiere a poziției secțiunilor transversale 6, respectiv 7) s-a calculat probabilitatea de apariție a debitelor maxime necesare în estimarea tendințelor viitoare. Este necesar să se țină cont de faptul că în urma lucrărilor de îndiguire, în aval de localitatea Cinta, albia este supradimensionată, astfel încât probabilitatea de apariție a debitului la maluri pline este redusă. Au fost utilizate și datele de la stația hidrometrică Bereni (situată amonte de profilul 6) deși perioada de observații s-a încheiat în anul 1994. Analizând șirurile de date înregistrate la stația Bereni s-a calculat că probabilitatea de depășire a debitului la maluri pline este de 0,5, având o frecvență de 1/200 ani.

În urma analizei rezultatelor consemnate în literatura de specialitate existentă pe plan mondial, cu privire la aspectul amintit mai sus, sunt consemnate o perioadă de revenire între 1 și 2 ani (Wolman and Leopold, 1957, Dury, 1961, Woodyer, 1989, Rustomji, 2009), între 1 și 5 ani (Ahilan și colab., 2013), între 2 și 3 ani (Brush, 1961), între 4 și 10 ani (Pickuo and Warner, 1976), fiind folosită, cel mai frecvent, perioada de retur de 1,5 ani pentru debitul dominant.

În cazul de față debitul maxim, cu o perioadă de revenire de 1,5 ani, calculat pentru stația hidrometrică Cinta, are valoarea de 41.6 m³, respectiv 28.9 m³ pentru stația hidrometrică Bereni.

Tabelul 6: Probabilitățile de depășire și perioadele de retur ale debitelor maxime și ale debitelor dominante calculate la nivelul posturilor hidrometrice Cinta și Bereni

Perioada de retur (T)	P. de depășire (%)	Q _{max}	
		Cinta	Bereni
1000	0.1	493	237
200	0.5	383	186
100	1	335	164
50	2	287	142
20	5	223	113
10	10	175	90.6
5	20	127	68.6
3	33	92.3	52.4
2	50	62.2	39.5
1.5	66	41.6	28.9

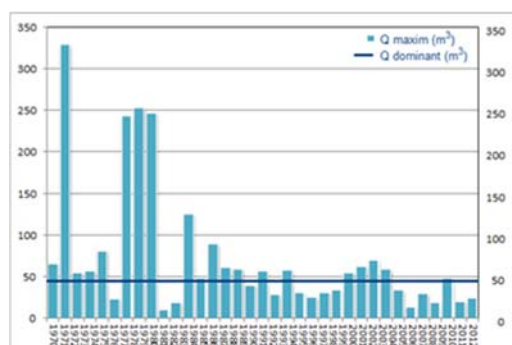


Fig. 14: Frecvența absolută a anilor în care debitul lichid maxim a depășit valoarea debitului formativ al albiilor actuale

1	90	28.3	20.9
---	----	------	------

Pe baza analizei variației grafice a debitului maxim anual (Fig. 14) se remarcă numărul ridicat al anilor din decada 1970-1979 în care a fost depășit debitul considerat dominant, cu o perioadă de retur de 1,5 ani-în 7 cazuri. Pentru decadele următoare s-au determinat: 6 cazuri (1980-1989), 3 cazuri (1990-1999), 4 cazuri (2000-2009) respectiv un singur eveniment în perioada 2010-2012.

Calcularea puterii fluviale. O altă etapă importantă a studiului de față a constat în determinarea *condițiilor energetice specifice scurgerii maxime* (prin analiza debitului și a puterii râului la ape mari pe baza debitului la maluri pline) și a *scurgerii normale* (analizând puterea râului la debit mediu multianual). Privind ajustarea geometriei albiei prin prisma conceptului disipării optime a energiei (puterea râului, Shield și colab., 2003), s-a calculat puterea de acțiune a râului la nivelul suprafeței active în regim de scurgere normal $G\Omega_m$ (tabelul 7).

Tabelul 7: Valorile puterii fluviale brute și specifice maxime și medii

Nr. Sect.	Qb (m ³ /s)	Ω_{max} (W/m)	Ω_m (W/m)	$G\Omega_{max}$ (W/m ²)	$G\Omega_m$ (W/m ²)
1	20.8	127477	-	289	-
2	39.3	53542	-	141	-
3	44.7	13763	-	14.51	-
4	79.6	28113	-	37.28	-
5	50.1	15788	-	14.95	-
6	195.3	14255	85.15	8.77	0,22
7	928	7559	534	3.51	1.21

Aceste valori, de ordin energetic, oferă informații asupra relațiilor dintre capacitatea de antrenare a curgerii și rezistența la eroziune a malurilor. În general, albia râului Niraj evoluează în contextul unor energii medii și scăzute. Astfel, sectoarele caracterizate prin valori scăzute ale puterii râului, în jurul valorii de 10 W/m² (cazul profilului 6, și 7 specifice sectorului inferior al Nirajului), corespund clasei C, desemnând albiile de energie mică (conform clasificării energetice a albiilor realizate de Nanson și Croke, 1992). Acestea se caracterizează printr-o rezistență ridicată a malurilor la eroziune fapt care limitează migrarea laterală a cursului de apă. Sectoarele care au valori între 30-300 W/m² corespund clasei albiilor clasei B, de energie medie, acestea fiind considerate albiile în echilibru dinamic, afectate rar de evenimente extreme întrucât râul își disipează energia de-a lungul albiei majore, al cărei grad de erodabilitate este diminuat de către factorul de protecție vegetală.

Sectoarele caracterizate printr-o putere a râului între 30,2 și 105,3 W/m², dezvoltate pe fundament de pietriș, caracterizează sectorul superior și mijlociu al Nirajului încadrându-se astfel în subclasa B2 a carei albie majore este caracterizată printr-o stabilitate ridicată la curgerea peste mal. Subclasa B3, a albiilor majore cu migrare laterală pe râuri meandrate, se caracterizează printr-o putere specifică în secțiune activă cuprinsă între 10,4 și 62 W/m² ceea ce implică o pondere mai ridicată a inciziei laterale în detrimentul celei verticale.

În ceea ce privește relația dintre debitul la maluri pline și caracteristicile morfometrice ale albiilor de râu, utilizând aceleași tipuri de formule care descriu corelațiile dintre variabile se remarcă, atât în studiile realizate la nivel național cât și în literatura străină, o corespondență ridicată între variabilele respective (tabelul 8).

Tabelul 8: Relația dintre debitul la maluri pline și caracteristicile morfometrice ale albiilor (lățimea albiei, adâncimea medie) și suprafața bazinului (unde : $A = aQ_{bkf}^b$, $l = cQ_{bkf}^d$, $d = eQ_{bkf}^f$)

Suprafața Bazinului (A)		Lățimea Albiei (l)		Adâncimea Medie (d)		Sursa / Râul
a	b	c	d	e	f	
-	0.90 ⁺	-	0.50	-	0.40	Leopold, Maddock, 1953
-	0.87 ⁺	-	0.42	-	0.45	Wolman, 1955
0.90	0.83	1.65	0.50	0.55	0.33	Nixon, 1959
-	0.91 ⁺	2.17-3.98	0.52	0.16-0.20	0.39	Hey, Thorne, 1986
0.28	0.94	1.46	0.52	0.19	0.42	McCandless, 2002
0.79	0.8	2.65	0.47	0.3	0.33	McCandless, 2003
0.764	0.70	-	-	-	-	Ahilan și colab., 2013
ROMÂNIA						
-	-	12.67	0.24	-	-	Ialomița
-	-	6.03	0.43	-	-	Buzău
-	-	3.75	0.42	-	-	Bâsca
0.69	1.34	1.03	0.69	-	-	Prahova
6.45	0.78	6.13	0.26	0.73	0.43	NIRAJ

Pentru bazinul hidrografic al Nirajului s-a observat o creștere a suprafeței secțiunii active odată cu creșterea suprafeței bazinului din amonte (fig. 15.A), precum și o relație directă între puterea fluvială și debitul la maluri pline (fig. 15.B). Corelațiile astfel identificate ne-au permis determinarea *puterii fluviale specifice debitului formativ* al albiilor la nivelul sectoarelor de râu.

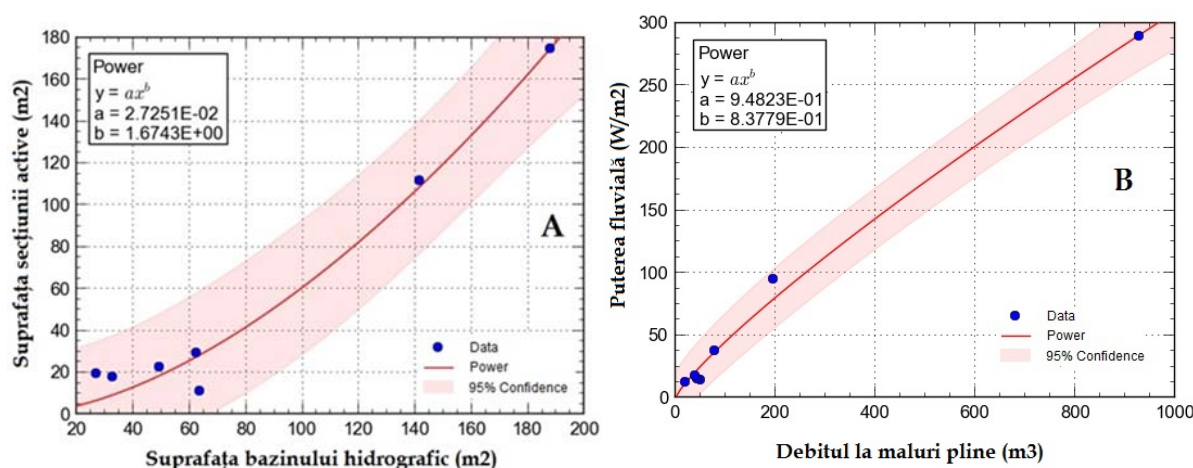


Fig. 15: Corelația dintre suprafața secțiunii active și suprafața din amonte (stânga), corelația dintre debitul la maluri pline și puterea fluvială (dreapta)

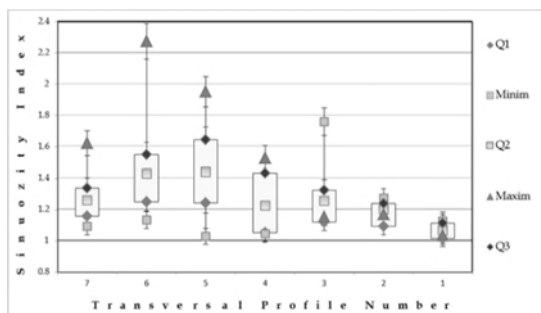


Fig. 16: Variația indicelui de sinuozitate pe sectoare de râu

Pentru a obține o imagine asupra dinamicii în timp a albiei râului Niraj s-a analizat dinamica acesteia, atât la nivelul celor 7 sectoare menționate, cât și la nivel de detaliu, utilizându-se un ecart de 1 km ca unitate standard de măsură. Directiva Apa 2000/60/EC recomandă statelor membre U.E. încadrarea tipologică a tuturor cursurilor de apă după criterii geocologice (European Union, 2000).

Dinamică laterală accentuată este cauzată în principal de reducerea gradientului de pantă și reducerea rezistenței malurilor pe fondul evenimentelor extreme cu valoare energetică ridicată (viituri și inundații). Analiza cartografică a dinamicii albiei râului Niraj, utilizând Hărțile Austriece, Campania a doua (1860), Campania a treia (1910), Hărțile topografice 1:25000 (1970) și imagini satelitare SPOT (2012) au permis identificarea sectoarelor cu dinamică accentuată. Analizând evoluția indicelui de sinuozitate al râului Niraj (Fig. 17) pentru cele 7 sectoare ale râului se remarcă o dinamică accentuată pentru sectoarele 4 și 5, sectoare caracterizate prin cea mai mare valorare a puterii fluviale la maluri pline. Cele mai stabile sectoare sunt cele situate în zona montană și piemontană ce prezintă rezistență ridicată la eroziune în ciuda puterii fluviale ridicate.

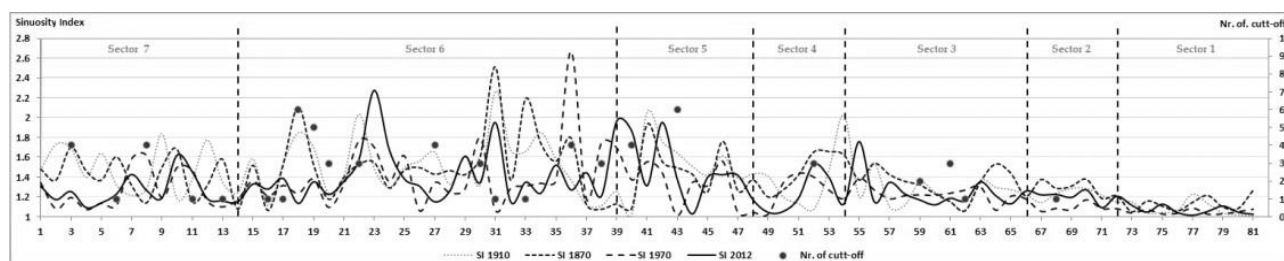
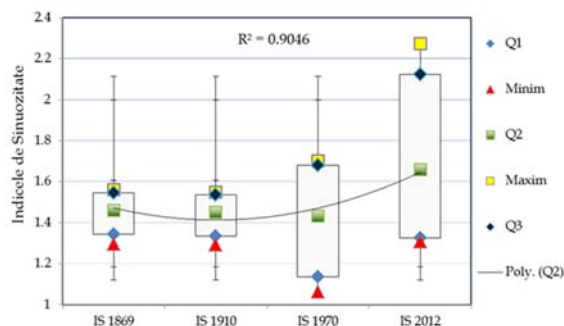


Fig. 17: Variația indicelui de sinuozitate a râului Niraj în perioada 1910-2008

Debitele extreme duc la tăierea coturilor de meandru (fig. 18) implicând o scădere a lungimii râului rezultând astfel o reducere a timpului de concentrare a scurgerii cu efecte evidente la nivelul morfologiei albiei minore. Panta scurgerii imprimă puteri specifice mai ridicate în secțiune transversală evidențiate, mai ales, în timpul evenimentelor extreme.



Fig. 18 : Meandrare laterală și cedarea malurilor în apropierea localității Păsăreni (foto 4 Iunie 2012)



Pentru exemplificare se poate observa în figura de mai jos sectorul situat între localitățile Vărgata-Mitrești (Fig. 20), cu o lungime de 3,67 km și o valoare a indicelui de sinuozitate de 1,27 (sector sinuos). În lipsa constrângerilor naturale și antropice (terase, diguri antropice), în sectorul analizat râul a evoluat, trecând, prin migrare laterală, din categoria

sectoarelor meandrate în categoria sectoarelor sinuoase (Fig. 19). Acest sector evoluează în condițiile unei energii medii de 37.28 W/m^2 la scurgere maximă care corespunde unui debit la maluri pline cu o perioadă de revenire mai mică, de 2,6 ani. Astfel râul își va disipa energia determinând procese de eroziune dependente de rezistența la eroziune imprimată de geologie și de protecția vegetală existentă. În cadrul studiului de caz prezentat se poate observa o schimbare complexă a meandrării (conform clasificării lui Hooke, 1977), în dreptul localității Mitrești.

Fig. 19: Variația indicelui de sinuozitate în perioada 1869-2012 în sectorul Vărgata-Mitrești

Principala cauză, desprinsă pe baza analizei bazelor de date existente, s-a dovedit a fi litologia. Meandrul este poziționat în zona de trecere de la o litologie în care domină argilele marnoase la o altă în care predomină pietrișurile și nisipurile.

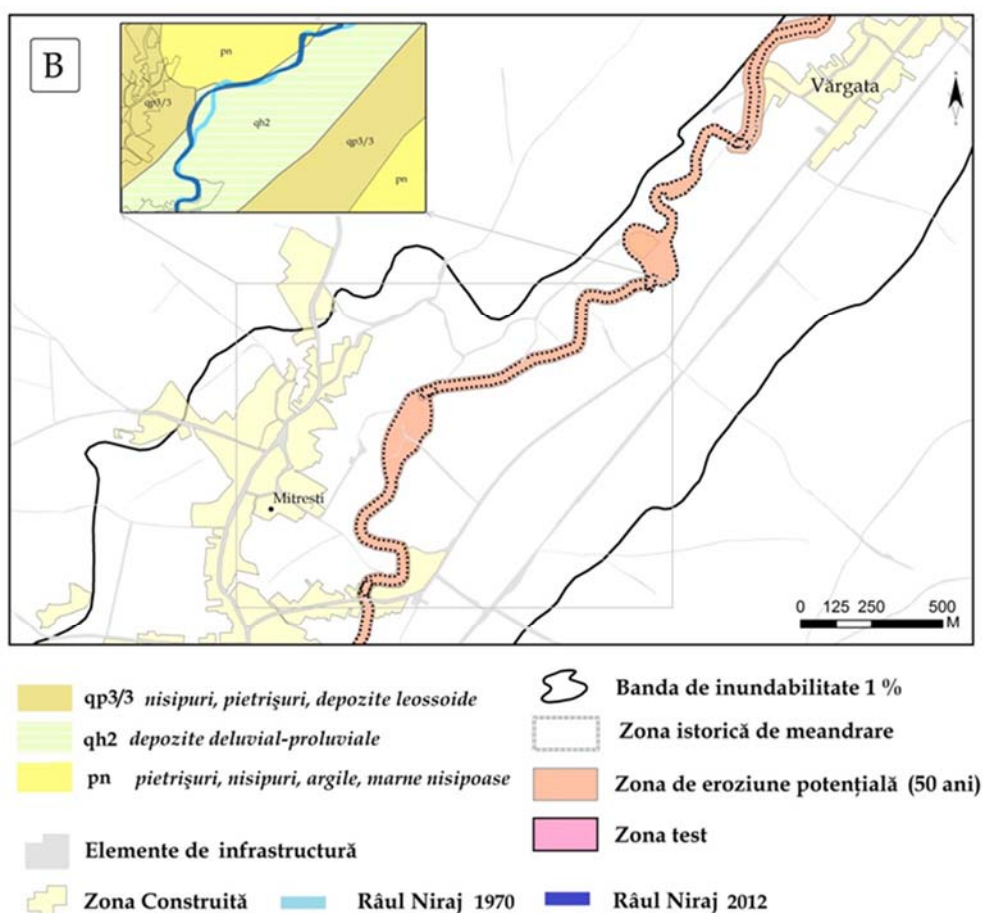
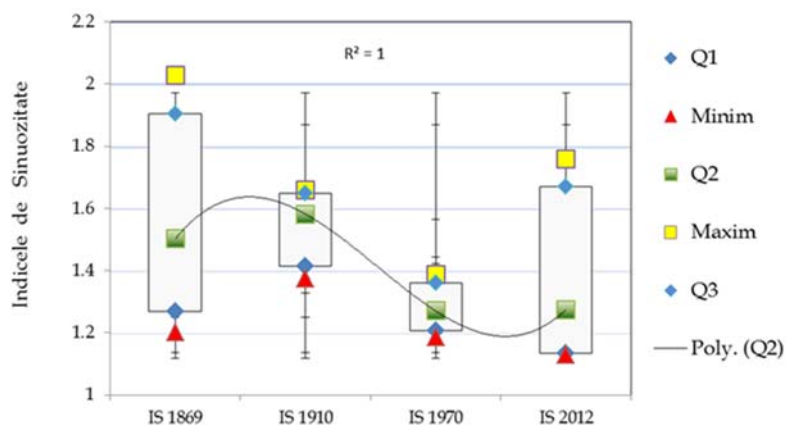


Fig. 20: Delimitarea spațiului de libertate a râului Niraj în sectorul Vărgata-Mitrești

Prin contrast (fig. 14) se poate observa că sectorul situat în proximitatea localității Acățari (desfășurat pe o lungime de 3528 m cu un indice de sinuozitate de 1,65 care îl includ în sectoarele de râu menadrate) o dinamică accentuată în perioada 1869-2012, abaterile față de medie devenind evidente în ultimii ani (fig. 21). În acest sector râul evoluează în condițiile unor energii scăzute (0,22W/m) pentru scurgerea medie, respectiv 8,77 W/m pentru scurgere maximă, perioada de retur a debitului la maluri pline fiind de 14,9 ani.



Sectorul studiat oferă o imagine asupra efectelor limitării spațiului de libertate a râului de către digurile realizate cu scopul protecției zonelor construite față de inundații. Pe fondul acestei limitări se remarcă restrângerea spațiului de libertate minimă al râului Niraj (fig. 22).

Fig. 21: Variația indicelui de sinuozitate în perioada 1869-2012 în proximitatea localității Acățari

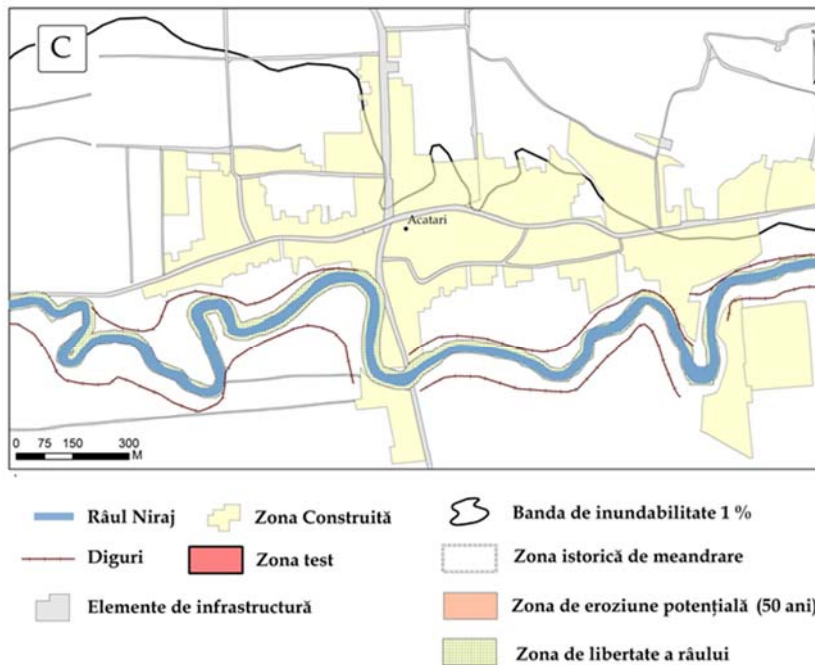


Fig. 22: Delimitarea spațiului de libertate a râului Niraj în zona localității Acățari

Precizăm faptul că valorile astfel calculate exprimă punctual puterea râului și debitul la maluri pline însă ne-am propus ca această cuantificare a parametrilor hidraulici să suplinească estimările

calitative și să ofere o imagine apreciabilă la nivelul mediilor morfogenetice ale sectoarelor cu energie mare, medie și joasă în corelație cu zonele bazinului de drenaj cf. concepției lui Schumm.

Calculul debitului la maluri pline, respectiv a puterii fluviale brute și specifice, a permis încadrarea sectoarelor de râu în clase caracteristice în funcție de puterea de răspuns a acestora. S-au remarcat astfel sectoarele de râu care evoluează peste limita puterii fluviale de 35 W/m^2 care au astfel un timp rapid de răspuns schimbărilor din amonte <10 ani. Importantă rămâne astfel identificarea energiei sub impulsul căreia evoluează râul, calcularea debitului la maluri pline, ca debit considerat cu cea mai mare influență asupra stabilității albiilor de râu și identificarea perioadei de retur al acestuia. Desigur, studiile care au ca obiectiv identificarea gradului de stabilitate al albiei și rata dinamicii în timp a acestuia vor conține informații suplimentare legate de rezistența la eroziune, factorul de protecție vegetală și gradul de intervenție antropică, însă ca input care determină schimbări iremediabile în sistem rămâne scurgerea maximă (la ape mari și viituri), prin capacitatea energetică maximă de a produce salturi cantitativ-calitative la nivel microscal.

PARTEA III ANALIZA SPAȚIO-TEMPORALĂ A MORFODINAMICII BAZINULUI HIDROGRAFIC AL NIRAJULUI CA SUPORT AL DEZVOLTĂRII TERITORIALE

Întrucât se dorește identificarea acelor procese care determină modificări la nivelul sistemului hidrografic cu toate subsistemele componente precum și a acelor fenomene periculoase care vor induce pagube materiale este necesară, în etapa preliminară, o identificare corectă, pe un pas cât mai mare de timp a tuturor proceselor și evenimentelor anterior produse.

Demersul metodologic urmărit, cu scopul de a identifica procesele geomorfologice inducătoare de risc, se bazează atât pe o *bază de date spațială și temporală* extinsă, care să permită identificarea proceselor și a ratelor de manifestare ale acestora atât în spațiu cât și timp, cât și pe utilizarea metodelor geoinformaționale care permit reprezentarea dinamicii spațio-temporale a reliefului, precum și intercondiționările și relațiile dintre factorii cauzatori și declanșatori ai proceselor analizate. Privind relieful ca suport al tuturor activităților social economice, Cocean, P., (2002), include alături de climă, hidrografie, vegetație și soluri, relieful, care constituie *componenta de susținere* ca suport al amenajării teritoriului. S-au identificat procesele geomorfologice cu cea mai extinsă arie de manifestare care induc dezechilibre și implicit pagube: alunecările de teren, eroziunea solului și eroziunea fluvială.

5. MORFODINAMICA BAZINULUI NIRAJULUI

Modelarea actuală a reliefului se realizează continuu sau intermitent sub acțiunea agenților modelatori, funcționând ca un sistem deschis ce determină dinamica și varietatea peisajului geomorfologic. Gradul diferit de intensitate al factorilor modelatori și rezistența reliefului inițial la acțiunea acestora conduc la predispunerea pentru anumite procese geomorfologice (spălări areolare, ravenări, torențialitate, scurgeri noroioase, alunecări de teren, surpări). Se remarcă, la nivel teritorial,

extinderea suprafețelor afectate de procese de deplasare în masă și eroziunea fluviatilă, care afectează elementele de infrastructură precum și spațiul construit. Fiind vorba despre un studiu de geomorfologie aplicată, accentul cade pe identificarea pragurilor extrinseci (datorită variabilelor extreme) și intrinseci (datorate variațiilor parametrilor proprii).

În ceea ce privește sistemul albiilor de râu s-au urmărit o serie de etape precum:

- Analiza evoluției recente a râului Niraj
- Identificarea variației spațio-temporale a ratei de meandrare
- Delimitarea zonei de meandrare a râului

S-a evaluat astfel pentru râul Niraj fiecare buclă de meandru, pentru fiecare perioadă de timp, pentru care dispunem de date cartografice (Fig. 23). La nivelul fiecărei bucle de meandru a fost trasat cercul înscris în buclă, căruia i-a fost măsurată raza.

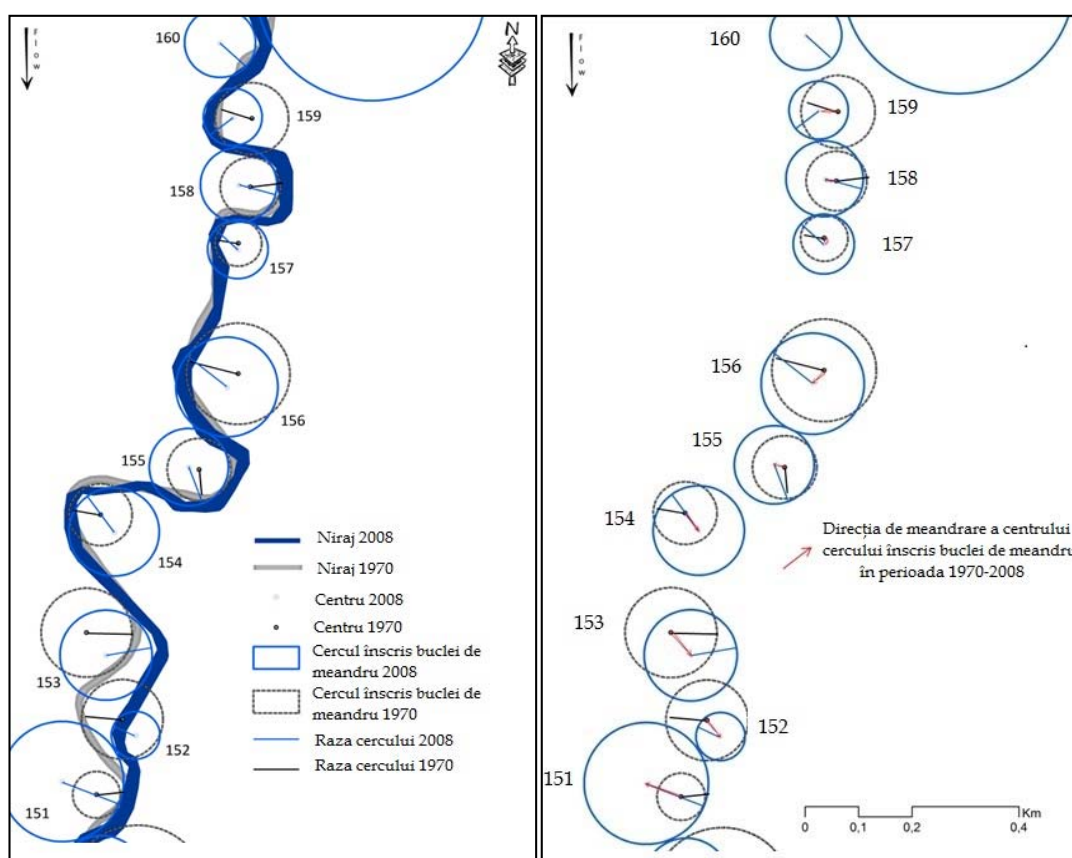


Fig. 23: Metodologia de identificare a ratei medii de meandrare

Pentru determinarea ratei de schimbare a buclei de meandru s-a calculat migrarea centrului buclelor de meandru pentru perioada analizată 1970-2008 (fig. 23.B) astfel:

$$\Delta R_{CA} = (R_{C2} - R_{C1})/Y_A, \text{ unde:}$$

ΔR_{CA} = Rata de schimbare a razei de meandru în perioada A (m/an)

R_{C1} = Raza buclei de meandru în anul 1

R_{C2} = Raza buclei de meandru în anul 2

Y = Numărul anilor din perioada A

Valorile pozitive ale ratei de schimbare a razei meandrului indică o micșorare a buclei de

meandru, pentru ca valorile negative să indice o extensiune a acestora (Water Engineering and Technology, 1988). S-a observat faptul ca o serie de bucle s-au închis, la nivelul anului 1970 existau 251 bucle de meandru, iar la nivelul anului 2008 numărul s-a redus la 218, dintre acestea, 171 au prezentat o dinamică accentuată.

La nivelul întregului râu, 61% dintre buclele de meandru s-au extins, doar 39% s-au micșorat, însă situația diferă la nivel local datorită modificării parametrilor caracteristici bazinului hidrografic, precum și a gradului diferit de intervenție antropică. Pe fondul debitului ridicat, a pantei crescute a râului și a aportului mare de apă pe care râul îl primește, acesta are o energie ridicată, determinând reorganizări la nivelul albiei. În acest sector se regăsesc atât extinderi ale meandrelor cât și zone de micșorare ale acestora (Fig. 24).

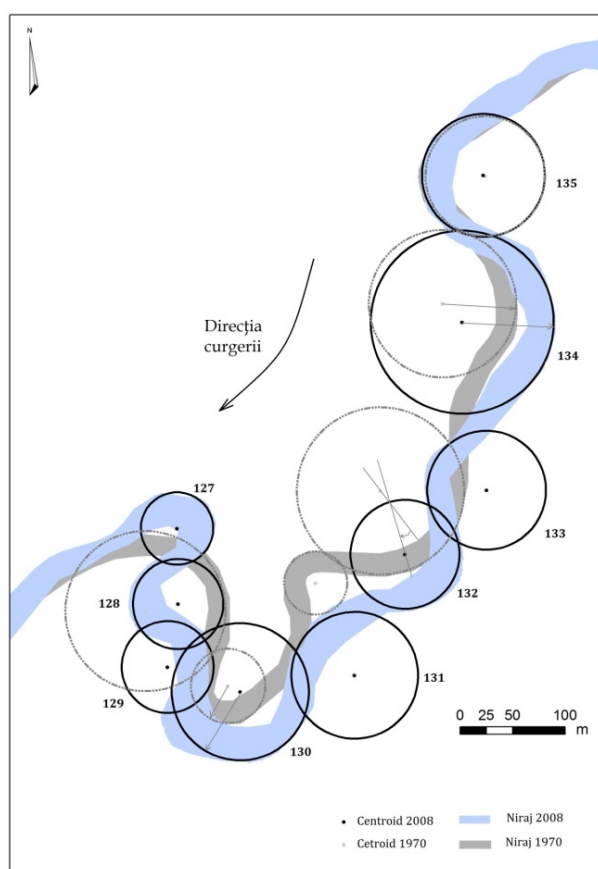


Fig. 24: Dinamica meandrării prin translație și rotație

După cum se poate observa, în sectorul median, rata de migrare are o variație redusă, excepție fac cazurile în care omul a intervenit îndiguind râul pentru a proteja locuințele situate în apropiere de râu.

Sectorul inferior, aproape de confluența cu râul Mureș, fiind dezvoltat pe o pantă scăzută și o geologie dominată de nisipuri, marne și argile primește din nou un grad mai ridicat de meandrare. Se observă astfel cazuri în care rata de schimbare are valori negative ce corespund extensiunii meandrelor din acest sector în perioada 1970-2008.

În urma măsurătorilor efectuate pe baza imaginilor satelitare recente, putem afirma faptul că râul Niraj prezintă sectoare succesive, complementare, rectilinii, meandrate și sinuoase, dependent de condiționările impuse de geologie,

structură, puterea de eroziune a râului și constrângerile de natură antropică.

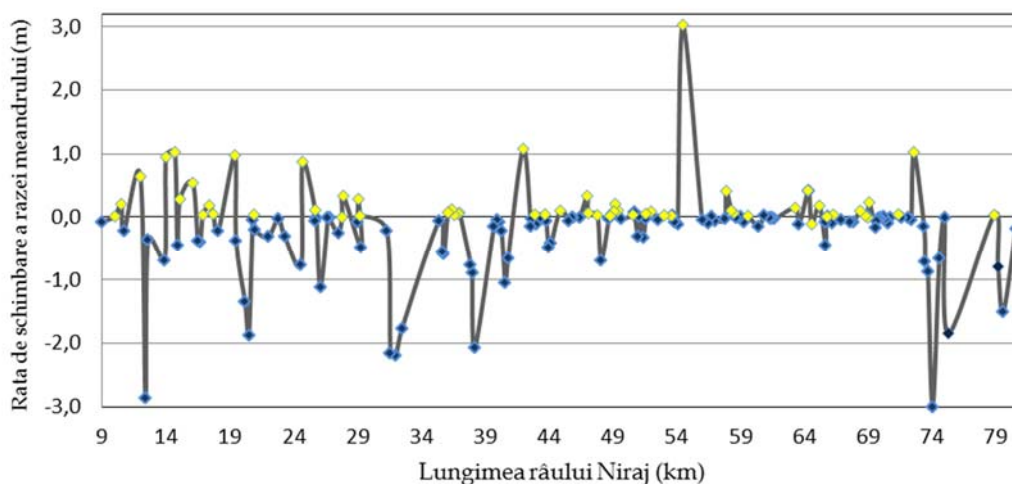
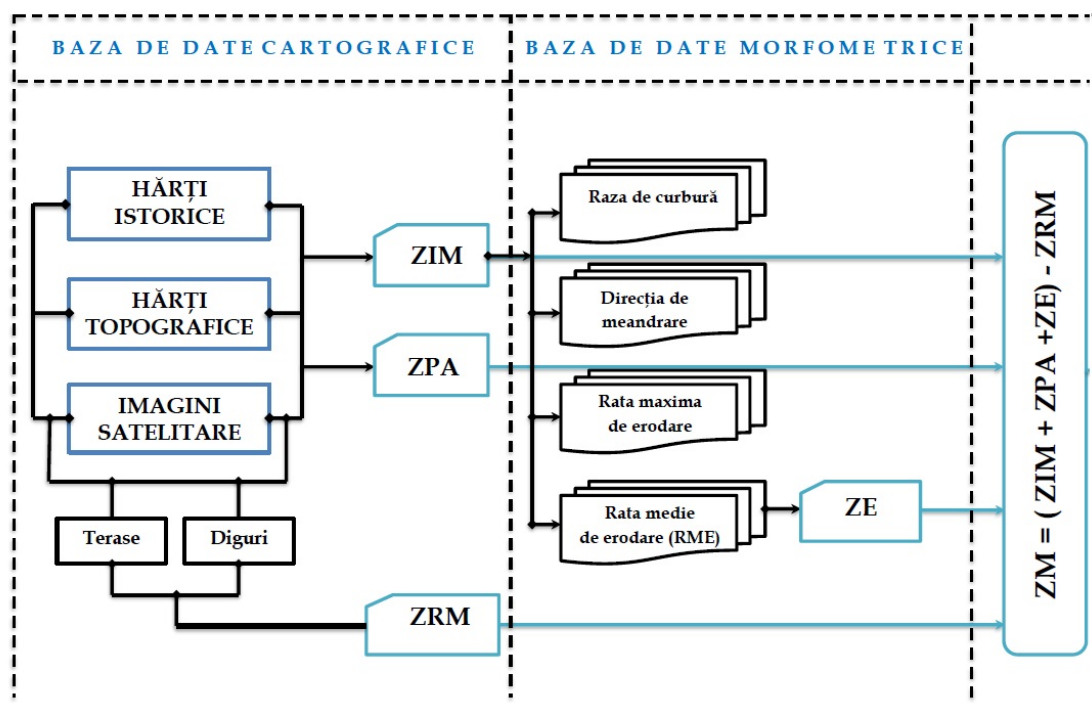


Fig. 25: Variația ratei de schimbare a razei meandrelor de-a lungul râului Niraj

Delimitarea zonei de meadrare a râului. S-a delimitat de asemenea zona de meadrare a râului conform metodologiei elaborate de către specialiștii Departamentului Ecologic și de Transporturi, Washington, 2003. Rezultatelor astfel obținute au identificat spațial zonele susceptibile de a fi afectate de eroziunea fluvială, informații care stau la baza identificării riscului asociat eroziunii laterale a râurilor (FEMA, 1999).

S-a adaptat astfel un pas de timp de 100 de ani în delimitarea zonei de meadrare, considerat necesar pentru identificarea implicațiilor ecologice, geomorfologice și economice.



ZIM - Zona Istorică de Meandrare, ZPA - Zona cu Potențial de Avulsie, ZE - Zona (Bufferul) de Eroziune, ZM - Zona de Meandrare

Fig. 26: Schema metodologică a modelului de determinare a zonei de meandrare
În cazul râului Niraj, pentru identificarea zonei de meandrare s-a utilizat o bază de date

cartografică care cuprinde:

- Zona istorică de meandrare (engl. *Historical Migration Zone*) din 1910 ;
- Zona de eroziune;

-Zona cu restrictivitate pentru meandrare (engl. *Restricted Migration Area*) aceasta, din urmă reprezintă porțiunea din cadrul zonei de meandrare izolată față de acțiunea râului, ca urmare a construcțiilor de consolidare a malurilor ori datorită constrângerii naturale prin intermediul teraselor fluviale.

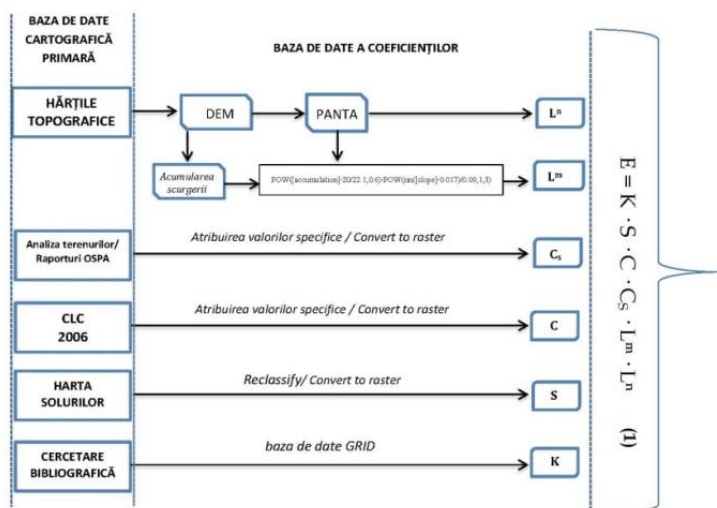
Scopul este reprezentat de identificarea spațială a sectoarelor cu potențial de eroziune (ZPM) care implică identificarea arealelor cu potențial de meandrare (engl. *Migration Potential Area*), deci a zonelor cu potențial de meandrare scăzut, moderat și ridicat, ținând cont de rata maximă și medie de eroziune, de prezența cursurilor abandonate și de proximitatea sectoarelor geologice cu rezistență ridicată la eroziune.

6. PREDICȚIA SPAȚIALĂ A PROCESELOR GENERATOARE DE RISC

Modelarea probabilității spațiale de manifestare a eroziunii solului, a alunecărilor de teren, a eroziunii fluviale precum și a inundațiilor are o importanță deosebit de mare în vederea identificării celor mai utile măsuri de intervenție și diminuare a efectelor negative asupra mediului natural și antropic.

6.1. Estimarea Pierderilor De Sol Utilizând Modelul Romsem. Modelul ROMSEM (Romanian Soil Erosion Model) de estimarea eroziunii solului la suprafață s-a realizat folosind modelul empiric (determinat pe baze statistice), având la baza ecuația elaborată de academicianul Moțoc, M. și colaboratorii (1963, revizuit în 1979, reconfirmată în 2002) pentru teritoriul României, care s-a bazat pe relația universală utilizată de Serviciul de Conservare a Solului din S.U.A. ținând cont de condițiile climatice din România. Având în vedere faptul că ecuația folosită are o formă generalizată este necesară o cuantificare cât mai obiectivă a valorilor pentru fiecare factor luat în calcul în funcție de specificul teritoriului analizat.

Baza de date care conține entități primare de tip vector (solurile, modul de utilizare al terenului, cumpăna de ape) și raster (Modelul digital de elevație (MDE), coeficientul de erozivitate stabilit pe baza agresivității pluviale, coeficientul de corecție al lucrărilor antierezionale), precum și date derivate (coeficientul de corecție pentru erodabilitatea solului, coeficientul de corecție pentru efectul culturilor, coeficientul de corecție pentru efectul lucrărilor antierezionale, lungimea pantelor (m) și panta terenului (%). Obținerea bazei de date a coeficienților a cuprins o serie de etape metodologice (Fig. 27).



unde,
 E – Eroziunea medie anuală,
 (t/ha/an)
 K – Coeficientul de erozivitate
 stabilit pe baza agresivității climatice
 S – Coeficientul de corecție pentru
 erodabilitatea solului
 C – Coeficientul de corecție pentru
 efectul culturilor
 Cs – Coeficientul de corecție pentru
 efectul lucrărilor antierozionale
 Lm – Lungimea pantelor (m)
 In – Panta terenului (%)

Fig. 27: Etapele aplicării modelului de determinare a eroziunii solului

Având toată baza de date convertită în format raster cu ajutorul funcției Raster Calculator din modulul Spatial Analyst s-a calculat la nivel de pixel valoarea eroziunii potențiale a solului. Astfel, valoarea eroziunii anuale a solului în bazinul hidrografic al Nirajului este cuprins între 0 și 42,07 t/ha/an (Fig. 29).

Analizând întregul bazin hidrografic cu o suprafață totală de 658 km² se poate observa faptul că cea mai mare suprafață cu o pondere de 56,7% (373 km²) înregistrează o valoarea a eroziunii medii redusă între 0,5 și 1,5 t/ha/an. Aceasta corespunde spațiului montan cu un grad ridicat de împădurire, rezistență la eroziune ridicată și un grad de intervenție antropică diminuat.

O rată a eroziunii între 0 și 1,5 t/ha/an cu o pondere de 30% (197 km²) caracterizează interfluviile acoperite cu vegetație forestieră, urmată de și 1,5-3 t/ha/an pe o suprafață de 65 km² ce corespunde versanților cu pantă mai mare de 10% unde predomină pajiștile.

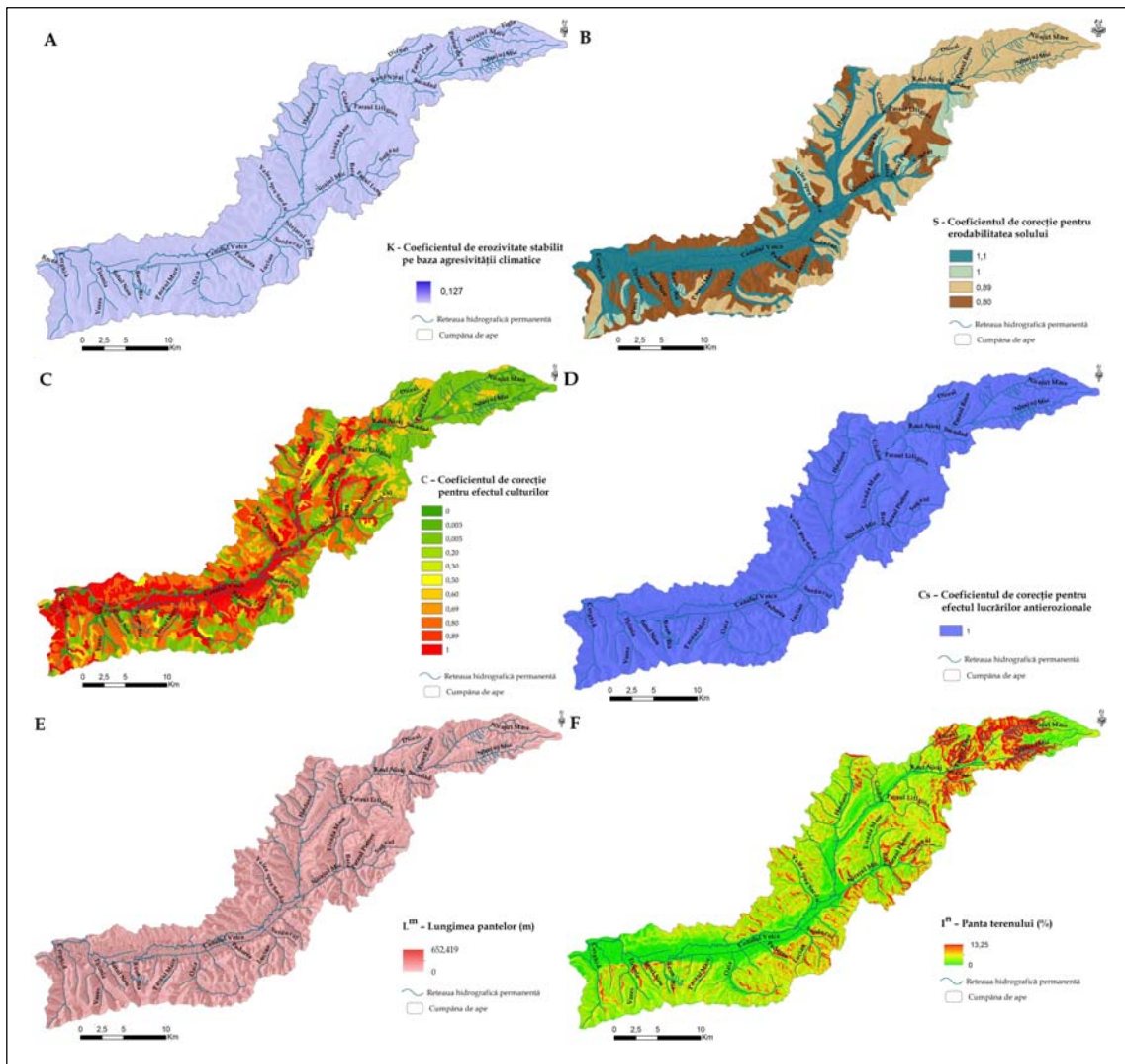


Fig. 28: Baza de date cartografică utilizată în modelare

Valori ridicate ale eroziunii >6 t/ha/an caracterizează suprafețe restrânse, versanții cu pantă ridicată, zonele piemontane defrișate și în imediata apropiere a localităților acolo unde teritoriul are destinație predominant arabilă fără a se ține cont de agrotehnicile cu rol ameliorative al eroziunii solului.

Se pot observa valorile reduse ale eroziunii în zonele cu pantă scăzută specifice bazinului inferior al Nirajului, zonă care este deasemenea bine populată, crescând astfel suprafața construită, precum și zonei montane ca urmare a rezistenței crescute a solului la eroziune.

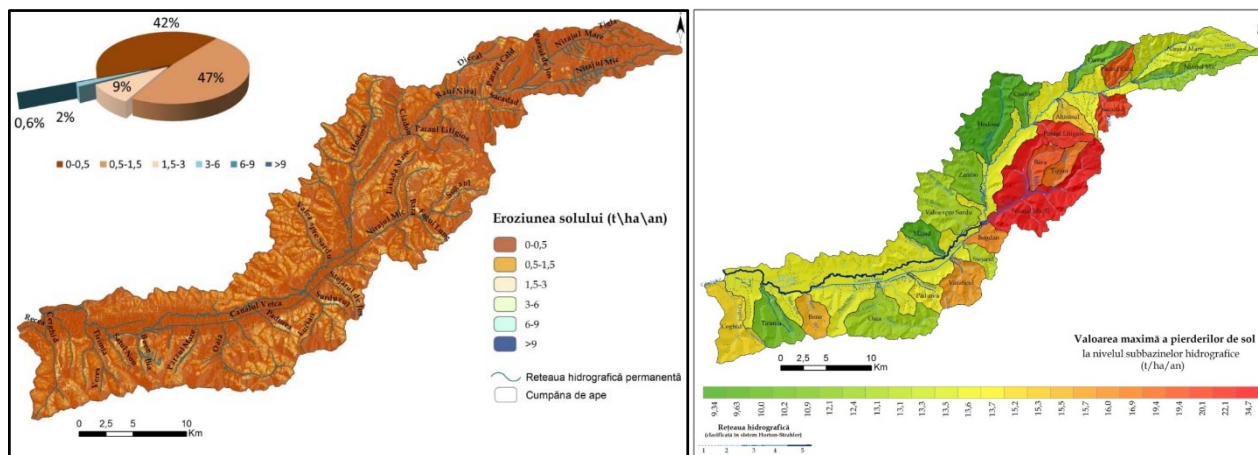


Fig. 29: Harta eroziunii medii și maxime a solului în urma aplicării modelul RUSLE

Ne vom îndrepta atenția asupra analizei subbazinelor hidrografice la nivelul cărora pierderile de

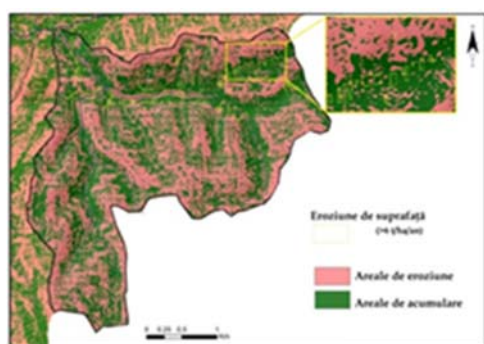


Fig. 30. Evidențierea zonelor de eroziune și acumulare cu ajutorul curburii în profil

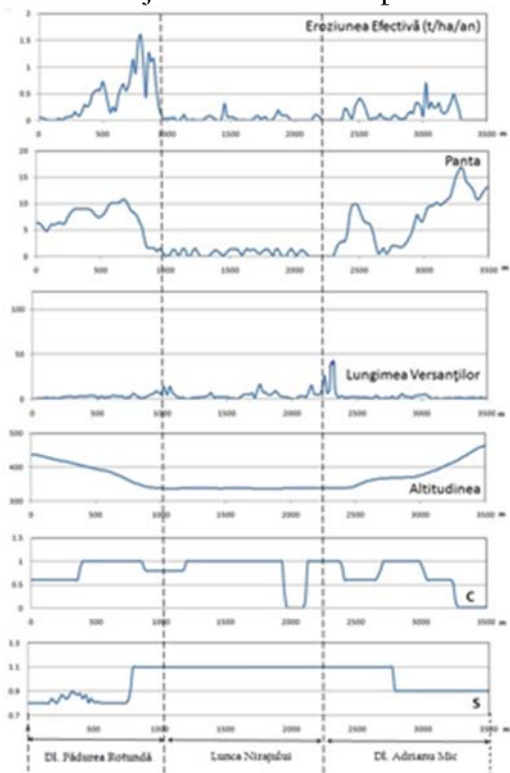


Fig. 31: Profil complex pe aliniamentul Pădurea Rotundă-Adrianul Mic

sol sunt superioare limitelor considerate admisibile/tolerabile. Valoarea admisibilă a eroziunii solului pentru România, cf. Moțoc, M., și colab., 1979 este între 2 și 8 t/ha/an. Analiza la nivel subbazinal scoate în evidență subbazine hidrografice caracterizate prin valori medii scăzute ale pierderilor de sol (ex. Subbazinul Nirajului Mic și a Nirajului Mare, subbazine situate în zona montană) precum și subbazine la nivelul cărora eroziunea solului este accelerată spre ex. Subbazinul Nirajul Mic II, Pârâul Litigios, Săcădad, Pârâul cald, etc. (Fig. 29B).

La nivel regional este importantă influența caracteristicilor morfografice ale versanților (convexitate, concavitate), microdepresiunile având efect al acumulării apei și a sedimentelor, precum și complexitatea dispunerii claselor de sol. În exemplul alăturat se poate observa, în cazul subbazinului Săcădad, la nivelul căruia s-a identificat anterior o eroziune accelerată a solului, rolul major al arealelor de depunere (identificate cu ajutorul indicatorului morfometric curbura în profil).

Astfel solul erodat din arealele

identificate cu potențial erozional mare (situate predominant în arealele de eroziune cu valori negative

ale curburii în profil) odată ajunse în arealele de acumulare (cu valori pozitive ale curburii în profil) vor staționa dependent de factorul hidric și antropic.

Pentru a verifica modelul utilizat s-a ales un profil transversal la nivelul căruia se poate observa variația fiecărui factor implicat în proces (Fig. 31), precum și modul în care interacțiunea dintre aceștia determină un anumit nivel al eroziunii efective.

6.2.5. EVALUAREA SUCCEPTIBILITĂȚII LA ALUNECĂRI DE TEREN CONFORM LEGISLAȚIEI ÎN VIGOARE (H.G. 447/2003)

Bazele de date digitale rezultate în urma procesului de culegere a informațiilor de pe suportul cartografic se constituie ca elemente de intrare în ecuația de calcul a probabilității de apariție a alunecărilor de teren, prin intermediul valorii coeficienților de probabilitate, stabiliți conform HG 447/2003, pentru fiecare componentă a factorilor pregătitori, în parte.

Suportul cartografic utilizat în etapa de realizare a bazelor de date digitale, primare, asociate factorilor pregătitori ai alunecărilor de teren este formată din Hărțile Topografice 1:25000, Harta geologică 1:200000, Harta Morfostructurală 1:200000, baza de date în format raster grid reprezentând spațializarea cantității de precipitații pe teritoriul de studiu, Harta Hidrogeologică, Harta Seismică și Modul de utilizare al terenului. Bazele de date digitale rezultate în urma procesului de culegere a informațiilor de pe suportul cartografic se constituie ca elemente de intrare în ecuația de calcul a probabilității de apariție a alunecărilor de teren prin intermediul valorii coeficienților de probabilitate, stabiliți conform HG 447/2003, pentru fiecare componentă a factorilor pregătitori, în parte (Fig. 32).

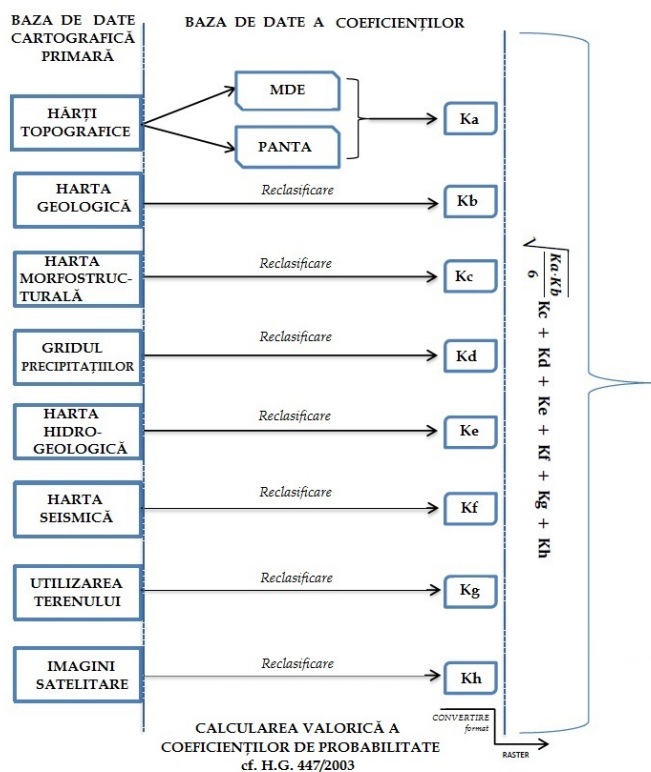


Fig. 32: Etapele aplicării modelului de determinare a susceptibilității la alunecări de teren cf.

H.G. 447/2003.

Atragem atenția asupra folosirii în cadrul H.G. a termenului de hazard în ciuda lipsei componente temporale de manifestare a alunecărilor și a datelor legate de magnitudinea evenimentelor, așa cum este recomandat în literatura de specialitate. Harta coeficientului mediu de hazard obținută aplicând metodologia H.G. 447/2003 reprezintă în mod concret o hartă de susceptibilitate medie deoarece identifică spațial și nu temporal arealele cu pretabilitate la alunecări de teren (Fig. 33).

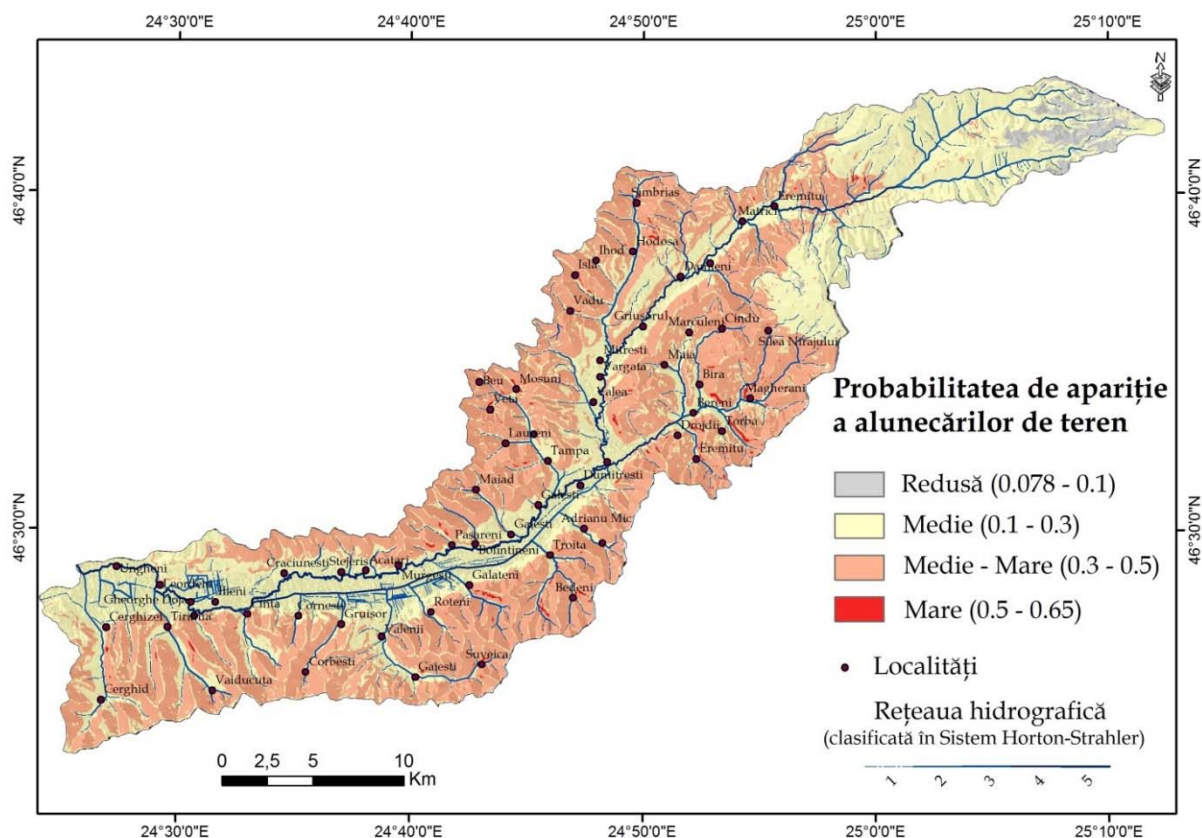


Fig. 33: Probabilitatea de apariție a alunecărilor de teren

6.2.5. IDENTIFICAREA PROBABILITĂȚII DE APARIȚIE A ALUNECĂRILOR DE TEREN PRIN METODA BSA UTILIZÂND COEFICIENȚII DE PROBABILITATE HG

Coeficienții prezentați în cadrul metodologiei H.G. 447 ($K_a \dots K_h$) au fost utilizați ca baze de date de intrare în cadrul modelului cantitativ bazat pe principiile analizei statistice bivariate (BSA), pentru fiecare categorie a fiecărui coeficient fiind calculată *valoarea statistică specifică*, ținând cont de distribuția alunecărilor de teren recent identificate.

Identificarea suprafețelor teritoriale, ca și baze de date digitale vector de tip poligon afectate de alunecări de teren, s-a realizat pe de o parte prin analiza hărților la scară mare și a ortofotoplanurilor, iar pe de altă parte prin campanii de ridicare topografică, în teren, a corpurilor de alunecare cu suprafețe

mari. Baza de date digitală obținută astfel face posibil calculul densității alunecărilor de teren pentru fiecare clasă a coeficienților utilizați în modelare și stabilirea unei valori statistice care se conturează ca atribut principal al hărților tematiche ($K_a' \dots K_h'$), materializate sub formă de baze de date vector, utilizate în procesul de modelare a probabilității de apariție a alunecărilor de teren prin metoda BSA (Tabelul 9).

Realizarea bazei de date a plecat de la clasele coeficienților anterior prezentați, în cadrul modelului H.G., pentru fiecare calculându-se valoarea statistică în funcție de densitatea alunecărilor de teren pe clasa respectivă, la nivelul întregului bazin hidrografic analizat (K_n'). Pentru o mai bună comparare a rezultatelor, în tabelul 9 sunt prezentate comparativ valorile de probabilitate atribuite prin ambele metode.

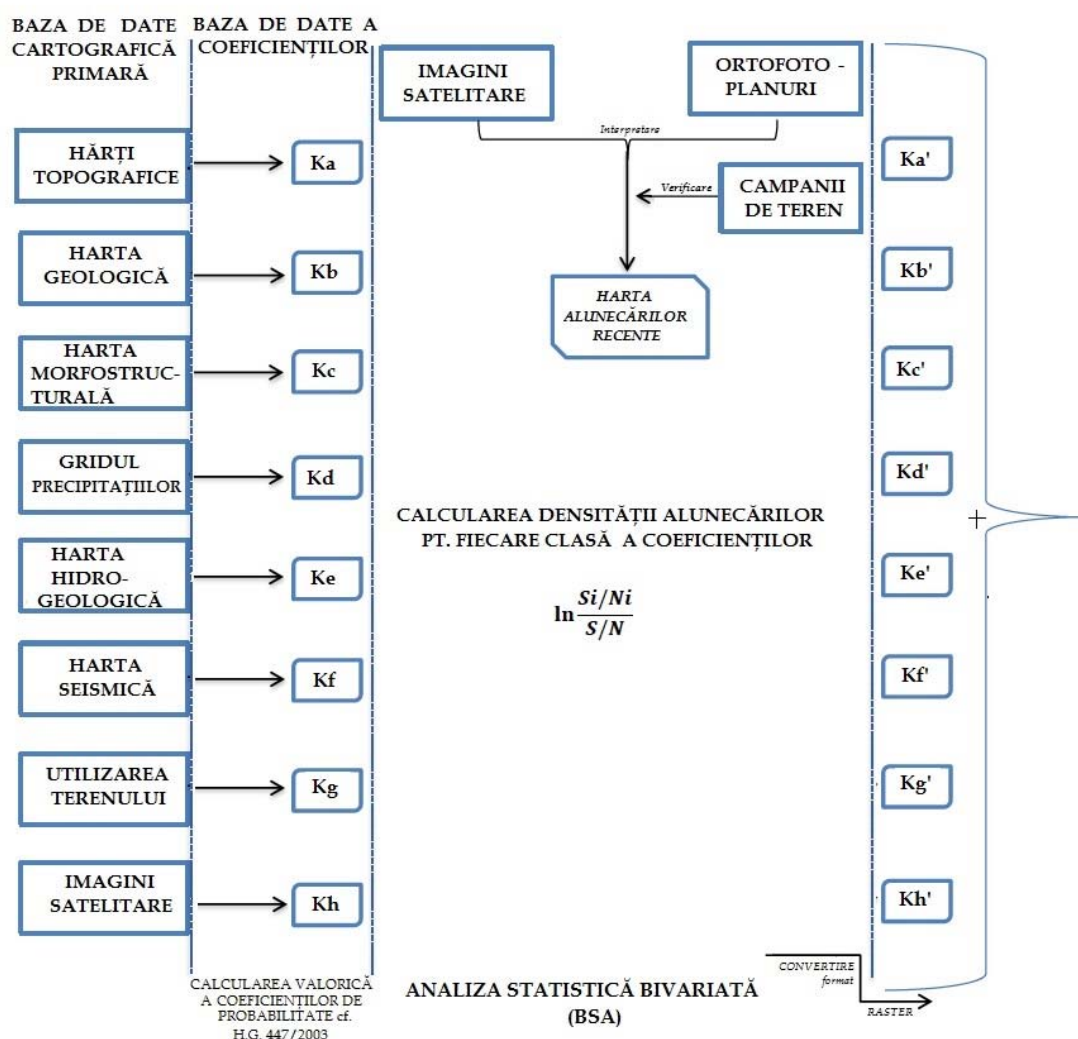


Fig. 34: Etapele aplicării modelului BSA

Utilizând analiza spațială GIS pe baze de date reprezentând coeficienții de probabilitate și aplicând cele două metodologii descrise s-au obținut hărțile de probabilitate la alunecări de teren (Fig. 35. a și 35.b). Conform specificațiilor metodologice (H.G. 447/2003) pentru bazinul hidrografic al Nirajului s-a determinat o probabilitate de producere a alunecărilor de teren ce variază de la redus la mare, cea mai mică valoare a coeficientului mediu de probabilitate fiind de 0,078 iar cea mai ridicată

valoare de 0,677, cu o medie de 0,280 și o valoare a deviației standard de 0,106 determinată de eterogenitatea coeficienților implicați în modelare.

Din întreaga suprafață de 658 km² doar 2,8 % (13,59 km²) prezintă o probabilitate scăzută de producere al alunecărilor de teren, cea mai mare suprafață, de 319,5 km² (48,3%) fiind caracterizată de probabilitate medie, respectiv medie-mare 314,8 km² (49,1%) pentru ca restul de km² (2,82%) să prezinte o probabilitate mare de producere al alunecărilor de teren. Valorile de probabilitate redusă caracterizează albia majoră a râului Niraj și al afluenților principali pe fondul pantelor scăzute și zona montană ca urmare a structurii geologice specifice.

Tabelul 9: Clasele și valorile coeficienților utilizați în modelare

Crt.	Clasele coeficienților	Kn	Kn'
Ka Litologic	Andezite cu piroxeni și amfilobi	0,20	0
	Formațiuni vulcanogen sedimentare	0,25	0
	Depozite coluviale și coluvio-proluviale	0,50	- 0,33
	Pietrișurile, nisipurile, grohotișurile pleistocen medii	0,60	0
	Pietrișurile, nisipurile și depozitele leosoide pleistocen superioare	0,65	- 0,203
	Argilele marnoase, nisipurile cu intercalații de tufuri sarmațiene	0,70	0
	Pietrișurile, nisipurile, argilele și marnele nisipoase	0,85	- 0,159
Kb Geomorfologic	Altitudini < 400 m, Pante < 5°	0,1	- 0,558
	Altitudini 400-1000m, Pante 5- 10°	0,3	- 0,049
	Altitudini 400 - 1000m, Pante 10-20°	0,5	1,120
	Altitudini > 1000 m, Pante 20-30°	0,8	- 0,291
	Altitudini > 1000 m, Pante > 30°	0,9	0
Kc Structural	Zona montană	0,05	0,139
	Zona structurilor diapire	0,35	0,208
	Zona domurilor gazeifere	0,6	- 0,191
Kd hidro-climatic	PP 400-600, SPI -13,8...-4,89	0,05	- 0,021
	PP 600-700, SPI -4,89...1,76	0,5	0,043
	PP 700-800, SPI 1,76...12,32	0,7	- 0,552
Ke hidrogeological	Nivelul apei freatice la adâncime mare	0,05	0,217
	Nivelul apei freatice până la 5 m	0,4	0,008
Kf Seismic	6° MSK	0,7	-0,080
	7° MSK	0,75	0,492
Kg Silvic	Zone împădurite	0,1	- 0,809
	Livezi, vii	0,5	0,362
	Zone agricole cu culturi complexe	0,85	0,055
	Terenuri arabile neirigate	0,9	0,190
	Pajiști, pășuni și zone defrișate	0,95	0,388
Kh Antropic	Lipsa construcțiilor	0,1	0,151
	Proximitatea elementelor de infrastructură, intravilanele localităților	0,9	-0,503

Valorile medii și medii-mari caracterizează cea mai mare parte a teritoriului colinar cu geologie

dominată de argile, marne, depozite coluviale cu pante medii și utilizare a terenului predominant agricolă. Valori mari de probabilitate caracterizează predominant bazinul mediu și inferior caracterizat prin geodeclivitate medie remarcându-se ca extindere dealurile Târnaviei.

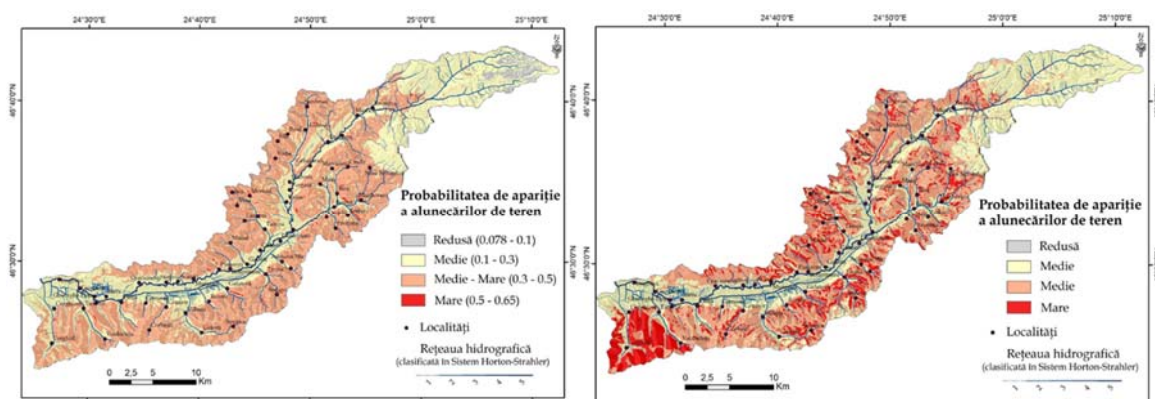


Fig. 35: Probabilitatea de apariție a alunecărilor de teren utilizând modelul H.G. (35.A) și modelul B.S.A. (35.B)

De remarcat este faptul că, conform modelului realizat pe baza metodologiei în vigoare, pe teritoriul bazinului hidrografic al Nirajului nu s-au identificat teritorii cu probabilitate 0 și probabilitate foarte mare de producere a alunecărilor de teren. Specificăm faptul că identificarea potențialului de producere a alunecărilor de teren pentru întreg teritoriul a bazinului hidrografic s-a realizat prin procedeul reclasificării valorilor potențialului mediu de hazard conform pragurilor specificate în HG447/2003.

Pentru exemplificare s-a realizat un profil complex la nivelul subbazinului Pădurea (Fig. 36), cu o valoare minimă a coeficientului mediului de hazard de 0,11 (probabilitate medie) care caracterizează albia majoră a râului Pădurea și o valoare maximă de 0,57 care corespunde unei probabilități mari de producere al alunecărilor de teren pentru versantul vestic al dealului Mare ca urmare a pantelor ridicate $>20^\circ$ ($K_b=0,8$), cu o litologie dominată de pietrișuri, nisipuri, argile și marne nisipoase (Fig. 37).

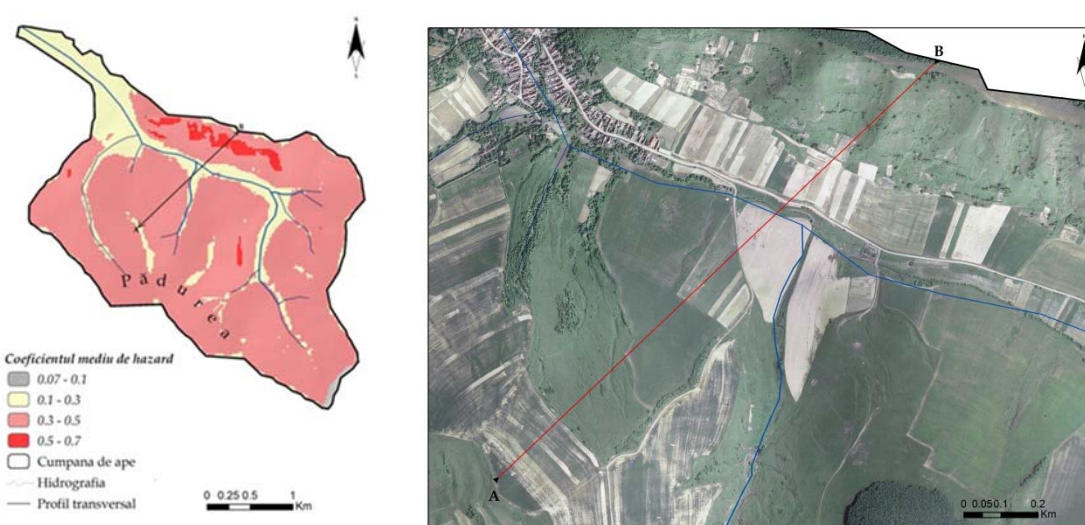


Fig. 36: Coeficientul mediu de hazard la nivelul subbaznului Pădurea

Cantitatea medie multianuală a precipitațiilor 600-700 mm/an și o utilizare a terenului

predominant agricolă: terenuri arabile neirigate, livezi și pe suprafețe restrânse vii ($K_n=0,7$) cu un management deficitar al acestora imprimă reliefului un potențial geomorfologic ridicat ($K_f = 0,7$). Valoarea coeficientului mediu de hazard la nivelul întregului bazin hidrografic, cu o valoare de 0,35 (fig. 73), include sectorul analizat în clasa probabilității medii-mari de producere al alunecărilor de teren.

Analiza comparativă la nivelul rezultatului final (fig. 37.a) scoate în evidență în majoritatea cazurilor o concordanță între curba estimativă a valorilor probabilistice calculate prin intermediul celor două modele. Diferențele majore apar în cazuri unde incertitudinea și gradul de generalizare imprimat de modelul H.G. sunt majore. Astfel se pot identifica suprafețe teritoriale aferente dealului Mare unde metodologia H.G. încadrează o mare parte a suprafețelor surprinse în profilul transversal în categoria de probabilitate medie-medie mare, acest fapt datorându-se influenței factorilor geomorfologici și hidroclimatici (K_d , K_b), minimizând astfel influența factorului silvic (K_g) incluzând în aceeași categorie de probabilitate și anihilând practic factorul antropic (K_h inexistent), K_c (factorul structural), K_a (Litologia cu o valoare probabilistică inclusă în clasa de probabilitate foarte mare), factorul seismic (K_f).

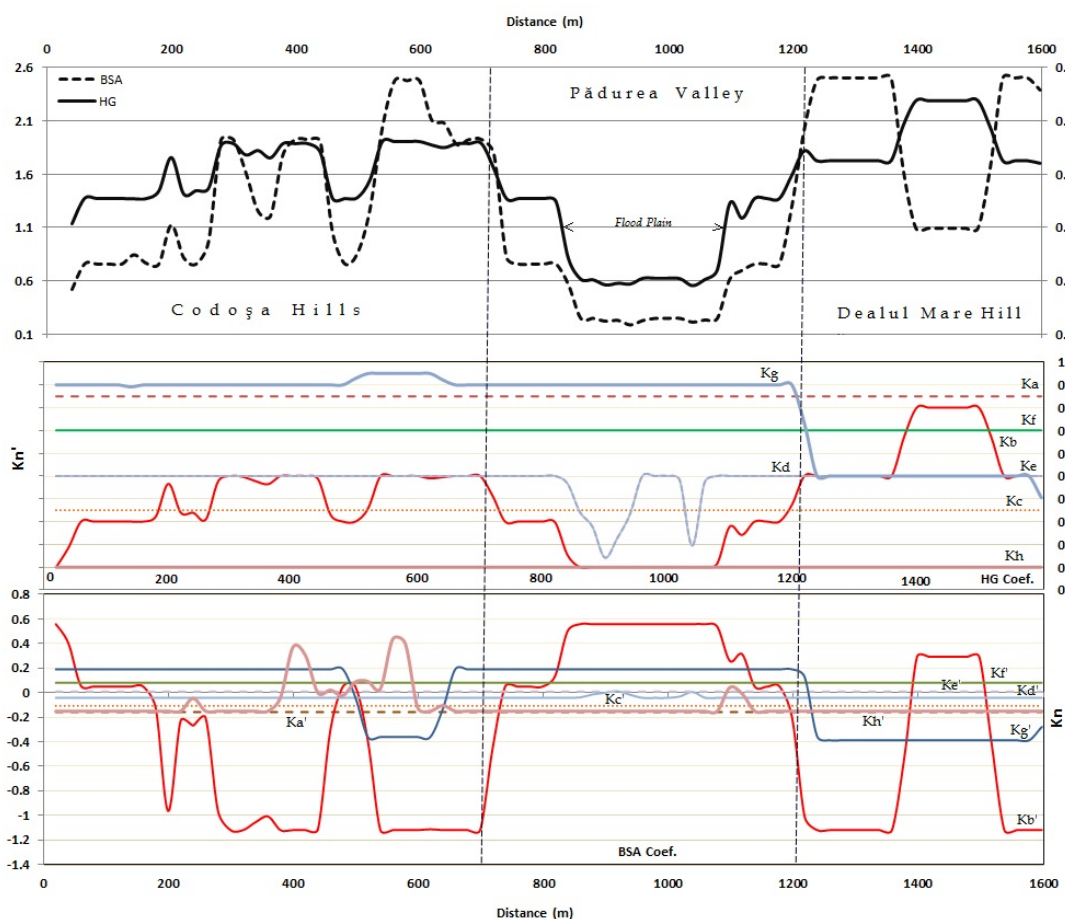


Fig. 37: Profil complex la nivelul subbazinului Pădurea

Aceeași corespondență se înregistrează și din punct de vedere a valorii coeficientului de probabilitate determinat prin metodologia BSA pe aceeași secțiune de profil, cu mențiunea că se încadrează în clasa de probabilitate foarte mare, influența coeficienților de probabilitate fiind alta în cadrul rezultatului final datorită identificării sau neidentificării prezenței alunecărilor de teren pe

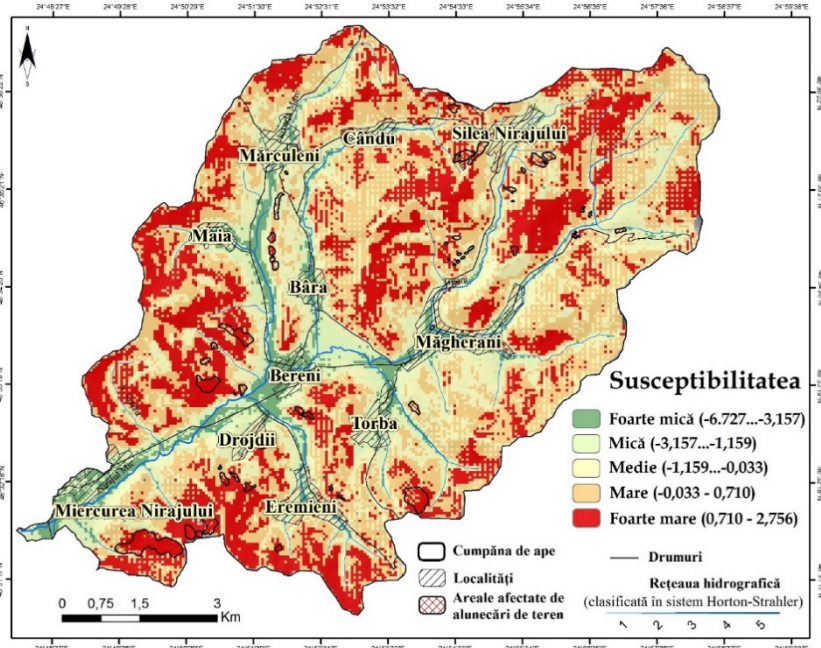
anumite suprafețe. Astfel coeficientul geomorfologic (K_b) care imprimă instabilitate mare versanților nu are influență majoră în acest caz datorită faptului că pe variația altitudinală și de pantă surprinsă de linia profilului nu s-a identificat o densitate mare și foarte mare a alunecărilor de teren la nivelul întregului bazin hidrografic. La polul opus, cu influența cea mai mare se evidențiază coeficientul K_f (seismic) ca urmare a densității ridicate a alunecărilor pe suprafețele identificate teritorial cu risc seismic ridicat localizate în bazinul inferior al Nirajului.

Comparația celor două modele scoate în evidență și neconcordanțe între liniile graficele de variație ale valorii probabilității de producere a alunecărilor de teren. În studiul de caz analizat, s-au identificat un număr de patru zone de neconcordanță majoră care au ca principală cauză influența majoră a factorului geomorfologic reprezentat de pante și altitudine.

Correspondența aproape perfectă se remarcă în sectorul de vale pentru analiza valorilor de probabilitate a rezultatelor finale ale modelelor. În ceea ce privește analiza valorilor coeficienților de probabilitate se remarcă o neconcordanță totală și o influență aleatoare a acestora în cadrul rezultatului final. Analiza coeficientului geomorfologic (K_b) realizat utilizând modelul H.G. include valorile acestuia în categoria foarte mică, datorită altitudinilor și pantelor mici care caracterizează zonele de luncă, analiza aceluiași coeficient prin modelul BSA încadrează aceleași teritorii în categoria de probabilitate mare și foarte mare datorită prezenței alunecărilor de teren în areale cu caracteristici asemănătoare.

6.2.6. APLICAREA MODELULUI STATISTIC DE DETERMINARE A SUCCEPTIBILITĂȚII LA ALUNECĂRI DE TEREN (BSA) LA SCARĂ MARE (SUBBAZINUL NIRAJUL MIC)

Evaluarea cantitativă a probabilității de apariție a alunecărilor de teren aplicată în capitolul anterior a oferit rezultate superioare evaluării semicantitative, astfel utilizând ca studiu de caz subbazinul



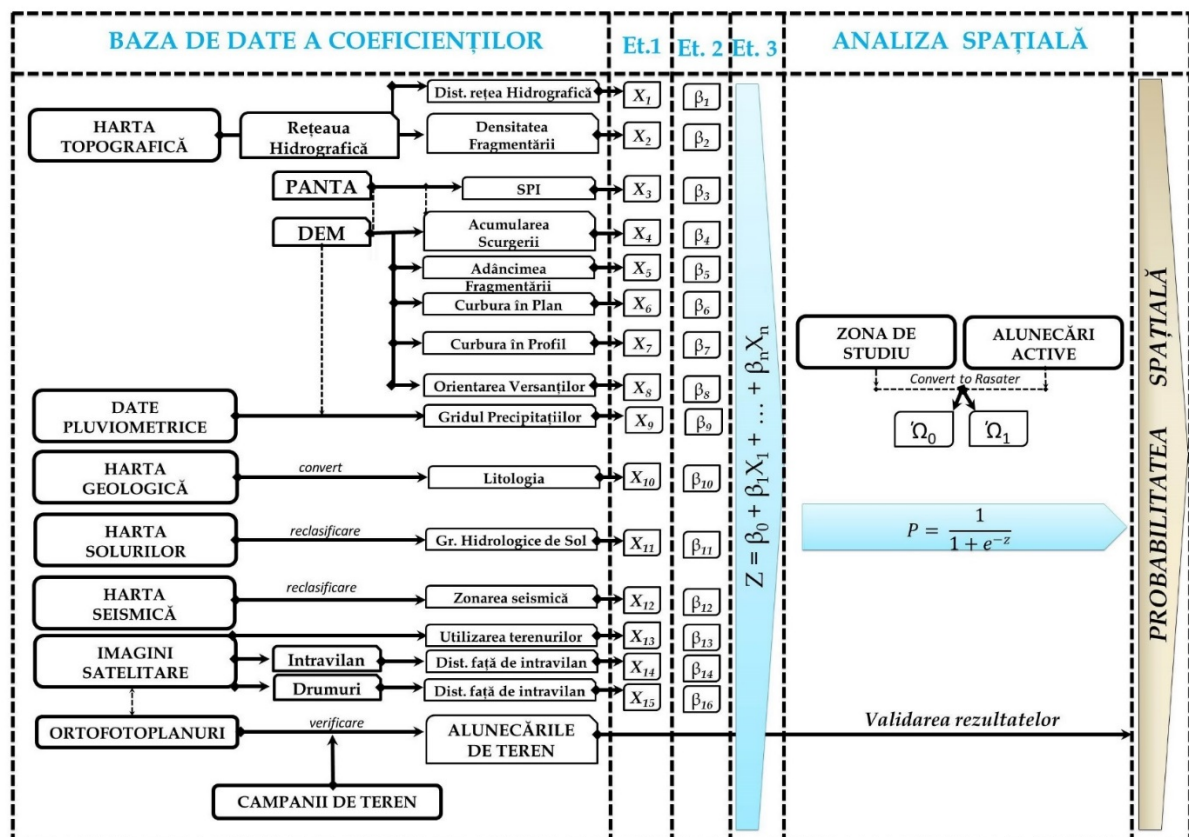
hidrografic cu cea mai ridicată densitate a alunecărilor de teren, Nirajului Mic, s-a aplicat modelul statistic BSA utilizând factorii morfometrici cel mai frecvent întâlniți în studiile de specialitate: altitudinea, panta, cantitatea de precipitații, orientarea versanților, densitatea și adâncimea fragmentării, grupele hidrologice de sol, distanța față de localități, drumuri și cursuri de

apă, utilizarea terenului, litologia, curbura în profil, curbura în plan, Compound Topografic Index (CTI). Scopul nostru este de a identifica susceptibilitatea la alunecări de teren (Fig. 38) are la bază aplicarea modelului statistic de evaluare a potențialului de producere a alunecărilor de teren în cazul subbazinului hidrografic Nirajul Mic ca urmare al inventarului complet al alunecărilor de teren și a dispunerii de o bază de date mai detaliată la nivelul modulului de utilizare al terenului obținut pe baza ortofotoplanurilor cu o rezoluție de 0,5 m.

Fig. 38: Harta de susceptibilitate la alunecări de teren utilizând modelul BSA

6.2.7. APLICAREA REGRESIEI LOGISTICE ÎN IDENTIFICAREA PROBABILITĂȚII DE APARIȚIE A ALUNECĂRILOR DE TEREN LA SCARĂ MARE (SUBBAZINUL NIRAJUL MIC)

În cazul modelului logistic s-au urmărit o serie de etape de lucru (Fig. 39) dintre care apreciem o selecție și o ierarhizare a acestora în vederea reducerii redundanței. Păstrarea tuturor claselor celor 16 factori implicați în model, respectiv a tuturor celor 73 de variabile dummies, conduce la o supraapreciere a clasei mari și foarte mari de susceptibilitate (pentru 32,7%, respectiv, 32,5% din teritoriu), clase care sunt diminuate la 15,2%, respectiv 10,9% pentru clasa de susceptibilitate mare și foarte mare, în urma aplicării modelului logistic, deci a eliminării acelor clase cu semnificație statistică nesemnificativă pentru procesele analizate.



Et. 1 - obținerea variabilelor dummies, Et. 2 - identificarea coeficienților de multiplicare, Et. 3 - cuantificarea coef. Z

Fig. 39: Schema metodologică urmărită

În vederea determinării gradului de predictibilitate a modelului logistic s-a determinat valoarea curbei ROC atât pentru teritoriul utilizat în modelare, cât și pentru arealul testat pentru validare.

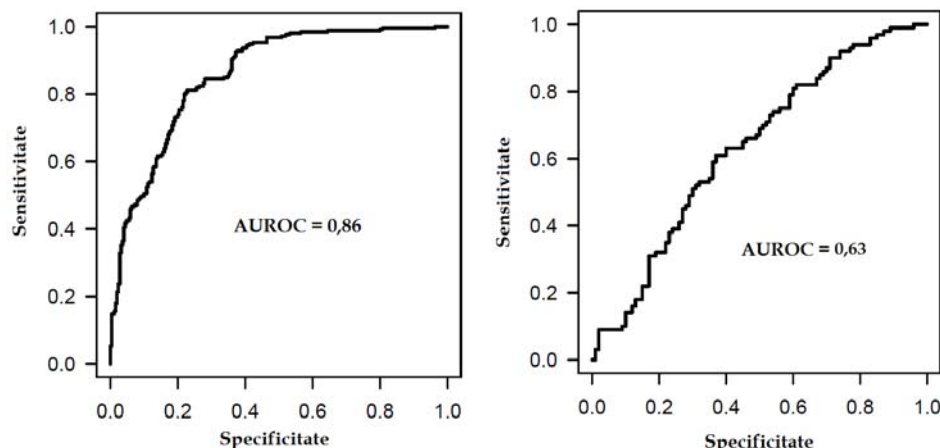


Fig. 40: Aria de sub Curba ROC pentru datele folosite în modelare (stânga) și pentru setul păstrat pentru validare (dreapta)

Valoarea de sub curba ROC (Relative Operational Curve) de 0,86, în cazul datelor folosite în modelare, respective de 0,63 în cazul datelor păstrate pentru validare, a fost identificată din dorința de a determina gradul de acuratețe al modelului. Având în vedere valoarea ridicată a ariei de sub curba ROC și dispunerea grafică apropiată colțului stâng al sistemului de coordonate, indică sensibilitatea ridicată a modelului precum și o rată adevărat pozitivă redusă, ceea ce indică o precizie satisfăcătoare a rezultatelor obținute prin aplicarea modelului logistic.

6.3. PREDICȚIA MIGRĂRILOR DE ALBIE

Predicția migrărilor de albie a fost realizată din prisma a două abordări: una calitativă, care a implicat determinarea rezistenței la eroziune pe baza rezistenței geologice și a protecției vegetale (Fig. 41), ceea ce oferă o imagine globală asupra potențialului de erodare a râului și una cantitativă care încorporează atât valențe geografice, geomorfologice, cât și hidrologice.

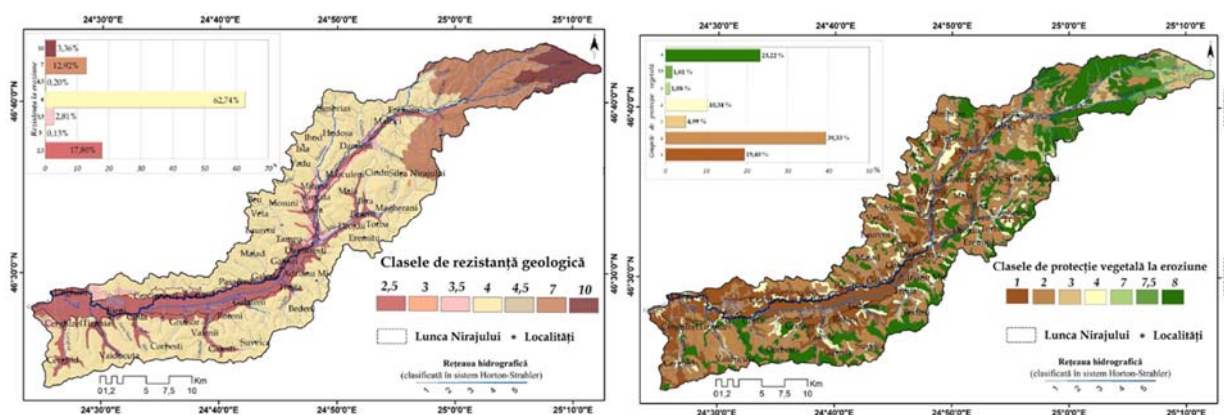


Fig. 41: Harta coeficienților de rezistență geologică și a valorilor protecției vegetală la eroziune din bazinul Nirajului

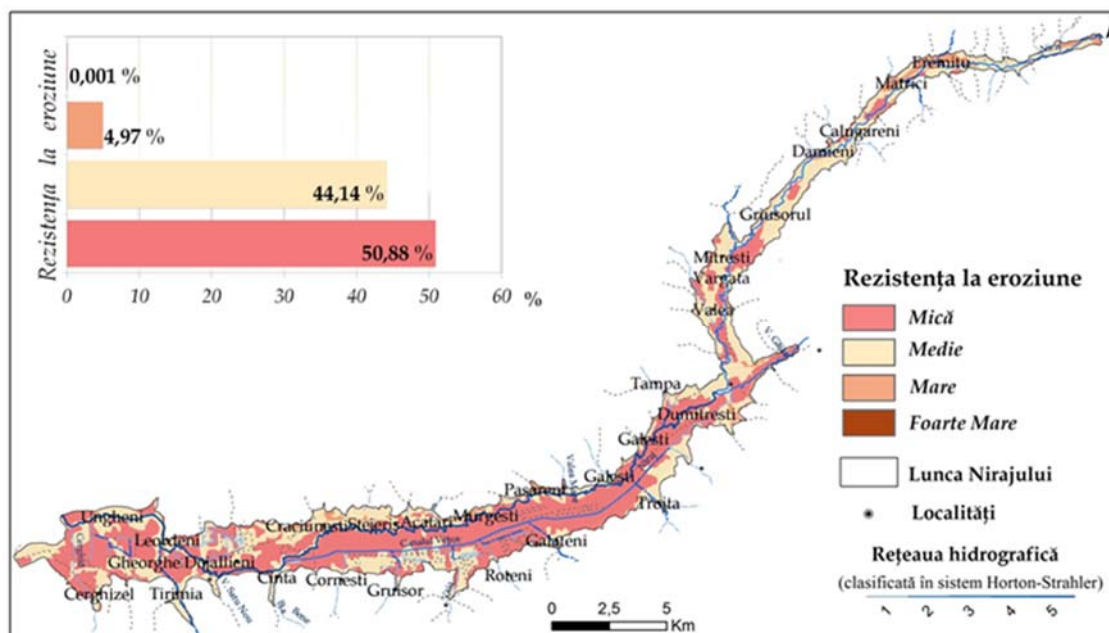
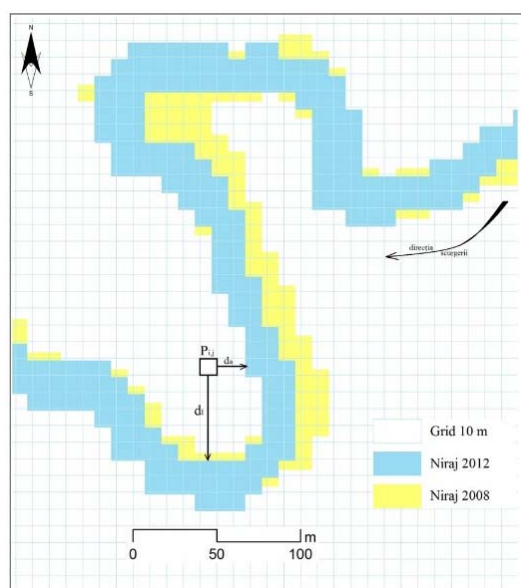


Fig. 42: Harta rezistenței la eroziune dependent de litologie și vegetație la nivelul luncii

Abordarea cantitativă presupune identificarea perioadelor de recurență a debitelor la maluri pline, necesitând astfel o perioadă îndelungată de obținere a datelor în teren, fiind aplicată, în studiul



nostru, doar la nivel punctual (Fig. 44). Probabilitatea pentru o anumită celulă (caracterizată de coordonatele i, j) de a fi afectată de eroziune (Fig. 43) pe o anumită perioadă de timp s-a determinat astfel:

$$P_{ij} = f(d_i, d_u, \sum_{t=1}^n r) \quad (1) \text{ unde}$$

P_{ij} = Probabilitatea pentru eroziune ($0 \leq P_{ij} \leq 1$)
 d_i = distanța laterală față de cea mai apropiată celulă a albiei minore
 d_u = distanța în amonte față de cea mai apropiată celulă a albiei minore
 r = perioada de retur a debitului maxim anual
 t = anul
 n = numărul anilor din perioada analizată

Fig. 43: Diagrama schematică a calculului statistic

Dezavantajul metodei aplicate constă în dependența rezultatului final de calitatea și gradul de detaliu al datelor de intrare (rezoluția rasterelor cu care se lucrează, frecvența și acuratețea datelor cartografice și hidrologice) precum și a duratei mari a obținerii bazei de date necesare și a rulării modelului, acest model nefiind recomandat în cazul râurilor împletite (Graf, W.L., 1984).

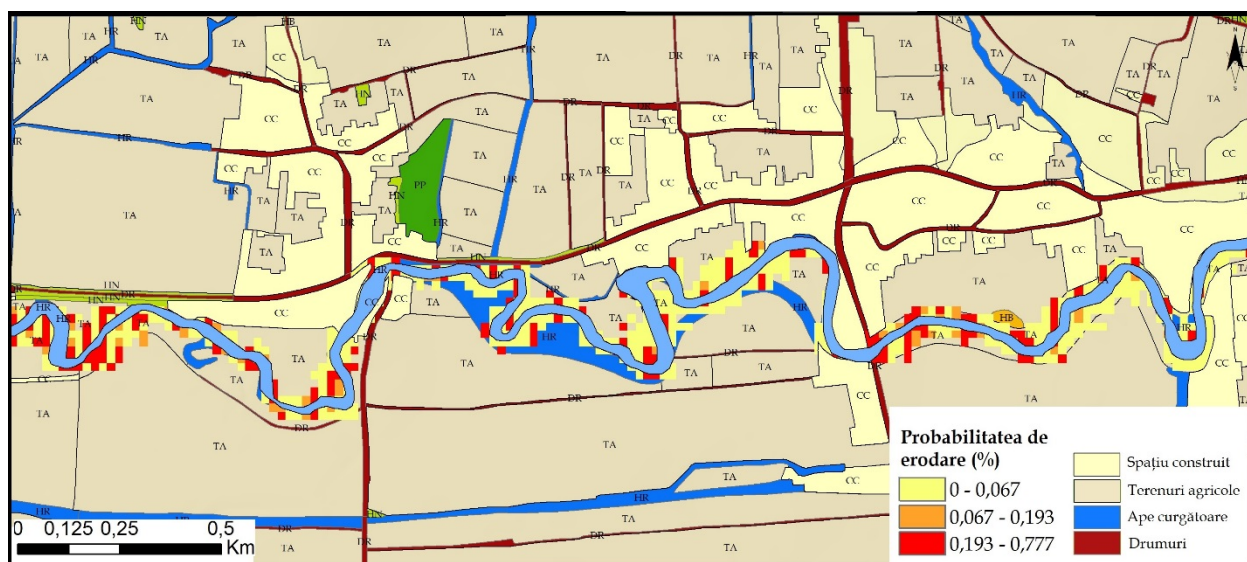


Fig. 44: Probabilitatea de erodare în sectorul test pe baza perioadei 2008-2012

Rezultatele astfel obținute implică aplicarea mai multor etape metodologice consumatoare de timp, care pentru a crește rata de validare locală necesită corelarea cu date morfometrice locale precum și cu date hidrologice exacte. În lipsa acestora, în vederea determinării zonelor predispuse menadrării laterale a râului s-a aplicat model *channel migration* recomandat în studiile regionale de determinare a acestor “hotspoturi”.

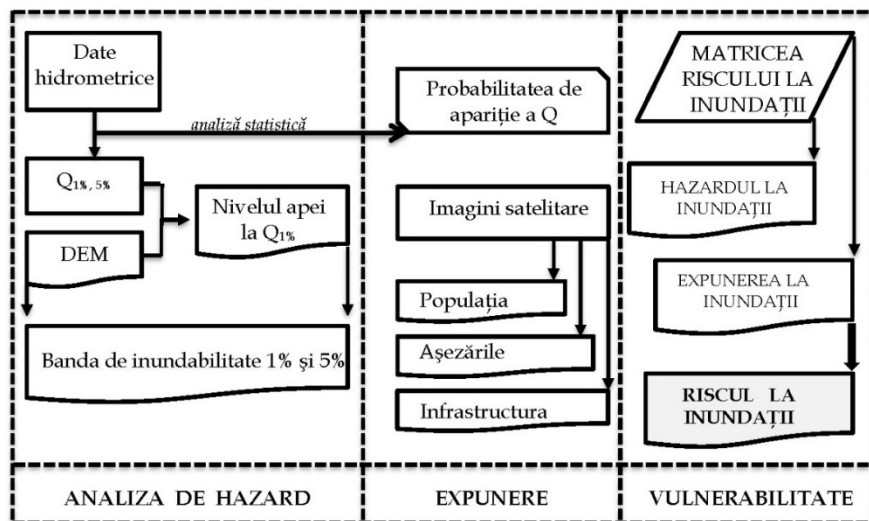
7. ABORDAREA MULTIHAZARD ȘI IMPLICAȚIILE ACESTEIA ÎN AMENAJAREA TERITORIULUI

Studiul geomorfologic aplicativ servește atingerii obiectivelor principale ale amenajării teritoriului: utilizarea rațională și eficientă a teritoriului în spiritul dezvoltării durabile a resurselor și peisajelor naturale și culturale, precum și protejarea localităților împotriva dezastrelor naturale. Astfel un rol important revine elaborării hărților de hazard și risc în vederea prevenirii efectelor acestora, respectiv a identificării riscurilor naturale.

7.1. HAZARDUL ȘI RISCUL LA INUNDAȚII

Cuantificarea vulnerabilității și riscului generat de inundații este necesar să fie estimat în termeni cantitativi pentru un mai bun management în procesul de stabilire a priorităților în cazuri de urgență. Accentul cade pe identificarea spațială dar și temporală a zonelor expuse inundațiilor, deci pe analiza de hazard care va fi realizată conform normele metodologice privind modul de întocmire și conținut al hărților de hazard și risc la inundații pe baza legislației H.G. 47/2003 cu completări semnificative din punct de vedere metodologic la 5 Septembrie 2013. În vederea identificării probabilității de apariție a inundațiilor și evaluarea expunerii elementelor la risc, deci a realizării hărții riscului la inundații au fost urmărite o serie de etape (Fig. 45).

Identificarea nivelurilor corespondente debitelor maxime de viitură cu probabilitate de apariție de 1 și 5% au fost transpuse pe profilele transversale realizate la nivelul albiilor râului Niraj în 42 de puncte



alese în funcție de schimbările morfologice ale acestora. Pe baza datelor istorice înregistrate la cele două posturi hidrometrice (Cinta și Gălești) s-a identificat nivelul apei corespondent ținând cont de morfologia albiei (panta laterală a albiei și panta longitudinală din amonte) (Fig. 46).

Fig. 45: Etapele metodologice urmărite în vederea obținerii hărții de risc la inundații (Roșca și colab., 2014)

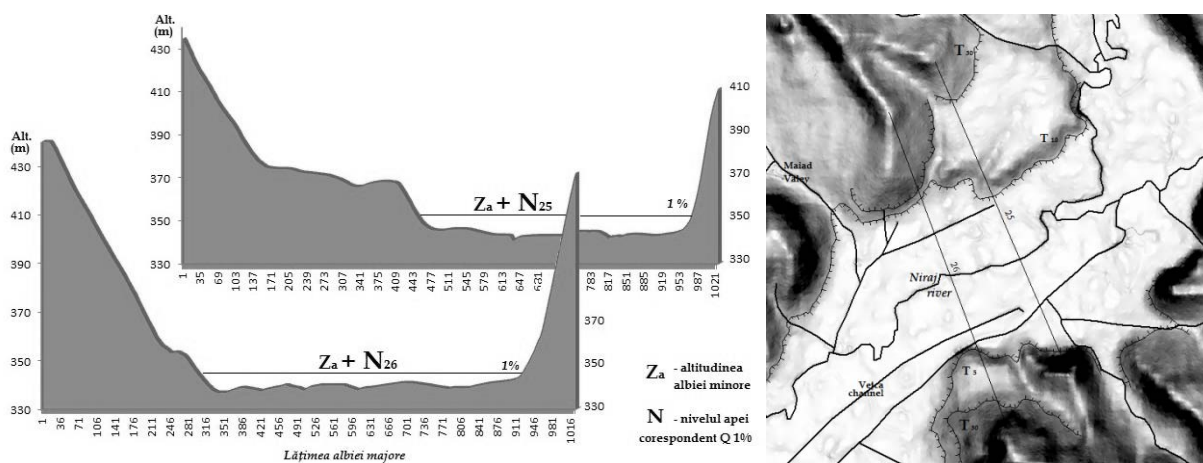


Fig. 46: Secționarea DEM-ului în vederea obținerii benzilor de inundabilitate

Tabelul 10: Clasele de expunere la inundații

Clasa de Expunere	Descrierea elementelor expuse
E ₀	- pășuni; pajiști; zone împădurite; mlaștini; - zone cu arbuști (în general defrișate).
E ₁	- vii; livezi; zone cu culturi complexe; terenuri arabile neirigate; terenuri agricole în amestec cu vegetația naturală.
E ₂	- spațiu rural și urban discontinuu.
E ₃	- drumuri; aeroporturi; spațiu urban omogen; - unități industriale și comerciale.

Clasificarea expunerii la risc, pornind de la modul de utilizare a terenului și probabilitatea de apariție a evenimentelor extreme cu diferite perioade de revenire, (T) a permis construcția matricei evaluării riscului la inundații (Tabelul 10) (Willems și colab., 2003). Analiza s-a realizat în sistem integrat utilizând baze de date spațiale (care cuprinde caracteristicile

geologice și geomorfologice, meteorologice, pedologice și ale utilizării terenului) în mediu GIS obținând

hărți digitale ale hazardului și riscului la inundații (Fig. 47).

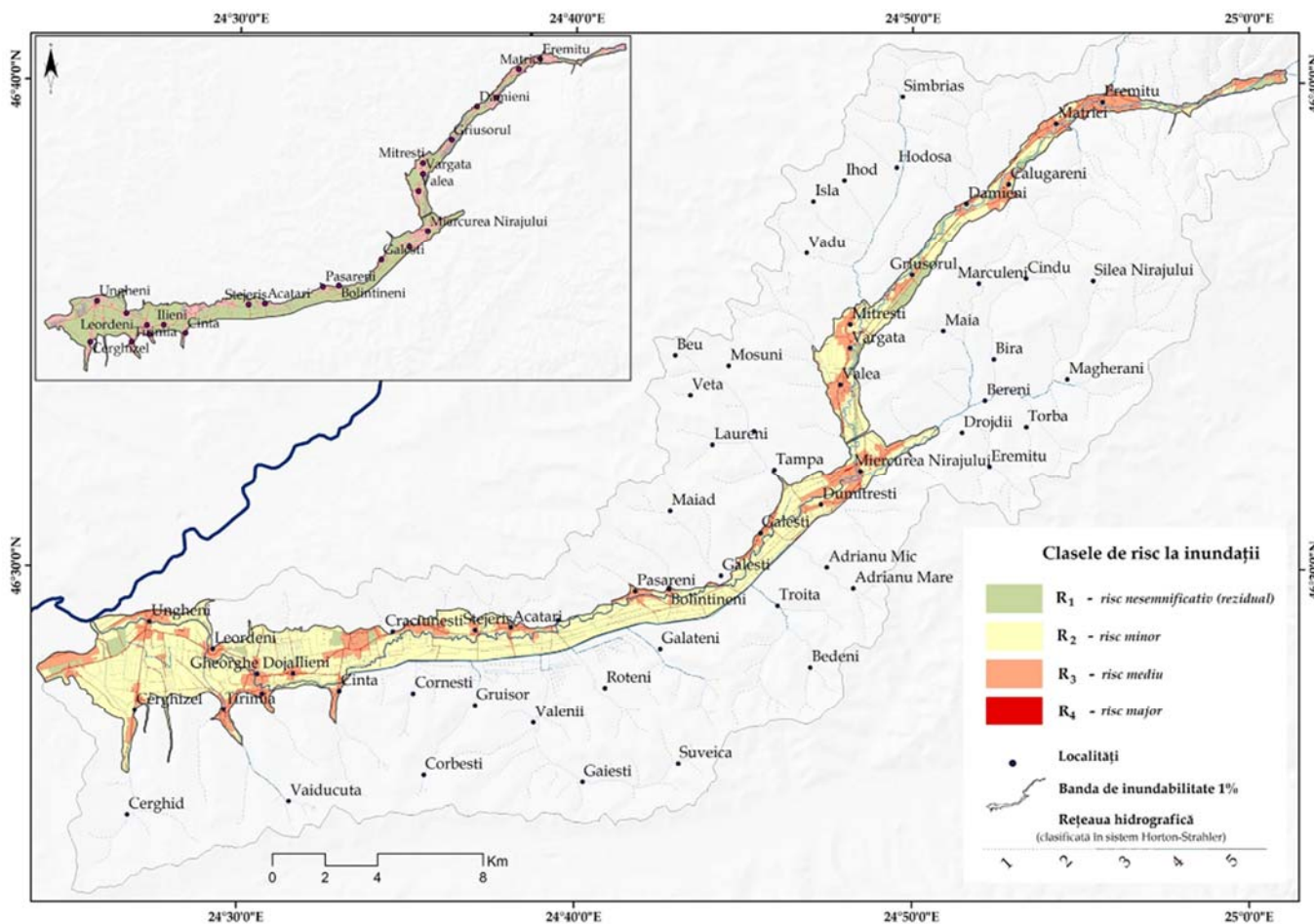


Fig. 47: Harta riscului la inundații în limita benzii de inundabilitate de 1 %

La nivelul benzii de inundabilitate de 1% se remarcă localitățile Gălești, Miercurea Nirajului și Pășăreni cu o pondere ridicată a suprafețelor caracterizate printr-o expunere mare la inundații, la polul opus situându-se localitățile Bereni, Ungheni și Eremitu cu ponderi însemnate ale suprafețelor caracterizate prin expunere foarte mică ca urmare a extinderii spațiului construit în afara limitei de inundabilitate de 1%.

7.2. HAZARDUL ȘI RISCUL LA ALUNECĂRI

Identificarea hazardului la alunecări de teren, prin intermediul metodologiei GIS, s-a realizat pe baza adaptării metodologiei actuale, care pune în prim plan analiza structurilor raster de tip grid ca baze de date pentru spațializarea elementelor teritoriale utilizând pixelul ca unitate elementară de calcul (Roșca și colab. 2015b).

Determinarea hazardului la nivelul fiecărui pixel pune în evidență relația dintre susceptibilitatea la alunecări, curba de predicție și perioada de retur a cantității de precipitații considerată a fi factorul declanșator al alunecărilor de teren. Metodologia încorporează astfel probabilitatea spațială (susceptibilitatea), probabilitatea temporală (hazardul) și magnitudinea evenimentelor (Aleotti și Choundhury, 1999), urmărindu-se, în cadrul modelului propus, o serie de etape obligatorii (fig. 78).

Metodele actuale de determinare a hazardului la alunecări de teren profunde presupun identificarea relațiilor dintre momentul apariției acestora și valorile precipitațiilor lunare și anuale cumulate (Zêzere și colab., 2004). În cazul de față, pentru realizarea analizei spațiale a hazardului la alunecări de teren s-au utilizat cantitățile de precipitații zilnice cumulate de la 1 la 90 de zile.

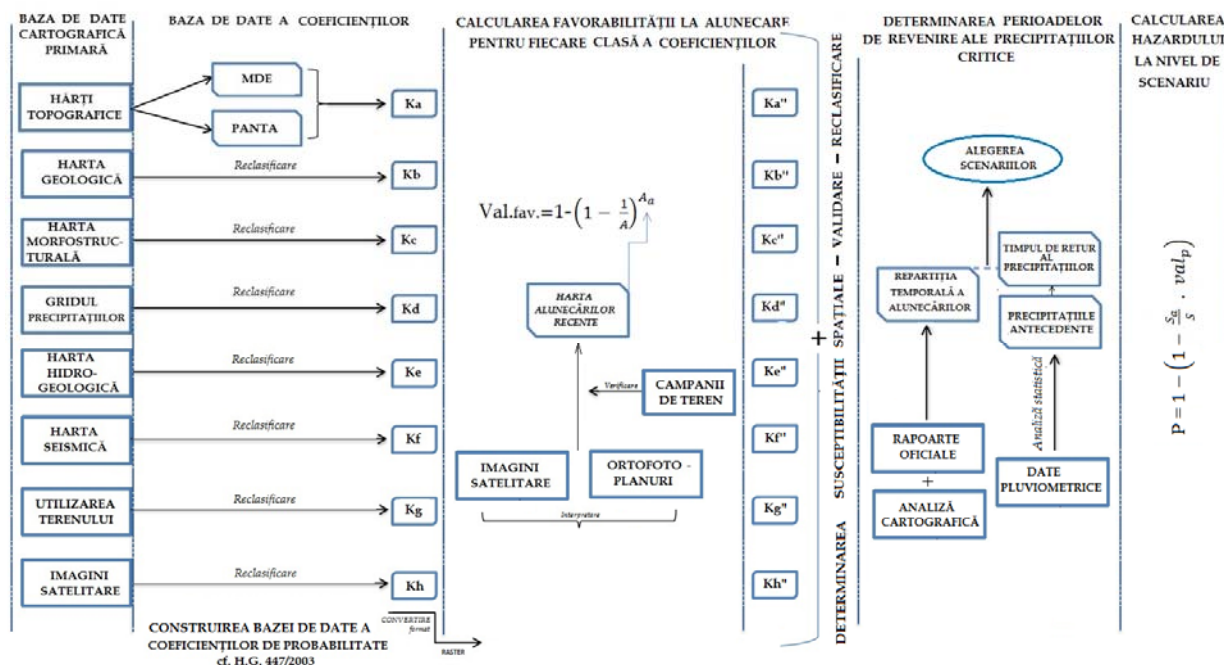


Fig. 78: Schema conceptuală a analizei de hazard la alunecări aplicată

Prin analiza cantităților de precipitații (Tabelul 11), în funcție de numărul de luni anterioare cu precipitații cumulate peste media perioadei, s-a putut explica apariția evenimentelor de alunecare în timpul toamnei și a iernii (inclusiv lunile secetoase aferente acestora). Pe această bază s-a remarcat o frecvență ridicată a apariției alunecărilor de teren pe ramura ascendentă a curbei lunilor cu precipitații peste media anuală, probabilitatea de apariție a alunecărilor variind direct proporțional cu numărul lunilor consecutive în care cantitatea de precipitații depășește media anuală (Fig. 79.A, B, C, D, F).

Tabelul 11: Variabilitatea regimului pluviometric în perioada 2005-2012

K lunar	IARNA			PRIMAVARA			VARA			TOAMNA		
	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
2005						◆	◆		◆			
2006			◆		◆							
2007							◆					
2008						◆	◆					
2009							◆					
2010						◆	◆					
2011								◆				
2012		◆					◆			◆		
Regim pluviometric		Foarte secetos		Secetos		Normal		Ploios		Foarte ploios		
◆	Alunecare de teren											

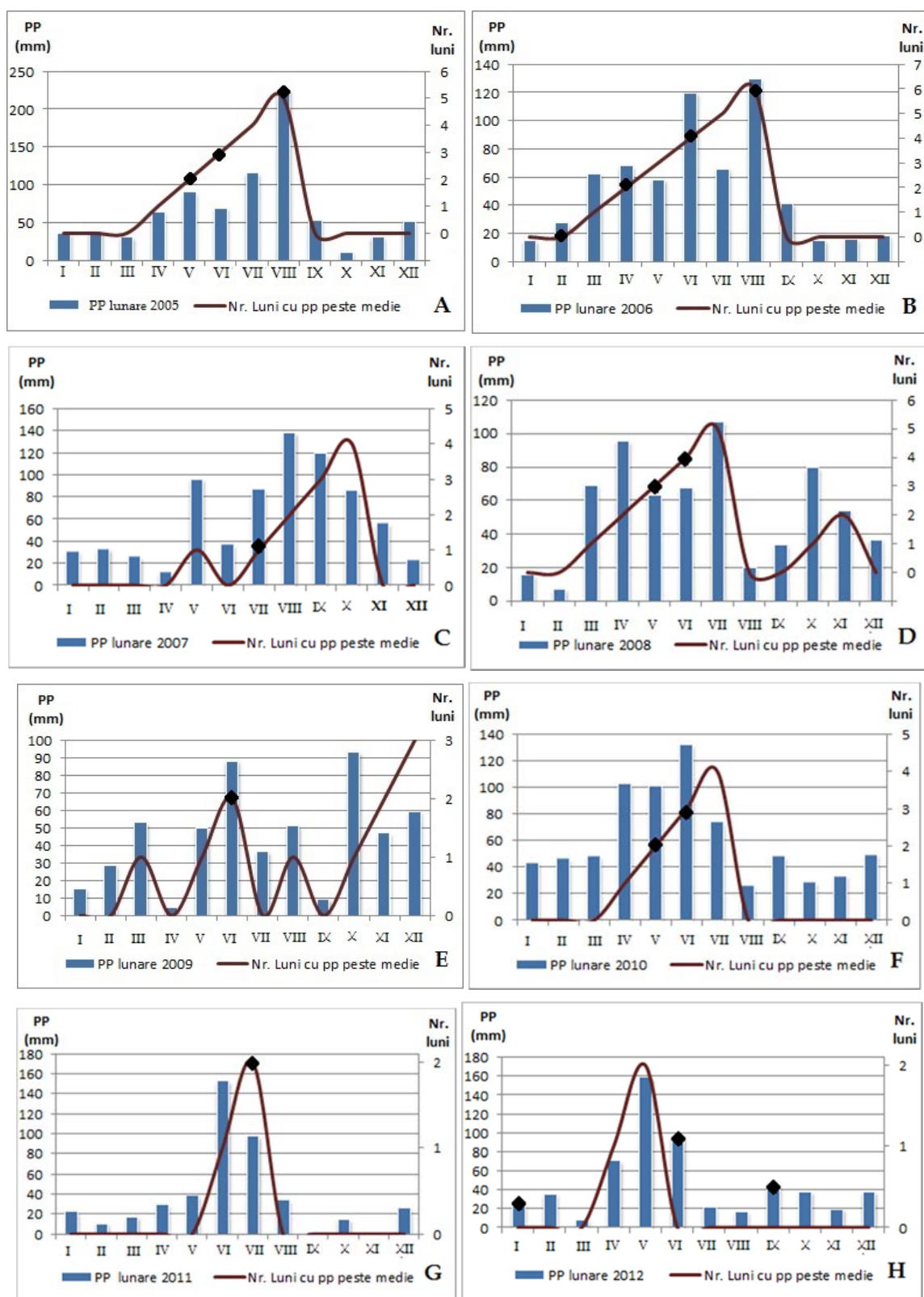


Fig. 79: Variația cantității lunare de precipitații și a numărului de luni cu precipitații peste media anuală ♦ (unde reprezintă evenimentul de alunecare).

Există însă și cazuri în care alunecările apar pe ramura descendentă a curbei, imediat după atingerea maximului (fig. 79.A, B, E, G), datorită lunilor singular-excedentare din punct de vedere pluviometric (fig. 79.H.). La nivel lunar s-au înregistrat evenimente cu alunecări în luni cu valori foarte apropiate mediei,

chiar sub medie, însă, analizând lunile anterioare, s-a putut observa o cantitate cumulată mult superioară mediei care explică producerea evenimentului.

Pentru obținerea hărții de susceptibilitate la alunecări de teren s-a utilizat o bază de date care cuprinde opt coeficienți de determinare a susceptibilității care descriu factorii pregătitori și declanșatori ai alunecărilor (tabelul 12). Pentru fiecare clasă a fiecărui coeficient s-a calculat valoarea de favorabilitate aplicând formula [1] :

$$\text{Valoarea de Favorabilitate} = \left(1 - \frac{1}{T_y}\right)^{T_a} [1]$$

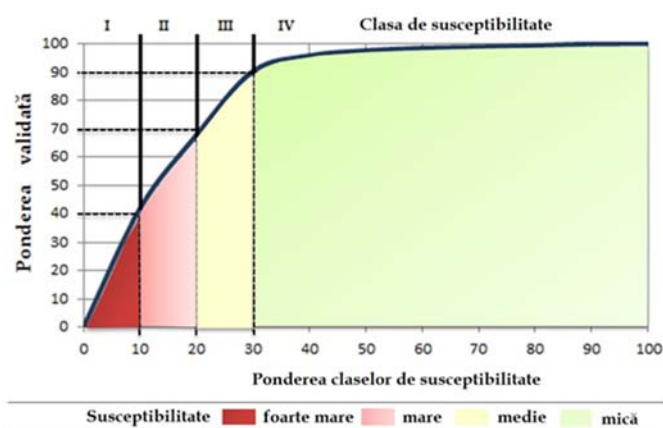
unde T_y – numărul de pixeli din fiecare clasă

T_a – numărul de pixeli cu alunecări din fiecare clasă (Zêzere și colab., 2004)

Tabelul 12: Clasele coeficienților de probabilitate și valoarea de favorabilitate la alunecări

Crt.	Clasele coeficienților	Supraf (m2)	Supraf. cu alunecări (m2)	Valoarea de Favorabilitate
Ka Litologic	Andezite cu piroxeni și amfiboli	22351467	0	0
	Formațiuni vulcanogen sedimentare	85955563	0	0
	Depozite coluviale și coluvio-proluviale	119311726	913435	0.001157
	Pietrișurile, nisipurile, grohotișurile pleistocen medii	4279722	0	0
	Pietrișurile, nisipurile și depozitele leosoide pleistocen superioare	14513632	149208	0.008794
	Argilele marnoase, nisipurile cu intercalații de tufuri sarmațiene	1353527	0	0
	<i>Pietrișurile, nisipurile, argilele și marnele nisipoase</i>	<i>410987885</i>	<i>9746299</i>	<i>0.02316</i>
Kb Geomorphologic	Altitudini < 400 m, Pante < 5°	240654591	1140904	0.004712
	Altitudini 400-1000m, Pante 5- 10°	294242614	4497430	0.015207
	Altitudini 400 - 1000m, Pante 10-20°	197890382	4046927	0.020198
	Altitudini > 1000 m, Pante 20-30°	24254571	212522	0.008751
	Altitudini > 1000 m, Pante > 30°	384794	0	0
Kc Structural	Zona montană	133410983	1154616	0.008662
	Zona structurilor diapire	381991742	7333543	0.019012
	Zona domurilor gazeifere	144509726	1397592	0.009577
Kd hidro-climatic	PP 400-600, SPI -13,8...-4,89	14850061	206041	0.012989
	PP 600-700, SPI -4,89...1,76	561858417	9339684	0.016535
	PP 700-800, SPI 1,76...12,32	80978491	348900	0.004098
Ke hidrogeological	Nivelul apei freatice la adâncime mare	18465891	47164	0.002609
	Nivelul apei freatice până la 5 m	641469723	9838557	0.015242
Kf Seismic	6° MSK	611049212	7613951	0.012404
	7° MSK	48877695	2271772	0.045441
Kg Silvic	Zone împădurite	206854615	481624	0.002291
	Livezi, vii	31657087	1167221	0.036413
	Zone agricole cu culturi complexe	178380842	3049328	0.016921
	Terenuri arabile neirigate	127270027	1324087	0.009626
	<i>Pajiști, pășuni și zone defrișate</i>	<i>114614040</i>	<i>3965426</i>	<i>0.034051</i>
Kh Antropic	Lipsa construcțiilor	406852841	8680138	0.004716
	Proximitatea elementelor de infrastructură, intravilanlele localităților	248086327	1173514	0.021118

Reclasificarea hărții de susceptibilitate s-a realizat ținând cont de curba de succes a modelului care



descrie astfel relația dintre clasele de susceptibilitate și alunecările de teren identificate pentru fiecare clasă în urma sortării pixelilor în ordine descrescătoare (Fig. 80). Rata de succes variază după o funcție logaritmică ($y = 15.745 \ln(x) + 29.61$, cu $R^2 = 0.95$), ceea ce indică faptul că modelul este corect realizat având în vedere relația dintre puterea de predicție și baza de date a alunecărilor de teren utilizată în modelare (Chung și Fabbri, 1995).

Fig. 80: Rata de succes a modelului (cu evidențierea pe culori a claselor de susceptibilitate alese)

Aplicarea scenariilor de hazard la alunecări de teren la scară temporală

Pornind de la ideea conform căreia o cantitate de precipitații cumulată, care a determinat apariția evenimentelor de alunecare va avea același efect în viitor și, utilizând clasele de probabilitate identificate anterior, s-au analizat patru scenarii pentru patru perioade de retur a precipitațiilor declanșatoare de alunecări a căror dată de producere (evenimentul) este cunoscută: scenariul I (21 Mai 2005), Scenariul II (26 Aprilie 2006) Scenariul III (4 Iulie 2010) și scenariul IV (25 Februarie 2013).

În cadrul analizei spațiale GIS de identificare a hazardului la alunecări de teren, pentru fiecare dintre cele 4 scenarii, s-a parcurs o serie de etape, cele mai importante constând în identificarea numărului pixelilor aferent fiecărei clase de susceptibilitate, a numărului de pixeli pe care se înregistrează alunecări de teren, a valorii de favorabilitate la alunecări, precum și a probabilității specifice fiecărei clase (tabelul 13). Probabilitatea de apariție a alunecărilor de teren pe clase de susceptibilitate a fost calculată pe baza formulei 2 (Zêzere și colab., 2004):

$$P = 1 - \left(1 - \frac{S_a}{S} \cdot val_p\right)^{[2]}, \text{ unde:}$$

P = probabilitatea de apariție a alunecărilor de teren pentru fiecare scenariu

S = nr. pixelilor pe clase de susceptibilitate (suprafața clasei de susceptibilitate)

S_a = nr. pixelilor cu alunecări pe clase de susceptibilitate (suprafața afectată de alunecări)

Val_f = valoarea de favorabilitate la alunecări

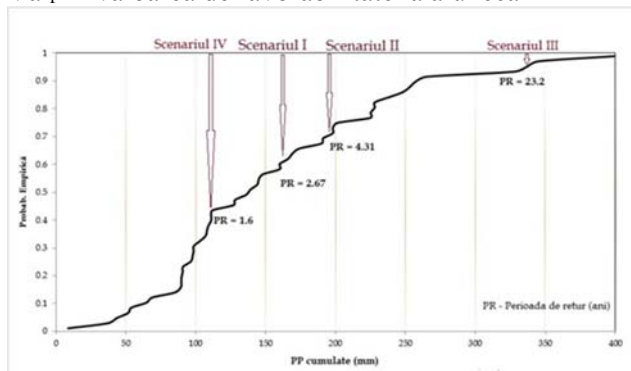


Fig. 81: Probabilitatea empirică a precipitațiilor cumulate pe 3 luni - săgețile indică valoarea cumulată a precipitațiilor care au dus la declanșarea alunecărilor de teren, cu perioada de revenire specifică, care vor fi utilizate în cele patru scenarii de modelare.

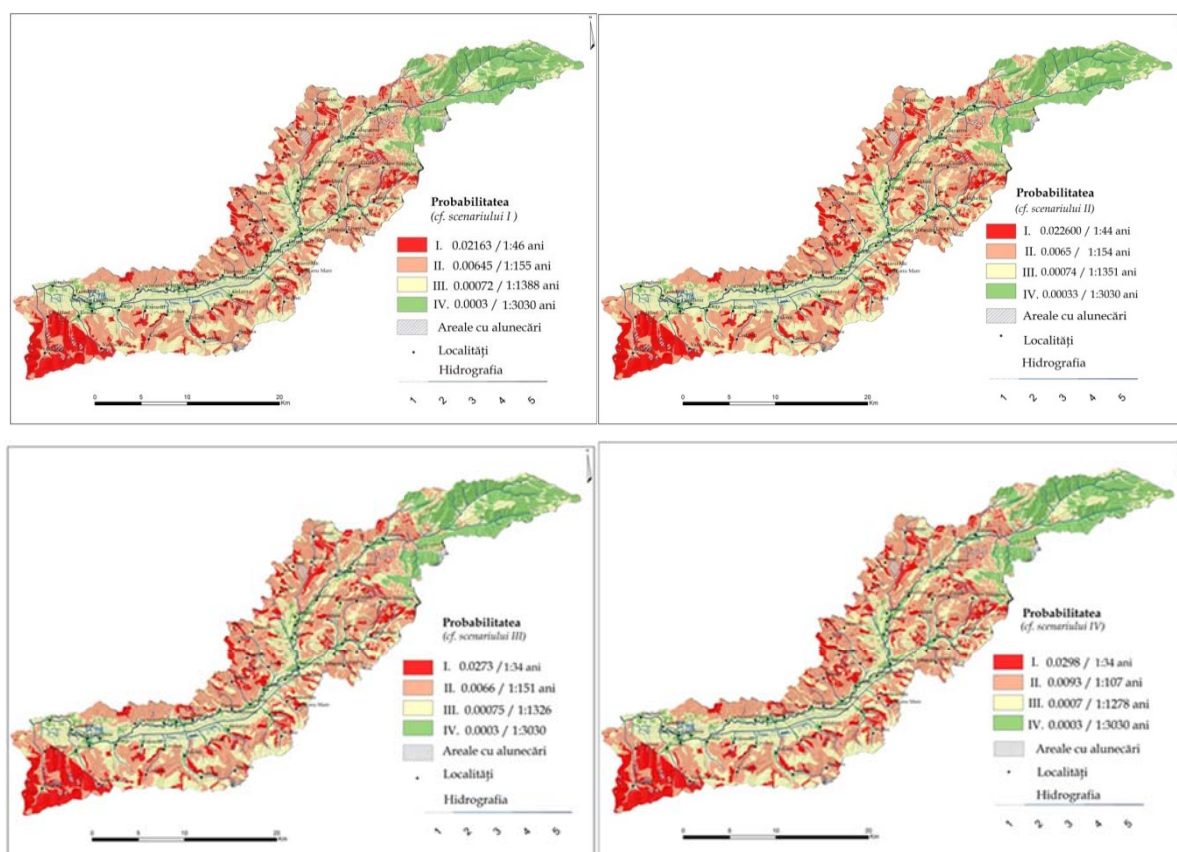
În urma integrării ecuației 2 sub formă de ecuație de analiză spațială în mediul GIS s-a remarcat faptul că, clasei de susceptibilitate foarte mare (I) îi corespunde o probabilitate de 0,021 (1:46 ani) conform rezultatelor scenariului I (Fig. 82.A.), probabilitatea de 0,0226 (1: 44 ani), conform scenariului II (Fig. 82.B), 0,0298 (1:33 ani) pentru scenariul III (Fig. 82.C), respectiv 0.0298 (1:33,5 ani) în cazul scenariului IV (Fig. 82.D).

Tabelul 13: Probabilitatea de apariție a alunecărilor de teren pentru diferite scenarii

Clasa de susceptibilitate	Nr. Pixelilor Pe clase de susceptibilitate	Nr. Pixelilor cu alunecări Pe clase	Valoarea de favorabilitate	Valoareade Probabilitate	Probabilitatea (ani)
Scenariul I					
I	126136	5538	0.0429	0.0216	46.2
II	391446	5059	0.0128	0.00644	155
III	355920	514	0.0014	0.00072	1388
IV	163487	109	0.00066	0.00033	3030
Scenariul II					
I	126136	5814	0.0450	0.0226	44.2
II	391446	5133	0.0130	0.0065	153.8
III	355920	528	0.0014	0.00074	1351
IV	163487	108	0.00066	0.00033	3030
Scenariul III					
I	126136	7038	0.054	0.02973	33.6
II	391446	5200	0.0131	0.0066	151
III	355920	538	0.00151	0.000754	1326
IV	163487	109	0.0006665	0.00033	3030
Scenariul IV					
I	126136	7688	0.0591	0.0298	33.5
II	391446	7373	0.0186	0.0093	107.5
III	355920	558	0.00156	0.00078	1278
IV	163487	109	0.0006665	0.00033	3030

În analiza de hazard accentul se pune pe identificarea spațială și temporală a arealelor cu probabilitate ridicată de a fi afectate în viitor de procese similare celor din trecut. Astfel pentru a avea o imagine predictivă veridică asupra zonelor expuse alunecărilor de teren, în condiții climatice asemănătoare, s-au analizat, din punct de vedere statistic, variațiile probabilității de apariție a alunecărilor de teren (în ani) din perioada 2005-2013.

Scenariile de predicție (tabelul 14) au fost obținute pe baza rezolvării ecuațiilor specifice curbelor de corelație valabile pentru fiecare clasă de susceptibilitate în parte, pentru patru ani considerați reprezentativi (ani la nivelul cărora s-au determina anterior tendințele de evoluție a cantității de precipitații utilizând modelul climatic ALADIN).



Tabelul 14: Probabilitatea în ani specifică claselor de susceptibilitate

de		Scenariul				Scenarii predicții			
		I. (2005)	II. (2006)	III. (2010)	IV. (2013)	P. V. 2021	P. VI. 2050	P. VII. 2071	P. VIII 2100
Clase susceptibilitate	I.	46	44	34	33	24	13	10	8
	II.	155	154	151	107	91	30	6	-
	III.	1388	1351	1326	1278	1195	845	591	241
	IV.	3030	3030	3030	3030	-	-	-	-
		Probabilitatea obținută pe baza scenariilor					Predicția probabilității		

Urmărind metodologia propusă pentru predicție s-a identificat un număr de trei curbe de corelație, corespundente primelor trei clase de susceptibilitate, definite prin ecuațiile corespunzătoare:

Pentru clasa de susceptibilitate foarte mare s-a utilizat curba Saturation Growth-Rate, definită de

formula: $Y = \frac{ax}{b + x}$, $a = 0.402$, $b = -1987.48$, x = anul pentru care se realizează predicția, y = probabilitatea (ani)

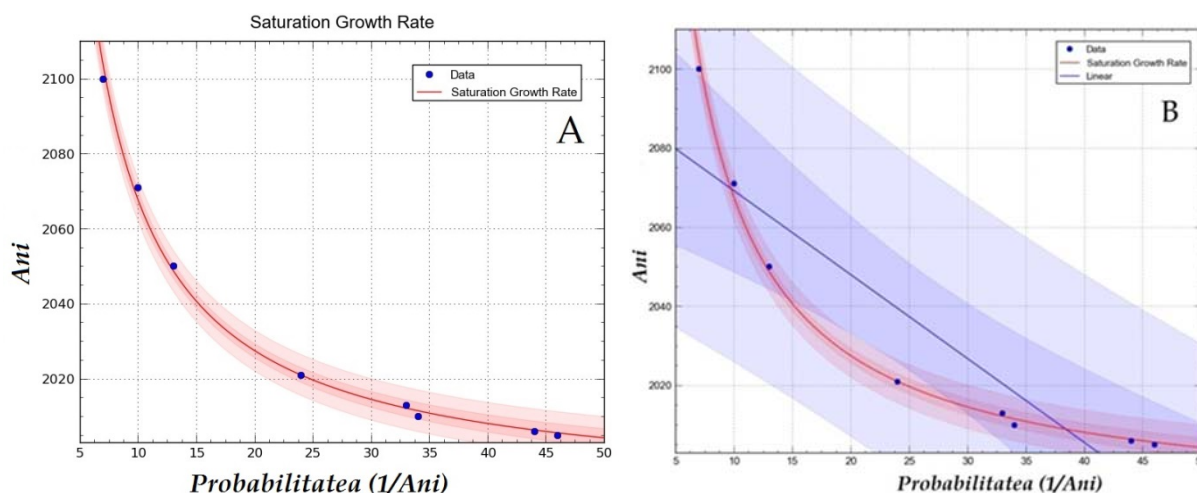


Fig. 83: Graficul funcției de corelație pentru clasa de susceptibilitate foarte mare (I) (A) și compararea grafică a primelor două curbe de corelație (B)

Pentru clasa de susceptibilitate mare s-a utilizat curba Rational Function definită de formula:

$y = \frac{a + bx}{1 + cx + dx^2}$, $a = -9.061339e+009$, $b = 4357783.3$, $c = 46112.75$, $d = -23.5029$, x = anul pentru care se realizează predicția, y = probabilitatea (ani).

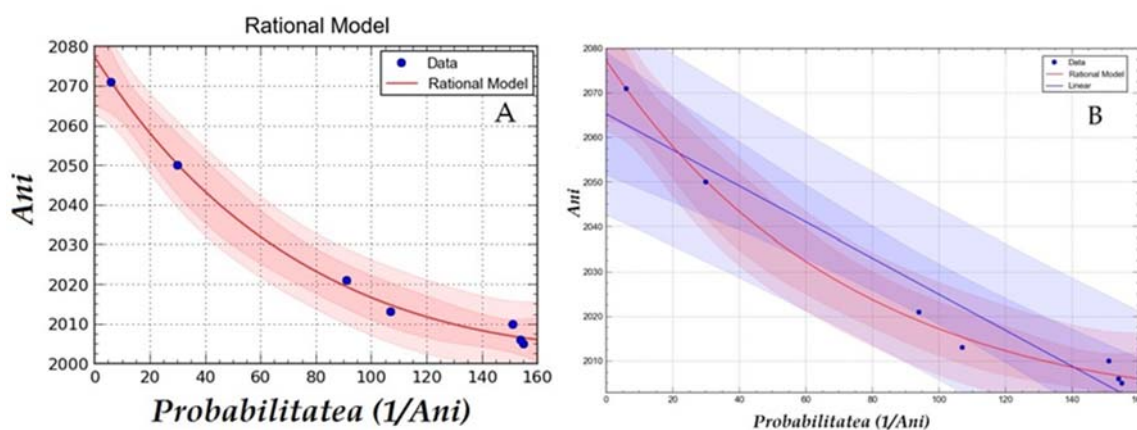


Fig. 84: Graficul funcției de corelație pentru clasa de susceptibilitate mare (II) (A) și compararea grafică a primelor două curbe de corelație (B)

Pentru clasa de susceptibilitate medie s-a utilizat curba Liniar Fit definită de formula: $y = a + bx$, $a = 25609.2$, $b = -12.08$, x = anul pentru care se realizează predicția, y = probabilitatea (ani).

Toate cele trei funcții utilizate pentru realizarea predicției îndeplinesc standardele statistice pentru a fi utilizate având coeficientul de corelație aproape de unitate și reziduu maxim redus. Pentru o acuratețe mai bună a rezultatului de predicție și alegerea celei mai bune ecuații s-a utilizat metoda comparării grafice a curbelor de corelație (Fig. 83.B, 84.B., 85.B.) pe baza criteriilor statistice AIC precum și prin interpretarea vizuală a încadrării valorilor de probabilitate în intervalul caracteristic de confidență și predicție de 95%.

Analiza criteriilor enunțate anterior scoate în evidență imposibilitatea utilizării corelației liniare (utilizată în cea mai mare parte a studiilor) pentru două clase de susceptibilitate - mare și foarte mare (Fig. 85) deoarece valorile de probabilitate obținute prin calcul statistic nu se încadrează în intervalul de

confidență și valoarea AIC a corelației liniare este mult mai redusă decât a funcțiilor alese. Pentru clasa de susceptibilitate medie (Fig. 85) se poate observa, atât grafic cât și numeric, validitatea corelației liniare pentru prognoză.

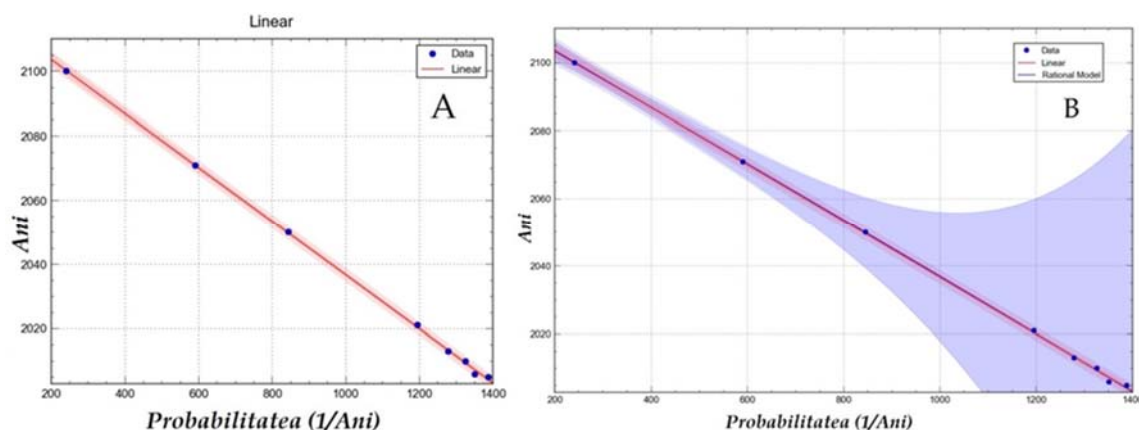


Fig. 85: Graficul funcției de corelație pentru clasa de susceptibilitate medie (III) (A) și compararea grafică a primelor două curbe de corelație (B)

Analiza rezultatelor obținute în urma determinării probabilității de apariție a alunecărilor de teren, specifică celor trei clase de susceptibilitate pentru cei patru ani caracteristici, pune în evidență tendința de accelerare a evenimentelor de alunecare, pornind de la probabilitatea de 1:33 ani pentru 2013, până la 1:7 ani pentru o perioadă totală de 87 de ani în cadrul clasei de susceptibilitate foarte mare. Cea mai mare predispunere la evenimente de alunecări de teren a fost calculată pentru clasa de susceptibilitate mare atât pentru perioade scurte, de 8 ani (2005-2013), cât și pentru perioade lungi de 87 de ani (2013-2100), cu variații specifice semnificative între anii caracteristici.

Clasele medii și mici se caracterizează prin variații mici ale probabilității atât pentru intervale de timp scurte 2005 (1:1388 ani) - 2013 (1:1278 ani) cât și pe întregul interval anual analizat, fapt datorat, în primul rând, incidenței reduse a alunecărilor de teren în arealele corespunzătoare claselor de susceptibilitate.

Apreciem că spațializarea hazardului la alunecări, prin transformarea hărților de susceptibilitate în hărți de hazard care corespund perioadelor de retur ale precipitațiilor declanșatoare a alunecărilor de teren, poate fi extrem de utilă factorilor decizionali, întrucât această metodologie poate fi integrată în abordările multi-hazard și utilizată cu succes în elaborarea studiilor realizate la nivelul unităților teritoriale mari.

7.2.7. ANALIZA RISCULUI LA ALUNECĂRI DE TEREN LA SCARĂ MARE – STUDIUL DE CAZ BAZINUL NIRAJULUI MIC

Bazinul hidrografic al Nirajului Mic a făcut obiectul calculului riscului la alunecări de teren ca urmare a potențialului ridicat de apariție a alunecărilor de teren în ultimii 7 ani, perioada 2005-2012 (conform rapoartelor ISU, Mureș). Pe suprafața bazinului hidrografic analizat se găsesc teritoriile administrative a 10 localități, la nivelul cărora, ca urmare a evenimentelor de alunecare, s-au înregistrat

Tabelul 15: Matricea riscului la alunecări de teren

		Nivelul de hazard			
		H ₁	H ₂	H ₃	H ₄
Expunere	E ₀	R ₀	R ₀	R ₁	R ₂
	E ₁	R ₀	R ₁	R ₂	R ₃
	E ₂	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
	E ₃	R ₂	R ₃	R ₄	R ₄

pagube materiale prin afectarea infrastructurii de locuit și de transport. Accentul a căzut astfel asupra achiziționării datelor atribut spațializate, a conceperii, a prelucrării și a actualizării bazelor de date astfel obținute.

În vederea identificării claselor de risc aferente bazinului hidrografic al Nirajului Mic (Fig. 88), s-a apelat într-o primă manieră calitativă la o abordare matricială care surprinde relația dintre clasele de hazard și expunerea la alunecări de teren (Tabelul 15).

Pentru studiul de față s-a utilizat numărul persoanelor afectate de alunecări de teren conform datelor din Planul de Analiză și Acoperire a Riscurilor al județului Mureș, 2011 și conform costurilor orientative ale bunurilor imobiliare și ale terenurilor din județul Mureș, 2013. Valorile orientative variază între 0.4 - 500 ron/m² (Fig. 87).

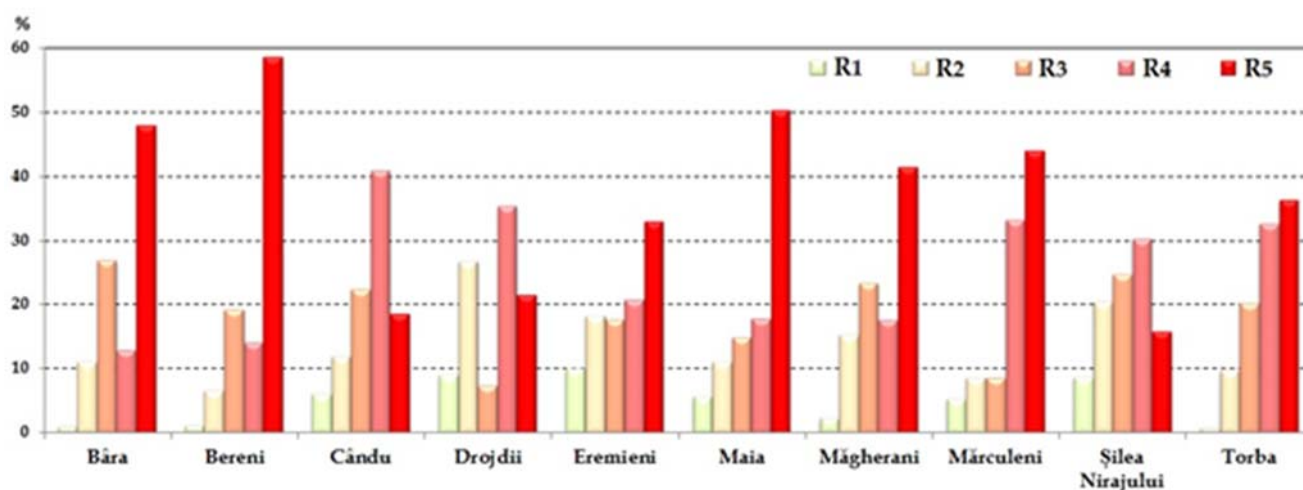


Fig. 86: Încadrarea procentuală a intravilanelor localităților din bazinul hidrografic al Nirajului pe clase de risc la alunecări de teren

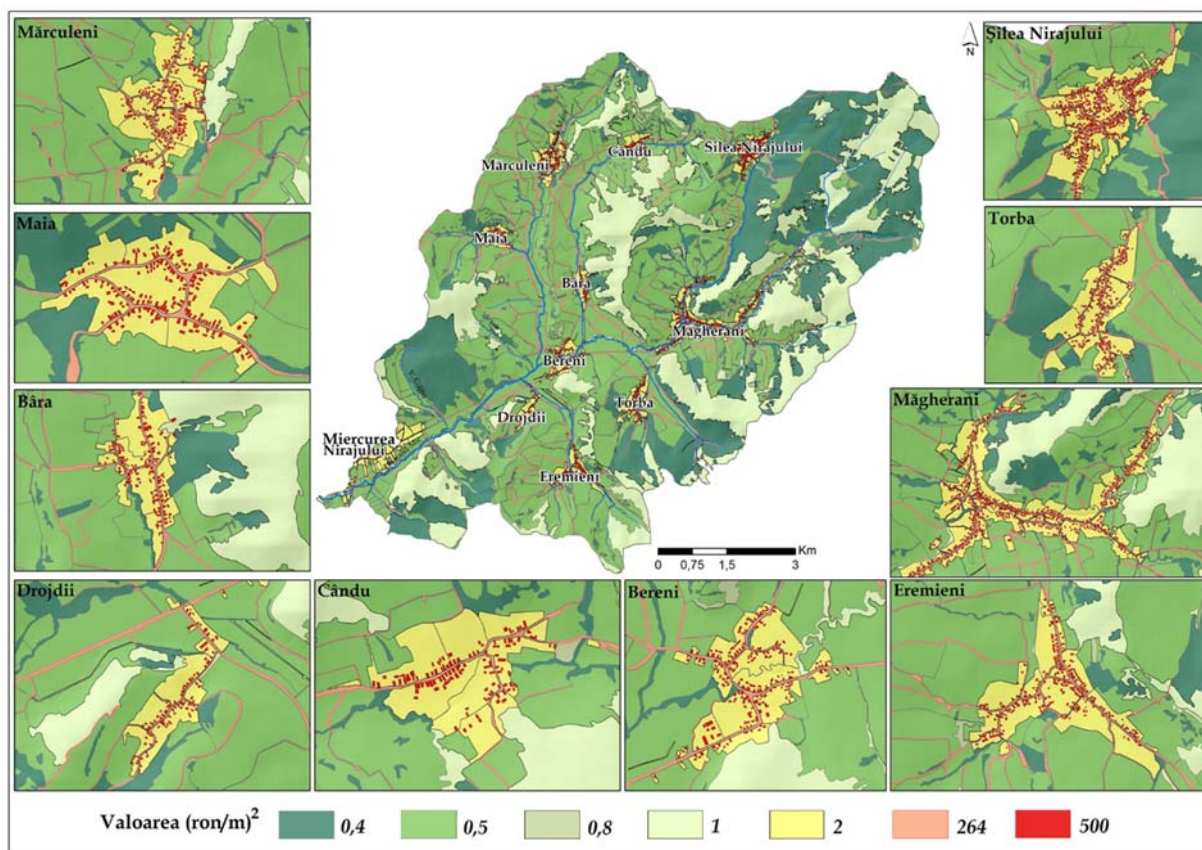


Fig. 87: Valoarea infrastructurii și a terenurilor din bazinul hidrografic al Nirajului Mic

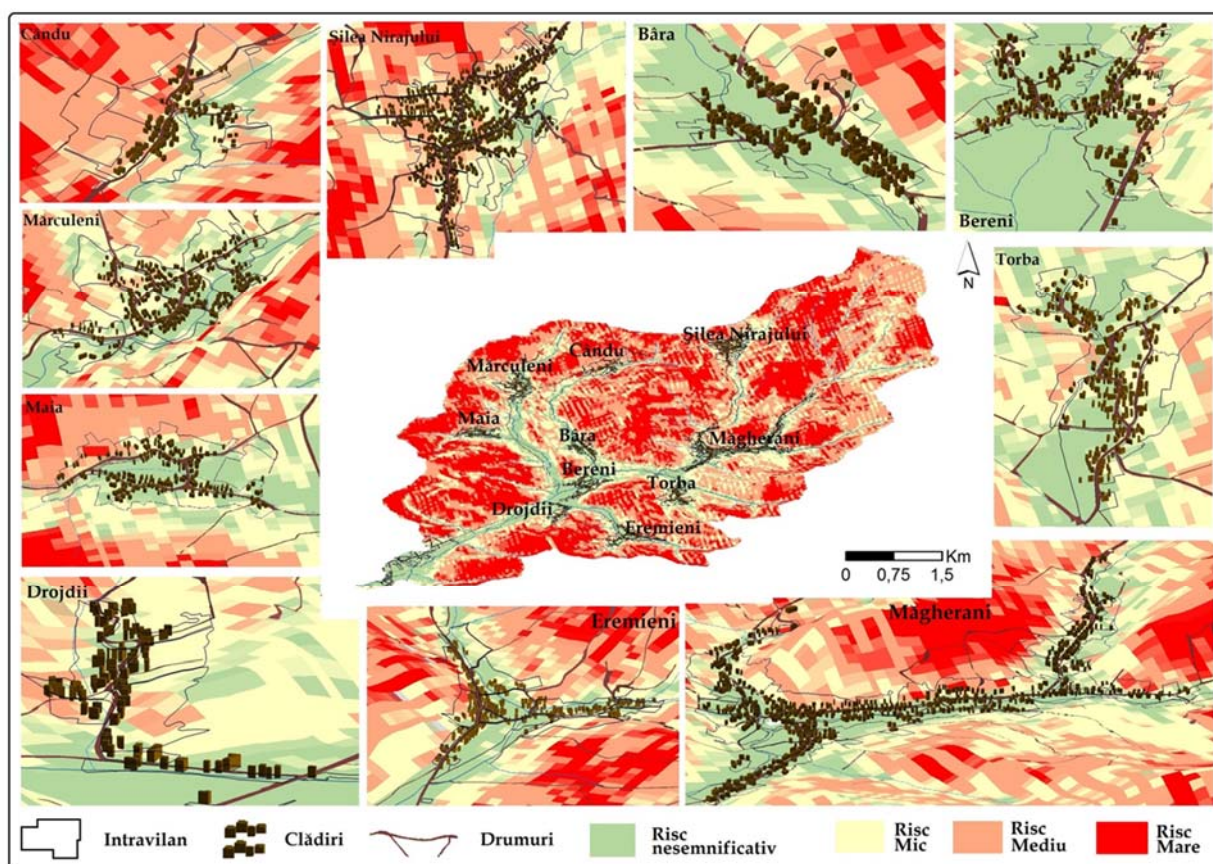


Fig. 88: Încadrarea infrastructurii de transport și locuit pe clase de risc la alunecări

7.3. HAZARDUL ȘI RISCUL LA MEANDRARE

Delimitarea zonei cu potențial de meandrare a permis identificarea arealelor cu potențial de meandrare scăzut, moderat și ridicat (Fig. 89, 90), ținând cont de rata medie de eroziune, de prezența cursurilor abandonate și de proximitatea sectoarelor geologice cu rezistență ridicată la eroziune astfel:

$$ZPM_{\text{ridică}} = ZIM + 10 * RME$$

$$ZPM_{\text{moderat}} = ZPM_{\text{scăzut}} + 10 * RME$$

$$ZPM_{\text{scăzut}} = ZPM_{\text{moderată}} + 10 * RME$$

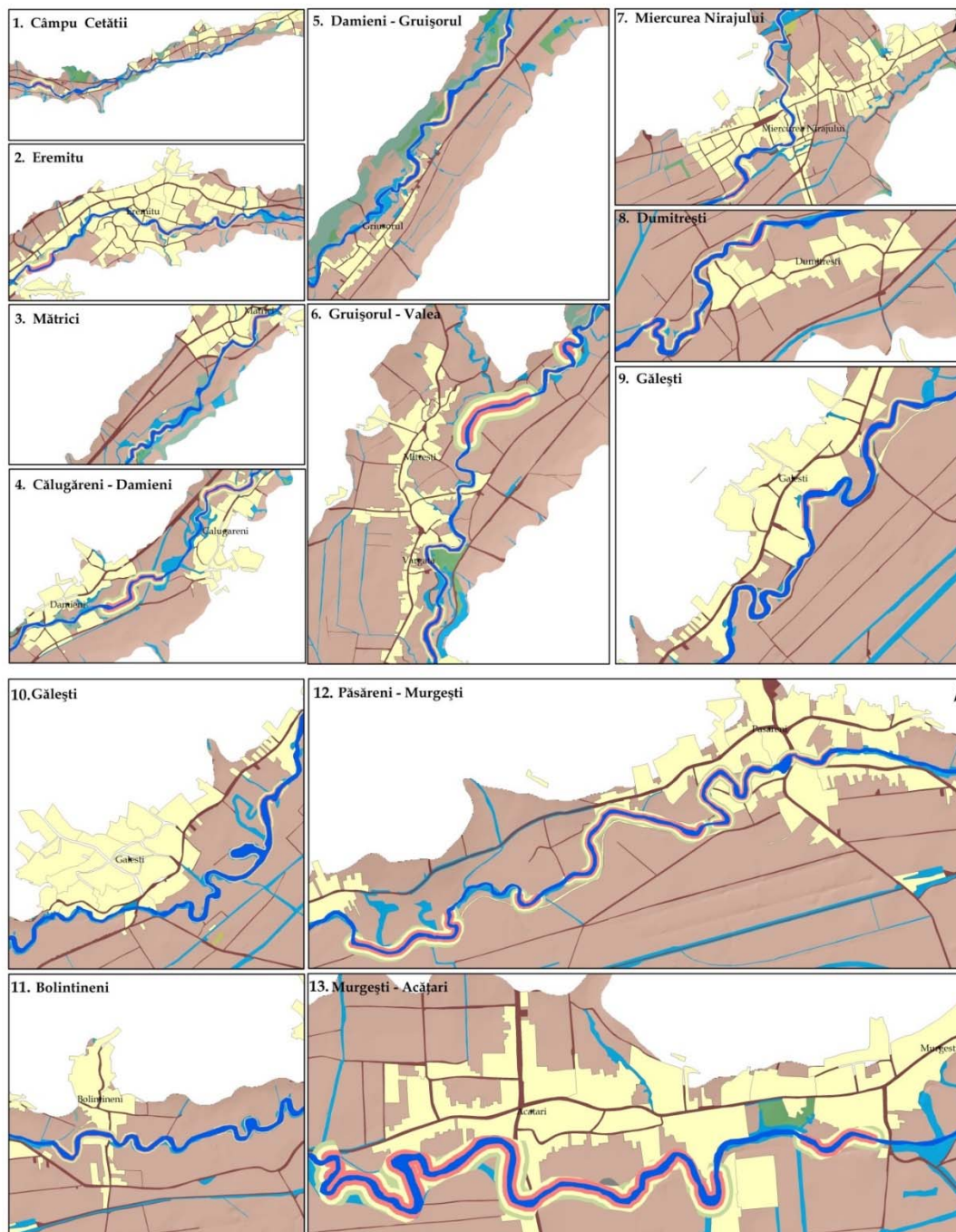


Fig. 89: Expunerea infrastructurii la meandrare a râului Niraj din sectorul Câmpu Cetății-Acățari



Fig. 90: Expunerea infrastructurii la meandrarea râului Niraj din sectorul Stejeriș - Ungheni

Analiza de detaliu evidențiază o serie de bucle de meandru cu dinamică accentuată care, în lipsa constrângerilor naturale ori antropice (a îndiguirilor), pot conduce la cedări ale malurilor ce vor imprima pierderi ale teritoriilor cu folosință predominant agricolă în extravilanul localităților: Câmpu Cetății, Mătrici, Dămieni, Gălești, Acățari, Dumitrești, Grușorul, Mitrești și Murgești (Fig. 7.35), Stejeriș, Crăciunești, Cinta și Ilieni (Fig. 89).

La nivelul intravilanelor, zonele cu potențial sever de meandru sunt limitate pentru un număr mic de bucle de meandru: Eremitu (4), Mătrici (1), Călugăreni (1), Grușorul (1), Mitrești (1), Vărgata (2), Pășăreni (5), Acățari (5) (Fig. 89), Stejeriș (1), Crăciunești (2), Cinta (1), Gheorghe Doja (2), Leordeni (3) și Ungheni (1) (Fig. 90).

Precizăm faptul că, aplicând această metodologie, se poate furniza o imagine *la scară medie* a dinamicii albiei râului pe baza căreia este posibilă identificarea zonelor ce prezintă risc, moderat spre

ridicat, în ceea ce privește migrațiile de albie în următorii 50 de ani. Această scară de lucru impusă de gradul de detaliere a bazelor de date utilizate poate conduce la ușoare supraestimări ale potențialului de meandrare pentru sectoare cu relativă stabilitate (care nu prezintă la momentul analizei efecte ale eroziunii laterale, dar care pot fi afectate la momentul atingerii și depășirii valorilor considerate prag ale factorilor cauzatori.

8. EVALUAREA PRETABILITĂȚII TERENULUI LA DIFERITE FOLOSINȚE AGRICOLE UTILIZÂND TEHNICA BONITĂRII AGRICOLE

În contextul actual, cercetările referitoare la pretabilitatea terenurilor pentru anumite tipuri de utilizare agricolă reprezintă o etapă deosebit de importantă în procesul de luarea deciziilor la nivelul autorităților locale și naționale. Astfel bonitarea terenului presupune stabilirea favorabilității condițiilor acestuia pentru diferite utilizări agricole, precum și a restricțiilor pe care le impune prin caracteristicile fizico-geografice specifice, fiind utilizată ca metodă în studiile care vizează identificarea potențialului agricol și încadrarea pedogeografică a unui teritoriu.

Pe baza analizei parametrilor calitativi ai solului conturați în structuri de baze de date am decis realizarea unui model de analiză spațială GIS cu ajutorul căruia să identificăm arealele de pe teritoriul bazinului hidrografic al Nirajului cu pretabilitate maximă pentru folosințe agricole.

Tabelul 16: Baza de date utilizată în modelare

Baza de date	Tip structură	Atribute	Tip bază de date
MDE	raster	Altitudinea (m)	primară
Panta	Raster	%	modelată
Orientarea versanților	raster	Tip orientare	modelată
Soluri	vector	Tip, textură	primară
Permeabilitate	raster	masura	modelată
Gleizare	raster	Clase gleizare	modelată
Volum edafic	raster	%	modelată
Textură	raster	Tip textură	primară
Precipitații medii multianuale	raster (grid)	Precipitații (mm)	modelată
Temperaturi medii multianuale	raster (grid)	Temperatura (°C)	modelată
Pseudogleizarea	Raster	Grad pseudogleizare	modelată
Umiditatea la suprafață	Raster	Grad umiditate	modelată
Alunecările de teren	vector	Stadiu activitate	modelată
Zonele de inundabilitate	vector	Clase inundabilitate	modelată

Modelul este dezvoltat pe baze de date primare, modelate și derivate structurate conform etapelor metodologice clasice de bonitare în 6 categorii (fig. 91).

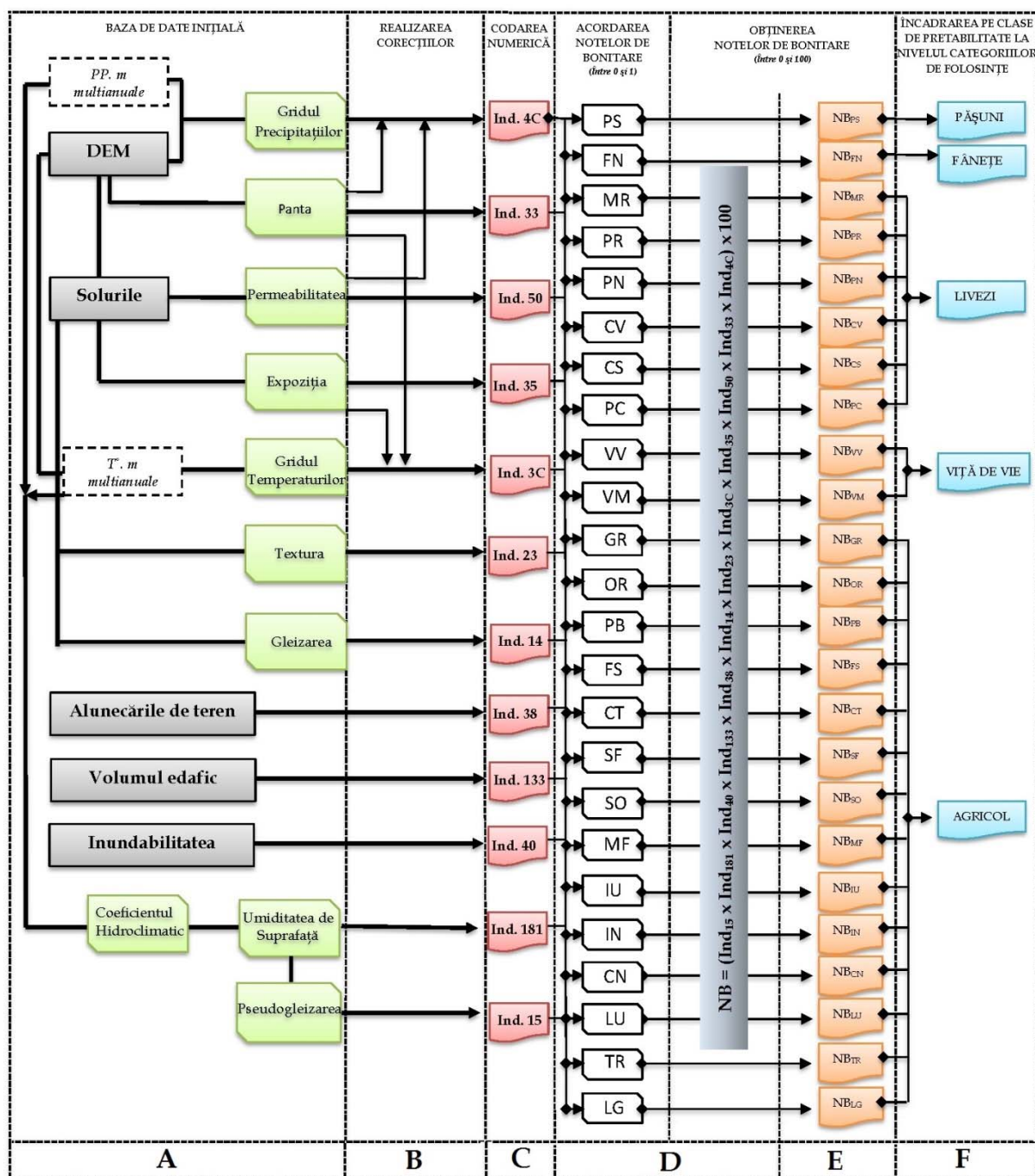


Fig. 91: Schema conceptuală a modelului bonităţii în vederea obţinerii pretabilităţii la nivelul categoriilor de folosinţe

S-au obţinut astfel hărţi ale coeficienţilor corespunzători indicatorilor mai sus amintiţi. Pentru obţinerea notelor de bonitare pentru fiecare din cele 24 de culturi şi folosinţe: păşuni (PS), fâneţe (FN), măr (MR), păr (PR), prun (PN), cireş-vişin (CV), cais (CS), piersic (PC), vie-vin (VV), vie-struguri de masă (VM), grâu (GR), orz (OR), porumb (PB), floarea soarelui (FS), cartof de toamnă (CT), sfecla de zahăr (SF), soia (SO), mazăre-fasole (MF), in-ulei (IU), in-fuior (IN), cânepă (CN), lucernă (LU), trifoi (TR), legume (LG) şi arabil (AR).

Ca rezultat, se evidenţiază *hărţile de pretabilitate pentru diferite folosinţe şi culturi agricole*

concretizate în baze de date spațializate la nivel teritorial, reprezentând note de bonitare pentru anumiți indicatori măsurabili, semnificativi, cartăți la nivel local și regional (Fig. 92, Tabelul 17).

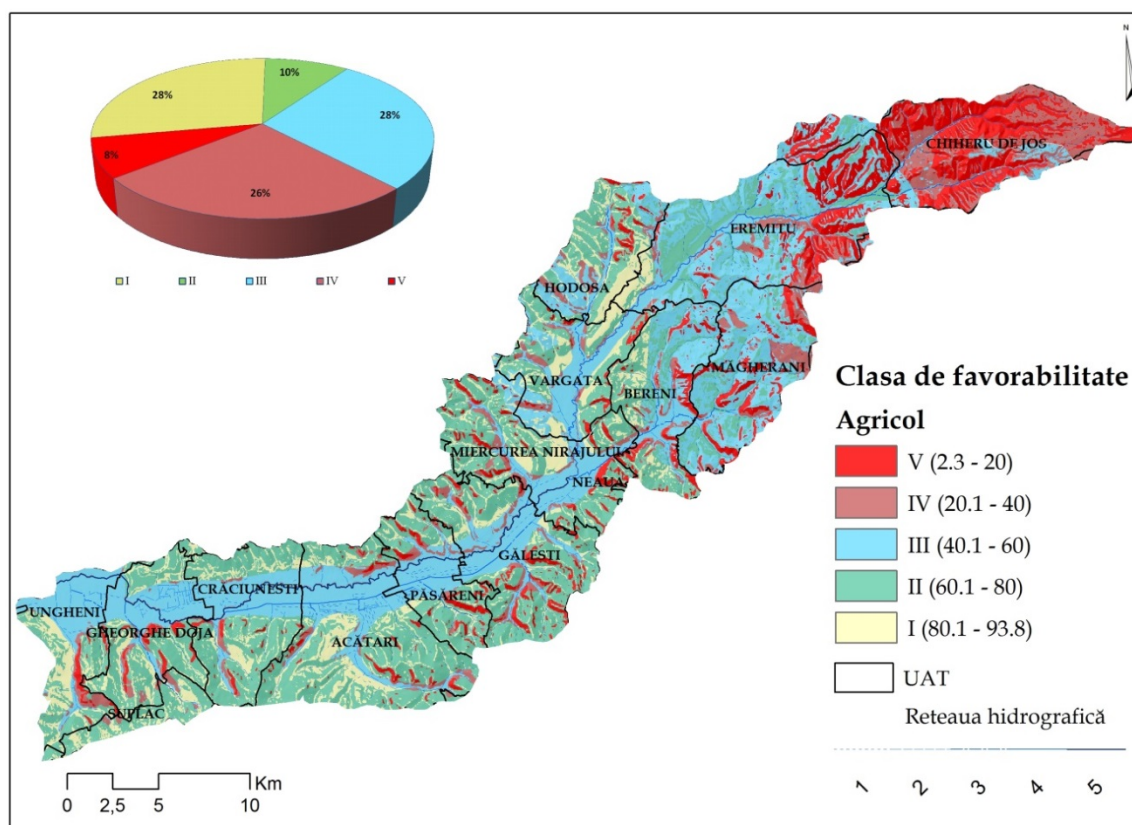


Fig. 92: Favorabilitatea pentru folosita agricolă a terenului

Tabelul 17: Încadrarea pe clase de calitate pentru agricol la nivel bazinal și comunal

COMUNA	CLASA DE FAVORABILITATE pentru agricol									
	I		II		III		IV		V	
	m ²	%	m ²	%	m ²	%	m ²	%	m ²	%
HODOȘA	6850400	21.34	12128300	37.78	8656500	26.97	2556200	7.96	1907500	5.94
EREMITU	2349500	2.95	17687700	22.24	37340500	46.94	6623900	8.33	15543800	19.54
MĂGHERANI	0	0.00	8399800	17.61	26605600	55.79	5905200	12.38	6776100	14.21
VĂRGATA	7543800	19.73	12267100	32.08	14035500	36.70	2777100	7.26	1617000	4.23
MIERCUREA NIRAJULUI	8502000	16.49	22710000	44.04	12431700	24.11	3486800	6.76	4430700	8.59
CHIERU DE JOS	0	0.00	1443400	2.18	9085100	13.71	23178700	34.98	32548700	49.13
BERENI	3748100	9.50	13512400	34.25	15719900	39.85	2099400	5.32	4369300	11.08
GĂLEȘTI	5428100	10.08	27184600	50.46	13047600	24.22	3583100	6.65	4633200	8.60
PĂSĂRENI	2929100	10.17	13147800	45.64	8637200	29.98	1504500	5.22	2590300	8.99
UNGHENI	6607500	20.89	9397200	29.71	12413700	39.24	1964700	6.21	1249400	3.95
GHEORGHE DOJA	6121700	16.59	15336500	41.57	11908500	32.28	1800800	4.88	1722400	4.67
ACĂȚARI	12653900	18.49	33121900	48.40	17447900	25.50	3051300	4.46	2158800	3.15
SUPAC	3484600	30.37	6966200	60.72	208200	1.81	782400	6.82	31000	0.27
CRĂCIUNEȘTI	6111900	14.74	20283700	48.92	12848700	30.99	1303100	3.14	917300	2.21

8.4.1. Aplicarea scenariilor pierderilor de sol în funcție de folosințele terenului la nivelul subbazinelor hidrografice. În vederea aplicării identificării pierderilor de sol în funcție de folosințele terenului în conformitate cu gradul cel mai ridicat de favorabilitate pe care îl prezintă în funcție de caracteristicile locale de sol, climă și relief s-au aplicat trei scenarii. Acestea conțin variante ale coeficientului de corecție pentru efectul culturilor aplicat în cazul subbazinelor hidrografice identificate cu cele mai mari rate ale eroziunii în suprafață: Nirajul Mic, Bâra, Țigani și Pârâul Litigios. Scenariul I s-a bazat pe păstrarea claselor de favorabilitate I și II la arabil (coeficientul C primind valoarea maximă =1) pentru ca clasele IV și V să fie modelate ca suprafețe împădurite ($C=0,005$). Desigur, utilizând clasele de preabilitate la arabil ponderile suprafețelor cu valori maxime ale coeficientului pentru efectul culturilor ($C=1$) au valori superioare situației din prezent: crescând de la 42 % la 53,9% în cazul subbazinului Nirajul Mic, de la 40,7% la 48,53% în cazul subbazinului Țigani și de la 16,9 % la 25,5% în cazul subbazinului Pârâul Litigios (tabelul 18).

În cazul scenariului II s-au păstrat deasemenea primele două clase în funcție de preabilitatea la agricol, restul teritoriilor păstrând criteriile de folosință specifice momentului prezent. Eliminând utilizarea ca suprafețe împădurite a ultimelor două clase de favorabilitate la agricol se remarcă creșterea suprafețelor caracterizate prin valori maxime la 57,7% în subbazinul Nirajul Mic, 62,4% în subbazinul Bâra, 49,6% în subbazinul Țigani și 29,8% în subbazinul Pârâul Litigios.

Scenariul III s-a bazat pe utilizarea primelor clase de preabilitate pentru arabil, și a clasei II de preabilitate la livezi. La nivelul subbazinelor Bâra și Țigani introducând clasa cu favorabilitate pentru livezi ponderile caracterizate prin valori maxime ale coeficientului C rămân constante, modificările fiind sesizate prin creșteri în cazul subbazinelor Nirajul mic și Pârâul Litigios (Tabelul 18, Fig. 93).

Tabelul 18: Extinderea relativă a claselor de eroziune la nivel de subbazine hidrografice

Sub-bazinul	Cls. eroziune (t/ha/an)				Momentul
	0 - 0,5	0,5 - 3	3 - 9	>9	
Nirajul Mic	77,387	20,661	3,678	0,423	Scenariul I
	60,010	36,972	3,476	0,350	Scenariul II
	65,486	31,858	2,417	0,239	Scenariul III
Bâra	75,705	21,902	4,448	0,715	Scenariul I
	59,431	36,760	2,700	0,353	Scenariul II
	73,689	24,013	2,035	0,263	Scenariul III
Țigani	67,835	29,080	6,133	1,204	Scenariul I
	52,587	43,338	3,628	0,585	Scenariul II
	64,714	32,511	2,391	0,383	Scenariul III
P. Litigios	83,131	15,360	1,827	0,692	Scenariul I
	72,735	25,312	1,467	0,374	Scenariul II
	78,570	19,981	1,153	0,296	Scenariul III

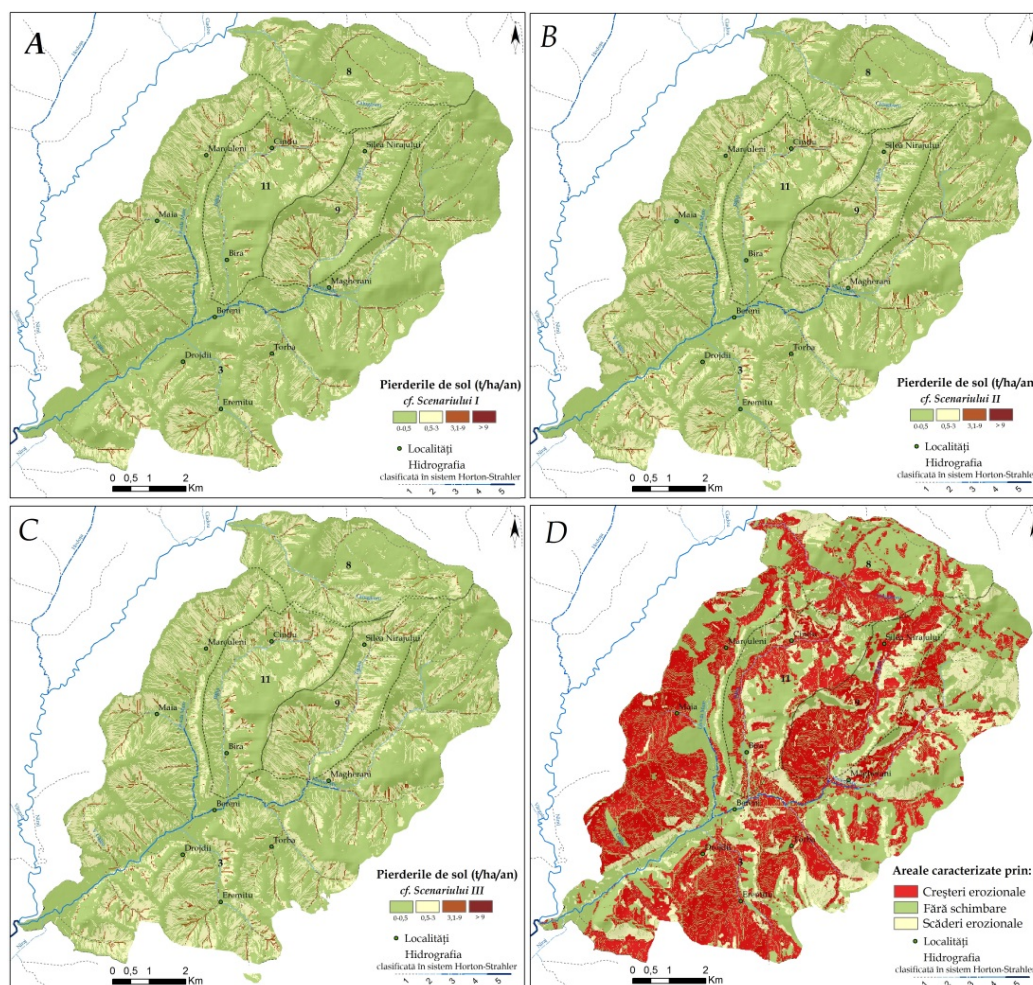


Fig. 93: Estimarea pierderilor de sol conform Scenariului 1 (A), scenariului 2 (B) și scenariului 3 (C) și evidențierea diferențelor (D) la nivelul subbazinului Nirajul Mic, Bâra, Țigani și Pârâul Litigios

Comparativ, rezultatele scenariului I unde clasele IV și V au fost propuse pentru folosința forestieră au condus la scăderea ponderii suprafețelor caracterizate prin eroziune medie la 21,8%. Rezultatele aplicării scenariului III oferă cele mai bune rezultate la nivelul întregului bazin hidrografic în condițiile utilizării primelor clase de pretabilitate pentru arabil, și a clasei II de pretabilitate la livezi.

9. ANALIZA MULTI-HAZARD ȘI MULTI-RISC LA NIVEL COMUNAL

Caracterul aplicativ al studiului de față necesită o estimare a riscurilor naturale geomorfologice cumulate, identificate la nivelul teritoriului analizat, estimare care a permis obținerea unei imagini de ansamblu asupra potențialului geomorfologic, respectiv al fenomenelor geografice generatoare de risc. Acest tip de abordare va facilita identificarea unor soluții veridice problemelor astfel identificate.

În cazul de față, în vederea obținerii unei hărți de multi-hazard s-au utilizat rezultatele anterior obținute în ceea ce privește: probabilitatea de apariție a alunecărilor de teren, potențialul de erozivitate fluvială, harta expunerii la eroziune areolară, precum și harta potențialului de inundabilitate.

S-a ales în vederea determinării claselor de multi-risc, o abordare matricială care surprinde

corespondența dintre clasele de multi-hazard și consecințe (Tabelul 19).

Tabelul 19: Obținerea claselor de risc pe baza corespondenței dintre clasa de hazard și consecințe

HAZARD	CONSECINȚE					
		Foarte mari	Mari	Medii	Mici	Nesemnificative
	Mare	R ₁	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
	Mediu	R ₁	R ₂	R ₃	R ₃	R ₅
	Mic	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₅

Unde R₁ – Risc Foarte Mare, R₂ – Risc Mare, R₃ – Risc Mediu, R₄ – Risc mic, R₅ – Risc Nesemnificativ

În vederea creșterii valorilor rezultatelor, s-a ales o încadrare a consecințelor pe clase calitative (după cum sugerează și AGR, 2000), însă alegerea limitelor acestora se bazează pe o clasificare a valorilor monetare a acestora.

Provocarea acestei abordări a constat în obținerea bazei de date a construcțiilor pentru cele 63 de localități (a celor 16 unități administrative teritoriale din cadrul bazinului hidrografic), baza de date conținând, în urma digitizării construcțiilor pe imagini satelitare recente, un număr de 12.531 de construcții.

Desigur, ne-am canaliza atenția asupra acelor U.A.T.-uri care se regăsesc în proporții de 100% în cadrul teritoriului încadrat de cumpăna de ape a bazinului hidrografic al Nirajului.

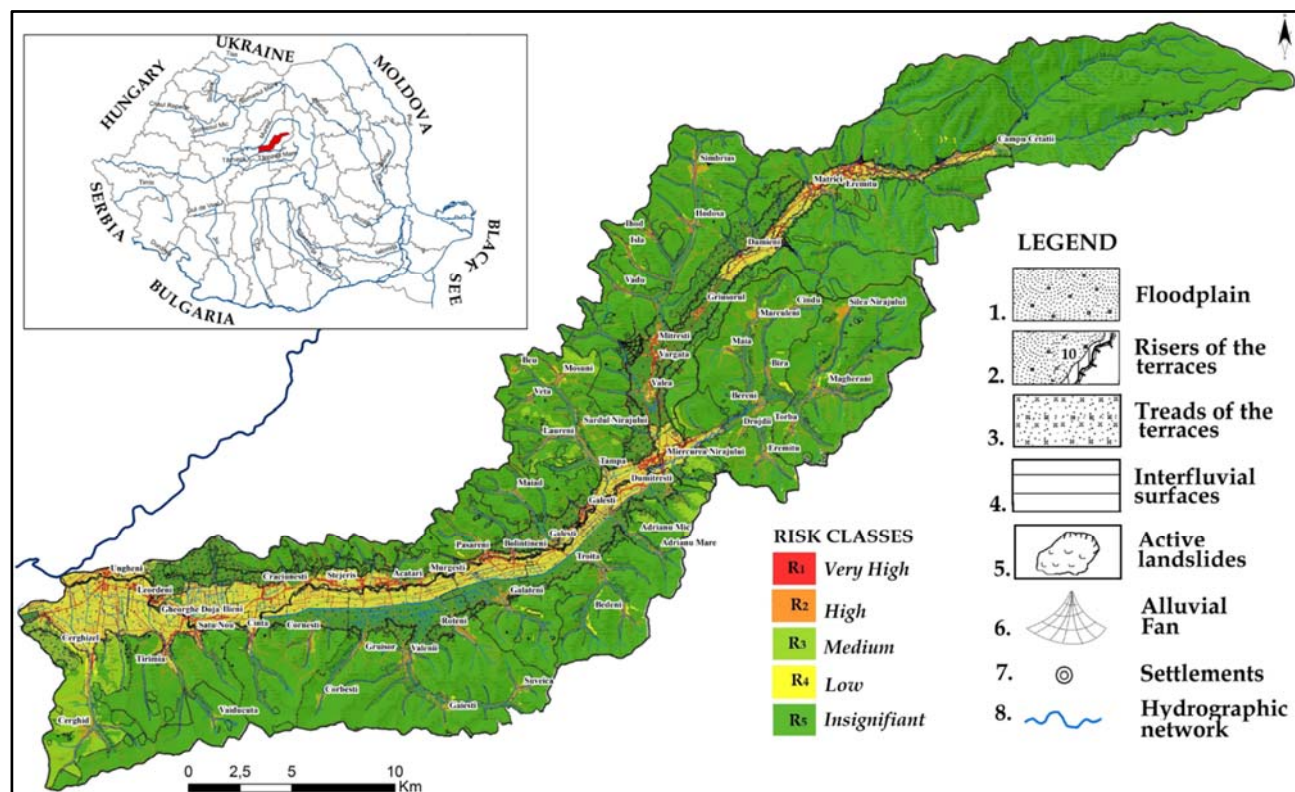


Fig. 94: Harta de multi-risc la nivel bazinal

Analizând distribuția suprafețelor unităților administrativ teritoriale pe clase de risc, exceptând clasa

R5, ce corespunde riscului nesemnificativ, se remarcă unitățile administrative teritoriale Gheorghe Doja, Ungheni și Eremitu pentru clasa de risc foarte mare, U.A.T. –urile Bereni, Crăciunești, Păsăreni, Gălești, Miercurea Nirajului, Măgherani, pentru clasa de risc mare și U.A.T. –urile Ungheni, Gheorghe Doja, Crăciunești și Păsăreni, pentru clasa de risc mediu.

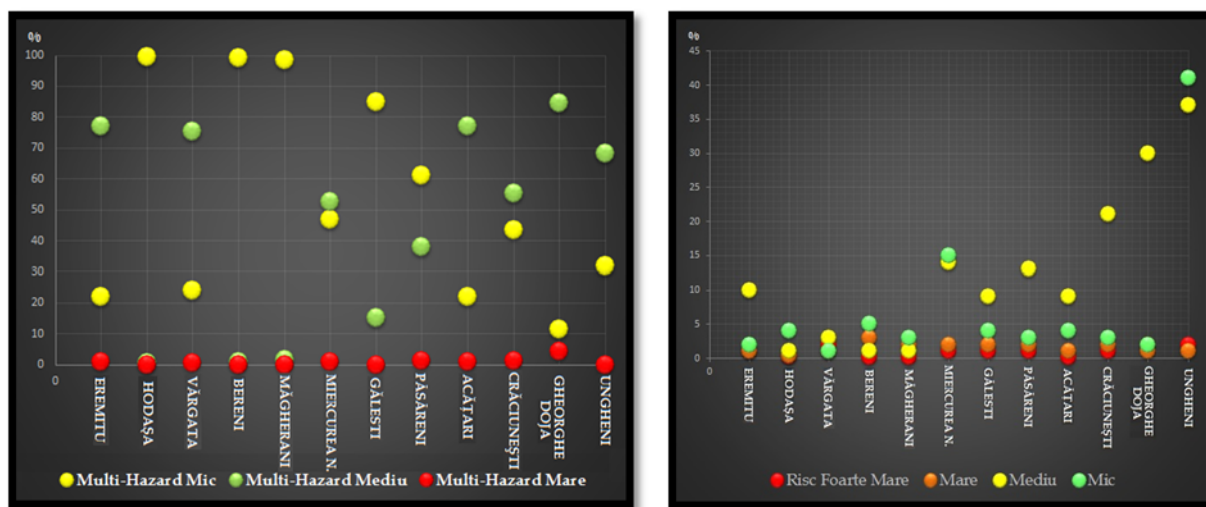


Fig. 95: Încadrarea procentuală a U.A.T. din bazinul Nirajului pe clase de multi-hazard (stânga) și clase de multi-risc (dreapta)

În urma aplicării modelului de multi-hazard și multi-risc prin metoda medierii s-a dorit o încadrare a teritoriului analizat pe clase specifice de multi-hazard, într-o primă fază. Pentru obținerea claselor de risc, într-o manieră cantitativă, s-a utilizat metoda matricială care pune în evidență relațiile dintre clasele de hazard cumulat și efectele negative așteptate (prin clasificarea valorilor efective ale terenului pe clase de folosință și prețuri ale spațiului construit aferent fiecărei localități, a fiecărei comune din bazin).

Studiile de specialitate pun în evidență avantajele abordării de tip multi-hazard în detrimentul abordărilor singulare, individuale, rezultatele astfel obținute putând fi utilizate în vederea planificării unor măsuri de combatere și de diminuare a efectelor negative în teritoriu (Bell și Glade, 2012). Obiectivul primordial rămâne însă aplicarea unor scenarii multiple, unde analiza depășirii unui prag, al factorului declanșator, al unui proces cu rol de hazard, să se realizeze în relație cu toate modificările apărute la nivel local. Astfel rezultatele vor putea fi utilizate sub forma predicțiilor cumulate. Pentru bazinul hidrografic al Nirajului, acest tip de abordare și rezultatele aplicării modelului de tip multi-hazard și multi-risc oferă informații utilizabile în studiile de documentare din cadrul etapei de analiză a teritoriului, în vederea realizării P.U.G.-urilor.

Hărțile astfel obținute reprezintă instrumente de lucru pe baza cărora autoritățile locale pot restricționa amplasarea construcțiilor în areale caracterizate printr-o probabilitate ridicată de apariție a proceselor generatoare de risc, măsură care ar diminua astfel efectele potențiale ale manifestării acestora. În realizarea bazei de date cartografice s-a urmărit păstrarea acestora într-o formă ușor lizibilă, nepretențioasă, respectând în același timp legislația în vigoare, din dorința de a deveni utilizabile în viitoare

studii locale. Astfel, planningul urban și strategiile de risc pot obține informații prețioase din analizele de multi-hazard aplicate, rezultatele obținute putând fi integrate într-un model complex aplicativ, de amenajare a bazinului Nirajului în raport cu factorii de risc care pot servi.

Evaluarea hazardului la alunecări de teren, inundabilitate și migrări ale albiilor de râu prin abordarea spațio-temporală a manifestării acestora, pe baza scenariilor asistate de cartografierea geomorfologică și alegerea celor mai adecvate tehnici de transpunere cartografică a proceselor analizate oferă soluțiile optime de amenajare a zonelor afectate de procesele geomorfologice analizate. Acest lucru este posibil pe baza potențialului reliefului și a favorabilității imprimate de caracteristicile fizico-geografice ale teritoriului analizat, datorită utilizării modelelor care apelează la sintetizarea complexității geomorfologice.

BIBLIOGRAFIA

1. Ackers, P., Charlton, F.G., 1971, *The slope and resistance of small meandering channels*. Proceedings of the Institute of Civil Engineers Supplementary Paper 73625-5, 349–370.
2. Ahilan, S., O'Sullivan, J., Bruen, M., Brauders, N., Healy, D., 2013, *Bankfull discharge and recurrence intervals in Irish rivers*. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Water Management*, pp. 381-393.
3. Aleotti, P., Chowdhury, R., 1999, *Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives*, în *Bull. Eng. Geol. Env.*, 58: 21-44
4. Aleotti, P., 2004, *A warning system for rainfall-induced shallow failures*, *Eng. Geol.*, 73: 247–265.
5. Amaftiesei R., 1998, *Instructiuni de utilizare a modelului hidraulic unidimensional UNDA (in Romanian; Instructions for using a one-dimensional hydraulic model UNDA)*. National Institute of Hydrology and Water Management, Bucharest, Romania.
6. Apel, H., Thielen, A.H., Merz, B., Blöschl, G., 2004, *Flood risk assessment and associated uncertainty*, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, European Geosciences Union, Vol.4, pp 295-308.
7. Arghiuș, C., Arghiuș, V., Ozunu, A., Munteanu, O., Mihăiescu, R., 2013, *Landslide susceptibility assessment in the Codrului Hills (North-Western part of Romania)*, *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 8(3): 137-144.
8. Arghiuș, V., Arghiuș, Corina, Sorocovschi, V., 2006, *Effects and Damages Generated by The Flood in East of The Apuseni Mountains*, *Tatranske Matliare*, Slovakia.
9. Arghiuș, V., 2008, *Studiul viiturilor de pe cursurile de apă din estul Munților Apuseni și riscurile asociate*, Ed. Casa Cărții de Știință, Cluj Napoca.
10. Armaș I., 1999, *Bazinul hidrografic Doftana: studiu de geomorfologie*, Editura Enciclopedică, București.
11. Armaș, I., 2011, *An analytic multicriteria hierarchical approach to assess landslide vulnerability. Case study: Cornu Village/Romania*, *Zeitschrift fur Geomorphologie* 55(2):209-229.
12. Armaș I., 2006, *Risc și vulnerabilitate, Modele de evaluare aplicate în geomorfologie*, Editura Universității din București.
13. Armaș, Iuliana, Damian, R., Șandric, I., Osaci-Costache, Gabriela, 2003, *Vulnerabilitatea versanților la alunecări de teren în sectorul subcarpat al văii Prahova*, Ed. Fundației România de Măine, București.
14. Ayalew, L., Yamagishi, H., Ugawa, N., 2004, *Landslide susceptibility mapping using GIS-based weighted linear combination, the case in Tsugawa area of Agano River, Nigata Prefecture, Japan*, *Landslide* 1.
15. Aparaschivei, O., 2012, *Determinarea cantitativă a indicilor ecologici folosiți în bonitarea stațiunilor forestiere montane și premontane de fâgete (FMI+FD4) din Munții Baraolt și Bodoc*, teză de doctorat, Universitatea Transilvania din Brașov.
16. Badea, L., 1972, [Lucrările Simpozionului de geografie fizică a Carpaților, București, septembrie 1970 - Travaux du Symposium de geographie physique des Carpates](#), București.
17. Bagnold, R. A., 1966, *An approach to the sediment transport problem from General Physics, Physiographic and Hydraulic Studies of River*, United States Government Printing Office, Washington.
18. Barat C., 1963, *La géomorphologie appliquée en Roumanie. Constatations et suggestions*, *Revue de Geomorphologie Dynamique*, nr. 10-12, XIV.

19. **Barredo, J. I., de Roo A., Lavallo C.**, 2007, *Flood Risk Mapping at European Scale*, Water Science and Technology, Vol. 56, Nr. 4, pp. 1117.
20. **Băldoi, V., Ionescu, V.**, 1986, *Apărarea terenurilor agricole împotriva eroziunii, alunecărilor și inundațiilor*, Editura Ceres, București.
21. **Bălțeanu, D.**, 1983, *Experimentul de teren în geomorfologie. Aplicații la Subcarpații Buzăului*, Edit. Academiei Române, 156 pp
22. **Bălțeanu D, Dinu M, Cioacă A**, 1989, *Hărțile de risc geomorfologic (Exemplificări din Subcarpații și Podișul Getic)*, SCGGG–Geogr., XXXVI.
23. **Bălțeanu D.**, 1997, *Geomorphological hazards of Romania*, în: Embleton C, Embleton-Hamann Ch (coord) *Geomorphological hazards of Europe*. Elsevier, Amsterdam, pp 409–427.
24. **Bălțeanu D, Micu M.**, 2009, *Landslide investigation: from morphodynamic mapping to hazard assessment. A case study in the Romanian Subcarpathians, Muscel catchment*. In: Malet J-Ph, Remaitre A, Bogaard T (coord.) *Landslide Processes. From geomorphologic mapping to dynamic modelling*. CERIG Editions, Strasbourg, pp 235–241.
25. **Bălțeanu D, Chendeș V, Sima M, Enciu P.**, 2010, *A country-wide spatial assessment of landslide susceptibility in Romania*, *Geomorphology*, 124: 102-112.
26. **Bătinaș, R., Bilașco, Șt.**, 2009, *The use of G.I.S. techniques in estimating the Floodable stripes in relation with discharges value with low probabilities of occurrence. Case study: River Arieș – Turda City*, în *Studia Universitatis Babeș-Bolyai, Geographia*, LIV, 2
27. **Berbecel O., Eftimescu M., Mihoc C., Socor E., Cusursuz B.**, 1984, *Cercetări privind resursele agroclimatice ale R. S. România*. *Bul. Inf. ASAS*, vol. 13, pag. 33 – 43.
28. **Beasley, D.B., Huggins, L.F., Monke, E.J.**, 1980, *A model for watershed planning*. *Trans. ASAE* 23(4): 938-944
29. **Beven K., Kirkby M.J.**, 1979, *A physically based, variable contributing area model of basin hydrology*, *Hydro. Sci. Bull.* 24 43-69.
30. **Bilașco, Șt.**, 2008, *Implementarea G.I.S. în modelarea viiturilor de versant*, Ed. Casa Cărții de Știință, Cluj Napoca.
31. **Bilașco, Șt.**, 2009, *Determinarea debitelor maxime probabile calculate prin intermediul analizei de frecvență*, în *Geografia Napocensis*, anul III, nr. 1.
32. **Bilașco, Șt., Horvath, C., Cocean, P., Sorocovschi, V., Oncu, M.**, 2009, *Implementation Of The Usle Model Using Gis Techniques. Case Study the Someșean Plateau*, *Carpathian Journal Of Earth And Environmental Sciences*, 4: 123-132.
33. **Bilașco, Șt.**, 2010, *G.I.S. Model for Achieving the Spatial Correlation between average multi-annual Precipitations and Altitude*, *Studia Universitatis Babeș-Bolyai, Geographia*, Liv, 2, 71- 78.
34. **Bilașco, Șt., Horvath, Cs., Roșian, Gh., Filip S., Keller, I., E.**, 2011, *Statistical model using GIS for the assessment of landslide susceptibility. Case - study: the Someș plateau*, în *Romanian Journal of Geography*, Editura Academiei Române, București.
35. **Binaghi, E., Luzi, L., Madella, P., Pergalani, F., Rampini, A.**, 1998, *Slope instability zonation: a comparison between certainty factor and fuzzy Dempster–Shafer approaches*, *Natural Hazards*, 17, 77–97.
36. **Blaga, L., Josan, N., Ilieș, Dorina Camelia**, 2014, *Relieful și Amenajarea Teritoriului*, Editura Universității din Oradea, Oradea, 289.
37. **Blaga, Gh., Bunesu, V.**, 1994, *Bonitarea terenurilor agricole. Lucrări practice*, Editura Tipo Agronomia, Cluj Napoca.
38. **Bobée, B., Haché, M., Fortin, V., Perreault, L., Perron, H.**, 1993-1999, *Logiciel HZFRAN, Chaire en hydrologie statistique Hyfro-Québec/CRSNG, INRS-Eau*.
39. **Bojoi, I., Apetrei, M., Vârlan, M.**, 1998, *Geomorfologia luncilor – Model de analiză în Bazinul superior al Jijiei*, Editura Academiei Romane, București.
40. **Bonham-Carter, G.F.**, 1994, *Geographic Information Systems for Geoscientists, Modeling with GIS*, Elsevier Butterworth-Heinemann, 398p.
41. **Bowling H.**, 1956, *Vocabulaire franco-anglo-allemand de Géomorphologie*, Paris VI.
42. **Brice, J.C.**, 1964, *Channel patterns and terraces of the Loup River in Nebraska*, *United States Geological Society*, 422 D, 41p.
43. **Brice, J.C.**, 1974, *Evolution of Meander Loops*, *Geological Society of America Bulletin*, 85:581-586.
44. **Brice, J., C.**, 1977, *Lateral Migration of the Middle Sacramento River, California*, U.S. Geological Survey, Wather Resources Investigation

45. **Briza, Y., Delionardo, F & Spisni, A.**, 2001, *Land evaluation in the province of Ben Sliman, Morocco*, 21st Course Professional Master. Remote Sensing and Natural Resources Evaluation., 10 Nov 2000 – 22 June 2001, IAO Florence, Italy, 21: 62-78.
46. **Browning, G. M., C. L. Parish, J. Glass**, 1947, *A method for determining the use and limitations of rotation and conservation practices in the control of soil erosion in Iowa*. J. Am. Soc. Agron. 39(1). p. 65-73.
47. **Behzad, M., Algaji, M., Papan, P., Boroomand Nasab, S., Naseri, A.A & Bavi, A.**, 2009, *Qualitative Evaluation of Land Suitability for Principal Crops in the Gargar Region, Khuzestan Province, Southwest Iran*. Asian Journal of Plant Sciences, 8 (1): 28-34.
48. **Briza, Y., Delionardo, F & Spisni, A.** 2001. *Land evaluation in the province of Ben Sliman, Morocco*, 21st Course Professional Master. Remote Sensing and Natural Resources Evaluation., 10 Nov 2000 – 22 June 2001, IAO Florence, Italy, 21: 62-78.
49. **Brunetti, M.T., Peruccacci, S., Rossi, M., Luciani, S., Valigi, D., Guzzetti, F.**, 2010, *Rainfall thresholds for the possible occurrence of landslides in Italy*, Natural Hazards and Earth System Sciences, 10: 447-458.
50. **Brunsdon, D.**, 1993, *The nature of applied Geomorphology (First European Intensiv Cours on Applied Geomorphology)*, Univ. Studi di Modena – Erasmus.
51. **Brunsdon, D., Doornkamp, J.S., Jones, D.K.C.**, 1978, *Applied geomorphology: A British view*, in: *Geomorphology, Present Problem and Future Prospects*, Oxford Univ. Press.
52. **Brush Jr LM.**, 1961, *Drainage Basins, Channels, and Flow Characteristics of Selected Streams in Central Pennsylvania*. US Geological Survey, Washington, DC, USA, Professional Paper 282 (F), pp. 145–181.
53. **Bull, W. B.**, 1979, *Threshold of critical power in streams*, Geological Society of America Bulletin.
54. **Bunescu V., Blaga, Gh., Rusu, M.**, 1994, *Cartarea solurilor și bonitarea solurilor agricole*, Ed. Tipo Agronomia, Cluj Napoca
55. **Burton A, Bathurst J C.**, 1998, *Physically based modelling of shallow landslide sediment yield at a catchment scale*. Environmental Geology, 35: 89–99
56. **Cardona, O.D.**, 2003, *The Notion of disaster Risk. Conceptual Framework for Integrated Risk Management*, Universidad Nacional de Colombia Manizales (disponibil online la <http://www.eird.org/cd/on-better-terms/docs/Cardona-Notions-of-Disaster-Risk-Conceptual-Framework-for-Integrated-Management.pdf>).
57. **Carrara, A.**, 1988, *Multivariate Models for Landslide Hazard Evaluation. A "Black Box" Approach*, Workshop on Natural Disaster in European Mediterranean Countries Perugia, Italy, 205-224.
58. **Carrara, A.**, 1983, *Multivariate models for landslide hazard evaluation*, Mathematical Geol., 15: 403-476
59. **Carrara, A. et al.**, 1999, *Use of GIS Technology in the Prediction and Monitoring of Landslide Hazard*, in Natural Hazard, 20:117-135.
60. **Carrara, A., Cardinali, M., Guzzetti, F.**, 1992, *Uncertainty in assessing landslide hazard and risk*, ITC-Journal, no. 2, 172-183.
61. **Carrara, A., Cardinali, M., Guzzetti, F., Reichenbach, P.**, 1995, *GIS technology in mapping landslide hazard*, Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards, Edited by Carrara, A., Guzzetti, F., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Olanda, p.135–175.
62. **Castro JM, Jackson PL.**, 2001, *Bankfull discharge recurrence intervals and regional hydraulic geometry relationships patterns in the Pacific Northwest, USA*. Journal of the American Water Resources Association 37(5): 1249–1262.
63. **Cârstea St.**, 1964. *Utilization of soil survey în land capability classification for various agricultural uses*, 8-th Intern. Congress of Soil Science, Bucharest, Romania.
64. **Cernescu N., Florea N. si colab.**, 1964 – 1994, *Harta solurilor Romaniei scara 1:200.000*. Institutul Geologic - Institutul de Cercetari pentru Pedologie si agrochimie, Bucuresti, 50 foi.
65. **Chang, HH.**, 1979, *Minimum stream power and river channel patterns*. Journal of Hydrology, 41:303-327
66. **Chendeș, V.**, 2007, *Scurgerea lichidă și solidă în Subcarpații de Curbură*, Intitutul de Geografie al Academiei Române, București, Teză de doctorat
67. **Chendeș, V.**, 2011, *Resursele de apă din Subcarpații de la Curbură. Evaluări Geospațiale*, Ed. Academiei Române, București.
68. **Chițu, Zenaida**, 2010, *Predicția spațio-teporală a hazardului la alunecări utilizând tehnici S.I.G. Studiu de caz arealul subcarpatic dintre Valea Prahovei și Valea Ialomiței*, teză de doctorat, București
69. **Cascini, L., Bonnard, Ch., Corominas, J., Jibson, R., Montero-Olarte, J.**, 2005, *Landslide hazard and risk zoning for urban planning and development*. In Landslide Risk Management O. Hungr, R. Fell, R. Couture and E. Eberthardt (editors). Taylor and Francis, London. 199-235.
70. **Chorley, R.J.**, 1957, *Climate and morphometry*, J. Geol., 65: 628–638
71. **Chorley RJ**, 1969, *Introduction to physical hydrology*. Methuen and Co. Ltd., Suffolk, p 211

72. **Chorley R.J. Kenedy, B.A.**, 1971, *Physical geography: a systems approach*, Prentice-Hall International, Londra, 370 p.
73. **Chorley RJ**, 1969, *Introduction to physical hydrology*. Methuen and Co. Ltd., Suffolk, p 211
74. **Chung, C. F., Fabbri, A. G., van Westen, C. J.**, 1995, *Multivariate Regression Analysis for Landslide Hazard Zonation*, in: *Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards*, editori Carrara, A., Guzzetti, F., Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, 107–134.
75. **Chung, C. F. and Fabbri, A.G.**, 1999, *Probabilistic prediction models for landslide hazard mapping*. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 65 (12), 1389–1399.
76. **Chung, C.-J.F., Fabbri, A.G.**, 2008, *Predicting landslides for risk analysis – Spatial models tested by a cross-validation technique*, *Geomorphology*, 94, p. 438-452.
77. **Chung, C. F. and Fabbri, A.**, 2012, *Systematic Procedures of Landslide Hazard Mapping for Risk Assessment Using Spatial Prediction Models*, edited by Glade, T., Anderson, M. , and Crozier, M. J., *Landslide Hazard and Risk*, JohnWiley& Sons Ltd., London DOI: 10.1002/9780470012659.ch4
78. **Ciocârdel, R.**, 1952, *Contribuții la cunoașterea geologiei reg. Bistrița - Reghin*. D. de S. ale Șed. Inst. Geol., XXXVI, 146 - 151, București.
79. **Cliveț, Loredana**, 2012, *Bazinul Șieului. Studiu de Geomorfologie Aplicată*, teza de doctorat, Cluj Napoca.
80. **Coates, D., R., Vitek, J., D.**, 1980, *Thresholds in Geomorphology*, George Allen&UNWIN, Londra
81. **Cocean. P.**, 2002, *Geografie Regională*, Editura Presa Universitară Clujeană, Cluj Napoca.
82. **Coe, J.A., Michael, J.A., Crovelli, R.A. Savage, W.Z.**, 2004a, *Probabilistic Assessment of Precipitation Triggered Landslides Using historical records of landslide occurrence*, *Seattle, Washington, Laprade W., T. Nashem W., D.* (edt.), *Environmental & Engineering Geoscience* X(2):103–122
83. **Coe, J.A., Godt, J.W., Baum, R.L., Bucknam, R.C., Michael, J.A.**, 2004b, *Landslide Susceptibility from topography in Guatemala*. In: Lacerda WA, Erlich, M., Fontoura, S.A.B., and Sayao, A.S.F., eds., *Landslides, evaluation & stabilization. Proceedings of the 9th international Symposium on Landslides*, Rio de Janeiro 1:69–79.
84. **Copeland, RR, Biedenharn, DS. & Fischenich, JC**, 2000, *Channel Forming Discharge. US Army Corps of Engineers*, EDRC/CHL CHETN-VIII-5, 1–10.
85. **Corominas, J.**, 2008, *Framework for Landslide Quantitative Risk Assessment*, Intensive Course on QRA, Civil Engineering School of Barcelona, Technical University of Catalonia.
86. **Costanzo D., Bhacon, J., Conoscenti, Ch., Irigaray, C., Rotigliano, E.**, 2012, *Forward logistic regression for earth-flow landslide susceptibility assessment in the Platani river basin (southern Sicily, Italy)*, *Landslides*, 11:639-653.
87. **Coteț, P.**, 1978, *O nouă categorie de hărți – hărțile de risc – și importanța lor geografică*, *Terra*, X:43-55.
88. **Croitoru, Adina-Eliza**, 2006, *Excesul de precipitații din Depresiunea Transilvaniei*, Editura Casa Cărții de Știință, Cluj Napoca.
89. **Crosado, Alessandra**, 2008, *Analysis and modeling of river meandering*, IOS Press, Amsterdam.
90. **Crozier MJ.**, 1997, *The climate–landslide couple: a Southern Hemisphere perspective*. In: Matthews, J.A., Brunsten, D., Frenzel, B., Gläser, B. & Weiß, M.M. (eds.), *Rapid Mass Movement as a Source of Climatic Evidence for the Holocene*. Gustav Fisher, Stuttgart, *Palaeoclimate Research*, 19: 333–354.
91. **Crozier, M.J., Glade, T.**, 2005, *Landslide Hazard and Risk: Issues, Concepts and Approach*, *Landslide Hazard and Risk*, Edited by Th. Glade, M. Anderson, M J. Crozier, John Wiley & Sons, Ltd, p.1-38.
92. **Cruden DM, Varnes DJ.**, 1996, *Landslide types and processes*, în: Turner KA, Schuster RL (coord.) *Landslides: Investigation and Mitigation*, Transportation Research Board, National Research Council, Washington DC, Special Report 247, p. 36-75
93. **Cuesta, M., Jiménez-Sánchez, M., Colubi, A., y González-Rodríguez, G.**, 2010, *Modelling shallow landslide susceptibility: a new approach in logistic regression by using favourability assessment*, in *Earth and Science*, 99: 661-674.
94. **Cernescu N., Florea N. și colab.**, 1964 – 1994, *Harta solurilor României scara 1:200.000*. Institutul Geologic - Institutul de Cercetări pentru Pedologie și agrochimie, București.
95. **Cutter, S. L., Boruff, B. Shirley, W. L.**, 2001, *Indicators of Social Vulnerability to Hazards*. Columbia, S.C.: University of South Carolina, Hazards Research Lab.
96. **Dai FC, Lee C F, Li J, Xu ZW.**, 2001, *Assessment of landslide susceptibility on the natural terrain of Lantau Island, Hong Kong*. *Environmental Geology*, 40 (3): 381–391.
97. **Dai, F.C., Lee, C.F.**, 2002, *Landslide characteristics and slope instability modeling using GIS, Lantau island, Hong Kong*, *Geomorphology*, 42(3-4), p. 213-228.
98. **Dai, F., C., Lee, C.F., Ngai, Y.Y.**, 2002, *Landslide risk assessment and management: an overview*. *Engineering Geology*, 64, 65-87.

99. Dai FC, Lee CF., 2003, *A spatio-temporal probabilistic modelling of storm induced shallow landsliding using aerial photographs and logistic regression*. Earth Surf Process Landforms 28(5):527–545 DOI: 10.1002/esp.456.
100. Davis, W. M., 1899, *The peneplain*, American Geologist, 23: 207-239.
101. DeGraff J.V., Romesburg, H.C., 1980, *Regional Landslide Susceptibility Assessment for Wildland Management: A Matrix Approach*. Chapter 19 In: Thresholds in Geomorphology, Coats, C.R. and Vitek, J. (eds), pp. 401-414. London: Allen and Unwin.
102. Demoulin, A.; Bovy, B.; Rixhon, G.; Cornet, Y., 2007, *An automated method to extract fluvial terraces from digital elevation models: The Vesdre valley, a case study in eastern Belgium*, Geomorphology, v. 91, p. 51-64.
103. Desmet, P. J. J., Govers, G., 1996, *A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units*, Journal of Soil and Water Cons, Vol. 51, pp. 427-433.
104. Dhakal, A.S., Amada, T., Aniya, M., 2000, *Landslide hazard mapping and its evaluation using GIS: An investigation of sampling schemes for a grid-cell based quantitative method*, Photogrammetric Eng. & Remote Sensing, 66(8), pp. 981–989.
105. Diaconu C., Șerban P., 1994, *Sinteze și regionalizări hidrologice*, Ed. Tehnică, București
106. Dumitru M., Ciobanu C., Motelică D.M., Mashali A.M., Elisabeta Dumitru., Cojocaru G, Roxana Enache, Eugenia Gamenț, Doina Plaxienco, Cristina Radnea, Cârstea St., Alexandrina Manea, Nicoleta Vrînceanu, Calciu I., 2000, *Monitoringul stării de calitate a solurilor din România (Atlas bilingv român-englez)*, Editura GNP, București, 102 p.
107. Diaconu, C., 1971, *Probleme ale scurgerii aluviunilor pe râurile din România. Studii de hidrologie*, XXX IMH, București.
108. Dikau, R., Schrott, L., 1999, *The temporal stability and activity of landslides in Europe with respect to climatic change (TESLEC): main objectives and results*. Geomorphology, 30: 1–12.
109. Dominguez-Cuesta MJ, Jimenez-Sanchez M, Colubi A, Gonzalez-Rodriguez G., 2010, *Modelling shallow landslide susceptibility: a new approach in logistic regression by using favourability assessment*, International Journal of Earth Sciences-INT J EARTH SCI, 99(3): 661-674.
110. Dragotă C, Micu, M, Micu D., 2008, *The relevance of pluvial regime for landslides genesis and evolution. Case study Muscel Basin (Buzău Supcarpathians), Romania*, in Present Environment and Sustainable Development 2:242-257.
111. Drăgan L., Stănescu, P., 1970, *Zonarea erozivității pluviale*, Analele ICIFP, Vol. III, București.
112. Drobot, R., 1997, *Bazele statistice ale hidrografiei*, Edit. Didactică și Pedagogică, București.
113. Drobot, S. D., Benight, C., Grunfest E.C., 2007, *Risk factors for driving into flooded roads*. Environmental Hazards, 7, 227–234.
114. Dury GH., 1961, *Bankfull discharge: an example of its statistical relationship*. Bulletin of the International Association of Scientific Hydrology 6(3): 48–55.
115. Dordea, D., Găbudianu-Rădulescu, D., Sprînceană, V., Dobrescu, A., 2008, *Ghid metodologic pentru realizarea hărților de hazard și risc: alunecări de teren*, Editura Vergilius, București.
116. Evans, J., 2003, *Compound topographic index*, script, <http://arcsripts.esri.com>
117. Fazakas, Cs., 2012, *Studzing the relationship between soil erosion and slumps bz mapping methods in study areas in the Nyaradmagyaros Basin*, teză de doctorat
118. Fell R, Corominas J, Bonnard C, Cascini L, Leroi E, Savage WZ., 2008, *Guidelines for Landslide Susceptibility, Hazard, and Risk Zoning for Land Use Planning*, Engineering Geology 102: 85-98
119. FEMA, 1999, *River Erosion Hazard Areas—Mapping Feasibility Study: Federal*
120. Ferguson R.I., 1981, *Channel forms and channel changes*. In: LEWIN J. ed. British Rivers. G. Allen & Unwin, London, pp. 90–125.
121. Filip, S., 2008, *Depresiunea și Munceii Băii Mari. Studiu de geomorfologie environmentală*, Edit. Presa Universitara Clujeana, Cluj-Napoca.
122. Finlay, P.J., Fell, R., 1997, *Landslides: risk perception and acceptance*. Canadian Geotechnical Journal 34(6):169–188
123. Finlayson D.P. & Montgomery D.R., 2003, *Modelling large-scale fluvial erosion in geographic information systems*. Geomorphology 53, 147-164.
124. Finlayson D.P., Montgomery D.R. & Hallet B., 2002, *Spatial coincidence of rapid inferred erosion with young metamorphic massifs in the Himalayas*. Geology 30, 219-222.
125. Florea, N., 1977, *Harta eroziunii solului din Romania*. ICPA Bucuresti.
126. Florea, N., Bălăceanu, V., Răuță, C., Canarache, A., 1986, *Metodologia elaborării studiilor pedologice, partea I și partea a II-a*, Institutul de cercetări pentru Pedologie și Agrochimie.

127. Florea N., Untaru G., Vespremeanu R., 1999, *Microzonarea pedo-geoclimatică actualizată a teritoriului României. St. Solului*, vol. 33, nr.1, pag. 86 - 104.
128. Florea, N., Munteanu, I., 2003, *Sistemul Român de taxonomie al solurilor*, Ed. ESTFALIA, București.
129. Forreman, T.T., 1995, *Land Mosaics: the Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University Press, Cambridge
130. Forte F., Pennetta L. and Strobl R. O., 2005, *Historic Records and GIS Applications for Flood Risk Analysis in the Salento Peninsula (Southern Italy)*, Natural Hazards and Earth System Science, Vol. 5, No. 6, pp. 833-844.
131. Fryirs, K.A. And Brierley, G.J., 2013, *Geomorphic Analysis of River Systems: An Approach to Reading the Landscape*. John Wiley and Sons, Chichester, UK, 345pp.
132. Flageollet, J.C., Macquaire, O., Martin, B., Weber, D., 1999, *Landslide and climatic conditions in the Barcelonnette and Vars basins Southern French alps, France*. *Geomorphology*, 30:65-7.
133. Garrelts, H. & Lange, H., 2011, *Path dependencies and path change in complex fields of action: Climate adaptation policies in Germany in the realm of flood risk management*. *AMBIO*, 40: 200–209.
134. Gârbacea, V., 1956, *Piemontul Călimanilor*, Studii și cercetări de geologie-geografie, VII, 1956, 1-4, p. 57-69
135. Gârbacea, V., 1957, *Dealurile Bistriței*, teză de doctorat, Cluj-Napoca
136. Gârbacea, V., 1960, *Observații morfologice în partea de nord-est a Podișului Transilvaniei*, [Editura Academiei Republicii Populare Române](#), București.
137. Gârbacea, V. Belozarov, V., 1963, *Depresiunea Deda-Porcești*, Probleme de Geografie, vol. IX, București.
138. Gârbacea, V., 2013, *Relieful de Glimee*, Presa Universitară Clujeană, Cluj Napoca.
139. Geanana, M., Demeter, T., Ochiu, O., 2001, *Pedogeografie. Lucrări practice*, Ed. Universității din București.
140. Glade T., 1997, *The temporal and spatial occurrence of landslide-triggering rainstorms in New Zealand*. PhD thesis, Department of Geography, Victoria University of Wellington.
141. Glade T (editor), 2005, *Landslide Hazard and Risk*, Wiley, Londra.
142. Gokceoglu C, Aksoy H., 1996, *Landslide susceptibility mapping of the slopes in the residual soils of the Mengen region (Turkey) by deterministic stability analyses and image processing techniques*. *Engineering Geology*, 44: 147–161. DOI:10.1016/S0013-7952(97)81260-4
143. Gomez, B and Church, M, 1989, *An assessment of bedload sediment transport formulae*
144. Graf, W. L., 1981, *Channel instability in a braided, sand bed river*. *Water Resources*
145. Graf, W., 1984, *A Probabilistic Approach to the Spatial Assessment of River Channel Instability*, in *Water Resources Research*, Vol. 20, no.7, pg 953-962.
146. Grecu Florina, 1992, *Bazinul Hârtibaciului – Elemente de morfohidrografie*, Edit Academiei, București.
147. Grecu F, 2003, *Geomorfologie dinamică*, Edit Tehnică, București, 392p.
148. Grecu F, Zăvoianu I., 1997, *Bazinul morfohidrografic*, în *Revista de Geomorfologie*, I, București.
149. Grecu, Florina, 1997, *Fenomene naturale de risc. Geologie si geomorfologie*, Ed.Univ. din Bucuresti
150. Griffiths JS, 2001, *Land Surface Evaluation for Engineering Practice*, Geological Society Engineering Geology Special Publication, nr. 18
151. Grigore, M., 1973, *Legende de hărților geomorfologice*, Anal. Univ. București, anul XXII, București.
152. Grigor, P., 2001, *Depresiunea Transilvaniei*, Editura Universității din București.
153. Grozavu, A., Mărgărint, M.C., Patriche, C.V., 2012, *Landslide susceptibility assessment in the Brăiești-Sinești sector of Iași Cuesta*, Carpath. J. Earth Env., 7, p. 39-46.
154. Gurnell, A. M., 1997, *Channel change on the River Dee meanders, 1946-1992*, from the from the analysis of air photographs, *Regulated Rivers: Research and Management*, 13:13-26.
155. Guzzetti F, Carrara A, Cardinali M, Reichenbach P., 1999, *Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multiscale study, Central Italy*. *Geomorphology* 31(1–4):181–216
156. Guzzetti, F., Reichenbach, P., Cardinali, M., Galli, M, Ardizzone, F., 2005, *Probabilistic landslide hazard assessment at the basin scale*, *Geomorphology* 72, p. 272–299.
157. Guzzetti F, Reichenbach P, Ardizzone F, Cardinali M, Galli M., 2006a, *Estimating the quality of landslide susceptibility models*. *Geomorphology*, Vol. 81, 166-184.
158. Haidu, I., Haidu, C., 1998, *S.I.G. Analiza spațială*, Edit. *H*G*A*, București
159. Haidu, I, 2002, *Analiza de frecvență și evaluarea cantitativă a riscurilor*, în *Riscuri și Catastrofe*, Vol.I, Ed. Casa Cărții de Știință.
160. Harrell, F.E. Jr., 2001, *Regression Modeling Strategies*, disponibil online <http://biostat.mc.vanderbilt.edu/wiki/pub/Main/RmS/rms.pdf>

161. **Harvey AM.**, 1969, *Channel capacity and the adjustment of streams to hydrologic regime*. Journal of Hydrology 8(1), 82–98.
162. **Harvey, M., D.**, 1989, *Meanderbelt dynamics of the Sacramento River, California*, In: Abell, Dana L., Technical Coordinator. Proceedings of the California Riparian Systems Conference: protection, management, and restoration.
163. **Henderson FM.**, 1963, *Stability of alluvial channels*. Trans Am Soc Civ Eng 128:657–686
164. **Henok, M.**, 2010, *Land Suitability and Crop Suitability Analysis Using Remote Sensing and GIS Application*; A case study in Legambo woreda, Ethiopia.
165. **Hey, R.D. & Thorne, C.R.**, 1986, *Stable channels with mobile gravel beds*. Journal of Hydraulic Engineering, 112, 671-689.
166. **Hicking, E., J., Nanson, G., C.**, 1984, *Lateral migration of river bends*, Preceedings of the American Society of Civil Engineers, Journal of Hydraulic Engineering.
167. **Hilbe, J.**, 2009, *Logistic regression models*, CRC Press INC, 637 p.
168. **Horton, R., E**, 1945, *Erosional developmets of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology*. în Geological Society of America, Bulletin 56, 273-370.
169. **Horvath, Cs**, 2008, *Studiul lacurilor de acumulare din bazinul superior al Crișului Repede*, Editura Casa Cărții de Știință, Cluj Napoca, 200p.
170. **Huabin, W., Gangjun, L., Weiya, X., Gonghui W.**, 2005, *GIS-based landslide hazard assessment: an overview*, Progress in Physical Geography 29 (4): 548–567.
171. **Ibbeken, H.**, 1983, *Jointed source rock and fluvial gravels controlled by Rosin's law: a grain size study in Calabria, South Italy*, în Journal of Sedimentary Petrology, nr. 53, 1213-1231.
172. **Ichim I, Bătuță D, Rădoane M, Duma D.**, 1989, *Morfologia și dinamica albiilor de râu*, Edit Tehincă, București, 408 p.
173. **Ionescu, Al., Săhleanu, V., Băndui C.**, 1989, *Protecția mediului înconjurător și educația ecologică*, Editura Ceres, București.
174. **Ioniță, I.**, 2000, *Geomorfologie Aplicata. Procese de degradare a terenurilor deluroase* Editura Univ. "A.I. Cuza", Iași.
175. **Irimuş I. A.**, 2006, *Hazarde și riscuri asociate proceselor geomorfologice în aria cutelor diapire din Depresiunea Transilvaniei*, Editura Casa Cărții de Știință, Cluj-Napoca
176. **Irimuş, I., A.**, 1998, *Relieful pe domuri și cute diapire din Depresiunea Transilvaniei*, Editura Presa Universitară Clujană, Cluj Napoca.
177. **Irimuş, I.A**, 2006, *Vulnerabilitate și riscuri asociate proceselor geomorfologice în planningul teritorial*, Rev.Riscuri si catastrofe, Anul V, nr.3/2006, p.21-33
178. **Jade, S., Sarka, S.**, 1993, *Statistical model for slope instability classification*, Engeneering Geology, no 36, pg. 71-98.
179. **Jain, V., Preston, N., Fryirs, K. & Brierley, G.**, 2006, *Comparative assessment of three approaches for deriving stream power plots along long profiles in the upper Hunter River catchment*, New South Wales, Australia. *Geomorphology*. 74, 297-317.
180. **Jakab E.**, 1870, *Kolozsvár története, világosító rajzai*, Buda.
181. **Jibson RW, Harp EL, Michael JA.**, 2000, *A method for producing digital probabilistic seismic landslide hazard maps*. Engineering Geology, 58: 271–289
182. **Jonkman, S. N.**, 2005, *Global perspectives on loss of human life caused by floods*. Natural Hazards, 34 (2), 151-175.
183. **Josan N., Petrea Rodica, Petrea D.**, 1996, *Geomorfologie generală*, Editura Universității din Oradea.
184. **Jurchescu, Marta**, 2013, *Bazinul morfohidrografic al Oltețului studiu de geomorfologie aplicată*, teză de doctorat, Universitatea din București.
185. **Jäger, S., Dikau, R.**, 1994, *The temporal occurrence of Landslides in South Geormany*, în Casale R, Fantechi R, Flageollet, J.C.(coord.) Temporal Occurence and Forecasting of Landslides in the European Community, European Community.
186. **Kent, K. M.**, 1973, *A Method for Estimating Volume and Rate of Runoff in Small Watersheds*, USDA SCS (United States Department of Agriculture, Soil Conservation Service),
187. **Kleinbaum D.G., Klein, M.**, 2002, *Logistic Regression A self-learning text*, Springer
188. **Knighton, A. D.**, 1982, *Asymetry of river channel cross-section: Made of development and local variation*, RSLP, 7.
189. **Knigton, A.D.**, 1982, *Longitudinal changes in the size and shape of stream bed material evidence of variable transport condition*, în Catena, nr. 9, pg. 25-34.

190. **Knighton, A. D., și Nanson, G. C.,** 1993, *Anastomosis and the continuum of channel pattern*, Earth Surf. Processes Landforms, 18, 613– 625.
191. **Knighton A.D.,** 1999, *Downstream variation in stream power*. Geomorphology 29, 293-306.
192. **Lagasse, P., F., & all,** 2004, *Handbook for Predicting Stream Meander Migration*, Washington
193. **Lane, E.W.,** 1937, Stable channels in erodible materials. Transactions of the American Societ of Civil Engineers, 229, 259-292.
194. **Langbein, W.B., Leopold, L. B.,** 1966, *Theory of Minimum Variance*, Geological Survey Professional Paper, 422H
195. **Laskar, A., A., Phukon, P.,** 2012, *Erosional vulnerability and spatio-temporal variability of the Barak River, NE India*, in Current Science, Vol. 103, No 1
196. **Lasda, O, Dikou, A. & Papapanagiotou, E.,** 2010, *Flash flooding in Attika, Greece: Climatic change or urbanization?*. AMBIO, 39: 608–611.
197. **Lateltin O.,** 1997, *Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahrenbeiraumwirksamen Tätigkeiten. Empfehlungen*, Swiss Federal Office for Water and Geology (FOWG). <http://www.bwg.admin.ch/themen/natur/e/index.htm>.
198. **Lawler D.M.,** 1995, *The impact of scale on the processes of channel-side sediment supply: a conceptual model*. In: Effects of Scale on Interpretation and Management of Sediment and Water Quality. Proceedings of a Boulder Symposium, July 1995. International Association of Hydrological Sciences Publication 226, pp. 175–184.
199. **Lecce S.A.,** 1997, *Nonlinear downstream changes in stream power on Wisconsin's Blue River*. Annals of the Association of American Geographers 87, 471–486.
200. **Lee Moun, J., Song, W.G., Won, J.S., Park, I., Lee, S.,** 2013, *Spatial and temporal change in landslide hazard by future climatic change sscenarios using probabilistic-based frequency ratio model*, Taylor and Francis, DOI:10.1080/10106049.2013.826739.
201. **Lee, S., Chwae, U., Min, K.,** 2002, *Landslide susceptibility mapping by correlation between topography and geological structure: the Janghungarea, Korea*. Geomorphology, 46: 149–162
202. **Lee, S., Pradhan, B.,** 2007, *Landslide hazard mapping at Selangor, Malaysia using frequency ratio and logistic regression models*. Landslides 4, 33–41.
203. **Leopold, L.B. & T. Maddock, Jr.,** 1953, *The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications*. U.S. Geological Survey Professional Paper No. 252.
204. **Leopold, L.B.,** 1954, *Determination of hydraulic elements of rivers by indirect methods*. – Geological Survey Professional, United States Gouvernment Printing Office.
205. **Leopold, L.B. și Wolman, M.G.,** 1957, *River Channel Patterns – Braidet, Meandering and Straight*, United States Geological Survey, Professional Paper 282 B.
206. **Leopold, L.B., Wolman, M.G., Miller, J.P.,** 1964, *Fluvial Processes in Geomorphology*, Freeman, San Francisco.
207. **Leopold, L.,** 1970, *An improved method for size distribution of stream bed gravel*, Water Resour. Res., 6, 1357–1366,
208. **Lloyd, C. H., G. W. Eley.,** 1952, *Graphical solution of probable soil loss formula for the Northeastern Region*. J. Soil and Water Conserv. 7(4). p.189-191.
209. **Loghin V.,** 2009, *Elemente de Geomorfologie fluvială*, Editura Valaha University.
210. **Long, M.H., John, J.I.,** 1993, *Risk-based Emergency Response*. Paper presented at the ER93 Conference on the Practical Approach to Hazardous Substances Accidents. St. John, New Brunswick, Canada.
211. **Mac, I.,** 1969, *Subcarpații Transilvaniei dintre Mureș și Olt*, Teza de doctorat
212. **Mac, I.,** 1972, *Subcarpații transilvaniei dintre Mureș și Olt: studiu geomorfologic*, Editura Academiei, București.
213. **Mac, I., Sorocovschi, V.,** 1978, *Relații morfodinamice în Depresiunea Transilvaniei*, Studia Univ. „Babeș-Bolyai”, Cluj-Napoca, Seria Geologie Geografie, fasc. 2
214. **Mac, I.,** 1980, *Modelarea diferențiată și continuă a versanților din depresiunea Transilvaniei*, Studia UBB, Geologie-Geographie, XXV, 2, Cluj-Napoca.
215. **Mac, I.,** 1985, *Progrese în geomorfologia aplicată din România în ultimii 20 de ani*, Terra, 2: 15-18.
216. **Mac, I.,** 1986, *Elemente de Geomorfologie dinamică*, [Editura Academiei Republicii Socialiste Romania](http://www.editura-academiei-republicii-socialiste-romania.ro), București.
217. **Mac, I., Petrea D.,** 2003, *Sisteme geografice la risc*, în Sorocovschi V., ed., Riscuri și Catastrofe, II, Editura Casa Cărții de Știință, Cluj Napoca, 13-26.
218. **Magilligan F.J.,** 1992, *Thresholds and the spatial variability of flood power during extreme floods*. Geomorphology 5, 373–390.

219. Magliulio, P., Di Lisio, A., Russo, F., Zelano, A., 2008, *Geomorphology and landslide susceptibility assessment using G.I.S. and bivariate statistics: a case study in southern Italy*, in *Natural Hazards*, 47: 411-435.
220. Măguț, Flavia, Luana, 2013, *Riscul la alunecări de teren în Depresiunea Baia Mare*, Teză de doctorat, Cluj-Napoca.
221. Magyari, SZ., 2010, *Algoritmi S.I.G. pentru calculul riscurilor natural în Bazinul Superior al mureșului*, Presa Universitară Clujeană, Cluj Napoca.
222. Malavoi, J.R., Bravard, J.P., Piégay, H., Hérrouin, E., Ramez, P., 1998, *Détermination de l'espace de liberté des cours d'eau*. Guide technique nr. 2, SDAGE RMC.
223. Malet J, Maquaire O., 2008, *Risk assessment methods of landslides. Ramsoil, risk assessment methodologies for soil threats*, Sixth Framework Programme, Project Report 2.2, Deliverable 2.3.2.4
224. Mancini F, Ceppi C, Ritrovato G., 2010, *GIS and statistical analysis for landslide susceptibility mapping in the Daunia area, Italy*, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 10, 1851–1864.
225. Manea, Ș., Surdeanu, V., 2012, *Landslide Hazard Assessment in the Upper and Middle Sectors of the Strei Valley*, *Geomorphology Journal*, University of Bucarest Press, 14: 49-55.
226. Marinescu, Fl., Popescu, A., 1968, *Notă explicativă a Hărții geologice, scara 1:200 000*, Comitetul de stat al Geologiei, București.
227. Martiniuc, C, 1946, *Date geomorfologice în legătură cu Subcarpații românești (Subcarpații Moldovei și cei din Transilvania)*, *Lucrările Institutului de Cercetări Geografice*, 1947-1950.
228. Martiniuc C, 1955, *Câteva probleme de geografie fizică în sprijinul dezvoltării agriculturii în țara noastră*, *Natura*, 4: 17-26.
229. Martiniuc C, Băcăuanu V., 1963, *Cercetări de geomorfologie aplicată în sprijinul sistematizărilor urbane și rurale din Moldova (Metodica cercetărilor)*, *Anal. Științ Univ. "Al. I. Cuza" Iași*.
230. Martiniuc C, Hârjoabă I., 1975, *Probleme actuale ale geomorfologiei aplicate*, în: *Lucrările Colocviului Național de Geomorfologie Aplicată și Cartografiere Geomorfologică Iași 26-28 octombrie 1973*, Univ. Al I Cuza Iași, Soc. de Științe Geografice dn RSR, Iași: 5-12.
231. Martonne, E., 1926, *Traité de géographie physique: Le Relief du sol*, 562 p.
232. Matias, Kondolf, Herve Piegay, 2003, *Tools in Fluvial Geomorphology*, Wuley, England
233. McCandless, T.L., Everett. R.A., 2002, *Maryland stream survey: Bankfull discharge and channel characteristics in the Piedmont hydrologic region*. U.S. Fish and Wildlife Service, Annapolis, MD. CBFO-S02-02.
234. McCandless, T.L., 2003, *Bankfull Discharge and Channel Characteristics of Streams in the Allegheny Plateau and the Valley and Ridge Hydrologic Region*, U.S. Fish and Wildlife Service, Annapolis, MD. CBFO-S03-01.
235. Micu M., 2008, *Evaluarea hazardului legat de alunecările de teren în Subcarpații dintre Buzău și Teleajen*, teză de doctorat. Institutul de Geografie, București.
236. Micu, M., Bălțeanu, D., 2009, *Landslide hazard assessment in the Curvature Carpathians and Subcarpathians, Romania*, *Zeitschrift fur Geomorphologie*, Volume 53, pg. 31-47
237. Mihăilescu, V., 1936, *România Geografie fizică*, București.
238. Mihăilescu, V., 1966, *J'etat actual de nos connaissances sur le relief des Carpathes Roumaines le quaternaire. Geomorphological Problems of Carpathiens*. *Geographia Polonica*, 10, Varșovia.
239. Mihăilescu, V., Niculescu, GH., 1967, *Les surfaces d'aplanissement dans les Carpates roumanies*, *StBalcanica*, 1, Krakov.
240. Mihăilescu, V., 1929, *Congresul Profesorilor de Geografie al ținutului Tg. Mureșului*, 22 maiu, B.S.R.R.G., XLVIII.
241. Minea, G., Toroimac, Ioana, G., Zaharia, L., Zanea, R., Borcan, M., 2011, *Spatial Variation of Stream Power in the Buzău and Ialomița River Catchment (Romania)*, în *Air and Water Components of the Environment*, University Press, 283-291.
242. Mitsova, H., J. Hofierka, M. Zlocha, L. R. Iverson, 1996, *Modeling topographic potential for erosion and deposition using GIS*. *Int. Journal of Geographical Information Science*, 10(5), 629-641.
243. Moldovan. Monica, Loredana, 2012, *Glimeele din Depresiunea Transilvaniei: studiu geomorfologic*, teză de doctorat, Cluj Napoca.
244. Montgomery, D.R. și MacDonald, L.H., 2002, *Diagnostic approach to stream channel assessment and monitoring*, in *Journal of the American Water Resources Association* Vol., 388, No,1
245. Montgomery, DR., Dietrich, WE, 1994, *A physically based model for the topographic control on shallow landsliding*, *Water Research*, 30:1153-1171.
246. Moore, I. D., Wilson, J. P., 1992, *Length-slope factors for the Revised Universal Soil Loss Equation: Simplified method of estimation*. *Journal of Soil and Water Conservation*. Vol. 47 (5), p. 423-428.
247. Morariu, T., Gârbacea, V., 1960, *Terasele râurilor din Transilvania*, *Comunicările Acad. R.P.R.*, nr. 6.

248. Morariu, T., Gârbacea, V., 1968 a, *Deplacements massifs de terrain de type glimee en Roumanie*, *Revue Roumaine de Geologie, Geographie, Geophysique, Seriede Geographie*, t. 12, nr. 1-2, Edit. Academiei, București.
249. Morgan RPC, Nearing MA., 2011, *Handbook of Erosion Modelling*, Wiley-Blackwell.
250. Morgan, R. P. C., Quinton, J. N., Smith, R. E., Govers, G., Poesen, J. W. A., Auerswald, K., Cnisci, G., Torri, D., 1998, *The EUROSEM model*, in Boardman, J. B. and Favis-Mortlock, D. (Eds.) *Global Change: modelling soil erosion by water*, NATO ASI series, Series 1: Global environmental change. Springer Verlag, London, 373–382.
251. Moțoc M., Stănescu P., Luca Al., Popescu C.N., 1973, *Instrucțiuni privind studiile și calculele necesare la proiectarea lucrărilor de combaterea eroziunii solului*, Redacția Revistelor Agricole, București.
252. Moțoc, M., Munteanu, S., Băloiu, V., Stănescu, P., Mihai, Gh., 1975, *Eroziunea solului și metode de combatere*, Editura Ceres, București, p. 301.
253. Moțoc M, Stănescu P, Taloiescu, I., 1979, *Metode de estimare a eroziunii totale și a eroziunii efuate pe bazine hidrografice mici*, Buletinul I.C.P.A., București.
254. Moțoc, M., 1983, *Ritmul mediu de degradare erozională a solului în R.S. România* în Buletinul Informativ al A.S.A.S., no. 13, ASAS, București.
255. Moțoc, M., Sevastel, M., 2002, *Evaluarea factorilor care determină riscul eroziunii hidrice în suprafață*, Editura Bren, București.
256. Marzocchi, W., Mastellone, M., L., Di Ruocco, A., Novelli, P., Romeo, E., Gasparini, P., 2009, *Principle af multi-risk assessment, research performed in the frame of Na.R.As (Natural Risks Assessment)* FP6 SSA Project No. 511264,n Napoli, Italia
257. Munteanu I., Dumitru S., Mocanu V., Moise I., 2000, *Tipurile de terenuri din România la sc. 1:2.500.000 după metodologia SOTER și utilizarea lor pentru fundamentarea strategiei de conservare și protecție a fondului funciar*. In. *Lucr. Simp. "Protecția Mediului în Agricultură"*, București, vol.1, pag. 102 - 111.
258. Musy, A, 2005, *Cours Hydrologie Générale*, <http://echo.epfl.ch/e-drologie/>
259. Nagarajan, R., Mukherjee, A., Roy, A., Khire, M.V., 1998, *Temporal remote sensing data and GIS application in landslide hazard zonation of part of Western Ghat, India*. *Remote Sensing*, **19**, pp. 573–585.
260. Nanson, G., C., Croke, J. C., 1992, *A genetic classification of floodplains*, *Geomorfology*, 4.
261. Navratil O, Albert MB, Herouin E., Gresillon JM., 2006, *Determination of bankfull discharge magnitude and frequency: comparison of methods on 16 gravel bed river reaches*. *Earth Surface Processes and Landforms* 31(11):1345–1363.
262. Necșuliu, R., 2007, *Gestiunea socială a parcurilor naturale din România: studiu de caz – Parcul național Porțile de Fier*, Ed. Universității din București.
263. Nguyen, H.T., Wiatr, Th., Fernandez-Steege, T., M., Reicherter, K., Rodrigues, D., M., M., Azzam, R., 2013, *Landslide hazard and cascading effects following the extreme rainfall event on Madeira Island (February 2010)*, în *Natural Hazads*, 635-652
264. Nixon, M.A., 1959, *A study of the bankfull discharges of rivers in England and Wales*. Institute of Civil Engineers Proceedings Paper No. 6322, 157-174.
265. Opreanu, S., 1929, *Ținutul Secuilor*, în *Lucrările Institutului de Geografie*, Vol. III, Cluj Napoca.
266. Pachuri, A.K., Pant, M., 1992, *Landslide hazard mapping based on geological attributes*, *Engl. Geol*, no. 32, 81-100.
267. Pandi, G., 1997, *Concepția energetică a formării și transportului aluviunilor în suspensie*, Presa Universitară Clujeană, Cluj Napoca
268. Pandi, G., 2010, *Undele de viitură și riscurile asociate*, în *Riscuri și catastrofe*, nr. 8, editor Sorocovschi, V., Ed. Casa Cărții de Știință, Cluj Napoca
269. Pandi, G., Horvath, Cs., 2012, *Mures river middle course riverbed dynamics between the Aries and Strei confluence*, in *Air and Water Components of the Environment*, Presa Universitară Clujeană.
270. Pandi, G., Horváth, CS., Irimuş, I.A., 2013, *Mureş River Hydromorphological Clustering*, in *in Air and Water components of the Enviroment*, Cluj Napoca, ISSN: 2067-743X.
271. Panizza M., 1990, *Geomorfologia applicata*, NIS, Roma, 342 p.
272. Panizza M, Piacente S., 2003, *Geomorfologia culturale*, Edit. Pitagora, Bologna, Italia.
273. Panizza, M., 2003, *Geomorfologia applicata : metodi di applicazione alla Pianificazione territoriale e alla Valutazione d'Impatto Ambientale*, La Nuova Italia Scientifica, Roma.
274. Magliulo, P., Antonio Di Lisio, Russo, F., 2008, *Comparison of GIS-based methodologies for the landslide susceptibility assessment*, DOI 10.1007/s10707-008-0063-Springer Science-Business Media, LLC
275. Parker, G., 1976, *On the cause and characteristic scales of meandering and braiding in rivers*, *J. Fluid Mech.*, 76, 457– 480.

276. **Păcurar, I.**, 2001, *Pedologie generală și bonitatea terenurilor agricole*, Editura Academic Press, Cluj Napoca
277. **Păcurar I., M. Buta**, 2007, *Pedologie și bonitatea terenurilor agricole*, lucrări practice, Ed. Academic Pres Cluj-Napoca
278. **Pacurar, I., Bilașco, Șt., Cristina, C.M., Dirja, M., Moldovan, I.C., Păcurar, H.M., Lucaci, A., Negrușer, C.**, 2013, *Research on Identification of Degraded Lands in Transylvanian Plateau Using GIS Spatial Analysis*, ProEnvironment/ProMediu 6 (13), 216-226.
279. **Pendea, F.**, 2005, *Paleomediile geomorfologice ale Cuaternarului superior în Depresiunea Transilvaniei (EEmian-Weichselian-Holocen)*, teză de doctorat, Cluj Napoca
280. **Petrea, D.**, 1998, *Pragurile de substanta, energie si informatie in sistemele geomorfologice*, Editura Universității din Oradea, 223 p.
281. **Petrea, D., Bilașco, Șt., Roșca, S., Vescan. I., Fodorean, I.** 2014, *The determination of the Landslide occurrence probability by spatial analysis of the Land Morphometric characteristics (case study: The Transylvanian Plateau)*, în Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences., 9: 91-110.
282. **Petrea, Rodica**, 1998, *Dimensiunea geomorfologica in dezvoltarea si estetica urbana a oraselor mici din Dealurile de Vest (sectorul dintre Barcau si Crisul Negru)*, Editura universității din Oradea, Oradea.
283. **Pickup G and Warner RF**, 1976, *Effects of hydrologic regime on magnitude and frequency of dominant discharge*. Journal of Hydrology 29(1-2): 51-75.
284. **Piégay, H., Barge, O., Bravard, J., P., Landon, N., Peiry, J.L.**, 1996, *Comment délimiter l'espace de liberté des rivières ?* în Journées de l'Hydrodynamique, L'eau, l'homme et la nature, 275-284
285. **Polemio M, Petrucci O.**, 2010, *Occurrence of landslide events and the role of climate in the twentieth century in Calabria, southern Italy*, în Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, 43:403-415 DOI:10.1144/1470-9236/09-006
286. **Popa, I.**, 2005, *Pădurea și modificările de mediu. Doborâturile produse de vânt în contextul modificărilor de mediu*, Edit. Academiei Române, București
287. **Popescu, N.**, 1990, *Țara Făgărașului. Studiu geomorfologic*, Editura Academiei Române, București
288. **Posea, Gr.**, 1969, *Asupra suprafețelor și nivelelor morfologice din sud-vestul Transilvaniei*, Lucrările Științifice ale Institutului Pedagogic din Oradea, A.
289. **Posea, G., Grigore, M., Popescu, N., Ielenicz, M.**, 1976, *Geomorfologie*, Ed. didactică si pedagogică, Bucuresti.
290. **Posea, Gr., Badea, L.**, 1984, *România. Unități de relief, Regionalizare Geomorfologică*, Ed. Științifică și Enciclopedică, București.
291. **Posea G.**, 1996, *Geografia României*, Editura Academiei Trupelor de Uscat, Sibiu
292. **Poszet, S.L.**, 2011, *Studiu de Geomorfologie aplicată în zona urbană Cluj Napoca*, teză de doctorat, Cluj Napoca.
293. **Pradhan B, Pirasteh S**, 2010, *Comparison between prediction capabilities of neural network and fuzzy logic techniques for landslidesusceptibility mapping*. Disaster Adv 3(2):26
294. **Rădoane N., Rădoane, Maria, Ichim, I., Miclăuș C.**, 1995, *Influențele mineritului asupra tranzitului de aluviuni pe râul Jiu, amonte de Sadu*. St. cercet. geol.geof., geogr., și. Geografie.
295. **Rădoane, Maria, Dumitru, D., Ichim, I.**, 2000, *Geomorfologie*, Editura Universității, Suceava..
296. **Rădoane, Maria, Rădoane, N., Ioniță Ichim**, 2002, *Analiza granulometrică și petrografică a faciesului de albie al râului Suceava*, în Lucările Seminarului Geografic Dimitrie Cantemir.
297. **Rădoane, Maria, Rădoane, N.**, 2007, *Geomorfologie aplicată*, Editura Universității, Suceava.
298. **Rădoane Maria, Rădoane N., Dumitriu D., Miclăuș Crina**, 2008, *Downstream variation in bed sediment size along the East Carpathians Rivers: evidence of the role of sediment sources*, Earth Surface Landforms and Processes, 32, Marea Britanie
299. **Rădoane, M., Obreja, F., Cristea, I., Mihăilă, D.**, 2013, *Changes in the channel-bed level of the eastern Carpathian rivers: Climatic vs. human control over the last 50 years*, in Geomorphology, 193, 91-101.
300. **Rautela, P. and Lakhera, R.C.**, 2000, *Lanslide risk analysis between Giri and Ton Rivers in Himalaya (India)*, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 2:153-160.
301. **Renard KG, Foster GR, Weesies GA, McCool DK, Yoder DC**, 1997, *Predicting Soil LOss by Water: a Giude to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*, Handbook, vol 703, US Department of Agriculture, Washington DC.
302. **Roo, A.D., Barredo, J., Lavallo, C., Bodis, K. & Bonk, R.**, 2007. *Potential flood hazard and risk mapping at Pan-European scale*. In: *Peckham R. J., Jordan G. (Eds.), Digital terrain modelling Development and applications in a policy support environment*, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, 183-202.

303. **Roșca, Sanda**, 2011, *The flash floods analysis, representative for Niraj river between 1970-2008*, in Air and Water components of the Environment, Cluj Napoca, 560-567.
304. **Roșca Sanda, Rus, I., Dănuț, P.**, 2012, *Using GIS tools in Niraj river fluvial morfodynamics*, în Revista de Geomorfologie, nr. 14, București.
305. **Roșca, Sanda, Petrea D., Iacob I.**, 2012, *Vulnerability to channel migration on the Niraj river*, în GeographiaNapocensis, nr. 2, ClujNapoca.
306. **Roșca, Sanda, Petrea D. & Iacob I.**, 2013, *Niraj River's channel migration: a response to hydro-climatic variability*, in Air and Water components of the Environment, Cluj Napoca, 391-398.
307. **Roșca Sanda, Dănuț Petrea, Ștefan Bilașco, Ioan Rus, Ioan-Aurel Irimuș, Ioan Fodorean, Iuliu Vescan**, 2014, *Assessment Of Flood Hazard And Risk Using Gis And Historical Data. Case-Study: The Niraj River Basin (Transylvania Depression, Romania)*, 2014, in Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing, Conference Proceedings – Photogrametry and Remote Sensing, Cartography and GIS, Volume III, pp. 497-504.
308. **Roșca Sanda, Bilașco Șt., Petrea D., Vescan I., & Fodorean I.**, 2015, *Comparative assessment of landslide susceptibility. Case study: the Niraj river basin (Transylvania depression, Romania)*, Geomatics Natural Hazard and Risk, DOI: 10.1080/19475705.2015.1030784.
309. **Roșca Sanda, Bilașco Șt., Petrea D., Vescan I., Fodorean I., Filip, S.**, 2015, *Application of landslide hazard scenarios at annual scale in the Niraj River basin (Transylvania Depression, Romania)*, Natural Hazard, DOI 10.1007/s11069-015-1665-2.
310. **Sanda, Roșca, Ștefan, Bilașco, Dănuț, Petrea, Ioan Fodorean & Iuliu Vescan**, 2015, *Bankfull Discharge And Stream Power Influence On The Niraj River Morphology*, Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, 2015, Vol. 10, No. 1, p. 133 – 146.
311. **Rosgen, D.L.**, 1994, *A classification of natural rivers*, Catena 22: 169-199.
312. **Roșian, Gh.**, 2008, *Modele de geomorfologie funcțională ale sistemului vale-versant din Depresiunea Transilvaniei*, teză de doctorat, Cluj Napoca.
313. **Rustomji P.**, 2009, *A Statistical Analysis of Flood Hydrology and Bankfull Discharge for The Daly River Catchment, Northern Territory, Australia*. National Research technical report, CSIRO Land and Water, Clayton South, Australia.
314. **Saha, A.K, Gupta, R.P., Arora, M.K.**, 2002, *GIS-based landslide hazard zonation in the Bhagirathi (Ganga) valley, Himalayas*. Int. Jour. of Remote sensing, 23(2), pp. 357–369.
315. **Sajaratha, E., R., Rajamanickam, V.**, 2011, *Landslide susceptibility mapping of Tevankarai Ar sub-watershed, Kodaikkanal taluk, India, using weighted similar choice fuzzy model*, in Natural Hazards, 59: 401-425.
316. **Schumm, S., A.**, 1977, *The fluvial system*, Wiley ans Soons, New York
317. **Sarhadi A., Soltani S., Modarres R.**, 2012, *Probabilistic flood inundation mapping of ungauged rivers: Linking GIS techniques and frequency analysis*, Journal of Hydrology, vol. 458-459, pp 68-86.
318. **Sarkar, S., Kanungo, D.P.**, 2004, *An integrated approach for landslide susceptibility mapping using remote sensing and GIS*, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 70(5), pp. 617–625.
319. **Schmidt J., Dikau R.**, 2004, *Modelling historical climate variability and slope stability*. Geomorphology, 60, 433-447. doi:10.1016/j.geomorph.2003.11.001.
320. **Schmitt, L., Valette, L., Valine, K., Piégay, H., Hallot, E.**, 2004, *Preposition d'une method de typologie hydro-géomorphologique des cours d'eau et test sur un sous-bassin du Rhône (Bassin de l'Yzeron)*, in Mosella, XXIX 3-4, 323-341.
321. **Schmitt, L., Trémolières, M., Nobelis, P., Maire, G.**, 2007, *Complémentarité entre typologie hydro-géomorphologique et biologique de rivières dans l'hydrosystemes fluvial ello-rhénan français*. In Trémolières, M., Schnitzler, A., Silan, P., editors: Protéger, restaurer et gérer les zones alluviales. Pourquoi et comment ? Lavoisier, Editions TEC & DOC, Paris, 238 p.
322. **Schmitt, L., Lafont, M., Trémolières, M., Jezequel, C., Vivier, A., Breil, P., Namour, P., Valin, K., Valette, L.**, 2011, *Using hydro-geomorphological typologies in functional ecology: preliminary results in contrasted ecosystems*. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 36 (12), 539-548.
323. **Schreiber W. E.**, 1980, *Harta riscului intervenției antropice în peisajul geografic al Munților Harghita*, SCGGG, seria Geografie, XXVII, 1.
324. **Schumm, S.A., Lichty, R.W.**, 1965, *Time, space and causality in Geomorphology*, American Journal of Science, 263: 110-119.
325. **Schumm, S.A., Kahn, H.R.**, 1972, *Experimental study of channel patterns*. Bull. Geol. Soc. Am. 83, 1755–1770.
326. **Sear, D.A., Newson, M.D., Thorne, C., R.**, 2003, *Guidebook of Applied Fluvial Geomorphology*, Crown, Londra.
327. **Sevastel, M.**, 2009, *Îmbunătățiri funciare – Combaterea Eroziunii Solului*, note de curs, USAMVB.

328. **Sharma, N. și colab.,** 2010, *Hazard, Vulnerability and Risk on the Brahmanputra Basin: A Case Study of River Bank Erosion*, in The Open Hydrology journal, nr. 4, pg. 211-226
329. **Shields, F. D., Copeland, R. R., Klingeman, P. C., Doyle, M. W., și Simon, A.,** 2003, *Design for stream restoration*. J. Hydraul. Eng., 129, 8, p. 575–584.
330. **Siddan Anbazhagan, S. K. Subramanian, Xiaojun Yang,** 2011, *Geoinformatics in Applied Geomorfology*, CRC Press, Florida
331. **Simon, A., Hupp, C.R.,** 1986, *Geomorphic and vegetative recovery processes along modified Tennessee streams: an interdisciplinary approach to disturbed fluvial systems*. International Association of Hydrologic Sciences 167, 251–262.
332. **Simons, D.B., Richardson, E.V.,** 1966, *Resistance to flow in alluvial channels*, nited States Geological Survey Professional Paper.
333. **Smith, D. D.,** 1941, *Interpretation of soil conservation data for field use*. Agric. Eng. 22(5). p.173-175.
334. **Sorocovschi, I., Konecsny, K., Năsăleanu, I.,** 1992, *Scurgerea de aluviuni în suspensie din bazinul superior și mijlociu al Mureșului, Lucrările celui de al IV-lea Simpozion „Proveniența și efluența aluviunilor”*, Piatra Neamț
335. **Sorocovschi, V.,** 1996, *Podișul Târnavelor. Studiu Hidrogeologic*, Editura CETIB, Cluj Napoca.
336. **Sorocovschi, V.,** 2002, *Riscuri hidrice*, în “Riscuri și Catastrofe”, Editor Sorocovschi, V., Vol. I, Editura Casa Cărții de Știință, Cluj Napoca.
337. **Spârchez, Ghe.,** 2009, *Cartarea și bonitarea terenurilor agricole și silvice*, Tipografia Universității, Brașov.
338. **Stacey, M.,** 2007, *Testing specific stream power threshold of channel stability with GIS*, in Wilson, A.L., Dehaan, R.L., Watts, R.J., Page, K.J., Bowmer, K.H., & Curtis, A. (2007). Proceedings of the 5th Australian Stream Management Conference. Australian rivers: making a difference. Charles Sturt University, Thurgoon, New South Wales.
339. **Stanciu P., Chendeș V., Mătreață M., Corbuș C.,** 2009, *G.I.S. procedure for flood-prone areas mapping based on the results of the flood simulation models*, Studia Universitas Babeș-Bolyai, Geographia vol 3, pp139-145.
340. **Sternberg, H.,** 1875, *Untersuchungen über längen- und querprofil geschiefbeführender flüss: Zeitschrift für Bauwesen*, v. 25, p. 483–506.
341. **Stickler, A.,** 1923, *Beitrage zur Frage der Geschwindigkeits-formel und der Rauhegkeitszahler fur Storme, Kanale und geschlossene Leitungen. Some contributions to the problem of the velocity formula and roughness factors for rivers, canals, and closed conduits): Bern, Switzerland, Mitt. Eidgeno assischen Amtes Wasserwirtschaft*, nr. 16.
342. **Stover, S., C.,** 2001, *Channel change and flooding*, Skokomish River, Washington, in Journal of Hydrology, 243, 272-286.
343. **Strahler, A., N.,** 1957, *Quantitative Analysis of Wathershed Geomorphology*, în
344. **Straumann, R.K.; Purves, R.S.,** 2008, *Delineation of valleys and valley floors*, University of Zurich Open Repository and Archive.
345. **Sundborg, Å.,** 1956, *The river Klarälven. A study of fluvial processess*, Geograf. Ann., 38.
346. **Surdeanu, V.,** 1998, *Geografia Terenurilor Degradate. Alunecările de teren.*, Presa Universitară Clujeană, Cluj Napoca.
347. **Szakács, A., Petrea, D., Rus, I.,** 2012, *Consecințele geomorfologice ale fenomenului de „vulcano spreading”. Exemple din Carpații Orientali, România*. Prezentare din cadrul Simpozionului Național de Geomorfologie, ediția a XXVIII-a, 14-17 iunie, Bar.
348. **Szöcs, Anikó,** 2010, *Hidrochimia și poluarea râurilor din bazinul hidrografic superior și mijlociu al Mureșului*, teza de doctorat, Universitatea Babeș Bolyai, Cluj Napoca.
349. **Spânchez, Gh.,** 2009, *Cartarea și bonitarea terenurilor agricole și silvice*, Editura Universitatea Transilvania, Brașov, 300p.
350. **Țârău, D.,** 2003, *Bazele teoretice și practice ale bonitării și evaluării terenurilor din perspectivă ecologică*, Editura Solness, Timișoara.
351. **Țârău, D.,** 2006, *Cartarea, bonitarea solurilor și evaluarea terenurilor*, Ed. Eurobit, Timișoara.
352. **Teaci D., Popescu I.,** 1972, *Raionarea pedoclimatică a terenurilor agricole din Republica Socialistă România scara 1:500.000*. ICPA, București, 62 pagini, 4 foi.
353. **Teaci, D.,** 1980, *Bonitarea terenurilor agricole*, Ed. Ceres, București. Art Studia
354. **Teaci, D.,** 1989, *Concepte moderne pentru definirea și determinarea capacității de producție a terenurilor agricole prin modelare matematică și matematico-euristice*, în *Lucrările științifice S.N.R.S.S. România*, nr. 26 B.
355. **Terente, M.,** 2008, *Analiza digitala a terenului*, <http://www.geo-spatial.org/download/modelarea-digitala-a-terenului>

356. **Teklu, E.J.**, 2005, *Land Preparation Methods and Soil Quality of a Vertisol Area in the Central Highlands of Ethiopia*. PhD Thesis Universitat Hohenheim
357. **Thiery MY.**, 2007, *Susceptibilit  du Bassin de Barcelonnette (Alpes du sud, France) aux 'mouvements de versant': cartographie morphodynamique, analyse spatiale et modelisation probabiliste*, teză de doctorat (manuscris), Universitatea din Caen/Basse Normandie.
358. **Tim r, G.**, 2004, *GIS integration of the second military survey sections – a solution valid on the territory of Slovakia and Hungary*. Kartografick  listy **12**: 119-126.
359. **Toroimac, Gabriela**, 2009, *La dynamique hydrogéomorphologique de la rivière Prahova (Roumanie): fonctionnement actuel, évolution récente et conséquences géographiques*. Thèse de doctorat, Université Lille 1 Sciences et Technologies.
360. **Toroimac Gabriela, Minea, G., Zaharia, Liliana, Zarea, R. & Borcan, Mihaela**, 2013, *Hydrogeomorphological river typology in the Ialomi a and Buz u catchments (Romania)*, in *European Continental Hydrosystems*, Pheil, München, 261-272.
361. **T vissi, I.**, 1963, *Alunec rile de teren  n regiunea comunei M gherani*. Studia Universitatis Babe  Bolyai, 1:1-8.
362. **T vissi, I.**, 1965, *Forma iuni criogene  n valea Oltului  ntre B lan  i Porce ti*, Studia 37 Univ. „Babe  Bolyai”, Seria geologie-geografie, fasc.1, p. 120-130.
363. **Tricart J.**, 1962, *L' piderme de la Terre. Esquisse d'une g omorphologie appliquée*, Masson et Cie Editeurs, Paris.
364. **Trufescu, V.**, 1966, *Subcarpa ii  i depresiunile marginale ale Transilvaniei*, Editura  tiin ific , Bucure ti.
365. **Turrini, M.C., Visintainer, P.**, 1998, *Proposal of a method to define areas of landslide hazard and application to an area of the Dolomites*, Italy. Engineering Geology, 50:255–265.
366. **Untaru, G., Vespremeanu R.**, 1994, *Date suplimentare pentru caracterizarea microzonelor pedoclimatice*,. Tech. Raport Tehnic ICPA, Bucure ti.
367. **Van Den Eeckhaut M, Herv s J, Jaedicke C, Malet J-P, Picarelli L**, 2010, *Calibration of logistic regression coefficients from limited landslide inventory data for European-wide landslide susceptibility modelling*,  n: Malet J-P, Glade T, Casagli N (coord.), Proc. Int. Conference Mountain Risks: Bringing Science to Society, Florence, Italy, 24-26 November 2010. CERIG Editions, Strasbourg, pp. 515-521.
368. **Van Den Eeckhaut M, Vanwalleghem T, Poesen J, Govers G, Verstraeten G, Vandekerckhove L**, 2006, *Prediction of landslide susceptibility using rare events logistic regression: A case-study in the Flemish Ardennes (Belgium)*, Geomorphology, 76: 392–410.
369. **Van Diepen, C.A., Van Keulen, H., Wolf, J & Berkhout, J.A.A.**, 1991, *Land evaluation: from intuition to quantification*. In: B.A. Stewart (ed.), Advances in Soil Science. Springer, New York, 139-204 pp.
370. **Van Varnes, C., J., Rengers, R., Soeters, N.**, 2003, *Use of Geomorphological Information in Indirect Landslide Susceptibility Assessment*, Natural Hazards, 30: 339-419.
371. **Van Westen, C.J., Rengers, N., Soeters, R.**, 2003, *Use of geomorphological information in indirect landslide susceptibility assessment*, Natural Hazards, 30, p.399-419, Kluwer, Olanda.
372. **van Westen C.J.**, 2004, *Geo - information tools for landslide risk assessment : an overview of recent developments*,  n: Lacerda W, Ehrlich M, Fontoura SAB, Sayao ASF (coord.) Landslides: evaluation and stabilization - glissement de terrain: Evaluation et Stabilisation: proceedings of the 9th international symposium on landslides, June 28 -July 2, 2004 Rio de Janeiro, Brazil, London, Balkema, 2004. ISBN: 978-0-415-35665-7. pp. 39-56.
373. **Van Westen, C.J., Van Asch, T.W.J., Soeters, R.**, 2006, *Landslide hazard and risk zonation—why is it still so difficult?*, Bull. Eng. Geol. Env., 65, p. 167–184.
374. **Van Westen CJ, Alkema, D., Damen, M.C.J., Kerle, N., Kingma, N.C.**, 2011, *Multi-hazard risk assessment*, UNU-ITC DGIM, 371 p.
375. **Van der Knijff, J. and de Roo, A.**, 2008, *LISFLOOD Distributed water balance and flood simulation model*. European Commission, EUR 22166 EN/2 – 2008 (http://natural-hazards.jrc.it/downloads/pdf/ec_jrc_lisfloodUserManual_JvdK-AdR.pdf)
376. **Vancea, A.**, 1960, *Neogenul din bazinul Transilvaniei*, Editura R.S.R., Bucure ti
377. **Varnes DJ**, with IAEG Commission on landslides and other Mass-Movements, 1984, *Landslide hazard zonation: a review of principles and practices*. Paris, Unesco Press.
378. **Verstappen H. Th.**, 1983, *Applied geomorphology: geomorphological surveys for environmental development*, Elsevier, Amsterdam.
379. **Viorel, Ghe.**, 2010, *Valea Lotrului studiu de Geomorfologie Aplicată*, teză de doctorat, București.
380. **Vitalis, I.**, 1913, *Adatok oz Erd lyr szi Medencze d lkaleti r sz nek f ldtani felipit sehez ( sszefoglal  jelentés az 1911  s 1912  vi f ldtani kutatások r l)*. K l mlanyomat a ii r sz. 1 feiz ol Budapest.

381. Vlad V., 2001, *Contribuții privind sistemele suport de decizie pentru evaluarea și utilizarea terenurilor agricole*. Teză de doctorat. USAMV București
382. Xia J, Wu B, Wang G and Wang Y., 2009, *Estimation of bankfull discharge in the Lower Yellow River using different approaches*. *Geomorphology* 117(1–2): 66–77.
383. Van den Berg, J. H., 1995, *Prediction of alluvial channel pattern of perennial rivers*, *Geomorphology*, 12, 259–279.
384. Van Westen, C.J., 1993, *Application of geographic information systems to landslide hazard zonation*. ITC publication No. 15, International Institute for Aerospace and Earth, Enschede, The Netherlands, 245-253.
385. Wallick, Jennifer & all, 2007, *Pattern and Controls on Historical Channel Change in the Willamette River, Oregon, USA*, in *Large River, Geomorphology and Management*, 491- 516.
386. Wellemeyer, Jessica, Statter, M., Philips, J., 2005, *Quantifying downstream impacts of impoundment on flow regime and channel platform, lower Trinity River, Texas*, in *Geomorphology*, nr. 69, 1-13.
387. White, P., Pelling, M., Sen, K., Seddom, D., Russel, S., Few, R., 2005, *Disaster Risk Reduction: a development concern*. DFID United Kingdom
388. Williams, JR, Jones, CA, Dyke, PT, 1984, *A modeling approach to determining the relationship between erosion and soil productivity*. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 27:139-144.
389. Williams, JR, Dyke, PT, Fuchs, WW., Benson, VW., Rice, OW., Taylor, ED., 1990, EPIC-Erosion/Productivity Impact Calculator, 2. User Manual, USDA Technical Bulletin No.1768.
390. Willems, P., Thompson, S., Barbieri, M., 2003, *Flood risk and damage Assessment using Modelling and Earth observation techniques (FAME)*, Final Report, Data User Programme (DUP-2), ESA, 48 p., <http://www.kuleuven.be/hydr/fame.htm>.
391. Woodward, D. E, Hawkins R. H., Hjelmfelt, A. T., Mullem, J. A., Quan, Q. D. William, A., H., 2010, *Finding Bankfull Stage in North Carolina Streams*, N.C. Cooperative Extension Service.
392. Williams GP, 1978, *Bankfull discharge of rivers*, *Water Resource Research* 14(6): 1141–1154.
393. Wischemeier, W., H., Smith, D. D., 1965, *Predicting rainfall-erosion losses from Cropland East of the Rocky Mountains. Guide for selection practices for soil land water conservations*, US Department of Agriculture in cooperation with Purdue Agricultural Experiment Station, Agriculture Handbook No. 282, pp. 47. Zigg, R., W., 1940
394. Wolman, MG., 1954, *A Method of sampling coarse river-bed material*. *Transactions of the American Geophysical Union* 35(6) : 951–956.
395. Wolman, M.G., 1955, *The natural channel of Brandywine Creek, Pennsylvania*. U.S. Geological Survey Professional Paper 271. U.S. Government Printing Office. Washington, D.C.
396. Wolman MG and Leopold LB, 1957, *River Flood Plains: Some Observations on Their Formation*. US Geological Survey, Washington, DC, USA, Geological Survey professional paper, 282-C, pp. 87–107.
397. Wolman, M., G. and Miller, J.P., 1960, *Magnitude and frequency of forces in geomorphic processes*, *J. Geol.*, 68, 54-74, 1960.
398. Woodyer KD., 1968, *Bankfull frequency in rivers*. *Journal of Hydrology* 6(2): 114–142.
399. Worthy, M., 2005, *High-Resolution Total Stream Power estimates for the Cotter River, Namadgi National Park, Australian Capital territory*, in Roach I.C., ed. *Regolith 2005 – Ten Years of CRC LEME*. CRC LEME, pp. 338-343.
400. Yin, K., Yan, T.Z., 1988, *Statistical prediction models for slope instability of metamorphosed rocks*, *Proceedings of the 5th International Symposium on Landslides*, Lausanne, 2:1269-1272.
401. Zaharia, L.&colab., 2012, *River lateral dynamics and floods in relation to human communities. Case study: Moara Domneasca village (on lower Teleajen river)*, in *Air and Water Components of the Environment*, Presa Universitara Clujeana, 119-126.
402. Zăvoianu, I., 1974, *Determinatin of the drainage net average slope in a given hydrographic basin*, *Rev. Roum. Géol., Géoph., Géogr., Sér. Géogr.*, 19(2), 199-210.
403. Zăvoianu, I., 1978, *Morfometria bazinelor hidrografice*, Editura Academiei, București.
404. Zăvoianu, I., Dragomirescu, Ș., 1994, *Asupra terminologiei folosite în studiul fenomenelor naturale extreme*, *Studii și cercetări de Geografie*, tom XLI, Edit. Academiei, București
405. Zăvoianu, I., 2006, *Hidrologie*, Editura Fundației România de Măine, București.
406. Zêzere J.L., Reis E, Garcia R, Oliveira S, Rodrigues M.L, Vieira G, Ferreira A.B., 2004a, *Integration of spatial and temporal data for the definition of different landslide hazard scenarios in the Area North of Lisbon (Portugal)*. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, European Geosciences Union, 4: 133-146. SRef-ID: 1684-9981/nhess/2004-4-133
407. Zêzere, J.L., Rodrigues, M.L., Reis, E., Garcia, R., Oliveira, S., Vieira, G., Ferreira, A.B., 2004, *Spatial and temporal data management for the probabilistic landslide hazard assessment considering landslide typology*.

- In: Lacerda, W.A., Ehrlich, M., Fontura, S.A.B., Sayão, A.S.F. (Eds.), *Landslides: Evaluation and Stabilization*. Taylor & Francis Group, London, 117-123.
408. Zingg, A. W., 1940, *Degree and length of land slope as it affects soil loss in runoff*. Agric. Eng. 21(2). p. 59-64.
 409. ***, *Hărțile Geologice ale României*, 1967, Institutul Geologic Român, 1:200000.
 410. ***, *IAEG – International Association for Engineering Geology*, 1984.
 411. ***, 1987, *Metodologia elaborării studiilor pedologice*, Partea I, Partea II, Partea III, ICPA, București.
 412. ***, 1987, *Geografia României, Vol. III, Carpații și Depresiunea Transilvaniei*, Editura Academiei Republicii Socialiste Române, București.
 413. ***, *Handbook for predicting stream meander migration using aerial photographs and maps*” by Wather Engineering and Tehnology, Inc. 1988
 414. ***, BUWAL; BWB; BRP (1997): *Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten*. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bundesamt für Wasserwirtschaft (BWW), Bundesamt für Raumplanung (BRP), Bern und Biel.
 415. ***, Legea Fondului Funciar, 18/1991, http://www.dreptonline.ro/legislatie/legea_fondului_funciar.php.
 416. ***, 2000, *Directive 2000/60/EC of the European Parliament and the Council establishing a framework for the Community action in the field of water policy*. Official Journal of the European Communities, L 327, 72 p.
 417. AGS, 2000. *Landslide risk management concepts and guidelines*, Australian Geomechanics Society (AGS), Sub-committee on landslide risk management. This report can be downloaded from: <http://www.australiangeomechanics.org/LRM.pdf>
 418. ***, Legea 350/2001, actualizată în 11 februarie 2011 privind amenajarea teritoriului și urbanismul, <http://legeaz.net/legea-350-2001-amenajarea-teritoriului-urbanismul/>
 419. ***, Legea 575/2001 privind Planul de amenajare a teritoriului național – Secțiunea a V-a – Zone de risc naturale, publicată în Monitorul Oficial la 14 Noiembrie, 2001.
 420. ***, 2002, Decizia 598/13 august 2002 - *Metodologiei întocmirii studiilor pedologice si agrochimice, a Sistemului national si judetean de monitorizare sol-teren pentru agricultură*.
 421. ***, 2003, GAEC – Codul pentru bune practici agricole și de mediu, disponibil online: http://www.icpa.ro/documente/coduri/GAEC_ro.pdf GAEC – Good Agriculture and Environment Conditions, nr. 1789/2003;
 422. ***, 2004. Impacts of Europe’s changing climate -An indicator-based assessment. European Environment Agency Report, 2.
 423. ***, H.G. 184/2003 *privind Strategia Națională de Management al Riscului la Inundații*, 2005 publicată în 26. 01. 2006.
 424. ***, 2003, HG nr. 447/2003, *privind aprobarea normelor metodologice privind modul de elaborare și conținutul hărților de risc la alunecări de teren*, Secțiunea V– Zone de risc natural, Parlamentul României, publicată în Monitorul Oficial, nr. 305 în 7 Mai 2003. Available at: <http://lege5.ro/.../ hotararea-nr-447-2003->, Last accessed: August, 22, 2013.
 425. ***, 2003, Government Order no. 447 since April, 10, 2003, concerning the approval of the methodological rules related to the drafting and content of the natural hazards at floods and landslides maps, published in Monitorul Oficial, May, 7. 2013. (In Romanian).
 426. ***, EPA, 2003, *Framework for Cumulative Risk Assessment*, US Environmental Protection Agency, Washington, DC 20460, disponibil online: <http://epa.gov/ncet/cra/>
 427. ***, 2005, *European Environment Agency*, EEA environmental statement, Office for Official Publications of the European Communitie, Luxemburg.
 428. ***, 2005, *Australian Geomechanics Society*, www.australiangeomechanics.org
 429. ***, 2005, *Multihazard Mitigation Council, Natural hazard mitigation saves: An independent study to assess the future savings from mitigation activities*, Washington, DC: Institute of Building Sciences.
 430. ***, 2006, *Strategia de Dezvoltare Durabilă a UE*, 10117/06 din 26 Iunie, 2006.
 431. ***, *Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the assesement and management of flood risks*, Official Journal of the European Union, L 288/27, 6.11.
 432. ***, *Raportul de Mediu pentru PUG Miercurea Nirajului*, 2008, disponibil online: <http://www.miercureanirajului.ro/Documente/PUG2009/RAPORT%20DE%20MEDIU%20PENTRU%20PUG%20%20MIERCUREA%20NIRAJULUI.pdf>
 433. ***, *Atlasul Climatic al României*, 2009, Edit. Academiei Române, București.
 434. ***, *Planul de analiză și acoperire a riscurilor județului Mureș*, 2011, disponibil online: http://www.cjmures.ro/Hotariri/Proiecte_acte_normative/2011_04/riscuri.pdf

435. *** 2012, *EEA Report, Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012*, EEA Report, No.12/2012, ISSN 1725-9177, 300 pp.
436. *** , 2012, *Local development plan of the Niraj Valley Microregion*, available online at <http://www.valeanirajului.ro/>
437. *** , 2012, *Trecutul, prezentul, viitorul râului Mureș*, 2012, Ed. Universității de Vest din Timișoara, 212 p.
438. *** , *Catalog privind valorile orientative ale bunurilor imobiliare Județul Mureș*, 2013, disponibil online: http://www.unnpr.ro/expertize/Expertize_2013/CNP_TARGU_MURES_2013/Mures_2013.pdf
439. *** , 2013, Harta Seismică a României, <http://www.encipedia.org/stiri/noua-harta-de-zonare-seismica-conform-p100-1-2013.html>
440. *** , Cadrul Național Strategic pentru dezvoltare durabilă a sectorului agroalimentar și a spațiului rural în perioada 2014-2020-2030, disponibil online <http://www.presidency.ro/static/Cadrul%20National%20Strategic%20Rural.pdf>
441. *** , EPA – Report on the Environment Technical Document, Unites States Environmental Protection Agency, Washington. <http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recordisplay.cfm?deid=56830#Download>
442. www.esri.com